



令和6年度

活動報告書

名古屋大学 未来材料・システム研究所

Institute of Materials and Systems
for Sustainability

Nagoya University

はじめに

未来材料・システム研究所（Institute of Materials and Systems for Sustainability：略称 IMaSS）は、平成 27 年 10 月にエコトピア科学研究所から改組され、環境と調和した持続発展可能な社会の実現に向けた様々な技術課題の解決に取り組む組織として発足しました。この改組を契機として、窒化ガリウム（GaN）、ナノカーボン、炭化ケイ素などのポストシリコン材料を用いた先端的デバイスに関する研究グループが加わり、天野浩教授をセンター長とする附属未来エレクトロニクス集積研究センター（Center for Integrated Research of Future Electronics：略称 CIRFE）が設置されました。平成 30 年 6 月には、GaN 研究における結晶成長、デバイスプロセス、評価などを同一スペースで包括的に実施できる大空間クリーンルームを有するエネルギー変換エレクトロニクス実験施設（CIRFE-Transformative Electronics Facilities：略称 C-TEFs）が整備され、同年 12 月には C-TEFs に隣接してエネルギー変換エレクトロニクス研究館（CIRFE-Transformative Electronics Commons：略称 C-TECs）も開設され、CIRFE の研究体制が整備されました。このような充実した研究環境のもと、文部科学省や環境省などによる多数の大型研究プロジェクトの実施を通して、世界唯一の GaN 研究拠点の基盤を築き、優れた成果を蓄積しています。また、C-TECs には、CIRFE の研究グループのほか、寄附研究部門や産学協同研究部門などが集結することで under one roof による研究活動が可能となり、研究グループの壁をなくしたオープンな研究環境のもと、次世代／次々世代半導体の研究開発などを活性化しています。さらに、一般社団法人 GaN コンソーシアムとも連携して、GaN に関する基礎研究から応用研究に至る幅広い分野を包含する、オールジャパンの研究推進体制を構築しています。

附属高度計測技術実践センター（Advanced Measurement Technology Center：略称 AMTC）では、超高圧電子顕微鏡施設および先端技術共同研究施設を核として、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X 線分光計測、ナノ加工計測など高度計測技術の実践と人材育成を推進しています。また、世界唯一の反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡を代表とする先端の電子顕微鏡群を対象として、令和 3 年度から文部科学省の「先端科学設備プラットフォームプログラム」に採択され、設備の整備充実を推進しています。さらに、同年度には文部科学省の「マテリアル先端リサーチインフラ」のハブとして認定され、装置群の整備も進めています。加えて、ナノ材料の電子顕微鏡観察や薄膜の加工によるフォトリソグラフィ結晶の作製など、多くの技術相談や問合せが学内外から寄せられ、年間約 200 件の技術支援も行っています。今後も様々な要望に応えられるよう、引き続き共同利用設備を整備・充実させて参ります。

材料創製部門（Division of Materials Research：略称 DM）では、既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題に留まらず、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新規材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視点に立った省エネ・創エネのための材料創製研究を行っています。また、文部科学省による 6 大学の研究プロジェクト「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト」（令和 3 年度は試行期間、令和 4～8 年度実施）では、他大学の 5 つの研究所と連携し、社会的ニーズを起点に課題を設定し、人と知の循環による問題解決と社会実装を推進しています。

システム創成部門（Division of Systems Research：略称 DS）では、高度なエネルギー変換・輸送・利用技術、様々な視点からのエネルギー・環境影響評価手法、物質変換・物質循環技術を開発しています。また、それらを効果的に活用するための交通マネジメント技術や情報セキュリティに関する研究も推進しています。さらに、エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門とも連携して研究を進め、市民講座の開催などを通じた情報発信にも努めています。

IMaSS は、革新的な省エネルギー・創エネルギー研究を先導する共同利用・共同研究拠点として文部科学省から認定され、令和 6 年度には国内外の大学や研究機関と 120 件の共同利用・共同研究（一般共同研究 108 件、国際共同研究 12 件）を実施しました。今後も研究者間の連携をよりいっそう広げる努力を継続いたします。

平成 27 年に誕生した IMaSS は、上述のように研究プロジェクトの推進や施設の整備などを積極的に推進し、多くの貴重な研究成果を創出しています。今後は、真に国際的に卓越した研究組織を目指し、海外研究機関との人材交流の活発化や国際的な研究ネットワークの強化を進めて参ります。また、IMaSS には様々な専門分野の所員が所属していますので、所内の連携が新しい発想やイノベーションの創出に発展することを期待し、所内の情報交換と交流を促進して参ります。

令和 6 年度の本活動報告を通して IMaSS への理解を深めていただくとともに、IMaSS の発展に向けて引き続きご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

令和 7 年 9 月

未来材料・システム研究所
所長 内山 知実

目次

未来材料・システム研究所組織図	i
未来材料・システム研究所構成員	ii
1. 研究所の概況	1
1.1 設立の主旨・経緯	1
1.2 研究所の特色・構成	1
1.2.1 機構内における連携・実績	2
1.3 組織	2
1.3.1 研究所附属センター	2
1.3.2 研究部・基幹研究部門	3
1.3.3 附属共同利用研究施設	3
1.3.4 寄附研究部門	4
1.3.5 産学協同研究部門	4
1.3.6 研究所事務局	5
1.3.7 組織改革	5
1.4 財政	6
1.4.1 政府関連予算の状況	6
1.4.2 外部資金獲得状況	9
1.4.3 所長裁量経費	10
1.5 人事	11
1.5.1 公募	11
1.5.2 人事異動	11
1.6 施設・設備	14
1.7 令和6年度のできごと	15
2. 運営	16
2.1 教授会・部門長会議	16
2.2 運営協議会	16
2.3 外部評価委員会	17
2.4 所内委員会	17
2.4.1 共同利用・共同研究委員会	17
2.4.2 学術交流・社会連携委員会	18
2.4.3 広報委員会	19
2.4.4 安全衛生整備委員会	20
3. 研究活動の概要	21
3.1 産学官による連携研究	21
3.2 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト	23
3.3 (1) マテリアル先端リサーチインフラ事業（計測・分析分野）	24
3.3 (2) マテリアル先端リサーチインフラ事業（加工・デバイスプロセス分野）	25
3.4 顕微イメージングソリューションプラットフォーム事業	26
3.5 次世代／次々世代半導体研究共創場構築のための組織整備	28
3.6 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発	29
3.7 国内共同・協力研究	30
3.7.1 連携協定	30
3.7.2 その他の共同・協力研究	30

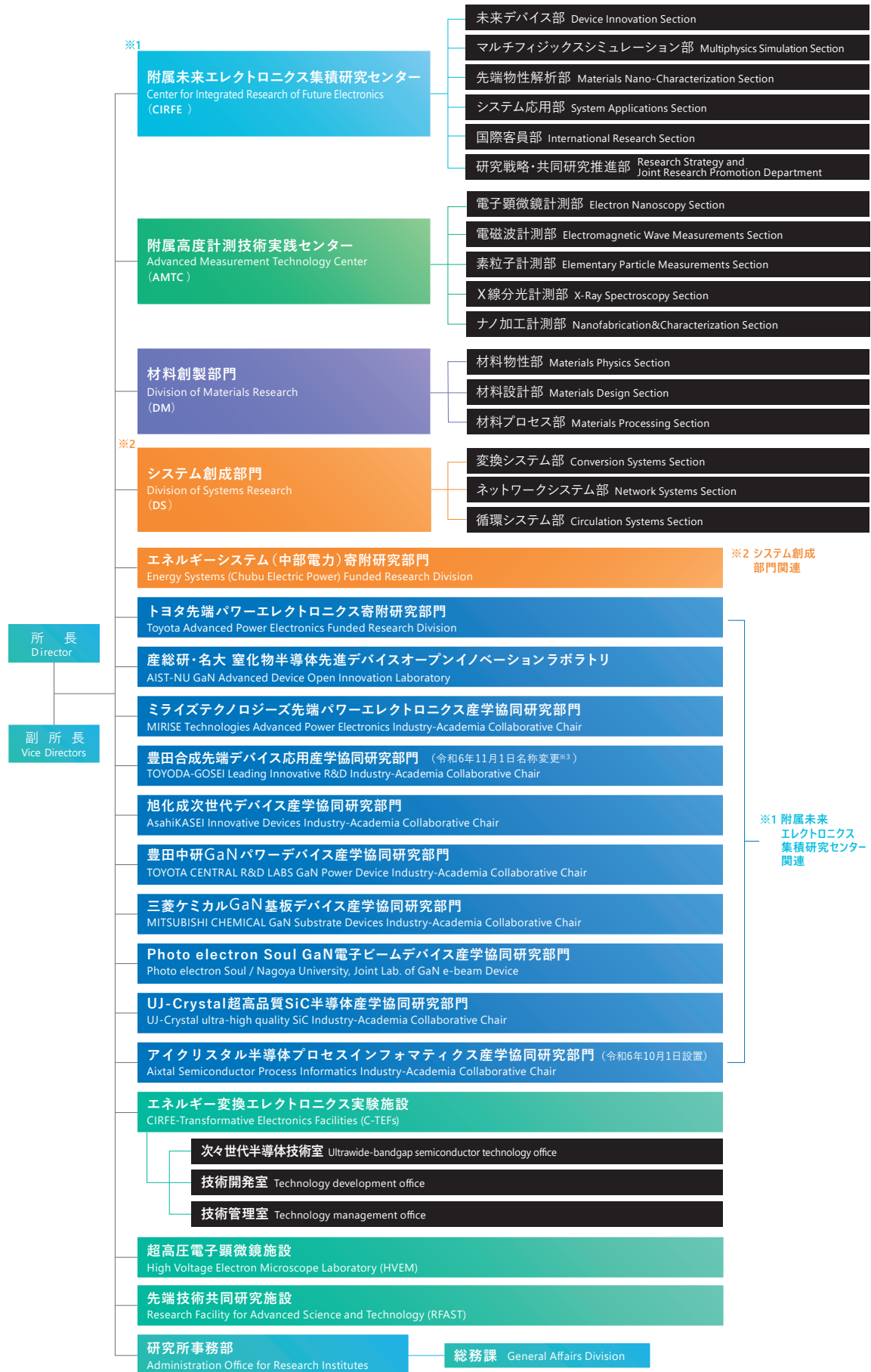
3.8	シンポジウム・講演会等	31
3.9	受賞	33
3.10	新聞・雑誌・テレビ等	40
3.11	研究成果の一般社会への還元(応用)事例、新しい研究分野の開拓や教育活動に反映した事例	42
4.	共同利用・共同研究拠点	44
4.1	共同利用・共同研究拠点について	44
4.2	共同利用・共同研究活動から発展したプロジェクト	76
5.	国際交流	77
5.1	国際連携と国際共同研究	77
5.2	国際共同・協力研究	77
5.2.1	学術交流協定	77
5.2.2	諸外国における研究者の活動状況	79
5.3	国際交流	84
6.	教育活動	85
6.1	学部・大学院における講義・セミナー等	85
6.2	学位審査	85
6.3	受入学生・研究員	85
7.	社会活動	86
7.1	政府・地方公共団体・独立行政法人の委員等	86
7.2	学会・研究会・その他団体の委員等	86
7.3	研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況	86
8.	研究成果	87
8.1	未来エレクトロニクス集積研究センター	87
8.1.1	未来デバイス部	87
	●結晶成長グループ	87
	●表面・界面グループ	97
	●ナノ材料デバイスグループ	105
	●エネルギー変換デバイスグループ	108
	●先端デバイスグループ	114
	●ナノ電子デバイスグループ	119
	●機能集積デバイスグループ	124
8.1.2	マルチフィジックスシミュレーション部	127
	●フロンティア計算物質科学グループ	127
8.1.3	先端物性解析部	130
	●ナノ電子物性グループ	130
8.1.4	システム応用部	132
	●パワーエレクトロニクスグループ	132
	●高周波回路グループ	141
8.1.5	国際客員部	143
	●次世代窒化物半導体グループ	143
8.1.6	研究戦略・共同研究推進部	145
8.2	高度計測技術実践センター	146
8.2.1	電子顕微鏡計測部	146
	●ナノ顕微分光物質科学グループ	146
	●電子線ナノ物理工学グループ	149

8.2.2	電磁波計測部	154
	●プラズマエネルギー工学グループ	154
8.2.3	素粒子計測部	158
	●実験観測機器開発グループ	158
8.2.4	X線分光計測部	164
	●ナノダイナミクスグループ	164
8.2.5	ナノ加工計測部	168
	●ナノスピンドバイスグループ	168
8.3	材料創製部門	173
8.3.1	材料物性部	173
	●計算流体力学グループ	173
	●多孔材料化学グループ	175
	●ナノ構造制御学グループ	178
	●理論科学グループ	180
8.3.2	材料設計部	181
	●ナノスピン・磁性材料創成工学グループ	181
	●エネルギー機能設計工学グループ	185
	●強制的秩序の探索とデバイス応用グループ	187
8.3.3	材料プロセス部	190
	●ナノ機能材料グループ	190
	●自己組織化機能性ナノ材料グループ	196
	●ラジカル化学グループ	198
8.4	システム創成部門	201
8.4.1	変換システム部	201
	●環境・エネルギー工学グループ	201
	●推進エネルギーシステム工学グループ	204
8.4.2	ネットワークシステム部	210
	●エネルギーシステムグループ	210
	●交通システムグループ	213
	●暗号・情報セキュリティグループ	216
8.4.3	循環システム部	218
	●環境エコロジー・システム評価グループ	218
	●エコ・エネルギー工学グループ	220
	●エネルギー資源循環科学	221
8.5	寄附研究部門	223
8.5.1	エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門	223
8.5.2	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門	228
8.6	産学協同研究部門	230
8.6.1	産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ	230
8.6.2	ミライズテクノロジーズ 先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門	232
8.6.3	豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部門	233
8.6.4	旭化成次世代デバイス産学協同研究部門	234
8.6.5	豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門	236
8.6.6	三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門	239
8.6.7	Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学協同研究部門	240
8.6.8	UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門	240
8.6.9	アイクリスタル半導体プロセスインフォマティクス産学協同研究部門	241
8.7	超高圧電子顕微鏡施設	243
8.8	研究成果一覧	245

未来材料・システム研究所組織図

令和6年4月1日時点

IMaSS Organization chart



未来材料・システム研究所構成員

令和6年5月1日時点

所 長	授	内山 知実
副所長	授	大野 雄高
教 授	授	山本 俊行

《研究部》

未来エレクトロニクス集積研究センター

未来デバイス部		
教授・センター長	天野 浩	
教 授	宇治原 徹	
教 授	大野 雄高	
教 授	本田 善央	
教授(兼務)	宇佐美徳隆	
教授(兼務)	須田 淳	
教授(兼務)	中塚 淳理	
特 任 教 授	牧原 克典	
特任教授(兼務)	笹岡 千秋	
客 員 教 授	安藤 裕二	
客 員 教 授	宇田 聡一	
客 員 教 授	太田 光一	
客 員 教 授	亀井 一人	
客 員 教 授	児島 一聡	
客 員 教 授	鈴木 敦	
客 員 教 授	塚本 勝男	
客 員 教 授	古庄 智明	
客 員 教 授	松本 功	
客 員 教 授	武藤 浩隆	
客 員 教 授	米澤 喜幸	
客 員 教 授	分島 彰男	
准 教 授	沓掛健太郎	
准 教 授	原田 俊太	
准教授(兼務)	堀田 昌宏	
特任准教授	田中 敦之	
特任准教授	富田 大輔	
特任准教授	新田 州吾	
客員准教授	関 和明	
客員准教授	西谷 智博	
客員准教授	三谷 武志	
助 教	松永 正広	
助教(兼務)	鄭 惠貞	
特 任 助 教	LIU, Xin	
特任助教(兼務)	王 嘉	

マルチフィジックスシミュレーション部		
教 授	白石 賢二	
特 任 教 授	押山 淳	
客 員 教 授	大野 隆央	
准 教 授	芳松 克則	
客員准教授	制野かおり	
助 教	洗平 昌晃	

先端物性解析部		
教 授	五十嵐信行	
准 教 授	長尾 全寛	
助 教	狩野 絵美	

システム応用部		
教 授	山本 真義	
特 任 教 授	重松 浩一	
特 任 教 授	原 信二	
客 員 教 授	佐藤 伸二	
客 員 教 授	庄山 正仁	
客 員 教 授	西村 和則	
客 員 教 授	細谷 達也	
准 教 授	今岡 淳	
准教授(兼務)	栗本 宗明	
特任准教授	米澤 遊	
客員准教授	石倉 祐樹	
客員准教授	梅谷 和弘	

客員准教授	黒田 尚孝
客員准教授	増澤 高志
客員准教授	増田 満
客員准教授	向山 太素
客員准教授	MOSTAFA, Noah

国際客員部

特 任 教 授	PRISTOVSEK, Markus
客 員 教 授	乙木 洋平
客 員 教 授	GRAHAM, Samuel
客 員 教 授	SCHOWALTER, Leo John
客 員 教 授	XING, Huili grace
客 員 教 授	SUBRAMANIAM, Arul Kumaran
客 員 教 授	SEONG, Tae-Yeon
客 員 教 授	BOCKOWSKI, Michał Stanisław
特 任 助 教	楊 旭

研究戦略・研究共同推進部

教授(兼務)・リーダー	須田 淳
特任教授・副リーダー	新井 淳
特 任 教 授	上杉 勉
特 任 教 授	加地 徹
特 任 教 授	笹岡 千秋
特 任 教 授	橋詰 保
特 任 教 授	藤田 静雄
特任教授(兼務)	安藤 裕二
客 員 教 授	CHOWDHURY, Srabanti

高度計測技術実践センター

電子顕微鏡計測部

教授・センター長	武藤 俊介
教 授	齋藤 晃
客 員 教 授	内田 正哉
客 員 教 授	岡島 敏浩
客 員 教 授	高橋 可昌
客 員 教 授	平山 司順
客 員 教 授	山崎 順
客員准教授	樋口 哲夫
講 師	大塚 真弘
助 教	石田 高史

電磁波計測部

教授(兼務)	大野 哲靖
准 教 授	田中 宏彦

素粒子計測部

准教授(兼務)	中野 敏行
准教授(兼務)	森島 邦博
特任准教授	佐藤 修
助 教	六條 宏紀
特 任 助 教	北川 暢子
特 任 助 教	長縄 直崇

X線分光計測部

教 授	栗原 真人
客 員 教 授	白倉 治郎
客 員 教 授	水牧仁一朗
准 教 授	池永 英司
客員准教授	狩野 旬

ナノ加工計測部

教授・副センター長	加藤 剛志
客 員 教 授	園部 義明
助教(兼務)	大島 大輝
特 任 助 教	本田 杏奈

材料創製部門

材料物性部

教 授	内山 知実
教 授	中西 和樹
教授(兼務)	山本 剛久

客員教授	菅原 義之
客員教授	中山 浩二
准教授	安田 耕二
特任准教授	長谷川 丈二
助教(兼務)	井内 哲

材料設計部

教授・部門長	水口 将輝
教授	中村 崇司
客員教授	小森 文夫
准教授	宮町 俊生
特任准教授	永沼 博文
特任助教	強

材料プロセス部

教授・副部門長	田川 美穂
教授	長田 実
教授(兼務)	薩摩 篤
客員教授	小澤 正邦
客員教授	中島 潤二
客員教授	原田 勝可
准教授	熊谷 純
准教授	小林 亮
客員准教授	SRIVASTAVA, Sunita
助教	山本 瑛祐

システム創成部門

変換システム部

教授	笠原 次郎
教授	成瀬 一郎
特任教授	松山 行一
特任教授	安井 正明
准教授	植木 保昭
客員准教授	川崎 央
助教	伊東山 登
特任助教	井出雄一郎

ネットワークシステム部

教授・部門長	加藤 丈佳
教授	岩田 哲
教授	山本 俊行
助教	BEN NAILA, Chedlia
助教(兼務)	占部 千由

循環システム部

教授・副部門長	林 希一郎
教授(兼務)	吉田 朋子
客員教授	岡澤 宏
准教授	小島 義弘
助教	山本 宗昭

寄附研究部門

エネルギーシステム(中部電力)寄附研究部門

特任教授	岩田 幹正
特任助教	中村 綾花

トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門

特任教授	井出 一正
特任教授	小笠原 悟司
特任教授	塩崎 宏司
特任教授	森 勇介
客員教授	手嶋 茂晴
特任准教授	高木 健一
客員准教授	大沼 喜也

産学協同研究部門

産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ

特任教授	王 学論
特任教授	山田 永

ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門

特任教授	恩田 正一
------	-------

特任教授	長里 喜隆
特任准教授	小島 淳
特任助教	喜田 弘文

豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部門
(令和6年11月1日名称変更(変更前:「豊田合成GaN先端デバイス応用産学協同研究部門」))

特任教授	岡 徹
客員教授	福島 英冲
特任准教授	牛田 泰久
特任助教	角谷 健吾

旭化成次世代デバイス産学協同研究部門

特任准教授	吉川 陽
特任助教	張 梓懿

豊田中研GaNパワーデバイス産学協同研究部門

特任教授	兼近 将一
特任教授	富田 一義

三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門

特任教授	磯 憲司
特任准教授	池田 宏隆
特任助教	廣澤 拓哉

Photo electron Soul GaN電子ビームデバイス産学協同研究部門

特任講師	鹿野 悠
特任助教	佐藤 大樹

UJ-Crystal超高品質SiC半導体産学協同研究部門

特任准教授	村山 健太
-------	-------

アイクリスタル半導体プロセスインフォマティクス産学協同研究部門(令和6年10月1日設置)

客員准教授	高石 将輝(令和6年10月1日時点)
特任講師	長田 圭一(令和6年10月1日時点)
特任助教	安川 滉啓(令和6年10月1日時点)

《研究所施設》

エネルギー変換エレクトロニクス実験施設

教授(兼務)・施設長	須田 淳
教授・副施設長	本田 善央
特任教授・副施設長	加地 徹
特任教授・技術管理室長	笹岡 千秋
特任教授・次々世代半導体技術室長、技術開発室長	新井 学

超高压電子顕微鏡施設

教授・施設長	武藤 俊介
教授・副施設長	齋藤 晃
教授	五十嵐 信行
教授	梶原 真人
教授(兼務)	山本 剛久
准教授	長尾 全寛
特任准教授	荒井 重勇
講師	大塚 真弘

先端技術共同研究施設

教授・施設長	加藤 剛志
教授	大野 雄高
教授(兼務)	中塚 理
助教	松永 正広
助教(兼務)	大島 大輝

《研究所事務部》

事務部長	伊藤 誠
------	------

総務課

総務課長	山盛 正雄
天野プロジェクト支援室 特任主幹	古橋 悟志
天野プロジェクト支援室 専門職員	莉紗 莉紗
総務グループ 係長	佐藤 孝政
総務グループ 係長	登内 紀晶
総務グループ 主任	塚崎 絢子
人事係 係長	長谷川 由里
人事係 事務職員	柴田 朋香
予算企画係長	原田 直亮
予算企画係 事務職員	石崎 穂波

1. 研究所の概況

1.1 設立の主旨・経緯

平成 27 年 10 月に「エコトピア科学研究所」を改組・拡充し、「未来材料・システム研究所」へと所名を変更した。改組と同時に「附属未来エレクトロニクス集積研究センター」が新たに発足し、同年 4 月に設置された「附属高度計測技術実践センター」、再編された「材料創製部門」および「システム創成部門」とあわせて、研究所は 2 センター、2 部門で構成されている。

研究所の前身は、平成 16 年に理工科学総合研究センター、難処理人工物研究センター、環境量子リサイクル研究センター、高効率エネルギー変換研究センター、情報メディア教育センター、先端技術共同研究センターなどを再編・統合し、エコトピア科学研究機構が設立されたことにさかのぼる。平成 17 年には、学内措置によりエコトピア科学研究所となり、文部科学省科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の審議、文部科学省および財務省の承認を経て、平成 18 年から名古屋大学附置研究所として発足した。

発足当時は、将来の社会を見据えた「エコ+ユートピア」や「文理融合」を掲げ、幸せなライフの指標であるエコトピア指標の提示やアジア諸国との共同研究と技術供与を目指した基礎研究所としてのミッションを有していた。研究分野をより先鋭化するため、平成 24 年頃より、材料とエネルギー、システムの研究を推進する研究所へと脱皮すべく、ミッションの再構築を進めた。さらに、平成 28 年度から始まった第 3 期中期目標・中期計画や時代の流れに即したかたちで、研究所の強みを生かし特色ある拠点となるべく現体制に改組・拡充され、平成 28 年には、文部科学省より「革新的省エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、令和 4 年からは「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として継続している。

本研究所は、本学における最大規模の部局横断型融合研究推進組織であり、本学の理工系の研究ポテンシャルを一層高めるとともに、新学問領域の創生と新しい学術体系を構築することを目指して活動している。

1.2 研究所の特色・構成

未来材料・システム研究所は、自然科学系の教員・研究者を中心として、2 センター（附属未来エレクトロニクス集積研究センター、附属高度計測技術実践センター）、2 部門（材料創製部門、システム創成部門）で構成される。さらに、産官学の共創研究を加速するため、寄附研究部門、共同ラボ、産学協同研究部門がその時代の要請に即して加わる体制になっている。特に、平成 27 年 10 月の改組以降は、企業による協同研究部門が充実してきている。

平成 27 年の改組とともに新設された CIRFE では、次世代の半導体パワーデバイスのための結晶成長機構の解明、表面・界面研究、デバイス構造研究、マルチフィジックスシミュレーションによる設計手法の確立などを通して、材料からデバイスさらにシステムへの応用までを視野に入れた研究を行っている。平成 30 年 6 月には、クリーンルーム棟（エネルギー変換エレクトロニクス実験施設）が完成し、GaN パワーデバイスに関して結晶成長から微細加工技術を利用したデバイス作製まで一貫した実用化レベルのプロセスを実施できる世界に先駆けた設備が整備された。

平成 27 年 4 月に設立された AMTC は、所内の超高压電子顕微鏡施設と先端技術共同研究施設を核に、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X 線分光計測およびナノ加工計測の 5 つの分野の高度計測技術の開発と人材育成ならびに設備の共同利用を推進している。

DM では、素材・材料の物性研究、作製プロセス、組織制御、応用・性能評価、シミュレーションなどを行い、これらの材料をデバイス設計や装置化に結び付ける研究や技術開発を推進している。既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題にとどまらず、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視野に立って省エネルギー・創エネルギーのための材料創製研究を行っている。

DS では、地球規模あるいは地域規模において、持続発展可能でかつ環境調和型のエネルギー変換・イン

フラ・ネットワークや物質変換・物質循環に関する様々な要素技術開発とともに、それらを高度にネットワーク化させて社会に実装するための方法論の構築を目指している。そのために必要となる高度なエネルギー変換技術・システム、省資源・省エネルギーに資する環境負荷低減技術、リサイクル技術や物質循環再生システムの開発、エネルギーインフラの計画・制御技術の構築とそのために不可欠なエネルギー・情報・物流に関する高度な情報ネットワーク技術に関する最先端の研究を寄附研究部門とも連携して推進している。

以上のように、先端的な材料・デバイス等の要素技術に関する基礎研究から、それらを社会実装するシステム技術までを俯瞰できる研究拠点を構築することで、日本の材料開発における国際競争力を高めるとともに、地域振興や大災害への対応等、社会ニーズにも即した技術開発力の強化を目指している。

1.2.1 機構内における連携・実績

名古屋大学と岐阜大学の法人統合（経営統合）により、2020年4月に東海国立大学機構が誕生した。本機構は、国際競争力と地域への貢献力を同時に伸ばすことを目的とし、大学改革の一つのモデルとなることを目指している。一方、未来材料・システム研究所は、2021年度に経済産業省による地域オープンイノベーション拠点選抜制度（J-Innovation HUB、略称 J イノベ）の国際展開型の拠点到採択され、海外および国内グローバル企業等との積極的な産学連携活動を通じた海外展開の活発化を図っている。

東海国立大学機構は、2021年度に地域の中核大学の産学融合拠点整備事業（経済産業省）に採択されたことを契機として、Tokai Open Innovation Complex（略称 TOIC）を設置した。先端材料、カーボンニュートラル、デジタルトランスフォーメーションの重点分野を中心としてオープンイノベーションを実践する施設である。本研究所は、J イノベの実績を通して、本整備事業の申請および TOIC 設置に向けて大きく貢献した経緯がある。また、2025年2月に TOIC で開催された全国の J イノベ拠点の交流を促す式典（J イノベ拠点交流会 @TOIC）では、本研究所の超高圧電子顕微鏡施設、エネルギー変換エレクトロニクス実験施設、およびエネルギー変換エレクトロニクス研究館の見学会を実施し、最新の研究設備や卓越した研究成果などを広く発信した。さらに、本研究所の豊田合成先端デバイス応用産学協同部門およびアイクリスタル半導体プロセスインフォマティクス産学協同研究部門が TOIC に入居し、活発な活動を展開している。

上記機構は、文部科学大臣の認可を受け、出資子会社「株式会社 Tokai Innovation Institute」（略称 TII）を2023年度に設立した。企業とアカデミアを橋渡し、大学の研究成果の実用化をワンストップでサポートすることを目的としている。本研究所の所員のひとは、TII のエグゼクティブリサーチャーを兼務し、民間企業との共同研究に従事している。

上記機構には、航空宇宙関連の生産技術を扱う高等研究院航空宇宙生産技術開発センターが設置され、本研究所の教員も研究に参画している。

1.3 組織

1.3.1 研究所附属センター

（1）未来エレクトロニクス集積研究センター（平成27年10月設立）

窒化ガリウム、炭化ケイ素、ナノカーボンなど次世代ポストシリコン材料を用いたデバイス・システムによる最先端エレクトロニクス研究を集積化して研究を推進すると共に、研究を通して高度人材を育成し、未来のエレクトロニクス産業の基盤技術を構築し卓越した人材を輩出することにより、特にエネルギー・環境などの社会問題解決に資することを目的として、平成27年10月に設立された。6つの部により構成され、これまで散在していた異分野の専門家が平成30年にエネルギー変換エレクトロニクス研究館（C-TECs）に集結し、世界を先導する創・省エネ材料・デバイス・システム研究を通じて、21世紀のものづくりを主導する高度人材の育成に努めている。

(2) 高度計測技術実践センター（平成27年4月設立）

これまでの研究所のもつユニークな高度計測技術シーズを活用し、高度計測技術の開拓発展、機器共有と共同研究および人材育成を行うための組織として、高度計測技術実践センターが平成27年4月に設立された。本センターでは、所内の超高压電子顕微鏡施設と先端技術共同研究施設を核に、研究所と関連する工学研究科、理学研究科、環境学研究科、シンクロトン光研究センター及び学外の知の拠点あいちシンクロトン光センター、核融合科学研究所などとの連携の下、電子顕微鏡計測、電磁波計測、素粒子計測、X線分光計測、ナノ加工計測の5つの分野の高度計測技術の実践と人材育成を推進している。

1.3.2 研究部・基幹研究部門

(1) 材料創製部門

材料創製部門では、様々な素材・材料の物性解明、材料プロセスの確立、組織制御、応用・性能評価、シミュレーションなどを行い、新しい機能材料、デバイスの開発を目指した研究開発を推進する。既存の物質・資源・エネルギーの効率的利用といった課題にとどまらず、材料のナノ・メソ領域構造を積極的に活用・制御することを通して、将来のエネルギーシステムや省エネデバイスに役立つ新材料・先端ナノ材料に関する研究を推進し、長期的な視点に立って省エネ・創エネのための材料創製研究を行っている。

(2) システム創成部門

システム創成部門では、持続発展可能でかつ環境に調和した社会の構築に資する要素技術として、高度なエネルギー変換・輸送・利用技術、様々な視点からエネルギー・環境の影響評価を行う手法、物質変換・物質循環技術の開発・研究を行っている。また、それらを効果的に活用するための電力・エネルギーシステムの計画運用手法や交通マネジメント技術、AI活用拡大を見据えた情報セキュリティに関する最先端の研究を推進している。

1.3.3 附属共同利用研究施設

未来エレクトロニクス集積研究、高度計測技術実践、材料創製、システム創成のすべての分野の研究に利用可能な超高压電子顕微鏡等を研究所附属施設として設置し、全国の研究者への共同利用に供している。

(1) エネルギー変換エレクトロニクス実験施設

本学では、省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体、窒化ガリウム（GaN）の研究拠点の構築を進めてきた。その中核となるのがエネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）である。C-TEFsは1000平米の大面積本格クリーンルームと1000平米の実験室を持ち、GaNの結晶成長、デバイス作製装置、評価・分析装置が集積されている。専任の技術者により装置の維持管理が行われており、クリーン度や装置の再現性、安定性に関して非常に高いレベルの運用が行われている。GaNに特化し、全体として一貫性のある装置群が揃っており、結晶成長からデバイス作製までの研究開発を一貫して行える環境が整えられており、この規模での集積は世界的にも群を抜いている。産官学から多くの利用があり、また、文部科学省や内閣府、総務省、経産省（NEDO）の研究開発プロジェクト遂行にも活用されている。C-TEFsでの試作や、C-TEFsで作製された結晶やデバイスを用いて、非常に多くの研究成果が生みだされており、オールジャパンの研究開発や産学共同研究の拠点としてGaNの研究開発を支えている。今後は、利用可能な材料やプロセスをさらに広げることで、より多くの利用者に活用していただける施設を目指す。

(2) 超高压電子顕微鏡施設

本学の電子顕微鏡学、電子線結晶学の伝統を継承する研究施設である。世界で唯一のガス環境セルを装備した反応科学超高压走査透過電子顕微鏡や、原子を直視する収差補正超高分解能分析電子顕微鏡、微細

構造三次元立体視のための高速加工観察分析装置等を有し、より開かれた共同利用施設として学内はもとより、全国の大学や研究機関と多くの共同研究を行っている。また反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡には四重極質量分析計が設置され、化学反応の原子レベル観察と同時に反応ガスの同時検出によるオペランド測定が世界で初めて可能となった。今後全国共同利用を一層強力に推進すると共に、国際化に向けた組織改革に取り組んでいく。特に平成24年度から本年度まで参画してきた文部科学省の微細構造解析プラットフォーム事業による分析支援において、これまで国内の実施機関中常にトップクラスの実績を挙げており、外部機関から高い評価を得ている。

本事業は令和4年度から文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（ARIM）として継承され、当施設は「次世代バイオマテリアル拠点」ハブ機関の構成部門として、引き続き計測・分析分野において産学官の研究者・技術者・学生等へ最先端の研究設備を用いて、課題解決の支援をしている。

令和3年7月より新たに顕微イメージングソリューションプラットフォーム事業への参画も開始した。中部地区における代表的微細構造解析拠点としての役割も担っている。

（3）先端技術共同研究施設

本研究施設には、426平方メートルのクリーンルームに、分子線エピタキシー装置や多元マグネトロンスパッタリング装置による薄膜形成、電子ビーム描画装置、マスクレス露光、マスクアライナによる微細パターンの形成、イオン注入装置や反応性エッチング装置による各種プロセス処理など、ナノ材料/ナノ構造の作製やナノデバイスの開発を行うための装置群が整備されている。また、クリーンルーム外の実験室にはESCA、原子間力顕微鏡、薄膜X線回折装置、物理物性測定システムをはじめとする薄膜やデバイスの分析評価装置が設置されている。本施設は、文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ事業に参画し、装置の共用を進めるとともに、学内外の多くの研究者に薄膜作成、微細加工プロセス及び分析評価などに関する支援を行っている。

1.3.4 寄附研究部門

寄附研究部門は、奨学を目的とする民間企業等からの寄附金により、名古屋大学の主体性の下に教育研究の豊富化、活発化を図ることを目的に設置する制度である。現在、システム創成部門関連（中部電力）及び未来エレクトロニクス集積研究センター関連（トヨタ自動車）の部門として、以下の2部門を設置している。

- ・エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門（設置期間：第8期 令和4年4月1日～令和8年3月31日）
- ・トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門（設置期間：平成28年4月1日～令和9年3月31日）

1.3.5 産学協同研究部門

産学協同研究部門は、企業等から経費と人材を受け入れ、名古屋大学の教育研究の進展及び充実と社会貢献を図ることを目的としている。現在、未来エレクトロニクス集積研究センター関連の部門として、以下の9部門を設置している。

- ・産総研・名大窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ
（設置期間：平成28年4月1日～令和7年3月31日）
- ・豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部門
（設置期間：平成30年1月1日～令和8年3月31日）
- ・豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研究部門
（設置期間：平成31年4月1日～令和9年3月31日）
- ・旭化成次世代デバイス産学協同研究部門
（設置期間：平成31年4月1日～令和8年3月31日）

- ・三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研究部門
(設置期間：令和元年7月1日～令和8年3月31日)
- ・Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス産学協同研究部門
(設置期間：令和4年2月1日～令和8年3月31日)
- ・ミライズテクノロジー先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門
(設置期間：令和4年4月1日～令和10年3月31日)
- ・UJ-Crystal 超高品質 SiC 半導体産学協同研究部門
(設置期間：令和6年1月1日～令和7年12月31日)
- ・アイクリスタル半導体プロセスインフォマティクス産学協同研究部門
(設置期間：令和6年10月1日～令和9年9月30日)

＜設置期間が終了した産学協同研究部門＞

- ・NIMS・名大 GaN 評価基盤研究ラボラトリー天野・小出共同研究ラボ
(設置期間：平成29年3月1日～令和3年3月31日)
- ・トヨタ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門
(設置期間：平成28年4月1日～令和4年3月31日)
- ・デンソー自動車用パワーエレクトロニクス産学協同研究部門
(設置期間：平成28年5月1日～令和4年3月31日)
- ・デンソー革新的ナノカーボン応用産学協同研究部門
(設置期間：令和2年4月1日～令和4年3月31日)
- ・ローム複合系シミュレーション産学協同研究部門
(設置期間：令和元年7月1日～令和4年6月30日)

1.3.6 研究所事務部

平成18年10月1日付けで、エコトピア科学研究所、太陽地球環境研究所及び環境医学研究所の事務部を統合し、研究所事務部が発足した。研究所事務部は、研究組織への事務的サポート体制・機能の強化を図るため、事務長制から部課長制（事務部長、総務課長、経理課長）に移行し、総務、研究支援、経理事務に関して専門的な事務体制を構築した。令和2年1月1日から、研究支援系、施設系及び経費執行系業務の本部事務への一元化が行われ、関連業務及び職員の本部への移管等に伴い、研究所事務部における当研究所に係る部内体制は、総務課一課体制となった。

1.3.7 組織改革

平成27年度

3つの研究部門（グリーンマテリアル部門、グリーンコンバージョン部門、グリーンシステム部門）と高度計測技術実践センターから構成されるエコトピア科学研究所を、2つの研究部門（材料創製部門、システム創成部門）と2つのセンター（未来エレクトロニクス集積研究センター、高度計測技術実践センター）に改編した。この改編では、自然と調和する持続可能な社会を実現するための研究プロジェクトをより効率的に遂行するため、材料からシステムに至る幅広い研究分野の教員を再編成するとともに、大きな省エネルギー効果が期待される窒化ガリウム半導体を中心とした半導体デバイス分野の複数の教員を新たに研究所に迎え、未来エレクトロニクス集積研究センターを設立した。

平成28年度

「共同利用・共同研究拠点」として活動するため、共同利用・共同研究の公募、採択及び実施に関する事

項を審議する共同利用・共同研究委員会を組織した。また、同年に文部科学省「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」《6 研連携プロジェクト》の名古屋大学東京分室を早稲田大学内に設置した。研究プロジェクトは、令和3年より国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクトに引き継がれている。

平成 30 年度

エネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）を完成させ、GaN の結晶成長・デバイスプロセス・評価を一貫して行えるクリーンルームを稼働させ、GaN 研究の進展を加速化した。同年にエネルギー変換エレクトロニクス研究館（C-TECs）も竣工させ、C-TEFs とともに GaN の産学共同研究をアンダーワンルーフで実施する中核拠点を整備した。

令和 4 年度

未来エレクトロニクス集積研究センターにおいて、GaN プロジェクトの研究企画・推進を担ってきた「研究戦略部」と、新たな産学連携研究の掘り起こしをすべく活動していた「産学協同研究部」を発展的に改組し、「研究戦略・共同研究推進部」として設置した。本組織は、次世代、および次々世代半導体研究の共創場としてネットワークを構築し、それを通じた人材交流や共同研究を推進するために研究プロジェクトの企画、運営を行っている。研究活動やその成果の活用をさらに進めるために、特任教員のほか、3 名の URA（1 名は学術研究・産学連携推進本部所属）を配置している。

1.4 財政

研究所の研究予算は、文部科学省を中心とする政府資金と民間等からの外部資金とに分類できる。前者のうち、基盤的経費と附属設備経費は経常経費であり、その他の予算は研究所の活動を反映した流動的予算である。

1.4.1 政府関連予算の状況

過去 4 年間の文部科学省関連予算状況を、表 1.1 にまとめて示す。

表 1.1 文部科学省関連予算状況（千円）

費目	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度
基 盤 的 経 費	54,350	51,278	49,841	49,015
教育研究設備維持運営費	52,440	50,415	49,978	42,154
上記以外教育研究経費	79,773	79,385	78,108	77,069
特 別 経 費	334,549	304,466	301,484	297,975
部 局 管 理 運 営 費	5,043	5,152	5,157	4,589
非 常 勤 職 員 人 件 費	68,498	67,438	66,359	65,297
科学研究費助成事業	664,430	524,930	391,060	492,570

研究所の教員が代表者となって申請した、令和6年度科学研究費助成事業の申請状況、採択状況を表1.2に示す。

表 1.2 令和6年度科学研究費助成事業申請・採択状況

研究種目	申請件数	採択件数（継続含む）	金額（百万円）
特別推進研究	0	0	0
新学術領域研究 （研究領域提案型）	0	0	0
学術変革領域研究（A）	1	2	121
学術変革領域研究（B）	2	2	25
基 盤 研 究（S）	1	3	83
基 盤 研 究（A）	7	5	44
基 盤 研 究（B）	16	12	57
基 盤 研 究（C）	8	3	5
挑 戦 的 研 究（開拓）	2	0	0
挑 戦 的 研 究（萌芽）	11	7	19
若 手 研 究	2	2	2
研究活動スタート支援	2	0	0
研究成果公開促進費	0	0	0
特別研究促進費	0	0	0
国際共同研究加速基金	2	2	137
特別研究員奨励費	0	0	0
計	54	38	493

令和6年度の科学研究費助成事業のうち、研究所の教員が代表者となった研究課題を表1.3に示す。

表 1.3 令和6年度科学研究費助成事業研究課題一覧

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
学術変革領域研究（A）	中村崇司	イオン渋滞現象の解明に向けた高度計測技術の統合利用
学術変革領域研究（A）	長谷川丈二	メソポーラス多面体粒子の超セラミックス化と機能開拓
学術変革領域研究（B）	洗平昌晃	14族ナノシートのキャリア輸送特性と新機能開拓
学術変革領域研究（B）	永沼 博	非平衡マルチフェロイックス界面の超軌道分裂による新奇巨大界面応答
基盤研究（S）	長田 実	原子膜技術による革新的蓄電デバイスの創成

1. 研究所の概況

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
基盤研究 (S)	水口将輝	ナノ超構造がもたらす熱・スピン機能変革
基盤研究 (S)	笠原次郎	動的・液体推進剤回転デトネーションエンジン物理解明：弾道・軌道上フライト実証展開
基盤研究 (A)	武藤俊介	ナノ電子プローブ実・逆空間走査による統合データ駆動型材料物性解析
基盤研究 (A)	梶原真人	高輝度パルス電子線を用いた高速オペランドイメージング法の開拓
基盤研究 (A)	天野 浩	GaN の IMPATT 格子によるコヒーレントハイパワー THz 源
基盤研究 (A)	宇治原徹	潜在空間における複雑な結晶成長モデルの構築とプロセス設計
基盤研究 (A)	中西和樹	低密度高気孔率物質のクロススケール構造制御による強靱化と機能開拓
基盤研究 (B)	長縄直崇	原子核乾板による重力場中の超冷中性子の位置分布の観測
基盤研究 (B)	六條宏紀	最高解像度宇宙ガンマ線観測で暗黒物質を探る～世界最大口径原子核乾板望遠鏡の開発～
基盤研究 (B)	原田俊太	熱フォノンのアンダーソン局在を利用した極限熱絶縁材料の設計
基盤研究 (B)	田中宏彦	非接触再結合プラズマ中における不安定性・対流輸送の能動制御に関する研究
基盤研究 (B)	小林 亮	酸化物原子膜のアニオンエンジニアリングと次世代誘電体の創製
基盤研究 (B)	山本瑛祐	非層状化合物原子膜の精密合成と原子層エンジニアリングへの展開
基盤研究 (B)	中村崇司	アニオン欠陥の自在制御による革新的酸素発生触媒の開拓
基盤研究 (B)	齋藤 晃	光電コヒーレント転写による電子線の波動関数制御の研究
基盤研究 (B)	大塚真弘	マルチモーダル電子ビーム制御による原子サイト選択的物性値定量マッピング
基盤研究 (B)	宮町俊生	界面磁気結合を活用した新規水素吸蔵機能の創出
基盤研究 (B)	本田善央	4 元混晶 AlGaInN 分極ドーピング層を用いたヘテロバイポーラトランジスタの作製
基盤研究 (B)	小島義弘	微構造制御に基づく高活性化と回収 / 再利用の両立を目指した環境浄化光触媒の開発
基盤研究 (C)	今岡 淳	高放熱磁気部品構造の提案とそのフロントローディング技術の確立
基盤研究 (C)	洗平昌晃	機械学習ポテンシャルによる協奏的現象の速度論解析

研究種目	研究代表者氏名	研究課題名
基盤研究（C）	BEN NAILA, Chedlia	IRS-assisted Optical MIMO Systems for High-Capacity and Reliable Underwater Communication Links
挑戦的研究（萌芽）	山本瑛祐	原子膜技術による次世代パワー半導体の開発
挑戦的研究（萌芽）	富田大輔	酸性アモノサーマル法による AlN バルク結晶作製技術の開発
挑戦的研究（萌芽）	宇治原徹	インターカレーションによる熱伝導可変メカニズムの解明と新規デバイス構造の提案
挑戦的研究（萌芽）	田中宏彦	リユードベリ原子状態を介した新しいプラズマ輸送過程の実験的検証
挑戦的研究（萌芽）	大塚真弘	ビームロッキング電子顕微分光による界面偏析したドーパント周辺環境の解明
挑戦的研究（萌芽）	水口将輝	スピン整流を用いた電磁波吸収発電素子の創成
挑戦的研究（萌芽）	長田 実	酸化物原子膜による革新的エピタキシー技術の創成
若手研究	伊東山登	高エネルギー液スラスタのレーザ輻射加熱点火に関する学理探究と点火制御則の構築
若手研究	松永正広	生体親和型エネルギーハーベスターの高出力化に向けた開発と評価
国際共同研究加速基金 (国際先導研究)	笠原次郎	デトネーションエンジンの物理解明：宇宙飛行実証国際共同研究
国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化)	宮町俊生	界面磁気結合と量子効果の相乗効果による水素吸蔵機能の向上

1.4.2 外部資金獲得状況

外部資金は、他機関からの受託研究、民間企業等との共同研究、および寄附金などにより得られたものであり、研究所の活動実績を顕著に反映している。過去4年間に研究所が獲得した外部資金を表1.4に示す。

表 1.4 外部資金

経費名	令和3年度		令和4年度		令和5年度		令和6年度	
	受入額(千円)	件数	受入額(千円)	件数	受入額(千円)	件数	受入額(千円)	件数
奨学寄附金	33,857	29	29,751	26	45,800	29	71,525	36
受託研究費	2,362,813	36	1,651,635	37	2,195,396	38	2,203,393	41
民間企業等との共同研究	415,630	121	459,690	112	911,473	113	531,983	123
政府補助金	62,758	5	106,035	6	43,963	4	42,424	4

表 1.5 令和 6 年度受託研究 相手組織別件数

相手組織	令和 6 年度
文部科学省	1
総務省	1
環境省	2
国立研究開発法人（科学技術振興機構等）	24
日本学術振興会	0
民間企業	6
大学	5
国立研究所、その他（財団法人等）	2
受託研究件数 合計	41

1.4.3 所長裁量経費

平成 28 年度から、産学連携に関する重点的な課題を選定し、その研究テーマ等に関する研究、科学技術等のハイレベルな情報交換を通じて、研究・技術のトレンドの把握を行い、国、県等の競争的資金制度に応募できる先導的な研究テーマを発掘するため、萌芽的共創研究の募集を開始した。令和 6 年度は、表 1.6 のように 5 件の萌芽的共創研究を採択し、実施した。

表 1.6 令和 6 年度 萌芽的共創研究

研究代表者（所属）	研究課題名	研究グループ氏名
林希一郎 （システム創成部門）	再生可能エネルギー立地選定評価モデルの 活用に係る基礎的研究	岡澤 宏 （東京農業大学）
長田 実 （材料創製部門）	原子膜技術による高性能日射遮蔽膜の開発	明渡 純 （産業技術総合研究所）
六條宏紀 （高度計測技術実践センター）	ミューオンラジオグラフィ計測等への原子 核乾板の利用拡大に向けた革新的デバイス 開発研究	高田俊二 （千葉大学）
田川美穂 （材料創製部門）	マイクロ流体デバイスを用いた DNA 修飾ナ ノ粒子の高品質単結晶作製と X 線小角散乱 による構造解析	鳥取直友 （九州大学）
宮町俊生 （材料創製部門）	ポストグラフェン材料実現を見据えた新規 ハニカム MOF 単原子層の創製	珠玖良昭 （名古屋大学）

1.5 人事

研究所の教員数、人事異動（令和6年4月1日から令和7年3月31日）を以下に示す。

表 1.7 教員数 (令和7年3月31日時点)

部門名等	教授	准教授／講師	助教
未来エレクトロニクス集積研究センター	17	10	3
高度計測技術実践センター	4	4	6
材 料 創 製 部 門	7	5	3
シ ス テ ム 創 成 部 門	8	2	4
寄 附 研 究 部 門	5	1	1
産学協同研究部門等	7	8	5
超高压電子顕微鏡施設	0	1	0
合 計	48	31	22

※特任教員を含む。兼務教員及び客員教員を除く。

1.5.1 公募

- (1) 未来エレクトロニクス集積研究センター 教授の公募（令和5年度公募、6年度着任）
教授 本田 善央（前職：名古屋大学未来材料・システム研究所 准教授）
- (2) 高度計測技術実践センター 教授の公募（令和5年度公募、6年度着任）
教授 梶原 真人（前職：名古屋大学未来材料・システム研究所 准教授）
- (3) 材料創製部門 教授の公募（令和5年度公募、6年度着任）
教授 中村 崇司（前職：東北大学 准教授）
- (4) 未来エレクトロニクス集積研究センター 准教授の公募（令和5年度公募、6年度着任）
准教授 沓掛 健太郎（前職：理化学研究所 研究員）
- (5) システム創成部門 助教の公募（令和6年度公募、6年度着任）
助教 ZHU Yuanfang（前職：名古屋大学未来社会創造機構 研究員）

1.5.2 人事異動 (令和6年4月1日から令和7年3月31日)

令和6年

4月 1日 昇格	本田善央	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	教授
4月 1日 昇格	梶原真人	高度計測技術実践センター X線分光計測部	教授
4月 1日 採用	中村崇司	材料創製部門	教授

1. 研究所の概況

4月 1日	配置換	岩田 哲	システム創成部門	教授
4月 1日	採用	沓掛健太郎	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	准教授
4月 1日	採用	山本宗昭	システム創成部門	助教
4月 1日	採用	安井正明	システム創成部門	特任教授
4月 1日	採用	井出一正	トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研 究部門	特任教授
4月 1日	採用	中村綾花	エネルギーシステム（中部電力）寄附研 究部門	特任助教
4月 1日	採用	WANG Haitao	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	研究員
4月 1日	採用	高橋幸聖	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	研究員
4月 1日	採用 （在籍出向）	池田宏隆	三菱ケミカル GaN 基板デバイス産学協同研 究部門	特任准教授
6月 30日	退職	BEN NAILA Chedlia	システム創成部門	助教
7月 1日	採用	出川智啓	材料創製部門	助教
10月 1日	採用 （在籍出向）	長田圭一	アイクリスタル半導体プロセスインフォマ ティクス産学協同研究部門	特任講師
10月 1日	採用 （在籍出向）	安川滉啓	アイクリスタル半導体プロセスインフォマ ティクス産学協同研究部門	特任助教
12月 1日	採用 （クオアポ）	星 真一	ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクト ロニクス産学協同研究部門	特任准教授
12月 31日	任期満了	蔡文トウ	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	研究員
12月 31日	任期満了 （在籍出向）	富田一義	豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研 究部門	特任教授
令和7年				
1月 1日	採用	ZHU Yuanfang	システム創成部門	助教
1月 1日	昇格	劉 新	未来エレクトロニクス集積研究センター	特任准教授
1月 1日	採用	瀬尾圭介	未来エレクトロニクス集積研究センター未 来デバイス部	研究員
1月 1日	採用	辻 信博	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
1月 1日	採用 （在籍出向）	伊藤健治	豊田中研 GaN パワーデバイス産学協同研 究部門	特任教授
1月 31日	退職	新田州吾	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	特任准教授
1月 31日	退職 （在籍出向）	角谷健吾	豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部 門	特任助教

2月 1日 昇格	永沼 博	材料創製部門	特任教授
2月 1日 採用 (在籍出向)	長谷川恭孝	豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部門	特任教授
3月 31日 定年退職	白石賢二	未来エレクトロニクス集積研究センター マルチフィジックスシミュレーション部	教授
3月 31日 退職	池永英司	高度計測技術実践センター X線分光計測部	准教授
3月 31日 退職	植木保昭	システム創成部門	准教授
3月 31日 退職	六條宏紀	高度計測技術実践センター素粒子計測部	助教
3月 31日 退職 (在籍出向)	長田圭一	アイクリスタル半導体プロセスインフォマ ティクス産学協同研究部門	特任講師
3月 31日 退職 (クロアポ)	吉川 陽	旭化成次世代デバイス産学協同研究部門	特任准教授
3月 31日 退職 (クロアポ)	張 梓懿	旭化成次世代デバイス産学協同研究部門	特任助教
3月 31日 任期満了	原 信二	未来エレクトロニクス集積研究センター システム応用部	特任教授
3月 31日 任期満了	渡邊浩崇	未来エレクトロニクス集積研究センター 未来デバイス部	研究員
3月 31日 任期満了	趙 元晟	未来エレクトロニクス集積研究センター	研究員
3月 31日 任期満了	セナナヤケ ティ ラク アナンダ	未来エレクトロニクス集積研究センター システム応用部	研究員
3月 31日 任期満了	末松英治	未来エレクトロニクス集積研究センター システム応用部	研究員
3月 31日 任期満了	横山隆弘	エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	研究員
3月 31日 任期満了 (在籍出向)	鹿野 悠	Photo electron Soul GaN 電子ビームデバイス 産学協同研究部門	特任講師

外国人客員教員

令和6年9月3日～ 令和6年11月28日	BOERO Mauro	特任教授	フランス国立科学研究セン ター/ストラスブール大学 上級研究ディレクター/教授	白石賢二教授
令和6年9月16日～ 令和6年10月25日	AXHAUSEN Kay werner	特任教授	チューリッヒ工科大学 教授	山本俊行教授
令和6年10月8日～ 令和6年12月15日	WEYERS Markus heinrich	特任教授	フェルディナンド・ブラウン 研究所/ベルリン工科大学 材料技術部長/特任教授	PRISTOVSEK Markus 特任教授
令和6年12月1日～ 令和7年11月30日	徐 芝宇	研究員	コーネル大学 研究員	天野 浩教授
令和7年1月1日～ 令和7年2月28日	CHEN Cynthia	特任教授	ワシントン大学 教授	山本俊行教授

1.6 施設・設備

表 1.8 使用施設面積の状況

(令和6年4月1日現在)

建物名	面積
①研究室・実験室・事務室として使用している面積	
・研究所共同館Ⅰ	333m ²
・研究所共同館Ⅱ	3,878m ²
・共同教育研究施設第3実験棟	461m ²
・総合研究実験棟	2,443m ²
小計	7,115m ²
②固有の建物	
・高効率エネルギー変換研究施設	504m ²
・超高圧電子顕微鏡施設	996m ²
・先端技術共同研究施設	1,849m ²
・エネルギー変換エレクトロニクス実験施設	2,265m ²
・エネルギー変換エレクトロニクス研究館	3,367m ²
小計	8,981m ²
合計	16,096m ²

1.7 令和6年度のできごと

研究所の活動に関する主要なできごとを以下にまとめた。

令和6年

6月11日	第41回中部電力株式会社との連携協議会
7月5日	第60回 CIRFE セミナー
7月10日	第59回 CIRFE セミナー
8月28日	名古屋大学 夏のテクノロジーフェスティバル
9月9日	第9回 IMaSS 交流会
9月13日	第11回 CIRFE シンポジウム「ASPIRE Symposium day1」
9月13日	第5回 エネルギーシステムシンポジウム「水素エネルギーの利活用技術の最新動向と今後の展開」
9月27日	第10回 CIRFE シンポジウム「エピタキシャル成長の量子論」
10月11日	第11回 CIRFE シンポジウム「ASPIRE Symposium day2」
10月17日	第61回 CIRFE セミナー「Special Invited Lecture by Prof. Mitcheson, Imperial College London」
10月19日	第3回市民公開講座 / 第20回名古屋大学ホームカミングデイ「将来のモビリティ社会に向けた最新技術動向」
11月21日	第64回 CIRFE セミナー
11月27日	第63回 CIRFE セミナー
12月3日	第62回 CIRFE セミナー「産業界における計算科学とデバイス開発 - 高周波 GaN HEMT-」
12月4日	第42回中部電力株式会社との連携協議会
12月19日	第65回 CIRFE セミナー
12月26日	令和6年度 名古屋大学未来材料・システム研究所 運営協議会・外部評価委員会

令和7年

2月17日	第6回 エネルギーシステムシンポジウム「エネルギーレジリエンスの最新動向と今後の展開」
3月6日	第66回 CIRFE セミナー
3月10日	白石 賢二 教授 最終講義「産業界と基礎研究の架け橋：計算科学41年の挑戦」

2. 運営

2.1 教授会・部門長会議

教授会は、(1)将来計画、(2)規程、内規等の制定または改廃、(3)予算及び決算、(4)教員人事、(5)研究計画、(6)所長候補者の選考、(7)センター長及び部門長の選考、(8)職員の懲戒、(9)その他運営または研究に関する重要事項を扱い、その構成は、所長、研究所専任の教授、准教授及び講師、その他所長が必要と認めた者としている。

部門長会議は、教授会からその権限を委任された事項（上記(6)(8)を除く事項）について審議するため、代議員会として設置し、その議決をもって教授会の議決としている。平成 18 年度より、所長、副所長、各部門長、各施設長、各センター長に加え、各委員会委員長も出席し、運営事項の連絡を密にしている。

令和 6 年度は、拡大教授会を 1 回、部門長会議を 11 回開催した。

【令和 6 年度 未来材料・システム研究所部門長会議構成員】

内山知実（所長）、山本俊行（副所長）、大野雄高（副所長、共同利用・共同研究委員会委員長）、水口将輝（材料創製部門長）、加藤丈佳（システム創成部門長、学術交流・社会連携委員会委員長）、天野 浩（未来エレクトロニクス集積研究センター長）、武藤俊介（高度計測技術実践センター長、超高压電子顕微鏡施設長）、齋藤 晃（広報委員会委員長）、白石賢二（安全衛生・整備委員会委員長）、加藤剛志（先端技術共同研究施設長）、須田 淳（エネルギー変換エレクトロニクス実験施設長、オブザーバー）

2.2 運営協議会

研究所では、広くかつ高い識見を有する学内外の研究者等から、共同利用及び共同研究をはじめとする本研究所の運営等に関する事項の協議及び研究活動に対する助言を受けるため、運営協議会を設置している。その構成は、本研究所の教授、理学研究科、工学研究科、環境学研究科、情報学研究科、環境医学研究所、及び宇宙地球環境研究所の教授、本学以外の学識経験者としている。

令和 6 年度は、令和 6 年 12 月 26 日に開催した。

【令和 6 年度 未来材料・システム研究所運営協議会委員】

内山知実（所長、オブザーバー）、山本俊行（副所長）、大野雄高（副所長、オブザーバー）、本田善央（教授）、武藤俊介（教授）、水口将輝（教授）、加藤丈佳（教授）、飯嶋 徹（理学研究科教授）、吉田 隆（工学研究科教授）、日比野高士（環境学研究科教授）、松田圭悟（情報学研究科教授）、益谷央豪（環境医学研究所教授）、塩川和夫（宇宙地球環境研究所教授）、佐々木孝彦（東北大学金属材料研究所長）、藤井英俊（大阪大学接合科学研究所長）、真島 豊（東京科学大学 総合研究院 フロンティア材料研究所長）、谷井孝至（早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構副機構長）、影近弘之（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所長）、柿本健一（名古屋工業大学理事・副学長）、上宮成之（岐阜大学地方創生エネルギーシステム研究センター長）、澤田和明（豊橋技術科学大学次世代半導体・センサ科学研究所長）、吉田善章（自然科学研究機構核融合科学研究所長）、大橋直樹（物質・材料研究機構（NIMS）電子・光機能材料研究センター長）、松原一郎（産業技術総合研究所中部センター所長）、中川幸臣（あいち産業科学技術総合センター所長）、山岡充昌（名古屋市工業研究所長）、齊藤知孝（中部電力（株）技術開発本部技術企画室長）、射場英紀（トヨタ自動車（株）先端材料技術部 CPE）、高田雅介（ファインセラミックスセンター材料技術研究所・ナノ構造研究所長）、大須賀千尋（ヤマハ株式会社コーポレート本部 執行役員・副本部長）

2.3 外部評価委員会

研究所では、教育研究活動等に関し、国内外の学識経験者から評価を受けることにより、本研究所の教育研究活動等の改善に期するため、外部評価委員会を設置している。その構成は、本研究所の教授、理学研究科、工学研究科、環境学研究科、情報学研究科、環境医学研究所、及び宇宙地球環境研究所の教授、本学以外の学識経験者としている。

これまで平成 18 年度、平成 22 年度に開催しており、令和 6 年度は、令和 6 年 12 月 26 日に開催した。

【令和 6 年度 未来材料・システム研究所外部評価委員会委員】

内山知実（所長、オブザーバー）、山本俊行（副所長）、大野雄高（副所長、オブザーバー）、本田善央（教授）、武藤俊介（教授）、水口将輝（教授）、加藤丈佳（教授）、飯嶋 徹（理学研究科教授）、吉田 隆（工学研究科教授）、日比野高士（環境学研究科教授）、松田圭悟（情報学研究科教授）、益谷央豪（環境医学研究所教授）、塩川和夫（宇宙地球環境研究所教授）、佐々木孝彦（東北大学金属材料研究所長）、藤井英俊（大阪大学接合科学研究所長）、真島 豊（東京科学大学 総合研究院 フロンティア材料研究所長）、谷井孝至（早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構副機構長）、影近弘之（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所長）、柿本健一（名古屋工業大学理事・副学長）、上宮成之（岐阜大学地方創生エネルギーシステム研究センター長）、澤田和明（豊橋技術科学大学次世代半導体・センサ科学研究所長）、吉田善章（自然科学研究機構核融合科学研究所長）、大橋直樹（物質・材料研究機構（NIMS）電子・光機能材料研究センター長）、松原一郎（産業技術総合研究所中部センター所長）、中川幸臣（あいち産業科学技術総合センター所長）、山岡充昌（名古屋工業研究所長）、齊藤知孝（中部電力（株）技術開発本部技術企画室長）、射場英紀（トヨタ自動車（株）先端材料技術部 CPE）、高田雅介（ファインセラミックスセンター材料技術研究所・ナノ構造研究所長）、大須賀千尋（ヤマハ株式会社コーポレート本部 執行役員・副本部長）

2.4 所内委員会

2.4.1 共同利用・共同研究委員会

文部科学省から令和 4 年度より 6 年間共同利用・共同研究拠点として「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」が認定され、委員会は共同利用・共同研究及び新たに設けた共同利用・共同研究（国際共同研究）について、公募及び審査等を行った。

【共同利用・共同研究専門委員会】

第 1 回委員会（メール審議：10 月 11 日～10 月 18 日）を開催し、共同利用・共同研究公募要項案、共同利用・共同研究（国際共同研究）公募要項案、審査基準及び審査方法案を作成した。第 2 回委員会（オンライン会議：2 月 26 日）を開催し、2025 年度共同利用・共同研究及び共同利用・共同研究（国際共同研究）の申請について専門的見地からの審査を行った。

委 員 長：五十嵐信行

委 員：今岡 淳、加藤剛志、栗原真人、田川美穂、小林 亮、林希一郎、小島義弘
（事務：研究協力部研究事業課 横井利行）

【共同利用・共同研究委員会】

第 1 回委員会（メール審議：10 月 24 日～10 月 31 日）を開催し、2025 年度共同利用・共同研究公募要項、共同利用・共同研究（国際共同研究）公募要項、公募審査基準及び審査方法を承認した。

委 員 長：大野雄高

所 内 委 員：五十嵐信行、加藤剛志、田川美穂、林希一郎

学 外 委 員：種村真幸（名古屋工業大学）、内田裕久（豊橋技術科学大学）、
藤代芳伸（産業技術総合研究所）、節原裕一（大阪大学）、

佐々木孝彦（東北大学）、朝日 透（早稲田大学）

第1回共同利用・共同研究委員会で、募集要項が承認されたのを受け、12月2日に研究所のホームページに共同利用・共同研究等の公募案内を掲載するとともに、関係機関宛にメール配信した。なお、申請の締切は、1月15日とした。

第2回委員会（オンライン会議：3月19日）を開催し、2025年度共同利用・共同研究及び共同利用・共同研究（国際共同研究）申請の審査を実施し、共同利用・共同研究については99件を採択とし、7件を不採択とした。また、共同利用・共同研究（国際共同研究）については12件（新規8件、継続4件）を採択とした。

委 員 長：大野雄高

所 内 委 員：五十嵐信行、加藤剛志、田川美穂、林希一郎

学 外 委 員：種村真幸（名古屋工業大学）、藤代芳伸（産業技術総合研究所）、節原裕一（大阪大学）
（事務：研究協力部研究事業課 横井利行）

2.4.2 学術交流・社会連携委員会

今年度は、IMaSS 交流会の開催方法の検討を中心に、学術交流、国際交流、社会連携等に関する事項について審議するため、原則第3水曜日に開催の定例会をオンライン会議により4回開催するとともに、必要に応じてメール会議を開催した。

（1）IMaSS 交流会

所員および連携実施協定等締結機関関係者が互いの研究内容を知り、共同研究の可能性を探るとともに、親睦を深めようというものである。令和6年9月9日に、対面で第9回 IMaSS 交流会を開催した。交流会では講演会及びポスターセッションを実施し、講演会では5名の教員に講演を依頼した。参加者は50名であった。特にポスターセッションにおいては活発な質疑を通じて関係者の交流を図ることができた。また、最後に懇親会を開催し、所員、連携実施協定機関関係者との親睦を深めた。

（2）全学的イベントへの参加

今年度は、令和6年6月9日開催の名大祭において、豊田行動ホワイエに研究所紹介のブースを出展し、最新の研究成果に関するビデオ上映およびポスターパネルの展示に加え、次世代エアカーテン装置の公開実験及び研究所パンフレット及びニュースの配付を行った。多くの来場者がブースを訪れた。また、令和6年10月19日開催の第20回ホームカミングデイにおいて、研究所紹介のパネル・ビデオ展示を行った。ブースを訪れた人数は300名であった。

（3）講演会・シンポジウム

本研究所が主催する講演会・シンポジウムは、本委員会が開催申請書を審査し、開催の可否や助成額等を決定する。今年度は、4件の講演会・シンポジウムについて、審査の上、その開催を認めた。

【学術交流・社会連携委員】

委 員 長：加藤丈佳

委 員：成瀬一郎、熊谷 純、大塚真弘、原田俊太

事 務 担 当：横井利行（研究協力部研究事業課）

2.4.3 広報委員会

毎月第2水曜日（8月を除く）、オンライン会議を基本として委員会を開催し、研究所の広報に関する事項について審議を行うとともに、決定事項に基づいて以下の各項の作業を進めた。

令和6年度は、未来材料・システム研究所（IMaSS）からの情報発信の強化、および研究所主催イベント（名古屋大学 夏のテクノロジーフェスティバル）に合わせた活動を行った。具体的な広報活動、出版物発行等は以下のようなものである。

（1）パンフレットの編集・発行

令和6年5月1日時点の研究所を構成するセンター、部門、施設の情報、各種データのほか、研究グループの説明（概要）を、写真やARを利用するなどの工夫を凝らして掲載し発行・配付した。（A4判 カラー 48頁 発行数／1,500冊）

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2024/06/IMaSS_pamphlet_2024_Web_s.pdf



（2）ニュース冊子の編集・発行

研究者へのインタビューや最新の話題を盛り込み、一般の方にも理解しやすい表現でまとめたニュース冊子「IMaSS NEWS vol.17」を編集・発行（8月）し、大学の関連企業やマスコミ、イベント時、来訪者など学内外へ広く配付した。（A4判 カラー 20頁 発行数／2,200冊）

https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/wp/wp-content/uploads/2024/08/IMaSS_NEWS_17_Web-2s.pdf



（3）研究紹介動画の制作

IMaSSの研究を主に一般の方へ紹介する動画「IMaSS 未来予想図 vol.11 / プラズマを利用して発電へ！～核融合発電の実現に一步近づく新技術～」を制作し、YouTube および IMaSS ホームページ、各種イベント、デジタルサイネージなどで公開した。

<https://youtu.be/QSUxpB93NKw>



（4）ホームページの更新・サーバー管理

IMaSSのテーマを継続し、ホームページの更新・公開を行った。

また、上記の運用に伴うサーバー管理、所内向けサイトの情報更新、研究室HPの設置手続きについても確認・手配などを行った。

<https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>



（5）SNS（X（旧Twitter））の活用

SNSの1つであるX（旧Twitter）でプレスリリースされた研究紹介、IMaSS関連のニュースのリツイート、イベント案内などの情報発信を行った。

https://x.com/NagoyaU_IMaSS



（6）その他

研究所共同館II1階およびNIC1階のデジタルサイネージにて、IMaSS関連の紹介動画および研究紹介動画を再生した。再生にあたっては、諸事情に応じてコンテンツを更新するなど調整・再生依頼を行った。

名大祭、ホームカミングデーなど各種イベントにて、ポスターや動画などコンテンツの提供およびフォローを行った。

【広報委員】

委 員 長：齋藤 晃

委 員：芳松克則、栞原真人、宮町俊生、植木保昭、山本俊行副所長（オブザーバ）

事務担当：山盛正雄、登内紀晶（10月より鎌田恭子）、塚崎絢子、小西雅代、宮本みどり、佐藤孝政（オブザーバ・7月より近藤文子）

2.4.4 安全衛生整備委員会

令和6年度は計10回の委員会を開催し、未来材料・システム研究所の労働安全、衛生および施設・環境整備に関わる事項について、企画・立案・審議を行うとともに、担当事務を通じて安全教育や安全点検等の実施を確認した。また、委員が工学研究科の安全・厚生委員会および施設・図書委員会に出席し、工学研究科との連携・調整を図った。

令和6年度に実施した主な事項は以下のとおりである。

【安全衛生関連】

（1）安全・衛生に関わる情報の周知

全学委員会（環境安全衛生推進本部会議、災害対策専門委員会）および工学研究科の委員会（安全・厚生委員会）で取り扱われた情報を、委員会において報告し、事故等の安全に関わる情報の共有・周知を図った。特に、化学物質を取り扱う実験においては、知識と計画に基づいた実験の遂行を呼びかけた。学内での自転車等による交通事故の増加にも触れ、注意喚起を行った。また、事故・災害等が発生した際の災害報告書の提出を徹底した。

（2）安全衛生巡視

委員1名、衛生管理者1名、随行者2名からなる巡視班が、計10回の安全衛生巡視を実施し、研究所内のほぼすべての研究室を確認した。薬品管理、電気配線、地震対策（転倒・落下防止等）については概ね適切に処理されていたが、一部改善を要する箇所が確認された。その際には、具体的な対策を提示し、現場の担当者に改善を依頼するとともに、改善結果の報告を求めた。

（3）教員の退去に伴う試薬および物品の処理

異動等により退去する教員に対し、試薬・物品の処理計画を提出してもらい、適正な処理の徹底を図った。

【整備関連】

（1）情報システムの変更に関する情報の周知

情報セキュリティ組織連絡協議会からの情報システム変更等に関する情報を委員会にて報告し、構成員への周知を行った。

（2）所長裁量スペースの有効活用

研究所施設面積の有効利用を目的に、空きスペースを所長裁量スペースとして整理し、所内での有効な活用を図った。

【安全衛生・整備委員】

委 員 長：白石賢二

委 員：安田耕二、小島義弘、長尾全寛、田中宏彦

オブザーバ：松浪有高

3. 研究活動の概要

3.1 産学官による連携研究

共同利用・共同研究拠点

本研究所は、平成 28 年度に文科省から「革新的省エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、以来、エネルギーの創出・変換、蓄積、伝送、利用の高度化と超効率化を目指した省エネルギー技術に関する共同利用・共同研究を基礎研究から社会実装のためのシステム化まで幅広く推進している。

産業界との連携強化

産業界との連携を強化するため、寄附研究部門と産学協同研究部門の充実を図った。また、学外の研究機関や民間企業と連携研究協定を締結し、共同研究を実施している。さらに、クロス・アポイントメントの制度を活用し、国内の大学、研究機関、民間企業との間で教員の受入と派遣を実施している。

事業及び大型プロジェクト等

当研究所では多くの事業、大型の受託研究を獲得し、各種プロジェクトを強力に推進している。民間企業等との共同研究についても非常に活発に行われている。

表 3.1 主要な事業一覧

・経済産業省 地域の中核大学の産学融合拠点の整備事業
・NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業マッチングサポートフェーズ
・文部科学省 第 IV 期共同利用・共同研究拠点 環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料創製とシステム創成拠点
・文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業
・文部科学省 次世代／次々世代半導体研究共創場構築のための組織整備
・文部科学省 顕微イメージングソリューションプラットフォーム事業
・文部科学省 マテリアル先端リサーチインフラ事業
・文部科学省 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト

表 3.2 主要な大型受託研究一覧

受入制度区分 (補助金名称等)	相手方名称等	研究課題名
受託研究	環境省	超低抵抗 GaN ウエハを用いた高効率インバータと急速充電器の開発・検証
受託研究	環境省	ワイドバンドギャップ半導体による EV 車載用高性能充電システムの技術開発
受託研究	総務省	空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発
受託研究	文部科学省／国家課題対応型研究開発推進事業	革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業（パワーデバイス領域）
受託研究	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	AI とオペレータの『意味』を介したコミュニケーションによる結晶成長技術開発
受託研究	国立研究開発法人情報通信研究機構／Beyond5G 研究開発促進事業	Beyond5G に資するワイドバンドギャップ半導体高出力 デバイス技術 / 回路技術の研究開発
受託研究	国立研究開発法人情報通信研究機構／Beyond5G 研究開発促進事業	Beyond 5G 宇宙ネットワーク向け未利用周波数帯活用型の無線通信技術の研究開発
受託研究	国立研究開発法人科学技術振興機構／先端国際共同研究推進事業（基金）	金属マグネシウム層と GaN 層の超格子 (MiGs) 構造の物性とデバイス応用およびウルトラワイドバンドギャップ半導体材料 (AlN、Ga ₂ O ₃ 等) への超高濃度ドーピング

3.2 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト

5 大学 6 研究機関連携「国際・産学インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト -DEJI2MA: Design and Engineering by Joint Inverse Innovation for Material Architecture-」は、2021 年度の事前準備期間を経て、2022 年 4 月に本研究が開始され、2025 年 3 月で 3 年間が終了しました。6 年間の本研究プロジェクトのちょうど半分の折り返し地点を過ぎたことになります。

本プロジェクトは、大阪大学接合科学研究所、東北大学金属材料研究所、東京科学大学（旧・東京医科歯科大学）生体材料工学研究所、東京科学大学（旧・東京工業大学）フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の 6 研究所・機構の金属・無機・生体材料における学術を基盤として、研究所間の連携を通じて、新奇な環境・エネルギー材料、情報通信材料、バイオ・医療機器材料の創製を目指した異分野融合研究を進めています。6 研究所間の共同研究に基づく人的交流は、国立大学の附置研究所・センターの大学間ネットワーク拠点事業のモデルケースとして、今後の附置研究所における学術研究の新興に寄与できるものと考えています。

本プロジェクトは、「インヴァースイノベーションに基づく新奇材料の創出」という大きな目標を掲げ、社会のニーズを汲み上げつつ、学際分野としての基礎的研究を、課題解決に結びつけ、社会貢献につなげることを目指した共同研究を推進し、研究を通じて若手研究者を育成することを旨とした環境整備を進めております。6 研究所・機構間の共同研究の成果としての共著論文も、本プロジェクトが毎年開催する国際シンポジウム、公開討論会を通じた交流等により、着実に論文数が増えております。後半の 3 年間に向けて、今後さらに研究所・機構間の連携を密にし、参画研究者の人的ネットワークを拡張、共同研究を活発に推進し、目標達成に向けてプロジェクトを進めてまいります。引き続き、関係各位の御支援・御協力ならびに御指導・御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



3.3 (1) マテリアル先端リサーチインフラ事業（計測・分析分野）

東海国立大学機構 名古屋大学は、文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）事業に属し、計測・分析分野は、未来材料・システム研究所の超高压電子顕微鏡施設に設置されている最先端の電子顕微鏡と試料作製装置群を用い、全国の大学、研究機関、企業などに対し、生物試料を始め高分子材料、触媒や半導体材料に代表される無機材料など多方面にわたり電子顕微鏡を駆使した微細構造観察を支援している。特に反応科学超高压電子顕微鏡は、触媒反応や酸化・還元反応を原子レベルで観察可能という、世界でも特異な性能を有している電子顕微鏡である。

名古屋大学は ARIM 事業のハブ機関の一つであり、物質・材料合成プロセス、加工・デバイスプロセス、計測・分析分野の3つの分野から形成され、スポンサー機関には千歳科学技術大学、北陸先端科学技術大学、早稲田大学の大学がある。本事業では、東北大学、東京大学、NIMS、京都大学など全国の研究機関とも互いに協力しながら技術支援を行っている。また事業で得られた装置利用により創出されるマテリアルデータを利活用できる環境を整備することも事業の大きな目的である。

計測・分析分野は、超高压電子顕微鏡施設に関係する教員、研究員、技術職員、技術員、合わせて約10名が支援を担当している。支援に供用している電子顕微鏡は、反応科学超高压電子顕微鏡（JEM-1000KRS）、高分解能電子状態計測走査透過型電子顕微鏡システム（JEM-ARM200F Cold）、高分解能透過型電子顕微鏡（JEM-2100F/HK）、直交配置型高速加工観察分析装置（MI4000L FIB-SEM）、バイオ/無機材料高速FIB-SEM システム（ETHOS）、金属イオン照射試料作製装置（PIPS-II）、クライオミクロトーム（Leica）、超低エネルギーイオンビーム TEM 試料作製システム（Nano mill）と、試料作製装置群などがあり、本年度より微細構造解析 3D システム（JIB-PS500i FIB-SEM、GeminiSEM560）が新たに加わった。

本事業には大学・公的研究機関などの研究者だけではなく、およそ半数程度が全国の企業からの依頼であり、約25%程度が他大学・公的研究機関、約25%が学内というように、大企業から中小企業の課題申し込みが多いという特徴がある。また技術スタッフ交流プログラムや学生研修プログラムによる人材育成活動、電子顕微鏡講習会、各種展示会への参加、学会講演など多方面にわたっての広報活動を積極的に行い、全国の企業・大学研究者に本事業を広く周知している。

名古屋大学の計測・分析分野は、施設長の武藤俊介教授と事業代表者の山本剛久教授の全面的支援を受け、ナノテクノロジープラットフォーム事業から常に高い評価を受け、毎年行われていた「秀でた利用成果」を10年間の間に4回授賞した（うち最優秀賞が2回）実績がある。

また ARIM 事業においても武藤俊介教授の研究課題で、令和4年度には「ヘマタイトメソ結晶の STEM 分析：立川貴士（神戸大学）ら」、令和5年度にも「ポリマー材料の無染色解析技術構築：梅本大樹（旭化成株式会社）ら」と、「秀でた利用成果」の「優秀賞」を2年連続で授賞した。

3.3 (2) マテリアル先端リサーチインフラ事業（加工・デバイスプロセス分野）

文部科学省のマテリアル先端リサーチインフラ事業の加工・デバイスプロセス分野では、先端的な装置群の共同利用を通して、微細加工によるナノパターンやナノデバイスの作製を支援しており、令和2年度より10年計画でスタートしている。この事業は、平成24年度から10年間実施されたナノテクノロジープラットフォーム事業の設備共用支援を引継ぎ、名古屋大学、東北大学、東京大学、NIMS、京都大学など全国25機関が互いに協力しながら技術支援を行うことに加え、装置利用により創出されるマテリアルデータを利活用できる環境を整備する。

名古屋大学の加工・デバイスプロセス分野では、先端技術共同研究施設、低温プラズマ科学研究センター、ベンチャー・ビジネス・ラボラトリーが協力して技術支援に当たっており、各施設に関係する教員、研究員、技術職員、技術補佐員、合わせて約15名が担当している。本事業では、3つの施設等に設置された約70台の装置を利用して、薄膜の作製、微細パターン形成、プラズマエッチング、プラズマ処理、分析・評価などの技術支援を行っている。具体的には、スパッタリング、分子線エビタキシー、プラズマCVDなどによる様々な材料の薄膜作製、レーザ描画装置、マスクレス露光装置、電子線描画装置による微細パターン直接描画、マスクアライナとフォトマスクを利用したフォトリソグラフィ、反応性エッチングやArイオンによる各種材料の加工・エッチング、デバイス作製のためのイオン注入、走査型電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、薄膜X線回折、X線光電子分光、各種磁力計等の分析機器を利用した材料/デバイスの評価など、薄膜形成と微細加工技術を組み合わせて、ナノ材料やナノデバイスの作製プロセスをワンストップで支援している。令和6年度の技術支援の例としては、非空間反転対称磁性体の作製と新規スピン光機能の探索、マイクロチャンネルを有する機械共振器構造の作製、Siセンサーチップの微細加工、微小トンネル接合の作製およびナノ物質成長制御、GaN-MOS界面の化学構造分析、イオン照射による多層薄膜の損傷調査などに関して、合計64件の支援を行った。ナノテクノロジープラットフォーム事業がスタートした平成24年度からの利用実績は、下のグラフのようになっており、令和6年度も学内自主事業を含め、100件を超える支援を行っている。なお、本事業の利用説明会を5月に開催するとともに、技術スタッフ交流プログラムや学生研修プログラムによる人材育成活動、薄膜X線回折装置や電子線描画装置などの講習会、国際ナノテクノロジー総合展などでの広報活動も行った。

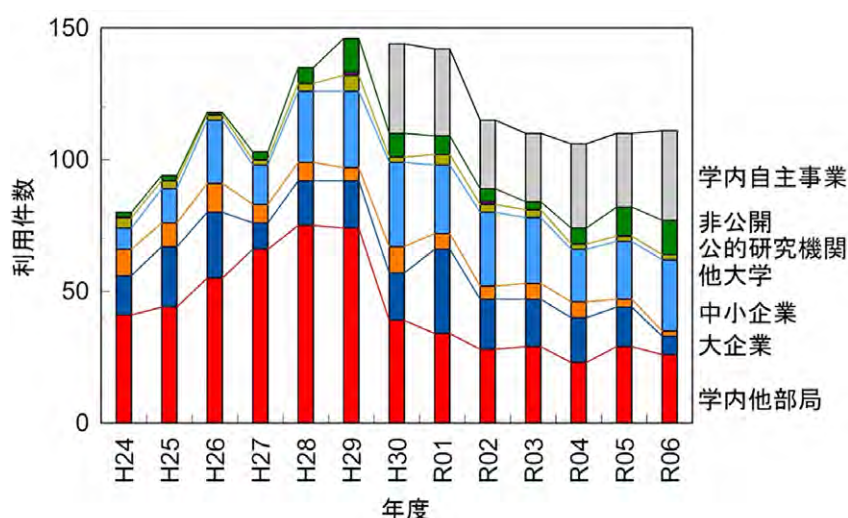
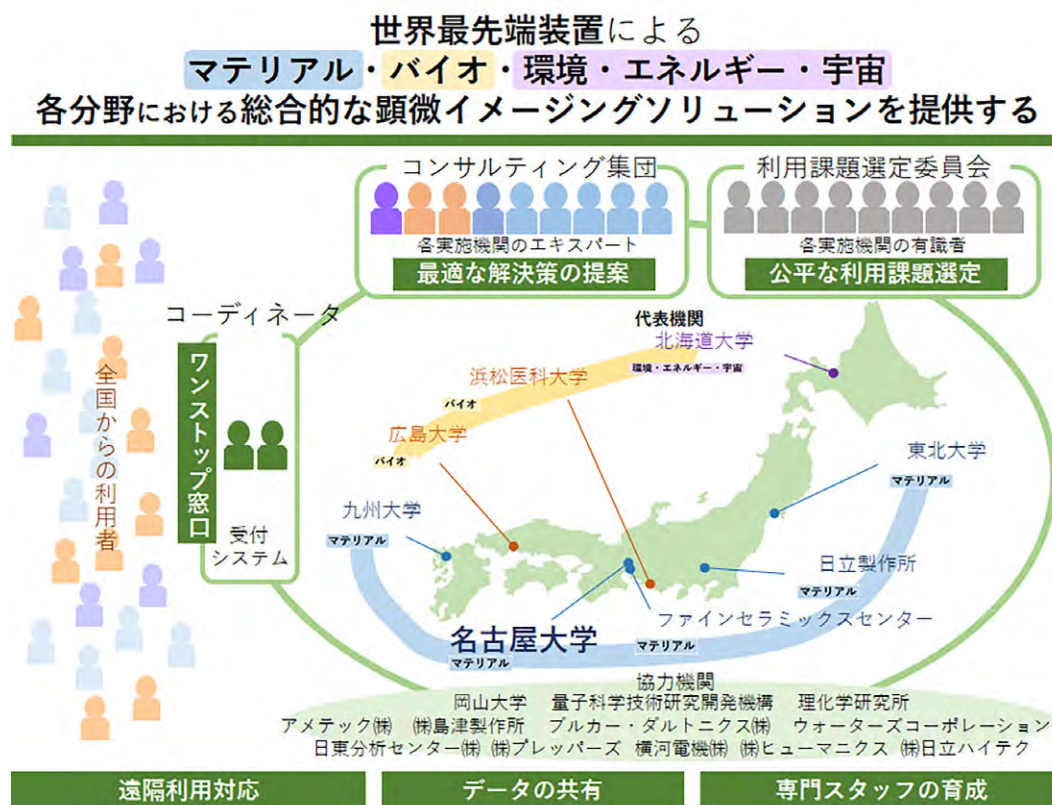


図1 ナノテクノロジープラットフォームおよびマテリアル先端リサーチインフラでの支援件数の年次推移

3.4 顕微イメージングソリューションプラットフォーム事業

文部科学省「先端研究基盤共用促進事業（先端研究設備プラットフォームプログラム）」は、国内有数の先端研究施設・設備の整備・運用と、それらをつなぐネットワークの構築を通じて、高度な利用支援体制を全国的に整備し、すべての研究者に開かれた共用環境の提供を目指すものである。本事業は、我が国の研究開発基盤の持続的な維持・発展への貢献を目的としている。

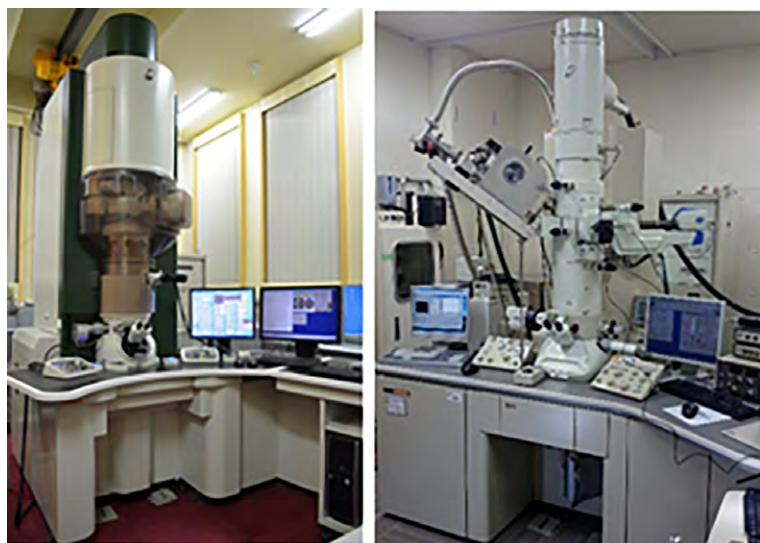
本事業において採択された4つのプラットフォームの一つ「顕微イメージングソリューションプラットフォーム」は、北海道大学、浜松医科大学、広島大学、日立製作所、ファインセラミックスセンター、九州大学、名古屋大学を中核機関として構成されている。本プラットフォームでは、世界でも唯一となる最先端の高分解能・高感度イメージング装置の共用を通じて、基礎物理、マテリアル、バイオ、環境、エネルギー、宇宙といった幅広い分野において、物質の構造から機能（元素・同位体・電磁場分布など）に至る多面的な顕微イメージングソリューションを提供している。さらに、先端的分析技術の融合による新たなイノベーションの創出を担う人材育成を推進するとともに、バーチャルな研究機関として継続的な活動が可能な組織構築を目指している。



顕微イメージングソリューション PF の概要

名古屋大学未来材料・システム研究所附属超高压電子顕微鏡施設は、令和3年度より本プラットフォーム事業に参画し、7名の教員、技術職員、事務補佐員が事業支援に従事している。本施設では、日本電子製の走査透過型分析電子顕微鏡 ARM-200F および分光走査透過電子顕微鏡 JEM-2100 の2機種を本プラットフォームに登録しており、電子分光測定およびデータ解析の実績に基づく独自の分析手法を提供している。具体的には、複合電子顕微分光によるサイト選択的ドーパント化学分析、スペクトラムイメージと機械学

習を組み合わせた物性空間マッピング、結晶格子欠陥の三次元解析、エネルギー損失磁気カイラル二色性 (EMCD) を用いたナノ領域の磁気角運動量測定などのユニークな技術提供を通じて、事業への貢献を図ってきた。



顕微イメージングソリューション PF
登録機：(左) 走査透過型分析電子顕
微鏡 ARM-200F (右) 分光分析走査
透過電子顕微鏡 JEM-2100

また、人材育成にも積極的に取り組んでおり、融合的研究領域の拡大や国際化、さらには研究者のキャリア形成の促進を目的として、参画機関に設置された分析装置を活用した短期研修を実施している。これらの研修では、受講者が自身の研究に必要な測定を実際に行うことが可能となるよう、実践的な内容で構成されている。

名古屋大学においては、電子エネルギー損失分光 (EELS) 測定に関する実演講習を提供しており、インターネットを介して測定データを外部と共有可能な遠隔立ち会いシステムを活用することで、地理的制約を超えた柔軟な技術指導体制を実現している。

3.5 次世代／次々世代半導体研究共創場構築のための組織整備

本学では、GaN に関する人材・技術・設備を有機的に結合させることを目的として、令和2年4月に CIRFE 内に「研究戦略部」（令和4年4月に「研究戦略・共同研究推進部」へ改組）を設置した。同部は、GaN に関して学外の研究者を含む研究グループを組織し、共同研究を推進するとともに、一般社団法人 GaN コンソーシアムの技術企画・交流機能を担い、産官学連携による GaN の社会実装を加速させる役割を果たしてきた。

令和4年度に、本事業（次世代／次々世代半導体研究共創場構築のための組織整備）が、概算要求にて予算措置されたことにより、研究戦略部を発展的に改組し、「研究戦略・共同研究推進部」を新たに設置した。これまで CIRFE で培われてたスキームを活用し、本学が有する GaN に関するリソース・ノウハウ・世界屈指の設備群を、今後の発展が期待される AlN、Ga₂O₃、ダイヤモンドなどの次々世代半導体材料へと展開し、オールジャパンの研究体制、組織／材料／分野を超えた共同研究の場（共創場）の形成を通じて、次世代／次々世代半導体で我が国が引き続き世界を牽引することを目的としている。

さらに、全国的な連携組織として「次世代／次々世代半導体ネットワーク」を設立し（令和6年度末時点：36 グループ参加）、研究会、技術交流会、スクールなどを開催し、大学間の情報共有、共同研究のきっかけの場として活動している。

また、C-TEFs に、次々世代半導体のデバイス試作を担うべく、令和4年度に「次々世代半導体技術室」を設置し、デバイスプロセスに精通した教員を配置することで、C-TEFs で扱える材料の多様化の推進、次々世代半導体共同研究の試作プロジェクトの対応に当たっている。

次世代／次々世代半導体ネットワーク

文部科学省の教育研究組織整備のご支援を頂き、名古屋大学の GaN に特化した最先端グリーンルームをはじめとした各種リソースの共同利用・共同研究を促進するとともに、全国のワイドバンドギャップ(WBG)、ウルトラワイドバンドギャップ(UWBG)半導体の研究者のネットワークを構築するプロジェクトを開始することになりました。大学、国研、高専の研究室(研究グループ)単位で参加して頂けます。参加費は無料で、義務、ご負担はありません。以下に示すような WBG/UWBG を盛り上げる事業を進めてまいります。是非、ご入会ください。

教育コンテンツの提供

以前と比べ研究室の所帯が小さくなり、研究を進めるために必要な専門基礎教育でみなさん苦労されていると思います。ワイドギャップ半導体研究に役立つ実践的な専門知識について、学生の自学自習が可能な教育コンテンツを提供します。現時点では2科目ですが、順次拡充してまいります。

電気計測入門 3回シリーズ

須田 淳 (名古屋大学教授)

最も基本となる I-V 測定をテーマに、デジタルテスターによる抵抗測定から説き起こして、基本的な考え方、注意点、SMU の構成や 4 端子法やガード端子などについてやさしく解説。B4 向け。

[お試し視聴はこちら](#)



MOS 界面 C-V 測定の基礎 5回シリーズ

橋詰 保 (北海道大学名誉教授、名古屋大学特任教授)

MOS 界面評価について、容量-電圧測定の注意点、MOS の基本原理から Terman 法、コンダクタンス法による界面準位密度の評価、MOS-HEMT の評価などについて丁寧に解説。

[お試し視聴はこちら](#)



デバイス試作支援

GaN に特化して設立された名古屋大学のグリーンルーム(エネルギー変換エレクトロニクス実験施設、C-TEFs)では GaN だけではなく AlN、Ga₂O₃ などのプロセスが日々流動しています。「作製した結晶に対してメサダイオードや簡易トランジスタを形成してデバイス特性を調べたい」、「手元にはない装置のプロセス工程を依頼したい」などの要望の相談に対応します。割引料金の適用や費用の補助などもあります。(材料・不純物の関係でプロセスが行えない場合もありますのでご了承ください。)



若手共同研究支援

名古屋大学未来エレクトロニクス集積研究センター(CIRFE)の教員との共同研究費(20~200 万円/年)に応募した

3.6 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発

青色 LED に代表される省エネ効果の高い窒化ガリウム（GaN）半導体の材料特性を最大限生かすためのパワーデバイス、回路システム、受動素子・実装材料の新規開発、およびこれらを組み合わせたパワーエレクトロニクス機器としてのトータルシステム設計による、超省エネ、高性能なパワーエレクトロニクス機器等の実用化に向けた一体的な研究開発が文科省の下で令和 2 年度から令和 7 年度にかけて推進されている（図 1）。本学では、GaN パワーデバイスの社会実装を実現するための鍵となるチャネル移動度の向上（結晶基板の結晶品質や絶縁膜界面における欠陥の低減）、イオン注入によって生じる欠陥欠陥の回復、パワーデバイスの信頼性に関する研究に日々取り組んでおり、令和 6 年度の研究成果の一部を図 2 に示す。Junction Schottky Barrier ダイオードの P 領域形成にチャネリング注入技術を適用した。P 領域の間隔を設計することで、順方向のオン抵抗、逆方向の耐圧を制御できることを確認した。この結果は、チャネリング注入技術が GaN パワーデバイスの終端構造形成にも有効であることを示す結果でもあり、令和 7 年度には MOSFET へ適用する。

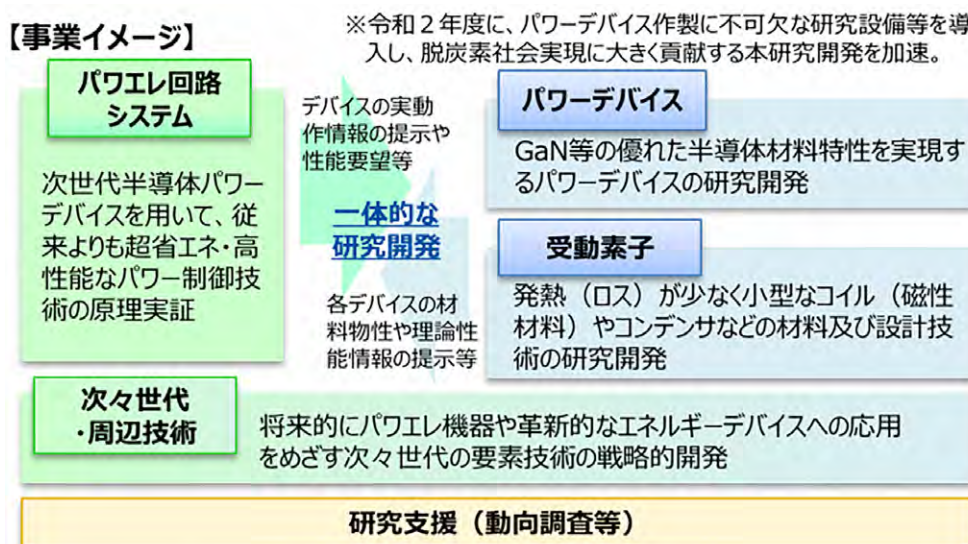


図 1 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発の体系図

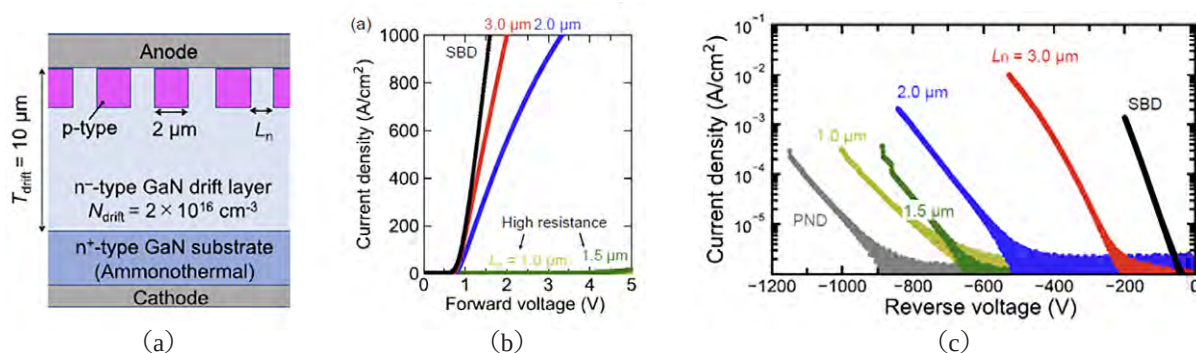


図 2 (a) Mg をイオン注入した GaN JBS ダイオードの断面構造、(b) JBS ダイオード順方向特性の L_n 長依存性、(c) JBS ダイオード逆方向特性の L_n 依存性

3.7 国内共同・協力研究

3.7.1 連携協定

現在締結している協定と令和6年度の活動実績を以下に示す。

- (1) 協定締結先：中部電力株式会社
締結年月：平成16年10月
共同研究：新規3件、継続3件
その他交流：連携協議会（年2回）、事務局会議（年2回）、中間報告会、技術情報交換会を開催
- (2) 協定締結先：愛知県、名古屋市（環境調和型・持続可能社会の構築に向けた連携実施協定）
締結年月：平成16年11月
- (3) 協定締結先：自然科学研究機構核融合科学研究所
締結年月：平成19年9月
その他交流：技術情報交換会（年1回）
- (4) 協定締結先：早稲田大学現代政治経済研究所
締結年月：平成21年4月
- (5) 協定締結先：一般財団法人ファインセラミックスセンター
締結年月：平成29年4月

3.7.2 その他の共同・協力研究

「1.4.2 外部資金獲得状況 令和6年度民間企業等との共同研究」で挙げた共同研究に加え、以下の共同・協力研究を行っている。

表 3.3 民間・大学等との共同・協力研究 件数（研究費の授受を伴わないもの）

	令和6年度	
全体	67	
相手所属機関別		
民間	9	※相手所属機関別件数は重複を含む
大学	47	
その他研究機関等	9	

表 3.4 学内共同・協力研究 件数

	令和6年度
学内共同・協力研究（研究所所属者を含む）	27
学内共同・協力研究（研究所所属者を含まない）	15

3.8 シンポジウム・講演会等

本研究所では、情報発信活動の中心的役割を担うために、シンポジウム、フォーラム等を開催してきた。本研究所で主催したシンポジウム等を、以下に列挙する。

- (1) 第 60 回 CIRFE セミナー
日時：2024 年 7 月 5 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：天野・本田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (2) 第 59 回 CIRFE セミナー
日時：2024 年 7 月 10 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：研究戦略・共同研究推進部（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (3) 名古屋大学 夏のテクノロジーフェスティバル
日時：2024 年 8 月 28 日
場所：名古屋大学 東山キャンパス
担当：GaN 研究戦略室（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (4) 第 11 回 CIRFE シンポジウム「ASPIRE Symposium day1」
日時：2024 年 9 月 13 日
場所：名古屋大学 TOIC 棟
担当：天野・本田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (5) 第 5 回 エネルギーシステムシンポジウム「水素エネルギーの利活用技術の最新動向と今後の展開」
日時：2024 年 9 月 13 日
場所：名古屋大学 東山キャンパス IB 電子情報館 大講義室
担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門
- (6) 第 10 回 CIRFE シンポジウム「エピタキシャル成長の量子論」
日時：2024 年 9 月 27 日
場所：名古屋大学オークマ工作機械工学館 オークマホール
担当：五十嵐研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (7) 第 11 回 CIRFE シンポジウム「ASPIRE Symposium day2」
日時：2024 年 10 月 11 日
場所：名古屋大学 EI 創発工学館 FUJI ホール
担当：天野・本田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）
- (8) 第 61 回 CIRFE セミナー「Special Invited Lecture by Prof. Mitcheson, Imperial College London」
日時：2024 年 10 月 17 日
場所：名古屋大学 C-TECs
担当：山本研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

3. 研究活動の概要

- (9) 第3回市民公開講座 / 第20回名古屋大学ホームカミングデイ「将来のモビリティ社会に向けた最新技術動向」

日時：2024年10月19日

場所：名古屋大学 東山キャンパス IB 電子情報館 中棟1階015講義室

担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

- (10) 第64回 CIRFE セミナー

日時：2024年11月21日

場所：名古屋大学 C-TECs

担当：プリストフセク研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

- (11) 第63回 CIRFE セミナー

日時：2024年11月27日

場所：名古屋大学 C-TECs

担当：宇治原研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

- (12) 第62回 CIRFE セミナー「産業界における計算科学とデバイス開発 - 高周波 GaN HEMT-」

日時：2024年12月3日

場所：名古屋大学 C-TECs

担当：研究戦略・共同研究推進部（未来エレクトロニクス集積研究センター）

- (13) 第65回 CIRFE セミナー

日時：2024年12月19日

場所：名古屋大学 C-TECs

担当：天野・本田研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

- (14) 第6回 エネルギーシステムシンポジウム「エネルギーレジリエンスの最新動向と今後の展開」

日時：2025年2月17日

場所：東山キャンパス オークマ工作機械工学館 オークマホール

担当：エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

- (15) 第66回 CIRFE セミナー

日時：2025年3月6日

場所：名古屋大学 C-TECs

担当：原研究室（未来エレクトロニクス集積研究センター）

3.9 受賞

令和6年度に、本研究所の教職員、あるいは教員が指導する学生が受賞した賞を、以下に列挙する。

- [1] 受賞者名：常松裕史（長田研・D3）
受賞名：日本セラミックス協会 東海支部 隼翔賞
研究課題：透明導電体ナノシートの開発と日射遮蔽膜への応用
受賞年月日：2024年4月12日

- [2] 受賞者名：今岡 淳（准教授）
受賞名：日本パワーエレクトロニクス協会次世代のスイッチング方式電源システム産学委員会 功劳賞
受賞年月日：2024年5月28日

- [3] 受賞者名：岩田幹正（特任教授）
受賞名：電気学会 第80回電気学術振興賞 進歩賞
研究課題：落雷・短絡故障時の送配電線の耐アーク特性評価技術の開発および実用化
受賞年月日：2024年5月30日

- [4] 受賞者名：伊藤佑太（天野・本田研・D3）
受賞名：日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会 発表奨励賞
研究課題：選択的Mgドーピング実現に向けたMOVPE Mgドーブ GaN層を拡散源とするMg熱拡散
受賞年月日：2024年5月31日

- [5] 受賞者名：豊田拓輝（天野・本田研・M2）
受賞名：日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会 発表奨励賞
研究課題：ミリ波 GaN IMPATT ダイオード作製に向けた光化学（PEC）エッチングプロセスの開発と電気的特性評価
受賞年月日：2024年5月31日

- [6] 受賞者名：古川 遼（天野・本田研・M1）
受賞名：日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会 発表奨励賞
研究課題：飛行時間型質量分析計による GaN 成長雰囲気での TMGa 分解における NH₃ の反応解析
受賞年月日：2024年5月31日

- [7] 受賞者名：大藤久遠（武藤研・D3）、中谷昂平（武藤研・M2）、武藤俊介（教授）
受賞名：日本顕微鏡学会第80回学術講演会 優秀ポスター賞
研究課題：組成相関図を利用した STEM-EDS および STEM-EELS データ解析の連携
受賞年月日：2024年6月5日

- [8] 受賞者名：島田将成（長田研・M2）
受賞名：東海若手セラミスト懇話会 優秀発表賞
研究課題：層状ペロブスカイト CsPb₂Nb₃O₁₀ 及び その剥離ナノシートの強誘電特性
受賞年月日：2024年6月14日

3. 研究活動の概要

[9] 受賞者名：長田 実（教授）

受賞名：CIGRE パリ大会 日本論文最優秀賞

研究課題：Recent development of nanomaterials for batteries and dielectric capacitors for energy storage in Japan

受賞年月日：2024 年 7 月 11 日

[10] 受賞者名：Allen CHAN（笠原研・M1）

受賞名：名古屋大学 G30 国際プログラム中間報告優秀講演賞

研究課題：Experimental Investigation of Film Cooling for Monocylindrical Rotating Detonation Engines

受賞年月日：2024 年 7 月 24 日

[11] 受賞者名：伊東健太郎（長田研・D1）

受賞名：日本ゾル-ゲル学会第 22 回討論会 ベストポスター賞

研究課題：固体界面活性剤を利用した単結晶性 Gd ドープセリアナノシートの合成とドープ量制御

受賞年月日：2024 年 7 月 26 日

[12] 受賞者名：竹崎佑麻（長田研・M2）

受賞名：日本ゾル-ゲル学会第 22 回討論会 ベストポスター賞

研究課題：アモルファスシリカナノシートの形成機構の調査と精密設計

受賞年月日：2024 年 7 月 26 日

[13] 受賞者名：長尾全寛（准教授）

受賞名：Outstanding Referee（優秀な査読者）Communications Materials

受賞年月日：2024 年 8 月 1 日

[14] 受賞者名：加藤丈佳（教授）

受賞名：エネルギー・資源学会 第 13 回学会貢献賞

研究課題：ワークショップ創設当初から企画・運営を受け継いできたことによる貢献

受賞年月日：2024 年 8 月 6 日

[15] 受賞者名：田河和真（栗本研・研究員）、栗本宗明（准教授）、澤田 亨（三菱電機）、吉田成是（三菱電機）、武藤浩隆（三菱電機）

受賞名：ICPADM 2024 BEST PAPER AWARD

研究課題：Inter-particle Distance Measurement of TiO₂/Epoxy Nanocomposite with a Low Amount of Nanofiller

受賞年月日：2024 年 8 月 7 日

[16] 受賞者名：武藤 大（大野雄高研・M2）

受賞名：第 66 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム 若手奨励賞

研究課題：Transmitter for human body communication based on flexible carbon nanotube CMOS integrated circuit

受賞年月日：2024 年 9 月 2 日

- [17] 受賞者名：Sharara Rehim (加藤丈佳研・D3)
 受賞名：令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会 YPC(Young engineer Poster Competition) 優秀発表賞
 研究課題：Robust Optimal Power Grid Frequency Regulation Support Using Grid Forming Converters
 受賞年月日：2024年9月5日
- [18] 受賞者名：米澤 遊 (特任准教授)
 受賞名：通信ソサイエティ活動功労賞
 受賞年月日：2024年9月10日
- [19] 受賞者名：島田将成 (長田研・M2)
 受賞名：日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム 学生優秀講演賞
 研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ 及びその剥離ナノシートの強誘電特性
 受賞年月日：2024年9月11日
- [20] 受賞者名：宇佐美智也 (中西研・M2)
 受賞名：日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム 特定セッション若手奨励賞
 研究課題： β アルミナ多孔体の作製及び細孔構造制御
 受賞年月日：2024年9月12日
- [21] 受賞者名：林希一郎 (教授)
 受賞名：日本環境共生学会論文賞
 研究課題：Analysis on Potential Benefits of Ecosystem Services for Individuals and Society Case in a Semi-Mountain Forest, Japan
 受賞年月日：2024年9月14日
- [22] 受賞者名：角田健輔 (須田研・D2)、片岡恵太 (豊田中研)、成田哲生 (豊田中研)、堀田昌宏 (准教授)、加地 徹 (特任教授)、須田 淳 (教授)
 受賞名：第56回 (2024年春季) 応用物理学会講演奨励賞
 研究課題：Mg イオン注入 p-GaN における N イオン連続注入の補償ドナー濃度低減効果
 受賞年月日：2024年9月17日
- [23] 受賞者名：北川和輝 (須田研・D1)、Maciej Matys (特任助教)、上杉 勉 (特任教授)、加地 徹 (特任教授)、堀田昌宏 (准教授)、須田 淳 (教授)
 受賞名：第56回 (2024年春季) 応用物理学会講演奨励賞
 研究課題：Mg チャネリングイオン注入および超高压アニールを用いて作製した縦型 GaN JBS ダイオード
 受賞年月日：2024年9月17日
- [24] 受賞者名：佐藤 寛 (笠原研・D1)
 受賞名：令和6年度「赤崎学生奨励賞」
 研究課題：「液体推進剤を用いた回転デトネーションエンジンの内部燃焼構造に関する実験研究」
 「液体推進剤を用いた回転デトネーションエンジンの内部燃焼構造および推進性能評価とロケットシステム実証研究」
 受賞年月日：2024年9月24日

[25] 受賞者名：石神悠太（長田研・M1）

受賞名：日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム 特定セッション優秀発表賞

研究課題：層状ペロブスカイト酸フッ化物 $\text{RbLnTiNbO}_6\text{F}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$) の剥離ナノシート化および第一原理計算による局所構造解析

受賞年月日：2024 年 9 月 24 日

[26] 受賞者名：片岡恵人（長田研・M1）

受賞名：日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム 特定セッション若手奨励賞

研究課題：界面活性剤を用いたジルコニアナノシートの分散性制御と二次元精密集積

受賞年月日：2024 年 9 月 24 日

[27] 受賞者名：竹内 希（長田研・M2）

受賞名：日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム「二次元ナノシートでつくる未来材料」優秀ポスター賞

研究課題：単結晶セリアナノシートの合成および形成機構調査

受賞年月日：2024 年 9 月 24 日

[28] 受賞者名：小室虎祐（加藤剛志研・D2）

受賞名：日本磁気学会学術奨励賞（内山賞）

研究課題：Domain Wall Displacement Modulation GMR Sensors with Closed-loop Current-Field Feedback

受賞年月日：2024 年 9 月 25 日

[29] 受賞者名：今泉 暁（栗本研・M1）

受賞名：第 55 回 電気電子絶縁材料システムシンポジウム MVP セッション優秀発表賞

研究課題：誘電泳動による空気中 CO_2 分離効果の計算モデルにおける電極形状検討

受賞年月日：2024 年 9 月 26 日

[30] 受賞者名：中村綾花（特任助教）

受賞名：令和 6 年 電気学会電力・エネルギー部門大会 YOC 奨励賞

研究課題：多端子直流送電システムの端子間協調運転に関する基礎検討 - 直流電圧制御による DC-AVR 運転端子検出手法の提案 -

受賞年月日：2024 年 9 月 27 日

[31] 受賞者名：伊勢貴洋（加藤丈佳研・M2）

受賞名：令和 6 年 電気学会電力・エネルギー部門大会 YOC 奨励賞

研究課題：蓄電池のガバナフリー出力を考慮した負荷周波数制御に関する基礎検討

受賞年月日：2024 年 9 月 27 日

[32] 受賞者名：宮町俊生（准教授）

受賞名：The 12th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia(VASSCAA-12) ポスター発表 最優秀賞

研究課題：Interplay between magnetic Co atoms and surface states of structurally controlled SmB_6 (001)

受賞年月日：2024 年 10 月 17 日

- [33] 受賞者名：平松友紀（岩田哲研・M1）、岩田 哲（教授）
 受賞名：CSS 2024 学生論文賞
 研究課題：LightMAC および LightMAC_Plus に基づく鍵導出関数の鍵制御安全性解析
 受賞年月日：2024 年 10 月 25 日
- [34] 受賞者名：本田杏奈（特任助教）
 受賞名：Optical and magnetic properties of GaN crystals varied C doping concentration
 研究課題：Best Poster Award First Place of 12th International Workshop on Nitride Semiconductors
 受賞年月日：2024 年 11 月 4 日
- [35] 受賞者名：工藤祐介（笠原研・D3）
 受賞名：日本航空宇宙学会 第 56 回流体力学講演会 優秀講演賞（学生）
 研究課題：点火機構を目指した Hartmann-Sprenger Tube の作動特性に関する実験的研究
 受賞年月日：2024 年 11 月 6 日
- [36] 受賞者名：Allen CHAN（笠原研・M1）
 受賞名：16th International Space Conference of Pacific-basin Societies (ISCOPS) 優秀講演賞（修士枠）
 研究課題：Operational Characteristics of a Cylindrical Rotating Detonation Engine with Inert Gaseous Film Cooling
 受賞年月日：2024 年 11 月 21 日
- [37] 受賞者名：佐野雅季（白石研・M2）
 受賞名：応用物理学会 先進パワー半導体分科会 研究奨励賞
 研究課題：4H-SiC 中に発生する基底面転位 (BPD) の第一原理計算を用いた微視的な拡張メカニズムの解明
 受賞年月日：2024 年 11 月 26 日
- [38] 受賞者名：安藤純也（長田研・D3）
 受賞名：第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024 優秀ポスター発表賞
 研究課題：パラジウムナノシートの原子層制御と触媒特性
 受賞年月日：2024 年 11 月 29 日
- [39] 受賞者名：西橋慧太（長田研・D1）
 受賞名：日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会 最優秀講演賞
 研究課題：層状ペロブスカイト $\text{RbBi}_{2-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{NbO}_{10}$ の結晶構造および誘電特性
 受賞年月日：2024 年 12 月 7 日
- [40] 受賞者名：伊藤佑太（天野・本田研・D3）
 受賞名：日本結晶成長学会 第 53 回結晶成長 国内会議（JCCG-53）講演奨励賞
 研究課題：GaN 結晶中の Mg 拡散機構の解明：モンテカルロシミュレーションによる解析
 受賞年月日：2024 年 12 月 11 日

3. 研究活動の概要

- [41] 受賞者名：CHOI Sihoon（山本真義研・D3）
受賞名：IEEE 名古屋支部 2024 年若手奨励賞
受賞年月日：2024 年 12 月 14 日
- [42] 受賞者名：アーリップ アジマ（栞原研・M2）
受賞名：第 56 回 日本原子力学会中部支部研究発表会 奨励賞
研究課題：TEM and XAFS analysis of photocatalytic CuNPs/Ga₂O₃ synthesized by solution plasma process
受賞年月日：2024 年 12 月 18 日
- [43] 受賞者名：山本瑛祐（助教）
受賞名：日本化学会 第 74 回 進歩賞
研究課題：両親媒性分子の相制御に立脚した無機ナノ材料の精密合成
受賞年月日：2024 年 12 月 24 日
- [44] 受賞者名：西山直希（横水・岩田幹正研・M2）
受賞名：電気学会 開閉保護研究発表賞
研究課題：Fundamental Study of Wavelet Analysis Method to Detect Short-gap Arcs in Low Voltage DC Facilities -Analysis Frequency: 1 kHz - 10 kHz-
受賞年月日：2025 年 1 月 20 日
- [45] 受賞者名：石井陽稀（齋藤研・M1）
受賞名：第 5 回 蔡安邦賞（準結晶研究会）
研究課題：高分解能走査透過電子顕微鏡による蔡型準結晶の四面体クラスターの揺らぎの動的観察
受賞年月日：2025 年 1 月 22 日
- [46] 受賞者名：佐野雅季（白石研・M2）
受賞名：第 30 回 電子デバイス界面テクノロジー研究会（EDIT30）服部健雄賞
研究課題：第一原理計算を用いた 4H-SiC 中における基底面転位 (BPD) 微視的な拡張メカニズムの解明
受賞年月日：2025 年 1 月 24 日
- [47] 受賞者名：藪下稜大（加藤剛志研・M1）
受賞名：IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter Young Researcher Meeting Outstanding Presentation Award
研究課題：Dependence of Spin Orbit Torque in Gd/FeCo Multilayers on Their Layer Thickness Gradient
受賞年月日：2025 年 2 月 11 日
- [48] 受賞者名：田河和真（栗本研・研究員）
受賞名：令和 6 年 電気学会静止器研究会 優秀奨励賞
研究課題：電力用油浸フィルムコンデンサを模擬した油ギャップ電極系におけるランプ状昇降圧波形印加時の部分放電およびガスボイド発生特性
受賞年月日：2025 年 2 月 28 日

- [49] 受賞者名：中村美友（加藤丈佳研・D1）
 受賞名：令和6年電気学会電力技術学会奨励賞
 研究課題：小規模事業所におけるV2BのためのEV利用スケジューリング手法の開発
 受賞年月日：2025年3月1日
- [50] 受賞者名：原田俊太（准教授）、坂根 仁（住重アテックス）、三井俊樹（名工大）、加藤正史（名工大）
 受賞名：応用物理学会優秀論文賞
 研究課題：Suppression of partial dislocation glide motion during contraction of stacking faults in SiC epitaxial layers by hydrogen ion implantation
 受賞年月日：2025年3月14日
- [51] 受賞者名：石田裕一（齋藤研・M1）
 受賞名：第57回（2024年秋季）応用物理学会講演奨励賞
 研究課題：SOIピクセル検出器を用いた単電子検出による電子線干渉実験
 受賞年月日：2025年3月14日
- [52] 受賞者名：大藪一星（長田研・M2）
 受賞名：鏡友会賞
 受賞年月日：2025年3月25日
- [53] 受賞者名：島田将成（長田研・M2）
 受賞名：日本化学会東海支部長賞
 受賞年月日：2025年3月25日
- [54] 受賞者名：安藤純也（長田研・D3）
 受賞名：名大鏡友会博士学術賞
 研究課題：パラジウムナノシートの精密合成と触媒材料への応用
 受賞年月日：2025年3月25日
- [55] 受賞者名：小野翠稜（山本真義研・M2）
 受賞名：IEEE名古屋支部優秀学生賞
 受賞年月日：2025年3月25日
- [56] 受賞者名：市川雄基（須田研・M2）
 受賞名：IEEE名古屋支部優秀学生賞
 受賞年月日：2025年3月25日
- [57] 受賞者名：清水翔太（横水・岩田幹正研・M2）
 受賞名：電気学会優秀論文発表賞
 研究課題：直流限流遮断における高分子材配置による効果の出現とアーク抵抗急増域
 受賞年月日：2025年3月31日

3.10 新聞・雑誌・テレビ等

新聞・雑誌・テレビ等で、以下のとおり、本研究所の研究室・メンバーによる研究や解説が取り上げられた。

- [1] 天野 浩 : 中日新聞 2024 年 7 月 5 日、8 月 30 日、11 月 21 日、12 月 12 日、12 月 21 日、
2025 年 1 月 21 日、2 月 1 日
- [2] 天野 浩 : 読売新聞 2024 年 6 月 11 日
- [3] 天野 浩 : 毎日新聞 2024 年 8 月 8 日、9 月 26 日、2025 年 2 月 1 日、2 月 19 日
- [4] 天野 浩 : 朝日新聞 2024 年 5 月 10 日
- [5] 天野 浩 : NHK NHK アカデミア 2025 年 1 月 8 日、1 月 15 日
- [6] 天野 浩 : 日東財団 Yout Tube 「陰ながら世の中に役立っている～ File.09 ～ 2024 年 9 月～
- [7] 天野 浩 : パナソニック 建築設計 REPORT Vol.50 GaN 半導体が拓く未来 2024 年 8 月 1 日
- [8] 天野 浩 : TG TIMES 2025 年冬号 障子をあけてみよう 2025 年 1 月 6 日
- [9] 天野 浩、本田善央、王 嘉、渡邊浩崇、蔡文トウ :
日本経済新聞 名大、GaN に 2D 金属挿入で超格子構造 高性能な p 型素子 2024 年
7 月 19 日
- [10] 天野 浩、本田善央、王 嘉、渡邊浩崇、蔡文トウ :
Semiconductor Today Magnesium intercalation in gallium nitride 2024 年 7 月 4 日
- [11] 天野 浩、本田善央、王 嘉、渡邊浩崇、蔡文トウ :
Compound Semiconductor 2D-Mg doping improves p-type GaN conductivity 2024 年 6 月
13 日
- [12] 天野 浩、本田善央、王 嘉、渡邊浩崇、蔡文トウ :
EurekAlert! A strikingly natural coincidence: Heating gallium nitride and magnesium forms a
superlattice with implications for semiconductor doping and electronic devices 2024 年 6 月 11 日
- [13] 宇治原徹 : 読売新聞 起業のチカラ 第 1 部人材編 2024 年 6 月 11 日
- [14] 宇治原徹、沓掛健太郎 :
中部経済新聞 (朝刊 3 面 1 段) 名大などと AI 活用したセラミック解析手法開発 日
本ガイシ 2024 年 6 月 25 日
- [15] 宇治原徹、沓掛健太郎 :
電氣新聞 (朝刊 4 面 3 段) AI 解析で大幅時短 2024 年 6 月 25 日
- [16] 宇治原徹、沓掛健太郎 :
日刊自動車新聞 (朝刊 3 面 1 段) 日本ガイシや名古屋大など、AI 活用したセラミッ
ク製品の解析手法を開発 2024 年 6 月 25 日
- [17] 松永正広 : DIME 2024 年 5 月号 摩擦帯電型ナノ発電機 2024 年 5 月
- [18] 山本真義 : 日経電子版 コメント投稿 2024 年 4 月 1 日～3 月 31 日
- [19] 山本真義 : 電子デバイス産業新聞 特別インタビュー 第 570 回 2024 年 4 月 4 日
- [20] 山本真義 : JAPIA NEWS 2024 年 ISSUE2 (通巻 750 号) 次代を見据えて 2024 年 4 月 15 日
- [21] 米澤 遊 : トランジスタ技術 7 月号 シミュレーション活用! 18V 100W 太陽光発電システムの
設計 2024 年 6 月 10 日
- [22] 山本真義 : 電子デバイス産業新聞 コメント 2024 年 8 月 15 日
- [23] 山本真義 : 電子デバイス産業新聞 テクノフロンティア 2024 年 8 月 15 日
- [24] 米澤 遊 : 東レ株式会社 プレスリリース 150℃耐熱を有する高耐電圧コンデンサ用フィルムを創

- 出 -SiC 半導体搭載インバータの小型化・軽量化に貢献 - 2024 年 12 月 16 日
- [25] 米澤 遊 : トランジスタ技術 2 月号 商用パワエレ回路シミュレータ Scideam フリー版 速報
2025 年 1 月 10 日
- [26] 森島邦博、北川暢子 :
BS スペシャル 古代エジプトの謎を追え ～挑戦者たちのバトン～ 2024 年 9 月 19 日
- [27] 長田 実 : 日刊工業新聞 名大、ナノシート大面積成膜 転写で機能性フィルム 2024 年 7 月 24 日
- [28] 長田 実 : Yahoo ニュース A4 サイズのナノシートを 1 分で成膜 「金魚すくい」にヒント 2024 年 7 月 24 日
- [29] 長田 実 : 日刊工業新聞 経営ひと言／名古屋大学・長田実教授「安く簡単に成膜」 2024 年 7 月 26 日
- [30] 長田 実 : マイナビニュース 名大、大面積ナノシート的高速成膜法「自発集積転写法」を開発
2024 年 7 月 18 日
- [31] 長田 実 : EE Times A4 サイズのナノシートを 1 分で成膜 「金魚すくい」にヒント 2024 年 7 月 23 日
- [32] 山本瑛祐 : マイナビニュース 名大、あらゆる元素に使える汎用的なアモルファスナノシート合成手法を開発 2024 年 8 月 15 日
- [33] 山本瑛祐 : マピオンニュース 名大、あらゆる元素に使える汎用的なアモルファスナノシート合成手法を開発 2024 年 8 月 15 日
- [34] 長田 実 : 日経 Tech Foresight 名大、パラジウムのナノシート水素触媒 貴金属量削減 2024 年 9 月 2 日
- [35] 長田 実 : 電子デバイス新聞 名古屋大学ら 新強誘電体を開発 多層合成を実現 2024 年 9 月 18 日
- [36] 長田 実 : The American Ceramic Society Tears of wine phenomenon inspires high-speed, large-area deposition of uniform nanofilms 2024 年 9 月 24 日
- [37] 田川美穂 : 早稲田応用物理会・物理学会報 (75 周年特集記事) (第 36 号) 生体分子の自己集合を利用したナノ材料の結晶成長と光学材料への応用 2025 年 3 月 1 日
- [38] 笠原次郎、安井正明、松山行一、伊東山登、井出雄一郎、川崎 央 :
朝日新聞 ロケットの将来を変える？デトネーションエンジン あす実証打ち上げ
2024 年 11 月 13 日
- [39] 笠原次郎、安井正明、松山行一、伊東山登、井出雄一郎、川崎 央 :
JAXA Channel 観測ロケット S-520-34 号機 実験の概要説明 2024 年 11 月 11 日
- [40] 笠原次郎、安井正明、松山行一、伊東山登、井出雄一郎、川崎 央 :
JAXA Channel 観測ロケット S-520-34 号機実験の結果報告記者会見 2024 年 11 月 14 日
- [41] 笠原次郎、安井正明、松山行一、伊東山登、井出雄一郎、川崎 央 :
JAXA プレスリリース 宇宙戦略基金事業 技術開発テーマの実施機関を決定 2025 年 1 月 31 日
- [42] 岩田幹正 : あいちサイエンスフェスティバル 2024 10/19 (土) 第 2 回市民公開講座「将来のモビリティ社会に向けた最新技術動向」
- [43] 牛田泰久 : 日刊自動車新聞 web 版 ものづくりの蓄積生かし起業支援 2025 年 2 月 15 日

3.1.1 研究成果の一般社会への還元(応用)事例、新しい研究分野の開拓や教育活動に反映した事例

研究成果が一般社会に還元(応用)された事例や
新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例

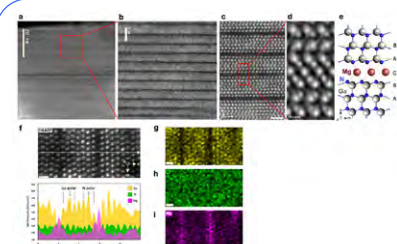
天野・本田研究室

研究の
成果・効果

金属と半導体の自然超格子

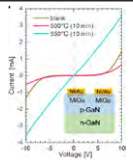
* 半導体窒化ガリウム(GaN)上に金属マグネシウム(Mg)を蒸着して550℃以上で熱すると、GaN結晶の層間に金属Mg層が周期的に挿入され半導体-金属の層間化合物超格子構造が形成されることを初めて見いだしました。
 * 従来課題であったp型GaNへの高いコンタクト抵抗の低減や、p型GaNの低い伝導性の改善に期待されます。

GaNを用いた縦型のパワーデバイスの社会実装やGaNによる相補型電界効果トランジスタの実現には、p型GaNへの低抵抗オーミックコンタクト形成や正孔移動度の増大が必須です。GaN上にMgを蒸着して550℃以上で熱処理することにより、MgとGaNの超格子構造が形成され、p型GaNへの低抵抗オーミックコンタクトが実現され、GaNの一軸歪みにより価電子帯構造が変化し、低温での正孔移動度の増大が確認されました。



金属Mg-半導体GaN超格子の電子顕微鏡像
 a, b, c, 倍率を変えて撮影したHAADF-STEM像。黒く見える層がMgである。スケールバー: a. 20 nm. b. 2 nm. c. 1 nm.
 d, IDPC-STEM像(cの赤枠領域の拡大図)。Ga, N, Mgの構成原子が明確に観察されている。
 e, dの超格子構造の模式図。
 f, 原子レベルエネルギー分散型X線(EDS)スペクトル。各元素の原子面の相対的な位置を示す強度ピークが示されている。
 g, h, i, fと同じ領域におけるGa, N, Mgの原子分解EDS元素マップ。
 スケールバー: 500 pm。

右図に示すとおり、550℃で熱処理したMg/GaNでは、Mg濃度が 10^{17}cm^{-3} 程度の低いp型GaNに対してもオーミックコンタクトを形成できることが分ります。縦型パワーデバイスの安定動作に期待されています。



出典 J. Wang, W. Cai, W. Lu, S. Lu, E. Kano, V. C. Agulto, B. Sarkar, H. Watanabe, N. Ikazaki, T. Iwamoto, M. Nakajima, Y. Honda, and H. Amano, "Observation of 2D-magnesium-intercalated gallium nitride superlattices", Nature, 631 (2024) 67.

用語集

HAADF-STEM(高角散乱環状暗視野走査透過電子顕微鏡法): 電子線を試料に走査し透過電子のうち高角に散乱したものを環状の検出器で検出することにより得られる。重い元素は明るく、軽い元素は暗く撮像されるので、軽いMgは暗く撮像される。

IDPC-STEM(積分微分位相コントラスト走査透過電子顕微鏡法): 微分位相コントラスト(DPC)法は、方位角方向に分割した検出器やピクセル型検出器を用い、試料各点における電子線の偏向量を計測し、試料内部の電磁場を実空間観察する手法。積分することで低電子線量でも撮像できる。

研究成果が一般社会に還元(応用)された事例や
新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例

宇治原研究室

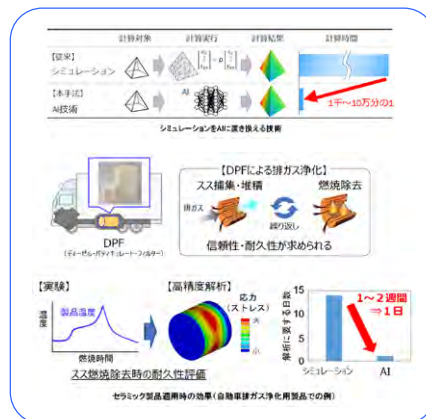
研究の
成果・効果

AIを活用したセラミック製品の高精度解析手法を共同開発

日本ガイシ株式会社、国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学、アイクリスタル株式会社は、人工知能(AI)を用いたセラミック製品の高精度解析手法を共同開発し、製品特性の解析期間を大幅に短縮できる技術を開発しました。
 日本ガイシはこのAI技術を、主力事業に適用して製品設計・評価期間の短縮を図るとともに、カーボンニュートラルやデジタル社会に貢献する新製品の早期開発に活用します。

本研究では、セラミック製品の評価に用いるシミュレーション技術をAIに置き換える技術を開発しました。名古屋大学・宇治原研究室が結晶育成法のAIモデルを改良し、アイクリスタルが精度向上とインターフェース実装を行い、日本ガイシが製品評価への適用検証を実施しました。

このAI技術により、セラミック製品の評価が大幅に効率化され、従来の1~2週間の解析が最短1日に短縮されました。特に自動車排ガス浄化用セラミック製品の信頼性向上と設計プロセスの短縮が実現し、今後は他のセラミック製品にも適用可能です。これにより、製造業全体でのデジタルトランスフォーメーション(DX)加速と環境への貢献が期待されます。



用語集

プロセスインフォマティクス:
 プロセス設計に対してAIを活用し、所望の製造結果が得られる製造条件を効率よく最短で探索する手法

観測ロケットを用いたデトネーションエンジンシステムの2度の宇宙飛行実証

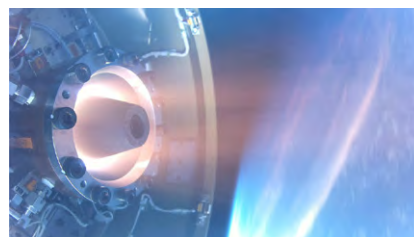
笠原研究室

研究の
成果・効果

世界初のデトネーションエンジンの宇宙飛行実証に成功

観測ロケットを用いたデトネーションエンジンシステム実証機を設計、製作し、フライトモデルの開発し、宇宙飛行実証を2回行った。次世代の宇宙推進機であるデトネーションエンジンの宇宙飛行実証を世界初で、2度達成したことで、推進工学分野の研究者に大きなインパクトを与えた。

観測ロケットS-520-31号機で宇宙飛行実証に成功し、デトネーションエンジンシステム(DES)の宇宙空間での安定作動を世界ではじめて確認した(右図は、エンジンの作動の瞬間)。



観測ロケットS-520-34号機により液体推進剤のデトネーションエンジンシステム2(DES2)のフライト実験を実施し、データの取得に成功した。(右図は、DES2フライトモデル)。



研究成果が一般社会に還元（応用）された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例

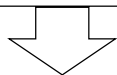
吉田研究室

研究の
成果・効果

銀担持半導体光触媒を用いた水による二酸化炭素還元反応

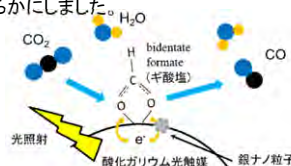
銀粒子を担持した酸化ガリウム光触媒($\text{Ag}/\text{Ga}_2\text{O}_3$)を用いて、水による二酸化炭素還元(人工光合成)を進行させることに成功しました。銀粒子のナノメートルスケールでの大きさや化学状態によって反応メカニズムが変化することや、 CO_2 還元による CO 生成の反応中間体は「ギ酸塩」であり、この生成が銀ナノ粒子の近くで促進されていることを解明しました。

二酸化炭素の低減・資源化を目的として、半導体光触媒を用いて、太陽光エネルギーを駆動力とした二酸化炭素の低炭素燃料への還元や、有用化学物質への変換に関する研究を進めています。本研究ではサイズ・化学状態を制御した銀ナノ粒子を担持した酸化ガリウム光触媒を用いて、水による二酸化炭素還元(人工光合成)を進行させることに成功しました。



CO_2 還元(CO 生成)反応を促進させるのに有効な銀微粒子の具体的なサイズや化学状態と、その触媒反応メカニズムへの影響を明らかにしたのは、本研究で新たに成し遂げた成果です。触媒表面の構造・化学状態、反応メカニズムを解明しながら、合理的に光触媒を設計する方法論を示すことができました。

$\text{Ag}/\text{Ga}_2\text{O}_3$ に水分子や CO_2 ガスを導入し照射を行いながらFT-IR測定をすることで、反応分子の挙動を追跡し、反応中間体や反応メカニズムを解明しました。これまで不明であった半導体光触媒への銀担持効果についても、TEM, XAFS, 光吸収・発光測定により詳細に調べました。触媒表面に $\text{Ag}-\text{Ga}$ 複合酸化物が形成された場合には CO_2 は不活性分子(炭酸塩)として吸着され反応中間体(ギ酸塩)は生成しませんが、銀ナノ粒子・クラスターが形成された場合には、 Ga_2O_3 に吸着した CO_2 分子(炭酸水素塩)への効率的な電子移動により反応中間体生成を促進し、反応効率が顕著に向上することを明らかにしました。



用語集

XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) X線吸収微細構造

4. 共同利用・共同研究拠点

4.1 共同利用・共同研究拠点について

当研究所は令和4年度より6年間、新たに文部科学省から「環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギーのための材料とシステム研究拠点」として認定され、環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー技術（エネルギー変換、蓄エネルギー、エネルギー伝送およびエネルギー消費の高度化・超効率化）の開発を実現するために、先端的な材料・デバイス等の要素技術に関する基礎研究から社会実装のためのシステム技術の開発までを一貫して俯瞰し、これを学内外・国内外の研究者の共同利用・共同研究によって推進している。この拠点活動の一環として、本学以外の機関に所属する教員または研究者と本研究所の教員とが協力して行う、環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー技術の開発に関する共同利用・共同研究を公募により実施している。

国内外の大学や研究機関の研究者は、本研究所の教員と共同研究を行うことで、様々な材料開発を行うための成膜装置、微細加工装置、電子顕微鏡をはじめとする多様な分析装置を共同利用することができる。このような共同研究・共同利用を介して、大学院生を含む若手研究者の育成を行うこと、さらには産業界にも広く門戸を開くことで産業界の技術者の人材育成を行うことも、本共同利用・共同研究の目標としている。

平成28年度の共同利用・共同研究拠点認定後より件数も着実に増加しており、充実した共同利用・共同研究が実施された。

表 4.1 実施件数・課題金額

	令和6年度	
	実施件数	課題金額
一般共同研究	108	21,517,561
国際共同研究	12	6,565,000
合計	120	28,082,561

令和6年度に実施した共同利用・共同研究を次に示す。なお、国際共同研究は令和4年度採択で3年目終了分4件及び令和5年度採択で2年目終了分4件の計8件の実施概要を示す。

一般共同研究

1.

研究課題：次世代核計装技術に向けた高温動作 III 族窒化物放射線検出器の開発

代 表 者：中野貴之（静岡大学・電子工学研究所・教授）

担当教員：本田善央

実績概要：III 族窒化物半導体を用いた B GaN 中性子検出器の応用として、次世代原子炉である高温ガス炉（HTGR）で利用する核計装技術の開発として高温動作中性子検出器の検討を実施した。本研究では、B GaN 結晶成長技術によって作製した B GaN 結晶を用いて pin ダイオードを作製し、高温耐性評価および中性子検出特性評価などを評価した。特に、B GaN 層の膜厚が結晶性およびデバイス特性に与える影響が大きいとため、膜厚制御による高い環境耐性を持ったデバイス作製の指針を得た。

2.

研究課題：窒化物半導体を用いた MOS デバイスにおける半導体 / 絶縁膜界面の評価

代 表 者：佐藤威友（北海道大学・量子集積エレクトロニクス研究センター・准教授）

担当教員：本田善央、天野 浩

実績概要：AlGaIn/GaN MOS-HEMT に Al 組成および膜厚を制御した 2nd Barrier 構造を適用し、その電気的特性を明らかにした。絶縁膜 / AlGaIn 界面チャネルの形成を抑制する 2nd Barrier 構造の設計は、MOS-HEMT の電気的特性向上に有効であることを示した。

3.

研究課題：窒化ガリウム基板上縦型 pn ダイオードにおける伝導度変調の解析

代 表 者：宇佐美茂佳（大阪大学・工学研究科・助教）

担当教員：本田善央、天野 浩

実績概要：高電子濃度基板(OVPE 基板)上および通常の n 型 GaN 基板上にドリフト層幅の異なる縦型 pn ダイオードを作製することで、基板キャリア濃度が GaN バイポーラデバイスの適用耐圧範囲に与える影響について調査した。パルス IV 測定によるオン抵抗評価の結果、注入電流 $3\text{kA}/\text{cm}^2$ での使用を想定すると、通常の n 型 GaN 基板上では 2kV 級、OVPE 基板上で 3kV 級まで適用可能と推定された。耐圧 10kV 以上の超高耐圧級に GaN バイポーラデバイスを使用する場合は、正孔注入量の向上や素子構造自体に工夫が必要と考えられる。

4.

研究課題：極短パルスレーザー照射による p-GaN への局所オーミック接触制御

代 表 者：富田卓朗（徳島大学・大学院社会産業理工学研究部・准教授）

担当教員：本田善央、天野 浩

実績概要：(0001)サファイア基板に成長させた p-GaN 膜上に Ni/Au を電極として蒸着し、p-GaN/ 金属界面にピコ秒レーザー照射を行った。I-V 測定の結果、照射フルエンスの増加につれて電流量も増加したが、断面観察ではサファイア基板や GaN 膜の結晶構造ダメージ及び範囲も増加した。パルス幅 0.3ps では、10ps に比べて低いフルエンスから GaN 膜への結晶ダメージが大きいことが確認できた。またパルス幅 0.3ps、照射フルエンス $0.24\text{J}/\text{cm}^2$ において Ni が p-GaN 膜に拡散していることが確認できた。

5.

研究課題：窒化物半導体と遷移金属窒化物のエピタキシャル接合技術の開発

代 表 者：小林 篤（東京理科大学・先進工学部・准教授）

担当教員：本田善央

実績概要：本研究では、スパッタ法を用いて ScAlN/GaN/sapphire および NbN/AlN/sapphire 構造を作製し、RHEED で結晶性を評価した。AlN 上の NbN は高い結晶性を示し、GaN 上 NbN は双晶成長することが確認された。Sc 組成約 15% の ScAlN は GaN と格子整合し、高い結晶性を有することが明らかになった。また、ScN も NbN と同様に GaN 上に双晶成長することが分かった。本研究によって、窒化物半導体と遷移金属窒化物材料のヘテロ接合に関する新たな知見が得られた。

6.

研究課題：加工シリコン基板上への半極性 InGaN マイクロ LED の作製

代 表 者：谷川智之（大阪大学・大学院工学研究科・准教授）

担当教員：本田善央

実績概要：半極性 InGaN マイクロ LED の実装プロセスの確立を目指してテープ剥離プロセスを検討し、剥離機構の解明に向けて SEM-EDS 測定による元素分析を行った。ドライエッチングによりヘテロエピ界面を除去した後にテープ剥離を試みたものの、全体の 13% 程度しか剥離が行われず、剥離した GaN 結晶の SEM-EDS 分析によりヘテロエピ界面以外にも AlN 中間層と Si 基板が結合している可能性が示唆された。

7.

研究課題：GaN 結晶・デバイスにおける単独転位の構造・電気・電子物性複合評価

代 表 者：酒井 朗（大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授）

担当教員：新田州吾、渡邊浩崇、田中敦之、本田善央、天野 浩

実績概要：本研究では、GaN 結晶中の貫通転位上に形成したショットキー電極における逆バイアス電気伝導機構の解明を目的とし、転位構造と電気特性との相関を評価した。有機金属気相成長法 (MOVPE) で成長した、Si ドナー濃度が異なる試料 $18(3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3})$ と試料 $17(2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3})$ の貫通転位箇所にエッチピットを形成し、その表面に集束イオンビーム加工装置で Pt を局所堆積してショットキー電極を作製した。導電性原子間力顕微鏡による局所電流 - 電圧特性とその温度依存性を計測した結果、試料 18 では高温側で Poole-Frenkel (PF) 伝導が支配的で、Fe 不純物関連の捕獲準位を介した可能性が示唆され、低温側では Fowler-Nordheim tunneling 伝導が支配的になる傾向が見られた。一方、試料 17 は試料 18 よりも全体的に逆方向電流値が小さく、広い温度領域で PF 伝導が支配的であり、窒素空孔関連欠陥を起源とする捕獲準位を介した伝導である可能性が示唆された。

8.

研究課題：窒素極性面 GaN/AlN HEMT の高性能化に関する研究

代 表 者：岡田成仁（山口大学・大学院創成科学研究科・准教授）

担当教員：新田州吾、田中敦之、本田善央、天野 浩

実績概要：有機金属化合物気相成長法により、オフ角 2.0° の c 面サファイア基板上に平坦膜が得られる条件下で N 面 AlN を成膜した。その上に N 面 GaN/Al_{0.9}Ga_{0.1}N 構造を作製し、電気的特性を評価した。GaN チャネル成長時の F 値を 0、0.33、0.47、0.81、1 の 5 段階に分けて成長を行った。GaN チャネル層成長における F 値の調節は、電気的特性に大きく影響を及ぼすことと、F 値によって、成長レートが変化することがわかった。

9.

研究課題：酸化リチウムイオン固体電解質の単結晶状自立薄膜の作製に関する研究

代 表 者：川口昂彦（静岡大学・学術院工学領域・准教授）

担当教員：宇治原徹、原田俊太

実績概要：LiOH を溶媒とした低温フラックス法を用いて、 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ (LLZTO) エピタキシャル薄膜の作製とその自立化を目的に研究を行った。ガーネット構造を有する $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (GGG) の 3 種類の (001)、(110)、(111) 単結晶基板の用いた場合、いずれの基板上にもエピタキシャル成長することが分かった。得られた薄膜の XPS では Li も含めてすべての元素が含まれていることが分かった。さらに、簡易的なテープ剥離により自立膜の作製に成功した。

10.

研究課題：光励起誘電体ナノ構造の創る磁気増強場でのキラル核形成

代 表 者：新家寛正（東北大学・多元物質科学研究所・助教）

担当教員：田川美穂

実績概要：代表者はこれまでの共同研究を通じて、円偏光照射により Mie 共鳴の電気・磁気双極子共鳴が同時に励振された Si ナノディスク構造体を核形成サイトとして塩素酸ナトリウム(NaClO_3)キラル結晶化を誘起すると、円偏光のみでは得られない大きな結晶鏡像異性体過剰率が観測されることを明らかにしてきた。本年度は、そのメカニズムについて、水溶液中のキラル結晶クラスターに働く、光学キラリティの空間勾配を起源とする鏡像異性体選択的な光学力の観点から議論した。有限差分時間領域法に基づく電磁場解析から鏡像異性体選択的な光学の大きさを見積もったところ、Si ナノ構造体近傍で fn スケールの大きさであることを明らかにした。これまでに数 fn の光学力によりナノ粒子を輸送できることが実験的に示されている。このことから、鏡像異性体選択的な光学力が大きな結晶鏡像異性体過剰率の起源となる可能性が示唆された。

11.

研究課題：顕微ラマン測定による DNA 修飾ナノ粒子超格子の SERS 測定とプラズモン光ピンセットによる高感度化

代 表 者：平松光太郎（九州大学・理学研究院化学部門・准教授）

担当教員：田川美穂

実績概要：田川らによって合成されている DNA 修飾金ナノ粒子(DNA-AuNP)超格子は、粒子間距離や配向を精密に制御した構造をナノプロセッシングなしに作製することができる。このような系は、ナノ粒子間の光電場増強による表面増強ラマン散乱(SERS)分光を行うのに理想的な系であると期待される。しかし、これまでのところナノ粒子超格子を SERS 分光へと応用した研究は報告されていない。本研究では、ナノ粒子超格子の格子定数、ナノ粒子径などを様々に変化させて分光計測を繰り返すことで、分子の微量検出に最適な条件を探索した。

12.

研究課題：高感度光センシングに向けた基板担持脂質二重膜上ナノ粒子の配向制御と二次元結晶化

代 表 者：手老龍吾（豊橋技術科大学・応用化学・生命工学系・教授）

担当教員：田川美穂

実績概要：本研究は、DNA 修飾金ナノ粒子(DNA-AuNP)が基板担持脂質二重膜(SLB)上でどのように拡散するかを調査し、温度変化による拡散係数の変化を明らかにすることを目的とした。光褪色後蛍光回復法(FRAP)法を用いて測定を行い、DNA-AuNP の拡散が SLB の拡散と関連していることを確認した。低温では SLB の流動性が低く、DNA-AuNP の拡散もほとんど見られなかったが、高温では SLB の流動性が向上し、DNA-AuNP の拡散が大幅に促進された。これにより、DNA-AuNP の拡散が SLB の相転移温度に依存することが明らかになった。本研究の成果は、人工細胞膜上でのナノ粒子輸送の制御や、高感度な分子センシング技術の開発に寄与することが期待される。

13.

研究課題：マイクロ流体チップを用いた DNA 修飾ナノ粒子超格子の高品質単結晶作製

代 表 者：鳥取直友（九州大学・大学院工学研究院・助教）

担当教員：田川美穂

実績概要：DNA 修飾金ナノ粒子(DNA-AuNP)は、DNA の選択的結合能を利用してナノ粒子超格子を形成できる材料であり、光学デバイスなどへの応用が期待されている。しかし、従来のバッチ法では、壁面での不均質核生成や結晶の凝集が生じ、高品質な単結晶を得ることが困難であった。本研究では、マイクロ流体チップを用いることで、結晶化環境を制御し、高品質な単結晶を作製することを試みた。また、結晶化溶液の条件を変化させ、単一結晶が得られる液滴の最大直径がどのように変化するかを検証した。

14.

研究課題：ベイズ超解像ラマン分光法による分子選択的な熱分析の高精度化

代 表 者：岡島 元（中央大学・理工学部応用化学科・准教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：ベイズ超解像技術をラマン分光法に適用し、分子温度測定の精度向上を図った。超解像解析プログラムを用いることで、従来の波数間隔の制約を克服し、温度測定の高精度化を実現した。レーザー発振温度の調整を活用し、迅速な波数シフトデータ取得を可能にし、ベイズ超解像ラマン分光装置の基盤を構築した。さらに、本技術の応用により、化学プラントでのリアルタイム温度計測が可能となり、省エネルギー技術の発展に寄与することが期待される。

15.

研究課題：高分解能電子線エネルギー損失分光測定データへのベイズ超解像の応用

代 表 者：吉川 純（国立研究開発法人物質・材料研究機構・主幹研究員）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究では、高分解能 EELS 測定データにベイズ超解像技術を適用し、測定精度の向上を実現した。昨年度の研究成果を基に、2024 年度はさらに測定対象を拡張し、異なる結晶材料におけるフォノン分散関係の解析を行った。特に、エネルギー分解能の向上により、0.01eV の超解像データを再構築し、ナノスケールでのフォノン特性の詳細な観察が可能となった。名古屋大学で開発された超解像プログラムを活用し、EELS 測定データの解析精度を向上させることに成功した。

16.

研究課題：超過冷却融液からの結晶成長による新奇物質の合成

代 表 者：塚本勝男（大阪大学・大学院工学研究科・招聘教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究では、200K の過冷却状態でガスジェット浮上法を用い、 MgSiO_3 結晶の成長を行った。偏光顕微鏡および透過電子顕微鏡による評価の結果、外側が準安定相の proto-enstatite、内側が安定相の clino-enstatite からなる針状構造を持つことが明らかとなった。特に、通常の融液成長プロセスでは生成されない clino-enstatite が、超過冷却条件下で形成されたことは、結晶成長プロセスの理解を深め、新たな物質合成技術への応用可能性を示唆する重要な成果である。

17.

研究課題：ベイズ超解像の高分解ラマン分光への応用によるエレクトロニクス材料の残留応力の精密測定

代 表 者：蓮池紀幸（京都工芸繊維大学・助教）

担当教員：原田俊太

実績概要：本研究では、ベイズ超解像技術をラマン分光法に適用し、半導体材料の残留応力を高精度に評価する手法を開発した。SiC 基板および Si 基板に応力を印加しながらラマン散乱測定を実施し、従来の測定では分解が困難であった微細なラマンピークシフトを解析可能とした。

18.

研究課題：ベイズ超解像のラマン分光スペクトルへの応用によるエレクトロニクス材料のキャリア密度の精密測定手法の確立

代 表 者：廣谷 潤（京都大学・工学研究科・准教授）

担当教員：原田俊太

実績概要：ラマン分光装置を用いて SiC や GaN のスペクトルを測定し、ベイズ超解像技術による解析を実施。ピーク波数を高精度で決定し、キャリア密度推定精度を向上させた。また、異なるドーピング濃度の SiC 基板を用いた測定・解析を行い、キャリア密度推定の高精度化を確認。さらに、名古屋大学で開発された超解像プログラムを活用し、ラマン測定装置による新たな分析手法を確立した。

19.

研究課題：第一原理計算による p 型 GaN 中の欠陥形成プロセスの解明

代 表 者：制野かおり（九州工業大学・大学院工学研究院・准教授）

担当教員：白石賢二、押山 淳

実績概要：量子力学に基づく第一原理計算からのアプローチにより、(1)GaN 結晶中の Mg アクセプタ原子の拡散プロセスの基礎をなす欠陥構造の解析、(2)欠陥型拡散機構における Pair 拡散を考慮した GaN 結晶中の Mg アクセプタ原子の拡散プロセスの解明を行なった。Mg アクセプタ原子の拡散プロセスの基礎をなす GaN 結晶中の欠陥構造としては、Ga 原子サイトの Mg 原子置換構造 (Mg_{Ga})、Ga 原子空孔 (V_{Ga})、これらの欠陥がもたらす複合欠陥の検討を行い、構造の特定および電子状態の解明を行なった。GaN 結晶中の Mg 原子の拡散プロセスは異方性および荷電状態の多重性を含め検討を行った。

20.

研究課題：X 線 CT 及び数値流体力学を用いた圧力損失評価

代 表 者：立松 昌（名古屋市工業研究所・システム技術部生産システム研究室・研究員）

担当教員：芳松克則

実績概要：複雑形状を X 線 CT で測定し、測定した複雑形状データからシミュレーションで圧力損失特性を求める手法について検討した。測定した複雑形状データを用いてシミュレーションを実施し、実験で求めた圧力損失の傾向を再現できることを確認した。

21.

研究課題：酸素空孔ドーパント再分布機構の原子レベル解明にもとづく低消費電力酸化物人工シナプス素子の開発

代 表 者：藤平哲也（大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授）

担当教員：五十嵐信行

実績概要：還元 TiO_2 単結晶およびアモルファス GaOx 薄膜を用いて微細 2 端子型メモリスタ素子を作製し、透過型電子顕微鏡(TEM)内でのバイアス電圧印加その場観察により、電流 - 電圧特性と微細構造変化の同時観察を行った。 TiO_2 系メモリスタにおいて明瞭なヒステリシスを示す抵抗変化特性が得られ、このとき TEM 回折コントラストおよび電子回折像から剪断面の形成を含む微細構造変化が起こっていることが確認された。また、アモルファス GaOx 系に関してキャパシタ型素子からその場 TEM 観察用薄片試料を作製し、抵抗変化状態の観察方法を検討した。

22.

研究課題：電荷秩序誘起強誘電体 RFe_2O_4 における局所構造の研究

代 表 者：堀部陽一（九州工業大学・大学院・工学研究院・教授）

担当教員：長尾全寛

実績概要：二重層フェライト YbFe_2O_4 における鉄サイトの一部を 2 価の陽イオンで置換した YbFeCuO_4 における局所構造について、透過型電子顕微鏡(TEM)法を用いて研究を行った。その結果、不整合超構造に伴うナノドメインは、Cu イオンの相分離に超構造に関係することが見出された。

23.

研究課題：電力用コンデンサフィルムの部分放電劣化に関する基礎研究

代 表 者：鈴置保雄（愛知工業大学・工学部 電気学科 電気工学専攻・教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：本研究は、電力用進相コンデンサに使用されるポリプロピレンフィルムの劣化を部分放電測定により評価し、絶縁破壊の兆候を明らかにすることを最終目標としている。本年度は、名古屋大学所有の密閉ボイド放電劣化装置を用いてポリプロピレンフィルムの加速劣化試験を実施するとともに、油中放電による油分解によってガスボイドが形成され、そのボイド中で気中放電が発生することを明確にした。その他、高分子材料についての基礎的な特性の評価・検討も行った。本研究に関係する成果を国内外の学会で発表した。

24.

研究課題：パワーモジュール用コンポジット絶縁材料の電気トリー劣化に関する基礎研究

代 表 者：川島朋裕（豊橋技術科学大学・電気電子情報工学専攻・准教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：本研究は、ナノコンポジット絶縁材料の電界発光開始及び消滅現象を測定することで、絶縁破壊の前兆に発生する電荷注入およびトラップ特性を評価し、絶縁破壊と高電界下電荷挙動の関係を明らかにすることを最終目標としている。今年度は、名古屋大学所有のパワーモジュール用コンポジット絶縁材料試料の作製装置を用いて、酸化チタンナノ粒子をエポキシ樹脂に添加・分散したナノコンポジット絶縁材料を作製し、その電界発光パルス数を評価した。その結果、ナノ粒子凝集体がナノコンポジット内の電界発光開始に及ぼすメカニズムを明らかにした。本成果を国内外の学会で発表した。

25.

研究課題：次世代直流送電網の実現に向けた電気絶縁材料の基礎研究

代 表 者：光本真一（豊田工業高等専門学校・電気電子システム工学科・教授）

担当教員：栗本宗明

実績概要：本研究の目的は、直流電力送電(HVDC)電力機器に使用されるポリエチレンやエラストマーの絶縁破壊前の空間電荷特性を評価し、耐電圧と空間電荷蓄積の関係を明らかにすることである。今年度は、名古屋大学所有の HVDC 用固体絶縁材料試料の作製装置を用いてポリエチレンシートを作製し、その空間電荷特性を評価した。その結果、紫外線を照射したポリエチレンシートの空間電荷蓄積特性を明らかにした。特に、今回の紫外線照射条件および照射時間では、蓄積電荷量に大きな変化は認められないことがわかった。本成果を国内の学会で発表した。

26.

研究課題：水素と結晶欠陥のナノスケール相互作用解析

代 表 者：高橋可昌（関西大学・システム理工学部・教授）

担当教員：武藤俊介

実績概要：金属(Pd)中の局所領域における水素の EELS 検出を行う上で好適な実験条件を決定すべく、予備チャンバーを用いた要素実験を集中的に実施した。試料状態ならびに EELS の変化に注目し、室温下においても十分な水素吸蔵状態を実現できる条件(ガス分圧 3kPa 以上、吸蔵時間 20 分)を得た。今後、水素の定量化およびマッピングへの応用を進める上で鍵となる要素実験(膜厚効果の検証)を加えることで、課題達成への道筋が整う。

27.

研究課題：[001]銅単結晶の低サイクル疲労によって形成される cell 組織の超高压電子顕微鏡観察

代 表 者：宮澤知孝（東京科学大学・物質理工学院・助教）

担当教員：武藤俊介

実績概要：[001]方位を応力軸とする銅単結晶に繰り返し変形によって形成される cell 組織の発達過程を明らかにするために、超高压走査透過型電子顕微鏡にて Virtual-STEM 法による転位組織観察を行った。主すべり面(111)に平行に形成される cell 境界の観察・解析を行った結果、cell 境界を構成する(111)面上の三種類のらせん転位によるネットワーク構造を観察することができた。その形成機構は[111]方位を応力軸として疲労した銅単結晶で観察された(111)面 cell 境界と同じ形成機構であることを明らかにした。

28.

研究課題：水素吸蔵合金を用いたメタン化反応の in-situ TEM・質量分析測定

代 表 者：中川鉄水（琉球大学・理学部海洋自然科学科化学系・准教授）

担当教員：武藤俊介

実績概要：分子状水素と CO₂ を表面で解離する水素吸蔵合金の性質を利用して、CO₂ を CO またはメタンなどの炭化水素に変換する触媒の開発を目指し、反応中の合金表面を TEM 観察により視覚的に追いながら放出されたガスを同時に分析した。昨年度は炭化水素発生の観測できたが確証がなかったため、今年度はより低圧で水素吸蔵を行う ZrMnV を用いて CO₂ 転化反応を TEM 中で実施・観測した。その結果、ブランク測定では観測されなかったメタンを質量分析で捉えたため、CO₂ 転化反応を世界で初めて捉えたと言え、今後の研究展開へ大きな一歩となった。

29.

研究課題：収差補正電子顕微鏡を用いた金属ナノ粒子触媒の三次元計測手法の開発

代 表 者：山崎 順（大阪大学・超高压電子顕微鏡センター・教授）

担当教員：齋藤 晃

実績概要：燃料電池電極部に用いられるカーボン粒子に担持された白金ナノ粒子触媒の3次元分布計測手法を昨年度までに確立したが、その精度と信頼性についての検証を行う必要がある。このために従来の電子線トモグラフィーを改善して、100nm サイズの粒子の電顕像取得を180度の角度範囲にわたって行い、さらにそれを短時間で行って電子線照射ダメージを大きく低減する手法開発に成功した。この手法と昨年度までに開発した手法とによる計測結果を比較照合することによって、結果の正確性と信頼性を担保する実証データが得られる見通しとなった。

30.

研究課題：ソフトマテリアルの高分解能電子顕微鏡解析にむけた新規損傷低減条件の探索

代 表 者：吉田 要（一般財団法人ファイナセラムックスセンター・ナノ構造研究所・主任研究員）

担当教員：石田高史

実績概要：ソフトマテリアルの電子顕微鏡解析において大きな課題となる電子線照射損傷の低減法としてパルス電子線照射に着目して、有機分子膜の電子線照射損傷評価を行なった。定量的な評価を行うため、可能な限りオペレーションの影響を排除して解析の再現性が確保されるエピタキシャル配向膜をモデルとして選定して、電子回折の強度変化から損傷過程を計測した。本研究内では連続照射での詳細な損傷過程が評価できたほか、パルス電子線照射下での電子回折強度変化を取得することができた。両条件での定量的比較のためパルス照射での照射量の計測方法については再検討を継続している。

31.

研究課題：環状プラズマ装置における TALIF による中性原子計測

代 表 者：梶田 信（東京大学・大学院・新領域創成科学研究科・教授）

担当教員：田中宏彦

実績概要：本研究では、トロイダルダイバータ模擬装置 NAGDIS-T において、2光子吸収レーザー誘起蛍光(TALIF)システムを開発し、D 原子密度の測定を行った。絶対 D 原子密度をクリプトンの TALIF 信号で信号を校正することで得られた。D 原子密度のガス圧力と電力依存性を得た。D 原子密度は $1.6 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{19} \text{m}^{-3}$ の範囲にあり、温度は 0.4eV 未満と推定された。D 原子の挙動を生成プロセスという観点から考察した。

32.

研究課題：再結合プラズマ中の素過程理解に向けた準安定ヘリウム原子測定

代 表 者：荒巻光利（日本大学・生産工学部・教授）

担当教員：田中宏彦

実績概要：再結合プラズマの形成には多様な原子・分子過程が関与し、その詳細な解明が必要である。本研究では、NAGDIS-II において準安定ヘリウム原子の TDLAS 測定を行い、プラズマの揺動が準安定ヘリウム原子の速度分布関数に与える影響を調べた。TDLAS と静電プローブによるイオン飽和電流測定を併用し解析を行った結果、プラズマの揺動が中性原子の速度分布関数に影響を与えていることを示唆する結果を得た。

33.

研究課題：プラズマ照射による半導体ナノ構造の形成とそのデバイス応用

代 表 者：Shi Quan（東京大学・新領域創成科学研究科・特任研究員）

担当教員：田中宏彦

実績概要：微量の不純物を含んだ希ガスプラズマ照射を行うことで、ナノ/マイクロ構造を形成する『共堆積エッチング』法を開発した。これは、リソグラフィフリーの半導体ナノファブリケーションの新しい方法となる可能性がある。本研究では、アルゴンプラズマとモリブデンの不純物を用いた共堆積エッチング法を様々な半導体に適用した。添加した不純物種よりもスパッタリング収率が低い基板上にのみ、微細構造が形成され、構造の密度、面積、高さは、不純物の堆積速度と基板材料の両方に関連することが明らかとなった。

34.

研究課題：非接触再結合プラズマにおける中性粒子制御手法に関する研究

代 表 者：林 祐貴（東京大学・新領域創成科学研究科・助教）

担当教員：田中宏彦

実績概要：直線型プラズマ装置 NAGDIS-II を用いた実験、および DISCOVER コードを用いたモデリングから、中性粒子温度の違いが非接触プラズマ形成に大きな影響を与えることを示した。また、どちらからも体積再結合に由来する準安定原子が多く生成されていることを示唆する結果を得た。

35.

研究課題：宇宙線を用いた火山の CT 撮像

代 表 者：宮本成悟（東京大学・地震研究所・助教）

担当教員：森島邦博、北川暢子

実績概要：電源が不要で火山周辺の環境が厳しい地点に簡便に設置可能なミュオン検出器である原子核乾板の機動性を活かし、多方向から1つの火山を通過してくるミュオンの減衰率を測定し、三次元的に内部密度構造を推定する研究を行っている。その際に、どのように設置したらどのような成果が得られるか、短時間で計算可能なシミュレーションフレームワークは今後の観測計画を立てる上で重要なツールとなる。今年度は国語地理院などが発行しているデジタル地形データから予想されるミュオンフラックスを高速に並列計算する実装を行った。

36.

研究課題：先端放射光 X 線計測で明らかにする原子核乾板の現像機構

代 表 者：吉田純也（東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・准教授）

担当教員：森島邦博、長縄直崇

実績概要：先端的なコヒーレント X 線回折イメージング手法である「タイコグラフィ」により、1ピクセル 10nm の空間分解能で原子核乾板中の現像銀粒子を可視化した。本実験は放射光施設 NanoTerasu のビームライン 10U で行った。試料としては、(1)薄型原子核乾板、(2)片面乳剤層を剥離したもの、の二種類を用いた。両方の試料で銀粒子が可視化でき、本手法が実証できた。この計測を通じ、厚みを持った乾板中の銀粒子でもイメージングができること、剥離できる場合はよりコントラスト良くイメージングができる事が分かった。また得られた画像で、銀粒子のフィラメント由来とみられる構造が見られた。今後は空間分解能の評価・三次元像構成・銀フィラメントの形態・カブリとの形態の違いなどを解析する。

37.

研究課題：宇宙線イメージングによる河川堤防の非破壊探査技術の開発

代 表 者：安田浩保（新潟大学・災害復興科学研究所・研究教授）

担当教員：森島邦博、北川暢子

実績概要：近年の気候の変化により集中豪雨は堤防決壊を誘発し、我々の生活に甚大な被害を及ぼす。古くからある堤防は増改築を繰り返し、内部の経時変化をモニターする手法は確立しておらず、大型構造物内部を透視可能な宇宙線イメージングの技術を堤防の脆弱部検知に応用するべく、検出器の開発を行なった。あらゆる堤防を点検するには、場所や時期に依存しない観測を可能にしなければならない。使用する検出器(原子核乾板)は温度耐性に弱いため、夏季の屋外でも観測を実現できる温度上昇を抑制する検出器構造を設計し、試作・試験を重ねた。決定した構造の検出器を堤防側面に設置し、7月中旬から約40日間の観測を行なった。結果、外気温に対して平均5度(最大で約10度)の温度上昇の抑制を確認し、これは原子核乾板の性能維持を2倍に長期化したことに相当する。さらに、観測で得られた宇宙線のデータからは、堤防の形状を反映したイメージングに成功した。

38.

研究課題：原子核乾板に発生する表面銀の化学的除去のための大量処理システムの構築

代 表 者：久下謙一（千葉大学・理学部&AITOP実験施設・名誉教授・グラントフェロー）

担当教員：佐藤 修

実績概要：素粒子実験で用いられる原子核乾板(フィルム)で起こる、現像後に生じる表面銀形成は飛跡検察の障害となる。以前にこれをヨウ素で処理してヨウ化銀とし、溶解除去する方法を開発したが、使用フィルム枚数の増大に伴い、今回これをスケールアップして短時間で大量処理するシステムを考察し、そのための処理容器や攪拌装置、フィルム保持枠などを作製した。大判フィルムでの試験的運用では、ヨウ化銀化は表面でのみ起こって、内部にある飛跡には影響が無いことを確認した。部分的に大量に付着した表面銀はヨウ化銀化に時間を要するが、これは目視で視認できるので、事前に軽く拭き取っておくことで解決できる。これより1週間で約1000枚の処理が可能と見積もられた。

39.

研究課題：原子核乾板を応用した単層型低エネルギー粒子検出器開発

代 表 者：浅田貴志（東邦大学・理学部物理学科・博士研究員）

担当教員：佐藤 修

実績概要：名古屋大学理学研究科で原子核乾板乳剤を製造し、それをもとに結晶感度の精密測定及びTEAを用いた高感度化研究を行い、精密な感度測定と一定条件で約2倍の感度向上を達成した。また、単層デバイスとして電子顕微鏡用メッシュ上に作成した薄膜型デバイスの作成・評価を行い、実際に単層化でき、かつ低エネルギー粒子の検出が可能であることを示した。

40.

研究課題：原子核乾板と電磁石を用いた宇宙線ミュオンのエネルギー測定

代 表 者：南野彰宏（横浜国立大学・工学研究院・教授）

担当教員：佐藤 修

実績概要：本研究の目的は、原子核乾板と電磁石からなる小型検出器で宇宙線ミュオンのエネルギーを測定することである。原理検証実験として、 ^{90}Sr 線源からの電子の飛跡をネオジウム磁石で曲げ、原子核乾板で検出することを試みたが、電子の集団の観測には至らなかった。今後、問題を洗い出し、再測定を行う。

41.

研究課題：原子核乾板を用いた Λ ハイパー核の質量精密測定

代 表 者：中川真菜美（日本女子大学・理学部数物情報科学科・学術研究員）

担当教員：六條宏紀

実績概要：本研究では世界的にハイパー核質量の較正点として利用されている $^{12}\Lambda\text{C}$ の質量を世界最高精度で測定を行うことを目指した。これまで利用してきた従来の機械学習モデルを、他種のハイパー核に適用するモデルを新たに開発した。これにより、従来のモデルが他種のハイパー核を検出することができることを示した。

42.

研究課題：レアメタルフリー高機能磁性材料 L10-FeCo の成膜技術の開発

代 表 者：小飼真人（東京理科大学・先進工学部マテリアル創成工学科・教授）

担当教員：池永英司

実績概要：本研究では、FeCo 合金の磁気特性を評価するため、ハイスループット実験を実施し、XMCD 測定と第一原理計算を実施した。元素添加によりスピンおよび軌道磁気モーメントが増加した。第一原理計算により、スピン軌道相互作用と交換相互作用の影響が示唆され、組成制御が磁気特性向上に重要であることが明らかになった。

43.

研究課題：硬 X 線光電子分光を用いた液晶 / 液晶配向膜界面での不純物イオンの化学状態分析

代 表 者：木内久雄（東京大学・物性研究所・助教）

担当教員：池永英司

実績概要：これまで池永英司准教授が開発を進めてきた極薄膜の SiN 製真空隔離膜を用いた硬 X 線光電子分光法による溶液中試料の化学状態分析技術を液晶配向膜界面での不純物イオンの化学状態分析に適用し、熱処理した液晶配向膜中にはイオン性不純物がトラップされていることが明らかとなった。

44.

研究課題：共鳴硬 X 線光電子分光による 5d 遷移金属材料の元素選択電子状態計測・解析技術開発

代 表 者：保井 晃（公益財団法人高輝度光科学研究センター・放射光利用研究基盤センター・主幹研究員）

担当教員：池永英司

実績概要：環境調和型で持続発展可能な省エネルギー・創エネルギー実現において重要な 5d 遷移金属材料の開発に資する 5d 電子状態の解析技術の確立を目指した。5d 遷移金属元素の共鳴硬 X 線光電子分光を安定的に実施可能な測定環境を構築することを目的とし光電子阻止電圧を試料に印加する機構を開発した。エネルギー分解能の悪化を抑えて、高精度に 5d 電子を抽出解析できる環境の構築に成功した。

45.

研究課題：新規ビスマス置換磁性ガーネットの開発と評価

代 表 者：石橋隆幸（長岡技術科学大学・大学院工学研究科・教授）

担当教員：加藤剛志

実績概要：本研究では、GHz 帯の高周波磁場を可視化するためのビスマス置換磁性ガーネットの開発を行ってきた。本年度は、新規開発した $\text{Eu}_{0.5}\text{Bi}_{2.5}\text{Fe}_{5-x}\text{Ga}_x\text{O}_{12}$ (Eu,Ga:BIG) の磁気光学測定による高周波特性の評価を行った。その結果、1 GHz 付近に強磁性共鳴によるファラデー回転角の増大が確認された。また、Ga 置換量を増やすことによって、共鳴周波数が高くなることが確認できた。

46.

研究課題：LNO 基板上に成膜した Co 薄膜の面内一軸磁気異方性の基板方位依存性

代 表 者：山田啓介（岐阜大学・工学部・化学・生命工学科・准教授）

担当教員：加藤剛志、大島大輝

実績概要：カット面の異なる二オブ酸リチウム(LNO)単結晶基板を用いて強磁性薄膜の Co 金属をスパッタ成膜させ、Co 薄膜の結晶構造解析と磁気特性評価を行った。64LNO 基板上的 Co 薄膜では、LNO/Co の接合界面における格子整合により、hcp-Co(002)に高配向した結晶構造が形成された。また他のカット面の LNO 基板においても特徴的な配向を有する結晶構造が形成した。磁気異方性は、報告されている他の強磁性薄膜と同様に、Co においても面内一軸磁気異方性(Ku)が誘起されることを確認でき、Co 膜厚が 6.3nm で大きな Ku 値が得られた。本成果は、第 48 回日本磁気学会の学術講演会にて発表を行なった。

47.

研究課題：ひずみ印加による大バルクハウゼン効果の制御とひずみセンサへの応用

代 表 者：藤原裕司（三重大大学・工学研究科・准教授）

担当教員：加藤剛志、大島大輝

実績概要：アモルファス FeSiBNb 薄膜を最大値約 15.4Oe、60Hz の交流磁界で励磁し、薄膜に取り付けたピックアップコイルに発生するパルス電圧を直流電圧化した。この直流電圧は圧縮ひずみにより低下し、ひずみ検出が可能であることが示された。ひずみセンサの性能を表す指標の一つであるゲージ率を見積もったところ 37,000 を超す値を示し、非常に高性能なセンサであることがわかった。

48.

研究課題：超高速原子核乾板解析技術を利用した気球搭載型大面積宇宙線イメージングシステムの確立

代 表 者：青木茂樹（神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤 修、六條宏紀、山本紗矢、長原翔伍

実績概要：気球搭載型エマルジョン望遠鏡による宇宙ガンマ線の観測計画で、2023 年春に初の科学観測となる開口面積 2.5m² での観測を実施し、Vela および銀河中心方向をカバーする水平浮遊 24 時間超の観測に成功した。前年度から継続していた約 2000 枚におよぶフィルムの読出しを新しい超高速飛跡読取り装置により完了させ解析を進めている。コンバーター部ではガンマ線事象の系統的な抽出が進み、タイムスタンプ部では新型の大面積シフターでの解析手順を確立して各飛跡への時刻情報付与が進んでいる、姿勢モニター部の解析も進んで、これらの情報を統合することによって、ガンマ線の到来方向天球上にマッピングするガンマ線イメージングが可能となった。

49.

研究課題：原子核乾板を用いた粒子検出器における運動量測定技術の高度化

代 表 者：小川 了（東邦大学・理学部・教授）

担当教員：中野敏行、佐藤 修

実績概要：2024 年度は、コンパクト測定器(Compact Emulsion Spectrometer, 以下 CES)と ECC(Emulsion Cloud Chamber)を構成し、大学院生の佐野が中心となって宇宙線の再照射実験を行い、2023 年度の照射データと合わせて、解析を行った。従来の解析手法では、CES の位置補正の精度によるサジッタの分布の幅に照射データによる違いが見られたが、フィルム間の回転の補正を加えることにより照射データに依らず、4~5 μ m に収束することが解った。

50.

研究課題：プラズモン共鳴現象を用いた光子誘発現象ならびにその効率化の研究

代 表 者：中 竜大（東邦大学・理学部・准教授）

担当教員：中野敏行、佐藤 修

実績概要：プラズモン現象は、電子多体系の集団振動モードとして特徴づけられ、金属表面のエバネッセント波によって誘起される表面プラズモン(SPP)と金属ナノ粒子の束縛系において生成される局在表面プラズモン共鳴(LSPR)がある。2024年度は、申請代表者らが未来材料研・素粒子計測部と共同で研究開発を進めている超微粒子原子核乾板における光学解析において、LSPR 信号を増強させるための新たな化学現像法の開発ならびにその評価手法の開発を進めた。

51.

研究課題：超微粒子原子核乾板を用いた中性子およびイオンの精密計測技術の開発

代 表 者：白石卓也（神奈川大学・理学部・特別助教）

担当教員：中野敏行、佐藤 修

実績概要：0.1 ～ 10MeV 程度の広いエネルギー範囲での中性子およびイオンに対する精密測定のための技術発展を目的とし、従来機に比べて5倍の解析速度を持つ新規装置を神奈川大学で製作した。また、3次元画像解析のための機械学習(3D-CNN)を導入し、解析の効率化を行った。さらに、より実用的な中性子エネルギースペクトル測定手法として Unfolding 法の検証を行った。技術開発と並行して、理研の小型中性子源 RANS や、大気取り出しマイクロ MeV イオンビームを用いた共同研究も行っており、応用分野への展開も推進している。

52.

研究課題：雪氷に強い下掛け水車の開発

代 表 者：池田敏彦（信州大学・名誉教授）

担当教員：内山知実

実績概要：開水路に下掛け水車を実装して、雪氷塊を模擬した球状の雪玉を水車上流に投下して、水車性能を調べた。これまでの一連の研究で、雪玉の「硬さ」が水車性能に大きく影響することがわかった。しかし、可能な限り同じ硬さになるよう人工的に製造した雪玉に対しても、性能は異なることがわかった。今後、雪玉の代わりに「氷玉」の製造と硬さの評価方法を検討し、硬さが同じ氷玉を投入して性能評価を行う予定である。

53.

研究課題：冬季に流下する雪氷塊を自動回避する AI 搭載型水車ロータの開発

代 表 者：佐藤栄一（新潟工科大学・工学部・教授）

担当教員：内山知実

実績概要：小型水車の出力波形から雪氷塊の巻き込みの予兆をリアルタイムで捉え、巻き込みに関与する羽根を特定するアルゴリズムを機械学習で獲得するため、雪氷塊の大きさや密度、硬さ、水車ロータと水路床の隙間などの条件を変えて水車の出力波形を取集し、実験の諸条件を整理したデータベースを構築した。さらに、そのデータベースを用いてサポートベクター回帰分析を行い、感度分析法によって発電電力量を減少させる要因の寄与率を推定した。その結果、回帰分析に用いたカーネル関数によって影響要因の寄与率が異なる結果となり、過学習が疑われた。今後は実験データを増やして再検証を行うと共に、雪氷塊の密度と硬さの関係及び気温の影響を明らかにする必要がある。

54.

研究課題：農業用水路へのマイクロ水力発電システム導入に関する実行可能性調査

代 表 者：岡山朋子（大正大学・地域創生学部 地域創生学科・教授）

担当教員：内山知実

実績概要：2022 年度版の全国土地改良区情報を入手し、アンケート調査の設計を行い、回答手段は郵送と FAX 及び web 回答として調査対象とする土地改良区を選定して調査を実施し、結果を集計した。また、2024 年度は改めて全国土地改良区情報を農水省に情報公開請求を行なって入手し、2022 年度の状況と比較を行った。それより、まず全国的には土地改良区は約 170 減少していたことがわかった。地域的には九州地方、四国地方で土地改良区の解散が多かった。これらの地方ではそもそも農業を継続しない地域が多くなっていることが示唆される。特に減反政策が進み、水田が減ることは農地におけるマイクロ水力発電事業実施の機械および適地が減るということである。一方、県や国が管理する土地改良区についてはその事業費を水力発電による利益で一部賄うものもある。山形県鶴岡市のそのような改良区 2 箇所を視察した。

55.

研究課題：マイクロ水力発電用水車の開発

代 表 者：飯尾昭一郎（信州大学・工学部機械システム工学科・准教授）

担当教員：内山知実

実績概要：クロスフロー水車内部でのキャビテーションの発生様相について、CFD 解析により調査した。その結果、設計点ではノズル先端部のみで、部分負荷条件時ではノズル先端部およびガイドベーン下面で蒸気相の形成が認められた。ノズル先端部のキャビテーションはブレード通過周波数に同期して発生し、有効落差によってキャビテーションの初生位置が異なることを明らかにした。

56.

研究課題：低環境負荷医療を実現する頸椎人工椎間板用高強度柔軟多孔体の開発

代 表 者：川下将一（東京科学大学・生体材料工学研究所・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：これまでの研究において、相分離を伴うゾルーゲル法による、アミノ基を導入したフェノール樹脂多孔体の細孔構造制御と生体材料としての応用研究を進めてきた。従来の合成法では、細孔構造の制御のため、有機溶媒や界面活性剤を添加していたため、合成過程における環境負荷の低減が求められていた。本研究では、フェノール樹脂の原料と塩酸水溶液・エタノールのみを使用したアミノ基導入フェノール樹脂多孔体の作製法を開発することで、低環境負荷材料の創出を検討した。その結果、20–40 mol% の 3- アミノフェノールを導入した組成において、多孔質フェノール樹脂の作製に成功した。

57.

研究課題：階層的多孔構造を有する酸化物モノリスの環境機能発現と利活用

代 表 者：袋布昌幹（富山高等専門学校・物質化学工学科・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：これまで名古屋大学未来材料・システム研究所(IMaSS)で研究が進められてきた、nm 領域と μm 領域それぞれにサイズを制御した細孔を有する各種酸化物階層的多孔質材料を対象として、2023 年度に引き続いて特に環境分野での利活用を図ることを目的に以下の検討を行う。1) リン酸カルシウムによる悪臭物質であるアンモニアガスの吸着機構について検討を行った。当初、アパタイト系鉱物に着目して検討を薦めてきたが、種々のリン酸カルシウム塩を用いて調査を行った結果、第二リン酸カルシウム二水和物(DCPD)なども優れたアンモニアガス吸着能があることがわかった。2) DCPD のアンモニアガス吸着挙動を種々検討した結果、DCPD のアンモニア吸着は結晶の配向性に影響を受けることが示唆された。3) DCPD の未利用資源からの回収を目的に調査を行い、食品産業等から副生するリン酸からえられる DCPD のアンモニア吸着挙動についても調査した。

58.

研究課題：アルカリ土類金属含有水酸化物多孔体の合成と化学蓄熱応用

代 表 者：徳留靖明（大阪公立大学・工学研究科・准教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：本研究では、Mg 系および Ca 系の水酸化物材料を対象として細孔が制御された新規多孔体の合成手法の開拓と化学蓄熱およびその関連材料としての応用をおこなった。細孔構造が導入された材料の合成には成功したものの、その蓄熱特性と細孔特性との相関は軽微であった。蓄熱特性に対しては材料の結晶性がより大きな影響を与えるため、細孔特性のみならず結晶性の制御が重要であることが分かった。

59.

研究課題：低密度多孔体の構造解析と力学物性

代 表 者：金森主祥（京都大学・大学院理学研究科・助教）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：脂肪酸二無水物とジアミン、およびトリアミン架橋剤を用いてポリイミド(PI)エアロゲルの作製を行った。出発組成を最適化して得られたエアロゲルは、メソスケールで均一な細孔構造をもち、可視光領域に顕著な吸収を示さない無色透明であった。得られたエアロゲルは、従来の芳香族系 PI エアロゲルと比べて機械的な柔軟性が高く、脂肪族炭化水素を含む固体骨格により光透過性が向上し、機械的柔軟性が高くなることがわかった。

60.

研究課題：溶液プロセスによる金属酸ナノシート合成法の確立と多孔体作製への応用

代 表 者：伴 隆幸（岐阜大学・工学部・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：本研究では、金属酸ナノシートからなる多孔体の作製を目指す。これまでに見出している面内サイズの小さいナノフレークのゾルから晶析により大きな層状金属酸塩結晶を調製し、その層剥離で大きなナノシートを調製し、多孔体の作製に用いる。今年度の研究では、ナノフレークゾルのようなコロイドからでも、晶析により層状チタン酸塩の単結晶が調製できることを明らかにした。非晶質成分の混在が悪影響したものの、有機配位子添加により、この問題が解決できることも示唆された。また、層状タングステン酸塩結晶の調製では、ポリ酸塩への構造変化が問題となったが、それらの間の構造変化を制御できる添加剤も見出した。

61.

研究課題：モノリス型キャピラリー固定相の細孔形成制御および in situ 構造解析

代 表 者：LIM, Lee Wah（岐阜大学・工学部・教授）

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：モノリス型キャピラリーカラム(特に内径 0.5mm 以下のもの)の調製の再現性は乏しく、分離に必要なメソポアの制御も難しい課題である。本年度は、モノマーとしてコール酸を用いてポリマー系モノリス型キャピラリー固定相を調製し、理論段数や保持係数、分離度、再現性および透過性を測定することで、固定相の性能評価を行った。逆相分離モードおよび順相分離モードでは、それぞれ、複数のサンプルに対して保持・分離が達成できたことから、コール酸結合型モノリスは、両親媒性固定相として機能していることを確認している。

62.

研究課題：シリカ多孔体の表面修飾とその利用

代 表 者：亀井稔之（奈良工業高等専門学校・物質化学工学科・教授）

担当教員：中西和樹

実績概要：シランカップリング剤として、ケイ素上にトリアリルシリル基を持つケイ素誘導体を合成した。そこに置換基の異なるイミダゾール誘導体を導入、単体として MCM-41 を用いて、シリカ上にカルベン配位子を持つシリカを合成することに成功した。得られたシリカ上に、ニッケル、およびパラジウムを担持し、それに用いて鈴木カップリングを行うことにより、触媒の活性およびリーチングの可能性の検討を行った。パラジウムは比較的シリカ上に残るが、ニッケルは反応と同時にリーチングする可能性が示唆された。

63.

研究課題：ゼオライト膜の合成におけるゾル・ゲル法で調製した支持体の調製条件の影響

代 表 者：近江靖則（岐阜大学・高等研究院・准教授）

担当教員：長谷川丈二

実績概要：Gel-free SAC 法による silicalite-1 膜の合成における支持体の調製条件の影響について検討した。その結果、ゾル・ゲル法で調製したシリカ支持体を用いても、Gel-free SAC 法により、silicalite-1 膜の合成出来ることがわかった。また、支持体を調製する際の焼成温度および焼成プログラムにより、合成した silicalite-1 膜の結晶形態や分離性能が影響することがわかった。

64.

研究課題：湿式分離法による Pd ナノ粒子製造と水素貯蔵材料としての応用

代 表 者：木下武彦（名古屋市工業研究所・材料技術部・主任研究員）

担当教員：山本剛久

実績概要：低濃度排水を想定した多成分金属含有の Pd 希薄溶液から Pd 抽出試薬の連続向流泡沫分離法を介して得られる Pd ナノミセル液を用いて Pd ナノ粒子の作製を行った。ナノ粒子化された Pd は水素吸蔵挙動を示し、粒子捕集の条件により平衡水素圧に対する水素吸蔵量が変化する事を見出した。また、異なる捕集材間で Pd の酸化状態が異なることが示唆された。粒子径とともに水素吸蔵能への影響を評価し、今後は Pd ナノミセル液を用いた部材化へ向けて異なるフィルターを用いた性能向上を目指す。

65.

研究課題：酸化バナジウム薄膜の熱電特性評価

代 表 者：柳原英人（筑波大学・数理物質系・教授）

担当教員：水口将輝

実績概要：バナジウム酸化物薄膜の成膜条件と輸送特性について詳細に検討を行った。特に Magneli 相 (V_4O_7 , V_8O_{15}) の熱電特性に注目した。反応性 RF マグネトロンスパッタリング法を用い、基板温度(TS)や酸素流量(O_2)を制御することで、 V_2O_3 、 VO_2 、および Magneli 相薄膜の作り分けが可能であることを確認した。Magneli 相は V_2O_3 や VO_2 に比べ高いパワーファクター(PF)を示し、熱電材料としての可能性が示唆された。

66.

研究課題：水素吸蔵合金とスピントロニクスデバイスの融合による水素センサー開発

代 表 者：小嶋隆幸（信州大学・繊維学部・助教）

担当教員：水口将輝

実績概要：巨大磁気抵抗効果を利用した低消費電力かつ高感度の水素センサーの開発を目指して研究を行った。水素吸蔵能を持つ強磁性層として Pd-Co 合金、非磁性中間層に Cu、ハード磁性層に Co を用いた三層膜から成る GMR 素子を作製した。磁気抵抗測定中に素子に水素ガスを導入し、磁気抵抗効果に与える水素暴露の影響を調べた。しかし、水素暴露による磁気抵抗変化は観測されなかった。素子の磁気抵抗比が 0.07% 程度であり、前年度の Au 中間層を用いた場合(0.7%) よりも低くなったことが一因と考えられる。成膜温度、Cu の層厚、Co-Pd 組成などを最適化し、高い磁気抵抗比と水素吸蔵能力を両立した素子を開発していく必要がある。

67.

研究課題：磁場によるイオンの制御技術の開拓

代 表 者：小野新平（東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・教授）

担当教員：水口将輝

実績概要：本研究では、イオン液体を用いた電界効果において金属が溶解する課題を解決するため、金属磁性材料 CoFeB の上に酸化ハフニウム(HfO_2)薄膜を積層し、酸化物保護膜として利用した。これにより、電気化学反応を抑制しつつ、電圧印加による磁化方向の可逆的制御(面内⇄垂直)を実現した。X 線吸収微細構造(XAFS)測定の結果、磁性変化は主に酸化物膜内の酸素移動に起因することが示唆され、静電誘導や酸化反応の影響は小さいと考えられる。この結果を利用することで、安定なイオントロニクスデバイス開発への応用が期待される。

68.

研究課題： μm スケールの立体ピラミッド形状に設計された強磁性ナノ薄膜の磁気特性

代 表 者：服部 賢（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：申請者のグループは、 μm スケールの立体ピラミッド形状の強磁性ナノ薄膜を設計、作製し、その磁性を調査したところ、立体形状に起因すると考えられる特異な挙動を見出した。比較のため、本共同利用にて同スケールの平坦形状強磁性ナノ薄膜の磁気特性を VSM を用いて計測したところ、特異な挙動は見られなかった。従って、特異な磁気特性が立体形状に起因することが明らかとなった。

69.

研究課題：周期リップルグラフェンの局所構造観察

代 表 者：田中 悟（九州大学・大学院工学研究院・教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究ではナノグラフェンの構造と電子状態を走査トンネル顕微鏡 (STM) および角度分解光電子分光 (ARPES) 測定によってミクロ・マクロの両面から調べ、モアレ等、ナノノスケールでの構造変調がデバイス性能に直結するマクロ電子状態に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。今年度は使用する STM 装置にノイズが発生し、原子分解能でのナノグラフェンの構造と電子状態観察が困難になったため、STM 装置の測定系および真空排気系の改善に取り組んだ。並行してナノグラフェンの ARPES 測定を行い、水素アニール時間によってグラフェン密度および価電子帯トップ位置が異なることが明らかとなった。今後、STM 観察によってナノグラフェンのミクロな構造と電子状態を明らかにしていく。

70.

研究課題：STM による γ' -Fe₄N 超薄膜の異方的熱磁気効果のその場観察

代 表 者：小森文夫（東京大学・生産技術研究所・シニア協力員）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究ではレアメタルフリー次世代永久磁石として、スピントロニクス材料や熱電変換材料への応用が期待されている γ' -型 Fe₄N 薄膜の原子スケールでの構造と電子・磁気状態を STM によって明らかにし、異方的な異常ネルンスト効果の起源解明につなげることを目的とする。今年度は、昨年度に低ノイズ化・高性能化を実現した STM 装置を用いて Cu(001) 単結晶基板上に作製した H₂Pc/Fe₂N 有機-無機ハイブリッド薄膜の STM 観察を行った。STM 分光測定によって H₂Pc 分子中の N 原子が Fe₂N との界面磁気結合に重要な役割を担っていることを明らかにする等、H₂Pc/Fe₂N 界面磁気結合状態の原子分解能観測に成功した。

71.

研究課題：Cu(001) 表面上の Pd 薄膜における量子井戸状態と水素吸蔵特性

代 表 者：中辻 寛（東京科学大学・物質理工学院・准教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究は水素吸蔵金属である Pd を Cu(001) 単結晶表面に成長させて Pd 薄膜を作製し、その構造と電子状態を接合界面における相互作用を駆使して原子レベルで制御して水素吸蔵特性を向上させるための基本原理を根源的に解明することを目的とする。今年度は Cu(001) 上の Pd 薄膜 [Pd/Cu(001)] および Cu(001) 上の強磁性 Ni 薄膜に Pd 薄膜を積層して作製した Pd/Ni 薄膜ヘテロ構造 [Pd/Ni/Cu(001)] の構造と電子・磁気状態および水素吸蔵特性を走査トンネル顕微鏡 (STM) および昇温脱離法・核反応法 (TDS・NRA) にて評価した。結果、Pd/Ni/Cu(001) において Pd 薄膜と Ni 薄膜との界面磁気結合状態が原子スケールでの構造の違いによって大きく異なり、さらに、界面磁気結合によって Pd 薄膜の水素吸蔵プロセスが変化することを明らかにした。

72.

研究課題：磁性原子を有する分子薄膜の作製とナノスケールの構造・電子状態計測

代 表 者：長谷川友里（筑波大学・数理物質系・助教）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本研究では、新規分子スピントロニクスデバイスの開発に向けて、表面科学の手法を用いて新規磁性超分子薄膜を独自に作製し、ナノ構造と電子状態を走査トンネル顕微鏡 (STM) およびトンネル分光 (STS) 計測により明らかにすることを目的とする。本年度は、試料作製および計測装置の整備に取り組み、超分子膜のベースとなるフタロシアニン単分子膜の作製と STM 計測を実施した。

73.

研究課題：層状反強磁性薄膜のらせん転位によるスピンプラストレーションの解明

代 表 者：川越 毅（大阪教育大学・教育協働学科・教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：本年度は Cr(001) 超薄膜 (1.0nm) の作製とそのスピン偏極 STM 観察を行った。室温蒸着後 520K 熱処理によって原子レベルで平坦なテラスを有する高品位な Cr(001) 超薄膜を作成できることが分かった。膜厚 1.0nm の Cr(001) 超薄膜であっても、層状反強磁性を示す明瞭な磁気像を室温で観察した。1nm と膜厚を減少させても、層状反強磁性が明瞭に観察されるだけでなく、らせん転位密度を半分以下に減少させ、広い領域でのスピンプラストレーションも抑制できた。この 2 点は Cr 薄膜を応用する観点からも有用な知見であると考えられる。

74.

研究課題：遷移金属・希土類金属化合物強磁性・反強磁性体の表面局所スピン完全解明

代 表 者：菅 滋正（大阪大学・産業科学研究所 ナノテク部門・招へい教授・名誉教授）

担当教員：宮町俊生

実績概要：最終目標は Heusler 合金を含む各種磁性体のスピン原子構造、中でも表面磁性原子構造と電子構造解明である。更に磁場をかけた際の応答も解明したい事である。30 年前に SPIN-STM や SPIN-STTS の手法を実体験しており、現在はスピン偏極角度分解光電子分光に最重点を置いた研究を行っており世界を先導しているが、Domain 構造のある場合には、この手法の分解能 50nm 以下の spin や電子状態は解明できないのでそれを補完する意味で貴研究所で利用できる世界でも数少ない Spin-STM, -STTS の手法を随時利用したいと考えている。まず UVSOR での spin 偏極光電子運動量顕微分光を行う必要があり、その整備を 2020 年来進めており既に Ir(001) 面でのスピン計測は可能にできた。ただしこの検出器を半年程度の長寿命にする作業が残っている。Spin - STM, -STTS ではその場作製薄膜磁性の研究がメインのようであるが、いかなる物質のへき開表面をも計測できることが世界席捲には必要であるのでその設計と実験を行う。

75.

研究課題：層状強誘電体材料におけるトポロジカル欠陥の構造解析と新規機能性

代 表 者：森 茂生（大阪公立大学・工学研究科・教授）

担当教員：長田 実

実績概要：Dion-Jacobson(DJ)型層状ペロブスカイト誘電体に対して、高角散乱環状暗視野走査透過型顕微鏡(HAADF-STEM)を用いて構造解析を行い、3層系 $\text{CsBi}_2(\text{Ti}_2\text{Nb})\text{O}_{10}$ を出発として、1回の反応で4層系 $\text{Cs}(\text{Bi}_2\text{Sr})(\text{Ti}_3\text{Nb})\text{O}_{13}$ 、2回の反応で5層系 $\text{Cs}(\text{Bi}_2\text{Sr}_2)(\text{Ti}_4\text{Nb})\text{O}_{16}$ の層状構造が形成されていることを明らかにした。さらに、原子分解能 HAADF-STEM 像を詳細に解析した結果、 $\text{CsBi}_2\text{Sr}_2\text{Ti}_4\text{NbO}_{16}(n=5)$ において、ナノメートルサイズの極性ドメインが存在するとともに、強誘電分域壁において隣合う強誘電ドメイン間の分極方向が tail-to-tail または head-to-head の配置を持っている帯電ナノドメインを形成していることが明らかとなった。また、ドメイン壁の厚さは、tail-to-tail の場合では2～5nm、一方、head-to-head の場合では約1nmであることが見いだされた。

76.

研究課題：鉄含有層状ケイ酸塩光触媒の高機能化

代 表 者：小川 誠（Vidyasirimedhi Institute of Science and Technology・School of Energy Science and Engineering・Professor）

担当教員：長田 実

実績概要：最近見出した鉄を含む粘土鉱物(ベントナイト)(Phuekphong, A., Hayakawa, T, Ogawa M. “A Novel Geo-photocatalyst, an Iron-Containing Layered Clay Mineral, for Photocatalytic H₂ Evolution from Water”, Chemical Communications, 58 (91), 12661-12664 (2022).)は天然素材の光触媒という利点(環境調和型)がある。今年度は、当該鉱物の陽イオン交換性を利用して、陽イオン製の増感色素の固定を行い、可視光応答性を実現した。(論文作成中)

77.

研究課題：ナノシート薄膜を用いた電極触媒の表面物性評価

代 表 者：船津麻美（長岡技術科学大学・物質生物系・准教授）

担当教員：長田 実

実績概要：高比表面積を持つ、電極触媒等を目指し新しい材料の創出を検討している。これまでに、銅系の層状構造を持つ母体からの剥離したナノシートから成膜法の検討において、単層膜のみ多層膜など様々な成膜に成功している。これらの評価法として単層膜では AFM 等での評価、多層膜では SEM 等による評価が主流であり、それぞれにおいて課題があった。まず単層膜での AFM 観察では、局所的な評価であり多層膜の SEM 等では、厚み方向の判断が難しく正確な膜情報を得ることが困難であった。そのため、本年度はそれぞれの成膜品を長田研究室の共焦点レーザー顕微鏡を用いることにより課題を解決する方法を模索した。

78.

研究課題：グリーンプロセスによるナノ材料設計と機能創出

代 表 者：阿部浩也（大阪大学・接合科学研究所・教授）

担当教員：長田 実

実績概要：本年度は多元素 LDH ナノシートおよびリン酸亜鉛アンモニウム(NH_4ZnPO_4 , AZP)ナノ粒子を対象としたグリーン合成法の開発および得られたナノ材料の機能探索を進めた。多元素 LDH ナノシートは特異な吸着性能や良好な酸素発生反応(OER)を示した。また、AZP ナノ粒子が NH_3 分子を化学的に吸蔵できることを見出した。

79.

研究課題：新規高機能ナノシートの創生

代 表 者：塚越一仁（物質・材料研究機構・ナノアーキテクニクス材料研究センター・グループリーダー）

担当教員：長田 実

実績概要：本研究では、NIMS グループ、名大グループの有する合成技術、精密集積技術、デバイス評価技術を融合させ、現行の材料、技術では実現できない斬新な機能・性能を発揮するナノシートの創製を目指した研究を推進した。本年度は、高機能ナノシートの開発の新しい試みとして、ボトムアップ合成技術の開発と非層状無機化合物への展開を進めた。さらに、液体金属法による酸化物ナノシートの合成検討を行った。

80.

研究課題：Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト酸化物の電子バンド構造

代 表 者：狩野旬（岡山大学・環境生命自然科学学域・准教授）

担当教員：長田 実

実績概要：昨年度 Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト酸化物 $\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ において、K サイトを水素化させた $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ の合成に成功した。今年度は、イオン交換後の膨潤した水和物試料において、脱水が発生しない処理を行い完全に膨潤させた状態での放射光粉末 X 線構造解析により行われ、脱水状態との比較がなされた。これらの試料を用い、紫外光電子収量分光、紫外・可視・赤外光反射率、光ルミネッセンス測定を行うことで、 $\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ から水素化、さらにナノシート化させたことで変化する電子バンド構造の同定に成功した。

81.

研究課題：銅イオンを賦活した新規酸化物系蛍光体の探索

代 表 者：稲熊宜之（学習院大学・理学部・教授）

担当教員：小林 亮

実績概要：銅 Cu を賦活する酸化物系化合物母体の候補としてリン酸塩に着目し、ランタン La を共添加した Cu 賦活リン酸ストロンチウムの合成を行い、発光特性について調べた。La 添加の影響を調べるために Cu の添加量を固定し、La 量を変化した試料 $\text{Sr}_{3-2x}\text{La}_y\text{Cu}_x(\text{PO}_4)_2$ ($x = 0.0075, y = 0 - 0.0015$) の合成を行い、発光特性を調べたところ、La 添加によって発光が増大することが確認された。XPS 測定により La 無添加試料においても一価の Cu の存在が確認されたことから、La の添加は、Cu の価数制御というよりも Cu の配位環境に影響を与え、発光強度の増大に寄与していることが示唆された。

82.

研究課題：水分解光触媒の劇的な活性向上を目指した新規修飾法の開発

代 表 者：加藤英樹（東北大学・多元物質科学研究所・教授）

担当教員：小林 亮

実績概要： Fe_2O_3 を水分解に利用するために Z スキーム型水分解を検討した。水素生成光触媒である Ru/SrTiO₃:Rh と組み合わせた粒子間電子伝達型 Z スキーム系で水分解が可能であることを見出した。活性の発現には Fe_2O_3 への Ti ドーピングが必須であり、IrO₂ 助触媒の担持が有用であることが明らかになった。IrO₂ 助触媒は含浸法による担持が効果的であり、最適な熱処理温度は 500-600℃であった。熱処理温度が高いと IrO₂ 粒子が成長し分散性が低くなることで活性が低下した。

83.

研究課題：多元系セラミックスナノ材料の合成と触媒機能の評価

代 表 者：樽谷直紀（広島大学・大学院先進理工系科学研究科・准教授）

担当教員：小林 亮

実績概要：本研究では Mn-Fe-Co-Ni-Cu 系の多成分系金属水酸化物塩ナノ粒子を得た。COOH 基修飾カーボンナノチューブとの化学的相互作用によって生成したナノ粒子を離散的に配置することができ、それを熱転換させることで概ね 10 nm 以下の硫化物ナノ粒子が得られた。

84.

研究課題：材料コストの低減に向けたペロブスカイト太陽電池の新規作製プロセス

代 表 者：富田恒之（東海大学・理学部・教授）

担当教員：小林 亮

実績概要：本研究では、ペロブスカイト太陽電池の電子輸送層として、ブロンズ型およびルチル型 TiO_2 を水熱合成し、成膜し発電特性を評価した。粒子の凝集抑制のため、ルチルにはオレイン酸処理、ブロンズにはアンモニア処理を施し、それぞれ 13.4%、11.3% の変換効率を達成した。アナターゼ型(13.9%)に匹敵する性能を示し、低コスト・高効率な電子輸送層の可能性を示した。

85.

研究課題：表面処理による水分解のための高活性光触媒の開発

代 表 者：岩瀬顕秀（明治大学・理工学部応用化学科・教授）

担当教員：小林 亮

実績概要：光触媒を用いた水分解は太陽エネルギーを貯蓄可能な化学エネルギーである水素へと変換できる魅力的な反応である。本研究では、表面反応の促進のために TaON 酸窒化物光触媒へ助触媒を担持し、 $(\text{CuGa})_{0.5}\text{ZnS}_2$ 金属硫化物光触媒と組み合わせた Z スキーム型光触媒系の開発した。

86.

研究課題：ノニノセント型ランタノイド錯体の合成と機能

代 表 者：鈴木敦子（山口大学・大学院・創成科学研究科・助教）

担当教員：小林 亮

実績概要：今年度は、昨年度の実験で中心金属の価数が 3 価から 2 価に変化することが示唆された二脚型シッフ塩基配位子と Ln から成る平面状錯体の X 線結晶構造と光物理特性を精査した。この Ln 錯体は、結晶中で弱い π スタッキングを形成していることが分かった。さらに、 π スタッキングにより生じた複数の三重項状態と、Ln の価数が 3 価から 2 価になる配位子金属電荷移動状態のエネルギー準位に応じ、結晶が異なる光物理特性を示すことを明らかにした。

87.

研究課題：ペロブスカイト酸窒化物の高純度試料合成と f-f 発光型蛍光体への応用

代 表 者：佐藤泰史（岡山理科大学・理学部化学科・教授）

担当教員：小林 亮

実績概要：本研究では、ペロブスカイト酸窒化物 $\text{LaTa}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{1+3x}\text{N}_{2-3x}$ ($x=0, 1/3, 1/2$) の合成と光学特性評価を行い、f-f 発光型蛍光体のホスト物質としての適性を検討した。試料は、アモルファス金属錯体法による酸化物前駆体の合成後、アンモニア窒化処理により作製した。XRD 測定の結果、前駆体試料は 600℃以下でアモルファスを示し、1000℃では LaTaO_4 を含む混相が形成された。窒化処理後、いずれの試料も LaTaON_2 相が主相として生成し、Mg を導入した試料($x=1/3, 1/2$)ではペロブスカイト相が安定的に形成された。吸収スペクトルの解析から、仮焼成温度 600℃の試料は 1000℃の試料に比べて可視～赤外光領域の吸収が顕著に低減し、着色の抑制が確認された。また、 $x=0.0$ および $1/3$ の試料は朱色、 $x=1/2$ の試料は黄色の発色を示した。これらの結果より、アモルファス相を前駆体とすることで低級金属窒化物の生成が抑制され、光学特性が向上することが明らかとなった。今後は、Mg の組成比を増加させ E_g の制御を行い、f-f 発光型蛍光体のホスト物質としての最適化を進める。

88.

研究課題：ポリマーコンポジットの精密設計に向けたメソポーラスシリカナノ粒子のメソ構造解析

代 表 者：下嶋 敦（早稲田大学・理工学術院・教授）

担当教員：山本瑛祐

実績概要：メソポーラスシリカナノ粒子の細孔構造を電子線トモグラフィー法により評価し、その内部細孔構造について解析を行った。昨年度は、支持膜由来のバックグラウンドノイズの影響のために、明瞭な三次元像は得られなかったものの、本年度はグラフェンが全面に担持されたグリッドを用いることで、よりノイズの少ない 3 次元画像取得が達成された。

89.

研究課題：細孔構造を制御したナノ多孔質酸化インジウムスズの作製

代 表 者：松野敬成（早稲田大学・理工学術院・講師（任期付））

担当教員：山本瑛祐

実績概要：細孔径約 80nm の規則細孔をもつナノ多孔質酸化インジウムスズ(ITO)に ITO 前駆体を添加して結晶成長を行った試料について、FIB-SEM を用いてエッチングすることで内部と外周部の細孔構造を観察した。作製したナノ多孔体は表面近傍で結晶成長している様子が観察されていたが、内部と外周部における構造の違いは単純な SEM・TEM 観察だけでは分析が困難であった。FIB-SEM により粒子の断面を観察することで、粒子の中心付近には元々の球状細孔が残っており、主に外周部で結晶成長が起きていたことが分かった。

90.

研究課題：光触媒によるカルボン酸脱炭酸反応の反応中間体解析

代 表 者：吉田寿雄（京都大学・人間・環境学研究科・教授）

担当教員：熊谷 純

実績概要：直鎖カルボン酸並びに分岐 3 級カルボン酸の光触媒 Pt/TiO_2 による生成ラジカル中間体をスピントラップ剤 DBNBS で捕捉し、電子スピン共鳴法と質量分析法で調べた。その結果、溶媒中の水が 10%未満の場合は脱炭酸反応によるアルキルラジカルが生成するのに対し、水が 10%以上含まれるとアルキルラジカルに加えてカルボン酸ラジカルが半分程度生成することがわかった。

91.

研究課題：層状複水酸化物の基礎特性制御のための因子決定

代 表 者：笹井 亮（島根大学・材料エネルギー学部・教授）

担当教員：熊谷 純

実績概要：典型的な Mg と Al とからなる LDH の Al サイトの一部に Tb を同形置換した LDH を合成し、その陰イオン選択性と Tb の発光挙動の相関について、結晶構造、局所構造、電子構造の観点からの解明を目指した研究を行った。その結果、Tb の発光は層間の陰イオン種に応じた強度を示すことを明らかにするとともに、この発光特性の変化が Tb の電子状態の変化に由来するものではなく、層間に存在する水和分子および陰イオン種の熱振動の大きさに依存したものであることを明らかにした。さらにこの発光特性の変化は、LDH の陰イオン選択性をと大きく関係していることが明らかになったことから、発光変化を利用した陰イオンセンサーとして期待できる。

92.

研究課題：酸炭窒化ホウ素蛍光体薄膜の気相成長と光学特性制御

代 表 者：且井宏和（国立研究開発法人産業技術総合研究所・マルチマテリアル研究部門・主任研究員）

担当教員：熊谷 純、原田勝可

実績概要：本研究は、酸炭窒化ホウ素(BCNO)の化学気相析出(CVD)による薄膜プロセスを構築し、その構造や光学特性を明らかにすることを目的とした。昨年度までにアルキルアミノ系原料を用いたレーザー CVD により BCNO 薄膜蛍光体を気相成長させることに成功し、成膜温度が BCNO 薄膜の蛍光特性に著しく影響することを報告した。本年度は、BCNO 薄膜の蛍光現象の支配因子を検討するため、透過電子顕微鏡やラマン分光分析による詳細な構造解析を行い、化学結合状態や組成と合わせて蛍光特性に及ぼす影響を調べた。低結晶性の BCNO 薄膜は励起波長 360 nm に対して強い蛍光を示すが、高温での成膜では一軸配向した BCNO 乱層構造が形成され蛍光特性が消失することがわかった。

93.

研究課題：GC/MS によるバイオマスガス化過程で発生するタールの生成機構の解明

代 表 者：布目陽子（安田女子大学・薬学部・助教）

担当教員：成瀬一郎

実績概要：GC/MS によるタールの成分分析より、芳香族化合物については高分子量側のピーク高さの順位が上昇したことから、低分子量側が改質して高分子量側の存在割合が高まった可能性や、HACA メカニズムにより化合物が高分子化した可能性が示唆された。また、3つの試料間で検出された芳香族化合物の種類については、いずれも PAH が共通して含まれていたが、試料によってはヘテロ原子や置換基を含む芳香族化合物も検出されていた。

94.

研究課題：反応分離型メタンドライリホーミングプロセス用触媒の開発

代 表 者：上宮成之（岐阜大学・地方創生エネルギーシステム研究センター・センター長・教授）

担当教員：成瀬一郎

実績概要：低温で高活性なメタンドライリフォーミング触媒の開発を目的として、ペロブスカイト型触媒を合成し、その活性を評価するとともに、比較的低い反応温度である 500℃で反応分離型メンブレンリアクターでの反応結果を評価した。Cu を含まない LaNiO_3 触媒では、炭素析出による活性劣化が顕著であったのに対して、Cu を含む $\text{LaNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_3$ 触媒では炭素析出が生じず、高い活性を維持できた。また、メンブレンリアクターにおいて反応場から水素を分離しても炭素が析出せず、逆水性シフト反応が抑制されて、 H_2/CO がほぼ 1 の合成ガスを得られることを実証した。

95.

研究課題：電磁波加熱技術を利用した CFRP 資源化技術の開発

代 表 者：小林 潤（工学院大学・工学部・教授）

担当教員：成瀬一郎

実績概要：本年度は、高周波誘導加熱およびマイクロ波加熱による CFRP からの炭素繊維の分離回収およびその材料強度特性の評価について検討を行った。その結果、引張強度については加熱方法によらず回収された炭素繊維は僅かに性能が低下する傾向を示したが、高周波誘導加熱およびマイクロ波加熱では酸素を含む雰囲気下であっても十分強度が保持されることが明らかとなった。また、高周波誘導加熱およびマイクロ波加熱技術を利用することで、高温で短時間で処理を行うのと同等の性能が得られることが示された。

96.

研究課題：太陽光を構成する紫外光・可視光・赤外光吸収型光触媒 CO₂ 還元反応器の開発

代 表 者：西村 颯（三重大大学・大学院工学研究科・准教授）

担当教員：植木保昭

実績概要：可視光に応答する Cu 担持 TiO₂ 光触媒と赤外光に応答する P₄O₁₀ 担持 TiO₂ 光触媒を重ね合わせて CO₂ 還元実験を行い、CO₂ 還元性能向上条件を明らかにすることを本研究の目的として、Cu 担持 TiO₂ 光触媒と P₄O₁₀ 担持 TiO₂ 光触媒の重ね合わせの CO₂ 還元性能評価を行った。その結果、いずれの照射光条件においても、最高 CO 生成濃度は CO 生成の理論モル比である CO₂ : H₂O=1 : 1 で得られた。

97.

研究課題：環境調和型燃料を用いたデトネーションエンジンの燃焼特性検討

代 表 者：川崎 央（静岡大学・工学部・准教授）

担当教員：笠原次郎

実績概要：本年度は、デトネーションエンジンの燃焼特性を理解することを目的として、内部の流れ場や燃焼場の観察が容易な反射往復デトネーションエンジンを用いて、燃焼器内部を高時間分解かつ高空間分解で観察する実験を継続した。実際のエンジンでは、燃料および酸化剤の燃焼器内への噴射は、非一様となるが、特にこの影響に着目した。まず、燃焼器の奥行き方向には、概ね一様な燃焼構造があることがわかった。また、酸化剤として用いる純酸素を徐々に窒素希釈してゆくと、燃焼波の理論的な速度で規格化した実際の伝播速度は、低下することがわかった。

98.

研究課題：ドローンの屋内測位と位置制御の高精度化に関する研究

代 表 者：小林健太郎（名城大学・理工学部電気電子工学科・准教授）

担当教員：岡田 啓、Ben Naila Chedlia

実績概要：屋内飛行ドローンの測位と位置制御を行うシステムについて、Wi-Fi 通信による RTT (Round Trip Time) から測位を行う方式を検討し、その精度を実験的に評価した。具体的には、ドローンの周囲に配置された Wi-Fi アクセスポイント (AP) を利用し、RTT による測距からドローンの測位を行う方式について、Wi-Fi 周波数帯や AP の距離、測位アルゴリズムを変更し、測位精度を明らかにした。また、Wi-Fi AP 機能を備えたドローンに対して周囲の Wi-Fi 端末からの RTT による測距からドローンの測位を行う方式について測位精度を明らかにした。

99.

研究課題：可視光イメージセンサ通信のための新しい情報信号重畳手法

代 表 者：和田忠浩（静岡大学・工学部・教授）

担当教員：岡田 啓、Ben Naila Chedlia

実績概要：可視光イメージセンサ通信における機械学習に基づく情報重畳手法として、画像分類器の特徴量出力を意図的に制御できる敵対的画像を利用した手法を提案している。本研究では、ターゲット数の増加による伝送情報量増加を目指し、複数ターゲットを含有する敵対的画像を利用した可視光通信システムを検討した。その結果、ターゲットを二つとした場合でも情報埋め込み画像の生成がほぼ成功できること、情報伝送成功率の改善のために必要となる、敵対的画像のターゲット特徴量に関する指針を示した。

100.

研究課題：プロペラ LED 送信機を用いた可視光通信のための頑健な送受信機接続の実現

代 表 者：荒井伸太郎（岡山理科大学・工学部 電気電子システム学科・准教授）

担当教員：岡田 啓、Ben Naila Chedlia

実績概要：本研究では、プロペラ LED 送信機を用いたカメラ型可視光通信のための頑健な送信機接続技術の開発に取り組んだ。具体的には、プロペラ LED 送信機の LED を点灯させた状態で回転させて生成される擬似的な光の面「光跡面」を用いたデータ変調方法を提案した。光跡面を利用することで、LED の光を点ではなく面として捉えられるようになるため、受信機側での送信機の検出と復調を容易にできる。本提案手法の性能を実験で評価した結果、通信距離が 6.0m 以下でエラーフリーの通信を実現した。つまり、6.0m まで受信機が撮影した画像からプロペラ LED 送信機を正確に見つけ、データ復調を正しく行えたことを確認した。

101.

研究課題：衛星・UAV 搭載無線通信システムの省電力化に関する研究

代 表 者：齋藤将人（琉球大学・工学部・准教授）

担当教員：岡田 啓、Ben Naila Chedlia

実績概要：電力制約の厳しい通信衛星やドローン(UAV)をターゲットとした無線通信システムにおいて、小型化や省電力化を目的として、ミリ波(mmWave)帯におけるスロットを用いたマイクロストリップアレイアンテナに関する研究を行った。スロット形状は I 字状とし、3 個のスロットを配置する、2 素子アレイアンテナを設計した。提案アンテナにより、33GHz 帯に 3.8GHz の帯域幅と、42GHz 帯に 0.8GHz の帯域幅を持つデュアルバンドの周波数特性が得られた。各共振周波数においては、VSWR がそれぞれ 1.0 と 1.9 という良好な特性が得られた。

102.

研究課題：地中熱を活用したスマートハウスのモデル予測制御

代 表 者：與那篤史（琉球大学・工学部・准教授）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：本共同研究では太陽光発電、蓄電池、地中熱利用型のヒートポンプを有するスマートハウスを対象プラントについて、名大で構築したモデルを考慮し、日射と外気温度及び室内温度分布データを用いて多入出力(MIMO: Multi Input Multi Output)システムとして定式化した。対象プラントを植物工場及びビニールハウス等に大規模化した場合の室内温湿度変化の不確実性を確認するために、実際のビニールハウスの温湿度を計測した。気象データに基づくハウスの推定温度と実測温度の誤差を不確実性として考慮し、モデル予測制御(MPC: Model Predictive Control)の入力として使用した場合の影響及び有効性について検証した。

103.

研究課題：複数の領域アンサンブル予測を用いた日射量予測大外し予見の高精度化

代 表 者：宇野史睦（日本大学・文理学部・地球科学科・准教授）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：数値気象予報領域モデルの WRF において、各種物理スキームに関するモデルの組み合わせが異なる 15 ケースにおける低層雲量のばらつき std_{ave}^{CL} を大外しの予見指標とする場合について、大気の不安定度を表す CAPE を導入し、大外し予見の空振りの削減を試みた。その結果、12 日間について大外し予見の空振りを削減できたが、4 日間について大外しを見逃してしまい、的中率が高い場合の誤検出率を高め、全体として大外し予見の検出力は悪化してしまった。

104.

研究課題：仮想同期発電機の動的慣性制御に関する研究

代 表 者：重信颯人（福井大学・学術研究院工学系部門・講師）

担当教員：加藤丈佳

実績概要：再生可能エネルギーの大量導入による電力系統の安定性低下に対し、仮想同期発電機(VSG)の動的慣性制御を提案し、実機検証を行った。擾乱の変動周期に応じて手法を導入し、数値実験と HiL 試験で有効性を評価した。動的慣性制御は事故時の最大周波数偏差を抑え、収束時間を短縮し、定常時の微小擾乱に対しても周波数動揺を抑制する効果を示した。また、HiL 試験により従来 30 分要した計算を実時間(30 秒)で実施し、破壊的な検証も可能となった。動的慣性制御が電力系統の安定性向上に貢献し、インバータへの適用可能性を示した。HiL 試験の活用により設計の柔軟性が増し、国際標準化や産学連携への展開が期待される。

105.

研究課題：ARIES を活用した地方自治体エネルギーポテンシャル評価

代 表 者：鈴木和信（日本大学・国際関係学部 国際総合政策学科）

担当教員：林希一郎

実績概要：名古屋大学未来材料・システム研究所が開発した陸上風力発電適地ゾーニング評価モデルを活用し、昨年度に続き地方自治体の陸上風力発電のポテンシャル・適地選定の分析を行った。今年度は静岡県東伊豆町にある風力発電所を対象とした。本研究から、地域住民が利用する施設等の生活空間の情報や地域住民の意向といった地域特有・固有の状況を反映した情報を整備出来れば、より地域の実態にあった分析や評価が可能となることが分かった。今後の展望として、地域の情報を k.LAB システムで整備することで、本システムが地域住民を含む関係者とのコミュニケーション・利害調整を支援する「ツール」として有効活用され、シナリオ作成や将来予測が可能となり、地域のエネルギー戦略作成に寄与することが期待できる。

106.

研究課題：セマンテック WEB-GIS システムを活用した中小水力発電ポテンシャルの予測・評価手法の開発

代 表 者：Maskey Sarvesh（東京農業大学・生産環境工学科・助教）

担当教員：林希一郎

実績概要：本年度は、天竜川下流域における農業地域を対象に、農業用水路における小水力発電ポテンシャル評価のための農業的水利用の実態を明らかにすることを目的とした。特に、天竜川から農業用水に流送される土砂の問題が発生しており、流砂の状況を把握することで水路の通水変化を追うことが可能となり、より詳細な水力発電ポテンシャルを評価することができる。そのため、天竜川における土砂発生の特性を把握した。その結果、佐久間ダムより上流における土砂管理の重要性を明らかにすることができた。今後は、天竜川下流域における中小水力発電を進めるために、天竜川全体の土砂管理をより強化する必要があることを示した。

107.

研究課題：竹バイオマスエネルギー地産地消型社会構築に向けた、U A S 活用による放置竹林・害獣生息状況の実態調査

代 表 者：堀江 潔（佐世保工業高等専門学校・基幹教育科・教授）

担当教員：林希一郎

実績概要：竹害の進行により遺跡破壊が懸念される佐賀県帯隈山神籠石を調査対象地域とし、竹バイオマス資源量の推計を目的とし、2019 年及び 2020 年に取得した写真測量画像を活用して 3D モデルを製作した。推計精度を高めるため UAS 飛行ルート of 再検討と適切な GCP 設置位置確定が必要との見通しを得、また公開されている空中写真をもとに竹バイオマス資源量の経年変化をみる課題を得た。

108.

研究課題：空間情報の統合によるバイオマスエネルギー利用施策支援ツールの開発

代 表 者：町村 尚（大阪大学・大学院工学研究科・准教授）

担当教員：林希一郎

実績概要：荒原のバイオマスエネルギー賦存量の評価を目的とし、泥炭蓄積量と関係する高層湿原の表面標高変位分布を人工衛星 SAR による時系列観測によって推定した。3 年間の表面変位は主として降水量変動に応答したため、泥炭蓄積速度の指標としては不十分であった。しかし UAV/LiDAR 観測との比較により、変位速度の乾燥・湿潤への感受性は泥炭蓄積速度と関係するハンモック密度との有意な相関が示された。

国際共同研究

109.

研究課題：交通不便地域における MaaS：計画の実施に向けて

代 表 者：HO, Chinh Quoc（シドニー大学・経営大学院・上級講師）

担当教員：山本俊行、鄒寧、朱圓方

実績概要：This collaborative research has provided an international comparative analysis of Mobility as a Service (MaaS) in Australia and Japan, examining key differences in operating environments, business models, and scalability potential. Findings highlight that Japan's approach, which integrates diverse services beyond transport, offers a model for balancing economic viability with sustainability objectives. Government involvement as an active participant, rather than solely a regulator, has played a crucial role in fostering MaaS ecosystems. Collaborative governance models, such as Kansai MaaS, help mitigate risks like platform dominance and service brand dilution. These insights are detailed in a peer-reviewed book chapter, *Unleashing the Potential: Exploring User Choices and Societal Implications of MaaS*, accepted for publication in *The Routledge Handbook of Sustainable Urban Transport* (forthcoming). A stated preference (SP) survey was developed and conducted in Sydney to examine behavioural factors affecting the scalability of multi-service MaaS platforms. The survey provides the first empirical dataset on user preferences for mobility and non-mobility service bundles, revealing a strong preference for pay-as-you-go (PAYG) models with a rewarding scheme as a key adoption driver. The initial findings were presented at the 18th Thredbo Conference (Cape Town, South Africa, 2024), where they received positive feedback and were awarded Runner-up Best Workshop Paper. The research paper is currently being revised for submission to a top-tier journal. To extend the study, a parallel SP survey was run for Nagoya in early 2025, enabling a comparative analysis between Japan and Australia. Preliminary insights suggest that Japan's MaaS model follows a different trajectory from those in other countries, making this study particularly valuable for understanding diverse adoption pathways. Additionally, a follow-up study will be conducted in late 2025 to examine the potential for cross-service subscription models, assessing whether users of non-mobility services (e.g., Netflix, Amazon Prime Video, Sonoligo) show a higher willingness to subscribe to MaaS. To strengthen research collaboration, the Principal Investigator will visit Nagoya University, while Professor Toshiyuki Yamamoto (IMaSS) will visit the University of Sydney for three weeks in September 2025 with financial support provided by the University of Sydney Visiting Scholar Scheme. These visits will facilitate discussions on findings, methodological advancements, and future joint research initiatives.

110.

研究課題：中性子施設 ISIS での原子核乾板による中性子バックグラウンド測定

代 表 者：香取哲平（キングス・カレッジ・ロンドン・物理学科・准教授）

担当教員：中野敏行

実績概要：名古屋大で開発された原子核乾板の中性子線測定を 2024 年に英国ラザフォードアップルトン研究所(RAL)の中性子施設 ISIS の高エネルギー中性子ビームライン ChipIr で行った。これは世界初の大強度高エネルギー中性子の原子核乾板による測定でありその実験方法を確立した。実験後、乾板は名古屋大学にて解析され、予想以上の高エネルギー陽子が中性子ビーム内に存在している可能性が分かった。このような今まで知られていないバックグラウンドは、中性子線の放射実験に干渉する可能性がある。当初の目的である電力削減に直接繋がるようなデータは得られなかったが、このようなバックグラウンドを解明し減らす事によって当初の目的である電力削減に繋がる。

111.

研究課題：超高压熱処理法を活用したランタノイドイオン注入 GaN 量子センサーの開発

代 表 者：佐藤真一郎（量子科学技術研究開発機構・量子機能創製研究センター・上席研究員）

担当教員：天野浩、本田善央

実績概要：プラセオジウム(Pr)をイオン注入した GaN ダイオードを作製し、電流印加時のデバイス温度上昇を Pr イオンの発光によって検出できることを実証した。量子センサーとなる Pr イオンを光学的に活性化させるための最適な熱処理条件について明らかにするため、超高压熱処理法を用いて様々な熱処理条件を調べたところ、高温になるほど、照射欠陥の回復に加えて Pr の複合欠陥化等や熱拡散による表面・界面偏析といった不活性化が生じること、注入量が少なく損傷が小さい場合は、Pr 活性化が比較的低温で完了していることがわかった。

112.

研究課題：エネルギー変換・貯蔵のための機能性ナノ材料創製

代 表 者：Sunita Srivastava (Indian Institute of Technology Bombay・Department of Physics・Associate Professor)

担当教員：田川美穂

実績概要：This study investigates the impact of nanoparticle shape and concentration on interfacial behavior at an oil-water interface using pendant drop tensiometry. Anisotropic gold nanorods (AuNRs) exhibit stronger interfacial binding and shape-induced jamming, achieving stability at lower concentrations compared to spherical gold nanoparticles (AuNPs). These findings suggest that AuNRs are superior candidates for drug delivery and interface stabilization due to their enhanced adsorption and structural stability.

113.

研究課題：Cu₂ZnSnSe₄ 薄膜合成におけるナノ構造及び核生成現象その場観察

代 表 者：Klaus Leifer (Uppsala University・Division of Applied Materials Science, Department of Engineering Science・Professor)

担当教員：武藤俊介

実績概要：Kesterite solar cells consisting of Cu₂ZnSnSe₄ thin films are a promising absorber layer since they are formed from sustainable and earth-abundant raw materials. The recent increases in efficiency of kesterite solar cells are obtained on absorber layers that are synthesized by starting with Cu₂ZnSnS₄ thin films and where the sulfur is replaced by Se in a high temperature annealing step in Se atmosphere. The atomic and nanometer scale mechanisms that lead to this replacement mechanism are yet unknown. Thus, it is the goal of this international project to understand those formation mechanisms in an in-situ annealing experiment. The in-situ experiment was carried out on the high voltage JEOL TEM JEM 1000K RS at Nagoya University. For this purpose, a Se gas is picked up by Ar carrier gas flows over a Cu₂ZnSnSe₄ thin film at temperatures between room temperature and 550°C. We have observed a Se → S replacement reaction during the annealing of the sample in Se atmosphere. Our chemical and structural analysis shows that in the as-deposited Cu₂ZnSnSe₄ film, the Se the crystals are aligned in form of a filamentous structure. In one sample Ag had been added. During the annealing experiment in Se atmosphere, we observe only a small change of the filamentous structure, whereas new, nanoparticle like Cu₂ZnSn(S_xSe_y)₄ structures grow with a high content of Se. In the surrounding areas, a few nanometer sized grains grow as well as an amorphous matrix is observed. When both, Ag and Li are added to the initial Cu₂ZnSnS₄ Film, there is a very pronounced change grain growth based on the filamentous structure of the as-deposited film. On the other hand, the growth of Cu₂ZnSn(S_xSe_y)₄ the filamentous structure is nearly absent non-Li containing. We attribute this change of the mechanism of grain growth to the presence of Li. In summary, we could elucidate the grain nucleation and growth in a Se → S replacement reaction in a Cu₂ZnSn(S_xSe_y)₄ thin film and not only follow grain growth but also nano-diffusion paths of the different elements involved.

114.

研究課題：有機無機ハイブリッドエアロゲルによる超断熱部材の作製と性能評価

代 表 者：Barbara Milow (German Aerospace Center (DLR)・Institute of Materials Research (Head of Department)・Professor)

担当教員：中西和樹、長谷川丈二

実績概要：2022～2023年の国際共同研究期間中に名古屋大学へ約2週間ずつ派遣したドイツ航空宇宙センター(ケルン大学所属)の研究者・学生2名と、継続して共同研究を進めた。名古屋大学の有する有機無機ハイブリッドエアロゲルの作製法を習得させるとともに、その微細構造や力学物性の測定を実際に経験する機会を提供した。また、ドイツ航空宇宙センターの計算機モデリンググループへのエアロゲル試料の提供を依頼し、構造情報と力学物性を再現することのできる構造モデルの構築に当たっての参照試料として用いた。

115.

研究課題：原子膜物質を基軸としたエネルギー高度利用技術の創成

代 表 者：陳俊維 (国立台湾大学・材料科学工学学科・特聘教授)

担当教員：長田 実

実績概要：本研究では、台湾大、名大グループの有するナノシート合成技術、精密集積技術、デバイス評価技術を融合させ、現行の材料、技術では実現できない斬新な機能・性能を発揮する創エネルギー材料、蓄電デバイスの創製を目指した研究を推進した。本年度は、新規ナノシートの精密合成による触媒材料の開発とともに、高速・大面積製膜技術の検討を行った。

116.

研究課題：インバータ連系再エネ電源による電力系統動特性の向上

代 表 者：Hassan Bevrani (University of Kurdistan・Smart/Micro Grids Research Center・Director)

担当教員：加藤丈佳

実績概要：Kharitonov 定理を用いて、PI 制御が適用されたグリッドフォーミングインバータのシステム安定解が得られる PI 制御パラメータの組み合わせを導出し、ベイズ最適化を用いて最適パラメータを導出する手法を構築した。また、計算機シミュレーションおよびリアルタイムシミュレータを用いた制御コントローラの実機試験により、提案手法の有用性を実証した。また、昨年度までに構築した SOF による制御パラメータの設定方法に対する得失を整理し、Kharitonov 定理による手法が適用可能な条件等を整理した。

4.2 共同利用・共同研究活動から発展したプロジェクト

共同利用・共同研究活動から発展した主なプロジェクト等（当研究所教員がプロジェクト代表者のもの）は、以下のとおりである。

1.

プロジェクト名：原子膜技術による革新的蓄電デバイスの創成

主たる事業名：科研費基盤 S

期 間：2021 年～ 2025 年

代 表 者：長田 実

概 要：「分子レベルの厚さで巨大誘電率を示す酸化物原子膜」をシーズに、従来の誘電キャパシタの最大のネックである低エネルギー密度の課題を解決し、リチウム二次電池に匹敵する高エネルギー密度とともに、高出力密度を併せ持つ夢の蓄電キャパシタを創成

2.

プロジェクト名：デトネーションエンジン・宇宙推進工学革新研究拠点形成

主たる事業名：JAXA 宇宙戦略基金（SX 研究開発拠点）

期 間：2025 年度～ 2032 年度

代 表 者：笠原次郎

概 要：デトネーションエンジン・宇宙推進工学革新研究拠点形成

5. 国際交流

5.1 国際連携と国際共同研究

本研究所は、改組前のエコトピア科学研究所時代から海外機関との学術交流協定を締結しており、改組後も学術交流協定の新規締結が続き、令和5年度にはライプニッツ結晶成長研究所（ドイツ）、工業技術研究院産業科学技術国際戦略センター（台湾）との締結がなされ、令和6年度末の時点での締結数は18である。

国際的なプロジェクトへの参加や国際共同研究により非常に活発に国際連携が進められ、幅広い研究テーマでアジアや欧米などの大学・研究機関と共同研究を実施している。また、外国人客員教員の採用を通じて、海外の研究機関との連携を深めている（※）。

（※）「1.5.2 人事異動」参照

5.2 国際共同・協力研究

5.2.1 学術交流協定

現在締結されている海外の研究機関との学術交流協定を以下に示す。

- (1) 協定締結先：中国科学院過程工程研究所（中華人民共和国）
締結年月：2005年2月（2009年1月更新）
- (2) 協定締結先：慶南大学校産学協力団（大韓民国）
締結年月：2005年6月
- (3) 協定締結先：メリーランド大学・工学部機械工学科（アメリカ合衆国）
締結年月：2005年8月
- (4) 協定締結先：ワシントン大学・遺伝子工学材料科学工学センター（アメリカ合衆国）
締結年月：2005年12月
- (5) 協定締結先：カリフォルニア大学ロスアンゼルス校カリフォルニアナノシステム研究所（アメリカ合衆国）
締結年月：2006年2月
- (6) 協定締結先：ノースウエスタン大学材料研究所（アメリカ合衆国）
締結年月：2006年7月
- (7) 協定締結先：インドネシア技術評価応用局環境工学センター（インドネシア共和国）
締結年月：2006年11月
- (8) 協定締結先：中国科学院生態環境研究中心（中華人民共和国）
締結年月：2006年11月
- (9) 協定締結先：キングモングkut工科大学北バンコク校科学技術研究所（タイ王国）
締結年月：2011年10月

5. 国際交流

- (10) 協定締結先：インド工科大学デリー校（インド）
締結年月：2011年10月
- (11) 協定締結先：マレーシアプトラ大学理学部（マレーシア）
締結年月：2013年3月
- (12) 協定締結先：クレルモンオーベルニュ大学（フランス共和国）
締結年月：2018年1月
- (13) 協定締結先：イノベーションズフォーハイパフォーマンスマイクロエレクトロニクス（ドイツ連邦共和国）
締結年月：2018年2月
- (14) 協定締結先：ユーリヒ総合研究機構（ドイツ連邦共和国）
締結年月：2018年5月
- (15) 協定締結先：クルディスタン大学工学部（イラン・イスラム共和国）
締結年月：2018年7月
- (16) 協定締結先：バスク気候変動センター（スペイン王国）
締結年月：2018年8月
- (17) 協定締結先：ライプニッツ結晶成長研究所（ドイツ連邦共和国）
締結年月：2023年5月
- (18) 協定締結先：工業技術研究院産業科学技術国際戦略センター（台湾）
締結年月：2023年9月

5.2.2 諸外国における研究者の活動状況

表 5.1 国際的プロジェクトへの参加状況 (R6)

参加者名	研究機関名 (国名)	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
天野 浩 鄭 恵貞 蔡文トウ 王 嘉	1. 日本サムスン株式会社 Samsung デバイスソリューションズ 研究所 AD Lab (日本) 2. Samsung Display (大韓民国)	Red 発光 Micro LED 素子の開発	2023/6/1- 2024/12/31	高効率の Red 発光 Micro LED 素子を開発を目的として、所定の Pixel size で EL スペクトルの所定の EQE、電流密度、主波長、FWHM をもつ RED Micro-LED 素子の開発を行う。
天野 浩、 王 嘉	1. Cornell University 2. UCLA 3. University of Maryland 4. Stanford University (アメリカ合衆国)	Top 研究者のための ASPIRE	2024/2/1- 2029/3/31	名大にて発見された Mg 金属 / GaN 半導体層間超格子 (MiGs) の形成理由解明、物性評価、デバイス応用を主目的とする。名大チームが国際共同研究を主導し、物性評価、デバイス作製、AlN への超高濃度ドーピングを目指す。コーネル大学チームはプラズマ援用分子線エピタキシーによりウエハスケールで再現、UCLA チームは自己組織化の動的過程の解明及び量子物理学的側面を探索、メリーランド大学チームは熱伝導異方性の解明、スタンフォード大学チームは、Ga ₂ O ₃ への Mg の超高濃度ドーピングとデバイス応用を目指す。これらにより 1) 歪み誘起 価電子帯反転による軽い正孔帯による正孔移動度の向上や結晶極性反転による分極誘起正孔ドーピング、および 2) 高効率パワーデバイスや深紫外光源など MiGs の学術的・産業的發展が期待される。
天野 浩	Lit Thinking (アメリカ合衆国)	Baselining point defects in epitaxial high Al-content nitrides grown by MBE and MOCVD	2024/3/1- 2025/8/31	AlGaIn 中の転位欠陥がデバイス特性に与える影響に関する研究

参加者名	研究機関名（国名）	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
天野 浩 鄭 恵貞 蔡文トウ 王 嘉	IFM Dept at Linköping University and PLT AB (スウェーデン王国)	Development of InGaN/ GaN-based micro-LED arrays	2023/6/1- 2024/5/31	i)Development of high-quality p-type doped GaN under different growth conditions ii) studies on In-rich InGaN quantum structures under different growth conditions iii) Development of high-yield microLEDs-CMOS hybridization
沓掛健太郎	Sri Sivasubramaniya Nadar College of Engineering (インド)	SPARK	2025/1/1- 2025/2/15	結晶成長への AI 応用に関する研究・教育
Pristovsek Markus	Ferdinand-Braun-Institute (ドイツ連邦共和国)	新ヘテロ接合 AlPN/GaN による次世代超高効率	2022/12- 2025/11	新ヘテロ接合 AlPN/GaN による次世代超高効率大電力・高周波デバイス
武藤俊介	リバプール大学 (英国)	Relativistic Ultrafast Electron Diffraction & Imaging (RUEDI)	2023-2024	国内の超高圧電子顕微鏡連携ネットワークと英国の超高速相対論電子ビームプロジェクトとの情報交換・連携を図る
森島邦博、 北川暢子	カイロ大学 (エジプト・アラブ共和国、フランス共和国、カナダ、ドイツ連邦共和国)	ScanPyramids	2015-	宇宙線イメージングによるピラミッド内部構造探査
永沼 博	スタンフォード大学 (米国)	JSPS core to core 拠点形成事業	2023-2027	強磁性トンネル接合素子を用いた超高感度磁気センサーの医療応用に関する共同研究
永沼 博	ケンブリッジ大学 (英国)	JSPS core to core 拠点形成事業	2023-2027	二次元材料に関するスピントロニクス応用のための拠点形成事業を遂行した。
永沼 博	パリサクレ大学 (フランス共和国)	JSPS core to core 拠点形成事業	2023-2027	二次元材料に関するスピントロニクス応用のための拠点形成事業を遂行した。

参加者名	研究機関名（国名）	プロジェクト名	期間	プロジェクト概要
長田 実	国立台湾大学 （台湾）	台湾科技厅共同プロジェクト	2019/4-	両者のナノ材料技術とエネルギー材料技術を融合させ、高効率の太陽電池の開発を行う。
長田 実	延世大学 （大韓民国）	日中韓フォーサイト事業	2019/4-	原子スケール有機・無機ハイブリッド機能化とフレキシブル展開
長田 実	南京大学 （中華人民共和国）	日中韓フォーサイト事業	2019/4-	原子スケール有機・無機ハイブリッド機能化とフレキシブル展開
長田 実	南京大学 （中華人民共和国）	日中韓フォーサイト事業	2019/4-	原子スケール有機・無機ハイブリッド機能化とフレキシブル展開
笠原次郎	EU の多数の研究期間 （EU 欧州連合）	H2POWRD	2025-	デトネーションエンジンに関する EU 研究機関内での博士後期課程学生の交流プログラム、名大も、交流機関の一員として、契約完了。
笠原次郎 安井正明 松山行一 伊東山登 井出雄一郎 川崎 央	Purdue University, Technical University Berlin （アメリカ合衆国、ドイツ連邦共和国）	デトネーションエンジンの物理解明：宇宙飛行実証国際共同研究	2024-	デトネーションエンジンに関する国際共同研究
林希一郎	Basque Centre for Climate Change(BC3)、 USGS （スペイン王国、アメリカ合衆国）	ARtificial Intelligence for Ecosystem Services	2017-	セマンテックを活用した生態系サービス及び環境・エネルギーの空間評価を行うプロジェクトである。参加者は、特に日本の詳細な評価を行っている。

表 5.2 国際共同研究の活動状況 (R6)

参加者名	研究機関名 (国名)	研究課題	期間	研究概要
天野 浩 本田善央	量子科学技術研究開発機構 (QST) (日本)	超高压熱処理法を活用したランタノイドイオン注入 GaN 量子センサーの開発	2023/4/1- 2025/3/31	GaN への Pr イオン注入による線幅のきわめて鋭い内殻遷移発光を利用し、量子暗号通信等への可能性を検討する
中塚 理	imec (Roger Loo) (ベルギー王国)	半導体ヘテロジニアス集積デバイスのための IV 族混晶材料の汎用量子物性制御	2024/12/1- 2030/3/31	IV 族混晶半導体に関連する先進プロセスに関する国際共同研究、若手研究者の国際頭脳循環を推進する。
中塚 理	Forschungszentrum Juelich (Dan Mihai Boca) (ドイツ連邦共和国)	半導体ヘテロジニアス集積デバイスのための IV 族混晶材料の汎用量子物性制御	2024/12/1- 2030/3/31	IV 族混晶半導体に関連する新材料分析に関する国際共同研究、若手研究者の国際頭脳循環を推進する。
中塚 理	IHP GmbH (山本 裕司、Wei Chen Wen) (ドイツ連邦共和国)	半導体ヘテロジニアス集積デバイスのための IV 族混晶材料の汎用量子物性制御	2024/12/1- 2030/3/31	IV 族混晶半導体に関連する先端デバイスに関する国際共同研究、若手研究者の国際頭脳循環を推進する。
芳松克則	マルセイユ大学 (フランス共和国)	乱流中の慣性粒子のクラスタリング	2024/4- 2025/3	一様乱流における慣性粒子のクラスタリングのスケール依存性
芳松克則	マルセイユ大学 (フランス共和国)	連続ウェーブレット解析の 3j 次元乱流への応用	2024/10- 2025/3	3 次元複素連続ウェーブレット解析による 3 次元乱流現象の解明
芳松克則	マルセイユ大学 (フランス共和国)	機械学習の乱流への応用	2024/12- 2025/3	機械学習のプラズマ乱流への応用
栗本宗明	University of Waterloo (カナダ)	次世代電動パワートレインの実現に資するナノコンポジット封止パワーモジュールの開発	2024/6/29- 8/31, 2024/9/25- 11/13, 2025/11/15- 12/9, 2025/1/20- 2/1, 2025/3/17- 3/31	電動パワートレインを想定した電氣的性能評価をする
武藤俊介	Uppsala University Peter Grünberg Institut (スウェーデン王国)	電子磁気二色性による局所スピンモーメント測定技術の開発	2012-	Jan Ruzs, Thomas Thersleff, Klaus Leifer (Uppsala University, Sweden) Peter Grünberg Institut (Germany) との共同研究 ナノ領域での磁気角運動量定量測定法及びマッピング法の開発

参加者名	研究機関名（国名）	研究課題	期間	研究概要
武藤俊介	Uppsala University (スウェーデン王国)	CZTS 太陽電池素子の反 応科学超高压 TEM 内合 成過程その場観察	2018-	Klaus Leifer (Uppsala University, Sweden) との共同 研究
栞原真人	University of Toronto, Canada (カナダ)	Depelopement of Serial NED using micro-second pulse electron beam	2023/9/1-	当グループが開発した 100- kV 時間分解 TEM を用いて 初めて実現される、シングル ショット Serial NED 計測法を 開拓する。
栞原真人	National Research Council Canada (NRC) (カナダ)	Open source for electron microscopy using Nano-Mi system	2025/2/5-	電子顕微鏡のオープンソース 化に関する研究
加藤剛志 大島大輝	Gadjah Mada University (インドネシア共和 国)	Characterization of Core-Shell magnetic nanostructures; Fabrication of GMR thin film for biosensor applications	2024/4/1 - 2025/3/31	生体適合性があり、低コスト な磁性ナノ粒子合成による廃 水中の汚染物質の光分解を行 う。本研究ではナノ粒子の構 造、磁気特性を解析する。
永沼 博	Tel Aviv University (イスラエル国)	共同研究	2010-	エピタキシャル膜の極微構造 を透過型電子顕微鏡により観 察を行い、物性との関連につ いて明らかにする。
中村崇司	Justus Liebig University Giessen (ドイツ連邦共和国)	次世代蓄電材料開発に向 けたアニオン欠陥化学	2022/12/1- 2025/11/30	本研究ではリチウムイオン電 池正極を対象に、酸素空孔や 異種アニオン欠陥が電極特性 に与える影響を明らかにする ことを目的とする。
山本俊行 郇 寧	Norwegian University of Science and Technology, Silesian University of Technology, Nigde Ömer Halisdemir University, CIEMAT (ノルウェー王国、 ポーランド共和国、 トルコ共和国、スベ イン王国)	SUSustainability development and cost- reduction of hybrid renewable energies powered Hydrogen stations by risk-based multidisciplinary approaches	2022-2024	再生可能エネルギーを活用し た水素ステーションの持続的 で経済的な開発のための 学際的アプローチによるリス ク評価
吉田朋子 山本宗昭	Padova Univ. (イタリア共和国)	光触媒活性サイトその場 分析法開発に関する国際 共同研究	2020-2024	反応中に刻々と変化する固体 光触媒活性サイトを抽出し、 その場観察するための分析法 を世界に先駆けて構築する。

5.3 国際交流

表 5.3 外国人研究者の招へい人数、来訪人数

	令和 6 年度
招へいした外国人研究者数	13
来訪した外国人研究者数	77

表 5.4 外国人研究者の招へい人数、来訪人数（地域別）

地 域	令和 6 年度
アジア	34
北米	25
中南米	0
ヨーロッパ	31
オセアニア	0
中東	0
アフリカ	0

6. 教育活動

6.1 学部・大学院における講義・セミナー等

令和6年度において、当研究所の教員は、全学教育、工学部、理学部、情報学部の講義・セミナー等を担当するとともに、工学研究科、理学研究科、情報学研究科の講義・セミナー等も担当した。

6.2 学位審査

令和6年度において、当研究所の教員は、本学での博士号学位審査の審査員を務めた。
博士号学位審査の実績のうち、令和6年度の主査の実績は、29件である。

6.3 受入学生・研究員

過去5年間における学生、研究員の受け入れ実績は、以下のとおりである。

表 6.1 学生・研究員受入れ実績

区分	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
学部生	128	137	147	148	137
大学院生					
博士前期課程	263	292	325	305	273
博士後期課程	86	91	123	109	106
ポスト・ドクター					
日本学術振興会特別研究員	5	2	0	4	1
その他	15	15	4	6	11
留学生					
日本学術振興会外国人特別研究員	3	3	0	1	1
その他の留学生	2	3	8	21	23

7. 社会活動

7.1 政府・地方公共団体・独立行政法人の委員等

令和6年度の学外の各種委員の実績（延べ人数）は、以下のとおりである。

表 7.1 学外各種委員の延べ人数・内訳

	令和6年度
文部科学省や科学技術振興機構などの政府系	13
地方公共団体	8
国立研究開発法人	18
日本学術振興会などの独立行政法人 (国立大学法人を含む)	13
その他	0
実績（延べ人数）	52

7.2 学会・研究会・その他団体の委員等

令和6年度の学外のその他委員の実績（延べ人数）は、以下のとおりである。

表 7.2 その他委員の延べ人数・内訳

	令和6年度
応用物理学会や電気学会などの学会・研究会	160
その他団体の委員	51
実績（延べ人数）	211

7.3 研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況

令和6年度の研究者以外を対象とした研究活動の実施・公開状況は、以下のとおりである。

表 7.3 実施・公開状況の件数・内訳

	令和6年度
シンポジウム・講演会	41
セミナー・公開講座	25
展示会	22
施設見学	10
出前講座	3
その他	7
実績（件数）	108

8. 研究成果

8.1 未来エレクトロニクス集積研究センター

8.1.1 未来デバイス部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●結晶成長グループ

教授	天野 浩	教授	本田 善央	特任教授	笹岡 千秋
特任准教授	新田 州吾	特任准教授	富田 大輔	特任准教授	田中 敦之
特任助教	王 嘉	助教	鄭 恵貞	研究員	藤元 直樹
研究員	渡邊 浩崇	研究員	古澤 優太	研究員	蔡 文トウ
研究員	WANG Haitao	外国人客員教員(研究員)	XU Zhiyu	技術員	塚本 涼子
客員教授	太田 光一	客員教授	松本 功	客員教授	武藤 浩隆
客員教授	分島 彰男	客員准教授	西谷 智博	招へい教員	古来 隆雄
客員教授	SEONG Tae-Yeon	客員教授	BOĆKOWSKI Michał	客員教授	GRAHAM Samuel
客員教授	XING Huili Grace	客員教授	SCHOWALTER Leo	客員教授	SUBRAMANIAM Arulkumar

研究テーマ

窒化物半導体を用いたパワー・高周波・光デバイスの社会実装加速

研究の背景・目的

今年度も引き続き窒化物半導体を用いたパワー・高周波・光デバイスの社会実装加速に向けて多くの課題に挑戦していくつかの成果が上がったが、そのうち特にGaN中のアクセプタとして知られるマグネシウム(Mg)について、重要な発見及びパワーデバイス作製応用に繋がる成果が得られたので、ここでは(1)金属Mgと半導体GaNの超格子構造形成、(2)GaN中へのMgの熱拡散、(3)接合障壁型(JBS)ダイオードの作製、について説明する。

- (1) 昨年度実施したGaN表面にMgを蒸着し熱処理する工程により表面に形成されたMgGaN層について、原子レベルでの微細構造評価を試みた。
- (2) 特に表面にMgとNを共イオン注入したGaNに対して大気圧、AlNキャップアニールを行いMgの熱拡散過程を評価・解析した。
- (3) Mgの熱拡散を用いて作製されたp型GaNを用いて、pnダイオードとショットキー障壁ダイオードのそれぞれの幅の異なるJBSダイオードを試作した。

成果の概要

- (1) 550℃以上の熱処理により、Mg金属層がGaN格子中に周期的に挿入されMgGaN超格子構造が形成されることを初めて見いだした。+c面以外にもm面GaN基板を用いて同じ実験を行い、m面上でもc面にMg層が挿入されることを確認した。詳細な透過電子顕微鏡観察などから、Mg原子層はGaN格子のc面の格子間に周期的に形成されること、Mg原子層の下GaNが数原子層に渡ってGa面からN面に変わることを、Mg金属はhcp構造を形成し、c面内の格子定数がGaNに比べて少し大きいことから、Mg原子層の間のGaNはc面で引っ張り歪み、c軸方向に圧縮歪みを受けていることを確認した。その1軸歪みの影響を受けてGaN中の三つの価電子帯のうち、スピン軌道相互作用分が上に持ち上がることをカソードルミネセンスから明らかにした。
- (2) GaN表面から100 nm程度までMgとNを高濃度に共イオン注入し、その後低温でAlN層を堆積して、1気圧下1100～1300℃で熱処理を行うことによりGaN中へのMgの熱拡散過程を解析した。熱拡散には早い

拡散過程と遅い拡散過程があり、それぞれ格子間拡散及びGaとの置換による格子拡散であると推論した。熱拡散部はホール測定でp型を示し、移動度はエピタキシーにより成長したp型GaNとほぼ同様、補償率はエピタキシャル層と比べて高く、3～6%程度であった。

- (3) 浅いN/Mgイオン注入法及び低温AlNキャップ層を用いた大気圧アニールによるMg拡散により縦型GaN JBSダイオードを作製した。チャンネル幅が1～3 μm の縦型GaN JBSダイオードに対して電気特性評価を行い、順方向特性からその特性オン抵抗が2.3–2.6 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ と低く、逆方向特性からその耐圧が1953 Vであることを確認した。チャンネル幅依存性より、横方向Mg拡散の制御の重要性を確認できた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano, Demonstration of AlGaIn-on-AlN p-n Diodes With Dopant-Free Distributed Polarization Doping, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.71, Issue5, pp. 3396-3402, 2024/5
- [2] Jia Wang, Wentao Cai, Weifang Lu, Shun Lu, Emi Kano, Verdad C. Agulto, Biplab Sarkar, Hirotaka Watanabe, Nobuyuki Ikarashi, Toshiyuki Iwamoto, Makoto Nakajima, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Observation of 2D-magnesium-intercalated gallium nitride superlattices, Nature, Vol. 631, 67–72 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07513-x>, 2024/6/5
- [3] Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano, Experimental study of gain characteristics in relation to quantum-well width of deep ultraviolet laser diodes, Applied Physics Letters, Vol. 125, Issue 18, 183505 (2024), 2024/11/1
- [4] Woong Kwon, Yuta Itoh, Atsushi Tanaka, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Fabrication of GaN vertical junction barrier Schottky diode by Mg diffusion from shallow N/Mg ion-implantation segment, Applied Physics Express, Vol. 18, No. 1, 016505 (2025), 2025/1/22
- [5] Xu Yang, Yuta Furusawa, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Hiroshi Amano, Markus Pristovsek, Discovering the incorporation limits for wurtzite AlPyN1-y grown on GaN by metalorganic vapor phase epitaxy, Applied Physics Letters, Vol. 125, Issue 13, 132102 (2024), 2024/9/23
- [6] Kazuki Ohnishi, Kansuke Hamasaki, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Sn-doped n-type GaN freestanding layer: Thermodynamic study and fabrication by halide vapor phase epitaxy, Journal of Crystal Growth, Vol. 648, 127923, 2024/12/15
- [7] Daiki Sato, Yuta Arakawa, Kotaro Niimi, Keika Fukuroi, Yutaro Tajiri, Atsushi Koizumi, Haruka Shikano, Hokuto Iijima, Tomohiro Nishitani, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Local voltage contrast changes in MOSFET using scanning electron microscopy with photoelectron beam technology, Metrology, Inspection, and Process Control XXXVIII, Vol. 12955, 1295529(2024), 2024/4/9
- [8] Yuta Arakawa, Kotaro Niimi, Yohei Otsuka, Daiki Sato, Atsushi Koizumi, Haruka Shikano, Hokuto Iijima, Tomohiro Nishitani, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, SEM imaging of high aspect ratio trench by selectively controlling the electron beam irradiation using photocathode, Metrology, Inspection, and Process Control XXXVIII, Vol. 12955, 1295534 (2024), 2024/4/9
- [9] Anna Honda, Hirotaka Watanabe, Wakana Takeuchi, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, and Takeshi Kato, Investigation of carbon-related complexes in highly C-doped GaN grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 63, No. 4, 041005, 2024/4/26
- [10] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Hiroshi Amano, Tae-Yeon Seong, Recent advances in micro-pixel light emitting diode technology, Applied Physics Reviews, Vol. 11, Issue 2, 021319 (2024), 2024/6
- [11] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Dong-Pyo Han, Bumjoon Kim, Soo Min Lee, Drew Hanser, Pritesh Parikh, Wentao Cai, Jong-In Shim, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, Hiroshi Amano, InGaIn-based blue and red micro-LEDs: Impact of carrier localization, Applied Physics Reviews, Vol. 11, Issue 4, 041427 (2024),

2024/12

- [12] Nan Hu, Jeong-Hwan Park, Jia Wang, Hiroshi Amano, Markus Pristovsek, Growth and Characterization of High Internal Quantum Efficiency Semipolar (101⁻³) GaN-Based Light Emitting Diodes, ACS Applied Electronic Materials, Vol. 6, Issue 11, pp. 7960–7971, 2024/10/24
- [13] Shigefusa F. Chichibu, Kohei Shima, Akira Uedono, Shoji Ishibashi, Hiroko Iguchi, Tetsuo Narita, Keita Kataoka, Ryo Tanaka, Shinya Takashima, Katsunori Ueno, Masaharu Edo, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Jun Suda, Hiroshi Amano, Tetsu Kachi, Toshihide Nabatame, Yoshihiro Irokawa, Yasuo Koide, Impacts of vacancy complexes on the room-temperature photoluminescence lifetimes of state-of-the-art GaN substrates, epitaxial layers, and Mg-implanted layers, Journal of Applied Physics, Vol. 135, Issue 18, 185701 (2024), 2024/5/14
- [14] Bejoy Sikder, Toiyob Hossain, Qingyun Xie, John Niroula, Nitul S. Rajput, Koon Hoo Teo, Hiroshi Amano, Tomás Palacios, Nadim Chowdhury, Hole transport mechanism at high temperatures in p-GaN/AlGaIn/GaN heterostructure, Applied Physics Letters, Vol. 124, Issue 24, 243501 (2024), 2024/6/10
- [15] Jiabin Yan, Zhihang Sun, Li Fang, Yiqun Yan, Zheng Shi, Fan Shi, Chengxiang Jiang, Hoi Wai Choi, Hiroshi Amano, Yuhuai Liu, Yongjin Wang, Light-Stimulated Artificial Synapses with Accelerating Photopic Adaption Based on III-Nitride Heterojunction Transistor, ACS Photonics, Vol. 11, Issue 10, pp. 4161–4169, 2024/9/4
- [16] Zhe Cheng, Zifeng Huang, Jinchi Sun, Jia Wang, Tianli Feng, Kazuki Ohnishi, Jianbo Liang, Hiroshi Amano, Ru Huang, (Ultra)wide bandgap semiconductor heterostructures for electronics cooling, Applied Physics Reviews, Vol. 11, Issue 4, 041324 (2024), 2024/12
- [17] Atsushi Kobayashi, Takuya Maeda, Toru Akiyama, Takahiro Kawamura, Yoshio Honda, Sputter Epitaxy of Transition Metal Nitrides: Advances in Superconductors, Semiconductors, and Ferroelectrics, Phys. Status Solidi A 2400896, 2025/1/5
- [18] Mikiya Idei, Daiki Sato, Atsushi Koizumi, Tomohiro Nishitani, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Quantum efficiency characteristics of low-threading-dislocation-density InGaIn photocathode grown on GaN substrate, Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol. 43, Issue 3, 032202 (2025), 2025/3/24
- [19] Hiroki Toyoda, Woong Kwon, Hirotaka Watanabe, Ryoko Tsukamoto, Yuta Furusawa, Yuta Itoh, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Vertical GaN p–n diode with deeply etched mesas by contactless photo-electrochemical etching, Applied Physics Express, Vol. 18, No. 3, 036503, 2025/3/24
- [20] Yuto Yamada, Takeru Kumabe, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Characterization of Quaternary Al_xGa_{1-(x+y)}In_yN ($x \approx 0.5$ and $y \leq 0.12$) Metalorganic Vapor Phase Epitaxy Growth Focusing on Unintentionally Incorporated Impurities, physica status solidi (b) Early View, DOI: 10.1002/pssb.202500028, 2025/3/28

II. 著書

- [1] 2024/6/28, シリコンと化合物半導体の超精密・微細加工プロセス技術, 田中敦之, 共著, 第五章 レーザスライスによるGaN基板の切り出し加工 pp.42-55, シーエムシー出版

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Yoshiki Saito, Atsushi Miyazaki, Shinya Boyama, Koji Okuno, Masaki Oya, Keita Kataoka, Tetsuo Narita, Kayo Horibuchi, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Hisanori Ishiguro, Tetsuya Takeuchi, Kohei Shima, Shigefusa F Chichibu, Technology development for long life and high efficiency DUV LEDs, LEDIA2024, [LEDIA1-03(Invited)], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会(OPI協議会)
- [2] M. Kushimoto, Z. Zhang, A. Yoshikawa, K. Aoto, Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Advancements in AlGaIn-Based Laser Diodes on AlN Substrates, 21st International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), 4C-2.1, 2024/5/16, アメリカ ネバダ州 ラスベガス, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI)

- [3] Kazuki Ohnishi, Kansuke Hamasaki, Shugo Nitta, Naoki Fujimoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Recent progress of halide vapor phase epitaxy for GaN vertical power devices, The 9th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-9), 01-0172, 2024/6/24, 韓国 済州島, The Korean Association of Crystal Growth
- [4] Hiroshi Amano, Vertical devices on bulk nitride substrates, GaN Marathon 2024, 2024/6/10, イタリア ベロナ, GaN Marathon 2024
- [5] Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, Hiroshi Amano, High-Al-Content AlGaIn p-n Diodes Enabled by Distributed Polarization Doping, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 552, 2024/11/4, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [6] Maki Kushimoto, Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Yoshio Honda, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Deep ultraviolet semiconductor laser with polarisation control technology, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 651, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [7] Biplab Sarkar, Jia Wang, Hiroshi Amano, GaN Camel Diode: A Unipolar Diode Enabled by the Mg-diffusion Process in III-polar and N-polar GaN, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 269, 2024/11/8, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [8] Taishi Kimura, Hiroki Shimazu, Keita Kataoka, Kenji Itoh, Tetsuo Narita, Akira Uedono, Yutaka Tokuda, Daiki Tanaka, Shugo Nitta, Hiroshi Amano, Daisuke Nakamura, Reduced Unintentional Impurity Incorporation in Lightly Doped N-Type Gallium Nitride Layer Grown via Halogen-Free Vapor Phase Epitaxy, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 549, 2024/11/6, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [9] Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano, Demonstration of AlGaIn-on-AlN p-n Diodes with Dopant-free Distributed Polarization Doping, E-MRS 2024 Fall Meeting, 411, 2024/9/19, ポーランド ワルシャワ, E-MRS (European Material Research Society)
- [10] Y. Honda, S. F. Chichibu, K. Shima, A. Tanaka, A. Miyazaki, S. Boyama, K. Okuno, Y. Saito, R. Tsukamoto, M. Kushimoto, H. Amano, T. Takeuchi, Power degradation mechanism of UV-C LEDs under current stress, SPIE Photonics West, 13366-47, 2025/1/30, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE
- [11] Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Akira Yoshikawa, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Koji Aoto, Recent progress in the development of AlGaIn-based deep-ultraviolet laser diodes, SPIE Photonics West, 13366-24, 2025/1/28, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE
- [12] Yoshiki Saito, Atsushi Miyazaki, Shinya Boyama, Koji Okuno, Masaki Oya, Keita Kataoka, Tetsuo Narita, Kayo Horibuchi, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Hisanori Ishiguro, Tetsuya Takeuchi, Kohei Shima, Shigefusa F Chichibu, Development for long lifetime and high efficiency DUV LEDs, SPIE Photonics West, 13366-52, 2025/1/30, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE
- [13] Tae-Yeon Seong, Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Hiroshi Amano, Micro-light emitting diodes: effects of size, contact schemes, V pits, and dislocations, SPIE Photonics West, 13386-9, 2025/1/27, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE
- [14] Jia Wang, Amano Hiroshi, Mg-intercalated GaN superlattices and 2D-Mg doping of GaN, ISPlasma2025/IC-PLANTS2025, 06aC01I, 2025/3/6, 中部大学, ISPlasma 2025/IC-PLANTS2025
- [15] Jia Wang, Observation of 2D-Mg intercalation into wurtzite nitride semiconductor, The 68th FNTG (Fullerenes-Nanotubes-Graphene General) Symposium, 21-1, 2025/3/4, 名城大学 天白キャンパス, The Fullerenes, Nanotubes, Graphene Research Society

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Heajeong Cheong, Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Woong Kwon, Hiroshi Amano, Investigation of sidewall-surface recombination using InGaIn based blue and red micro-LEDs, LEDIA2024, [LEDIA-SP-03], [LEDIAp-03], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会

- (OPI協議会), ポスター発表
- [2] M. Kushimoto, T. Tanaka, Y. Honda, and H. Amano, Heterojunction contact layer UV LED with MgZnO:Ga as p-side contact layer, LEDIA2024, [LEDIA2-03], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会)
 - [3] Yoshio Honda, Yuta Furusawa, Ryoko Tsukamoto, Yoshiki Saito, Koji Okuno, Shinya Boyama, Atsushi Miyazaki, Maki Kushimoto, Hiroshi Amano, Separation of AlGaIn-based LED structures from AlN/sapphire template by photoelectrochemical etching, LEDIA2024, [LEDIA-SP-08], [LEDIAp-08], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会), ポスター発表
 - [4] S. Usami, J. Takino, M. Imanishi, T. Sumi, H. Watanabe, S. Nitta, Y. Honda, Y. Okayama, H. Amano, Y. Mori, Origin of reverse leakage current in vertical pn junction diode on OVPE- GaN substrate, LEDIA2024, [LEDIA6-04], 2024/4/25, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会)
 - [5] Ryohei Kubo, Tatsuhiko Sakurai, Eito Kokubo, Seiya Kawasaki, Katsuyuki Takagi, Junichi Nishizawa, Tetsuichi Kishishita, Yoshinori Sakurai, Hiroshi Yashima, Takahiro Makino, Takeshi Ohshima, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Yoku Inoue, Toru Aoki, Takayuki Nakano, Fabrication and Evaluation of Low-B Composition and High Crystallinity BGaN Neutron Detectors for Nuclear Reactor, LEDIA2024, [LEDIA-SP-12], [LEDIAp-12], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会), ポスター発表
 - [6] T. Sakurai, K. Ando, R. Kudo, S. Kawasaki, K. Takagi, J. Nishizawa, M. Hino, Y. Honda, H. Amano, Y. Inoue, T. Aoki, T. Nakano, Evaluation of neutron detection characteristics of BGaN detector using long wavelength neutron beam, LEDIA2024, [LEDIA-SP-07], [LEDIAp-07], 2024/4/24, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会), ポスター発表
 - [7] Atsushi Kobayashi, Takuya Maeda, Yoshio Honda, Epitaxial Growth of Transition Metal Nitrides on Nitride Semiconductors, LEDIA2024, [LEDIA6-01], 2024/4/25, パシフィコ横浜, 一般社団法人OPTICS & PHOTONICS International 協議会 (OPI協議会)
 - [8] Yuto Yamada, Takeru Kumabe, Hirotaka Watanabe, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda and Hiroshi Amano, The In incorporation corresponding to TMA flow in MOVPE Growth of AlGaInN, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), PS-1.7, 2024/5/14, アメリカ ネバダ州 ラスベガス, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), ポスター発表
 - [9] Shugo Nitta, Daisuke Yahara, Ryo Furukawa, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Reaction Activation of Ammonia in Nitrides MOVPE Analyzed by Time-of-Flight Mass Spectrometry with Isotope Tracking, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), 2B-2.2, 2024/5/14, アメリカ ネバダ州 ラスベガス, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI)
 - [10] Shun Lu, Manato Deki, Jia Wang, Hirotaka Watanabe, Eito Kokubo, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Recess-etching-free GaN p-MOSFET achieved by p-type contact to GaN/AlGaIn heterojunction with Mg-annealing process, GaN Marathon 2024, 2024/6/10, イタリア ベロナ, GaN Marathon 2024
 - [11] Saskia Schimmel, Daisuke Tomida, Tohru Ishiguro, Yoshio Honda, Shigefusa F. Chichibu, Hiroshi Amano, Transition from etch-back to growth conditions during ammonothermal growth of GaN – a transient numerical model for convective flow and temperature distribution in a retrograde solubility configuration, GaN Marathon 2024, 2024/6/11, イタリア ベロナ, GaN Marathon 2024, ポスター発表
 - [12] Yingying Lin, Jia Wang, Markus Pristovsek, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Anisotropic hole transport along [0001] and $[112^-0]$ direction in p-doped (101^-0) GaN, GaN Marathon 2024, 2024/6/11, イタリア ベロナ, GaN Marathon 2024
 - [13] Shugo Nitta, Ryo Furukawa, Daisuke Yahara, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Decomposition and reaction of ammonia in nitride MOVPE condition analyzed by time-of-flight mass spectrometry, 8th European Conference on Crystal Growth (ECCG-8), S1.06, 2024/7/22, ポーランド ワルシャワ, Unipress, University of Warsaw, Ensemble Centre of Excellence, PTWK, ポスター発表

- [14] Eito Kokubo, Hirotaka Watanabe, Manato Deki, Atsushi Tanaka, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Investigation of source-connected polarization superjunction (PSJ) FET using PSJ structure as a freewheeling diode for reverse conduction, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 157, 2024/11/8, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [15] Yuto Yamada, Takeru Kumabe, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Investigation of Growth Conditions to Reduce Impurity Concentration in Quaternary AlGaInN Grown by MOVPE, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 71, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [16] Hiroki Toyoda, Woong Kwon, Seiya Kawasaki, Yuta Furusawa, Ryoko Tsukamoto, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Development of Current-narrowing Structure for GaN Devices Using Photo Enhanced Chemical Etching, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 349, 2024/11/8, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [17] Jia Wang, Hiroshi Amano, 2D-Mgi doping in GaN: A fresh look at the interplay of GaN and interstitial Mg, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 291, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [18] Haitao Wang, Jia Wang, Yingying Lin, Zhiyuan Yang, Hirotaka Watanabe, Yasuyoshi Kurokawa, Noritaka Usami, Junho Choi, Hiroshi Amano, Mechanically Induced Electron-Hole Separation at GaN/Si Heterojunction Interfaces under Polarization Synergy, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 343, 2024/11/6, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [19] Yuta Furusawa, Cai Wentao, H. J. Cheong, Hiroshi Amano, All-GaN-Based Monolithic HEMT-Integrated Micro-LED Pixels for Active Matrix Displays, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 356, 2024/11/6, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [20] Heajeong Cheong, Takashi Nakamura, Atsushi Tanaka, Hiroshi Amano, Investigation of Heating Response of GaN using Single-Mode Microwave Annealing and Development of Heating Process, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 377, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [21] Yingying Lin, Jia Wang, Haitao Wang, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Surface Accumulation of Beryllium in Aluminum Nitride by Post-ion Implantation Diffusion, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 354, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [22] Wentao Cai, Jia Wang, Yuta Furusawa, Heajeong Cheong, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, The Study of Stress Relaxation Mechanism in the Dislocation- and Pit-free InGaN Platelet Structure, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 374, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024, ポスター発表
- [23] Atsushi Tanaka, Toshiki Yui, Tomomi Aratani, Takashi Ishida, Yoshio Honda, Junji Ohara, Takashi Kanemura, Yoshitaka Nagasato, Schoichi Onda, Jun Suda, Hiroshi Amano, Influence of laser processing point on GaN Crystal in laser slicing, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 165, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [24] Woong Kwon, Yuta Itoh, Atsushi Tanaka, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Fabrication of GaN vertical junction barrier Schottky diode using N/Mg ion-implantation, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 473, 2024/11/8, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [25] Markus Pristovsek, Joeng-Hwan Park, Wong Kwoon, Haejong Cheong, Hiroshi Amano, Tailoring carrier localization in InGaN QW for enhanced EQE in micro-LEDs by introducing a SiNx interlayer, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 146, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [26] Anna Honda, Hirotaka Watanabe, Takeshi Kato, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Optical and magnetic properties of GaN crystals varied C doping concentration, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 25, 2024/11/4, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [27] Shashwat Rathkanthiwar, Maki Kushimoto, Hiroshi Amano, Yudai Shimizu, Kazutada Ikenaga, Mayank Bulsara, Keitaro Ikejiri, Leo J Schowalter, Impact of growth conditions on IQE of Far-UVC LEDs, 12th

- International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 575, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [28] Verdad Agulto, Toshiyuki Iwamoto, Kosaku Kato, Jia Wang, Hiroshi Amano, Makoto Nakajima, Advancing Nitride Semiconductor Characterization through Terahertz Time-Domain Spectroscopy and Ellipsometry, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 467, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [29] Shigefusa Chichibu, Kohei Shima, Akira Uedono, Shoji Ishibashi, Hiroko Iguchi, Tetsuo Narita, Keita Kataoka, Ryo Tanaka, Shinya Takashima, Katsunori Ueno, Masaharu Edo, Hirotaka Watanabe, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Jun Suda, Hiroshi Amano, Tetsu Kachi, Toshihide Nabatame, Yoshihiro Irokawa, Yasuo Koide, Minority carrier capture coefficients of major midgap recombination centers in the state-of-the-art GaN substrates, epilayers, and Mg-implanted layers, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 229, 2024/11/6, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [30] Shigefusa Chichibu, Kazuki Ohnishi, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Akira Uedono, Shoji Ishibashi, Kohei Shima, Room-temperature photoluminescence lifetimes of Mg-doped p-type GaN layers grown by halide vapor phase epitaxy, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 241, 2024/11/8, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [31] Yusuke Hayashi, Tetsuya Tohei, Kazushi Sumitani, Yasuhiko Imai, Shigeru Kimura, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Yusuke Mori, Akio Wakejima, Hirotaka Watanabe, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Akira Sakai, *In situ* nanobeam X-ray diffraction of vertical power devices grown on OVPE-GaN substrates, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 508, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [32] Woong Kwon, Yuta Itoh, Seiya Kawasaki, Atsushi Tanaka, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano, Degradation and Recovery of I-V Characteristics of n-GaN Schottky Barrier Diode due to High Temperature Annealing and Surface Etching Process, 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2024), TB1-6, 2024/10/15, 韓国 釜山, APWS2024
- [33] Ren Obata, Manato Deki, Hirotaka Watanabe, Yoshio Honda and Hiroshi Amano, Electrical Characteristics of p-GaN MIS Capacitors Fabricated *in situ*, 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2024), TB1-4, 2024/10/15, 韓国 釜山, APWS2024
- [34] Jia Wang, Physical properties and device applications of metal Mg-intercalated GaN superlattice (MiGs) nanostructures and their implications for the ultra-high doping of AlN and Al₂O₃, ASPIRE/CIRFE Symposium, 2024/9/13, 2024/10/11, 名古屋大学 Tokai Open Innovation Complex(TOIC), EI創発工学館, CIRFE, Nagoya University
- [35] Haitao Wang, Jia Wang, Yingying Lin, Hiroshi Amano, Mechanically Induced Electron-Hole Separation at GaN/Si Heterojunction Interfaces under Polarization Synergy Structure, ASPIRE/CIRFE Symposium, 2024/10/11, 名古屋大学 EI創発工学館, CIRFE, Nagoya University, ポスター発表
- [36] Yingying Lin, Jia Wang, Haitao Wang, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, Surface accumulation of beryllium in aluminum nitride by post-ion implantation diffusion, ASPIRE/CIRFE Symposium, 2024/10/11, 名古屋大学 EI創発工学館, CIRFE, Nagoya University, ポスター発表
- [37] Wentao Cai, Jia Wang, Yuta Furusawa, Heajeong Cheong, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, The Study of Stress Relaxation Mechanism in the Dislocation- and Pit-free InGaN Platelet Structure, ASPIRE/CIRFE Symposium, 2024/10/11, 名古屋大学 EI創発工学館, CIRFE, Nagoya University, ポスター発表
- [38] T. Nishitani, D. Sato, Y. Arakawa, K. Niimi, Y. Otsuka, M. Yasuda, A. Koizumi, H. Iijima, Y. Honda, H. Amano, High-speed modulation of probe current using scanning electron microscope with photocathode technology, SPIE Advanced Lithography + Patterning 2025, 13426-133, 2025/2/26, アメリカ カリフォルニア州 サンホセ, SPIE

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会 (SDM), 一般社団法人 電子情報通信学会, 関西学院大学 大阪梅田キャンパス, 2024/6/21
- [2] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 電気学会 C部門 電子デバイス研究会, 一般社団法人 電気学会, サニー南神田ビル サニー会議室/オンライン, EDD-24-033, 2024/7/5
- [3] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの作製, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-12, 2024/9/16
- [4] 笹岡 千秋, 張 梓懿, 吉川 陽, 久志本 真希, 本田 善央, 天野 浩, AlN基板上に作製したUV-C CWレーザーダイオード, 電子情報通信学会 レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (LQE) 30周年記念特別研究会, 一般社団法人 電子情報通信学会, 沖縄県青年会館, 2024/5/28
- [5] 田中 敦之, GaNウェハのレーザスライシング技術, SiC,GaN加工技術セミナー 2024, 日本工業出版株式会社, 株式会社社産業経済新聞社, オンライン, 2024/6/12
- [6] 田中 敦之, GaNパワーデバイスの最新動向と技術課題, S&T出版セミナー, S&T出版株式会社, オンライン, ST240717, 2024/7/17
- [7] 田中 敦之, GaNパワーデバイスの最新動向と技術課題, 情報機構セミナー, 株式会社情報機構, オンライン, 2025/2/7
- [8] 田中 敦之, レーザを用いたGaN基板及びGaNデバイスのスライス, 応物結晶産学連携委員会, 第9回研究会, 公益社団法人 応用物理学会, 明治大学, 2025/3/3
- [9] 本田 善央, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 宇佐美 茂佳, 川崎 晟也, 濱崎 乾輔, 大西 一生, 久志本 真希, 隈部 岳瑠, 出来 真斗, 田中 敦之, 天野 浩, GaN系パワーデバイスのための結晶成長技術, ワイドギャップ半導体学会 特別公開シンポジウム, 一般社団法人ワイドギャップ半導体学会, 広島コンベンションホール/オンライン, 2024/9/5
- [10] 富田 大輔, Saskia Schimmel, 本田 善央, 天野 浩, 嶋 紘平, 石黒 徹, 秩父 重英, 齊藤 真, 栗本 浩平, 包 全喜, 超臨界アンモニアを用いた窒化物材料の作製, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学東山キャンパス, 2E01, 2024/9/11

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 豊田 拓輝, 権 熊, 川崎 晟也, 古澤 優太, 塚本 涼子, 本田 善央, 天野 浩, ミリ波GaN IMPATTダイオード作製に向けた光化学(PEC)エッチングプロセスの開発と電気的特性評価, 第16回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 高知県立県民文化ホール, Fr-P07, 2024/5/31
- [2] 伊藤 佑太, 竹田 晶哉, 渡邊 浩崇, 出来 真斗, 新田 州吾, 本田 善央, 田中 敦之, 天野 浩, 選択的Mgドーピング実現に向けたMOVPE MgドーブGaN層を拡散源とするMg熱拡散, 第16回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 高知県立県民文化ホール, Th-P07, 2024/5/30
- [3] 古川 遼, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 飛行時間型質量分析計によるGaN成長雰囲気でのTMGa分解におけるNH₃の反応解析, 第16回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 高知県立県民文化ホール, Fr-P26, 2024/5/31
- [4] 本田 善央, 隈部 岳瑠, 久志本 真希, 天野 浩, 分布型分極ドーピングを用いたAlGaN系縦型p-nダイオードの特性評価, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 17p-C42-11, 2024/9/17
- [5] 本田 善央, 古澤 優太, 田中 敦之, 塚本 涼子, 宮崎 敦嗣, 坊山 晋也, 奥野 浩司, 斎藤 義樹, 嶋 紘平, 秩父 重英, 石黒 永孝, 竹内 哲也, 久志本 真希, 天野 浩, エミSSION顕微鏡を用いたUV-C LEDにおける中

- 長期劣化の観察, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A21-12, 2024/9/16
- [6] Verdad C. Agulto, Toshiyuki Iwamoto, Kosaku Kato, Jia Wang, Hiroshi Amano, Makoto Nakajima, Enhanced Hole Conductivity in Magnesium-Intercalated GaN Superlattice Probed by Terahertz Time-Domain Ellipsometry, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 17a-B2-2, 2024/9/17
- [7] 出射 幹也, 佐藤 大樹, 小泉 淳, 西谷 智博, 本田 善央, 天野 浩, 異なるアルカリ金属を用いたInGa_N フォトカソードの電子放出特性, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 17a-D63-5, 2024/9/17
- [8] 小久保 瑛斗, 渡邊 浩崇, 出来 真斗, 田中 敦之, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, GaN/AlGa_N/Ga_N ダブルヘテロ構造の縦型PND構造におけるアバランシェ降伏の確認, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-18, 2024/9/16
- [9] 山田 悠斗, 隈部 岳瑠, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 窒化物四元混晶AlGaInNのMOVPE成長におけるInNモル分率の制御, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 18a-C42-5, 2024/9/18
- [10] 高橋 一嘉, 山田悠斗, 渡邊 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, GaN/AlN共鳴トンネルダイオードのヘテロ界面急峻性の改善, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 20a-A24-2, 2024/9/20
- [11] 権 熊, 伊藤 佑太, 田中 敦之, 渡邊 浩崇, 本田 善央, 天野 浩, N/Mg イオン注入法を用いた縦型Ga_N ジャンクションバリアショットキーダイオードの作製及び電気特性評価, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-7, 2024/9/16
- [12] 井口 紘子, 堀田 昌宏, 片岡 恵太, 成田 哲生, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 須田 淳, イオン注入により形成されるドナー型欠陥の起源解明に向けた低ドーズAlイオン注入Ga_Nの実効ドナー密度の深さ方向分布の評価, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 19a-C41-5, 2024/9/19
- [13] 横井 創吾, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 隅 智亮, 滝野 淳一, 岡山 芳央, 伊藤 瞭太, 秦 雅彦, 田中 敦之, 本田 善央, 天野 浩, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介, 高キャリア濃度OVPE-GaNの電気化学エッチングに関する特性, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 19a-C42-4, 2024/9/19
- [14] 安藤 光佑, 西川 瞬, 櫻井 辰大, 川崎 晟也, 日野 正裕, 本田 善央, 天野 浩, 松本 倅汰, 伊藤 範和, 田中 岳利, 中原 健, 井上 翼, 青木 徹, 中野 貴之, 長波長中性子照射によるSi基板及びQST基板上に作製したBGaN検出器の中性子検出特性評価, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 20a-A24-5, 2024/9/20
- [15] Zazuli Hiyama Aina, 藤井 開, 仁ノ木 亮祐, 平田 靖晃, 木本 大星, 倉井 聡, 岡田 成仁, 田中 敦之, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 山田 陽一, N極性GaN/AlGa_N/AlN高電子移動度トランジスタのリーク電流が絶縁破壊電圧に及ぼす影響, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-4, 2024/9/16
- [16] 宇佐美 茂佳, 伊藤 佑太, 香川 美幸, 横井 創吾, 田中 敦之, 滝野 淳一, 隅 智亮, 今西 正幸, 伊藤 瞭太, 秦 雅彦, 吉村 政志, 岡山 芳央, 本田 善央, 天野 浩, 森 勇介, OVPE法を用いたMgイオン注入Ga_Nの大気圧活性化手法の提案, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-10, 2024/9/16
- [17] 李 太起, 吉川 陽, 隈部 岳瑠, 杉山 聖, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, MOVPE法で成膜したAlN基板上の格子整合AlN/GaN HEMTの動作実証, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-16, 2024/9/16
- [18] Kazuto Shibata, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, MoO_x thin film deposition by RF magnetron

- sputtering for anode contact structure in UV-C LED, 第43回電子材料シンポジウム(EMS), EMS43, グラントメルキュール奈良橿原, Th1-20, 2024/10/3, ポスター発表
- [19] 新田 州吾, 高分解能質量分析による窒化物半導体MOVPEのその場気相反応, 第10回CIRFEシンポジウム エピタキシャル成長の量子論, 名古屋大学未来材料・システム研究所, 未来エレクトロニクス集積研究センター, 名古屋大学 オークマホール, 2024/9/27
- [20] 伊藤 佑太, 草場 彰, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 田中 敦之, 本田 善央, 寒川 義裕, 天野 浩, GaN結晶中のMg拡散機構の解明: モンテカルロシミュレーションによる解析, 第53回結晶成長国内会議(JCCG-53), 日本結晶成長学会, 工学院大学新宿キャンパス, 18p-B06, 2024/11/18
- [21] 伊藤 慎, 佐藤 真一郎, Michal Bockowski, 出来 真斗, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 吉田 謙一, 南川 英輝, 本田 善央, 天野 浩, 量子通信応用に向けた希土類添加pnダイオード作製の基礎検討, JST創発的研究支援事業 自発的な融合の場 第2回「材料への新規解析・計測手法の適用を目指した融合の場」(材料系融合の場), JST創発「材料系融合の場」委員会, 伊香保温泉旅館 ひびき野, 2-05, 2025/3/8, ポスター発表

Ⅵ. 特許等 (出願、公開、登録)

b. 特開 (公開特許)

- [1] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、張梓懿, 紫外レーザダイオードの製造方法および紫外レーザダイオード, 2025-0015562, 2025/1/9, 東海国立大学機構、旭化成
- [2] 笹岡千秋、石田崇、長屋正武、小島淳、河口大祐、油井俊樹、原佳祐, 半導体装置およびその製造方法, 2024-164575, 2024/11/27, 東海国立大学機構、デンソー、ミライズテクノロジーズ、トヨタ自動車、浜松ホトニクス
- [3] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法, 2024-143415, 2024/10/11, 東海国立大学機構、旭化成
- [4] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法, 2024-143456, 2024/10/11, 東海国立大学機構、旭化成
- [5] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法, 2024-143457, 2024/10/11, 東海国立大学機構、旭化成
- [6] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体素子、窒化物半導体積層体の製造方法及び窒化物半導体素子の製造方法, WO2024-204634, 2024/10/3, 東海国立大学機構、旭化成
- [7] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体積層体及び窒化物半導体素子の製造方法、並びに窒化物半導体素子, WO2024-204635, 2024/10/3, 東海国立大学機構、旭化成
- [8] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿, 窒化物半導体素子、窒化物半導体積層体の製造方法、及び窒化物半導体素子の製造方法, WO2024-204636, 2024/10/3, 東海国立大学機構、旭化成
- [9] 笹岡千秋、田中敦之、中林正助、長屋正武, 半導体装置の製造方法, 2024-101894, 2024/7/30, 東海国立大学機構、デンソー、トヨタ自動車、ミライズテクノロジーズ
- [10] 笹岡千秋、田中敦之、中林正助、長屋正武、河口大祐、油井俊樹、原佳祐、荒谷知巳, 半導体装置の製造方法, 2024-083815, 2024/6/24, 東海国立大学機構、ミライズテクノロジーズ、浜松ホトニクス、デンソー、トヨタ自動車
- [11] 笹岡千秋、石田崇、恩田正一、小島淳、河口大祐、油井俊樹、原佳祐, 半導体装置および半導体装置の製造方法, 2024-083977, 2024/6/24, 東海国立大学機構、浜松ホトニクス、ミライズテクノロジーズ、トヨタ自動車、デンソー
- [12] 笹岡千秋、荒谷知巳、田中敦之、中林正助、長屋正武、河口大祐、油井俊樹、原佳祐, 半導体装置の製造方法, 2024-0194530, 2024/6/13, 東海国立大学機構、ミライズテクノロジーズ、浜松ホトニクス、デンソー、トヨタ自動車
- [13] 笹岡千秋、大原淳士、長屋正武、牛島隆志、金村高司、恩田正一、小島淳、中林正助, 加工ウェハの分割装置および加工ウェハの分割方法, 2024-054760, 2024/4/17, 東海国立大学機構、デンソー、トヨタ自動車、ミライズテクノロジーズ

c. 特許（登録特許）

- [1] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、油井俊樹、半導体チップの製造方法、7477835, 2024/4/23
- [2] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、油井俊樹、半導体チップおよびその製造方法、ZL202110389492（中国）, 2024/7/12
- [3] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、窒化ガリウム半導体装置の製造方法、7531151, 2024/8/1
- [4] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、窒化ガリウム半導体装置の製造方法、ZL202110389082（中国）, 2024/8/2
- [5] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、窒化ガリウム半導体装置およびその製造方法、ZL202110389491（中国）, 2024/8/27
- [6] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿、光デバイス、7545142, 2024/8/27
- [7] 笹岡千秋、小島淳、恩田正一、長屋正武、原一都、河口大祐、窒化ガリウム半導体装置の製造方法、7553915, 2024/9/10
- [8] 田中敦之、笹岡千秋、天野浩、河口大祐、和仁陽太郎、伊ヶ崎泰則、レーザ加工方法、半導体部材製造方法及びレーザ加工装置、7560055, 2024/9/24
- [9] 田中敦之、笹岡千秋、天野浩、河口大祐、和仁陽太郎、伊ヶ崎泰則、油井俊樹、レーザ加工方法、半導体部材製造方法及びレーザ加工装置、7560056, 2024/9/24
- [10] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、張梓懿、紫外レーザダイオードの製造方法および紫外レーザダイオード、7563696, 2024/9/30
- [11] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、張梓懿、紫外レーザダイオードの製造方法および紫外レーザダイオード、12126141（アメリカ）, 2024/10/22
- [12] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、張梓懿、吉川陽、レーザダイオードの製造方法およびレーザダイオード、7589940, 2024/11/18
- [13] 久志本真希、笹岡千秋、天野浩、吉川陽、張梓懿、レーザダイオード、7594257, 2024/11/26
- [14] 田中敦之、笹岡千秋、天野浩、河口大祐、和仁陽太郎、伊ヶ崎泰則、レーザ加工方法、半導体部材製造方法及びレーザ加工装置、12194570（アメリカ）, 2025/1/14

●表面・界面グループ

教授	宇治原 徹	准教授	原田 俊太	准教授	沓掛健太郎
特任准教授	劉 新	研究員	松原 康高	研究員	瀬尾 圭介
研究員	高橋 幸聖	研究員	川瀬 道夫	研究員	角岡 洋介
技術補佐員	竹内 幸久	技術補佐員	布野日奈子	技術補佐員	辻森 皓太
技術補佐員	大森 紗織	技術補佐員	芳野 真由	技術補佐員	紙上 由香
技術補佐員	吉田志保奈	技術補佐員	木河かおり	技術補佐員	小寺 竜貴
客員教授	宇田 聡	客員教授	亀井 一人	客員教授	児島 一聡
客員教授	鈴木 敦	客員教授	塚本 勝男	客員教授	古庄 智明
客員教授	米澤 喜幸	客員准教授	関 和明	客員准教授	三谷 武志
招へい教員	蔵重 和央				

研究テーマ

1. インフォマティクス技術を活用した半導体製造工程の全体最適化
2. 絶縁放熱シートの低熱抵抗化技術開発

研究の背景・目的

1. 半導体製造工程に代表されるように、工業製品は連続工程を経て生産されるが、多くは前工程の出力が後工程の入力となるカスケード工程である。近年、カスケード工程の製品の性能向上や歩留まり改善のために、工程を跨いだ全体最適化が望まれている。しかし全体最適化では最適化するパラメータの数が膨大になり、計算コストが大きくなる。この課題に対して、各工程の最適化を並列し、効率よく全体最適化を行う方法を用い、半導体の熱処理工程シミュレーションなどを対象として検討を進めた。
2. 近年電子デバイスの小型化、高出力化により、デバイス内で発生する熱が問題となっている。本研究では、電子デバイス内で発生した熱を、発熱体から放熱部材まで効率よく伝えるための絶縁放熱シートを研究対象とした。絶縁放熱シートは樹脂とセラミックスからなる樹脂複合材料であり、求められる性能は主に高熱伝導率と低接触熱抵抗の2つである。熱伝導率の向上はセラミックスフィラーの添加量を増加させることで実現できるが、セラミックスフィラーの添加量を増加させると樹脂複合材料の硬度が増加し、接触熱抵抗も増加してしまう。このように両者にはトレードオフな関係がある。本研究では、接触熱抵抗の増加を抑えつつ熱伝導率の向上を図るため、フィラー表面処理剤添加による高充填化と粒径、粒子形状の異なるフィラーの添加による高熱伝導化の2つの手法を検討した。

成果の概要

1. カスケード工程の各工程を並列して個別最適化を行い、最適化結果（リンク変数）を下流から上流工程へ、またその逆の双方向へ伝搬を繰り返し最適値の一致を目指す Analytical Target Cascading (ATC) 法を半導体熱処理工程シミュレーションに拡張した。ここで、双方向の最適化において、異なる最適解に陥り全体最適化が停滞する現象を見出し、この問題に対する解決策を考案した。実際の熱処理工程シミュレーションに対して提案手法を用いた結果、従来法と比較してより良い最適解を得られることを示した。加えて、既存条件からの距離の考慮など、実践的な最適化手法の開発も並行して進めた。
2. サイズおよび形状（角状もしくは球状）のフィラーとウイスキーを混合した放熱シートを作製し、熱伝導を評価した。形状については角状の方が、混合比についてはウイスキー割合が高いほど、熱伝導率が高いことが示された。これは、フィラーとウイスキーの接触や凝集といった樹脂内での配置・構造が絶縁放熱シートの熱伝導率に影響することを示唆しており、高熱伝導・低接触抵抗への指針が得られた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Yuki Nakanishi, Kentaro Kutsukake, Yifan Dang, Shunta Harada, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Analysis of Macrostep Interaction via Carbon Diffusion Field in SiC Solution Growth, Journal of Crystal Growth, Volume 631, 127609, 1 April 2024
- [2] Shunta Harada, Kota Tsujimori, Toyokazu Nomoto and Takahiro Ito, Accelerating X-ray photoemission spectroscopy measurements using Bayesian super-resolution, Japanese Journal of Applied Physics, Volume 63, Number 4, 2024/4/3
- [3] Masashi Kato, Ohga Watanabe, Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Effects of proton implantation into 4H-SiC substrate: Stacking faults in epilayer on the substrate, Materials Science in Semiconductor Processing, 175, 108264, 2024/6
- [4] Kojima, S; Zhang, LD; Kumar, C; Sumi, H; Ohta, N; Sekiguchi, H; Tsuzuki, K; Harada, S; Ujihara, T; Tsukamoto, K; Tagawa, M, The effects of polyethylene glycol on the nucleation and growth of DNA-functionalized gold nanoparticles crystals, JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, 640, 127740, 2024/8/15
- [5] S. Harada, T. Hattori, M. Inden, S. Sugimoto, M. Ito, M. Tagawa and T. Ujihara, Modulated crystallographic shear structure in titanium–chromium oxides: their structure and phonon-transport properties, Journal of Applied Crystallography, Volume 57, Part 4, Pages 1212-1216, 2024/8/1
- [6] Takahiro Gotow, Tsutomu Sonoda, Tokio Takahashi, Hisashi Yamada, Toshihide Ide, Reiko Azumi, Mitsuaki

- Shimizu, Yosuke Tsunooka, Shota Seki, Kentaro Kutsukake, and Toru Ujihara, Modeling and analysis of undoped GaN grown in a horizontal laminar flow MOCVD reactor, Materials Science in Semiconductor Processing, Volume 188, 109258, 15 March 2025
- [7] Shunta Harada, Yasutaka Matsubara, Shohei Hayashi, Michio Kawase, Keisuke Seo, Seiya Mizutani, Yuya Mizutani, Seiji Mizutani, Kenta Murayama, Nondestructive analysis of threading mixed dislocations in SiC using x-ray topography and birefringence, AIP Advances, 15, 2, 025208, 2025/2/1
- [8] Masashi Kato, Tong Li, Hitoshi Sakane, Shunta Harada, Observation of point defect and carrier lifetime distributions in hydrogen or helium ion implanted SiC PiN diodes for suppression of bipolar degradation, Japanese Journal of Applied Physics, 64,1,010901,2025/1/6
- [9] Tong Li, Hitoshi Sakane, Shunta HARADA, Masashi Kato, Suppression of stacking-fault expansion in 4H-SiC diodes by helium implantation, Applied Physics Express, 17, 8, 2024/8/6
- [10] Haitao Wang, Yasuyoshi Kurokawa, Jia-Han Zhang, Kazuhiro Gotoh, Xin Liu, Satoru Miyamoto, Noritaka Usami, Core-shell yarn-structured triboelectric nanogenerator for harvesting both waterdrop and biomechanics energies, Advanced Materials, 2024, 36 (8), 2308599.
- [11] Kentaro Kutsuke, Takefumi Kamioka, Kota Matsui, Ichiro Takeuchi, Takashi Segi, Takuo Sasaki, Seiji Fujikawa, Masamitsu Takahashi, Feature extraction and spatial imaging of synchrotron radiation X-ray diffraction patterns using unsupervised machine learning, Science and Technology of Advanced Materials: Methods, Vol.4, 2024/4/15
- [12] Noritaka Usami, Kentaro Kutsukake, Takuto Kojima, Hiroaki Kudo, Tatsuya Yokoi, Yutaka Ohno, Multicrystalline informatics: a methodology to advance materials science by unraveling complex phenomena, Science and Technology of Advanced Materials, Vol.25, 2024/9/19
- [13] T. Harada, K. Kutsukake, N. Usami, T. Ikari, A. Fukuyama, Thermal boundary conductance of artificially and systematically designed grain boundaries of Silicon measured by laser heterodyne photothermal displacement method, Journal of applied physics, 2024/11/28
- [14] Haruki Tajika, Kentaro Kutsukake, Noritaka Usami, Stress analysis and dislocation cluster generation in silicon crystal with artificial grain boundaries, Journal of Crystal Growth, Vol.649, 2025/1/1
- [15] Shota Urano, Tomoki Harada, Tetsuo Ikari, Kentaro Kutsukake, Atsuhiko Fukuyama, Machine learning-based laser heterodyne photothermal displacement method: simultaneous estimation of silicon thermal diffusivity and carrier lifetime, Japanese journal of applied physics, 2025/2/1

II. 著書

- [1] 2025/2/28, 晶析プロセスの設計・制御と結晶解析手法, 計60名, 共著, 第4章 シミュレーション・機械学習による結晶化現象のモデリング・ベイズ推定、ディープラーニング、混合ガウスモデルと強化学習, 技術情報協会
- [2] 2024/6/19, プロセスインフォマティクス～データサイエンスで変わる材料開発と製造～, 計27名, 共著, 第4章 プロセスインフォマティクス事例集 第1節 プロセス別事例 第1項 結晶成長プロセスへのインフォマティクス応用, 株式会社情報機構
- [3] 2024/5/29, 多結晶マテリアルズインフォマティクス, (編著) 宇佐美德隆、(著) 大野裕、沓掛健太郎、工藤博章、小島拓人、横井達矢, 共著, 共立出版

III. 解説等

- [1] 2025/1/15, Shunta Harada, Kenta Murayama, Advances in defect characterization techniques using polarized light observation in SiC wafers for power devices, Journal of Crystal Growth, 650,127,982, Elsevier
- [2] 2024/10/1, 原田俊太, 村山健太, 偏光観察によるパワーデバイス SiC 基板の結晶欠陥可視化, まてりあ, 63, 10, 687-694, 日本金属学会
- [3] 2024/8/1, 原田俊太, スペクトル超解像解析によるX線光電子分光測定時間の短縮, Isotope News, No.794, 2024年8月号, 日本アイソトープ協会
- [4] 2024/7/1, 原田俊太, 酸化チタン自然超格子結晶の構造と熱輸送特性 (特集 熱輸送のスペクトル), 伝

熱 = Journal of the Heat Transfer Society of Japan, 63(264), 40-45, 日本伝熱学会

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Xin Liu and Toru Ujihara, Multiscale modeling for TSSG-SiC growth under different flow conditions: from step dynamics to long time ingot growth, The 11th International Workshop on Modeling in Crystal Growth (WMC11), Invited talk 13, 2024/9/24, West University of Timisoara, Timișoara, Romania, International Organization for Crystal Growth
- [2] Toru Ujihara, Tomoaki Furusho, Koki Suzuki, Daiki Shimoda, Keiichiro Wakamiya, Takemi Yonaha, Kazuo Kurashige, Hiroyuki Ishibashi, Kenta Murayama and Kazuhito Kamei, 8-Inch Thick SiC Crystals Grown by Solution Growth Method Combined with Digital Twin, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/10/3, Raleigh, U.S.
- [3] Shunta Harada, Toward Eliminating SiC Bipolar Degradation by Stacking Fault Knockdown by High Energy Ion Implantation (SF-KHII) Method (Invited), 24th International Conference on Ion Implantation Technology 2024, 2024/9/29, Toyama International Conference Center, Toyama, JAPAN
- [4] Masashi Kato, Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Technologies to Suppress Stacking Fault Expansion in SiC Devices: Stacking Fault Knockdown by High Energy Ion Implantation (SF-KHII) Method, The 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2024), 2024/10/15, BUSAN, KOREA
- [5] Shunta Harada, Kenta Murayama, Defect Characterization of Power Device Semiconductor Wafers by Novel Birefringence Method, The 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2024), 2024/10/15, BUSAN, KOREA
- [6] LIU Xin, Multiscale modeling for TSSG-SiC growth under different flow conditions: from step dynamics to long time ingot growth, Advanced Materials and Technologies[AMT-2025] & Indo-Japan Workshop on Machine Learning for Advancing Crystal Growth Technology[MLACGT-2025], Plenary talk-7, 2025/1/8, SSN College of Engineering, Chennai, India, SSN Research Centre
- [7] Kentaro Kutsukake, Artificial Intelligence, 1st INTERNATIONAL SCHOOL ON MODELLING IN CRYSTAL GROWTH, 2024/9/21, West University of Timisoara, Romania
- [8] Kentaro Kutsukake, Material process informatics for crystal growth, International Conference on Advanced Materials and Technologies [AMT-2025] & Indo-Japan Workshop on Machine Learning for Advancing Crystal Growth Technology [MLACGT-2025], 2025/1/8, Mini Auditorium, SSN Institutions
- [9] Kentaro Kutsukake, Machine learning applications to applied physics research, ACT NEXT 2024, 2025/1/27, Onilne
- [10] Kentaro Kutsukake, Applications of Machine Learning in the field of Crystal Growth, International Conference on Sustainable Materials and Advances in Regenerative Technologies, 2025/1/31, Sona College of Technology, Salem
- [11] Kentaro Kutsukake, Application of machine learning in the field of applied physics, DST-SERB Sponsored 3rd International Conference on Functional Materials for NextGen Applications ICFMNA-25, 2025/2/4, Justice Pratap Singh (Main) Auditorium, SSN Institutions
- [12] Kentaro Kutsukake, Simulation and AI in Crystal growth, 27th National Seminar on Crystal Growth and Applications, 2025/2/7, DAE-Convention Centre
- [13] Kentaro Kutsukake, Applications of Machine Learning in the field of Crystal Growth, International Conference on Hierarchally Structured Materials (ICHSM- 2025), 2025/2/7, BLOCK V-GALLERY HALL
- [14] Kentaro Kutsukake, Materials process informatics for crystal growth, IIndInternational Conference on Emerging Nanomaterials in Chemical, Biological and Engineering Applications (INBCEA - 2025), 2025/3/14, VIBA Auditorium (Ratan Tata Block)/ オンライン講演

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Xin Liu and Toru Ujihara, Dynamic deformation modeling for the interfaces of growing, etching, and depositing

- in TSSG-SiC, 8th European Conference of Crystal Growth (ECCG8), 2024/7/22, Institute of High Pressure Physics, Warsaw, Poland, Warsaw University
- [2] Takumi Fukunaga, Ryo Iwasa, Takahiro Kawamura, Shota Seki, Shunta Harada, and Toru Ujihara, Molecular Dynamics Simulation of Si-Cr-C Solutions: The Effect of Al Addition on SiC Solution Growth, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2024), PS-11-08, 2024/9/3, Arcarea HIMEJI, Hyogo, Japan, ポスター発表
- [3] Kentaro Kutsukake, Shion Takeno, Masato Ota, Ichiro Takeuchi, Toru Ujihara, Data assimilation for crystal growth simulation incorporating multiple uncertainties using machine learning, The 11th International Workshop on Modeling in Crystal Growth (WMC11), 2024/9/24, West University of Timisoara, Romania
- [4] Huiqin Zhou, Hitoshi Miura, Kentaro Kutsukake, Yifan Dang, Shunta Harada and Toru Ujihara, Numerical Simulation Study on Different Scales to Suppress Solvent Inclusion Defects in SiC Solution Crystal Growth, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/10/3, Raleigh, U.S.
- [5] Hisashi Yamada, Tsutomu Sonoda, Tokio Takahashi, Takahiro Gotow, Toshihide Ide, Reiko Azumi, Mitsuaki Shimizu, Shohta Seki, Kentaro Kutsukake, and Toru Ujihara, Modeling of GaN MOCVD toward machine learning, 第37回マイクロプロセス・ナノテクノロジー国際会議 (MNC) 2024, 14P-1-70, 2024/11/14, 京都ブライトンホテル, Kyoto, Japan, ポスター発表
- [6] Takahiro Gotow, Tsutomu Sonoda, Tokio Takahashi, Hisashi Yamada, Toshihide Ide, Reiko Azumi, Mitsuaki Shimizu, Yosuke Tsunooka, Shohta Seki, Kentaro Kutsukake, and Tohru Ujihara, Modeling and Analysis of undoped GaN using A horizontal laminar flow MOCVD reactor, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2025), 2025/3/3, 中部大学
- [7] Shunta Harada, Defect Characterization of SiC Wafers toward Improving Productivity of SiC Power Devices, The 9th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-9), 2024/6/26, Jeju National University, Jeju, Korea
- [8] Ju-Hyeong Sun, Shunta Harada, Jungwoo Choi, Myung-Ok Kyun, Soon-Ku Hong, Seong-Min Jeong, Si-Young Bae, and Yun-Ji Shin, Influence of the Temperature Gradient on the Defect Formation in the Initial Stage of PVT Growth, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/9/30, Raleigh, U.S., ポスター発表
- [9] Shunta Harada, Michio Kawase, Yasutaka Matsubara, Keisuke Seo, Yuya Mizutani, Seiya Mizutani, Seiji Mizutani, Kenta Murayama, Identification of Threading Mixed Dislocations Having a Large Edge Component Burgers Vector by Polarized Light Observation, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/9/30, Raleigh, U.S., ポスター発表
- [10] Tong Li, Hitoshi Sakane, Shunta Harada, Yasuyoshi Kurokawa, Masashi Kato, Hydrogen and Point Defect Introduction into 4H-SiC by Plasma Treatment, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/9/30, Raleigh, U.S., ポスター発表
- [11] Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Masashi Kato, Role of Point Defects in Suppressing Stacking Fault Expansion through Helium and Proton Implantation in SiC Epitaxial Layer, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/10/1, Raleigh, U.S.
- [12] Masashi Kato, Ohga Watanabe, Shunta Harada, Hitoshi Sakane, Proton Implantation into Substrate and Stacking Faults in Epitaxial Layers, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/10/3, Raleigh, U.S., ポスター発表
- [13] Tong Li, Hitoshi Sakane, Shunta Harada, Masashi Kato, Suppression of Stacking-Fault Expansion in 4H-SiC Diodes by Helium Implantation, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2024), 2024/10/4, Raleigh, U.S.
- [14] Kentaro Kutsukake, Kota Matsui, Ichiro Takeuchi, Takashi Segi, Takuo Sasaki, Seiji Fujikawa, Masamitsu Takahashi, Quick analysis of X-ray diffraction patterns through machine learning, 35th International Conference on Photovoltaic Science and Engineering (PVSEC-35), 2024/11/12, プラサヴェルデ, ポスター発表
- [15] Kentaro Kutsukake, Kota Matsui, Ichiro Takeuchi, Takashi Segi, Takuo Sasaki, Seiji Fujikawa, Masamitsu

Takahasi, Quick Analysis and Adaptive Mapping of Micro-Beam X-Ray Diffraction Through Machine Learning, 2024 MRS Fall Meeting & Exhibit, 2024/12/2, Sheraton Boston Hotel

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 宇治原 徹, AI を活用した SiC 溶液成長技術の開発, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学 東山キャンパス, 1J19, 2024/9/10
- [2] 宇治原 徹, 数値計算を駆使したマクロステップの挙動の基礎的理解に基づく SiC 溶液法技術の開発, 先進パワー半導体分科会 11 回講演会, 公益社団法人応用物理学会 先進パワー半導体分科会, G メッセ群馬 (群馬県高崎市), 2024/11/26
- [3] 宇治原 徹, 【基調講演】プロセス・インフォマティクスによる素材開発: SiC 溶液成長への応用, 2024 年度 OPERANDO-OIL・COMS・量子ビーム計測クラブ合同研究会, 島津製作所 本社・三条工場研修センター, 2025/2/10
- [4] 宇治原 徹, 機械学習を用いた超高品質 SiC 結晶成長技術の開発, Development of Ultra-High Quality SiC Crystal Growth Technology Using Machine Learning, 資源・素材学会 2025 年度 春季大会, 一般社団法人資源・素材学会, 千葉工大の津田沼キャンパス, 2025/3/14
- [5] 原田 俊太, 製造プロセスのデータ駆動型機械学習制御-浮遊帯域溶融法による結晶育成を例に-, 低温工学・超電導学会 2024 年度第 1 回材料研究会シンポジウム, 2024/6/7
- [6] 原田 俊太, スペクトル超解像による X 線光電子分光測定的高速化, 機能性フィルム研究会 6 月例会, タワーホール船堀 小ホール, 2024/6/18
- [7] 原田 俊太, 放射光トポグラフィによる半導体ウエハの結晶欠陥評価, 第 28 回名古屋大学 D センター VBL シンポジウム, 名古屋大学オークマホール, 2024/11/21
- [8] 原田 俊太, 坂根 仁, 加藤 正史, 高エネルギーイオン注入による SiC パワー半導体の順方向通電劣化抑制, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 日本金属学会, 東京都立大学南大沢キャンパス, 2025/3/9
- [9] 杵掛健太郎, マテリアルズ・プロセスインフォマティクスと水素貯蔵材料開発への応用, 日本 MRS 水素科学技術連携研究会 第 14 回トピックス研究会 ~物理学分科会~, Hydrogenomics, オンライン開催, 2024/7/29
- [10] 杵掛健太郎, 半導体結晶プロセス開発へのインフォマティクス応用, 第 1 回半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 応用物理学会「半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会」, 大阪大学豊中キャンパス基礎工学国際棟, 2024/11/1
- [11] 杵掛健太郎, 工学・理学研究への情報科学応用の課題と展望 ―専門知識をどのように入れるか―, 第 27 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2024), 電子情報通信学会 情報論的学習理論と機械学習研究会, ソニックシティ, 2024/11/5
- [12] 杵掛健太郎, 半導体成膜における実践的なベイズ最適化, 第 34 回 日本 MRS 年次大会, 日本 MRS, 横浜市開港記念会館, 2024/12/18
- [13] 杵掛健太郎, 半導体材料・デバイス開発へのインフォマティクス応用, 第 11 回電子光技術 /GaN-OIL 合同シンポジウム, 国立研究開発法人産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門, 秋葉原 UDX カンファレンス, 2024/12/19
- [14] 杵掛健太郎, AI を活用した材料プロセス開発 -半導体結晶成長を中心に-, 第 2 回『生産現場におけるプロセス・インフォマティクス (PI) によるものづくり革新』研究会, (公財) 科学技術交流財団, 産業技術総合研究所 中央事業所 東地区, 2024/12/20
- [15] 杵掛健太郎, 半導体結晶プロセス開発へのインフォマティクス応用, 第 3 回プロセスインフォマティクスセミナー, 非営利型一般社団法人 製造業 A I 普及協会, オンライン開催, 2025/2/19
- [16] 杵掛健太郎, インフォマティクスによる結晶工学シミュレーションの加速, 第 29 回結晶工学セミナー, 第 9 回インフォマティクス応用研究会, 公益社団法人応用物理学会 結晶工学分科会, 上智大四谷キャンパス, オンライン開催, 2025/2/20

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 福永拓実, 岩佐零, 河村貴宏, 関翔太, 原田俊太, 宇治原徹, Si-Cr溶液の分子動力学シミュレーション: Al添加がSiC結晶成長に与える影響の検討, 第16回ナノ構造エピタキシャル成長講演会, 高知県立県民文化ホール, Fr-P19, 2024/5/31
- [2] 伊藤貴洋, 周恵琴, 杓掛健太郎, 原田俊太, 宇治原徹, SiC溶液成長法における溶媒インクルージョンの3次元形状の解明と形成メカニズムの分析, 第43回結晶成長討論会, 日本結晶成長学会, 登別万世閣（北海道登別市）, 2024/9/12, ポスター発表
- [3] 坂本 隆直, 杓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, SiC溶液成長法の長時間プロセスにおける坩堝の形状変化に対応したシーケンス最適化に向けて, 第43回結晶成長討論会, 日本結晶成長学会, 登別万世閣（北海道登別市）, 2024/9/12, ポスター発表
- [4] 杉浦大輝, 村山健太, 杓掛健太郎, 原田俊太, 宇治原徹, SiC溶液成長法における多結晶生成要因の検討, 第43回結晶成長討論会, 日本結晶成長学会, 登別万世閣（北海道登別市）, 2024/9/12, ポスター発表
- [5] 笠原 亮太郎, 杓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, 連続工程の全体最適化のための最適化手法の検討, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン（新潟県新潟市）, 20p-A21-4, 2024/9/20
- [6] 坂本 隆直, 杓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, SiC溶液成長法における潜在空間を利用した長時間プロセスの最適化, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン（新潟県新潟市）, 20p-A21-2, 2024/9/20
- [7] 関 翔太, 長田 圭一, 高石 将輝, 笠原 亮太郎, 杓掛 健太郎, 宇治原 徹, 機械学習を用いた離散不純物によるMOSFET閾値電圧ばらつきの統計的な解析, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン（新潟県新潟市）, 20p-C43-9, 2024/9/20
- [8] Takumi Fukunaga, Ryo Iwasa, Takahiro Kawamura, Shota Seki, Shunta Harada, and Toru Ujihara, Molecular Dynamics Simulations of Si-Cr Solutions: Investigation of the Effect of Al Addition on SiC Solution Growth, 第43回電子材料シンポジウム, 日本セラミックス協会電子材料部会, グランドメルキュール奈良橿原, 2024/10/2
- [9] Iwasa Ryo, Takumi Fukunaga, Takahiro kawamura, Shota Seki, Shunta Harada, and Toru Ujihara, First-Principles Molecular Dynamics Simulations of SiC Solution Growth Interface, 第43回電子材料シンポジウム, 日本セラミックス協会電子材料部会, グランドメルキュール奈良橿原, 2024/10/2
- [10] 笠原 亮太郎, 杓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, 連続工程のためのATCを適応した最適化手法の検討, 第1回 半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 大阪大学 豊中キャンパス 基礎工学国際棟, 2024/10/31, ポスター発表
- [11] 劉 新, 宇治原 徹, SiC溶液成長における成長、エッチング、堆積界面の動的変形モデリング, 第53回結晶成長国内会議（JCCG-53）, 日本結晶成長学会, 工学院大学 新宿キャンパス, 20p-B15, 2024/11/20
- [12] 岩佐 零, 福永 拓実, 河村 貴宏, 関 翔太, 原田 俊太, 宇治原 徹, 第一原理分子動力学シミュレーションによるSiC溶液成長界面の解析, 第53回結晶成長国内会議（JCCG-53）, 日本結晶成長学会, 工学院大学 新宿キャンパス, 20p-B14, 2024/11/20
- [13] Ryotaro Kasahara, Kentaro Kutsukake, Shunta Harada, Toru Ujihara, カスケード工程の全体最適化に適用可能なAnalytical Target Cascadingの検討, Study of Analytical Target Cascading applicable to total optimization of a cascade process, 第34回 日本MRS年次大会, 日本MRS, 横浜市開港記念館 他, A3-P17-003, 2024/12/17, ポスター発表
- [14] T. Sakamoto, K. Kutsukake, S. Harada and T. Ujihara, SiC溶液成長法における坩堝形状の変化に応じた長時間プロセス最適化, Optimization of long-time process in SiC solution growth responding to changes in crucible shape, 第34回 日本MRS年次大会, 日本MRS, 横浜市開港記念館 他, A3-P17-004, 2024/12/17, ポスター発表
- [15] 宇治原 徹, SiC溶液成長法における機械学習技術とその応用, Machine Learning Technology in SiC

- Solution Growth Method, マテリアル戦略総合シンポジウム2025 (MatISS2025), 東京ビッグサイト, 2025/1/31
- [16] 伊藤 貴洋, 沓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, P型4H-SiC溶液成長法における溶媒インクルージョンおよび結晶の不純物濃度分布の形成要因の分析, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 14p-K402-7, 2025/3/14
 - [17] 関 翔太, 中西 佑児, 松岡 毅, 前田 進, 楠木 琢也, 永井 勇太, 永倉 大樹, 谷川 公一, 沓掛 健太郎, 宇治原 徹, 半導体製造における企業間を跨いだデジタルツインによるウェーハ・デバイスプロセスの全体最適化, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 17a-K505-2, 2025/3/17
 - [18] 笠原 亮太郎, 沓掛 健太郎, 原田 俊太, 宇治原 徹, 関 翔太, 高石 将暉, 永井 勇太, 半導体熱処理条件の最適化における既存条件を考慮した目的関数の検討, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 17a-K505-3, 2025/3/17
 - [19] 山口昂大, 原田俊太, 沓掛健太郎, 宇治原徹, 絶縁放熱シートにおける形状の異なるAlN フィラーの共添加による高熱伝導化, 2025 年年会 公益社団法人日本セラミックス協会, 公益社団法人 日本セラミックス協会, 静岡大学 浜松キャンパス, 2025/3/6
 - [20] 田口秀之, 後藤未来, 中島圭一, 吉岡信明, 原田俊太, ベイズスペクトル超解像による XPS 測定の高速度化検討, 表面技術協会 第150回公演大会, 一般社団法人表面技術協会, 北見工業大学, 2024/9/13
 - [21] 原田 俊太, 坂根 仁, 加藤 正史, 高エネルギーイオン注入による積層欠陥拡張抑制のメカニズム解析, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン (新潟県新潟市), 2024/9/18
 - [22] 加藤 正史, Li Tong, 原田 俊太, 坂根 仁, 水素・ヘリウムイオン注入SiCダイオードにおける点欠陥深さ方向分布, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン (新潟県新潟市), 2024/9/19
 - [23] 加藤 正史, Li Tong, 原田 俊太, 坂根 仁, ヘリウムイオン注入によるSiC積層欠陥拡張抑制, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場&オンライン (新潟県新潟市), 2024/9/19
 - [24] 辻起行, 中嶋まい, 原田俊太, 寺地徳之, NVセンタを用いたダイヤモンド中の転位の応力テンソルのイメージング, 第38回ダイヤモンドシンポジウム講演プログラム, 東京電機大学 東京千住キャンパス, 2024/11/21
 - [25] 原田 俊太, 坂根 仁, 三井 俊樹, 加藤 正史, SiCパワーデバイスにおける高エネルギーイオン注入による積層欠陥拡張抑制, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 2025/3/14
 - [26] リ トウ, 坂根 仁, 原田 俊太, 加藤 正史, SiC基板への裏面プロトン注入の積層欠陥拡張抑制効果, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 2025/3/16
 - [27] 沓掛健太郎, 竹野思温, 太田壮音, 竹内 一郎, 宇治原 徹, 多様な誤差を考慮した製造装置シミュレーションのデータ同化, 第37回計算力学講演会 (CMD2024), 一般社団法人 日本機械学会, トークネットホール仙台, 2024/10/18

VI. 特許等 (出願、公開、登録)

b. 特開 (公開特許)

- [1] 宇治原 徹, 竹内 幸久, 塩尻 大士, 松本 昌樹, 齊藤 廣志, AlNウイスカーの製造方法および製造装置およびAlNウイスカー構造体およびAlNウイスカーならびに樹脂成形体とその製造方法, 2024-0190776, 2024/6/13, 東海国立大学機構株式会社, U-MAP
- [2] 宇治原 徹, 阿部 舞, 田中 謙弥, 炭化ケイ素単結晶の製造方法, 2024-090246, 2024/7/4, 東海国立大学機構, 日立金属
- [3] 宇治原 徹, 阿部 舞, 田中 謙弥, 炭化ケイ素単結晶の製造方法, 2024-090247, 2024/7/4, 東海国立

大学機構、日立金属

- [4] 原田 俊太、辻森 皓太, 解析方法及び解析装置, WO2024-142808, 2024/7/4, 東海国立大学機構
- [5] 原田 俊太、辻森 皓太, 解析方法及び解析装置, 2024-092827, 2024/7/8, 東海国立大学機構
- [6] 宇治原 徹、奥野 和輝、岡田 詩歩、渡邊 将太、松本 昌樹, 樹脂成形体及びその製造方法, 118632886, 2024/9/10, 東海国立大学機構株式会社、U-MAP
- [7] 宇治原 徹、奥野 和輝、岡田 詩歩、渡邊 将太、松本 昌樹, 樹脂成形体及びその製造方法, 10-2024-0137035, 2024/9/19, 東海国立大学機構株式会社、U-MAP
- [8] 原田 俊太、辻森 皓太、廣谷 潤, 解析方法及び解析装置, 2024-0346620, 2024/10/17, 東海国立大学機構
- [9] 宇治原 徹、奥野 和輝、岡田 詩歩、渡邊 将太、松本 昌樹, 樹脂成形体及びその製造方法, 4474409, 2024/12/11, 東海国立大学機構株式会社、U-MAP
- [10] 原田 俊太、村山 健太、水谷 誠也、水谷 誠二、松原 康高、水谷 優也, 偏光顕微鏡、結晶欠陥評価装置、及び結晶欠陥評価方法, 119213344, 2024/12/27, 東海国立大学機構、Mipox
- [11] 原田 俊太、村山 健太、水谷 誠也、水谷 誠二、松原 康高、水谷 優也, 偏光顕微鏡、結晶欠陥評価装置、及び結晶欠陥評価方法, 4485035, 2025/1/1, 東海国立大学機構、Mipox
- [12] 宇佐美 徳隆、田中 博之、沓掛 健太郎, 設計最適化装置、設計最適化方法、プログラムおよび記録媒体, 2025-013001, 2025/1/24, 東海国立大学機構、理化学研究所

c. 特許（登録特許）

- [1] 原田 俊太、村山 健太、上田 将之、河田 旺、炭谷 翔悟, 結晶欠陥評価方法及び結晶欠陥評価装置, 7505707, 2024/6/17
- [2] 宇治原 徹、原田 俊太、村山 健太、黒岩 丈晴、田中 貴規、古庄 智明, 炭化珪素基板、炭化珪素基板の製造方法、および炭化珪素半導体装置の製造方法, 112018001768, 2024/12/12
- [3] 朱 燦、原田 俊太、宇治原 徹、DANG Yifan、郁 万成, 結晶成長装置, 7606770, 2024/12/18

●ナノ材料デバイスグループ

教授 大野 雄高	助教 松永 正広	助教 内山 晴貴
研究機関研究員 Adha Sukma Aji		

研究テーマ

炭素系ナノ材料に基づく省エネルギー型先端デバイスの創出

研究の背景・目的

カーボンナノチューブやグラフェンなどの炭素系ナノ材料およびその関連物質について、それらの特異な電子物性の理解を基盤として、省エネルギー型で高機能・高性能な先端デバイスの創製を進めるとともに、その省エネ・低炭素プロセス技術を確認し、持続可能で安全・安心な社会の発展に資する新世代のエレクトロニクスの確立を目指している。具体的には、1)高性能フレキシブルエレクトロニクスの実現に向けたカーボンナノチューブ薄膜デバイス、2)ナノ構造を利用した超低消費電力ニューロモルフィックコンピューティング、3)超薄膜材料を用いたエネルギーハーベスティング技術の創出について研究を推進している。

成果の概要

本年度は、主にカーボンナノチューブを用いたフレキシブルセンサデバイスの実現に向け、カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの高性能化と信頼性向上を進めるとともに、デバイス界面準位に着目した解析を行い、ゲート絶縁膜の成膜温度と界面準位密度の関係を明らかにした。さらに、カーボンナノチューブ薄膜

トランジスタを用いた人体通信技術に関する検討を行い、人体の誘電率を模したファントム上における温度センシングの実証などの成果が得られ始めている。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] H. Uchiyama, T. Nakano, Y. Yakiyama, H. Sakurai, Y. Gao, M. Maruyama, S. Okada, H. Kataura, and Y. Ohno

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Y. Ohno, Low-Frequency Noise in Flexible Carbon-Nanotube Analog Circuits, 245th ECS Meeting, 2024.05.27, San Francisco, USA
- [2] Y. Ohno, Carbon nanotube thin-film transistors and functional integrated circuits for fully-flexible, wearable sensors, The 24th Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes and Low-Dimensional Materials, 2024.06.30, Boston, USA
- [3] Y. Ohno, Low-frequency noise in carbon nanotube thin-film transistors and its impact on analog integrated circuits, The World Conference on Carbon 2024, 2024.07.18, Shenzhen, China
- [4] Y. Ohno, Design and fabrication of carbon nanotube-based analog integrated circuits for flexible/stretchable electronics, A Workshop on Future Semiconducting Materials, 2024.09.25, Shenyang, China
- [5] Y. Ohno, Functional electron devices for wearable sensors based on carbon nanotubes, 14th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, 2024.10.27, Jincheng, China
- [6] Y. Ohno, Carbon nanotube-based transistors and circuits for wearable electronics, The 2nd Carbon-Based Electronics Development Forum, 2024.10.29, Taiyuan, China
- [7] Y. Ohno, Low-frequency Noise in Flexible Carbon Nanotube Thin-Film Transistors, 2024 MRS Fall Meeting & Exhibit, 2024.12.05, Boston, USA
- [8] M. Matsunaga, Transparent and stretchable triboelectric nanogenerator based on carbon nanotubes for self-powered wearable devices, 13th International Symposium on Organic Molecular Electronics, I2-2, 2024.05.29, Kobe, Japan

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] D. Muto, H. Uchiyama, H. Kataura, and Y. Ohno, Flexible Transmitter for Human Body Communication Based on Carbon Nanotube CMOS Electronics, The 24th Int. Conf. on the Science and Applications of Nanotubes and Low-Dimensional Materials, 497, 2024.06.25, Boston, USA
- [2] D. Muto, H. Uchiyama, H. Kataura and Y. Ohno, Delay analysis on flexible carbon nanotube CMOS ring oscillator for human body communication, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-22, 2024.09.01, Kochi, Japan, ポスター発表
- [3] E. Kuromiya, H. Uchiyama, M. Matsunaga, S. Arai, H. Kataura and Y. Ohno, Carbon nanotube thin-film transistors with inorganic polymer insulator, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-15, 2024.09.01, Kochi, Japan, ポスター発表
- [4] A. Nagamine, H. Uchiyama, H. Kataura, C. Homma, Y. Hayamizu and Y. Ohno, Fabrication and Characterization of Peptide-modified Semiconducting Carbon Nanotube Thin Film Biosensor, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2P-19, 2024.09.02, Kochi, Japan, ポスター発表
- [5] H. Uchiyama, Y. Yoshikawa, D. Muto, H. Kataura and Y. Ohno, Impact of photolithography-based device fabrication on Raman G/D ratio of semiconducting carbon nanotubes, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2P-25, 2024.09.02, Kochi, Japan, ポスター発表
- [6] T. Sakakibara, H. Uchiyama, A. S. Aji and Y. Ohno, Yield improvement of CNT-based ReRAMs with Ti nucleation layer, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 3P-23, 2024.09.03, Kochi, Japan, ポスター発表

- [7] T. Nakano, L. Sugitani, Y. Yakiyama, H. Sakurai, Y. Gao, M. Maruyama, S. Okada, H. Kataura, H. Uchiyama and Y. Ohno, Evolution of Raman scattering spectrum in chemisorption of sumanene onto semiconducting carbon nanotubes, The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 3P-13, 2024.09.03, Kochi, Japan, ポスター発表
- [8] Z. Wang, H. Uchiyama and Y. Ohno, Study on 2T1C Load Configuration for Carbon Nanotube-based Analog CMOS Circuits with Variability Tolerance, 14th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, P21, 2024.10.26, Jincheng, China, ポスター発表
- [9] H. Uchiyama, Y. Yoshikawa, D. Muto, H. Kataura and Y. Ohno, Impact of device fabrication process on Raman G/D ratio of semiconducting carbon nanotubes, 14th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, P20, 2024.10.26, Jincheng, China, ポスター発表
- [10] T. Nakano, L. Sugitani, Y. Yakiyama, H. Sakurai, Y. Gao, M. Maruyama, S. Okada, H. Kataura, H. Uchiyama and Y. Ohno, Raman scattering spectrum change in chemisorption of sumanene onto semiconducting carbon nanotubes, 14th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy, and Environment, P19, 2024.10.26, Jincheng, China
- [11] Y. Umemura, Y. Ohno, and M. Matsunaga, Energy Harvesting Clothes Based on Three-Layered Knitted Triboelectric Energy Harvester, International Symposium on Fiber Science on Technology 2024, 2E13, 2024.11.27, Kyoto, Japan
- [12] A. Nagamine, H. Uchiyama, K. Kamiya, M. Maruyama, Y. Gao, S. Okada and Y. Ohno, Density functional theory study on interaction between amino acids and carbon nanotube, The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-22, 2025.03.03, Nagoya, Japan, ポスター発表
- [13] Y. Yoshikawa, H. Uchiyama, H. Kataura and Y. Ohno, leaning of adsorbents on carbon nanotube by yttrium oxide coating and decoating method, The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2P-29, 2025.03.04, Nagoya, Japan, ポスター発表
- [14] D. Matsubara, E. Kuromiya, H. Uchiyama, M. Matsunaga, H. Kataura and Y. Ohno, Interface trap density in flexible carbon nanotube thin-film transistors measured by conductance method, The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 3P-24, 2025.03.05, Nagoya, Japan, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 大野雄高, 柔軟なカーボンナノチューブCMOS集積回路を用いた人体通信用送信機の試作, 第13回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン若手研究会, オンライン, 2024.08.31
- [2] 大野雄高, ナノカーボン材料に基づくフレキシブルエレクトロニクス, 第34回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 大同大学, 13C3-1, 2024.09.13
- [3] 大野雄高, カーボンナノチューブ薄膜に基づくフレキシブルエレクトロニクス, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 16a-C42-3, 2024.09.16
- [4] 大野雄高, カーボンナノチューブエレクトロニクスの最新動向, 第5回C P C研究会, オンライン, 2024.10.07

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 内山晴貴、武藤大、片浦弘道、大野雄高, デバイス作製プロセスによるカーボンナノチューブへの影響: ラマンスペクトルにおけるG/D比の変化, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 16a-A31-5, 2024.09.16
- [2] 黒宮英斗、内山晴貴、松永正広、荒井俊人、片浦弘道、大野雄高, 無機ポリマー絶縁膜を有するカーボンナノチューブ薄膜トランジスタの作製と評価, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 18a-B6-9, 2024.09.18
- [3] 梅村侑史, 大野雄高, 松永正広, 3層構造テキスタイル摩擦発電を用いた衣服型エネルギーハーベスタ, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 17p-A37-10, 2024.9.17
- [4] 永峯旭、内山晴貴、片浦弘道、本間千穂、早水裕平、大野雄高, ペプチド修飾した半導体カーボンナ

ノチューブ薄膜バイオセンサの作製と評価, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 19a-C32-6, 2024.9.19

- [5] 梅村侑史, 大野雄高, 松永正広, 裁断・縫製が容易な3層構造テキスタイル摩擦帯電型エネルギーハーベスタ, 2024年度繊維学会年次大会(創立80周年記念), タワーホール船堀, 3D02, 2024.6.14
- [6] 松永正広, 梅村侑史, 内山晴貴, 大野雄高, 衣服型摩擦発電デバイスにおける各種動作による発電電力分布の評価, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学, 16a-K205-2, 2025.03.16
- [7] 内山晴貴, 吉川雄大, 片浦弘道, 大野雄高, ラマン分光法による半導体カーボンナノチューブの表面吸着物の検出, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学, 14p-K207-2, 2025.03.14
- [8] 松原大輔, 黒宮英斗, 内山晴貴, 松永正広, 片浦弘道, 大野雄高, フレキシブルカーボンナノチューブ薄膜トランジスタの界面準位密度評価, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学, 17p-K404-5, 2025.03.17

●エネルギー変換デバイスグループ

教授 宇佐美徳隆

研究テーマ

資源が豊富な元素を利用した先端複合技術型太陽電池に関する研究

研究の背景・目的

太陽電池や半導体の基盤材料であるシリコンをはじめとする資源が豊富な元素を利用した材料イノベーションを、表面・界面・歪み・化学状態・結晶欠陥の機能を積極的に制御することで追究し、従来の効率を凌駕する太陽電池への実装により脱炭素化社会の早期実現への貢献を目指している。具体的には、1) 新規ヘテロ接合材料の開発と界面制御、2) 高品質多結晶創製に向けた多結晶材料情報学の開拓、3) ナノ構造制御による高機能化、4) 超高効率多接合太陽電池について研究を推進している。

成果の概要

新規ヘテロ接合材料の開発では、優れた導電性とパッシベーション性能を両立する新構造としてシリコンナノ結晶と酸化シリコンの複合膜や酸化チタン薄膜高性能化メカニズムの解明や、実用サイズ太陽電池への実装を進めた。多結晶材料情報学の研究では、画像生成AIを活用したサイバー空間での組織生成や説明可能なAIを、多結晶材料の性能評価やその起源解明に応用する試みを開始した。ナノ構造制御による高機能化では、結晶シリコン表面にナノスケールのテクスチャ構造を形成するプロセスの高度化や、ナノインプリンティング法によるパターン形成が太陽電池の光閉じ込めに有用であることを実証した。超高効率多接合太陽電池用基板の飛躍的な低コスト化を目指して研究を進めている非真空下での印刷と焼成により作製するシリコンゲルマニウム膜の研究では、III-V族化合物半導体に格子整合可能なゲルマニウム組成を実現するためのプロセス設計を行った。

発表論文等

I. 論文(査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] Y. Song, J. Yun, J. Kim, W. Jang, H. Jang, J. Park, M. Cho, H. Sohn, N. Usami, S. Miyamoto, K. Itoh, D. Kim, Coherence of a field gradient driven singlet-triplet qubit coupled to multielectron spin states in $^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$, npj Quantum Information 10, 77, 692 (2024)
- [2] N. Usami, K. Kutsukake, T. Kojima, H. Kudo, T. Yokoi, Y. Ohno, Multicrystalline informatics: A methodology

to advance materials science by unraveling complex phenomena Science and Technology of Advanced Materials, VOL. 25, NO. 1, 2396272 (2024)

- [3] Y. Fujita, N. Usami, T. Fujii, H. Nagai, Truth set size prediction by Newton's cooling law PLOS Complex Syst 1(3): e0000020
- [4] T. Harada, K. Kutsukake, N. Usami, T. Ikari, and A. Fukuyama, Thermal boundary conductance of artificially and systematically designed grain boundaries of Silicon measured by laser heterodyne photothermal displacement method J. Appl. Phys. 136, 205703 (2024)
- [5] T. Matsui, S. Fukaya, S. McNab, J. McQueen, K. Gotoh, H. Sai, N. Usami, and Ruy Sebastian Bonilla, Symmetric dopant-free Si solar cells enabled by TiOx nanolayers: An in-depth study on bipolar carrier selectivity Advanced Science 2024, 2410179
- [6] H. Tajika, K. Kutsukake, N. Usami, Stress Analysis and Dislocation Cluster Generation in Silicon Crystal with Artificial Grain Boundaries Journal of Crystal Growth 649 (2025) 127922
- [7] T. Sato, S. Miyamoto, S. Suzuki, H. Minamiyama, M. Dhamrin and N. Usami, SiGe epitaxial growth using screen printing of Al-Ge paste on Si followed by pulsed laser annealing Jpn. J. Appl. Phys. 64 035501 (2025).
- [8] Hiroto Yamaguchi, Yasuyoshi Kurokawa, Shohei Fukaya, Shinya Kato, Noritaka Usami, Improvement of nano-texture uniformity formed on crystalline silicon surface by anisotropic alkaline etching for perovskite/silicon tandem solar cells, Japanese Journal of Applied Physics 64 04SP21 (2025).
- [9] Kazushi Mizutani, Kazuhiro Gotoh, Tomihisa Tachibana, Yasuyoshi Kurokawa and Noritaka Usami, Suppression of film blistering in silicon nano-crystals/silicon oxide composite layer by insertion of intrinsic hydrogenated amorphous silicon layer, Japanese Journal of Applied Physics 64, 04SP04 (2025)

d. その他報告書

- [1] 後藤 和泰, 深谷 昌平, 宇佐美 徳隆 原子層堆積法による結晶シリコン太陽電池の酸化チタン薄膜の製膜 車載テクノロジー 12, 6-10 (2025)

II. 著書

- [1] 2024/5/31, 多結晶マテリアルズインフォマティクス, 宇佐美徳隆, 大野裕, 沓掛健太郎, 工藤博章, 小島拓人, 横井達矢, 単著, 共立出版

III. 解説等

- [1] 2024年5月, 宇佐美徳隆, 多結晶マテリアルズインフォマティクス, 応用物理, 92 巻 11 号 p. 662-667, 共立出版

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] N. Usami, Multicrystalline informatics: A methodology to advance materials science by unraveling complex phenomena, The 12th International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells, 30-May-24, Hangzhou, China
- [2] N. Usami, Multicrystalline informatics, Colloquium at Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, 8-Jul-24, IKZ, Berlin
- [3] N. Usami, Research and development of high-performance crystalline silicon solar cells and expansion to tandem cells, Korea-China-Japan Joint Workshop on PV, 11-Aug-24, Daejeon, Korea
- [4] N. Usami, Expectation of WCPEC-9 from experiences in Organizing International Conferences and International Collaborations, Global Photovoltaic Conference GPVC 2024, August 11-14, 2024, Daejeon, Korea
- [5] N. Usami, Toward the realization of high-performance on-silicon multijunction solar cells, Symposium for Si Solar Cell and Tandem Science and Industry, 30-Aug-24, Seoul, Korea
- [6] N. Usami, Interface and Surface Control for High Performance of Heterojunction Solar Cells, ECS PRiME 2024, October 6-11, 2024, Hawaii Convention Center & Hilton Hawaiian Village, Honolulu
- [7] Noritaka USAMI, From Bulk Crystal Growth to Atomic Interface Control : A Journey for Advancing the Efficiency of Crystalline Silicon Solar Cells, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan

- [8] N. Usami, Multicrystalline informatics: A methodology to advance materials science by unraveling complex phenomena, International Conference on Advanced Materials and Technologies [AMT-2025], January 7-9, Chennai (India)

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Y. Kurokawa, Y. Iseki, K. Gotoh, S. Miyamoto, R. Ozaki, K. Nakamura, Y. Ohshita, N. Usami, Enhancement of Near-infrared Light Absorption by Nanoimprinted Light Trapping Structure Implemented into Si Heterojunction Solar Cells, 52nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, June 9-14, 2024, Seattle, USA
- [2] S. Fukaya, K. Gotoh, Y. Kurokawa and N. Usami, Improvement for passivation performance of $\text{TiO}_x/\text{SiO}_2/\text{c-Si}$ heterostructures by capping with Atomic-Layer-Deposited Nb doped TiO_x Layer, 52nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, June 9-14, 2024, Seattle, USA
- [3] H. Tajika, K. Kutsukake, N. Usami, Stress Analysis and Dislocation Cluster Generation in Silicon Crystal with Artificial Grain Boundaries, The 9th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, June 24-26, 2024, Jeju, Korea
- [4] K. Hanzawa, K. Yamanaka, S. Kato, T. Doi, Y. Kurokawa, N. Usami, and T. Itoh, Fabrication and Performance Evaluation of Thermoelectric Mg_2Si Compounds Synthesized Using Silicon Extracted from waste PV modules, 20th European Thermoelectric Conference, ICT/ECT 2024, June 30- July 4, 2024, Krakow, Poland
- [5] T. Kusumoto, Y. Kurokawa, N. Usami and T. Itoh, Fabrication of tilted $\text{Mg}_2\text{Si}/\text{Ni}$ multilayer composite thermoelectric elements using PLA molds and power generation evaluation, 20th European Thermoelectric Conference, ICT/ECT 2024, June 30- July 4, 2024, Krakow, Poland
- [6] K. Ito, S. Miyamoto, S. Suzuki, H. Minamiyama, M. Dhamrin, N. Usami, Liquid phase epitaxy of SiGe films using printing and firing, 8th European Conference on Crystal Growth, July 21-25, 2024, Warsaw
- [7] Y. Kurokawa, K. Shibata, S. Kato, M. Kurosawa, S. Miyamoto, T. Itoh, N. Usami, Fabrication of Planar Thermoelectric Generators using Phosphorus-doped Silicon Nanocrystals/Amorphous Silicon Composite Films, International Conference on Solid State Devices and Materials SSDM 2024, September 1-4, 2024, Arcrea Himeji, Japan
- [8] Y. Hineno, K. Murakami, K. Ito, T. Sato, S. Miyamoto, S. Suzuki, H. Minamiyama, M. Dhamrin, and N. Usami, Scheil-Gulliver Model Studies on Al-paste-based SiGe Film Growth for on-silicon Multi-junction Solar Cells, International Conference on Solid State Devices and Materials SSDM 2024, September 1-4, 2024, Arcrea Himeji, Japan
- [9] Y. Michishita, S. Fukaya, K. Gotoh, Y. Kurokawa and N. Usami, Understanding Interface States in TiO_x/Si Heterostructure by Analysing Temperature Dependence of Effective Carrier Lifetime, 41st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition EU PVSEC, September 23-27, 2024, Vienna, Austria
- [10] T. Li, H. Sakane, S. Harada, Y. Kurokawa, M. Kato, Hydrogen and point defect introduction into 4H-SiC by plasma treatment, ICSCRM 2024, September 29- October 4, 2024, Raleigh, North Carolina, USA
- [11] S. Kato, H. Li, Y. Ishii, Y. Kurokawa and T. Soga, Development of porous silicon nanowires with conductive paths and large specific surface area and application to lithium-ion batteries, ECS PRiME 2024, October 6-11, 2024, Hawaii Convention Center & Hilton Hawaiian Village, Honolulu
- [12] G. Tamura, N. Uene, K. Gotoh, N. Usami, and T. Tokumasu, Reactive Force-Field Molecular Dynamics Study for Analysis of Silicon Nanocrystal Formation Process in Silicon Oxide Film, ECS PRiME 2024, October 6-11, 2024, Hawaii Convention Center & Hilton Hawaiian Village, Honolulu
- [13] T. Kusumoto, Y. Kurokawa, N. Usami and T. Itoh, Fabrication of Tilted $\text{Mg}_2\text{Si}/\text{Metal}$ Multilayer Composite Modules by a New Method and Evaluation of the Thermoelectric Power Generation Performance, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, World PM2024, October 13-17, 2024, Yokohama, Japan
- [14] Y. Michishita, S. Fukaya, K. Gotoh, Y. Kurokawa and N. Usami, A Study on the Passivation Enhancement Mechanism of TiO_x/Si Heterostructure Using Markov Chain Monte Carlo Method, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji),

Japan

- [15] K. Mizutani, K. Gotoh, T. Tachibana, Y. Kurokawa, T. Ozawa, M. Wilde, K. Fukutani, N. Usami, Suppression of film blistering in silicon nano-crystals/silicon oxide composite layer by insertion of intrinsic hydrogenated amorphous silicon layer, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [16] G. Tamura, N. Uene, K. Gotoh, N. Usami, T. Tokumasu, Numerical simulation study for analysis of Si nanocrystal / SiO_x compound layer by ReaxFF Molecular Dynamics, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [17] S. Okochi, S. Miyamoto, S. Kato, N. Usami, Y. Kurokawa, Preparation of silicon nanosheets for solar cell applications, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [18] K. Takagi, A. Arata, Y. Kurokawa, A. Masuda, N. Usami, K. Gotoh, Electrical properties manipulation of nanocrystalline silicon/silicon oxide composite films, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [19] H. Yamaguchi, S. Fukaya, Y. Kurokawa, N. Usami, Improvement of nano-texture uniformity formed on crystalline silicon surface by anisotropic alkaline etching for perovskite/silicon tandem solar cells, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [20] H. Hirono, H. Matsuo, H. Tanabe, N. Usami, Analysis of crystal defects inside mono-cast Si ingot using PL imaging, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [21] S. Kondo, Y. Kurokawa, K. Gotoh, K. Kutukake, N. Usami, Investigation of deposition conditions for multilayer passivation thin films using Bayesian optimization with hydrogen concentration as an index, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [22] N. Ohashi, M.A. Truong, T. Nakamura, R. Murdey, K. Nakamura, Y. Ohshita, T. Nishihara, H. Lee, A. Ogura, N. Usami, K. Gotoh, A. Masuda, Y. Kanemitsu, A. Wakamiya, Large area four-terminal perovskite silicon tandem solar cells with face-on oriented tripodal triazatruxene hole-collecting monolayer, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [23] K. Hanzawa, S. Kato, M. Kusumoto, K. Yamanaka, T. Doi, Y. Kurokawa, N. Usami, T. Itoh, Evaluation of Thermoelectric Performance of Mg₂Si Synthesized Using Silicon Extracted from Waste PV Modules, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [24] S. Fukaya, K. Gotoh, H. Sai, Y. Kurokawa, N. Usami, T. Matsui, Effect of TiO_x layer thickness and LiF interlayer on the passivation performance of TiO_x/Si heterostructure, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [25] S. Fukaya, Y. Michishita, N. Uene, K. Gotoh, T. Tokumasu, N. Usami, Numerical analysis of TiO_x/Si Heterostructure with Molecular Dynamics Simulation, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [26] K. Ito, Y. Imai, S. Miyamoto, R. Katsube, S. Suzuki, H. Minamiyama, M. Dhamrin, N. Usami, Epitaxial growth of SiGe with thick Ge-rich regions on Si (111) substrates by screen-printing and annealing, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, PVSEC-35, November 10-15, 2024, Numazu (Mt. Fuji), Japan
- [27] Y. Michishita, S. Fukaya, N. Uene, K. Gotoh, T. Tokumasu and N. Usami, Investigation of the Passivation Mechanism of TiO_x/Si Heterostructure by Molecular Dynamics Simulation, 21st International Conference on Flow Dynamics, ICFD 2024, November 18-20, 2024, Sendai International Center

- [28] T. Deshimaru, K. Kutsukake, H. Kudo, R. Katsube, N. Usami, GAN-based realistic 3D multicrystalline Si structure generation using actual Si ingot crystallographic information, 2024 MRS Fall Meeting & Exhibit, December 1-6, 2024, Hynes Convention Center and adjacent Sheraton Boston Hotel

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 宇佐美徳隆, シリコンをモデルとした多結晶材料情報学の開拓と他材料への展開, 低温工学・超電導学会材料研究会2024年度第1回シンポジウム, 愛知工業大学本山キャンパス, 2024年6月7日
- [2] 黒川 康良, 伊関 良子, 後藤 和泰, 宮本 聡, 尾崎 亮, 中村 京太郎, 大下 祥雄, 宇佐美 徳隆, ナノインプリント法を用いたSiヘテロ接合太陽電池用光閉じ込め構造の実装, 次世代太陽電池セル・モジュール分科会/WinPVJ分科会, 2024年度第1回研究会, 長州産業本社, 2024年7月10日

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 近藤 蒼馬, 黒川 康良, 後藤 和泰, 杓掛 健太郎, 宇佐美 徳隆, 水素濃度を指標としたベイズ最適化を用いた多層パッシベーション膜の製膜条件探索, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [2] 田村 玄汰, 上根 直也, 後藤 和泰, 宇佐美 徳隆, 徳増 崇, シリコン酸化膜におけるシリコンナノ結晶の成長メカニズムの解明に向けた反応性力場分子動力学法による数値シミュレーション, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [3] 半澤 克道, 加藤 慎也, 楠本 倫大, 山中 健吾, 土居 大亮, 黒川 康良, 宇佐美 徳隆, 伊藤 孝至, 廃棄太陽光パネルから抽出したシリコンを用いた熱電変換Mg₂Si化合物の作製, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [4] 廣野 秀貴, 松尾 整, 田辺 英義, 宇佐美 徳隆, PL イメージングを用いた擬単結晶Si インゴット内部の結晶欠陥解析, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [5] 深谷 昌平, 後藤 和泰, 黒川 康良, 宇佐美 徳隆, 原子層堆積法により作製した酸化チタンへのNb添加による電界効果パッシベーションの向上, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [6] 水谷 和嗣, 後藤 和泰, 立花 福久, 黒川 康良, 宇佐美 徳隆, シリコンナノ結晶/酸化シリコン複合膜におけるi-a-Si:H層挿入によるブリストリングの抑制, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [7] 道下 悠登, 後藤 和泰, 深谷 昌平, 黒川 康良, 宇佐美 徳隆, TiO_x/結晶Siヘテロ構造の実効少数キャリアライフタイムの温度依存性とそのパッシベーション機構, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [8] 山口 大翔, 黒川 康良, 宇佐美 徳隆, 異方性アルカリエッチングで結晶シリコン表面に形成したナノテクスチャの均一性向上, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [9] 大河内 創太, 宮本 聡, 加藤 慎也, 宇佐美 徳隆, 黒川 康良, 太陽電池応用に向けたシリコンナノシートの作製, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [10] 高木 香, 荒田 朝基, 黒川 康良, 増田 淳, 宇佐美 徳隆, 後藤 和泰, ナノ結晶シリコン/酸化シリコン複合膜の組成制御, 第21回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第4回日本太陽光発電学会学術講演会), 広島国際会議場, 2024年7月11日-12日
- [11] 藤久 善司, 木村 侑生, 島野 航輔, 坂根 駿也, 劉 鑫, 宇佐美 徳隆, 鶴殿 治彦, φ 50mmサイズMg₂Si結晶の単結晶化機構の調査, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日

- [12] 朝倉 康太、劉 鑫、鶴殿 治彦、宇佐美 徳隆, Mg₂Si単結晶成長に及ぼす坩堝形状の影響, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [13] 浦野 翔大、原田 知季、沓掛 健太郎、宇佐美 徳隆、碓 哲雄、福山 敦彦, 機械学習を用いた光ヘテロダイン光熱変位信号からのSiの熱拡散率とキャリア寿命の推定, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [14] 弟子丸 拓巳、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, GANを活用した擬似的な三次元多結晶Si組織の生成, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [15] 伊藤 耕平、今井 友貴、宮本 聡、勝部 涼司、鈴木 翔太、スクリーン印刷と焼成による厚いGe-rich領域を伴うSiGe薄膜のSi基板上へのエピタキシャル成長, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [16] 原田 知季、沓掛 健太郎、宇佐美 徳隆、碓 哲雄、福山 敦彦, 光ヘテロダイン光熱変位法による人工的に制御したSi粒界構造の界面熱コンダクタンス測定, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [17] 池田 翔太郎、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, 粒界ネットワーク解析を用いたAl₂O₃微小結晶球製造における凝固開始時のメカニズム解明, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [18] 高木 香、荒田 朝基、黒川 康良、増田 淳、宇佐美 徳隆、後藤 和泰, ナノ結晶シリコン/酸化シリコン複合膜の電気的特性の組成依存性, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [19] 松井 卓矢、深谷 昌平、McNab Shona、齋 均、後藤 和泰、宇佐美 徳隆、Bonilla Ruy Sebastian, 酸化チタンを正孔・電子コンタクトに用いた結晶シリコン太陽電池, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [20] 鳥居 和馬、原 京花、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, 結晶方位分布を考慮した機械学習による結晶欠陥発生予測, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [21] 山中 健吾、黒川 康良、加藤 正史、曾我 哲夫、加藤 慎也, シリコン界面のパッシベーションに及ぼすPEDOT:PSSの微細構造の影響, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ新潟 & オンライン, 2024年9月16日-20日
- [22] 楠本 倫大、黒川 康良、宇佐美 徳隆、伊藤 孝至, ポリ乳酸樹脂隔壁型を用いて作製したMg₂Si/Ni傾斜積層素子によって構成される熱電発電モジュールの発電性能評価, 第21回 日本熱電学会学術講演会, 産業技術総合研究所つくば中央事業所, 2024年9月24日-26日
- [23] 弟子丸 拓巳、鳥居 和馬、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, Siインゴット結晶学情報をを用いたGANによる仮想的な三次元多結晶Si組織の生成, 第1回半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 大阪大学 豊中キャンパス, 2024年10月31日-11月1日
- [24] 鳥居 和馬、原 京花、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, 結晶方位分布を考慮した機械学習による結晶欠陥発生予測, 第1回半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 大阪大学 豊中キャンパス, 2024年10月31日-11月1日
- [25] 弟子丸 拓巳、鳥居 和馬、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, Siインゴット結晶学情報をを用いたGANによる仮想的な三次元多結晶Si組織の生成, 第11回応用物理学会名古屋大学学生・ポストチャプター東海地区学術講演会, 名古屋大学, 2024年11月2日
- [26] 鳥居 和馬、原 京花、沓掛 健太郎、工藤 博章、勝部 涼司、宇佐美 徳隆, 結晶方位を考慮した機械学習による結晶欠陥発生予測と判断根拠の解析, 第11回応用物理学会名古屋大学学生・ポストチャプター東海地区学術講演会, 名古屋大学, 2024年11月2日
- [27] 伊藤 耕平、宮本 聡、勝部 涼司、今井 友貴、鈴木 紹太、南山 偉明、ダムリン マルワン、宇佐美 徳隆, 印刷とアニールにより形成したSiGe薄膜に及ぼすアニール条件の影響, 第11回応用物理学会名古屋大学学生・ポストチャプター東海地区学術講演会, 名古屋大学, 2024年11月2日

- [28] 弟子丸 拓巳, 畑中 大輝, 杳掛 健太朗, 工藤 博章, 勝部 涼司, 宇佐美 徳隆, 実際のSiインゴットの結晶学的情報を用いたGANによる擬似的な三次元多結晶Si組織生成, 第34回日本MRS年次大会, 横浜市開港記念会館, 2024年12月16日-18日
- [29] 鳥居 和馬, 原 京花, 杳掛 健太朗, 工藤 博章, 勝部 涼司, 宇佐美 徳隆, 結晶方位分布を考慮した機械学習による多結晶シリコンの結晶欠陥発生予測と解析, 第34回日本MRS年次大会, 横浜市開港記念会館, 2024年12月16日-18日
- [30] 池田 翔太郎, 杳掛 健太朗, 工藤 博章, 勝部 涼司, 宇佐美 徳隆, 粒界ネットワークグラフを利用したAl₂O₃微小球製造における原料溶融状態の推定, 第34回日本MRS年次大会, 横浜市開港記念会館, 2024年12月16日-18日
- [31] 工藤 博章, 杳掛 健太朗, 宇佐美 徳隆, ケミカルエッチングされた多結晶シリコンウェーハ画像における畳み込みニューラルネットワークによる転位クラスターの領域分割での色ベクトル表現の効果, 第34回日本MRS年次大会, 横浜市開港記念会館, 2024年12月16日-18日
- [32] 深谷昌平, 後藤和泰, 西原達平, 齋均, 黒川康良, 宇佐美徳隆, 松井卓矢, 硬X線光電子分光法を用いたTiO_x電子コンタクト/Si界面における金属電極成膜効果の解析, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2025年3月14日～17日
- [33] 道下悠登, 深谷昌平, 上根直也, 後藤和泰, 徳増崇, 宇佐美徳隆, 分子動力学シミュレーションによるTiO_x/Siヘテロ構造のパッシベーション性能向上機構の解明, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2025年3月14日～17日
- [34] 水谷和嗣, 後藤和泰, 立花福久, 黒川康良, 小澤孝拓, ビルデマーカス, 福谷克之, 宇佐美徳隆, AlO_x:H層によるp型シリコンナノ結晶/酸化シリコン複合膜のキャリア選択性能向上, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2025年3月14日～17日
- [35] 八木健太, 勝部涼司, 今井友貴, 伊藤耕平, 鈴木紹太, 南山偉明, ダムリンマルワン, 宇佐美徳隆, MAPbI₃/SiGeタンデム太陽電池を指向したSi基板上SiGeの組成・製膜プロセス設計, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2025年3月14日～17日
- [36] 半澤克道, 加藤慎也, 楠本倫大, 山中健吾, 土居大亮, 黒川康良, 宇佐美徳隆, 伊藤孝至, 廃棄太陽光パネルから抽出したSiに含まれるAg不純物の除去によるMg₂Si化合物の熱電性能の向上, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2025年3月14日～17日

●先端デバイスグループ

教授 須田 淳	准教授 堀田 昌宏	特任教授 安藤 裕二
---------	-----------	------------

研究テーマ

高性能GaN電子デバイスの実現に向けた要素技術の研究開発

研究の背景・目的

窒化ガリウム (GaN) は、優れた物性を有しており、次世代パワーデバイスや次世代高周波デバイスへの応用が期待されている。GaN高性能デバイスの実現には、結晶成長技術の開発、電子物性の制御、微細加工、局所伝導度制御、表面・界面制御技術の確立、優れた物性を最大限に引き出すデバイス構造の考案など、様々な課題がある。当研究グループでは、GaNやAlGaN/GaNヘテロ界面の諸性質を様々な評価・分析手法により解明するとともに、得られた知見に基づく物性制御法やデバイス構造の提案、デバイス加工に伴う特性劣化などのメカニズム解明やその抑制方法の確立などの研究に取り組んでいる。

成果の概要

- ・高出力RFデバイスへの応用が期待されるAlGaN/GaN HEMTは、絶縁性基板の使用が不可欠であり、異種

基板であるSiCを用いるのが一般的である。対して、我々はAlGaIn/GaN HEMTのさらなる高性能化を目指して、半絶縁性GaIn基板の研究開発を進めている。Fe、C、Mnをドーピングした半絶縁性GaIn上にHEMTデバイスを作製し、室温から高温（600 K）における電気的特性評価から、CドーピングおよびMnドーピング半絶縁性GaIn上のHEMTが高温での逆方向リーク電流が抑制できる点で有用であることを示した。

- パワーデバイス作製において、Mgイオン注入を用いてp型局所ドーピングを行う技術は必要不可欠である。我々は、Mgイオン注入後に、超高压高温（500 MPa、1300° C）で熱処理を行うことでp型伝導を実現する研究に取り組んでいる。フォトルミネセンスとホール効果測定による評価を、ドライエッチングと組み合わせて実施することで、Mgアクセプタ活性化および補償ドナー導入の深さ方向に関する情報を得ることに成功した。
- GaInの物性を活かした縦型パワーデバイスを実現するには、適切な終端構造が必要不可欠である。終端構造の作製には、p型の局所ドーピングが必要であり、Mgイオン注入によって形成される。一般的に、イオン注入はランダム注入で行われるが、我々はチャネリング注入を用いて終端構造を作製することを検討した。デバイスシミュレーションによる性能予測で、チャネリング注入を用いた終端構造は、電界集中緩和の効果が高く、デバイス設計のウィンドウを大きくできることが分かった。これは、パワーデバイスの設計において重要な知見である。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Meneghini, M, Ng, GI, Medjdoub, F, Buffolo, M, Warnock, S, Nath, D, Suda, J, Shi, JX, and Shen, SC, Guest Editorial: Special Issue on Wide and Ultrawide Band Gap Semiconductor Devices for RF and Power Applications, IEEE Trans. Electron Dev., vol. 71, pp. 1340-3, 2024/3/1
- [2] Ando, Y, Oishi, K, Takahashi, H, Makisako, R, Wakejima, A, and Suda, J, Improved Turn-On Voltage Controllability in AlGaIn/GaN Gated-Anode Diodes Using Etch Endpoint Detection Layer, IEEE Trans. Electron Dev., vol. 71, pp. 2936-42, 2024/4/1
- [3] Chichibu, SF, Shima, K, Uedono, A, Ishibashi, S, Iguchi, H, Narita, T, Kataoka, K, Tanaka, R, Takashima, S, Ueno, K, Edo, M, Watanabe, H, Tanaka, A, Honda, Y, Suda, J, Amano, H, Kachi, T, Nabatame, T, Irokawa, Y, and Koide, Y, Impacts of vacancy complexes on the room-temperature photoluminescence lifetimes of state-of-the-art GaIn substrates, epitaxial layers, and Mg-implanted layers, J. Appl. Phys., vol. 135, p. 185701, 2024/5/8
- [4] Kitagawa, K, Matys, M, Kachi, T, and Suda, J, Study on the Impact of Mg-Channeled Implantation on Junction Termination Extension for GaIn Vertical Power Devices Using TCAD Simulation, IEEE Trans. Electron Dev., vol. 71, pp. 5239-44, 2024/7/22
- [5] Ando, Y, Takahashi, H, Makisako, R, Wakejima, A, and Suda, J, Improvement of Gate Length Dependence in Electrical Characteristics of AlGaIn/GaN Dual-Gate HEMTs, IEEE Trans. Electron Dev., vol. 71, pp. 5280-8, 2024/7/26
- [6] Ito, K, Tanaka, H, Horita, M, Suda, J, and Kimoto, T, Influence of fixed charges and trapped electrons on free electron mobility at 4H-SiC(0001)/SiO₂ interfaces with gate oxides annealed in NO or POCl₃, Appl. Phys. Exp., vol. 17, p. 081003, 2024/8/12
- [7] Biswas, D, Bose, A, Takahashi, H, Ando, Y, and Wakejima, A, Gated-anode diodes for RF and microwave rectifiers for WPT applications: a simulation study on DC and RF characteristics, J. Comput. Electron., vol. 23, pp. 1368-79, 2024/9/23
- [8] Ito, K, Horita, M, Suda, J, and Kimoto, T, Impact of Coulomb scattering due to trapped electrons on Hall mobilities in 4H-SiC (11(2)over-bar0) and (1(1)over-bar00) MOSFETs annealed in NO, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 63, p. 110903, 2024/11/11
- [9] Iguchi, H, Kataoka, K, Horita, M, Narita, T, Yamada, S, Tomita, K, Kachi, T, and Suda, J, A distinctive bound exciton line induced by electron-beam irradiation and subsequent annealing of an unintentionally doped GaIn

- layer, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 63, p. 110904, 2024/11/26
- [10] Narita, T, Ito, K, Iguchi, H, Kikuta, D, Kanechika, M, Tomita, K, Iwasaki, S, Kataoka, K, Kano, E, Ikarashi, N, Horita, M, Suda, J, and Kachi, T, Engineered interface charges and traps in GaN MOSFETs providing high channel mobility and E-mode operation, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 63, p. 120801, 2024/12/11
 - [11] Kishimoto, N, Taguchi, G, Tsuchiya, Y, Biswas, D, Ma, Q, Takahashi, H, Ando, Y, and Wakejima, A, High-Efficiency Rectification Characteristics at 2.4 GHz With AlGaIn/GaN GADs for Microwave WPT, IEEE Microwave Wireless Tech., vol. 35, pp. 310-3, 2025/1/6
 - [12] Ito, K, Tanaka, H, Horita, M, Suda, J, and Kimoto, T, Free electron mobility limited by fixed charges and trapped electrons in 4H-SiC (1120) and (1100) MOSFETs annealed in NO, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 64, p. 010902, 2025/1/7
 - [13] Watanabe, T, Takahashi, H, Makisako, R, Wakejima, A, Ando, Y, and Suda, J, Impact of a Moderately Doped Contact Layer on Breakdown Voltage in AlGaIn/GaN Gated-Anode Diodes for Microwave Rectification, IEEE Trans. Electron Dev., vol. 72, pp. 1008-13, 2025/1/28
 - [14] Ando, Y, Takahashi, H, Makisako, R, Wakejima, A, and Suda, J, AlGaIn/GaN Dual-Gate HEMT Using a High Al Mole Fraction and Thin Barrier Layer, Electron. Lett., vol. 61, p. e70194, 2025/3/1
 - [15] Sumida, K, Kataoka, K, Narita, T, Horita, M, Kachi, T, and Suda, J, Depth Analyses of Acceptor and Compensating Donor Concentrations in Mg-Ion-Implanted GaN with Ultra-High-Pressure Annealing, phys. stat. sol. (b), vol. 2025, p. 2400613, 2025/3/25
 - [16] Ichikawa, Y., Ueno K., Kondo T., Tanaka R., Takashima S., and Suda J., Density and energy level of near-interface trap estimated by analysis of threshold voltage shift due to positive bias stress in GaN planar MOSFETs with SiO₂ gate dielectric, Appl. Phys. Exp., vol. 18, p. 031002, 2025/3/27

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Narita, T., Ito, K., Iguchi, H., Kikuta, D., Iwasaki, S., Kataoka, K., Kano, E., Ikarashi, N., Kanechika, M., Tomita, K., Horita, M., and Suda, J., Engineering of Channel Mobility, Threshold Voltage and Reliability in GaN MOSFETs Using AlSiO/AlN Gate Stacks Formed By Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition, GaN Marathon 2024, 11A-5, 2024/6/11, Verona, Italy, GaN Marathon 2024
- [2] Narita, T., Ito, K., Iguchi, H., Iwasaki, S., Kikuta, D., Kano, E., Ikarashi, N., Tomita, K., Horita, M., and Suda, J., Engineering of Interface Charges in AlSiO/AlN/p-type GaN-MOSFETs to Control Threshold Voltage Stability and Channel Mobility, 15th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, 10-2, 2024/8/29, Sendai, Miyagi, Japan, TWHM2024
- [3] Narita, T., Ito, K., Kanechika, M., Iguchi, H., Iwasaki, S., Kikuta, D., Kano, E., Ikarashi, N., Tomita, K., Horita, M., Suda, J., and Kachi, T., Engineering of Channel Mobility and Threshold Voltage in AlSiO/AlN/p-type GaN, Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials, D-7-01, 2024/9/4, Himeji, Hyogo, Japan, SSDM2024
- [4] Suda, J., Vertical GaN Power Devices on GaN Substrates, The 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors, Plenary session 2, 2024/10/14, Busan, Korea, Korea Society of LEDs and Optoelectronics
- [5] Suda, J., and Horita, M., Characterization of Extrinsic and Intrinsic Point Defects in Homoepitaxial GaN, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, CH: Doping and Defects 3 - 1, 2024/11/7, Honolulu, HA, USA, IWN 2024

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Kitagawa, K., Matys, M., Narita, T., Uesugi, T., Suda, J., and Kachi, T., Fabrication of vertical GaN junction barrier Schottky diodes using Mg ion implantation, 15th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, 7-4, 2024/8/28, Sendai, Miyagi, Japan, TWHM2024, ポスター発表
- [2] Iguchi, H., Kataoka, K., Horita, M., Narita, T., Tomita, K., and Suda, J., Study of excess donor-like defects introduced by Si-ion implantation and subsequent annealing in n-type homoepitaxial GaN layers, 24th

- International Conference on Ion Implantation Technology 2024, O11, 2024/9/25, Toyama, Toyama, Japan, IIT2024
- [3] Yamada, S., Tanaka, K., Arai, M., Kachi, T., and Suda, J., Surface Morphologies and Electrical Properties of N-type GaN Films Deposited by Two Different Sputtering Methods, The 11th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors, TB4-5, 2024/10/15, Busan, Korea, Korea Society of LEDs and Optoelectronics
 - [4] Kumabe, T., Yoshikawa, A., Kawasaki, S., Kushimoto, M., Honda, Y., Arai, M., Suda, J., and Amano, H., High-Al-content AlGaIn p-n Diodes Enabled by Distributed Polarization Doping, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: Power/High Voltage 1 - 6, 2024/11/4, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [5] Yamada, S., Tanaka, K., Arai, M., Kachi, T., and Suda, J., Effects of Subsequent Annealing on Etching Resistance and Electrical Properties of n-type GaN Films Deposited by Reactive Sputtering Method, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: Processing 1 - 4, 2024/11/5, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [6] Tanaka, A., Yui, T., Aratani, T., Ishida, T., Honda, Y., Ohara, J., Kanemura, T., Nagasato, Y., Onda, S., Suda, J., and Amano, H., Influence of laser processing point on GaN Crystal in laser slicing, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: Processing 1 - 6, 2024/11/5, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [7] Ichikawa, Y., Ueno, K., Kondo, T., Tanaka, R., Takashima, S., and Suda, J., Bias voltage and temperature dependence of threshold voltage instability due to positive bias stress in GaN planer MOSFETs with SiO₂ gate dielectric, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: Insulated Gate FETs 2 - 7, 2024/11/5, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [8] Sumida, K., Kataoka, K., Narita, T., Horita, M., Kachi, T., and Suda, J., Reduction of Compensating Donor Concentration by Sequential N-ion Implantation in Mg-ion Implanted p-GaN, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, CH: Doping and Defects 1 - 5, 2024/11/5, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [9] Hayashi, K., Horita, M., Tanaka, R., Takashima, S., Ueno, K., and Suda, J., Electron traps with extremely long capture time constant related to threading dislocations in n-type GaN with oxygen ion implantation and annealing, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, Poster 158, 2024/11/5, Honolulu, HA, USA, IWN 2024, ポスター発表
 - [10] Watanabe, T., Takahashi, H., Wakejima, A., Ando, Y., and Suda, J., Proposal of AlGaIn/GaN Gated-Anode Diode Model Incorporating Internal HEMT Structure for Loss Analysis towards Efficient Microwave Rectification, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: RF - 2, 2024/11/6, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [11] Kitagawa, K., Matys, M., Uesugi, T., Horita, M., Kachi, T., and Suda, J., Characterization of GaN vertical JBS diodes fabricated by channeled implantation of Mg ions and subsequent ultra-high-pressure annealing, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED: Diodes and Vertical Devices - 5, 2024/11/6, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [12] Chichibu, S., Shima, K., Uedono, A., Ishibashi, S., Iguchi, H., Narita, T., Kataoka, K., Tanaka, R., Takashima, S., Ueno, K., Edo, M., Watanabe, H., Tanaka, A., Honda, Y., Suda, J., Amano, H., Kachi, T., Nabatame, T., Irokawa, Y., and Koide, Y., Minority carrier capture coefficients of major midgap recombination centers in the state-of-the-art GaN substrates, epilayers, and Mg-implanted layers, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, CH: Carrier Dynamics 2 - 3, 2024/11/6, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [13] Endo, M., Suda, J., and Horita, M., Identification of deep levels originating from nitrogen interstitials in n-type GaN, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, CH: Doping and Defects 3 - 6, 2024/11/7, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [14] Tanaka, K., Yamada, S., Arai, M., Kachi, T., and Suda, J., Lower Limit of Deposition Temperature for N-polar n-type GaN Films Deposited by Plasma-Assisted Reactive Sputtering, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, GR: InGaIn and Other Novel Concepts - 3, 2024/11/7, Honolulu, HA, USA, IWN 2024
 - [15] Hirata, T., Kanechika, M., Kachi, T., and Suda, J., Systematic investigation of the effects of ultra-high-pressure post-deposition annealing on AlSiO₂/n-GaN MOS properties, 12th International Workshop on Nitride

Semiconductors 2024, ED: Processing 2 - 2, 2024/11/8, Honolulu, HA, USA, IWN 2024

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 鐘ヶ江 一孝, 堀田 昌宏, 西中 浩之, 木本 恒暢, 須田 淳, ワイドバンドギャップ半導体の点欠陥の定量, 第16回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 日本結晶成長学会ナノ構造・エピタキシャル成長分科会, 高知県立県民文化ホール, Fr-I01, 2024/5/30
- [2] 堀田 昌宏, 須田 淳, GaNパワーデバイス研究開発の最新動向, 第88回半導体・集積回路技術シンポジウム, 電気化学会電子材料委員会, 東京理科大学森戸記念館, 5, 2024/8/26
- [3] 角田 健輔, 片岡 恵太, 成田 哲生, 堀田 昌宏, 加地 徹, 須田 淳, Mg イオン注入p-GaNにおける注入領域および拡散領域のN イオン連続注入による補償ドナー濃度低減効果, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 16p-A22-8, 2024/9/16
- [4] 北川 和輝, Maciej Matys, 上杉 勉, 堀田 昌宏, 加地 徹, 須田 淳, Mg チャネリングイオン注入および超高压アニールを用いて作製した縦型GaN JBS ダイオードにおける電流-電圧特性の注入量依存性, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 16p-A22-9, 2024/9/16
- [5] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによる AlN 系縦型p-n ダイオードの作製, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 16p-A22-12, 2024/9/16
- [6] 須田 淳, GaNパワーデバイスの現状と今後の展開, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 17p-A41-7, 2024/9/17
- [7] 安藤 裕二, 高橋 英匡, 牧迫 隆太郎, 分島 彰男, 須田 淳, Beyond 5G 応用に向けたAlGaIn/GaNデュアルゲートHEMTの検討, 電子情報通信学会電子デバイス/マイクロ波合同研究会, 電子情報通信学会, 深谷公民館・深谷生涯学習センター, ED2024-80, MW2024-1066, 2025/1/23
- [8] 須田 淳, GaN縦型パワーデバイスの現状と今後の展開, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第28回研究会「SiC, GaN パワーデバイスの現状ならびに新しい基板加工技術」, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会, 幕張メッセ国際会議場, 2, 2025/3/7
- [9] 堀田 昌宏, 須田 淳, 窒化ガリウム中の点欠陥と深い準位の評価, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 第29回研究会「パワーデバイスの特性を左右する点欠陥・拡張欠陥」, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会, 京都テルサ, 3, 2025/3/11

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 高橋 英匡, 安藤 裕二, 分島 彰男, 須田 淳, GaN-GAD マイクロ波整流器における変換効率の周波数依存性解析, 2024年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 電子情報通信学会, 日本工業大学埼玉キャンパス, C-2A-05, 2024/9/10
- [2] 李 太起, 吉川 陽, 隈部 岳瑠, 杉山 聖, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, MOVPE 法で成膜したAlN 基板上の格子整合AlN/GaN HEMT の動作実証, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 16p-A22-16, 2024/9/16
- [3] 安藤 裕二, 高橋 英匡, 牧迫 隆太郎, 分島 彰男, 須田 淳, 高AlNモル分率AlGaIn/GaNデュアルゲートHEMTの電気的特性, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学, 朱鷺メッセ他2会場, 16p-A22-17, 2024/9/16
- [4] 渡邊 智也, 高橋 英匡, 分島 彰男, 安藤 裕二, 須田 淳, マイクロ波整流用GaIn HEMT構造ゲートドアンードダイオードの整流効率向上に向けた素子構造の検討, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学, 朱鷺メッセ他2会場, 19a-C41-11, 2024/9/19
- [5] 平山 祐輔, 清水 真理子, 彦坂 年輝, 名古屋 梶原 瑛祐, 布上 真也, 堀田 昌宏, 須田 淳, Si基板上炭素ドーピングGaInショットキーバリアダイオードの電流輸送機構の検討, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他2会場, 19a-C41-1, 2024/9/19
- [6] 井口 紘子, 堀田 昌宏, 片岡 恵太, 成田 哲生, 渡邊 浩崇, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, 須田 淳, イオン注入により形成されるドナー型欠陥の起源解明に向けた低ドーズAlイオン注入GaInの実効ドナー

密度の深さ方向分布の評価, 第85回応用物理学秋季学術講演会, 応用物理学学会, 朱鷺メッセ他2会場, 19a-C41-5, 2024/9/19

- [7] Ichikawa, Y., Ueno, K., Kondo, T., Tanaka, R., Takashima, S., and Suda, J., Threshold Voltage Instability under Various Bias Stress Conditions in GaN Planar MOSFETs with SiO₂ Gate Dielectric, 第43回電子材料シンポジウム, 電子材料シンポジウム, グラントメルキュール奈良橿原, We2-17, 2024/10/2, ポスター発表
- [8] Kusunoki, N., Oka, T., Tanaka, N., Hasegawa, K., Izumi, T., Niwa, T., and Suda, J., Electrical properties of GaN npn structures used in GaN trench MOSFETs, 第43回電子材料シンポジウム, 電子材料シンポジウム, グラントメルキュール奈良橿原, Th1-23, 2024/10/3, ポスター発表
- [9] Hirayama, Y., Shimizu, M., Hikosaka, T., Nago, H., Kajiwara, Y., Nunoue, S., Horita, M., and Suda, J., Current Transport Mechanism of Carbon-doped GaN Schottky Barrier Diodes Grown on Si substrates, 第43回電子材料シンポジウム, 電子材料シンポジウム, グラントメルキュール奈良橿原, Th2-15, 2024/10/3, ポスター発表
- [10] 李 太起, 吉川 陽, 杉山 聖, 新井 学, 安藤 裕二, 須田 淳, 天野 浩, 2 MV/cmの高い絶縁破壊電界を有するAlN基板上シュドモルフィックAlN/GaN/AlN HEMTのオン抵抗低減, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 15a-K401-4, 2025/3/15
- [11] 嶋 紘平, 石橋 章司, 上殿 明良, Michal Bockowski, 須田 淳, 加地 徹, 秩父 重英, 超高压アニール処理した無添加およびイオン注入GaNのフォトルミネッセンス評価, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 16p-K401-7, 2025/3/16
- [12] 藤本 拓也, 安藤 裕二, 高橋 英匡, 牧迫 隆太郎, 分島 彰男, 須田 淳, ゲート先行プロセスで作製したn+-GaIn/n+-AlGaIn二層キャップ構造AlGaIn/GaN HEMTの電気的特性, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 17p-K301-4, 2025/3/17
- [13] 山田 真嗣, 田中 希帆, 新井 学, 加地 徹, 須田 淳, 異なる成膜源を用いて作製したn型GaInスパッタ膜の特性比較, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 17a-K301-3, 2025/3/17
- [14] 楠木 菜水, 岡 徹, 田中 成明, 長谷川 一也, 泉 貴富, 丹羽 隆樹, 須田 淳, GaN縦型トレンチMOSFETに用いられるnnp構造のサブバンドギャップ光照射時の電気特性, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 17a-K301-6, 2025/3/17
- [15] 岡 徹, 須田 淳, GaN npn構造の電流-電圧特性の解析, 第72回応用物理学春季学術講演会, 応用物理学学会, 東京理科大学野田キャンパス, 17a-K301-7, 2025/3/17

Ⅵ. 特許等 (出願、公開、登録)

a. 特許 (出願特許)

- [1] 安藤 裕二, 高橋 英匡, 分島 彰男, 半導体装置, 特願2024-184977, 2024/10/21, 国立大学法人東海国立大学機構, 国立大学法人熊本大学

●ナノ電子デバイスグループ

教授 中塚 理	准教授 黒澤 昌志	助教 坂下 満男
助教 柴山 茂久		

研究テーマ

Si LSIプラットフォーム上多機能デバイス集積に向けたIV族半導体薄膜の結晶成長および界面制御技術の開発

研究の背景・目的

次世代の省電力・高速・高集積・多機能ナノエレクトロニクスの発展に向けて、高キャリア移動度、低

温成長可能、元素組成・結晶歪によるバンド構造変調、直接遷移化などの特長を有するゲルマニウム (Ge)、ゲルマニウム錫 (GeSn)、シリコンゲルマニウム錫 (SiGeSn) などのIV族半導体に着目し、主要な研究開発を推進している。既存のシリコン集積回路プラットフォームへの親和性にも優れる、これら新規IV族半導体材料のデバイス実用化には、薄膜結晶成長技術に加えて、結晶歪制御やキャリア移動度向上、エネルギーバンド構造、結晶欠陥・結晶転位、不純物ドーピングの制御、ナノ構造形成、金属/半導体および絶縁物/半導体界面物性制御など、様々な結晶・電子物性の理解に基づく応用技術の構築が必要不可欠である。当研究室では、多様なIV族半導体薄膜のエピタキシャル成長技術構築、多層ヘテロ構造のバンド構造設計・作製と光電・熱電物性の制御、各種界面の結晶構造および欠陥物性・電気伝導特性の制御などについて研究を推進している。

成果の概要

本年度に得られた主要な成果を記す。

- (1) 大格子定数GaSb基板を用いることによって、Ge中のSnの熱平衡固溶限(～1%)を大幅に超える52%に達する極めて高い錫組成を有するGeSnエピタキシャル薄膜の創製を世界に先駆けて実証した。この成果により、数 μm の波長を超える中・遠赤外領域に到達する極狭ギャップのIV族混晶半導体の単結晶薄膜創製に向けた技術指針を示した。また、同試料に対する顕微ラマン散乱分光法によるGe-Sn結合構造の分析から、従来にない規則的結晶構造を有するGeSn混晶の形成を示唆する結果を得た。
- (2) GeSnを用いた共鳴トンネルダイオードや受光素子のためのパッシベーション技術として、原子層堆積(ALD)-GeO₂を用いた薄膜形成および界面物性制御技術を開発した。ALD-GeO₂堆積後熱処理(POA)を施したGeO₂/p-Ge MOSキャパシタの電気的特性評価から、ALD-GeO₂/p-Ge界面はALD-Al₂O₃/p-Ge界面と比べて低異界面準位密度を達成できることを実証した。また、ALD-GeO₂層およびPOAが、p-GeSn/n-Geダイオードにおいて逆方向電流密度を大幅に低減できることをその電気的特性から実証した。この特性は、p-GeSnに対するALD-GeO₂層による化学パッシベーションおよび電界効果パッシベーションの両面の効果によると推測されることを実験的に示した。
- (3) IV族混晶GeSn/SiGeSn二重ヘテロ構造を用いた共鳴トンネルダイオード(RTD)の結晶欠陥低減によるRTD動作温度の上昇を目的として、GeSn層への選択的H₂導入によるい高品質GeSn/GeSiSnヘテロ構造の形成を実証した。さらに、同構造を用いたRTD試作と電気特性評価を行った結果、300 Kの室温におけるRTD特有の負性微分抵抗の観測に成功した。

発表論文等

I. 論文(査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] S. Shibayama, S. Mori, Y. Kato, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Comprehensive study on epitaxial growth of GeSn(111) layers with high Sn content on Si(111) featuring Ge buffer layer, ECS Trans., Vol.114, No.2, pp.215-224, 2024
- [2] T. Hiraide, S. Shibayama, M. Kurosawa, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Tensile-strained Ge_{1-x}Sn_x layers on Si(001) substrate by solid phase epitaxy featuring seed layer introduction, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.63, No.4, pp.045505 (7 pages), 2024.04
- [3] T. Maeda, H. Ishii, W. H. Chang, S. Zhang, S. Shibayama, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Layer transfer of epitaxially grown Ge-lattice-matched Si_{27.8}Ge_{64.2}Sn₈ films, Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.176, pp.108304 (7 pages), 2024.06.15
- [4] S. Shibayama, K. Takagi, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Ge_{1-x}Sn_x layers with x~0.25 on InP(001) substrate grown by low-temperature molecular beam epitaxy reaching 70 °C and in-situ Sb doping, Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.176, pp.108302 (8 pages), 2024.06.15
- [5] S. Shibayama, K. Shibata, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Epitaxial growth of Ge_{1-x}Sn_x thin film with Sn composition of 50% and possibility of Ge-Sn ordered bonding structure formation, Applied Physics

Express, Vol.17, No.11, pp.115503 (4 pages), 2024.11

- [6] T. Maeda, H. Ishii, W. H. Chang, K. Takagi, S. Shibayama, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Ge_{0.75}Sn_{0.25} on insulator metal-semiconductor-metal photodetector by layer transfer technique, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.64, No.1, pp.01SP11 (7 pages), 2025.01
- [7] S. Shibayama, S. Ishimoto, Y. Kato, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Emergence of Negative Differential Resistance Through Hole Resonant Tunneling in GeSn/GeSiSn Double Barrier Structure, IEEE Journal of the Electron Devices Society, Vol.13, pp.79 ~ 85, 2025.01.13
- [8] Y. Nagae, M. Kurosawa, K. Shiraishi and O. Nakatsuka, First-principles investigation of phase transition from zincblende to L10 at high temperature in Si_{0.5}Sn_{0.5} alloys, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.64, No.2, pp.021004 (7 pages), 2025.02

II. 著書

- [1] 2024/6/20, 半導体・磁性体・電池の固/固界面制御と接合・積層技術, 中塚 理、他42名, 単著, 第2章 半導体界面の制御と半導体異種集積・接合技術 第1節金属/半導体界面の現象と電子物性, S&T出版株式会社

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] M. Kurosawa, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, Recent Progress on Heteroepitaxy of Si-Sn Alloy Thin Films, Pacific Rim Meeting 2024 Joint The 246th Meeting of The Electrochemical Society (PRiME 2024/246th ECS Meeting), G03-2348, 20241010, Honolulu, HI, USA, ECS
- [2] O. Nakatsuka, S. Shibayama, M. Kurosawa, and M. Sakashita, Explorer and Development of Very-High-Sn-Content Ge_{1-x}Sn_x Epitaxy for Electronic and Optoelectronic Applications, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, I-04, 20241021, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
- [3] S. Shibayama, S. Ishimoto, Y. Kato, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, New interests of Ge_{1-x}-ySixSny/Ge_{1-x}Sn_x heterostructures for electronic device applications, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, I-13, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Y. Kato, M. Sakashita, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, Efficient Reverse Current Reduction of GeSn-Based pn Diodes by Surface Passivation of ALD-GeO₂ and Al₂O₃ Stacked Structure, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), A-2-03, 20240902, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [2] K. Matsumoto, M. Araidai, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Nishimura, K. Nagashio, and M. Kurosawa, Influence of Hydrogen Desorption Temperature on Interlayer Distance of Multilayered GeH Nanosheets under Ultrahigh Vacuum Ambient, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), M-6-03, 20240904, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [3] K. Kato, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, and M. Kurosawa, Comprehensive Study on Crystal Growth of CaSi₂ Layers on Si(111) Using Solid Phase Epitaxy, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), M-6-04, 20240904, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [4] M. Inayoshi, N. Hikosaka, R. Kamiya, E. Kagoshima, S. Shibayama, M. Sakashita, H. Tomita, T. Nishiwaki, H. Fujiwara, O. Nakatsuka, N. Taoka, and W. Takeuchi, Impacts of Mechanical Uniaxial Stress on Mobility Enhancement of 4H-SiC Trench MOSFET, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), SO-PS-04-19, 20240903, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポス

ター発表

- [5] T. Maeda, H. Ishii, W. H. Chang, K. Takagi, S. Shibayama, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, GeSn on Insulator Metal-Semiconductor-Metal Photodetector By Layer Transfer Technique, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), SO-PS-11-06, 20240903, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表
- [6] O. Nakatsuka, S. Mori, S. Shibayama, M. Sakashita, and M. Kurosawa, Epitaxial Growth and Characterization of GeSn Layers on Si(111) Substrate Using Ge Buffer Layers, Pacific Rim Meeting 2024 Joint The 246th Meeting of The Electrochemical Society (PRiME 2024/246th ECS Meeting), G03-2347, 20241010, Honolulu, HI, USA, ECS
- [7] A. Nakayama, K. Matsumoto, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, and M. Kurosawa, Formation of methylated germanane multilayers from CaGe_2 epitaxial layers on Ge(111), 15th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-06, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表
- [8] T. Matsumoto, A. Ohta, R. Yokogawa, M. Sakashita, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, Segregation induced GeSn nanosheet formation through Al and Ge $_{1-x}\text{Sn}_x$ epitaxial layers, 15th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-08, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表
- [9] S. Shibayama, T. Kabeya, M. Sakashita, M. Kurosawa, and O. Nakatsuka, Impact of deposition rate on spatial homogeneity of high-Sn-content Ge $_{1-x}\text{Sn}_x$ ($x \sim 0.25$) epitaxial layers in sputtering method, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 18th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2025 / IC-PLANTS 2025), 20250305, Chubu Univ., Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 中塚理, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 最先端集積回路における金属/IV族半導体界面物性制御の課題と展開, 第85回応用物理学会秋季学術講演会 (シンポジウム: 接合技術と先端シリコン集積回路の展開: 過去、現在、未来), 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19p-A23-2, 20240919

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] K. Kato, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, G. Ahmad, S. Rifky, F. Ishii, T. Katase, and M. Kurosawa, Low-temperature thermoelectric properties of epitaxial CaSi_2 layers on Si(111) substrates, 公益社団法人日本セラミックス協会第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学 (東山キャンパス), 1A14, 20240910
- [2] I. Sugimura, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, R. Wada, T. Kuroi, T. Katase, and M. Kurosawa, Low-temperature thermoelectric properties of n-type 4H-SiC layers formed by ion implantation, 公益社団法人日本セラミックス協会第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学 (東山キャンパス), 1A15, 20240910
- [3] 加藤芳規, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, ALD- GeO_2 を用いたGeSnの表面パッシベーション, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16p-C302-3, 20240916
- [4] 鳥本昇汰, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, GeSiSn/GeSnヘテロ構造を用いたp型HEMTの構造設計, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 17p-P06-1, 20240917, ポスター発表
- [5] 中塚理, 壁谷汰知, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 高Sn組成Ge $_{1-x}\text{Sn}_x$ エピタキシャル層の結晶性に堆

- 積速度が及ぼす影響, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19a-B5-6, 20240919
- [6] 前田辰郎, 石井裕之, 張文馨, 高木孝明, 柴山茂久, 黒澤昌志, 中塚理, 転写を用いたInP格子整合系GeSnOI MSMフォトディテクターの試作, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19a-B5-7, 20240919
- [7] 柴山茂久, 石本修斗, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, GeSiSn/GeSn二重障壁構造のエピタキシャル成長におけるH₂導入効果, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19a-B5-8, 20240919
- [8] 中山敦稀, 松本一步, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 黒澤昌志, 分子線エピタキシー法を用いたメチル化ゲルマナン薄膜の形成分子線エピタキシー法を用いたメチル化ゲルマナン薄膜の形成, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19p-B5-7, 20240919
- [9] 松本泰河, 大田晃生, 横川凌, 黒澤昌志, 坂下満男, 中塚理, 柴山茂久, 偏析GeSn極薄結晶の形成に向けたGe_{1-x}Sn_xエピタキシャル膜の表面処理, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19p-B5-8, 20240919
- [10] 水野文二, 岩井洋, 若林整, 水島一郎, 丹上正安, ジョン ボーランド, 中塚理, 高山和良, パネルディスプレイ: 接合技術と先端シリコン集積回路: 未来, 第85回応用物理学会秋季学術講演会 (シンポジウム: 接合技術と先端シリコン集積回路の展開: 過去、現在、未来), 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 19p-A23-3, 20240919
- [11] 伊藤創生, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, スパッタリング法を用いたSiバッファ上Si_{1-x}Sn_x薄膜の結晶成長, 公益社団法人応用物理学会 半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会 第1回半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 公益社団法人応用物理学会, 大阪大学豊中CP, 20241031, ポスター発表
- [12] 中山敦稀, 松本一步, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 黒澤昌志, 分子線エピタキシー法によるCaGe₂薄膜形成とメチル化ゲルマナンへの変換, 公益社団法人応用物理学会 半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会 第1回半導体結晶技術に関する産学連携ワークショップ, 公益社団法人応用物理学会, 大阪大学豊中CP, 20241031, ポスター発表
- [13] 中山敦稀, 松本一步, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 黒澤昌志, CaGe₂エピタキシャル薄膜の形成とメチル化ゲルマナンへの変換, 第11回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 名古屋大学 VBL, B4, 20241102
- [14] 加藤芳規, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, ALD-GeO₂界面層によるGeSnの表面パッシベーション, 第11回応用物理学会名古屋大学スチューデントチャプター東海地区学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 名古屋大学 VBL, B9, 20241102
- [15] 加藤芳規, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, ALD-GeO₂界面層を用いたGeSn/Ge pnダイオードの表面パッシベーション, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会—材料・プロセス・デバイス特性の物理—」(第30回), 公益社団法人応用物理学会, 静岡県総合コンベンション施設プラサヴェルデ (静岡県沼津市), 20250123
- [16] 鳥本昇汰, 石本修斗, 加藤芳規, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, 柴山茂久, GeSn/GeSiSn共鳴トンネルダイオードの室温動作実証, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 17p-K101-6, 20250317
- [17] 中山敦稀, 松本一步, 柴山茂久, 坂下満男, 中塚理, 黒澤昌志, メチル化ゲルマナン薄膜形成時のトポケミカルメチル化反応過程, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15a-K310-2, 20250315
- [18] 松本泰河, 大田晃生, 横川凌, 黒澤昌志, 坂下満男, 中塚理, 柴山茂久, 表面偏析法による結晶化したGeSnナノシートの形成, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15a-K310-5, 20250315

- [19] 奥田太一, 大田晃生, 横川凌, 黒澤昌志, 坂下満男, 中塚理, 柴山茂久, Si(111)基板上Al/Geエピタキシャル層からの偏析による極薄Ge形成, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15a-K310-6, 20250315
- [20] 伊藤創生, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, Si(001)基板上Si_{1-x}Sn_xエピタキシャル成長に堆積速度が及ぼす影響, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15p-K310-6, 20250315
- [21] 柴田海斗, 柴山茂久, 坂下満男, 黒澤昌志, 中塚理, Ge_{0.5}Sn_{0.5}エピタキシャル成長とGe-Sn秩序結合形成の兆候, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15p-K310-7, 20250315

●機能集積デバイスグループ

教授 牧原 克典

研究テーマ

新世代ナノ電子デバイスの開発

研究の背景・目的

情報・エレクトロニクスの発展は、半導体技術の進歩が牽引しているといっても過言ではありません。当研究室では、その半導体技術、特にシリコンナノテクノロジーの更なる高度化に貢献するために、材料科学からプロセスインテグレーション・デバイス化技術にわたる横断的な研究を推進しています。特に、シリコン系薄膜トランジスタ、微細MOSトランジスタの高性能化を目指すと共に、光・電子融合デバイス、新機能メモリ等の開発に注力しています。

1) ナノ構造デバイス領域

従来の半導体デバイスの高性能化のみならず、新たな機能デバイス開発へ展開に向け、シリコン系ナノ構造をMOSデバイスへ融合することで、MOSデバイスの機能レベルでの進化と、少数電子・光子系による知能情報処理デバイスへの応用に取り組んでいます。

2) 集積化デバイス・プロセス制御領域

高分解能高電子分光分析やプローブ顕微鏡を活用した最先端分析技術を駆使して、高誘電ゲート絶縁膜や抵抗変化メモリ薄膜の材料科学を進めると共に、それらの機能薄膜の原子層制御プロセス技術の開発に取り組んでいます。

3) 界面制御・薄膜デバイス領域

新しい概念に基づくデバイス動作原理や新材料・プロセスの導入を目指して、IV族半導体二次元結晶を中心として、膜成長過程のその場観測・精密制御技術の開発とデバイス化技術の高度化に取り組んでいます。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, W-C. Wen, M. A. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, Formation of one-dimensionally self-aligned Si-QDs and their local electron discharging properties, Jpn. J. Appl. Phys. vol.63, No.4, pp.041003 (5 pages), 2024年4月
- [2] J. Baek, Y. Imai, R. Tsuji, K. Makihara, and S. Miyazaki, Self-assembling mechanism of Si-QDs on thermally grown SiO₂, Jpn. J. Appl. Phys. vol.63, No.4, pp.04SP36 (4 pages), 2024年4月
- [3] K. Makihara, Y. Yamamoto, H. Yagi, L. Li, N. Taoka, B. Tillack, and S. Miyazaki, Electron emission from

alignment-controlled multiple stacks of SiGe nanodots embedded in Si structures, Mat. Sci. in Semiconductor Processing. vol.174, No., pp.108227 (5 pages), 2024年5月

- [4] J. Baek, K. Makihara, S. Obayashi, Y. Imai, N. Taoka, and S. Miyazaki, Study of dot size effect on electron emission from Si-QDs multiple-stacked structures, Jpn. J. Appl. Phys. vol.63, No.9, pp.09SP28 (5 pages), 2024年9月

- [5] S. Tanida, N. Taoka, and K. Makihara, Crystalline phase transition of ultra-thin Ni-silicide film during SiH₄ exposure, Jpn. J. Appl. Phys. vol.64, No.2, pp.02SP06 (5 pages), 2025年2月

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] K. Makihara, Formation and Light Emission Properties of Fe-silicide-Core/Si-Shell Quantum Dots, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, I-03, 20241021, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, and K. Makihara, Selective Growth of Si Quantum Dots on SiO₂ Line Patterns, 2024 Asia-Pacific Workshop on Advanced Semiconductor Devices (AWAD 2024), 4-3, 20240708, Gangneung-Wonju National University (Gangneung Campus), Korea, AWAD
- [2] N. Taoka, K. Makihara, Y. Yamamoto, K. Yabashi, S. Ohyama, J. Cai, Y. Ichino, Y. Seike, and T. Mori, Minority Carrier Distribution and Response at Inversion Bias Conditions in MOS Capacitor with Si/SiGe Multi-Quantum Well Structure, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), PS-11-11, 20240903, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表
- [3] S. Tanida, N. Taoka, and K. Makihara, Crystalline Phase Transition of Ultra-thin Ni-silicide Film during SiH₄ Exposure, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), M-5-03, 20240904, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [4] K. Hosoi, K. Makihara, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, B. Tillack, and S. Miyazaki, Fabrication and Characterization of Si-Quantum-Dots with Ge-Core Embedded in Microdisk, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2024), M-7-03, 20240904, Arcree HIMEJI, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [5] T. Sakai, A. Ohta, N. Taoka, Y. Yamamoto, M. A. Schubert, S. Miyazaki, and K. Makihara, Photoemission Study on Si and Ge Segregation on Al/Si_{0.8}Ge_{0.2} Structures, Pacific Rim Meeting 2024 Joint The 246th Meeting of The Electrochemical Society (PRiME 2024/246th ECS Meeting), G03-2336, 20241009, Honolulu, HI, USA, ECS, ポスター発表
- [6] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, and K. Makihara, Selective Growth of Self-Assembling Si Quantum Dots on SiO₂ Line Patterns, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, O-03, 20241021, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
- [7] K. Ozaki, N. Takada, Y. Imai, T. Tsutsumi, K. Ishikawa, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, and K. Makihara, Evaluation on Selectivity by Dry Etching using CF₄/H₂ Plasma for Epitaxially Grown Si_{0.7}Ge_{0.3} and Si, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-02, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表
- [8] K. Hosoi, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, and K. Makihara, Room-Temperature PL Properties of Si-Quantum-Dots with Ge-Core Embedded in Microdisk, 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-04, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, ポスター発表
- [9] S. Tanida, N. Taoka, and K. Makihara, Study on Silicidation Reaction of Ultrathin Ni Films by SiH₄ Exposure,

- 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, O-05, 20241022, Tohoku University, Sendai, Japan, Cosponsored by Cooperative Research Project Program of the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
- [10] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, and K. Makihara, Self-Assembling Formation of One-dimensional Si Quantum Dots on SiO₂ Line Patterns, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 15P-1-62L, 20241115, Kyoto Brighton Hotel, Kyoto, Japan, Japan, MNC, ポスター発表
- [11] K. Ozaki, N. Takada, Y. Imai, T. Tsutsumi, K. Ishikawa, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, and K. Makihara, Study on Selective Dry Etching of Epitaxially Grown Si_{0.7}Ge_{0.3} and Si using H₂ Diluted CF₄ Plasma, The 45th International Symposium on Dry Process (DPS2024), P-16, 20241115, Chitose Civic Culture Center, Japan, DPS, ポスター発表
- [12] K. Ozaki, N. Takada, Y. Imai, T. Tsutsumi, K. Ishikawa, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, and K. Makihara, Evaluation of Lateral Selective Etching with CF₄/H₂ Plasma of Si_{0.7}Ge_{0.3}/Si/Si_{0.7}Ge_{0.3} Layers, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 18th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2025 / IC-PLANTS 2025), 04pA06O, 20250304, Chubu Univ., Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [13] K. Makihara, H. Saito, Y. Yamamoto, M. A. Schubert, and S. Miyazaki, Formation of b-FeSi₂ Core/Si-Shell Quantum Dots and Their PL Properties, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides Nanomaterials / 18th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2025 / IC-PLANTS 2025), 04P-41, 20250304, Chubu Univ., Japan, The Japan Society of Applied Physics, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 牧原克典, 表界面制御による Si 系ナノドットの高密度形成と機能探求, 応用物理学会 半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会 第6回研究会, 応用物理学会, 明治大学 駿河台キャンパス, 20240626

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 白鍾銀、田岡紀之、牧原克典, ハイブリッドナノドットフローティングゲートメモリの短期記憶特性, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16a-A33-4, 20240916
- [2] 細井康揮、Y. Yamamoto、W.-C. Wen、牧原克典, Ge コア Si 量子ドットを内包したマイクロディスクからの室温発光特性, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16p-C301-5, 20240916
- [3] 尾崎孝太郎、高田昇治、堤隆嘉、石川健治、Y. Yamamoto、W.-C. Wen、牧原克典, エピタキシャル成長した Si_{0.7}Ge_{0.3} および Si 薄膜における H₂ 希釈 CF₄ ガスによるドライエッチングの選択性評価, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16p-B1-10, 20240916
- [4] 谷田駿、田岡紀之、牧原克典, Ni 超薄膜への SiH₄ 照射による Ni シリサイド形成と結晶相制御, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16p-B1-11, 20240916
- [5] 牧原克典、斎藤陽斗, β-FeSi₂ コア/Si シェル量子ドットの形成と室温 PL 特性, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 16p-D63-14, 20240916
- [6] 手島蒼生、山英司、山田樹央、一野祐亮、森竜雄、清家善之、牧原克典、田岡紀之, 金属/HfZrO₂/金属キャパシタの容量-電圧カーブの温度依存性, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 18p-P07-6, 20240918, ポスター発表
- [7] 尾崎孝太郎、堤隆嘉、石川健治、Yuji Yamamoto、Wei-Chen Wen、牧原克典, CF₄/H₂ プラズマによる

- Si_{0.7}Ge_{0.3}およびSi薄膜の選択的ドライエッチング, 第24回日本表面真空学会中部支部学術講演会, 日本表面真空学会中部支部, 名古屋大学, 15, 20241214
- [8] 谷田駿、田岡紀之、牧原克典, SiH₄照射による極薄Ni膜のシリサイド化反応制御, 応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会「電子デバイス界面テクノロジー研究会—材料・プロセス・デバイス特性の物理—」(第30回), 応用物理学会, 静岡県総合コンベンション施設プラザヴェルデ, P11, 20250123, ポスター発表
- [9] 尾崎孝太郎、佐分利伊吹、堤隆嘉、石川健治、Yamamoto Yuji、Wen Wei-Chen、牧原克典, エピタキシャル成長したSi_{0.7}Ge_{0.3}およびSi薄膜におけるH₂希釈CF₄ガスによるドライエッチング-基板温度依存性-, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 15p-P09-2, 20250315, ポスター発表
- [10] 窪田遥斗、白鍾銀、田岡紀之、牧原克典, Si量子ドット多重集積構造における二次元電子伝導, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 16p-P10-7, 20250316, ポスター発表
- [11] 尾崎孝太郎、堤隆嘉、石川健治、Yamamoto Yuji、Wen Wei-Chen、牧原克典, CF₄/H₂プラズマによるエピタキシャル成長したSi_{0.7}Ge_{0.3}/Si/Si_{0.7}Ge_{0.3}積層膜からのSiナノシートの形成, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 17a-K103-9, 20250317

8.1.2 マルチフィジックスシミュレーション部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●フロンティア計算物質科学グループ

教授 白石 賢二	准教授 芳松 克則	助教 洗平 昌晃
特任教授 押山 淳	研究員 趙 元晟	

研究テーマ

1. 第一原理計算を用いた4H-SiC中における基底面転位（BPD）拡張メカニズムの解明
2. カリウムイオンエレクトレットにおける負電荷蓄積構造SiO₅構造の検出方法の理論的解析
3. ゲルマンの電気伝導に及ぼす原子空孔欠陥の影響に関する第一原理計算
4. NANDフラッシュメモリの電荷蓄積層SiN膜の電子トラップに関する理論的研究

研究の背景・目的

1. SiC（炭化ケイ素）は、その優れた物性からSiに代わる半導体材料として注目を集めている物質の1つである。その製造過程において発生する基底面転位（BPD: Basal Plane Dislocation）は僅かなエネルギーで2本の部分転位とその間に積層欠陥を伴う拡張転位に分解される。分解されたBPDは通電時に拡張し、オン動作時の抵抗値が増大する現象を引き起こすことが知られている。そのため、BPDの拡張を抑制することが喫緊の課題となっているが、その微視的な拡張メカニズムは未だ十分に明らかになっていない。本研究では、第一原理計算を用いて4H-SiC中に発生するBPDの微視的拡張メカニズムを明らかにすることを目指した。
2. 近年身の回りの熱や光、振動など普段利用されないエネルギーを収集し電気エネルギーとして有効利用するエネルギーハーベスティング技術が注目されている。中でもカリウムイオンエレクトレット（KiE）を用いた振動発電は発電量が環境に左右されにくいと、自律発電デバイスとしての社会実装が期待されている。我々の研究グループでは、KiE内のSiO₅構造が負電荷を蓄積する源であることを明らかにしているが、実験的にSiO₅構造を確認することができていない。そこでKiE内でSiO₅構造が形成された時に実験的に確認する手法を第一原理計算により検討した。

3. 二次元材料はデバイスの微細化や特異な物性の発現が期待されており盛んに研究されている。それらの中でも水素化したゲルマニウムの二次元結晶（ゲルマナン）は非常に高い電子移動度を持つことが理論的に予測されており、次世代の二次元半導体材料として期待されている。層状ゲルマナン結晶のトランジスタは作成されており、そのキャリア輸送特性が計測されている。しかしながら、室温での計測値は理論予測値に比べかなり小さくなっており様々な欠陥が存在していると考えられる。本研究では原子空孔欠陥に焦点を当て、それらがゲルマナンナノリボンの電気伝導に及ぼす影響を第一原理輸送計算手法によって解析した。
4. 3D NANDフラッシュメモリはストレージとして用いられており、AIや5G、ビッグデータなどの技術に重要な半導体である。この3D NANDフラッシュメモリの電荷蓄積層として用いられる材料は、Si-richなアモルファスSiN膜である。これまで、電荷蓄積層としてのSiN膜の電子トラップに関する理論研究は β -Si₃N₄結晶構造に基づいており、Si-richなアモルファスSiN膜についての理論的研究は殆ど行われていない。そこで本研究ではこの電荷蓄積層であるSiN膜の電子トラップの物理起源の解明と、Si-rich具合(N/Si)比の最適化に関する研究を第一原理計算を用いて行い、3D NANDフラッシュメモリの性能向上のためのSiN膜の膜質指針を提示した。

成果の概要

1. BPDの微視的な拡張機構を解析するために、積層欠陥の拡張前後を表現した原子モデルを作製した。作製した原子モデルを用いて拡張過程の反応経路を解析した結果、中性状態よりも電荷正状態の方が活性化エネルギーの低い経路を見出した。このことから、BPDの拡張は主に電荷正状態で進行すると考えられる。また、2種類の反応経路を詳細に比較した結果、電荷正状態における拡張の進行中に2つの荷電状態の相対的なエネルギーの大小関係が変化することが明らかとなった。以上の結果から、中性状態と電荷正状態との間でキャリアのやり取りをすることによりBPDは拡張していく、と考えられる。
2. カリウムイオンエレクトレットのモデルを作製しSiO₅構造の特性を調査した結果、カリウムイオンエレクトレットは価電子帯上端に特徴的な電子状態を持つことが明らかとなった。その特徴的な電子状態はSiO₅構造を形成する酸素原子のローンペア準位であることがわかった。また、SiO₅構造のSi-O結合は他のSi-O結合に比べ結合長が長いことが判明した。このSi-O結合長の増加によって、Siが作る電位でのO原子のローンペアのクーロンポテンシャルが増加することにより、SiO₅構造の酸素原子由来の電子状態密度のピーク位置が0.3eVから1.3eVほど上昇することが判明した。この電子状態の上昇はXPS測定や共鳴X線発光分光法などで観察できる特徴であるため、SiO₅構造が実験的に観察できると期待される。
3. 原子空孔欠陥としてMonovacancy、未結合手を水素で終端したMonovacancy (Monovacancy+H)、Divacancyの3つのモデルを考え、透過係数及び平均自由行程を計算した。結果として、Monovacancyの未結合手は水素で容易に終端されること（周囲に水素分子があればMonovacancy+Hに容易に変化すること）、電子伝導性がMonovacancy、Divacancy、Monovacancy+Hの順に良くなること、がわかった。すなわち、製造過程でMonovacancyが生じてしまったとしても、水素アニールすることで電子伝導に及ぼす悪影響を最小限にすることが可能である。また、伝導帯下端付近では、Monovacancy+HとDivacancyの電子伝導性は同程度である。DivacancyはMonovacancy+Hよりも一回り大きい空孔欠陥であるが、低温であれば両者の電子伝導に及ぼす影響に違いはない、ことがわかった。
4. Si-rich SiNの電子トラップは、局在フローティングステート(Localized floating state; LFS)と呼ばれる、バルク中の電子が薄い空間で生じることが明らかとなった。Nとの電気陰性度差によりSiはバルク中で正に帯電している。4配位Siの結合角がアモルファス性により大きい場合、そのSi周りにLFSが生じ、ギャップ準位となる。また、Si組成を上げることで、電子トラップ準位は深くなり、電子トラップ容量は増加し、書き込み消去(Program/erase)耐性は向上することが分かった。一方でN/Si=1.13以下のSiリッチな組成では、シャロー準位が生じ電子保持特性が劣化することが分かった。したがって最適なN/Si比は1.13であることが明らかとなった。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] K. Matsuda, K. Yoshimatsu, and K. Schneider, Heavy Particle Clustering in Inertial Subrange of High-Reynolds Number Turbulence, Phys. Rev. Lett. 132, 234001, 2024/6/3.
- [2] T. Nagahashi, H. Karasawa, R. Horiike, K. Shiraishi, Theoretical investigation of NH_3 nitridation on Cl-terminated Si(100)-2x1 surfaces, Surf. Sci. 753, 122655, 2024/11/19.
- [3] J. Chen, K. Shiraishi, Impact of grain size on the performance of WSe_2 FETs revealed by first-principles calculations, Jpn. J. Appl. Phys. 63, 115001, 2024/11/7.
- [4] Y. Zhao, K. Shiraishi, T. Narita, A. Oshiyama, First-principles study of recombination-enhanced migration of an interstitial magnesium in gallium nitride, Phys. Rev. B 110, L081201, 2024/8/15.
- [5] S. Hattori, A. Oshiyama, K. Shiraishi, Passivation mechanisms of oxygen-vacancy-induced hole traps by Mg acceptor atoms at GaN/SiO₂ interface, Appl. Phys. Lett. 125, 161601, 2024/10/4.
- [6] S. Hattori, A. Oshiyama, K. Shiraishi, Theoretical study of the influence of GaO_x interfacial layer on the GaN/SiO₂ interface property, J. Appl. Phys. 135, 175303, 2024/5/7.
- [7] S. Yamauchi, I. Mizushima, T. Yoda, A. Oshiyama, K. Shiraishi, Microscopic mechanisms of nitrogen doping in silicon carbide during epitaxial growth, Appl. Phys. Exp. 17, 085501, 2024/8/12.
- [8] Y. Nagae, M. Kurosawa, K. Shiraishi, O. Nakatsuka, First-principles investigation of phase transition from zincblende to L₁₀ at high temperature in Si_{0.5}Sn_{0.5} alloys, Jpn. J. Appl. Phys. 64, 021004, 2025/1/8.
- [9] T. Nagase, K. Chokawa, E. Kano, K. Fukuta, T. Sasaki, S. Fujikawa, M. Takahashi, K. Shiraishi, A. Oshiyama, T. Araki, N. Ikarashi, Misfit accommodation in a single interface atomic layer at a highly lattice-mismatched InN/GaN, J. Appl. Phys. 137, 055702, 2025/2/7.

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] K. Yoshimatsu, Large-scale structure and small-scale universality of passive scalar turbulence, International Workshop on Multiphase Flows: Analysis, Modelling and Numerics, 2025/1/11, 早稲田大学
- [2] K. Shiraishi, Nano-Scale Interfacial Science for Realizing Mass Production of Modern Electron Devices, Asia Pacific Physics Week 2024, 2024/11/8, オンライン, AAPPS

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] K. Matsuda, K. Yoshimatsu, K. Schneider, Stokes-number dependence of inertial particle clustering in turbulence inertial subrange, Thirteenth International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena, 2024/6/27, Montréal, Canada
- [2] K. Matsumoto, M. Araidai, S. Shibayama, M. Sakashita, O. Nakatsuka, T. Nishimura, K. Nagashio, M. Kurosawa, Influence of Hydrogen Desorption Temperature on Interlayer Distance of Multilayered GeH Nanosheets under Ultrahigh Vacuum Ambient, 2024 International Conference on Solid State Device and Materials (SSDM2024), 2024/9/4, Arcree HIMEJI
- [3] K. Matsuda, K. Yoshimatsu, K. Schneider, Clustering of heavy particles in the inertial subrange of isotropic turbulence, 77th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics, 2024/11/25, Salt Lake City, Utah, USA, APS
- [4] T. Nagahashi, H. Karasawa, R. Horiike, A. Oshiyama, and K. Shiraishi, Optimizing SiN Composition for Enhanced Charge-Trapping in Next Generation 3D NAND Flash Memories, 2025 9th IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (IEEE EDTM2025), W4-6-6, 2025/3/12, Hong Kong Science park, Hong Kong, IEEE EDS

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 白石賢二, 第一原理量子論で見るシリコンテクノロジー, 第30回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 公益社団法人応用物理学会, 静岡県総合コンベンション施設 プラサ ヴェルデ, 2025/1/24
- [2] 長嶋佑哉, 渡邊浩崇, 新田州吾, 草場彰, 寒川義裕, 白石賢二, InN MOVPE成長におけるTMIn分解反応過程の理論的研究, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 16p-K504-2, 2025/3/16

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 佐野雅季, 小島淳, 恩田正一, 依田 孝, 大場隆之, 押山淳, 白石賢二, 4H-SiC中に発生する基底面転位（BPD）の第一原理計算を用いた微視的な拡張メカニズムの解明, 第11回先進パワー半導体分科会, 公益社団法人応用物理学会, Gメッセ群馬, 2024/11/25, ポスター発表
- [2] 松田圭吾, 芳松克則, Kai Schneider, 等方性乱流の慣性小領域における慣性粒子クラスタリングのスケール依存性, 第38回数値流体力学シンポジウム, 日本流体力学学会, 東京大学, 東京大学, 2024/12/11
- [3] 佐野雅季, 小島淳, 恩田正一, 依田孝, 大場隆之, 押山淳, 白石賢二, 第一原理計算を用いた4H-SiC中の基底面転位（BPD）拡張メカニズムの解明, 第30回電子デバイス界面テクノロジー研究会-材料・プロセス・評価の物理ー, 公益社団法人応用物理学会・薄膜表面物理分科会, 静岡県総合コンベンション施設 プラサ ヴェルデ, 2025/1/23
- [4] 桐越大貴, 大畑慶記, 洗平昌晃, 石黒巧真, 三屋裕幸, 年吉洋, 橋口原, 白石賢二, アルカリ金属で作製されるSiO₂薄膜エレクトレットの第一原理計算による帯電状態評価, 第30回電子デバイス界面テクノロジー研究会, 公益社団法人応用物理学会, 静岡県総合コンベンション施設 プラサ ヴェルデ, 2025/1/24
- [5] 桐越大貴, 大畑慶記, 洗平昌晃, 石黒巧真, 三屋裕幸, 年吉洋, 橋口原, 白石賢二, 帯電材料カリウムイオンエレクトレットにおけるSiO₂構造の負電荷蓄積機構と検出方法の理論的解析, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 15p-K503-5, 2025/3/15
- [6] 佐野雅季, 小島淳, 恩田正一, 依田孝, 大場隆之, 押山淳, 白石賢二, 第一原理計算を用いた4H-SiC中の基底面転位（BPD）拡張メカニズムの解明, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス, 16p-K301-8, 2025/3/16
- [7] 影島博之, 秋山亨, 白石賢二, 媒質効果の理論検討に基づくSi酸化膜中のSi輸送経路に関する考察, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 東京理科大学野田キャンパス&オンライン, 17a-K202-6, 2025/3/17

8.1.3 先端物性解析部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ電子物性グループ

教授 五十嵐 信行	准教授 長尾 全寛	助教 狩野 絵美
-----------	-----------	----------

研究テーマ

GaNパワーデバイスの実用化・高性能化研究

研究の背景・目的

高電圧用の縦型GaNパワーデバイスの実現に向けて、選択的なp型ドーピングが必要であり、Mgイオン注入技術の開発が行われている。我々は活性化プロセスの解明に向けて、透過型電子顕微鏡（TEM）やアトムプローブトモグラフィ（APT）を用いて、Mgイオン注入後のGaNで形成される転位ループやMg凝集を解析した。

成果の概要

TEM及びAPTの原子分解能観察の結果から、欠陥はc面に1枚過剰なGa_Nが入った格子間型の転位ループであり、過剰なc面の縁にMgがドーナツ状に凝集している様子が観察された。これらの結果に基づいて、欠陥形成及びMg凝集のメカニズムを明らかにした。

また、この凝集したMgは電氣的に不活性であることを第一原理計算に基づいて明らかにし、凝集が活性化に与える影響を解明した。更に、実験的に高温又は長時間のアニールによりこれらの凝集を解消できることを見出すと共に、活性化率の向上が可能であることを明らかにした。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Emi Kano,* Jun Uzuhashi, Koki Kobayashi, Kosuke Ishikawa, Kyosuke Sawabe, Tetsuo Narita, Kacper Sierakowski, Michal Bockowski, Tadakatsu Ohkubo, Tetsu Kachi, and Nobuyuki Ikarashi, Impact of Sequential N Ion Implantation on Extended Defects and Mg Distribution in Mg Ion-Implanted GaN, PSS-RRL, 18, 2400074, 2024/4/22

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Emi Kano, Atomic resolution analysis of extended defects and their evolution during annealing in Mg ion-implanted GaN, Fifth Japan-Canada Microscopy Societies Joint Symposium 2024, 24ページ, 2024/6/4, オタワ（カナダ）, 日本顕微鏡学会/カナダ顕微鏡学会

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Emi Kano, Atomic resolution analyses of Mg distribution and defect formation in Mg+N ion-implanted GaN, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, 144, 2024/11/5, ハワイ（アメリカ）, IWN, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 石川晃輔, MgとNの連続イオン注入Ga_NにおけるMg拡散抑制のメカニズム, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ（千葉）, 2024/6/5
- [2] 安野寿輝, 単層MoS₂の結晶粒界の原子分解能構造解析, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ（千葉）, 2024/6/5
- [3] 狩野絵美, MOCVD-MoS₂/sapphireの結晶方位に界面層が与える影響のTEM解析, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ（新潟）, 20a-A31-4, 2024/9/20
- [4] 岩田嘉昂, Mg + N連続イオン注入Ga_N中のMg偏析と結晶欠陥の原子分解能解析, 第1回Ga_Nデバイス研究会, Ga_Nコンソーシアム, 名大, 2024/12/18, ポスター発表

8.1.4 システム応用部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●パワーエレクトロニクスグループ

教授	山本 真義	准教授	今岡 淳	准教授	栗本 宗明
特任教授	重松 浩一	特任准教授	神谷 有弘	特任准教授	米澤 遊
客員教授	佐藤 伸二	客員教授	細谷 達也	客員教授	西村 和則
客員教授	庄山 正仁	客員教授	伊藤 章	客員教授	邱 煌仁
客員准教授	Mostafa Noah	客員准教授	向山 大索	客員准教授	石倉 祐樹
客員准教授	黒田 尚孝	客員准教授	増田 満	客員准教授	増澤 高志
客員准教授	梅谷 和弘	客員准教授	Antoine LESAGE-LANDRY	研究員	新井 大輔
研究員	セナヤケ ティラクアナンダ	研究員	田河 和真		

研究テーマ

パワーエレクトロニクス分野における材料、コンポーネント、回路、システムの横断的研究

研究の背景・目的

カーボンニュートラルへの取り組みは国際社会が目指す大きな目標である。これに対して、移動体の電動化や多様なエネルギー源（例えば再生可能エネルギーなど）に対応するため電力変換システムや個別の変換器（DC/DCやDC/AC変換器）の高性能化（高効率化や小型軽量化、高信頼性）が求められている。パワーエレクトロニクス分野においては、半導体をはじめとする受動素子（インダクタ、トランス、キャパシタ）、バッテリー、半導体駆動用ドライブ回路、回路トポロジー、制御技術など、多角的な視点からの技術の高度化が求められている。この研究分野の背景に基づき、本年度は以下の内容について研究を推進した。

成果の概要

本年度の成果を次の3点から紹介する。1点目は受動素子設計技術、2点目は伝導ノイズ低減技術の高度化そして3点目は回路設計における素子選定の最適化技術である。

1点目は受動素子において磁気系の部品は変換器の中でも主要な体積を占め、電力変換効率にも関わる極めて重要な部品である。特に圧粉磁心は材料特性として高電流応用に優れているが電流増加に伴ったインダクタンスの低下が課題である（直流重畳特性）。これに対して、磁気部品応用の観点からトランスの巻線を差動接続とすることで直流重畳特性の改善を実現できる手法について提案し、国際的な論文誌に掲載されている。

2点目は、伝導ノイズ低減技術である。伝導ノイズ低減は、IECやCISPRが定めるように他の機器へノイズとして誤動作させないように定められた範囲で抑制する必要がある。本年は半導体の実装技術および磁気部品の構造に立脚したノイズキャンセル手法を新たに提案しコモンモードノイズを大幅に低減可能であることを実機での実証評価で確認した。また、パワーモジュールに利用される材料に着目することでコモンモードノイズを効果的に抑制可能なモジュールを提案した。これらに関しても国際的な論文誌に複数件掲載されている。

3点目は、機械学習を用いたパワエレ回路に用いられる素子選定の最適化技術である。パワーエレクトロニクスに用いられる回路方式において、素子の選定はその効率や体積・重量に大きな影響を及ぼし、それはトレードオフ関係であることが多い。この素子選定に対し近年応用分野が拡大している機械学習（AI）を用いた多目的最適化を適用することで、このトレードオフを考慮したパレート解を見出すことができ、今後の素子選定に関し大きな知見を得ることができた。

今後は、これら要素技術をまとめ上げることで、高付加価値の高いパワーエレクトロニクス機器の開発に寄与することでカーボンニュートラル社会の早期実現に貢献したい。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Yu-Hsin Wu, Koichi Shigematsu, Yasumichi Omoto, Yoshihiro Ikushima, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, "Efficient Multiphysics Circuit Simulation for Transformer Optimization Using Hybrid Dowell Artificial Neural Network", IEEJ Journal of Industry Applications, vol.13, no. 3, pp. 327 - 337, 2024年4月
- [2] Yi Xiong, Senanayake Thilak, Daisuke Arai, Jun Imaoka and Yamamoto Masayoshi, "Maximum Output Power Design on an 85kHz Class-D Half-bridge ZVS Inverter with Power-MOSFETs", IEICE Trans. Fundamentals, DOI:10.1587/transfun.2024EAP1074 (2024)
- [3] 平沢 開, Sihoon Choi, 米澤 遊, 今岡 淳, 山本 真義, "統合トランスを適用したブリッジレスフライバックPFCコンバータの提案と検証"電気学会論文誌D, vol. 144, no. 9, pp. 645-653, 2024.
- [4] H. Hirasawa, S. Choi, Y. Yonezawa, J. Imaoka, M. Yamamoto, "Bridgeless Power Factor Correction Flyback Rectifier Using a Novel Integrated Transformer" ELECTRICAL ENGINEERING IN JAPAN, 2025年1月
- [5] Sihoon Choi, Jun Imaoka, and Masayoshi Yamamoto, "Design of Coupled Inductor Using Powder Core with Concentrated Air Gap in Multiphase Operation", IEEE transactions on Industry Applications, vol. 60, no. 2, pp. 3449-3458, March-April 2024.
- [6] Sihoon Choi, Jiyeon Choi, Thiye Warnakulasooriya, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, and Masayoshi Yamamoto, "Power Module with Low Common-Mode Noise and High Reliability", IEEE Access, vol. 12, pp. 90929-90939, 2024.
- [7] Sihoon Choi, Jiyeon Choi, Thiye Warnakulasooriya, Jong-Won Shin, Jun Imaoka, and Masayoshi Yamamoto, "Improved Packaging of Power Module with Low-Permittivity Material for Low Common-Mode Noise and High Reliability", IEEE transactions on Power Electronics, vol. 39, no. 11, pp. 14261-14270, Nov. 2024.
- [8] Hideaki Funaki, Masahito Shoyama, Takashi Yoshida, Yu Yonezawa, Akihiko Miyazawa, Small-Signal Transfer Function Model of Multi-Cycle Controller for High-Frequency SMPSs, IEEJ Journal of Industry Applications, ID 24007707,2024/12/27
- [9] Hideaki Funaki, Masahito Shoyama, Takashi Yoshida, Yu Yonezawa, Akihiko Miyazawa, Small-Signal Transfer Function Model of Multi-Cycle Controller for High-Frequency SMPSs, IEEJ Journal of Industry Applications, 2025, 14巻, 2号, pp. 301-311, Mar. 2025. <https://doi.org/10.1541/ieejjia.24007707>
- [10] Hideaki Funaki, Yuichi Noge, Masahito Shoyama, Yu Yonezawa, Akihiko Miyazawa, Construction of HILS System for LLC Resonant Converter Using LPV Model, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 60, no. 2, pp. 3297-3305, March-April 2024, doi: 10.1109/TIA.2023.3332581.
- [11] 犬塚通子, 光本真一, 栗本宗明, 藤井雅之, 福岡眞澄, 「電界方向に対して垂直な積層界面が存在するアクリルエラストマーの空間電荷特性」, 電気学会論文誌A（基礎・材料・共通部門誌）, 144 巻 4 号, pp.145-151, 2024/4/1
- [12] Dejie Sun, Kazuma Tagawa, Shijie Zhu, Yasuo Suzuoki, Muneaki Kurimoto, "Influence of stretch-dependent permittivity on power generation output of dielectric elastomer", Proceedings Vol.12945, Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) XXVI; 129450C (2024), SPIE Digital Library, 2024/5/9

b. 査読無論文

- [1] 細谷 達也, 「イノベーションに向かう先進磁気応用の磁界共鳴ワイヤレス給電」, 第48回日本磁気学会学術講演会シンポジウム, 27pC-3, 2024年9月27日

d. その他報告書

- [1] パワーエレクトロニクスシステムの複合的モデリングとシミュレーション技術調査専門委員会（重松 浩一、今岡淳）「パワーエレクトロニクスシステムの複合的モデリングとシミュレーション技術」電気学会技術報告、2025年1月

II. 著書

- [1] 2024/4/1, 電磁波吸収・シールド材料の開発と電磁ノイズの対策, 橋本 修, 橋本 修一郎, 日高 貴志夫,

- 山本 孝, 中嶋 孝宏, 亀井 利久, 古谷 航一, 小林 剛, 伊藤 洋介, 松井 龍之介, 村田 博司, 新井 宏之, 篠崎 友花, 國田 麻衣子, 田山 紘介, 尼野 理, 李 尚曄, 澤木 裕子, 吉田 毅, 天川 修平, 高野 恭弥, 原 紳介, 渡邊 一世, 笠松 章史, 大谷 知行, 彌田 智一, 佐藤 剛毅, 前田 益利, 佐々木 天菜, 荻野 哲, 塚田 憲一, 井上 智明, 田中 元志, 室賀 翔, 三上 貴大, 竹田 裕孝, 周 英, 吉田 尚晃, 岸 直希, 駒場 京花, 後藤 博正, 廣垣 和正, 堀 照夫, 玉山 泰宏, 村上 靖宜, 山本 一美, 須藤 俊夫, 高瀬 弘嗣, 川又 憲, 昆 盛太郎, 根津 伸丞, 佐伯 明德, 岸本 誠一, 大貫 進一郎, 船戸 裕樹, 山田 和謙, 菊永 和也, 中村 哲也, 清水 隆志, 木暮 風太, 上田 千寿, 高梨 哲行, 梶田 幸央, 阿部 真之, 木虎 秀二, 土岐 博, 神野 崇馬, 關根 惟敏, 倉西 英明, 安住 壯紀, 松岡 孝, 尾藤 輝夫, 神山 望, 野村 勝也, 庄山 正仁, 三島 智和, 大島 正明, 今岡 淳, 清水 義明, 古賀 隆治, 志賀 章紀, クライソントロンナムチャイ, 齋藤 章彦, 生井 飛鳥, 大越 慎一, 共著, 第7章第8節 パワーエレクトロニクスにおけるノイズ低減技術, 技術情報協会
- [2] 2024/5/1, クリーンテクノロジー 2024年5月号 PDF版, 山本真義, 共著, ■解説 ○次世代自動車2030年ロードマップとそこに求められる次世代パワー半導体用電流センサ応用技術 ○2030年のEVに求められるパワー半導体応用技術, 日本工業出版
- [3] 2024/8/1, 次世代パワーデバイスに向けた高耐熱・高放熱材料の開発と熱対策, 山本真義, 共著, 第一章第3節 車載用パワー半導体実装技術の最新動向, 技術情報協会
- [4] 2024/9/1, パワーエレクトロニクス技術の進展－脱炭素社会への貢献と期待－, 岩室憲幸, 磯部高範, 三浦友史, 多留谷政良, 藤崎敬介, 高下拓也, 遠藤 恭, 井上俊太郎, 成田芳正, 綾野秀樹, 今岡 淳, 関屋大雄, 長谷川一徳, 平上克之, 前畑安志, 内藤正浩, 鈴木祥一郎, 重松浩一, 山本真義, 増澤高志, 石戸亮祐, 川口雄介, 福西篤志, 高木茂行, 共著, 第3編受動素子 第11章 パワーコンバータ用磁気デバイスの高電力密度化・高性能化へ向けた要素技術, シーエムシー出版
- [5] 2024/9/1, パワーエレクトロニクス技術の進展 -脱炭素社会への貢献と期待-, 増澤高志, 共著, 第18章 寄生磁界結合を考慮したEMCフィルタシミュレーション, シーエムシー出版
- [6] 2024/9/1, パワーエレクトロニクス技術の進展－脱炭素社会への貢献と期待－, 山本真義, 共著, 第17章 電動航空機におけるシステムシミュレーション技術, シーエムシー出版
- [7] 2024/11/1, これから10年間の「市場の姿」と「技術の進化」を読み解くテクノロジー・ロードマップ 2025-2034 全産業編, 山本真義, 共著, 第13章エレクトロニクス 2.次世代パワーエレクトロニクス, 株式会社日経BP
- [8] 2024/11/1, パワーデバイスの最新開発動向と高温対策および利用技術, 米澤 遊, 共著, 第3節 高密度・高性能化が要求される情報システムにおけるパワーデバイス活用技術, R&D支援センター
- [9] 2024/11/1, パワーデバイスの最新開発動向と高温対策および利用技術, 岩室 憲幸, 山本 秀和, 大谷 昇, 加藤 正史, 乙木 洋平, 田中 亮, 蔵口 雅彦, 上村 崇史, 郷司 浩市, 野村 和宏, 山本 圭, 山田 靖, 永田 正義, 大元 靖理, 今岡 淳, 米澤 遊, 共著, 第2節 パワーエレクトロニクス機器の伝導ノイズ発生要因とノイズ低減技術の基本, R & D支援センター
- [10] 2024/11/1, パワーデバイスの最新開発動向と高温対策および利用技術, 岩室憲幸, 山本秀和, 大谷昇, 加藤正史, 乙木洋平, 田中亮, 蔵口雅彦, 上村崇史, 郷司浩市, 野村和宏, 山本圭, 山田靖, 永田正義, 大元靖理, 今岡淳, 米澤遊, 共著, 6章1節 電力変換回路の変調、制御の基礎pp.228-242, R & D支援センター
- [11] 2024/12/1, 月刊 車載テクノロジー 2024年12月号, 山本真義, 共著, <特集2>車載パワーデバイスの開発動向とノイズ低減・高出力化 車載用パワー半導体技術の最前線とその応用システム～BYDを例に～, 技術情報協会
- [12] 2025/1/1, Handbook of Magnetic Material for Motor Drive Systems, 今岡淳 (編集: 藤崎 敬介), 共著, Magnetic Devices in Power Electronics Circuit, Springer

Ⅲ. 解説等

- [1] 2025/3/1, 神谷有弘, 車載パワーエレクトロニクス製品の動向, エレクトロニクス実装学会, Vol.28 NO.2, P180-P189, 一般社団法人 エレクトロニクス実装学会

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Jun Imaoka, Yuta Imaeda, Silumin Senanayake, Yu-Hsin Wu, Mostafa Noah, Mamoru Sasaki, Koichi Shigematsu, Masayoshi Yamamoto, Review of Common Mode Noise Attenuation Methods for High-Power-Density DC/DC Converters, 2024 IEEE Joint International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal & Integrity: EMC Japan / Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility, WedPM1D, 2024/5/22, Okinawa, Japan, IEEE, IEICE
- [2] Muneaki Kurimoto, "Solid Dielectric Materials and the Introduction of the English-Taught Automotive Engineering Program at Nagoya University", 2024 China-Japan Forum on the Development of Electrical Materials, 2024/9/8, Xi'an, China, Xi'an Jiaotong University, State Key Laboratory of Electrical Insulation and Power Equipment
- [3] Jun Imaoka, Mamoru Sasaki, Yasumichi Omoto, Mostafa Noah, Koichi Shigematsu, Masayoshi Yamamoto, Common Mode Noise Reduction Methods Used For High Power density DC/DC Converters, 14th International Conference on the Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits (EMC Compo 2024), 2024/10/7-9, Torino, Italy, Politecnico di torino, IEEE EMC Society

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Yi Xiong, Senanayake Thilak, Jun Imaoka and Yamamoto Masayoshi, Maximum Output Power Design for an 85kHz Class-D ZVS Inverter with 650V/30A SiC-MOSFETs at Any Duty Ratio and DC Input Voltage, 2024 IEEE 10th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2024-ECCE Asia), 1808-1813, 2024/5/17-20, Chengdu, China, IEEE
- [2] Motoshi Hirai, Muneaki Kurimoto, Tomohiro Kawashima, Sunny Chaudhary, Thomas Andritsch, "Space charge accumulation and DC breakdown strength of epoxy nanocomposites", 5th IEEE International Conference on Dielectrics (ICD 2024), 3A-11, 2024/7/3, Paul Sabatier University, Toulouse, France, IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)
- [3] Kazuma Tagawa, Muneaki Kurimoto, Toru Sawada, Shigeyoshi Yoshida, Hirotaka Muto, "Inter-particle Distance Measurement of TiO₂/Epoxy Nanocomposite with a Low Amount of Nanofiller", 14th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM 2024), O6-4, 2024/8/5, Patong, Phuket, Thailand, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Thailand
- [4] Ryota Ozaki, Kazuma Tagawa, Muneaki Kurimoto, Fumitaka Komori, Yasuo Suzuoki, Yuri Ikeda, Teruaki Matsuba, Yukio Sasatani, "Partial Discharge Characteristics when Applying Ramp Up and Down Voltage Waveform to an Oil-Gap Electrode Simulating Oil-Immersed Film Capacitors", 14th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM 2024), P1-14, 2024/8/6, Patong, Phuket, Thailand, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Thailand, ポスター発表
- [5] Dejie Sun, Kazuma Tagawa, Shijie Zhu, Yasuo Suzuoki, Muneaki Kurimoto, "Effect of TiO₂ Filler Shape and Deformation Rate on Permittivity of Silicone Elastomer Composite", 99th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2024), A3, 2024/10/7, Auburn, Alabama, U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)
- [6] Motoshi Hirai, Kazuma Tagawa, Hirotaka Muto, Muneaki Kurimoto, "Electrical Insulation Lifetime of TiO₂/Silicone Gel Nanocomposite in a Needle-plane Electrode", 99th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2024), 3A6, 2024/10/9, Auburn, Alabama, U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS), ポスター発表
- [7] Kazuki Hagiwara, Takumi Murakami, Shijie Zhu, Dejie Sun, Muneaki Kurimoto, "Effect of TiO₂ addition on dielectric properties and power generation of dielectric elastomers", International Conference on Innovations in Engineering and Social Science (ICI ESS) 2024, 2024/10/13, Fukuoka Institute of Technology, Japan, ICI ESS Organizing Committee
- [8] Dejie Sun, Kazuma Tagawa, Shijie Zhu, Yasuo Suzuoki, Muneaki Kurimoto, "Dielectric Properties of Dielectric

- Elastomer Filled with Rod-like TiO₂ Particles”, International Conference on Innovations in Engineering and Social Science (ICIESS) 2024, 2024/10/13, Fukuoka Institute of Technology, Japan, ICIESS Organizing Committee
- [9] Kiyotaka Ono, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Active Gate Driver Combining Current Source and Active Gate Resistors to Reduce Turn-on Switching Loss and Surge Voltage, 2024 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 383, 2024/10/20-24, Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona, USA, IEEE, ポスター発表
- [10] Thiyyu Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Koichi Shigematsu, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, SiC Power Module Design using Flip Chip Configuration to Reduce Common-Mode Noise, 2024 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 398, 2024/10/20-24, Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona, USA, IEEE, ポスター発表
- [11] Haruki Hirasawa, Karl Raymond Dela Cruz Roque, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Design Method of an Integrated Transformer for a Two-phase Interleaved Flyback PFC Rectifier, 2024 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 442, 2024/10/20-24, Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona, USA, IEEE, ポスター発表
- [12] Silumin Senanayake, Thilak Senanayake, Masayoshi Yamamoto, Novel non-dissipative loop resonance soft-switching DC-DC Converter for HEV Gate Driver Power Supply, IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 427, 2024/11/3-6, Chicago, IL, USA, IEEE
- [13] Hannah Merrigan, Wu Yu-Hsin, Koichi Shigematsu, Antoine Lesage-Landry, Masayoshi Yamamoto, Jun Imaoka, Optimising Electric Vehicle Wireless Charging Systems Using Neural Networks to Enable Free-Position Parking, ICRERA 2024(13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS), 380, 2024/11/9-13, 出島メッセ, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)
- [14] Yusuke Sawada, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Toshiumi Tatsuki, Masayoshi Ohkura, A Novel Estimation Method for Equivalent Series Resistance of Film Capacitors Considering Frequency Characteristics, ICRERA 2024(13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS), 206, 2024/11/9-13, 出島メッセ, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)
- [15] Yota Omizu, Sihoon Choi, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Common Mode Noise Reduction with Balance Technique Considering Soft Saturation Characteristics, ICRERA 2024(13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS), 172, 2024/11/9-13, 出島メッセ, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)
- [16] Kiyotaka Ono, Sihoon Choi, Yu Yonezawa, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Research on Continuous Operation of Active Gate Driver Combining Current Source and Active Gate Resistor, ICRERA 2024(13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS), 171, 2024/11/9-13, 出島メッセ, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)
- [17] H. Funaki, M. Shoyama, T. Yoshida, Y. Yonezawa and A. Miyazawa, Modeling and Gain Design for Multi-Cycle Controlled LLC Resonant Converter, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 10.1109/ICRERA62673.2024.10815416., 2024/11/12, Nagasaki, Japan, IEEE
- [18] Y. Nakashima, A. Manabe, M. Tosakae, Y. Yonezawa, Y. Ota and K. Nishioka, Model-based development of energy management systems for renewable energy, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 10.1109/ICRERA62673.2024.10815318., 2024/11/12, Nagasaki, Japan, IEEE
- [19] H. Oki, H. Yamashita, T. Zaito, W. Thiyyu, S. Choi and Y. Yonezawa, Estimating the Switching Lifetime of GaN HEMT Under Soft-Switching Operation, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 10.1109/ICRERA62673.2024.10815379., 2024/11/13, Nagasaki, Japan, IEEE
- [20] Thiyyu Warnakulasooriya, Jiyeon Choi, Sihoon Choi, Akihiro Kamiya, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, A

Review of BMW iX3 Power Module – Part 1: Inner Configuration, Die Attachment, Busbar Connection and Encapsulation, 13th IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ 2024), 16-02, 2024/11/13-15, Ritsumeikan University Suzaku Campus, Kyoto, Japan, IEEE

- [21] Jiyeon Choi, Thiye Warnakulasooriya, Sihoon Choi, Arihiro Kamiya, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, A Review of BMW iX3 Power Module – Part 2: Stacked-Plate Fin Heatsink Structure, 13th IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ 2024), 16-03, 2024/11/13-15, Ritsumeikan University Suzaku Campus, Kyoto, Japan, IEEE
- [22] Yuta Imaeda, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Hiroyuki Onishi, Balanced Technique Using Integrated Winding Coupled Inductor For High-Power Two-Phase Boost Converter, IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, D09.1, 2025/3/21, Georgia World Congress Center (Atlanta, GA), IEEE, ポスター発表

c. 組織委員、実行委員等

- [1] Muneaki Kurimoto, Board Member, Technical Program Committee and Reviewer, 99th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2024), 2024/10/6-9, Auburn, Alabama, U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)
- [2] Jun Imaoka, Technical committee Member, International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2024), 2024/6-2024/11, Fukuoka Institute of Technology, Japan, IEEE
- [3] Hideaki Funaki, Masahito Shoyama, Takashi Yoshida, Yu Yonezawa, Akihiko Miyazawa, Modeling and Gain Design for Multi-Cycle Controlled LLC Resonant Converter, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), pp. 334-340, 2024/11/13, Nagasaki, Japan, IEEE

d. 座長

- [1] Muneaki Kurimoto, Poster Session 2C: Breakdown, treeing & flashover, 99th IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2024), 2024/10/8, Auburn, Alabama, U.S.A., IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS)
- [2] Jun Imaoka, #6 Power Electronics EMC, 14th International Conference on the Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits (EMC Compo 2024), 2024/10/7-9, Torino, Italy, Politecnico di torino, IEEE EMC Society
- [3] Yu Yonezawa, OS 3: Energy Engineering in Renewable, Energy, Electronics, and Communications, -Power Converters for Grid Network-, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2024/11/11, Nagasaki, Japan, IEEE
- [4] Yu Yonezawa, O 21: Energy Engineering in Renewable Energy, Electronics, and Communications - Power Electronics in Electronics and Communication, CHAIRS: Hiroo Sekiya, Yu Yonezawa, 2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2024/11/13, Nagasaki, Japan, IEEE

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 山本 真義, EV 車載機器の動向と実装技術, JIEP 最先端実装技術シンポジウム, エレクトロニクス実装学会, 東京ビックサイト, 2024/6/13
- [2] 細谷 達也, AI 生成や EV 進化の革新をリードする新パワーエレクトロニクス, 第2回シンギュラリティ技術講演会, (兼) 第27回関西支部 LMAG 技術講演会 (兼) 第126回 IEEE 関西支部 TPC 技術講演, IEEE 関西支部, 大阪工業大学梅田キャンパス, 2024/6/29
- [3] 山本 真義, EV・PHV 向けパワー半導体に求められる技術要件をともに考える～前工程からシステム出口までオールジャパンで半導体応用開発を加速させるために～, 実装フェスタ関西 2024, パナソニックリゾート大阪, 2024/7/4
- [4] 山本 真義, 中国製電気自動車を分解して見えてきた中国の電動化技術戦略と日本が執るべき次世代電動化技術ロードマップ, 日本技術士会中国本部 電気情報部会, オンライン開催, 2024/7/20
- [5] 垣坂 資, 近藤 亮太, 小林 透典, 新井 大輔, 増澤 高志, 向山 大索, 今岡 淳, 電動車用パワエレ機器における低ノイズ・小型・高効率化技術動向, 産業応用部門大会, 電気学会, 水戸市民会館, 2024/8/30

- [6] 今岡 淳, 西山 茂紀, 森田浩一, 電動車用受動素子技術動向, 産業応用部門大会, 電気学会, 水戸市民会館, 2024/8/30
- [7] 細谷 達也, パワーインダクタ(磁気やインダクタやトランスの基礎とコンバータ回路), 第47回日本磁気学会サマースクール, 公益社団法人日本磁気学会, お茶の水ユニオンビル, 2024/8/7
- [8] 今岡 淳, パワエレ磁気工学(パワーエレクトロニクスにおける磁気デバイスの基本・応用), 第47回日本磁気学会サマースクール, 公益社団法人日本磁気学会, お茶の水ユニオンビル, 2024/8/7
- [9] 細谷 達也, AIやEVの革新をリードする新パワーエレクトロニクス, パワーエレクトロニクス学会, パワーエレクトロニクス学会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2024/9/14
- [10] 細谷 達也, 開発から読み解くパワーエレクトロニクスや半導体産業の動向と展望, (一社) 日本半導体・エレクトロニクス商社協会, (一社) 日本半導体・エレクトロニクス商社協会, オンライン, 2024/10/18
- [11] 細谷 達也, 技術革新と技術キャリア開発, 日本磁気学会若手研究会, 公益社団法人日本磁気学会, マホロバマインズ三浦, 2024/11/12
- [12] 今岡 淳, パワーエレクトロニクス機器の高付加価値化を実現する磁気部品の応用技術, 軟磁性材料研究会(第27回), 日本ボンド磁性材料協会, オンライン, 1. 調査研究テーマ, 2024/12/6

b. 一般講演(ポスター発表を含む)

- [1] 向山大索, アルミ電解コンデンサ低温特性の与えるアクチュエータ挙動への影響, 公益社団法人自動車技術会 2024年春季大会学術講演会, 公益財団法人 自動車技術会, パシフィコ横浜(ノース・会議センター), No. 273, 6ページ, 2024/5/24
- [2] Sihoon Choi, Ryosuke Ui, Shunki Hashimoto, Jong-won Shin, Jun Imaoka, Masayoshi Yamamoto, Analysis of Conducted Electromagnetic Interference in Bridgeless Flyback Rectifier, 電子通信エネルギー技術研究会(EE), 電子情報通信学会(IEICE), 機械振興会館, EE2024-3, 2024/5/31
- [3] 舟木秀明, 庄山正仁, 吉田 敬(九大), 米澤 遊(名大), 宮澤秋彦(モデルコア研), 多周期制御を適用したLLC共振コンバータの一巡伝達関数, 電子通信エネルギー研究会(EE), 電子情報通信学会, 東北大学, EE2024-8, pp. 19-22, 2024/7/1
- [4] 新井大輔, 米澤遊, 今岡 淳, 山本真義, 国家財政の破綻を防ぐためのパワエレ研究開発のあり方, 電子通信エネルギー技術研究会(EE), 電子情報通信学会, 東北大学片平キャンパス ナノ・スピン実験施設 4階 カンファレンスルーム, EE2024-6, 2024/7/29
- [5] 今枝佑太, 佐々木守, 今岡淳, 山本真義, 統合磁気部品を用いた二相昇圧コンバータにおける回路平衡化時のノイズ解析, 電子通信エネルギー技術研究会(EE), 電子通信エネルギー技術研究会(EE), 東北大学, 片平キャンパス, EE2024-7, 2024/07/29-30
- [6] 舟木秀明, 庄山正仁, 吉田 敬(九大), 米澤 遊(名大), 宮澤秋彦(モデルコア研), 多周期制御を適用したLLC共振コンバータの一巡伝達関数, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 東北大学(宮城), EE2024-8, pp.19-22, 2024/7/30
- [7] 舟木秀明(九大), 庄山正仁(九大), 吉田敬(九大), 米澤遊(名古屋大 未来材料・システム研), 宮澤秋彦(モデルコア研究所), デジタル方式ピーク電流モード多周期制御コンバータの閉ループ伝達関数の高精度化に関する検討, An Accurate Closed-Loop Transfer Function for Digital Peak Current-Mode Multi-Cycle Controlled Converters, 産業応用部門大会, 電気学会, I-127-I-130, 2024/8/1
- [8] 黒野正子, 光本真一, 栗本宗明, 芳原新也, 「低電界印加時における紫外線照射 LDPE の充電電荷計測」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 岐阜大学, B5-1, 2024/8/29
- [9] 張洋, 田河和真, 武藤浩隆, 栗本宗明, 「深層学習によるナノコンポジット絶縁材料の顕微鏡観察視野外の粒子形状の予測に関する基礎的検討」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 岐阜大学, B5-2, 2024/8/29
- [10] 大元靖理, 吳昱忻, 幾島好広, 重松浩一, 今岡淳, 山本真義, 理論モデルと学習モデルを併用したトランス設計方法とその応用, 2024年電気学会産業応用部門大会, 電気学会(IEEJ), 水戸市民会館,

- 1-105, 2024/8/30
- [11] 田河和真, 熊澤昌宏, 栗本宗明, 「誘電泳動を用いた文字表示デバイスに関する基礎的検討」, 令和6年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛媛大学, 3-B-a1-2, 2024/9/3
 - [12] Nwizu Obianuju Rosemary, Kazuma Tagawa, Muneaki Kurimoto, “Improved Permittivity Variation to Reduce Electric Field Stress at Triple Junctions of High-Voltage Power Module”, 令和6年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛媛大学, 3-B-a2-2, 2024/9/3
 - [13] 栗本宗明, 田河和真, 熊澤昌弘, 「誘電泳動とナノ構造を用いた空气中CO₂分離技術に関する基礎的検討」, 令和6年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛媛大学, 3-B-a2-5, 2024/9/3
 - [14] 張洋, 田河和真, 武藤浩隆, 栗本宗明, 「深層学習を用いたナノコンポジットの顕微鏡観察視野外の粒子予測と電界強度評価に関する基礎的検討」, 令和6年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛媛大学, 4-B-a1-1, 2024/9/4
 - [15] 孫德傑, 栗本宗明, 田河和真, 朱世杰, 鈴置保雄, 「誘電エラストマーの伸長に依存する誘電率とその特性を考慮した発電出力評価に関する研究」, 令和6年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 電気学会 基礎・材料・共通部門, 愛媛大学, 4-B-a2-3, 2024/9/4
 - [16] 今泉晁, 田河和真, 熊澤昌宏, 栗本宗明, 「誘電泳動による空气中CO₂分離効果の計算モデルにおける電極形状検討」, 第55回電気電子絶縁材料システムシンポジウム, 電気学会 基礎・材料・共通部門誘電・絶縁材料技術委員会, 新潟市万代市民会館, MVP-8, 2024/9/26
 - [17] Hannah Merrigan, Wu Yu-Hsin, Koichi Shigematsu, Antoine Lesage-Landry, Masayoshi Yamamoto, Jun Imaoka, Unlocking Free-Position Electric Vehicle Charging: A Neural Network-Driven Approach for Optimizing Wireless Power Transfer Systems., Motor AI Workshop, MotorAI, 登別市観光交流センター, 8, 2024/10/4
 - [18] 長井謙悟, 大水耀太, 渋谷賢佑, 白井隆, 根岸泰隆, 後藤智行, 重松浩一, 今岡淳, 山本真義, モータ駆動システムにおけるアーク放電現象のモデル化と損失が冷媒に及ぼす影響の検討, 自動車技術会 2024 年秋季大会, 公益社団法人自動車技術会, 仙台国際センター, 147, 2024/10/23-25
 - [19] 大元靖理, 重松浩一, 今岡淳, 山本真義, 機械学習を活用したLLCコンバータの電圧変換ゲイン導出方法, 電子通信エネルギー技術研究会 (EE), 電子情報通信学会 (IEICE), 長崎大学 文教キャンパス, EE2024-14, 2024/11/8
 - [20] 田河和真, 栗本宗明, 八木未祐, 古森郁尊, 鈴置保雄, 池田優里, 松葉晃明, 笹谷幸生, 「電力用油浸フィルムコンデンサを模擬した油ギャップ電極系におけるランプ状昇降圧波形印加時の部分放電およびガスボイド発生特性」, 静止器研究会, 電気学会 電力・エネルギー部門 静止器研究会, 電気学会会議室 (東京), SA-24-084, 2024/12/9
 - [21] 岡田 幸太, 今岡 淳, 山本 真義, 猪狩 貴之, 大久保 明範, 岩崎 裕一, 時田 崇広, インターリーブ巻線を適用した漏れインダクタンス設計 可能トランス構造の提案, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-057, 2025/3/18
 - [22] 増田 樹, Choi Sihoon, 増田 満, 今岡 淳, 山本 真義, E級インバータ向け低損失型整合トポロジー, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-059, 2025/3/18
 - [23] 近藤 雅駆, 増田 樹, 重松 浩一, 今岡 淳, 電力変換用積層セラミックコンデンサモジュールの熱特性・高周波特性の改善に関する研究, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-062, 2025/3/18
 - [24] 柳楽勇士, 古井崇介, 北島博樹, 幾島好広, 大元靖理, 重松浩一, 今岡淳, 山本真義, 重回帰分析と主成分分析を用いた回路素子による電源特性への影響評価, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-007, 2025/3/18
 - [25] 吉田圭吾, 米澤遊, 今岡淳, 山本真義, Model-Based Development of Totem-Pole PFC, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-035, 2025/3/18
 - [26] Minsung Kang, 重松浩一, 今岡淳, 山本真義, 遺伝的アルゴリズムを用いた降圧型DC-DCコンバータの多目的最適化, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-002, 2025/3/18

- [27] 石本誠人, 大矢根蒼, 山本真義, 送電側昇圧トランスを有する電界共鳴・パリティ時間対称性ワイヤレス給電方式の実機検証, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 4-075, 2025/3/19
- [28] 黒野正子, 光本真一, 栗本宗明, 芳原新也, 藤井雅之, 福岡眞澄, 「5kV/mm印加時における紫外線照射LDPEの電流計測」, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 2-025, 2025/3/20
- [29] 永野丈宙, 田河和真, 熊澤昌宏, 栗本宗明, 「誘電泳動を用いた文字表示デバイスにおける粒子移動領域」, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 2-053, 2025/3/18

c. 組織委員、実行委員等

- [1] 細谷 達也, ICPE 2023やWPTCE 2024から見たパワエレ回路動向と国際競争力の強化, 第8回総会「パワエレ国際動向」, 次世代のスイッチング方式電源システム産学官連携センター, 株式会社村田製作所みなとみらいイノベーションセンター, 2024/5/28
- [2] 米澤 遊, スwitchング電源, 家庭向け情報通信機器のエネルギー技術, 照明, 再生可能エネルギー, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 機械振興会(東京), 2024/5/31
- [3] 今岡 淳, スwitchング電源, 家庭向け情報通信機器のエネルギー技術, 照明, 再生可能エネルギー, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 機械振興会(東京), 2024/5/31
- [4] 米澤 遊, エネルギー技術, 半導体電力変換, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 東北大学(宮城), 2024/7/29
- [5] 今岡 淳, エネルギー技術, 半導体電力変換, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 東北大学(宮城), 2024/7/29
- [6] 米澤 遊, 電力変換技術, 無線電力伝送, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 京都大学木質ホール(京都府), 2024/10/10
- [7] 今岡 淳, 電力変換技術, 無線電力伝送, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 京都大学木質ホール(京都府), 2024/10/10
- [8] 細谷 達也, ワイヤレス給電の技術応用, 電子情報通信学会 無線電力伝送研究会, 電子通信エネルギー技術研究会, 電子情報通信学会, 京都大学 宇治キャンパス, 2024/10/10
- [9] 米澤 遊, 再生可能エネルギー, 回路技術及び高効率エネルギー変換技術関連, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 長崎大学文教キャンパス(長崎), 2024/11/8
- [10] 今岡 淳, 再生可能エネルギー, 回路技術及び高効率エネルギー変換技術関連, 一般, 電子通信エネルギー研究会, 電子情報通信学会, 長崎大学文教キャンパス(長崎), 2024/11/8
- [11] 今岡 淳, 令和7年全国大会グループ委員会 6 グループ委員, 令和7年電気学会全国大会, 一般社団法人電気学会, 明治大学中野キャンパス, 2025/3/18

d. 座長

- [1] 細谷 達也, 拡大する電源システム市場, TECHNO-FRONTIER 2024, 技術シンポジウム, 電源システム・セッション, 日本能率協会, 東京ビッグサイト, 2024/7/24

Ⅵ. 特許等(出願、公開、登録)

a. 特願(出願特許)

- [1] 栗本宗明, 表示装置, 2024-055957, 2024/3/29, 中部電力株式会社, 国立大学法人東海国立大学機構

b. 特開(公開特許)

- [1] 栗本宗明, 表示装置, 2024-178100, 2024/12/24, 中部電力株式会社, 国立大学法人東海国立大学機構

●高周波回路グループ

特任教授 原 信二
研究員 丹波 憲之

研究員 作野 圭一

研究員 末松 英治

研究テーマ

- ・マイクロ波/ミリ波を用いた高効率無線給電方式の研究
- ・GaN HEMTを用いたテラHz回路設計技術の研究
- ・衛星通信用W帯GaN HEMTパワーアンプの研究
- ・高出力マイクロ波プラズマ電源の開発

研究の背景・目的

GaN HEMTは、従来マイクロ波パワーアンプで主に用いられていたGaAsトランジスタと比較して耐圧が高いため、高出力高効率パワーアンプに適したデバイスである。しかしながら、これまでの研究発表例は単なるトランジスタの置き換えで、GaN HEMTの特徴を十分活かしてきれていなかった。また、W帯以上のミリ波領域においては、現在量産されているGaN HEMTの利得性能が不十分であることから、新しいパワーアンプ回路設計技術の開発が必須である。

当研究室では、素子性能の改善に頼るのではなく、アナログ高周波回路技術による高性能化やGaN HEMTの特徴を活かした新たな設計法の提案と実証や、既存のGaAsデバイスを用いた高効率パワーアンプや整流ICの研究開発を進めている。

成果の概要

無線電力伝送の受電側の高効率化の鍵となる整流ICについて、性能低下の要因である寄生抵抗成分をプロセス変更を行うことなく削減する方法を定量的に解析し、実測との一致を確認した。また、ミリ波帯でも大きな問題となる寄生容量による効率低下を補償する新たな回路方式との組み合わせることで、特別なプロセスを用いることなく、高効率24GHz整流MMICを実現した。50Ω整合回路損失を含んで1.5W入力時RF/DC変換効率59%を得ており、ダイオード整流MMICの中で世界最高性能である。今後は、非50Ω設計の活用によって、更なる高効率化、高周波化を実現していく。また、送電アンプに関しては、整合回路レス設計手法がミリ波領域でも適用可能なことを実証した。

ミリ波帯以上の利得が不十分は周波数領域での回路設計技術においては、ゲート電極を分布定数線路として扱う手法による解析を通じて、単位ゲート幅の増加に伴う高周波領域における利得低下要因を明らかにした。それら解析を通じて開発したSC-gate技術(*)を、ゲート長0.12μm、ゲート幅150μm(=75μm*2本)のGaN HEMTに適用し、W帯(80GHz)において、安定かつ高利得なアンプを実現した。今後は、SC-gateのモデリング技術の高精度化や大信号モデルの開発を推進予定である。また、カスコード接続を用いたアンプのゲート部のインピーダンスを適切に調整することによって、利得の小さい $f_{max}/2$ 以上の周波数帯において、従来比2倍以上の広帯域特性を有し、かつ隣接ch漏洩電力<-25.7dBcという高線形アンプを試作実証した。

(*)SC-gate: Standing-wave Controlled Gate

3端子素子のトランジスタにおいては理論上 f_{max} を超える領域では利得が得られないが、ゲート電極を分布定数線路と捉えることによって給電点と反対側の先端に反射素子を接続し、ゲート電極内の定在波分布を制御することでトランジスタを4端子素子として扱うことで f_{max} 以上の領域でも利得を実現する技術。本技術はこれまでのマイクロ波ミリ波回路設計技術の常識を根底から覆す画期的な技術である。

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演(ポスター発表を含む)

- [1] Keiichi Sakuno, Eiji Suematsu, Shinji Hara, Extension of SC-gate FET Concept to 100 GHz Band and Parallel

- Connection, 27th European Microwave Week (EuMW 2024), EuMIC19-1, 2024/9/24, パリ/フランス, European Microwave Association (EuMA)
- [2] Shinji Hara, Keiichi Sakuno, Kengo Sumiya, Noriyuki Tanba, Yasuhisa Ushida, High-Efficiency 24-GHz Rectifier MMICs using Schottky Barrier Diodes from Foundry, 27th European Microwave Week (EuMW 2024), EuMIC18-5, 2024/9/23, パリ/フランス, European Microwave Association (EuMA)
- [3] Shinji Hara, Keiichi Sakuno, Kengo Sumiya, Noriyuki Tanba, Yasuhisa Ushida, A 24 GHz Band Watt-Class, High Efficiency Rectifier MMIC using GaAs SBDs, 37th Asia-Pacific Microwave Conference, WE-A6-4, 2024/11/20, バリ/インドネシア, IEEE Indonesia section
- [4] Noriyuki Tanba, Shinji Hara, 24 GHz GaN HEMT Power Amplifier Utilizing Matching Circuit-less Design Methodology, 6th Australian Microwave Symposium, S4B, 2025/2/11, Gold Coast/Australia, IEEE MTT-S Australian Chapters
- [5] Kohei Fujiwara; Takashi Kondo; Kazuya Yaginuma; Sei Mizojiri; Shinji Hara; Noriyuki Tanba, Development of a 10-W-Class Microwave Power Source Based on a Dielectric Resonator Oscillator and Class-F Power Amplifier for a Microwave-Discharge Ion Thruster on LEO-Satellites, 2024 25th International Microwave and Radar Conference (MIKON), B1-2, 2024/7/1, ヴロツワフ/ポーランド, Polish Academy of Sciences
- [6] Kohei Fujiwara; Takashi Kondo; Kazuya Yaginuma; Sei Mizojiri; Shinji Hara; Noriyuki Tanba, Development of the Time-Domain Impedance Measurement Method for Microwave-Discharge Ion Thrusters on LEO-Satellites, 37th Asia-Pacific Microwave Conference, WE-E8-5, 2024/11/20, バリ/インドネシア, IEEE Indonesia section

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 原 信二, 次世代通信・センシング用ミリ波化合物半導体デバイスの研究動向, MWE2024, 電子情報通信学会, APMC国内委員会, 神奈川県/Pacifico 横浜, WE4B-3, 2024/11/27
- [2] 溝尻 征・柳沼和也・藤原康平・近藤 崇・原 信二・丹波憲之, マイクロ波放電式電子源用の4.25GHz50W級マイクロ波電源の開発, 電子情報通信学会マイクロ波研究会2024/12, 電子情報通信学会, 沖縄県/JA久米島 阿里ゆんたく館, MW2024-132, 2024/11/14
- [3] 溝尻 征・柳沼和也・藤原康平・近藤 崇・原 信二・丹波憲之, 宇宙推進機におけるマイクロ波電源開発, 第10回宇宙対応発電シンポジウム, 宇宙太陽発電学会, 東京都/東京都市大学, 2024/12/11

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 作野圭一、末松英治、丹波憲之、原信二、作野圭一、末松英治、丹波憲之、原信二, 電子情報通信学会ソサエティ大会, 電子情報通信学会, 埼玉県/日本工業大学, C-2A-07, 2024/9/10
- [2] 原信二、作野圭一、末松英治, 定在波制御ゲート構造を用いたW帯増幅器, 電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 東京都市大学, C-2A-03, 2025/3/25
- [3] 丹波憲之、原信二、溝尻征、柳沼和也、藤原康平、近藤崇, 小型人工衛星イオンスラスト用50W級電力増幅器の開発, 電子情報通信学会ソサエティ大会, 電子情報通信学会, 埼玉県/日本工業大学, C-2A-06, 2024/9/10
- [4] 丹波憲之、原信二, 整合回路レス設計手法の24GHz帯高効率増幅器への適用, 電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 東京都/東京都市大学, C-2A-05, 2025/3/25
- [5] 近藤 崇・藤原康平・溝尻 征・柳沼和也・原 信二・丹波憲之, パワートランジスタの大信号Sパラメータによる電力増幅器の解析, 電子情報通信学会マイクロ波研究会2024/11, 電子情報通信学会, 沖縄県/JA久米島 阿里ゆんたく館, MW2024-127, 2024/11/14
- [6] 藤原康平・近藤 崇・溝尻 征・柳沼和也・原 信二・丹波憲之, GaN パワートランジスタを用いた1W級マイクロ波帯誘電体発振器の開発, 電子情報通信学会マイクロ波研究会2024/11, 電子情報通信学会, 沖縄県/JA久米島 阿里ゆんたく館, MW2024-131, 2024/11/14
- [7] 作野圭一、丹波憲之、角谷健吾、牛田泰久、原信二, LC 並列付加整流回路の動作解析と24GHz 帯MMICの試作評価, 電子情報通信学会総合大会, 電子情報通信学会, 東京都/東京都市大学, C-2A-08, 2025/3/25

- [8] 作野 圭一、末松 英治、丹波 憲之、原 信二、FET の集中定数モデルと分布定数モデルの関係性の考察、電子情報通信学会ソサエティ大会、電子情報通信学会、埼玉県/日本工業大学、C-2A-07, 2024/9/10

d. 座長

- [1] 原 信二、マイクロ波 A、電子情報通信学会ソサエティ大会、電子情報通信学会、埼玉県/日本工業大学、C- 2 A, 2024/9/11

Ⅵ. 特許等（出願、公開、登録）

b. 特開（公開特許）

- [1] 作野圭一、原信二、末松英治、電界効果トランジスタ、特開2024-082342, 2024/6/20, 国立大学法人東海
国立大学機構
[2] 作野圭一、原信二、末松英治、電界効果トランジスタ、特開2024-148327, 2024/10/19, 国立大学法人東海
国立大学機構

8.1.5 国際客員部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●次世代窒化物半導体グループ

特任教授 PRISTOVSEK Markus	特任助教 楊 旭
------------------------	----------

研究テーマ

Exploring and exploiting new concepts for advanced III-Nitride based devices

研究の背景・目的

The research was focused on new approaches for electronic devices, so-called high electron mobility transistors (HEMTs). One approach used the classical Ga-polar (0001) orientation and investigated the novel material AlPN as the barrier layer replacing AlGa_N. AlPN was first synthesized at Nagoya University, and the AlPN work is a joint effort together with the Ferdinand-Braun-Institute in Germany and to support young researchers.

The second approach uses the unconventional N-polar orientation on AlN buffer layers. Such N-polar AlN-based HEMTs had been first reported in

2022 by Cornell University, USA, and in 2023 also by Yamaguchi University. So far, very few groups have investigated this topic, since the growth of N-polar AlN is very challenging. Currently, Nagoya University is the only group that has realized a normally-off HEMT in this system in collaboration with the University of Bristol, UK.

Both approaches, AlPN barriers or N-polar based HEMTs aim to go beyond the limitations of classical Ga-polar GaN-based HEMTs to increase switching frequencies in the transistors with lower losses, i.e., increase data transmission speed or saving power for switched power supplies inside every computer and phone chargers.

成果の概要

One focus was the reaction between ammonia and P in the growth reactor during the growth of AlPN, as this unwanted reaction seems to be the biggest challenge for the application in HEMTs. Samples were exchanged between Germany and NU to look into the issue more deeply.

The N-polar AlN-based HEMTs with GaN channel saw fast progress, the sheet resistivity was reduced from ~10 k Ω /square to less than 800 Ω /square. First N-polar AlN-based HEMTs have been made at Bristol University (including the first ever normally-off HEMTs) and at the Chinese Academy of Science, with higher on-off ratios than all previous reports.

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Pietro Pampili, Markus Pristovsek, Nitrogen-polar growth of AlN on vicinal (0001) sapphire by MOVPE, Journal of Applied Physics Vol. 135, 195303, 2024/5/21
- [2] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Hiroshi Amano, Tae-Yeon Seong, Recent advances in micro-pixel light emitting diode technology, Applied Physics Reviews, Vol 11, 021319, 2024/6/1
- [3] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Xu Yang, Chengzhi Zhang, Matthew D Smith, Two-Dimensional Electron Gas in Thin N-Polar GaN Channels on AlN on Sapphire Templates, Crystals, Vol. 14, pages 822, 2024/9/20
- [4] Xu Yang, Yuta Furusawa, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Hiroshi Amano, Markus Pristovsek, Discovering the incorporation limits for wurtzite AlPyN_{1-y} grown on GaN by metalorganic vapor phase epitaxy, Applied Physics Letters, Vol 125, 132102, 2024/9/23
- [5] Nan Hu, Jeong-Hwan Park, Jia Wang, Hiroshi Amano, Markus Pristovsek, Growth and Characterization of High Internal Quantum Efficiency Semipolar (101⁻³) GaN-Based Light Emitting Diodes, ACS Applied Electronic Materials, Vol 6, 7960-7971, 2024/10/24
- [6] Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Dong-Pyo Han, Bumjoon Kim, Soo Min Lee, Drew Hanser, Pritesh Parikh, Wentao Cai, Jong-In Shim, Dong-Seon Lee, Tae-Yeon Seong, Hiroshi Amano, InGa_N-based blue and red micro-LEDs: Impact of carrier localization, Applied Physics Reviews, Vol 11, 041427, 2024/12/1
- [7] Markus Pristovsek, Nan Hu, How to Make Semi - Polar InGa_N Light Emitting Diodes with High Internal Quantum Efficiency: The Importance of the Internal Field, Laser & Photonics Reviews, Vol 19, 2400529, 2025/1/8

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Markus Pristovsek, Pietro Pampili, Itsuki Furuhashi, Xu Yang, New Approaches on nitride HEMTs AlPN barriers and N-polar AlN, 56th International Conference on Solid State Devices and Materials, 10.7567/SSDM.2024.H-1-01, 2024/9/2, Himeji, SSDM2024 Organizing Committee
- [2] X. Yang, Y. Sakuma, M. Pristovsek, H. Amano, Unlocking the technology of wafer-scale layered atomic crystal growth on dielectric substrates for electronic and photonic applications, 14th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, 2024/6/16, Toyama, META 2024 Organising Committee, France
- [3] Xu Yang, Itsuki Furuhashi, Markus Pristovsek, AlPN, a new member of the III-Nitride Family, 第十八届全国MOCVD学术会议, 2024/7/10, Enshi, China, University of Science and Technology of China

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Itsuki Furuhashi, Xu Yang, Markus Pristovsek, N-polar (000-1) AlGa_N/AlN heterostructures on sapphire grown by MOVPE, International Conference on Metal/organic vapor phase epitaxy XXI, 2024/5/14, Las Vegas, USA, MRS
- [2] Xu Yang, Itsuki Furuhashi, Markus Pristovsek, Incorporation of phosphorus into AlN by metalorganic vapor phase epitaxy, for AlPN/GaN high electron mobility transistors, International Conference on Metal/organic vapor phase epitaxy XXI, 2024/5/14, Las Vegas, USA, MRS
- [3] Markus Pristovsek, Jeong-Hwan Park, Woong Kwon, Heajeong Cheong, Hiroshi Amano, Tailoring carrier localization in InGa_N QW for enhanced EQE in micro-LEDs by introducing a SiN_x interlayer, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, 2024/11/5, Honolulu, USA, North Carolina State University
- [4] Xu Yang, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Sanowar Gazi, Frank Brunner, Eberhard Richter, Oliver Hilt, Markus Weyers, Markus Pristovsek, Where does phosphorus reside when incorporated into AlN for AlPN, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, 2024/11/7, Honolulu, USA, North Carolina State University

- [5] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Xu Yang, Exploring N-polar AlN for Electronic Application, Internation Workshop on Nitride Semiconductors 2024, 2024/11/6, Honolulu, USA, Norh Carolina State University
- [6] Tae-Yeon Seong, Jeong-Hwan Park, Markus Pristovsek, Hiroshi Amano, Micro-light emitting diodes: effects of size, contact schemes, V pits, and dislocations, OPTO 2025, 2025/1/17, San Francisco, USA, SPIE

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Itsuki Furuhashi, Xu Yang, Markus Pristovsek, Improvement of MOVPE growth for N-polar GaN coherent growth on AlN, 応用物理学会, JASP, 新潟, 16p-A22-3, 2024/9/16
- [2] Markus Pristovsek, Itsuki Furuhashi, Xu Yang, Chengzhi Zhang, Matthew D. Smith, Martin Kuball, N-polar AlN-based GaN channel on sapphire for high electron mobility transistors, 応用物理学会, JSAP, 東京, 15a-K401-1~8, 2025/3/15

8.1.6 研究戦略・共同研究推進部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

リーダー・教授(兼任)	須田 淳	副リーダー・特任教授	新井 学	特任教授(兼任)	笹岡 千秋
特任教授	加地 徹	特任教授	橋詰 保	特任教授	藤田 静雄
特任教授	上杉 勉	特任教授(兼任)	安藤 裕二	特任主幹URA(産連本部)	水野 紘一
特任主幹URA(産連本部)	藤本 裕雅				

研究活動

研究戦略・共同研究推進部は、CIRFEの研究戦略策定のための調査研究を行うほかに、共同研究拠点整備の一環として窒化ガリウム（Ga_N）の研究開発で培ったノウハウを生かして、窒化アルミニウム（AlN）や酸化ガリウム（Ga₂O₃）など次世代/次々世代半導体研究共創場を構築するために、令和4年度の改組により新設されました。今では、次世代次々世代ネットワークに参加するグループは36まで増えました。試作支援の他、若手研究者が交流する場を提供して、グループ間の連携強化に努めています。

また、本学の学術研究・産学連携本部とも密接に連携して、窒化ガリウム（Ga_N）の社会実装に向けた活動に重点を置いています。本学学内コンソーシアム（学内部局横断組織）であるGa_N研究戦略室の事務局機能も担っています。

これまで、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム「IoEエネルギーシステム」、総務省「Beyond 5G研究開発促進事業」のGa_Nに関する本学提案課題のほか、文部科学省「革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術開発事業」においては、産官学のチームで本学が中心となって提案して採択された課題「社会実装を目指したGa_N縦型パワーデバイス作成技術の確立」の事務局機能を担っています。

学外の連携としては、本学が中心になって設立した一般社団法人Ga_Nコンソーシアムの運営、企画調査の他、研究会やセミナー開催にも貢献しています。

8.2 高度計測技術実践センター

8.2.1 電子顕微鏡計測部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ顕微分光物質科学グループ

教授 武藤 俊介	講師 大塚 真弘	助教 齊藤 元貴
客員教授 岡島 敏浩	客員教授 高橋 可昌	客員准教授 樋口 哲夫

研究テーマ

先端ナノ材料の高度S/TEM分析法の開発と実材料への応用

研究の背景・目的

我々のグループは、近代社会を支えるテクノロジーにかかわる電池、触媒、磁石、構造材料などにおける諸問題を電子顕微鏡及びそれに付随する分光分析によって解決することを目指している。また特に走査TEMによって網羅的に得られたマルチモーダルデータを機械学習のテクニックを援用して、様々な先進機能材料において従来では得られなかった微小シグナル、微量元素、隠れた欠陥などをナノメートル分解能で抽出・可視化することを行っている。

成果の概要

- ①HVEM-GC-QMSによるセラミックス担持Rh系微粒子触媒反応のオペランド計測：反応科学超高压電子顕微鏡JEM1000K RSに四重極質量分析計（QMS）およびガスクロマトグラフ（GC）を接続し、触媒反応で生成・消費されるガス反応を高分解能での構造変化の観察と同時に実時間でモニター可能となった。現実の触媒環境に近いNO-CO共存雰囲気下では、表面酸化膜は形成されず、金属表面における触媒反応が進行していた。またこの温度で放出ガスのGC分析をしたところ、NOの不完全還元によるN₂O生成が確認された。
- ②低温時効Al合金の機械特性と微細構造解析：Al-Mg-Si合金の低温時効による降伏強度増加の機構について、時効時間に対するSTEM-EDSマッピングによる組成相関図、及びそこから抽出した析出クラスター分布を基に、各温度における析出物の大きさによって分類をした。二種類の析出物が分布しており、硬化はβ'相の数密度、体積分率と良く相関していた。
- ③HARECXS分析の効率的サンプリングによる測定時間低減法の開発：ビームロッキングに伴う電子チャネリング効果を利用したサイト選択的元素分析法であるHARECXS及び統計ALCHEMI法をこれまで整備してきた。計測時間を短縮するためにデータサンプリング法を検討した。実際に標本点の角度座標を指定してイオン化チャネリングデータを取得するスクリプトプログラムを開発し、測定時間を一桁以上短縮することに成功した。
- ④高濃度Si添加GaAsのSi欠陥構造解析：シリコンをドーブしたIII-V半導体GaAsは一般にn型であるが、ドーブ量が増加するにしたがって徐々にAsサイトをシリコンが占有する様になる。GaAs中のシリコンの占有サイトおよび各サイト占有率をビームロッキングによるHARECXS法によって求め、さらにその詳細な欠陥配置を放射光によるSi K-XANESスペクトルおよびDFT理論計算によるスペクトル予測との比較によって明らかにした。
- ⑤ZnドーブW型六方晶フェライトSrZn_xFe_{18-x}O₂₇のサイト選択的EELS/EDS解析による磁気異方性向上機構の解明：希土類フリーで安価な硬磁性材料の代表である六方晶W型フェライトのプロトタイプSrFe₁₈O₂₇にZnを添加すると磁気異方性と飽和磁化が向上する。ビームロッキングEDSによる二次元HARECXS法によって、SrZn_xFe_{18-x}O₂₇の添加Znが置換する7つのFeサイトの占有率を定量的に求め、更にEELSと同期したHARECES法及び原子コラム分解能STEM-EELSを用いて、Fe²⁺とFe³⁺サイトを決定した。添加された

Znは単純にFe²⁺を置換するのではなく、Fe³⁺ ダウンスピンサイトを置換し、これによる電荷バランスを補償するために6g_{oct} アップスピンサイトの一部がFe²⁺→Fe³⁺に電荷移動することによって、全体の磁気異方性と飽和磁化を向上させる機構が明らかになった。

⑥ポリマーアロイの無染色化学イメージング法開発：互いに似通った組成を持つポリマーアロイのミクロ下部構造を高いコントラストで明瞭にS/TEM観察するために、我々は試料損傷を抑えつつポリマーの化学状態まで特定可能なSTEM-Low-loss スペクトラムイメージ法を提案したが、非負値行列分解法（NMF）によるスペクトル分離には解のユニーク性、独立成分数の決定などの問題が存在した。そこでポリマーのLow-loss領域の微細構造がσ一重結合、共役二重結合、ベンゼン環様π結合およびプラズモンに分類、ガウス関数でフィット・分解できることに注目し、ポリマーアロイのロバストな化学イメージングを開発した。LDPE、TPU、SEBSの三種のポリマーの標準試料及びそれらを混錬したアロイのクラスター解析の結果、アロイ化に伴う熱処理によって成分ポリマーが変質していることが明らかになった。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] M. Ohtsuka, Y. Anan, S. Muto, Dopant site occupancies and iron valence states in SrZn_xFe_{18-x}O₂₇ W-type hexaferrites using site-selective X-ray/electron spectroscopy, *Journal of Alloys and Compounds*, 1005, 176028 (2024)
- [2] H. Iwane, G. Saito, S. Muto, K. Ueda, Diamond/graphene (carbon sp³ sp²) heterojunctions for neuromorphic device applications, *Journal of Materials Research*, 39, 15, 2107-2114, (2024)
- [3] C.-C. Chang, T. Sasaki, S. Muto, N. A. Gaida, K. Niwa, M. Hasegawa, High-pressure Synthesis, Crystal Structure and Anisotropic Thermal/Compressive Behaviors of Pseudo-ternary (V,Cr,Mo) P₄, *Journal of Solid State Chemistry*, 340, 125021, (2024)
- [4] A. Ishizuka, M. Ohtsuka, S. Muto, Improved Dopant Fraction Variance Estimation in Statistical ALCHEMI Based on Correct Error Propagation Rule, *Microscopy*, 74, 134-136 (2025)
- [5] G. Saito, Y. Sano, K. Mizuno, S. Torigoe, K. Takata, T. Okajima, S. Muto, Precipitation behavior during low-temperature aging in Al-Mg-Si alloy using STEM-EDS intensity correlograms, *Materials Science and Engineering: A*, 923, 147686, (2025)
- [6] A. Kitajou, S. Matsuda, K. Ohara, K. Ikeda, S. Muto, "Cathode properties of controlled crystallinity nano-Li_{1.2}Cr_{0.4}Mn_{0.4}O₂ cathode for lithium-ion batteries" *RSC Mechanochemistry*, 2, 54-60 (2025)
- [7] B. Wang, H. Shi, T. Miyazawa, M. Ohtsuka, S. Muto, S. Arai, T. Fujii, "Cell structure development during cyclic deformation of near-[001] and near-[011] copper single crystals" *Materials Science and Engineering: A*, 916, 147357 (2024)
- [8] G. Saito, A. Ishizuka, M. Ohtsuka, S. Ito, T. Okajima, S. Muto, "Dopant site analysis of heavily Si-doped GaAs using a combination of electron microscopy and synchrotron radiation" *Journal of Applied Physics*, 137, 025703 (2025)
- [9] A. Ishizuka, M. Ohtsuka, S. Muto, "Efficient Data Sampling Scheme to Reduce Acquisition Time in Statistical ALCHEMI" *Microscopy*, dfaf004 (2025), in press.
- [10] Long-Shu Tang, Hiromochi Tanaka, Shigeo Arai, Tetsuo Higuchi, and Shunsuke Muto, "Operando Analysis of Dynamic Structural Changes on Rh Nanoparticle Surfaces During Catalytic Reduction of NO Using an Environmental High-Voltage Electron Microscope–Quadrupole Mass Spectrometer", *Nano Today*, 62 (2025) 102707,

II. 著書

- [1] 2024/10/15, *Interface Ionics - For All-Solid-State Batteries and Solid State Ionics Devices-*, Shunsuke Muto, 共著, Chapter 32, 375-385, Springer
- [2] 2024/1/24, *Energy Storage Materials Characterization: Determining Properties and Performance*, Shunsuke

Muto, 共著, Chapter 24, 653-696, Wiley

Ⅲ. 解説等

- [1] 2025/4/30, 武藤俊介、梅本大樹、大塚真弘、斎藤元貴, 多次元データ空間における情報の「形」を考慮したスペクトル分解, 和文誌「顕微鏡」, 第60巻1号, 14-18 (2025), 日本顕微鏡学会

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] G. Saito, K. Watanabe, M. Ohtsuka, S. Muto, K. Mizuno, Y. Sano, K. Takata, F. Iesari, T. Okajima, Formation of precipitates in Al-Mg-Si alloys during isothermal aging, International Conference on Aluminum Alloys (ICAA 19), June 23-27, 2024, Global Learning Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, Georgia Institute of Technology, ポスター発表
- [2] S. Muto, L. Tang, T. Higuchi, S. Arai, Operando TEM/GC-QMS System for Simultaneous Observation of Atomic Structural Changes and Catalytic Reaction Kinetics, 18th International Congress on Catalysis (18th ICC), July 14-19, 2024, Lyon, France, フランス化学会
- [3] L. Tang, H. Tanaka, T. Higuchi, S. Arai, S. Muto, Exploring Reaction Mechanisms of Rh-based Nanoparticle Catalysts Using an Operando TEM System, 18th International Congress on Catalysis (18th ICC), July 14-19, 2024, Lyon, France, フランス化学会
- [4] Y. Aisu, K. Ichitani, H. Tanaka, G. Saito, S. Muto and T. Okajima, Effect of quenching rate on microstructure formation in Al-Zn-Mg alloy sheets, International Conference on Aluminum Alloys (ICAA 19), June 23-27, 2024, Global Learning Center Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA, Georgia Institute of Technology, ポスター発表
- [5] S.K.M. Sathyanath, E. Saucedo, Y. Gong, Alex J. Arguijo, Shigeo Araj, Shun Muto, K. Leifer, In-situ synthesis of thin kesterite films using high voltage TEM, European Microscopy Conference 2024, August 25-30, 2024, Copenhagen, European Microscopy Society, ポスター発表

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 武藤俊介, シリケート鉱物の電子分光計測で拓がる惑星科学からコンクリートの対放射線特性評価までー現状と将来展望ー, 名古屋大学工学研究科附属クリスタルエンジニアリング研究センターワークショップ, 名古屋大学工学研究科附属クリスタルエンジニアリング研究センター, 名古屋大学EI創発工学館FJIホール, Nov. 31, 2024
- [2] 武藤俊介, 計測データ情報の再検討: 多変量スペクトル分解を例に, R026先端計測技術の将来設計委員会 第20回研究会, 日本学術振興会 R026先端計測技術の将来設計委員会, エッサム神田ホール2号館, Jan. 22-23, 2025
- [3] 武藤俊介, 反応科学超高压電子顕微鏡によるオペランド触媒反応観察ーガス反応を直視できるかー, 第135回触媒討論会特別シンポジウム, 触媒学会, 大阪大学豊中キャンパス, Mar. 19, 2025

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 斎藤元貴, 渡辺海斗, 武藤俊介, 水野和也, 鳥越翔真, 高田健, 岡島敏浩, Al-Mg-Si合金中の時効生成物のSTEM-EDS分析, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, June 3-5, 2024
- [2] 大藤久遠, 中谷昂平, 武藤俊介, 複合電子分光データを活用したCaO-Al₂O₃-SiO₂系結晶化ガラスの局所構造解析, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, June 3-5, 2024
- [3] 唐龍樹, 樋口哲夫, 荒井重勇, 田中展望, 武藤俊介, オペランドHVEM-QMS-GCシステムの開発と触媒反応解析への応用, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, June 3-5, 2024
- [4] 大塚真弘, 植松拓未, 武藤俊介, STEM/HARECXS複合分析によるアルミナ一般粒界におけるLa偏析サイトの決定, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, June 3-5, 2024, ポスター発表
- [5] 大藤久遠, 中谷昂平, 武藤俊介, 組成相関図を利用したSTEM-EDSおよびSTEM-EELSデータ解析の連携, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, June 3-5, 2024, ポスター発表

- [6] 齊藤元貴, 武藤俊介, 水野和也, 鳥越翔真, 高田健, 岡島敏浩, STEM-EDS の組成相関図を用いた Al-Mg-Si 合金の析出過程の解析, 日本顕微鏡学会第 67 回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, Nov.2-3, 2024, ポスター発表
- [7] 梅本大樹, 荒井重勇, 武藤俊介, STEM-EELS low-loss スペクトル特徴量を用いたポリマー分類モデル構築の試み, 日本顕微鏡学会第 67 回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, Nov.2-3, 2024, ポスター発表
- [8] 高田健, 佐野大和, 水野和也, 鳥越翔真, 齊藤元貴, 大塚真弘, 武藤俊介, イエザリー・ファビオ, 神谷和孝, 岡島敏浩, Al-Mg-Si 合金の等温時効での析出過程の調査, 軽金属学会第 147 回秋期大会, 軽金属学会, 群馬大学, Nov. 8-10, 2024
- [9] 佐々木拓也, 張仲景, 武藤俊介, 丹羽健, Gaida Nico, 長谷川正, 多成分系 CrP₄ 型遷移金属リン化物の高圧合成と結晶化学, 日本高圧力学会第 65 回高圧討論会, 火薬学会, 日本化学会, いわて県民情報センターアイーナ, Nov. 13-15, 2024
- [10] 唐龍樹, 志賀元紀, 武藤俊介, Exploring the Physical Mechanisms Behind Nanoparticle Structural Changes Under In-situ Observation Using Environmental High-Voltage Electron Microscope, 日本金属学会, 2025 年春期講演 (第 176 回) 大会, 日本金属学会, 東京都立大学南大沢キャンパス, Mar. 8-10, 2025, ポスター発表
- [11] 武藤俊介, 梅本大樹, Low-loss 領域クラスター分類によるポリマーアロイの STEM-EELS 無染色化学イメージング, 日本金属学会, 2025 年春期講演 (第 176 回) 大会, 日本金属学会, 東京都立大学南大沢キャンパス, Mar. 8-10, 2025
- [12] 唐龍樹, 志賀元紀, 武藤俊介, 環境超高压電子顕微鏡および深層学習アルゴリズムを用いた反応条件下における触媒ナノ粒子の構造変化に関する研究, 日本金属学会, 2025 年春期講演 (第 176 回) 大会, 日本金属学会, 東京都立大学南大沢キャンパス, Mar. 8-10, 2025

●電子線ナノ物理工学グループ

教授 齊藤 晃	助教 石田 高史	客員教授 内田 正哉
客員教授 平山 司	客員教授 山崎 順	

研究テーマ

- ・原子と分子の配列制御によって発現する高次機能・多元的機能の基礎的研究とその先端材料への応用
- ・革新的電子ビームを利用した機能性ナノ材料の解析手法の開発

研究の背景・目的

半導体界面や金属微粒子に代表されるナノテクノロジーの基礎となる基本構造を原子レベルで解明し、物性発現との関連を詳しく調べる。具体的研究項目は以下に列挙するものである。

1. 半導体デバイス材料の歪み解析
2. 強相関遷移金属酸化物の軌道配向秩序に関する研究
3. 半導体界面の原子配列解明と欠陥構造研究
4. 準結晶の構造と物性に関する研究
5. 磁性ナノ材料の解析

また、上記構造を原子レベルで観測・解明するために、電子顕微鏡を用いた最先端の構造解析法についての原理的な研究と装置の開発も行う。具体的には、

6. 収束電子回折法およびナノビーム回折法を用いたナノメーター領域の格子歪み解析法
7. 非弾性散乱図形を用いた電子軌道異方性の可視化
8. 電子らせん波プローブ

9. スピン偏極透過電子顕微鏡
10. パルスビーム透過電子顕微鏡
11. 高精度3次元再構成を可能とする電子線トモグラフィー
12. 電子線位相イメージング
13. 透過電子顕微鏡によるオペランド観察
14. 電子直接検出型カメラ

の各種手法および装置の開発に取り組んでいる。

成果の概要

1. ベイズ超解像にもちいた走査透過電子顕微鏡像の解像度向上およびノイズ除去の研究

電子顕微鏡観察において、電子線による試料の損傷は深刻な問題であり、克服すべき課題の1つである。このため照射電子線量を低減して、撮像した像から真の情報を抽出するさまざまな手法が提案されている。本研究では、ベイズ超解像をもちいて走査透過電子顕微鏡像の解像度向上とノイズ除去を目的とした。電子顕微鏡像にベイズ超解像を適用した結果、積算後バイキュービック補間を行った画像よりも解像度が向上し、ノイズが除去されることを確認した。またベイズ超解像にもちいる低解像画像は、合計ドーズ量が同じ場合、撮像枚数を増やすことでより解像度が向上することが判明した。

2. 透過電子顕微鏡によるハイエントロピー化合物 $(\text{RuRhPdIr})_{1-x}\text{Pt}_x\text{Sb}$ の短距離秩序の研究

ハイエントロピー化合物は5種類以上の元素から構成されており、高い配置エントロピーにより安定化していると考えられている。構成元素間の相互作用により短距離秩序が形成され、その物性への影響に興味を持たれている。本研究では走査透過電子顕微鏡(STEM)を用いて $(\text{RuRhPdIr})_{1-x}\text{Pt}_x\text{Sb}$ の短距離秩序について解析を行った。a軸入射におけるADF-STEM像では遷移金属サイトの輝点の明るさにばらつきが生じ、電子回折図形には散漫散乱がみられた。c軸ではこれらが全く見られなかった。この異方的な散漫散乱を生じる原子配列を、リバースモンテカルロ法および離散トモグラフィーの考えを利用して3次元再構成を行った。近接座標の占有率を調べたところ、c面において最近接およびa軸方向の列に原子番号の近い元素が配置されやすいことが判明した。

3. 時間分解電子顕微鏡を用いた光励起によるピコ秒高速構造変化の実空間イメージング

熱膨張による構造変化は材料特性に大きな影響を与える。表面プラズモン共鳴によって光を強く吸収する金ナノ粒子は光熱変換効果に伴う温度上昇によって熱膨張する。本研究では、時間分解電子顕微鏡を用いてポンププローブ分光法を実施し、金三角形ナノ粒子および MoS_2 を挟んだh-BNの熱的構造変化を観察することで、これらの材料特性を明らかにすることを目的とした。時間分解計測の結果、金三角形ナノ粒子のピコ秒レベルの熱緩和過程を実空間で観察することに成功した。また、回折図形を用いることで MoS_2 の励起に伴うh-BNの格子収縮を計測し、モアレ縞を用いることで MoS_2 の層間の回転を計測することに成功した。

4. スピン偏極電子を用いた動力的回折計算手法の開発と反強磁性磁気ブラッグ散乱への応用

我々が開発したスピン偏極電子顕微鏡(SP-TEM)は、入射電子のスピン偏極方向に依存する非対称な散乱項を取り出すことが可能であり、磁性体等の局所構造を実験室サイズで解析できる中性子回折に代わる手法となることが期待されている。電子は試料内で数十回の散乱を繰り返し散乱強度に複雑な変調を引き起こすため、動力的効果を考慮したシミュレーションとの比較が重要である。そこで本研究では出射面の波動関数を、動力的効果を考慮して計算可能なマルチスライス法に対して入射電子のスピン偏極効果とその電子が感じる試料内磁場の効果を導入することで、スピン偏極電子が及ぼす動力的効果について調べた。その結果、スピン偏極効果は低加速電圧において磁気ブラッグピークの計測可能性を向上させることがわかった。

5. SOIピクセル検出器INTPIX4の120-kVおよび200-kV透過電子顕微鏡への応用

Silicon-on-insulator(SOI)ピクセル検出器INTPIX4は直接検出型の放射線検出器である。これまで低加速透過電子顕微鏡においてその性能評価が評価されてきた。本研究では、INTPIX4を通常の透過電子顕微鏡に搭載しイメージング性能を評価した。120kVおよび200kVの電子線をINTPIX4に照射し検出効率や変調伝達関数(MTF)を見積もった結果、検出効率はそれぞれの加速電圧で96%以上ありMTFは120kVの場合は200kVと比べ約2倍になることがわかった。さらに、本検出器を用いて電子線の干渉実験を行い、電子の2重性が観

察された。これらの結果からINTPIX4が高い単電子検出性能を持つことが明らかとなった。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] R. Yano, S. Kihara, M. Yoneda, H. T. N. Vu, H. Suto, N. Katayama, T. Yamaguchi, M. Kuwahara, M. Suzuki, K. Saitoh, S. Kashiwaya "Giant impurity effect on anomalous Hall effect of Mn₃Sn" J. Chem. Phys. 160, 184708 (2024), <https://doi.org/10.1063/5.0195211>, 2024/5/13
- [2] H. Tamaki, K. Saitoh, Near-field electron ptychography using full-field structured illumination, Microscopy, 74(1), February 2025, 10-19, <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfae035>, 2024/7/25
- [3] S. Hatanaka and J. Yamasaki, Reconstruction of the Wigner function of electron beams based on coherence measurements, Physical Review A 110 (2024) 013702.8, 2024/7/8
- [4] K. Saitoh, T. Oyobe, K. Igarashi, T. Sato, H. Matsumoto, H. Inada, T. Endo, Yasumitsu Miyata, R. Usami, T. Takenobu, Surface sensitivity of atomic resolution secondary electron imaging, Microscopy, 74(1), February 2025, 28-34, <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfae041>, 2024/9
- [5] T. Ishida, K. Sugie, T. Miyoshi, Y. Ishida, K. Saitoh, Y. Arai, M. Kuwahara, Development of silicon-on-insulator direct electron detector with analog memories in pixels for sub- microsecond imaging Microscopy, 73(6), December 2024, 511–516, <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfae029>, 2024/12
- [6] J. Cebollada, D. Sebastián, J. Yamasaki, J. Agúndez, M. J. Lázaro, and M. Victoria Martínez-Huerta, Building robust copper nanostructures via carbon coating derived from polydopamine for oxygen reduction reaction, Materials Today Nano 28 (2024) 100536., 2024/12
- [7] S. Hatanaka, J. Yamasaki, Precise measurement of spatial coherence and axial brightness based on the Wigner function reconstruction in transmission electron microscopes with field emission guns and a thermionic emission gun, Microscopy 74 (1) (2025) 20-27, 2025/2
- [8] J. Yeh, Y. Hasebe, M. Uchida, Room-temperature synthesis of carbon nano-onions by B4C sonication in water, Carbon Reports, 2024 Volume 3 Issue 3 Pages 129-133
- [9] J. Yeh, Y. Hasebe, M. Uchida, One-Pot Sonochemical Synthesis of Carbon Nano-Onions from Silicon Carbide in Pure Water, MATERIALS TRANSACTIONS, 2024 Volume 65 Issue 11 Pages 1431-1435

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 石田 高史, 杉江 晃成, 石田 裕一, 齋藤 晃, 新井 康夫, 梶原 真人, "Development of advanced direct electron detection cameras using SOI technology", 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会サテライト企画 第3回国際若手シンポジウム, 1pmB_ISP-01-01, June 2., 2024, 幕張メッセ（千葉）, 公益社団法人 日本顕微鏡学会
- [2] H. Tamaki, K. Saitoh, "Wavefield reconstruction using full-field illumination ptychography with a structured electron beam, Fifth Japan-Canada Microscopy Societies Joint Symposium", June 3-4, 2024, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada, Japanese Society of Microscopy and Microscopy Society of Canada

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] K. Saitoh, "Depth sensitivity of atomic resolution secondary electron imaging", European Microscopy Congress 2024, August 25-30, 2024, Center Copenhagen, Center Boulevard 5, 2300 Copenhagen, Denmark, SCANDEM
- [2] J. Yamasaki and S. Hatanaka, "Measuring Spatial Coherence of Electron Beams in TEM by Analyzing Airy Diffraction Patterns", 11th International Conference on Charged Particle Optics., October 15-18, 2024, Fukui, 日本顕微鏡学会電子光学設計技術分科会
- [3] S. Hatanaka and J. Yamasaki, "Relationship between the axial brightness of emitters and the spatial coherence length in TEM derived from the Wigner function", 11th International Conference on Charged Particle Optics., October 15-18, 2024, Fukui, 日本顕微鏡学会電子光学設計技術分科会, ポスター発表

- [4] S. Mizuno, T. Nagase, R. Nishi and J. Yamasaki, "Three-dimensional reconstruction of surface morphology of a polycrystalline dendrite particle using bright-field TEM images", 11th International Conference on Charged Particle Optics, October 15-18, 2024, Fukui, 日本顕微鏡学会電子光学設計技術分科会, ポスター発表
- [5] S. Mizuno, T. Nagase, R. Nishi and J. Yamasaki, "Three-dimensional reconstruction of surface morphology of a polycrystalline particle", 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24, November 17-22, 2024, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会, ポスター発表

c. 組織委員、実行委員等

- [1] J. Yamasaki, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24, November 17-22, 2024, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会

d. 座長

- [1] J. Yamasaki, 11th International Conference on Charged Particle Optics, October 15-18, 2024, Fukui, 日本顕微鏡学会電子光学設計技術分科会
- [2] J. Yamasaki, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24, November 17-22, 2024, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 山崎順, 「超高压電子顕微鏡によるサブミクロン構造のトモグラフィー定量化」, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [2] 山崎順, 「電子顕微鏡によるミクロ構造観察と産業応用への展開」, 大阪大学レーザー科学研究所/りそな中小企業振興財団 技術懇親会, 大阪大学レーザー科学研究所/りそな中小企業振興財団, 大阪大学レーザー科学研究所, 2024/11/15
- [3] 石田 裕一、石田 高史、栗原 真人、新井 康夫、齋藤 晃, 「[第57回講演奨励賞受賞記念講演] SOIピクセル検出器の単電子検出性能の評価と電子線干渉実験への応用」, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大, 2025/3/14

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 水野伸哉、永瀬丈嗣、西竜治、山崎順, 「デンドライト多結晶粒子の回折コントラスト像に基づく三次元トモグラフィー」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [2] 清水康太、山崎順, 「正則化アルゴリズムを用いた電子回折位相イメージングのノイズ効果の低減」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [3] 齋藤 晃, 及部 哲平, 宇佐美 怜, 竹延 大1, 五十嵐 啓介, 佐藤 岳志, 松本 弘昭, 稲田 博実, 「原子分解能2次電子イメージングの表面敏感性」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [4] 石井 陽稀, 横尾 恭真, 金井 辰也, 出口 和彦, 齋藤 晃, 「高分解能走査透過電子顕微鏡による蔡型準結晶の四面体クラスターの揺らぎの観察」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [5] 土屋 嘉之, 齋藤 晃, 「電子線ロッキングカーブの位相回復による湾曲歪みの格子変位場の3次元解析」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [6] 玉置 央和, 齋藤 晃, 「構造化電子ビームを用いた波動場再生法による深さ方向情報の分解」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [7] 金光 祐樹, 齋藤 晃, 「ベイズ超解像をもちいた高分解電子顕微鏡像の解像度向上およびノイズ除去」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [8] 池田 昂央, 平井 大悟郎, 植松 直斗, 竹中 康司, 齋藤 晃, 「ハイエントロピー型アンチモン化合物 (RuRhPdIr) 1-x, Ptx, Sbの短距離秩序」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5

- セ 千葉, 2024/6/3-5
- [9] 石田 高史, 杉江 晃成, 石田 裕一, 齋藤 晃, 新井 康夫, 栗原 真人, 「サブマイクロ秒時間分解観察のための SOI 直接電子検出器の開発」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [10] 永見 洗陽, 牧元 翔太郎, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, 「ピコ秒パルス電子線を用いた金ナノ粒子のレーザー照射下における超高速構造変化の観察」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [11] 中根 爽太, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, 「マルチスライス法へのスピン偏極効果の導入」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [12] 石田 裕一, 石田 高史, 栗原 真人, 新井 康夫, 齋藤 晃, 「透過型電子顕微鏡における SOI ピクセル検出器 INTPIX4 のイメージング性能評価」, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [13] 石井陽稀, 横尾恭真, 金井辰也, 出口和彦, 齋藤晃, 「高分解能走査透過電子顕微鏡による蔡型準結晶の四面体クラスターの揺らぎの動的観察」, 日本物理学会第79回年次大会, 日本物理学会, 北海道大学, 2024/9/16-19
- [14] 齋藤 晃, 及部 哲平, 五十嵐 啓介, 佐藤 岳志, 松本 弘昭, 稲田 博実, 遠藤 尚彦, 宮田 耕充, 宇佐 美玲, 竹延 大志, 「2層MoS₂をもちいた原子分解能2次電子イメージングの表面敏感性の検証」, 日本物理学会第79回年次大会, 日本物理学会, 北海道大学, 2024/9/16-19
- [15] 石田 高史, 石田 裕一, 栗原 真人, 新井 康夫, 齋藤 晃, 「SOI技術を用いた高速撮影可能なダイレクト電子検出器の開発」, 第85回応用物理学会 秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟/オンライン, 2024/9/16-20
- [16] 石田 裕一, 石田 高史, 栗原 真人, 新井 康夫, 齋藤 晃, 「SOIピクセル検出器を用いた単電子検出による電子線干渉実験」, 第85回応用物理学会 秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟/オンライン, 2024/9/16-20
- [17] 山崎順, 畑中修平, 「円形絞りをを用いた電子ビーム空間干渉性の定量計測」, 第85回応用物理学会 秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟/オンライン, 2024/9/16-20
- [18] 畑中修平, 山崎順, 「電子ビームのWigner関数再構成と軸上輝度式の導出」, 第85回応用物理学会 秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟/オンライン, 2024/9/16-20
- [19] 石田高史, 「SOI - CMOS技術を用いた高速電子直接検出器の開発」, 2024年度若手シンポジウム, 日本顕微鏡学会学際的顕微研究領域若手研究部会, 博多, 2024/10/16-17
- [20] 土屋 嘉之, 齋藤 晃, 「電子線ロッキングカーブの位相回復による湾曲歪みの3次元解析」, 令和6(2024)年度日本結晶学会年会および会員総会, 日本結晶学会, 名古屋大学東山キャンパス, OA-II-08, 2024/11/08-11/10
- [21] 池田 昂央, 平井 大悟郎, 植松 直斗, 竹中 康司, 齋藤 晃, 「ナノ結晶FeSによる溶液中Cr(VI)除去プロセスの解明と生成物の構造解析」, 令和6(2024)年度日本結晶学会年会および会員総会, 日本結晶学会, 名古屋大学東山キャンパス, PA-I-10, 2024/11/08-11/10, ポスター発表
- [22] 玉置央和, 齋藤 晃, 「構造化電子ビームを用いた波動場再構成法の開発」, 令和6(2024)年度日本結晶学会年会および会員総会, 日本結晶学会, 名古屋大学東山キャンパス, OA-II-07, 2024/11/08-11/10
- [23] 石井陽稀, 横尾恭真, 金井辰也, 出口和彦, 齋藤 晃, 「高分解能走査透過電子顕微鏡による蔡型準結晶の四面体クラスターの揺らぎの動的観察」, 令和6(2024)年度日本結晶学会年会および会員総会, 日本結晶学会, 名古屋大学東山キャンパス, OA-II-06, 2024/11/08-11/10
- [24] 中根 爽太, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, 「スピン偏極電子線を用いたスピン-磁気散乱が及ぼす動力学的効果の検証」, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [25] 永見 洗陽, 長尾 全寛, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, 「レーザー照射による加熱効果の時間分解計測に向けたMoS₂熱膨張効果の観察」, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [26] 金光 祐樹, 齋藤 晃, 「ベイズ超解像のノイズ除去および解像度向上における入力画像枚数依存性」, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [27] 石井 陽稀, 「高分解能走査透過電子顕微鏡による蔡型準結晶の四面体クラスターの揺らぎの動的観

- 察」, 第29回準結晶研究会, JST CREST「フェイゾンエンジニアリング: 構造タイル組み換えに基づく新物質創製」, 大阪大学 豊中キャンパス 南部ホール, 2025/1/20 – 1/22
- [28] 石田 高史, 「SOI 技術を用いた高速撮影可能なダイレクト電子検出器の開発」, 2025 年 (令和 7 年) 第1回研究会, ナノ荷電粒子ビーム産学連携委員会, 森戸記念館・ハイブリッド開催, 2025/12/24
- [29] 齋藤 晃, 「原子分解能2次電子イメージングの表面敏感性」, 2025 年 (令和 7 年) 第1回研究会, ナノ荷電粒子ビーム産学連携委員会, 森戸記念館・ハイブリッド開催, 2025/12/24
- [30] 下谷 亮介, 石田 高史, 齋藤 晃, 「多層hBN/LaB 表面における仕事関数の第一原理計算」, 2025 年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大, 2025/3/14
- [31] 石田 裕一, 石田 高史, 梶原 真人, 新井 康夫, 齋藤 晃, 「SOI 技術を用いた高速撮影可能なダイレクト電子検出器の開発Ⅱ」, 2025 年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大, 2025/3/14

c. 組織委員、実行委員等

- [1] 山崎順, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [2] 山崎順, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会 第20回定例研究会, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会, 東京, 2025/1/23

d. 座長

- [1] 齋藤晃, I-7 計測インフォマティクス・データ解析, I-7 Informatics and Data Analysis for Microscopy, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [2] 山崎順, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ 千葉, 2024/6/3-5
- [3] 石田高史, 2024年度若手シンポジウム, 日本顕微鏡学会学際的顕微研究領域若手研究部会, 博多, 2024/10/16-17
- [4] 山崎順, 日本顕微鏡学会 第67回シンポジウム, 日本顕微鏡学会, 北海道大学, 2024/11/2-3
- [5] 山崎順, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会, 第20回定例研究会, 日本表面真空学会マイクロビームアナリシス技術部会, 東京, 2025/1/23
- [6] 石田高史, 2025 年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大, 2025/3/15

8.2.2 電磁波計測部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●プラズマエネルギー工学グループ

教授 大野 哲靖	准教授 田中 宏彦	客員教授 梶田 信
----------	-----------	-----------

研究テーマ

磁場閉じ込め核融合発電の実現に向けた境界プラズマ制御・熱粒子輸送研究

研究の背景・目的

温暖化や資源枯渇などの地球環境問題解決のため、磁場閉じ込め高温プラズマを用いた核融合発電の研究が世界規模で進められている。当グループでは、高温高密度の炉心プラズマ維持のために不可欠な、境界プラズマ制御とプラズマ計測技術の開発、太陽表面に匹敵する超高熱流プラズマと壁材料の相互作用に関する研究を実施している。複数の高密度プラズマ発生装置を用いた実験のほか、計算機シミュレーションによるプラズマモデリング、産業応用にも期待される機能性ナノ構造金属の創成などについて研究を推進している。

成果の概要

- ・直線プラズマ装置において生成された非接触再結合プラズマに対して、高速カメラによる高アスペクト比

発光計測を行い、統計解析手法を組み合わせたトモグラフィ解析を行った。この結果、1台のカメラと1本の静電プローブのみを用いて、磁場直交面内の発光の時空間構造挙動を抽出した。

- 軽水素および重水素プラズマにおいて、レーザートムソン散乱計測による系統的なデータ取得を行った。衝突輻射コードを用いた解析および発光分光計測結果から、重水素プラズマでは分子活性化再結合のレート係数が相対的に低く、高い電子密度が装置下流側まで維持されることで、結果として下流側で電子-イオン再結合が生じやすいことがわかった。
- 直線プラズマ装置を対象とした、水素原子イオン(H^+)および分子イオン(H_2^+ , H_3^+)の輸送計算が可能な多流体コードを開発した。水素分子密度が高いとき H_3^+ の密度が高くなり、その輸送の考慮の有無が輸送計算結果に影響を与えることがわかった。
- ヘリウムプラズマのプラズマ流体コードと中性粒子輸送コードを結合した統合輸送コードを国内複数機関の共同研究で開発した。実験と同様に、上流電子密度の増加ならびに下流ガス圧の増加に伴い、プラズマの非接触化が促進される様子が確認された。
- トーラス型装置に対し、2光子励起レーザ-誘起蛍光計測システムを開発し、重水素基底原子密度計測を行った。磁場構造を変化させることでプラズマとの相対位置に対する空間分布を取得するとともに、放電電力依存性を確認した。
- ヘリウムプラズマに窒素、アルゴンなどの不純物ガスを添加してタンゲステンに照射することで、これまでに形成が確認されていた島状構造 (NTB) に加え、棒状の突起構造が形成されることが明らかとなった。電子線後方散乱回折法による測定から、単一の突起構造内に複数の結晶方位が含まれることがわかった。

発表論文等

I. 論文 (査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] H.Tanaka, S.Kajita, H.Natsume, N.Ohno, Four-dimensional conditional averaging tomography of rotating plasma ejection from cylindrical detached plasma, Scientific Reports, Vol.14, 9329, 2024/4/23
- [2] K.Sugiura, T.Ido, H.Tanaka, H.Natsume, S.Masuda, K.Hoshino, K.Sawada, N.Ohno, First Results of Multi-fluid Modeling of Detached Hydrogen Plasmas in a Linear Plasma Device using Fluid Code LINDA-NU, Contributions to Plasma Physics, 2024;e202300150, 2024/6/6
- [3] Q.Shi, S.Kajita, N.Ohno, H.Tanaka, R.Yasuhara, H.Fujiwara, H.Uehara, Lithography-Free Nanofabrication on Various Semiconductors by the Codeposition Etching Technique, Langmuir, Vol.40, 12437-12442, 2024/6/12
- [4] S.Kajita, Q.Shi, K.Tabata, T.Kuwabara, H.Tanaka, N.Ohno, Germanium nanostructures by helium plasma irradiation, Japanese Journal of Applied Physics, Special Issue on ISPlasma2024, 07SP07, 2024/7/23
- [5] J.Shi, H.Kaizawa, Y.Uematsu, H.Tanaka, S.Kajita, N.Ohno, K.Sawada, H.Ding, Hydrogen isotope effects on recombination dominant plasmas in NAGDIS-II, Plasma Phys. Control. Fusion, Vol.66, 085006(11 pp), 2024/6/27
- [6] S.Kajita, D.Nishijima, K.Fujii, H.Tanaka, J.Vernimmen, H.van der Meiden, I.Classen, N.Ohno, Machine learning aided line intensity ratio method for helium-hydrogen mixed recombining plasmas, Plasma Phys. Control. Fusion, Vol.66, 105005, 2024/8/22
- [7] Q.Shi, S.Kajita, N.Ohno, Tungsten fuzz growth at low temperature(<900K) on a surface with nanocones, Nuclear Materials and Energy, Vol.39, 101668, 2024/5/2
- [8] S.H.B.Teo, M.A.T.Thompson, N.Kirby, D.R.Hughes, N.Hammoud, A.Khan, H.Tanaka, N.Ohno, P.Mummery, S.L.Harmer, C.S.Corr, Thermal evolution of helium bubbles in tungsten by GISAXS and TDS, Journal of Nuclear Materials, Vol.604, 155524, 2024/11/19
- [9] H. Tanaka, S. Kajita, N. Ohno, Plasma and Fusion Researches, Behavior of Sputtered Tungsten in the Divertor Plasma Simulator NAGDIS-II, 20, (2025) 1302020.
- [10] H. Tanaka, S. Kajita, H. Kaizawa, N. Ohno, Dynamic response of recombining detached plasma to electron beam injection, Physics of Plasmas 32 (2025) 022504 (10pp).

- [11] H. Natsume, S. Masuda, H. Tanaka, R. Migita, R. Mano, K. Sugiura, K. Sawada, K. Hoshino, Y. Hayashi, N. Ohno, DISCOVER: New integrated code to simulate helium detached plasma in a linear device, *Physics of Plasmas*, 32 (2025) 022508.
- [12] R Zhang, S Kajita, D Hwangbo, H Tanaka, Y Yamamoto, N Ohno, Formation of micro-pillars on W by He plasma irradiation with N₂/Ar impurities, *Materialia*, 39 (2025) 102341.
- [13] S Kajita, K Hiraiwa, H Tanaka, R Iwai, M Aramaki, R Yasuhara, N Ohno, TALIF measurements of atomic deuterium in toroidal divertor simulator NAGDIS-T, *Nuclear Materials and Energy*, 42 (2025) 101898.
- [14] Y Hayashi, S Masuzaki, M Kobayashi, G Kawamura, K Mukai, H Tanaka, T. Murase, Heat flux mitigation characteristics in the radiative divertors with multi-peaks of heat flux in the large helical device, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, 67 (2025) 025010.
- [15] D. Hwangbo, S. Feng, S. Kajita, H. Tanaka, R. Zhang, Y. Hayashi, M. Morbey, R. Timmer, J. Vermimmen, J. Scholten, T. Morgan, *Scientific Reports*, 15 (2025) 7903., "Formation of hot spots and arc ignition on tungsten with nano-tendrils under high-density hydrogen plasma exposure"
- [16] H. Natsume, K. Nojiri, S. Kajita, H. Tanaka, T. Yokozuka, Y. Nunoya, *Fusion Engineering and Design*, 215 (2025) 104926., "Implications of the measured BRDF for the ITER divertor impurity monitor"

Ⅲ. 解説等

- [1] 2024/5/1, 田中宏彦, 直線型装置を対象とした非接触プラズマ統合輸送コード開発の現状と展望, *J. Plasma Fusion Res.*, Vol.100, No.5, 209-217, プラズマ・核融合学会
- [2] 2025/3/1, 増崎貴, 杉本有隆, 林祐貴, 矢嶋美幸, 浜地志憲, 東郷訓, 大野哲靖, 田中宏彦, 吉川正志, 梶田信, 河村学思, 庄司主, 宮本光貴, 坂本隆一, リハンテ, 国際エネルギー機関 (IEA) PWI 協定に拠る国際共同研究 国際共同研究の入口として、そしてその成果, *J. Plasma Fusion Res.*, Vol.101, No.3, 100-126, プラズマ・核融合学会

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] H. Tanaka, Y. Hayashi, S. Kajita, D. Hwangbo, J.W.M. Vernimmen, J. Scholten, H.J. van der Meiden, I. Classen, T.W. Morgan, and N. Ohno, Detached plasma fluctuation and radial transport behavior at high/low magnetic field in Magnum-PSI, 26th International Conference on Plasma Surface Interaction in Controlled Fusion Devices (PSI-26), P1-003, 2024/5/13, マルセイユ (フランス), ポスター発表
- [2] N. Ohno, R. Mano, Y. Uematsu, H. Natsume, H. Tanaka, Y. Hayashi, S. Kajita, J. Shi, K. Sawada, Experimental and Modeling Studies of EIR and MAR Processes on Detached Plasmas Using the Linear Plasma Device NAGDIS-II, 21st International Congress on Plasma Physics (ICPP), Th2.B.O1, 2024/9/12, Ghent, Belgium
- [3] H. Natsume, M. Le Bohec, R. Steiner, M. B. Yaala, M.-H. Aumeunier, L. Marot, H. Tanaka, S. Kajita, Estimation of the Optical Reflection Property of Plasma Facing Surfaces from Topography Measurements, 21st International Congress on Plasma Physics (ICPP), Tu.Po.3, 2024/9/13, Ghent, Belgium, ポスター発表
- [4] S. Kajita, G. Uchida, H. Tanaka, K. Tabata, Y. Yamamoto, N. Ohno, Nanoporous Amorphous Silicon Thin Films Fabricated with Helium Plasma for Lithium Ion Battery Application, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME 2024), A07-0822, 2024/10/7, Honolulu, USA, ポスター発表
- [5] H. Natsume, K. Nojiri, S. Kajita, H. Tanaka, T. Yokozuka, Y. Nunoya, Synthetic diagnosis of ITER divertor impurity monitor using measured BRDF, 33rd Symposium on Fusion Technology (SOFT 2024), P1-67, 2024.9.22-27, Dublin, Ireland, ポスター発表
- [6] S. Togo, T. Takizuka, H. Tanaka, R. Ikezoe, T. Okamoto, N. Ezumi, K. Homma, A. Kunii, K. Emoto, M. Sakamoto, Performance of anisotropic-ion-pressure plasma fluid scheme for the Bohm criterion in a two-ion-species plasma, The 43rd JSST Annual International Conference on Simulation Technology & The 23rd Asia Simulation Conference (JSST2024 and AsiaSim 2024), 3a-2, 2024.9.17-20, Kobe, Japan,
- [7] S. Kajita, K. Hiraiwa, H. Tanaka, R. Iwai, M. Aramaki, R. Yasuhara, N. Ohno, TALIF measurements of atomic deuterium in toroidal divertor simulator NAGDIS-T, 26th International Conference on Plasma Surface

- Interaction in Controlled Fusion Devices (26th PSI), P2-034, 2024.5.12-17, Marseille, France, ポスター発表
- [8] Y. Hayashi, H. Tanaka, S. Kajita, D. Hwangbo, N. Ohno, J.W.M. Vernimmen, J. Scholten, H.J. van der Meiden, I. Classen, T.W. Morgan, Characteristic of heat pulse propagating in detached plasma in Magnum-PSI, 26th International Conference on Plasma Surface Interaction in Controlled Fusion Devices (26th PSI), P2-053, 2024.5.12-17, Marseille, France, ポスター発表
- [9] H. Tanaka, Y. Uematsu, R. Mano, N. Ohno, S. Kajita, Estimation of wide-area plasma parameter distributions based on helium emission and Thomson scattering measurements, ISPlasma2025/IC-PLANTS2025, 05P-18, 2025.3.3-7, Chubu University, Japan, ポスター発表
- [10] R. Iwai, N. Ohno, H. Tanaka, S. Kajita, Electron beam injection into spiral plasma using plasma-heated LaB6 electrode, ISPlasma2025/IC-PLANTS2025, 05P-04, 2025.3.3-7, Chubu University, Japan, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 大野哲靖、田中宏彦、眞野綾二、上松雄太、夏目祥揮、澤田圭司、梶田信、林祐貴、石叡霖、星野一生、荒巻光利、直線型プラズマ装置NAGDIS-IIを用いた非接触プラズマに関する実験・モデリングの親展と今後の展開、第15回核融合エネルギー連合講演会、プラズマ・核融合学会、日本原子力学会、八戸市公民館、14P27, 2024.6.13-14, ポスター発表
- [2] 夏目祥揮, M.L. Bohec, R. Steiner, M.B. Yaala, M-H. Aumeunier, L. Marot, 梶田信, 田中宏彦, ベリリウム表面形状が与える光学反射特性への影響, 第15回核融合エネルギー連合講演会, プラズマ・核融合学会、日本原子力学会、八戸市公民館、13P51, 2024.6.13-14, ポスター発表
- [3] 田中宏彦、宗近洸洋、大野哲靖、夏目祥揮、梶田信、短時間剛体的回転特性を利用したプラズマ径方向放出現象の条件付き平均・移動トモグラフィ、令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会、電気関係学会、岐阜大学、A6-1, 2024.8.28-29
- [4] 眞野綾二、田中宏彦、大野哲靖、夏目祥揮、梅澤英弥、澤田圭司、林祐貴、星野一生、核融合ダイバータプラズマ統合輸送シミュレーションにおける準安定原子の効果、令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会、電気関係学会、岐阜大学、A6-5, 2024.8.28-29
- [5] 上松雄太、眞野綾二。田中宏彦、大野哲靖、梶田信、直線型プラズマの電離進行一再結合遷移に伴う二次元発光分布の大域的構造変化、令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会、電気関係学会、岐阜大学、A6-6, 2024.8.28-29
- [6] 上松雄太、眞野綾二、田中宏彦、大野哲靖、梶田信、二次元ヘリウム発光と局所トムソン散乱データを用いた広域プラズマパラメータ推定、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、19P33, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [7] 田中宏彦、直線型プラズマ装置を対象とした非接触プラズマ統合輸送コードの開発、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、S5-5, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [8] 田中宏彦、平田翔馬、宗近洸洋、大野哲靖、電子-イオン-リユードベリ原子共存系における輸送増幅過程の検討、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、19P46, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [9] 眞野綾二、夏目祥揮、梅澤英弥、田中宏彦、澤田圭司、大野哲靖、星野一生、林祐貴、荒巻光利、皆川裕貴、非接触ヘリウムプラズマにおける準安定原子輸送の影響、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、19P48, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [10] 平田翔馬、田中宏彦、大野哲靖、直線型装置における熱電子放出電極を用いたプラズマ不安定性抑制効果の検証、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、19P50, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [11] 山本雅紀、林幸希、梶田信、田中宏彦、山本悠太、大野哲靖、ヘリウム タングステン共堆積層のスパッタリング特性、プラズマ・核融合学会第41回年会、プラズマ・核融合学会、タワーホール船越、19P64, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [12] 林幸希、山本雅紀、梶田信、田中宏彦、大野哲靖、ヘリウム-タンングステン共堆積層における粒子吸蔵

- 特性の分光的評価に関する検討, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 19P65, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [13] 林祐貴, 田中宏彦, 梶田信, 大野哲靖, 皇甫度均, J.W.M. Vernimmen, J. Scholten, H.J. van der Meiden, I. Classen, T.W. Morgan, 直線型プラズマ装置Magnum-PSIを用いた熱パルス重畳による非接触プラズマの動的応答, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 19Ap04, 2024.11.17-20
- [14] 夏目祥揮, 増田翔太, 田中宏彦, 右田龍星, 眞野綾二, 杉浦健斗, 澤田圭司, 星野一生, 林祐貴, 大野哲靖, 非接触再結合プラズマ統合解析コードDISCOVERの開発, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 20Ba08, 2024.11.17-20
- [15] 石権, 梶田信, 田中宏彦, 大野哲靖, 初期ナノ構造基板によるタングステンファズ形成温度の低減, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 20Ca03, 2024.11.17-20
- [16] 上原日和, Shi Quan, 大野哲靖, 田中宏彦, 安原亮, 藤原英樹, 梶田信, アルゴンプラズマ・堆積エッチングによる化合物半導体の表面改質, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 17P24, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [17] 後藤優介, 江口倫哉, 渡部瑞基, 澤田圭司, 田中宏彦, 大野哲靖, 夏目祥揮, 林祐貴, 齋藤誠紀, 中村浩章, NAGDIS-II非接触プラズマ統合コードのための水素原子・分子中性粒子輸送コードの整備, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 18P13, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [18] 小山諒典, 梅澤英弥, 小川蓮, 岩田美咲, 澤田圭司, 眞野綾二, 田中宏彦, 大野哲靖, 夏目祥揮, 林祐貴, RFヘリウム放電の分光計測および衝突輻射モデル・中性粒子輸送コードによる輻射輸送・準安定原子輸送の計算, プラズマ・核融合学会第41回年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船越, 18P16, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [19] 田中宏彦, 梶田信, 宗近洸洋, 夏目祥揮, 大野哲靖, 剛体回転特性を利用した移動トモグラフィによるプラズマ回転・放出挙動抽出, 日本物理学会2025年春季大会, 日本物理学会, オンライン, 19aB1-9, 2025.3.18-21

8.2.3 素粒子計測部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●実験観測機器開発グループ

准教授	中野 敏行	准教授	森島 邦博	特任准教授	佐藤 修
助教	六條 宏紀	特任助教	長縄 直崇	特任助教	北川 暢子
研究員	山本 沙耶	機関研究員	松尾 友和	機関研究員	長原 翔伍
機関研究員	中村 悠哉	高等研究院特任講師	福田 務		

研究テーマ

3次元かつ高分解能飛跡検出器である特殊な写真フィルム「原子核乾板」を活用し以下の諸研究を推進している。

・「素粒子」の基礎研究

1) ニュートリノの基礎研究

SHiP 実験、DsTAU 実験: 第3のニュートリノ、タウニュートリノの基礎研究

FASER ν : LHCの衝突点から発生する高エネルギーニュートリノの研究

JPARC 共同実験: NINJA 実験: 低エネルギーニュートリノ反応の精密測定

2) 暗黒物質の基礎研究

日欧共同研究NEWSdm：飛来方向検出による暗黒物質の検出実験。

・「素粒子」の応用研究

3) 宇宙線ミュオンイメージング技術の開発・応用・実用化

ピラミッドなどの遺跡、堤防などの社会インフラ構造物、城郭石垣などの文化財、原子炉などの工業プラント、地下鉱床や火山などの自然物、陥没事故の原因となる地下空洞などを対象とした非破壊イメージング技術の開発を推進している。

4) 気球搭載型大口径宇宙 γ 線望遠鏡の開発と γ 線天体の観測による宇宙物理学の探求

サブGeVからGeV帯域において、ガンマ線天体のイメージングを最高角度分解能での行い、天の川銀河の中心から余剰成分の正体に迫る。

5) 超高位置分解能中性子検出器の開発とその基礎・応用研究への適用

10nmの世界最高精度の位置分解能を持つ中性子検出器の開発と、これを用いた研究の展開および実証を行う。

6) 岩石中の放射性同位体分布測定による地球惑星科学との学際融合研究

地殻岩石・マントル岩石・隕石における放射性同位体分布を精密に測定することで、プレート運動や火山活動をもたらすマントル対流の原動力の解明に繋がる地球ニュートリノ精密測定の実現や地球・月の形成・進化の解明を目指した新しい学際融合研究を行う。

・「素粒子」計測のための原子核乾板および読取・解析に関する研究開発

7) 研究対象・用途に適応した原子核乾板の開発

原子核乳剤の製造装置(1kg /Lot)を用いて、用途に最適な特性を持つ原子核乳剤の開発を行っている。結晶粒径は40nmから500nmまで作成可能となっている。

8) 原子核乳剤・乾板の量産体制の構築

増大するニーズに対応するために、乳剤ならびにフィルムの製造施設の増強を行っている。現在乳剤に関しては、1ロットあたり20kg、年間6トン程度の製造能力を有する。フィルム化に関しては専用の機械塗布装置(Roll to Roll製造装置)の開発により、年間3000m²(これまでに約2800m²のフィルム製造)、国内外の実験グループに供給および共同研究を推進する。

9) 自動飛跡読み取り装置のさらなる高速化と高機能化

世界最高速の原子核乾板読み取り装置“HTS シリーズ”の開発を行っている。また、200nm級の極短飛跡を検出可能な広視野・高分解能顕微鏡の開発も行う。

研究の背景・目的

我々の研究グループでは1970年代から原子核乾板を活用し、チャーム粒子の発見、タウニュートリノの発見、タウニュートリノ検出によるニュートリノ振動の最終検証など素粒子物理学の分野で成果を上げてきた。この原動力となったのは1970年代に我々が発明し、継続して開発を行ってきた原子核乾板自動飛跡読み取り装置である。最新の装置は年間1000m²の原子核乾板を読み取ることが可能である。また2010年からは、原子核乳剤の製造装置を大学に設置し、乳剤の独自開発を行ってきた。現在では、原子核乳剤の開発と応用を一貫して行える機関は、世界でも名古屋大学だけとなっており、今や名古屋大学の独自技術と言えるものとなっている。その応用の一つとして、宇宙線ミュオンを用いた大型構造物の透視技術開発を行って来

ており、近年ではクフ王のピラミッドの透視で未知の巨大空洞の検出に成功し、大きな注目を浴びた。原子核乾板の用途は、様々な方面に展開しており、現在もニーズは増大を続けていることから、我々は世界のセンターとしての役割を担っている。

成果の概要

原子核乾板は世界最高性能の3次元飛跡検出能力を持ち、単位検出面積あたりのコストも安く、電源不要でコンパクトな検出器である。上述のように名古屋大学には原子核乳剤の製造装置、乾板の塗布施設、現像設備、原子核乾板自動飛跡読取装置を設置しながら研究・開発を行った。宇宙線ミュオンイメージングでは、クフ王のピラミッドに発見した空洞の詳細解析やギザの三大ピラミッドの調査を進めている。また、陥没事故の原因となる地下空洞調査や地下鉱床探査などの実証試験を進めている。素粒子宇宙分野においては、謎の多いニュートリノの精密測定の遂行、中性子による未知短距離力の探索への挑戦から重力相互作用の量子力学的系における等価原理の検証を行っている。また、フェルミ衛星と比較して一桁高角度分解能でのガンマ線天体のイメージングへの適用を目指し、2023年には口径面積の拡大した望遠鏡を用いた科学観測フライトを実施、フィルムの読取、解析から天体画像の生成処理が進行している。また、岩石における放射性同位体分布の精密測定による地球惑星科学との学際融合研究を新たに立ち上げた。原子核乾板の読み取り開発では、世界最高速を達成しつつ、読み取り速度を保持したまま、角度分解能を2倍向上・トラックデータのS/N比の2倍改善を達成した。今後も量・質の両面での性能向上を行う。極短飛跡を検出可能な高分解能・広視野顕微鏡の開発では、位置分解能サブミクロンでの中性子の測定や暗黒物質探索実験に使用するため、画像処理と光学収差の理解と補正方法の開発引き続き行っている。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Y. Nakamura, T. Nakano, O. Sato, H. Rokujo, and GRAINE collaboration, New high-precision measurement system for electron-positron pairs from sub-GeV/GeV gamma-rays in the emulsion telescope, *Astroparticle Physics*, 165 (2025) 103055
- [2] H Abreu et al., The FASER detector, *Journal of Instrumentation* 19 (05), P05066
- [3] RM Abraham et al., Neutrino rate predictions for FASER, *Physical Review D* 110 (1), 012009
- [4] RM Abraham et al., First Measurement of and Interaction Cross Sections at the LHC with FASER's Emulsion Detector, *Physical review letters* 133 (2), 021802
- [5] H. Rokujo et al., Nuclear emulsion film production system for experiments in full-area scanning and analysis era, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 1066 (2024) 169622
- [6] T. Tani et al., Resetting of nuclear emulsions by erasing noises formed during storage: Mechanism and application, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 1069 (2024) 169823
- [7] RM Abraham et al., Shining light on the dark sector: search for axion-like particles and other new physics in photonic final states with FASER, *Journal of High Energy Physics* 2025 (1), 1-44
- [8] S Aoki et al., Study of proton-nucleus interactions in the DsTau/NA65 experiment at the CERN-SPS, *The European Physical Journal C* 85 (3), 230
- [9] A. Umemoto, T. Naka, T. Shiraishi, O. Sato et.al., First direction sensitive search for dark matter with a nuclear emulsion detector at a surface site, *JCAP*02 (2025) 012

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Shogo Nagahara for GRAINE collaboration, GRAINE project : a balloon experiment for cosmic GeV Gamma rays, Theory meeting experiment 2025, Session17-3, 2025/1/5-11, International Center of Interdisciplinary Science Education (Quy Nhon, Vietnam)
- [2] Yuya Nakamura for GRAINE collaboration, GRAINE: sub-GeV/GeV gamma-ray observation using a balloon-

- borne telescope, equipped with nuclear emulsion films, KMI Symposium 2025, 2025/3/7, Nagoya University
- [3] Hiroki Rokujo for GRAINE collaboration, Sub-GeV Gamma-ray Imaging of the Vela Pulsar with Balloon-borne Emulsion Telescope in GRAINE 2018 Experiment, Frontier Research in Astrophysics - IV (FRAPWS2024), 2024/9/12, Palermo
 - [4] Hiroki Rokujo for GRAINE collaboration, GRAINE Project: High-angular Resolution, Polarimetry Observation of Sub-GeV/GeV Gamma Rays with Balloon-borne Emulsion Telescopes, Frontier Research in Astrophysics - IV (FRAPWS2024), 2024/9/14, Palermo
 - [5] Osamu Sato, Tau neutrino study in SHiP and DsTau, KMI Symposium 2025, 2025/3/5, Nagoya University
 - [6] Osamu Sato, FASER experiment and performances of neutrino detectors with nuclear emulsion detector, Korea Physics Society meeting, 2024/4/25, Daejeon Convention Center
 - [7] Osamu Sato, Elastic and Inelastic neutrino interaction features possibly similar to boosted DM interactions, Workshop on Inelastic nuclear Scattering for Dark Matter Detection, 2024/6/28, International Center for Academic Exchange, Okayama University of Science
- b. 一般講演（ポスター発表を含む）**
- [1] Yuya Nakamura for GRAINE collaboration, GRAINE: Balloon-borne emulsion telescope project for precisely sub-GeV/GeV cosmic gamma ray observation, COSPAR2024, 2024/7/15, Bexco, Busan
 - [2] Yuya Nakamura for GRAINE collaboration, GRAINE: Balloon-borne emulsion telescope project for sub-GeV/GeV gamma-ray observation with high angular resolution & polarization sensitivity, 11th International Fermi Symposium, 2024/9/13, Samuel Riggs IV Alumni Center, 7801 Alumni Drive, College Park, MD 20742
 - [3] Tomohiro Hayakawa on behalf of the NINJA Collaboration, Recent results from the NINJA experiment, NuFact 2024, 2024/9/18, Argonne National Laboratory
 - [4] Ayaka Kasumi on behalf of the NINJA Collaboration, Recent status of neutrino interaction analysis in the first Physics Run in the NINJA experiment, Neutrino 2024, 2024/6/21, Milan University, ポスター発表
 - [5] Tsutomu Fukuda on behalf of the NINJA Collaboration, NINJA experiment and novel neutrino activities using nuclear emulsion, KMI Symposium 2025, 2025/3/5, Nagoya University
 - [6] Tsuyoshi Kawahara, "Development of a High-speed Automatic Nuclear Emulsion Scanning System, HTS-2", KMI Symposium 2025, 2025/3/5, Nagoya University, ポスター発表
 - [7] Ibuki Yasuda, Polarization Measurement of 6.6 MeV Gamma-ray Beam with Nuclear Emulsion, KMI Symposium 2025, 2025/3/5, Nagoya University, ポスター発表
 - [8] Osamu Sato, High Energy Neutrino Studies in the forward direction with the FASER experiment at the LHC, ISVHECRI 2024, 2024/7/9, Nagoya University

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 福田 努, 卓越した原子核乾板自動解析技術の開発によるニュートリノ振動検出への貢献と新たなニュートリノ研究の開拓, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学（西千葉キャンパス）, 2024/5/17-18
- [2] 森島邦博, 宇宙線イメージングの社会実装に向けた原子核乾板技術の高度化, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学（西千葉キャンパス）, 2024/5/17-18
- [3] 森島邦博, 宇宙線ミュオンイメージングによるクフ王ピラミッドの新空間の発見, 軽金属学会146回春期大会, 名古屋大学, 2025/05/10-12
- [4] 森島邦博, 宇宙線ミュオンイメージングによるピラミッド内部の未知構造探索と多分野への展開, 原子衝突学会第49回年会, 奈良女子大学, 2024/08/07-09

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 長原翔伍, 原子核乾板による宇宙 γ 線精密観測2023年気球実験におけるフライトデータの解析状況, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学（西千葉キャンパス）, IB-11, 2024/5/17-18
- [2] 長原翔伍, 原子核乾板による宇宙 γ 線精密観測2023年気球実験におけるタイムスタンパーのフラ

- イトデータ解析, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 17aC309-8, 2024/9/16-19
- [3] 長原翔伍, GRAINE 計画: 2023年気球実験におけるタイムスタンパーの解析状況, 2024年度 大気球シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所(相模原キャンパス), isas24-sbs-004, 2024/10/21-22
- [4] 長原翔伍, 原子核乾板による宇宙 γ 線精密観測2023年気球実験におけるタイムスタンパー及び姿勢モニターのフライトデータ解析, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 20pW2-10, 2025/3/18-21
- [5] 中村悠哉, GRAINE 計画: 2023年豪州気球実験における ガンマ線解析の初期結果報告, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [6] 中村悠哉, GRAINE 計画: 2023年豪州気球実験 ガンマ線データ解析状況報告, 2024年度 大気球シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所(相模原キャンパス), 2024/10/21-22
- [7] 中村悠哉, GRAINE 計画: 2023年豪州気球実験における ガンマ線天体解析の初期結果報告, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [8] 六條宏紀, 原子核乾板高速飛跡読取データのノイズ除去に関する研究, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学(西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [9] 陳夏姫, 自然放射線の影響を低減した極低内部放射能原子核乾板の開発, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学(西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [10] 小林春輝, ニュートリノ反応精密測定実験 NINJA E71b の最新状況と展望, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学(西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [11] 河原 剛義, 原子核乾板飛跡最高速読取装置 HTS2 の最新運用状況, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学(西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [12] 佐藤修, タウニュートリノ生成 DsTau 実験の解析状況, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学(西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [13] 松尾友和, NINJA 実験2019年度物理ラン(E71a)での水標的ECCのニュートリノ反応の解析状況, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [14] 霞綺花, NINJA 実験2019年度物理ラン(E71a)での水標的ECCのニュートリノ反応の詳細解析, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [15] 白田育矢, GRAINE 計画: 2023年豪州気球実験におけるコンバーターの解析状況, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [16] 二村翔大, 鈹原子飛跡検出器を用いたQ-ball探索における光学読み取りシステムの開発, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [17] 長縄直崇, 原子核乾板による重力場中の超冷中性子の量子状態の観測, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [18] 河原剛義, 原子核乾板飛跡最高速読取装置 HTS2 の開発状況, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [19] 六條宏紀, 宇宙線・素粒子実験等で利用が広がる原子核乾板検出器の開発, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [20] 小林春輝, NINJA 実験2023年度物理ランE71bに使用した原子核乾板の実験後処理および解析状況, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [21] 福田 努, 地球ニュートリノ流量モデルの精密化に向けた原子核乾板による地殻岩石中の放射性同位体の位置分布測定, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [22] 六條宏紀, 名古屋大学製原子核乾板製造方法の改良 ～結晶形成・脱塩工程の高銀量化～, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [23] 山本紗矢, 乳剤塗布装置における保護層塗布手法及び乳剤塗布手法の改良, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [24] 諫山雄大, 水素超増感による原子核乾板の感度上昇試験(2), 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22

- [25] 河原剛義, 原子核乾板飛跡最高速読取装置HTS2の性能改善, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [26] 白田育矢, GRAINE計画: 2023年豪州気球実験 コンバーター解析状況, 2024年度 大気球シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所(相模原キャンパス), 2024/10/21-22
- [27] 白田育矢, 原子核乾板望遠鏡による GeV ガンマ線の再構成手法開発, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [28] 早川友博, NINJA 実験2019年度物理ラン (E71a) の解析状況, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [29] 小林春輝, NINJA 実験2023年度物理ラン (E71b) における原子核乾板検出器の解析, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [30] 松尾友和, 原子核乾板検出器における高精度飛跡解析手法の開発, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [31] 佐藤修, タウニュートリノ生成研究DsTau実験の解析状況と展望, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [32] 佐藤修, タウニュートリノ生成研究DsTau実験の解析状況と展望, 日本物理学会 2025年春季大会, オンライン, 2025/3/18-21
- [33] 吉原敦紀, 潜像退行抑制のためのチオール基導入ゼラチンを用いた原子核乾板の開発, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学 (西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [34] 西垣豪人, 大粒子原子核乾板の開発, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学 (西千葉キャンパス), 2024/5/17-18
- [35] 神部裕貴, 宇宙線イメージングにおける潜像退行抑制のための断熱材の適用に関する研究, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学 (西千葉キャンパス), 2024/5/17-18, ポスター発表
- [36] 矢崎真瑠, 遮蔽構造による原子核乾板の環境放射線耐性の向上, 2024年度日本写真学会年次大会, 千葉大学 (西千葉キャンパス), 2024/5/17-18, ポスター発表
- [37] 中野健斗, CNNを用いた原子核乾板飛跡認識技術の開発, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [38] 吉原敦紀, 原子核乾板の潜像退行機構に関する研究, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [39] 西垣豪人, 宇宙線イメージングのための大粒子原子核乾板の開発, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [40] 神部裕貴, 宇宙線イメージングのための原子核乾板検出器の構造に関する研究, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [41] 矢崎真瑠, 宇宙線イメージングのための原子核乾板の環境放射線耐性評価, 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [42] 北川暢子, 原子核乾板を用いた河川堤防内部の宇宙線イメージング(2), 2024年 日本物理学会 第79回年次大会, 北海道大学(札幌キャンパス), 2024/9/16-19
- [43] 神部裕貴, 宇宙線イメージングにおける高温環境下での長期観測のための原子核乾板検出器の開発, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [44] 矢崎真瑠, 宇宙線イメージングのための原子核乾板の環境放射線耐性の向上, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [45] 吉原敦紀, 潜像退行抑制のためのゼラチン組成に着目した原子核乾板の開発, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [46] 西垣豪人, 宇宙線イメージングによる地下資源探査手法の開発, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [47] 北川暢子, 宇宙線イメージングによる河川堤防の観測, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [48] 中野健斗, 機械学習を用いた飛跡認識および GrainDensity 計測手法の開発, 2024年画像関連学会連合会

- 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22
- [49] 窪田星雅, 大粒子原子核乾板の開発, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22, ポスター発表
- [50] 河合歩月, 原子核乾板の被りの影響評価, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22, ポスター発表
- [51] 堀居大暉, 宇宙線イメージングにおける計測環境の水質が原子核乾板検出器に及ぼす影響の評価, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22, ポスター発表
- [52] 正野天尋, 宇宙線イメージングによる地下構造探査のためのボーリング検出器の開発, 2024年画像関連学会連合会 第10回合同秋季大会, 京都工芸繊維大学 60周年記念会館, 2024/11/21-22, ポスター発表
- [53] 神部裕貴, 宇宙線イメージングにおける屋外での長期観測のための原子核乾板検出器の開発, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 東京理科大学(野田キャンパス), 2025/03/14-17

8.2.4 X線分光計測部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノダイナミクスグループ

教授	栗原 真人	准教授	池永 英司	助教	小川 智史
客員教授	臼倉 治郎	客員教授	水牧仁一朗	客員准教授	狩野 旬

研究テーマ

超高速電子線計測の高度化とエネルギー材料開発の加速

研究の背景・目的

量子効果が重要な役割を果たすナノメートル領域の構造変化の計測は、物性からデバイス特性、化学結合状態、生体機能の解明などに広く関わる。また、その過程は数秒から数フェムト秒までの多様な時間スケールを持つ。一方、数百ナノメートル以下の周期性を持たない生物試料や高分子、結晶欠陥、不連続的な構造、結晶化できないタンパク質などでは、高い実空間分解能を有する電子顕微鏡によるイメージング解析が唯一の測定手段となっている。

電子顕微鏡の時間分解能は、光電子放出を利用したパルス電子線発生技術の導入により大幅な向上が進んでいる。我々はNEA-PCを用いた時間分解TEMを世界に先駆けて開発し、ピコ秒から連続動作までの幅広い時間軸に対応したナノ計測装置を創出した。これにより、可逆的光誘起過程に対してピコ秒時間分解能で時間分解計測を実現しており、可逆過程のオペランド計測が期待される。一方、in-situ観察やオペランド計測における計測対象は、光励起、電圧・電流印加、温度や圧力、ガス雰囲気変化などの外部刺激に対する反応過程であり、その現象の殆どは不可逆過程である。現状、ミリ秒からピコ秒の時間分解能に対応できるオペランド計測手法はなく、この手付かずの時間領域で起きる現象は、時間平均した情報しか抽出できていない。

そこで本研究テーマでは、試料環境と同期した高輝度パルス電子線を応用した高速オペランドイメージング法を実現し、実動作下におけるナノ材料解析を可能にする。これにより、実動作下におけるデバイスや材料で発現する緩和過程や構造相転移、化学結合状態変化に対して、ピコ秒から数秒までの幅広い時間領域で起きる局所時間発展の計測を実現する。そして、プラズモニクス材料や光半導体、人工光合成などのエネルギー材料における局所状態の動的性質を明らかにし、省エネルギーデバイスの発展に資する機能解明から性能向上に貢献する。

この実現のため、①超高速時間分解計測の高度化、②パルス電子線と同期したオペランド電子線計測法の

確立、③情報学的アプローチによる低電子線量計測の実現、④光子線（レーザー、X線）計測との融合による性能向上指標の抽出（マルチモーダル計測）、⑤超高速オペランド電子計測によるエネルギー材料解析の5つを有機的に実施する。

成果の概要

1. 超高速パルス電子線を用いた(S)TEMイメージングの高度化

100-kV時間分解TEMにおいて、イメージングモードでポンププローブ計測を実現した。これを用いて、一対の2次元材料からなるモアレ縞の時間変化を計測することで回転運動と膨張過程を1 psの時間分解能で計測することに成功した。これにより、ファンデルワールス力による弱い結合を舞台としたナノ力学の計測を可能にした。他方、高い量子効率を有する光陰極により、シングルショット電子パルスの生成が容易であることに着目し、走査型ナノビームディフラクション（Scanning-NBD）法による非可逆過程観察を進めた。同期計測信号系の構築を行い、シングルショットScanning-NBDの実現に一步近づいた。

2. ディラック方程式を用いたマルチスライス法の実現とスピン散乱における動力学効果の検証

電子線はその散乱断面積の大きさから試料中において多重散乱を起こしやすい。この動力学効果はシュレディンガー方程式から出発するマルチスライス法により出射波動場に良い近似結果を与える。しかし、スピン効果や相対論効果については陽に含んでいない。このため、我々はディラック方程式から導かれるマルチスライス計算の定式化と、計算コードへの展開を図った。この結果、スピン偏極電子を用いた時に散乱角に非対称性（シャーマン関数）を確認することに成功した。さらに、動力学効果によりシャーマン関数が試料膜厚と電子線エネルギーに依存して、振動と反転が起こることが見出された。さらに、原子周辺のベクトルポテンシャルから位相格子を生成することで強磁性体や反強磁性体への適応を可能とし、スピン散乱効果が最大化する最適な条件を見出すことに成功した。

3. レプリカ交換モンテカルロ法を用いた分光スペクトル成分のベイズ推定

X線光電子分光（XPS）や電子エネルギー損失分光（EELS）などの分光スペクトル解析において、バックグラウンドの除去とピーク成分分離が実施されるが、これらの良否は解析者の経験に委ねられているところが大きい。本研究は、解析者の経験によらない、普遍的な分光スペクトル解析を目指して、レプリカ交換モンテカルロ法によるパラメータの網羅探索とベイズの定理に基づいた情報量水準の採用によるスペクトル解析手法の確立を目指している。実験データのフィッティングの際に、物理的に妥当なモデル関数を用いることで大域的最適解を見出し、第一原理計算の結果と矛盾しないピーク成分の抽出に成功している。

4. 液中プラズマ法によるCuナノ粒子担持Ga₂O₃光触媒の合成とその評価

CO₂分解光触媒反応において高活性かつ安価な触媒の開発を指向して、液中プラズマ法（SPP）によるCuナノ粒子の作製とGa₂O₃への担持を行った。Cuナノ粒子作製時に用いる還元剤の濃度によってCuの価数および粒径の制御に成功した。また、Ga₂O₃への担持後の焼成条件を模したその場透過電子顕微鏡観察（in-situ TEM）によって、焼成時に生じる表面化学反応を明らかにするとともに、可視紫外光吸収分光分析（UV-vis）から、焼成した試料が可視光域に特異的な吸収ピークを有することを見出した。このことから、光触媒反応時の可視光応答性を示唆する結果を得た。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] R. Yano, S. Kihara, M. Yoneda, H. T. N. Vu, H. Suto, N. Katayama, T. Yamaguchi, M. Kuwahara, M. Suzuki, K. Saitoh, S. Kashiwaya, Giant impurity effect on anomalous Hall effect of Mn₃Sn, J. Chem. Phys, 160(18), 184708, 2024/5/14, <https://doi.org/10.1063/5.0195211>
- [2] M. Okawa, R. Shimoyama, R. Takayanagi, A. Yasui, E. Ikenaga, T. Katsufuji, T. Saitoh, T. Mizokawa, Charge Disproportionation for Trimerization and Tetramerization in Spinel-Type AlV₂O₄, Journal of the Physical Society of Japan, 93, 074709, 2024/7/15, <https://doi.org/10.7566/JPSJ.93.074709>
- [3] G. Suzuki, E. Ikenaga, S. Ogawa, Y. Yokoyama, M. Mizumaki, Reassessment of the Shirley and model functions

within X-ray photoelectron spectroscopy analysis utilizing comprehensive search methodologies of Bayesian inference, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Volume274, 147450, Augst 2024, <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2024.147450>

- [4] K. Takubo, A. Ono, S. Ueno, S. Banu, H. Yu, K. En-ya, R. Nishimori, M. Kuwahara, T. Asaka, K. Maeda, D. Ono, K. Ozawa, T. Itoh, K. Shigematsu, M. Azuma, T. Ishikawa, Y. Okimoto, M. Hada, S. Koshihara, Photocontrol of ferroelectricity in multiferroic BiFeO₃ via structural modification coupled with photocarrier, Communications Materials, 5, 261, 2024/12/4, <https://doi.org/10.1038/s43246-024-00698-8>
- [5] T. Ishida, K. Sugie, T. Miyoshi, Y. Ishida, K. Saitoh, Y. Arai, M. Kuwahara, Development of silicon-on-insulator direct electron detector with analog memories in pixels for sub- microsecond imaging, Microscopy, 73(6), December 2024, 511–516, <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfae029>

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] M. Kuwahara, Time-resolved transmission electron microscopy using a flat semiconductor photocathode with an NEA surface, 11th International Conference on Charged Particle Optics (CPO11), Oral 1, 2024/10/15-10/18, Fukui International Activities Plaza, Fukui, Japan, The Electron Optics Design Technology Subcommittee of The Japanese Society of Microscopy
- [2] M. Kuwahara, Crystal structural analysis by using 3D ED/Micro ED coupled with a vacuum transfer holder, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24(ALC'24), 20p-B-6, 2024/11/17-11/22, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, The Division of Microbeam Analysis, The Japan Society of Vacuum and Surface Science (JVSS)
- [3] M. Kuwahara, S. Ogawa, H. Morishita, T. Nomaguchi, T. Agemura, Interference of Polarized Electron Beam in Transmission Electron Microscopy, The 13th Asia Pacific Microscopy Congress 2025 (APMC13), 114490, <https://doi.org/10.14293/APMC13-2025-0022>, 2025/2/2-2/7, Brisbane Convention & Exhibition Centre, Brisbane, Queensland, Australia, The Committee of Asia Pacific Societies for Microscopy (CAPSM)

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] G. Suzuki, E. Ikenaga, S. Ogawa, Y. Yokoyama, M. Mizumaki, Development of High-Precision Background Analysis Method Using Bayesian inference in Photoelectron Spectroscopy, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24(ALC'24), P-35, 2024/11/17-11/22, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan, The Division of Microbeam Analysis, The Japan Society of Vacuum and Surface Science (JVSS), ポスター発表

c. 組織委員、実行委員等

- [1] Eiji Ikenaga, Noki Tanimoto, Akira Yasui, Yusuke Yaguchi and Kazuya Shibata, Electronic states of nano particle colloidal and electroless Au plating solutions with Ambient Pressure Cell, New Technology -Reserch centre (NTC) at University of West Bohemia, # 27, 2024/6/4, Pilsen, Czech Republic, HAXPES 2024 Committee

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 石田 高史, 杉江 晃成, 石田 裕一, 齋藤 晃, 新井 康夫, 栗原 真人, SOI技術を用いた先進的直接電子検出カメラの開発, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 1pmB_ISP-01-01, 2024/6/3-6/5
- [2] 栗原 真人, 直流型光陰極電子銃を用いたパルス電子顕微鏡の特徴, 日本顕微鏡学会第67回シンポジウム, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 北海道大学工学部, 北海道札幌市, S-5-2-2, 2024/11/2-11/3
- [3] 栗原 真人, 時間分解透過電子線顕微鏡の最先端, レーザー学会学術講演会第45回年次大会, 一般社団法人レーザー学会, 広島国際会議場, 広島県広島市, S05-23p-VI-05, 2025/1/21-1/23
- [4] 小川 智史, 水素関連材料の複合X線分析 -施設およびBLを横断した分析例-, 第13回 名古屋大学シンクロトン光研究センターシンポジウム, 名古屋大学シンクロトン光研究センター, 名古屋大学 EI創発工学館 FUJIホール (web併用ハイブリッド開催), 2025/1/27

- [5] 栗原 真人, 齋藤 晃, 石田 高史, 森下 英郎, 揚村 寿英, コヒーレントパルス電子線を活用した時間分解顕微計測, 2024年度名古屋大学大学院工学研究科附属クリスタルエンジニアリング研究センターシンポジウム, 名古屋大学EI創発工学館FUJIホール, 愛知県名古屋市, 2025/3/24

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 中根 爽太, 栗原 真人, 齋藤 晃, 石田 高史, マルチスライス法へのスピン偏極効果の導入, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2amC_I-1-10, 2024/6/3-6/5
- [2] 高橋 由夫, 谷垣 俊明, 矢口 紀恵, 揚村 寿英, 栗原 真人, パルス電子顕微鏡による電子の時間間隔制御と低ダメージ観察条件の検討, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2pmD_I-8-03, 2024/6/3-6/5
- [3] 永見 洸陽, 牧元 翔太郎, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, ピコ秒パルス電子線を用いた金ナノ粒子のレーザー照射下における超高速構造変化の観察, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2pmD_I-8-04, 2024/6/3-6/5
- [4] 石田 裕一, 石田 高史, 栗原 真人, 新井 康夫, 齋藤 晃, 透過型電子顕微鏡におけるSOIピクセル検出器INTPIX4のイメージング性能評価, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 3amD_I-8-05, 2024/6/3-6/5
- [5] 森下 英郎, 大嶋 卓, 高根 大地, 栗原 真人, 揚村 寿英, 小瀬 洋一, 齋藤 勉, 高輝度NEAフォトカソード電子源とする走査電子顕微鏡の開発と時間分解計測への応用, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 3amF_I-2-01, 2024/6/3-6/5
- [6] 石田 高史, 杉江 晃成, 石田 裕一, 齋藤 晃, 新井 康夫, 栗原 真人, サブマイクロ秒時間分解観察のためのSOI直接電子検出器の開発, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 3amD_I-8-04, 2024/6/3-6/5
- [7] H. GALIF, S. Ogawa, E. Ikenaga, M. Kuwahara, XAFS analysis of Photocatalytic Cu/Ga₂O₃ synthesized by Solution Plasma Process, 第27回XAFS討論会, 日本XAFS研究会, オンライン/東京都立大学南大沢キャンパス 講堂小ホール, 東京都八王子市, O1_4, 2024/9/2-9/4
- [8] 鈴木 智貴, 琴川 雄史, 小川 智史, 池永 英司, 栗原 真人, Ni担持Ga₂O₃の光触媒活性評価とNi K-edge XAFSによる化学状態分析, 第27回XAFS討論会, 日本XAFS研究会, オンライン/東京都立大学南大沢キャンパス 講堂小ホール, 東京都八王子市, P_16, 2024/9/2-9/4, ポスター発表
- [9] 小川 智史, 砥綿 眞一, 則竹 達夫, 逆モンテカルロ法によるMg₂NiH₄の局所構造解析, 2024年秋期(第175回)日本金属学会講演大会, 公益社団法人日本金属学会, 大阪大学豊中キャンパス, 大阪府豊中市, 130, 2024/9/16-9/20
- [10] 琴川 雄史, 小川 智史, 保井 晃, 池永 英司, 人工光合成触媒Ag/Ga₂O₃の活性に伴う電子状態と反応機構, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 朱鷺メッセ・ホテル日航新潟・万代島ビル, 新潟県新潟市, 16p-D63-3, 2024/9/16-9/20
- [11] 永見 洸陽, 長尾 全寛, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, レーザー照射による加熱効果の時間分解計測に向けたMoS₂熱膨張効果の観察, 日本顕微鏡学会第67回シンポジウム, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 北海道大学工学部, 北海道札幌市, PM-15, 2024/11/2-3, ポスター発表
- [12] 中根 爽太, 齋藤 晃, 石田 高史, 栗原 真人, スピン偏極電子線を用いたスピン-磁気散乱が及ぼす動力学的効果の検証, 日本顕微鏡学会第67回シンポジウム, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 北海道大学工学部, 北海道札幌市, PM-16, 2024/11/2-3, ポスター発表
- [13] 鈴木 絃生, 池永 英司, 小川 智史, 横山 優一, 保井 晃, 水牧 仁一朗, X線光電子分光スペクトルにおける狭領域Tougaardバックグラウンド解析法の提案, 第38回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 日本放射光学会, つくば国際会議場, 茨城県つくば市, 11P-41, 2025/1/10-1/12, ポスター発表
- [14] H. GALIF, S. Ogawa, M. Kuwahara, TEM and XAFS analysis of Photocatalytic CuNPs/Ga₂O₃ synthesized by Solution Plasma Process, 日本原子力学会中部支部 第56回研究発表会, 一般社団法人日本原子力学会中部支部, 名古屋大学EI創発工学館TELオーディトリウム, 愛知県名古屋市, R21, 2024/12/17-12/18

- [15] 鈴木 絃生, 小川 智史, 栁原 真人, 横山 優一, 保井 晃, 水牧 仁一朗, 池永 英司, X線光電子スペクトル解析のためのベイズ推定を用いたTougaard計算法, 日本原子力学会中部支部 第56回研究発表会, 一般社団法人日本原子力学会中部支部, 名古屋大学EI創発工学館TELオーディトリウム, 愛知県名古屋市, R25, 2024/12/17-12/18
- [16] 琴川 雄史, 小川 智史, 保井 晃, 池永 英司, 光触媒Ag/Ga₂O₃の界面電荷移動機構— HAXPES電子状態観測と状態密度計算 —, 第38回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 日本放射光学会, つくば国際会議場, 茨城県つくば市, 12P-51, 2025/1/10-1/12, ポスター発表

c. 組織委員、実行委員等

- [1] 小川 智史, 現地世話人, 第2回「水素が関わる材料科学の課題共有研究会」, 日本金属学会, あいち産業科学技術総合センター 1階講習会室, 2024/11/20-11/21

d. 座長

- [1] 栁原 真人, I-8 装置開発・性能評価, 6月4日(火) 14:30～16:45 D会場, 6月5日(水) 8:45～11:45 D会場, 日本顕微鏡学会第80回学術講演会, 公益社団法人日本顕微鏡学会, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2024/6/3-6/5

8.2.5 ナノ加工計測部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノスピndeバイスグループ

教授 加藤 剛志	助教 大島 大輝	特任助教 本田 杏奈
研究員 大住 克史	客員教授 園部 義明	

研究テーマ

高機能磁性薄膜の作製とデバイスへの応用

研究の背景・目的

磁性材料は、従来から磁気記録、磁石、コア材料、磁気センサなどに広く利用されてきたが、近年は、電子のspin情報を利用するスピントロニクス分野の研究が大きく発展しており、磁性体の応用先が広がっている。本研究室では、磁性薄膜材料、ナノ磁性材料作製に関する技術をベースに磁気記録の高密度化、磁気センサの高感度化・高機能化、固体磁気メモリの基礎技術の開発などを目的として、ナノマグネティクス、スピントロニクス分野の研究に幅広く取り組んでいる。

成果の概要

(1) 反強磁性結合Co/Pd積層膜におけるspin移行トルクおよびspin軌道トルク同時印加による無磁場磁化反転

不揮発かつ3D-NANDと同程度の記憶容量を持ち、さらに高速書き込み／読み出し可能な3次元磁壁移動メモリ(3D-DWMM)が提案されている。3D-DWMMは磁気特性の異なる2種類の強磁性層の繰り返し構造(磁性細線)から成り、基板に対し垂直に立っている磁性細線に記録し、細線内の磁壁を駆動し情報伝達を行う。一方で、強磁性層の積層では、漏れ磁場の影響によりメモリが機能しなくなることが予想され、正味の磁化がゼロとなる反強磁性構造で磁性細線を構成することが望ましい。3次元磁壁移動メモリの実現には課題がいくつもあるが、その中の一つに書き込み方式の確立がある。書き込みは磁性細線の最下部の強磁性層をspin移行トルク電流およびspin軌道トルク電流の同時印加により行う。今回、反強磁性構造で形成した3D-DWMMの書き込み手法確立のため、Ruを介して反強磁性的に結合させたCo/Pd積層膜のSTTアシ

ストSOT磁化反転を試みた。通常SOT磁化反転では面内磁界のアシストが必要であるが、反強磁性Co/Pd積層膜においても、面内磁界アシストなしでSTT電流とSOT電流の同時印加による磁化反転を確認した。ただし、STTアシストの効果は強磁性構造よりも弱く、アシストの効果を得るには大きなSTT電流が必要なこともわかった。今後、シミュレーションを通して、反強磁性構造におけるSTTアシストSOT磁化反転のメカニズムを詳細に調べていく予定である。

(2) 磁気抵抗型水素センサの検討

巨大磁気抵抗効果（GMR）やトンネル磁気抵抗効果（TMR）素子は磁気センサとしてすでに市販されており、角度センサやスマートフォンのレンズなどに使用されている。また、磁歪定数の大きな材料を用いることで小型の応力センサとしても検討がされている。本研究では、磁気抵抗型応力センサ上に水素吸蔵金属であるPdを堆積させることにより水素センサとして利用できるかを検討した。GMR素子の磁気抵抗特性を調べたところ、Pdを積層したもの、かつポリエチレンナフタレートのフィルム上に作製したGMR素子でのみ水素吸蔵前後で磁気抵抗曲線に変化が見られた。水素吸蔵前後で異方性磁界が50 Oe程度変化することがわかり、十分大きな変化が得られ、GMR素子を用いた高耐久、小型、低コストな水素センサの可能性を示すことができた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] 朝野航, Md Abdullah Al Masud, 西敬生, 大島大輝, 加藤剛志, 李基鎮, 河原正美, Fatima Zahra Chafi, 西川雅美, 石橋隆幸: Bi, Ga置換Euガーネットの室温における磁化及び角運動量補償組成 日本磁気学会論文特集号, vol. 8, no. 2, pp. 84-89 (2024).
- [2] D. Pan, D. Oshima, T. Kato: Efficiency of Spin-Transfer Torque assist Spin-Orbit Torque Magnetization Switching under In-plane External Field Application, IEEE Trans. Magn., vol. 60, no. 9, pp. 1400205-1-5 (2024).
- [3] N. Ohguchi, M. Saito, T. Homma, T. Kato, T. Ono, M. Shima, K. Yamada: Optimizing preparation conditions and characterizing for CoxPt1-x alloy cylindrical nanowires fabricated by electrodeposition on nanoporous polycarbonate membranes, J. Magn. Magn. Mat., vol. 601, pp. 172159-1-9 (2024).
- [4] A. Honda, H. Watanabe, W. Takeuchi, Y. Honda, H. Amano, T. Kato: Shallow and deep level defects in highly C-doped GaN grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 63, No. 4, pp. 041005-1-5 (2024).
- [5] D. Oshima, S. Iwata, T. Kato: Perpendicular magnetic anisotropy in the multilayer fabricated by alternate sputtering of Fe3O4/Cr and post-annealing, J. Magn. Magn. Mat., vol. 597, pp. 172017-1-6 (2024).
- [6] Y. Konishi, D. Oshima, T. Kato: Perpendicular Magnetic Anisotropy and Gilbert Damping of MgO/Co100-xFex/Pt Trilayers, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 63, no. 10, pp. 101013-1-5 (2024).
- [7] K. Maeno, Y. Fujiwara, M. Jimbo, D. Oshima, T. Kato: Strain detection using magnetic domain wall motion in amorphous FeSiBNb thin film, J. Magn. Magn. Mat., vol. 611, pp. 172604-1-6 (2024).
- [8] D. A. Larasati, D. L. Puspitarum, N. I. Istiqomah, Zurnansyah, L. J. Mahardhika, N. P. Rini, D. Oshima, T. Kato, J. Partini, E. Suharyadi: Green synthesis of CoFe2O4/rGO nanocomposites utilizing plant leaf extracts as magnetically separable and reusable photocatalysts for organic toxic dye degradation, J. Water Proc. Engg., vol. 69, pp. 106708-1-14 (2025).
- [9] N. P. Rini, Zurnansyah, D. A. Larasati, L. J. Mahardhika, P. D. Jayanti, H. P. Kusumah, N. I. Istiqomah, N. S. Asri, R. M. Tumbelaka, J. Angel, T. Kato, D. Oshima, H. Aliah, A. Kusumaatmaja, E. Suharyadi: Photocatalytic Degradation of Rhodamin B using a Reusable and Magnetically Separable Fe3O4/rGO/ZnO Nanocomposite Synthesized through Green Approach utilizing Plant Leaf Extracts, J. Sci. Adv. Mater. Dev., vol. 9, pp. 100812-1-12 (2024).
- [10] D. Pan, R. Yabushita, D. Oshima, T. Kato: Field-Free Switching of Antiferromagnetically Coupled Co/Pd-Based Perpendicular Multi-Layer Via Combined Spin Torques, J. Magn. Magn. Mat., vol. 618, pp. 172872-1-6 (2025).

- [11] R. Suzuki, M. Saito, D. Oshima, T. Kato, K. Sakata, K. Amemiya, T. Homma, Electrodeposition and microstructural characterization of CoPt ultrathin films with perpendicular magnetic anisotropy, *Electrochimica Acta*, vol. 523, pp. 145972-1-9 (2025)
- [12] R. Kawana, N. Oguchi, D. Oshima, M. Yoshida, T. Sugiura, M. Saito, T. Homma, T. Kato, T. Ono, M. Shima, K. Yamada: Artificial control of layer thickness in Co-Pt alloy multilayer nanowires fabricated by dual-bath electrodeposition in nanoporous polycarbonate membranes, *Appl. Phys. Express*, vol. 18, pp. 033022-1-6 (2025).

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] T. Kato, D. Oshima, Local Modification of Magnetic Properties by Ion Implantation (keynote), International Conference on Magnetism and Its Applications 2024, 2024/9/6, Yogyakarta, Indonesia

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] D. Pan, D. Oshima, T. Kato, Efficiency of Spin-Transfer Torque assist Spin-Orbit Torque Magnetization Switching under In-plane External Field Application, INTERMAG 2024 Conference, CQ-14, 2024/5/8, Rio de Janeiro, Brazil, IEEE, ポスター発表
- [2] K. Komuro, D. Oshima, T. Kato, Sensitivity and Linearity of Domain Wall Displacement Modulation GMR Sensors with Closed-loop Current-field Feedback, INTERMAG 2024 Conference, EB-03, 2024/5/9, Rio de Janeiro, Brazil, IEEE
- [3] D. Oshima, T. Kato, Lateral modulation of magnetic anisotropy in multilayer by grayscale lithography followed by ion irradiation, INTERMAG 2024 Conference, VP4-10, 2024/5/17, Rio de Janeiro, Brazil, IEEE, ポスター発表
- [4] Y. Konishi, D. Oshima, T. Kato, Perpendicular Magnetic Anisotropy and Gilbert Damping of MgO/Co100-xFex/Pt Trilayers, Magnetism and Optics Research International Symposium 2024, We-P-18, 2024/5/29, York, UK
- [5] D. A. Larasati, D. L. Puspitarum, N. I. Istiqomah, Zurnansyah, L. J. Mahardhika, P. D. Jayanti, H. P. Kusumah, N. P. Rini, D. Oshima, T. Kato, J. Partini, E. Suharyadi, Green Synthesis of CoFe₂O₄/rGO Magnetic Nanocomposites Utilizing Leaf Extracts for Photodegradation of Rhodamine B, The 8th International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment, 13-3146, 2024/11/25, Jeju, Korea
- [6] K. Komuro, H. Nicolas, B. Dieny, D. Oshima, T. Kato, R. Sousa, Noise Characterization of Spin-Transfer-Torque-based Magnetic Field Sensor, The 16th Joint Conference on Magnetism and Magnetic Materials and Intermag, CE-12, 2025/1/15, New Orleans, Louisiana, USA
- [7] D. Pan, D. Oshima, T. Kato, Spin Transfer Torque assisted Field-Free Spin Orbit Torque Switching in CPP-GMR with Antiferromagnetically Coupled Perpendicularly Magnetized Co/Pd Memory Layer, The 16th Joint Conference on Magnetism and Magnetic Materials and Intermag, ER-02, 2025/1/15, New Orleans, Louisiana, USA, ポスター発表
- [8] D. Oshima, T. Kato, S. Iwata, Hydrogen gas sensing using Pd coated spin-valve GMR, The 16th Joint Conference on Magnetism and Magnetic Materials and Intermag, AQ-06, 2025/1/15, New Orleans, Louisiana, USA, ポスター発表
- [9] A. Honda, H. Watanabe, Y. Honda, T. Kato, H. Amano, Optical and magnetic properties of GaN crystals varied C doping concentration, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, Poster 25, 2025/11/4, Honolulu, Hawaii, USA, ポスター発表
- [10] G. Cavanna, H. Taketani, D. Pan, D. Oshima, A. Honda, T. Kato, M. Matsubara, "Size dependence of photocurrents in magnetic metamaterials with threefold rotational symmetry", The 8th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 7th Symposium on International Joint Graduate Programs in Materials Science and Spintronics, PS-31, 2024/11/19, Sendai, Miyagi, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 高村陽太, 黄童雙, Md. Mahmudul Hasan, 齋藤美紀子, 葛西伸哉, 大島 大輝, 加藤剛志, 中川茂樹, 3次元磁気メモリ応用のためのCoPt極薄膜およびナノ円柱のめっき形成技術, 電子情報通信学会磁気記録・情報ストレージ研究会, 電子情報通信学会, 愛媛大学, 愛媛, MRIS2024-33, 2025/12/6

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 竹谷英久, 加藤剛志, 松原正和, 極性強磁性メタマテリアルにおける磁気トロイダルモーメントを用いた光ースピン流変換, 日本物理学会第79回年次大会, 日本物理学会, 北海道大学, 北海道, 17aPS-103, 2024/9/17, ポスター発表
- [2] M. A. A. Masud, W. Asano, S. Hashi, T. Nishi, D. Oshima, T. Kato, K. Lee, M. Kawahara, F. Z. Chafi, M. Nishikawa, T. Ishibashi, High Frequency MO Imaging of Bismuth-substituted Europium Iron Garnet, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ, 新潟, 17p-P01-1, 2024/9/17, ポスター発表
- [3] K. Komuro, H. Nicolas, B. Dieny, D. Oshima, T. Kato, R. C. Sousa, Noise Characterization of STT-based Magnetic Tunnel Junction Sensor, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 24pB-9, 2024/9/24
- [4] 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡, 磁気抵抗効果を利用した水素検出の検討, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 24pB-11, 2024/9/24
- [5] 大島大輝, 加藤剛志, 傾斜レジスト膜とイオン照射法を利用した磁気特性変調, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 26aB-10, 2024/9/26
- [6] 川名梨央, 大口奈都子, 齋藤美紀子, 本間敬之, 加藤剛志, 小野輝男, 嶋睦宏, 山田啓介, 二浴法により電析されたCo-Pt多層ナノ細線の作製と磁気特性評価, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 25aA-2, 2024/9/25
- [7] 前納洸矢, 柳田真佑汰, 藤原裕司, 神保睦子, 大島大輝, 加藤剛志, FeSiBNb薄膜の逆磁歪効果を利用した微小振動検知の試み, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 24pPS-7, 2024/9/24, ポスター発表
- [8] 日野達樹, 藤原裕司, 神保睦子, 直江正幸, 小林伸聖, 大島大輝, 加藤剛志, Fe-Ga-N薄膜の磁気特性におけるN組成依存性, 第48回日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 秋田, 24pPS-6, 2024/9/24, ポスター発表
- [9] 小室虎祐, 大島大輝, 加藤剛志, 磁壁位置移動変調型GMRセンサの出力特性およびノイズ評価, 電気学会 マグネティックス研究会, 電気学会, 長岡技術科学大学, 新潟, MAG-24-087, 2024/11/22
- [10] 藪下稜大, 大島大輝, 加藤剛志, Gd/FeCo多層膜におけるスピン軌道トルクの層厚勾配依存性, IEEE Magnetics Society名古屋支部若手研究会, IEEE Magnetics Society, 三重大学, 三重, 2025/2/10
- [11] 藪下稜大, 大島大輝, 加藤剛志, Ta層上の層厚勾配を有するGd/FeCo多層膜におけるスピン軌道トルク, 電気学会 マグネティックス研究会, 電気学会, 名古屋大学, 愛知, MAG-25-013, 2025/3/7
- [12] Gabriele Cavanna, 竹谷英久, 本田杏奈, 加藤剛志, 松原正和, Size dependence of photocurrents in magnetic metamaterials with threefold rotational symmetry, 学術変革領域研究(A), 日本学術振興会, 東広島芸術文化ホール, 広島, 43, 2024/5/30, ポスター発表
- [13] 藪下稜大, 大島大輝, 高橋茂樹, 平山義幸, 加藤佑志, 加藤剛志, 層厚勾配のあるGd/FeCo多層膜のスピン軌道トルク磁化反転, 第11回応用物理学会名古屋大学 スチューデントチャプター 東海地区学術講演会, 応用物理学会, 名古屋大学, 愛知, B2, 2024/11/2
- [14] 中村吉影, 大島大輝, 加藤剛志, Co-Zn-Mn 薄膜の作製と結晶構造解析, 第11回応用物理学会名古屋大学 スチューデントチャプター 東海地区学術講演会, 応用物理学会, 名古屋大学, 愛知, B1, 2024/11/2

VI. 特許等 (出願、公開、登録)

b. 特開 (公開特許)

- [1] 本多周太・加藤剛志・大島大輝・園部義明, 磁気メモリ装置, 磁気メモリ素子の制御方法, および制御プログラム, 特開2024-114453, 2024/8/23, 関西大学・東海国立大学機構

c. 特許（登録特許）

- [1] 松原正和・加藤剛志, 磁気メタマテリアル、スピン流制御装置及びスピン流制御方法, 特許第 7565563 号, 2024/10/3

8.3 材料創製部門

8.3.1 材料物性部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●計算流体力学グループ

教授 内山 知実	助教 出川 智啓	客員教授 中山 浩
----------	----------	-----------

研究テーマ

- ・複雑流動現象のモデリングとシミュレーション
- ・渦を用いた流体の混合促進
- ・発電用の小型水車の開発
- ・IoTセンサに適した電源自立型流量計の開発
- ・深紫外線LEDおよび静電気力を活用したウイルス不活化装置の開発
- ・ウイルスの遮蔽に適したエアカーテン装置の開発

研究の背景・目的

自然界で観察される流れや工業装置が扱う流動は、一般に広範な時間・空間スケールをもち、非線形で複雑な挙動を示す。このような複雑流れの解析・予測を目指して、流れのモデリングとシミュレーションに取り組んでいる。また、液体、気体、固体が混在して相互作用を及ぼし合いながら流れる混相流は、工学的に重要な流れのひとつである。その流動機構を把握するため、実験とシミュレーションを併用した多面的な研究に取り組んでいる。

小規模河川や水路などを利用した出力100kW以下のマイクロ水力発電が注目を集めている。全国に広く豊富に賦存する微小な水力エネルギーを有効に利用するため、出力1kW未満のピコ水力発電システムの構築も進めている。

管内を流れる流体の流量の遠隔監視能力を飛躍的に高めるため、自己発電機能と無線通信機能を併せもつ、タービン式流量計の開発に取り組んでいる。

近年の新型コロナウイルスの大流行に伴い、医療現場での使用を想定した、ウイルスの遮蔽に適したエアカーテン装置の開発に取り組んでいる。また、280nmのピーク波長を有する深紫外線LEDと静電気力の特性を活用した、ウイルスを不活化する装置の開発、および小型化に取り組んでいる。

成果の概要

- ・一軸貫通孔を有する球体が水中から気液界面を通過する際に生じる球体運動と気液界面挙動の詳細を明らかにした。
- ・一軸貫通孔を有する球体の運動特性、および後流に発生する渦の放出特性を明らかにした。
- ・カムテール翼を搭載したエアカーテン装置の気流特性およびウイルス遮断性能を明らかにした。
- ・カムテール翼の周囲で生じる流体現象およびそれに伴う流体の加速効果を明らかにした。
- ・旋回流を援用した電気集塵装置によるSARS-CoV-2のウイルス捕集特性を明らかにした。
- ・波板型オイルミストトラップの形状がミスト捕集特性に及ぼす影響を明らかにした。
- ・クロスフロー型水車の動力特性を改善した。
- ・サボニウス型水車周りの流れおよび水車出力を予測する数値計算法を開発した。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Uchiyama, T., Seta, T., Iio, S., Ikeda, T., Takamure, K., Numerical simulation of the flow and output of a Savonius hydraulic turbine using lattice Boltzmann method, Journal of Renewable and Sustainable Energy, Vol.16, 2024, 02530, 2024/4.
- [2] Takamure, K., Uchiyama, T., Degawa, T., Motion characteristics of sphere with uniaxial through-hole after passing through air–water interface: Case study with different submergence depths, Applied Ocean Research, Vol. 154, 2025, 10434, 2024/11/28.
- [3] Fujisawa, N., Iio, S., Uchiyama, T., Numerical Study on Improvement of Power Performance of Waterfall Crossflow Hydraulic Turbine, Journal of Flow and Energy, Vol. 2, 2024, pp.107-117, 2024/12/03.

Ⅲ. 解説等

- [1] 2025/1/5, 高牟礼光太郎, 天野浩, 八木哲也, 内山知実, 小型軽量ウイルス不活化装置の開発, クリーンテクノロジー, 2025年1月号, pp.22-24., 日本工業出版

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Tsukamoto, S., Takamure, K., Uchiyama T., Visualization of the wake behind a NACA blade with truncated rear end, 21st International Conference on Flow Dynamics, OS13-15, 2024/11/20, 仙台市（仙台国際センター）, 東北大学
- [2] Haruki, T., Kirita, Y., Yagi, T., Amano, H., Iwatani, Y., Takamure, K., Uchiyama T., Flow characteristics of charged particles in a swirling flow under the influence of an electric field in a circular tube, 21st International Conference on Flow Dynamics, OS13-11, 2024/11/20, 仙台市（仙台国際センター）, 東北大学
- [3] Takeshima, S., Katagiri, G., Arai, T., Iio, S., Uchiyama T., Takamure, K., Investigation of number of blades with a focus on enhancing Cross-flow turbine manufacturing, 21st International Conference on Flow Dynamics, OS13-7, 2024/11/20, 仙台市（仙台国際センター）, 東北大学

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 出川 智啓, モダンFortranの並列処理とGPGPU, 第1回モダンなFortranワークショップ, 高性能Fortran推進協議会, オンライン（京都大学学術情報メディアセンター）, 2024/8/31

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 切田 芳美, 道脇 裕, 真野 俊樹, 宇野 雄祐, 出口 正男, 藤田 聡, 高牟礼 光太郎, 内山知実, 病院施設におけるUVC高度増幅照射装置による空間中のウイルス捕集のシミュレーション, 52回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, 沖縄産業支援センター, paper 246, 2024/7/19
- [2] 塚本 爽太, 高牟礼 光太郎, 内山 知実, 翼型の後縁部が切断された NACA 翼後流の可視化計測, 52回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, 沖縄産業支援センター, paper 45, 2024/7/20
- [3] 春木 健杜, 切田 芳美, 八木 哲也, 天野 浩, 岩谷 晴雅, 内山 知実, 高牟礼 光太郎, 円管内の電場影響下における旋回流中帯電粒子の流動特性, 52回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, 沖縄産業支援センター, paper 39, 2024/7/20
- [4] 中山 浩, 鬼頭 優哉, 高牟礼 光太郎, 内山 知実, 波板型オイルミストトラップの形状がミスト捕集特性に与える影響, 混相流シンポジウム2024, 日本混相流学会, 富山大学五福キャンパス, OS0402, 2024/9/5
- [5] 出川 智啓, 差分法をいた流体の数値計算プログラム開発における離散化を補助するツールの作成, オープンCAEシンポジウム2024, オープンCAE学会, 九州大学 椎木講堂, 教育・コミュニティ・他, 2024/11/9
- [6] 出川 智啓, 内山 知実, 高牟礼 光太郎, 拡張性や再利用性を考慮した格子ボルツマン法のプログラム実装方法について, 第38回数値流体力学シンポジウム, 日本流体力学会, 東京大学 駒場IIキャンパス 生産技術研究所, OS.2-3, 2024/12/11

c. 組織委員、実行委員等

- [1] 出川 智啓, 第102期流体力学部門 講演会, 日本機械学会流体力学部門, アオーレ長岡, OS11, 2024/11/20
- [2] 出川 智啓, 第21回流れの夢コンテスト, 日本機械学会流体力学部門, アオーレ長岡, 2024/11/19

d. 座長

- [1] 内山 知実, 混相流シンポジウム2024, 日本混相流学会, 富山大学五福キャンパス, OS-4, 2024/9/5
- [2] 出川 智啓, オープンCAEシンポジウム2024, オープンCAE学会, 九州大学 椎木講堂, 流体2, 2024/11/9
- [3] 出川 智啓, 第38回数値流体力学シンポジウム, 日本流体力学会, 東京大学 駒場IIキャンパス 生産技術研究所, OS.2-3, 2024/12/11

●多孔材料化学グループ

教授	中西 和樹	特任准教授	長谷川丈二
----	-------	-------	-------

研究テーマ

多孔質材料の創製・細孔構造制御と環境・エネルギー分野への応用
Morphological Design of Porous Materials and Applications to Energy and Environmental Fields

研究の背景・目的

全世界で環境問題が深刻化する中、省エネルギーおよびエネルギー貯蔵分野の技術開発が喫緊の課題となっている。当研究グループで開発している多孔質材料、エアロゲルは、90%以上が気孔でできており、低密度で断熱性に優れ、かつ可視光の透過性も良好であるという特長を有することから、エアロゲルの断熱窓材としての応用研究を進めている。また、導電性を有する多孔質材料（例えばカーボン材料）の開発も行っており、二次電池電極としての応用可能性を探索している。当研究室では、これらの研究課題を通し、環境・エネルギー分野に貢献することを目指している。

On the background of worldwide environmental concerns, developing technologies in energy saving and storage is an urgent issue. One of the porous materials prepared in our research group is an aerogel, which has more than 90% porosity and thereby low density, good thermal insulation property as well as good optical transparency. Our research aims at applying aerogels to a smart window with high thermal insulating nature. We also develop conductive porous materials such as carbons and investigate the capability for secondary battery electrodes.

成果の概要

有機無機ハイブリッドエアロゲルの多孔構造制御と超断熱材料への応用

固体材料のなかで最も高い断熱性能を有するエアロゲルは、断熱素材としての応用が切望されてきたが、超臨界乾燥という特殊な製造プロセスが必要であること、非常に脆く加工性に乏しいことが問題となり、実社会における利用は困難である。本研究グループでは、エアロゲルを構成する素材を有機物と無機物のハイブリッド材料とし、その分子レベルのネットワーク構造およびナノ～マイクロメートルサイズ領域の細孔構造を精密に制御することで、断熱特性・光透過性を維持しながら、機械的特性を向上させることに成功している。これにより、高コストな超臨界乾燥プロセスを経ずにエアロゲルを合成することが可能となり、製造コストの削減も可能となった。

Aerogels, which show the highest thermal insulating property among solid materials, have been studied for applying to a promising thermal insulator. However, it is still fairly challenging because of the high synthetic cost of the supercritical drying process and the extremely weak mechanical property. Our group has successfully improved the fragility of aerogels preserving the good thermal insulating and optically transparent characteristics by preparing

organic-inorganic hybrid aerogels with well-designed polymer networks and controlled porous morphologies. The improved mechanical property allows the aerogels to be produced without costly supercritical drying, which paves a pathway to a practical use.

有機高分子系網目の相分離と多孔構造形成

ポリウレタン系、ポリヒドロキシスチレン等の架橋形成反応と、反応誘起相分離および界面活性剤の自己組織化を巧みに組み合わせて、マイクロメートル領域の連続した高気孔率骨格構造をもつ多孔体の合成法を確立した。高い弾性率と圧縮応力下での大変形から可逆的に回復する特異な力学特性を示す多孔材料を、様々な化学組成において作製した。

In the crosslinking system based on polyurethane and polyhydroxystyrene, the combination of reaction-induced phase separation and self-assembly of surfactants produced macroporous monoliths with high-porosity and continuous truss-like structures. Such macroporous monoliths with various chemical compositions exhibited high elastic modulus together with recovering ability under a large compressive deformation.

熱分解誘起相分離によるメソ多孔性酸化物多面体の作製

均一組成のハイドロガーネット構造の熱分解反応による、連続多相構造の形成と副相の除去によって、整った多面体構造とナノ多孔構造からなる結晶性固体が得られる。熱分解反応に誘起される多種の酸化物セラミックス多面体形成挙動を明らかにし、多面体形状・サイズの制御と粒子内部の多孔構造形成機構の解明を進めている。

The thermal decomposition of homogeneous (single phase) hydrogarnet yields continuous multi-phase structures; subsequent removal of soluble phase by dissolution gives mesoporous crystalline polyhedral products. The mechanism of formation of such polyhedral porous crystalline particles induced by the thermal decomposition is being made clear, which will lead to the precise controls on shape, size and pore structure inside the individual crystalline particles.

ナトリウムイオン二次電池用ハードカーボン負極の開発

リチウムイオン二次電池に代わる次世代の二次電池として、資源の豊富なナトリウムイオンを電荷キャリアとして利用するナトリウムイオン二次電池が注目されている。その負極材料として、非晶質の難黒鉛化炭素（ハードカーボン）は、リチウムイオン二次電池における黒鉛負極と同程度もしくはそれ以上の容量を示すため、盛んに研究が行われている。当グループでは、多孔質架橋高分子ゲルを炭素化することで得られるハードカーボン多孔体をバインダーフリーの自立型電極として用いることを提案し、それらが優れたサイクル特性を示すことを見出した。現在、前駆体高分子ゲルの種類を変えることにより、高性能ハードカーボン負極の開発を進めている。

Sodium-ion batteries (SIBs) have attracted attention as a next-generation battery due to the abundant Na source on earth. Hard carbon is a promising candidate for an anode for SIBs because of its capacity comparable to (or even higher than) that of a graphite anode for lithium-ion batteries. We have prepared binder-free monolithic electrodes with macroporosity composed of hard carbon by carbonizing porous polymer gels, and found out that they show very good cycle performance. Currently, we have been developing hard carbon electrodes with improved electrode capability by varying polymer species of precursor gels.

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Naoto Matsumoto, Sakura Nakagawa, Kei Morisato, Kazuyoshi Kanamori, Kazuki Nakanishi, Nobuhiro Yanai, Crystalline Organic Monoliths with Bicontinuous Porosity, Chemical Science, 15, 11500-11506, 2024/4
- [2] George Hasegawa,* Atsushi Takano, Chika Hiei, Kyoka Kusano, Kazuki Nakanishi, Morphological Control and Mechanical Properties of Porous Phenolic Resins Derived from Poly(4-vinylphenol): Effects of Molecular

Weight and Polydispersity of Prepolymer, *Advanced Engineering Materials*, 26, 2401038, 2024/11.

- [3] Justyna Florek,* Masaki Negoro, Yimu Hu, Kazuyoshi Kanamori, Kazuki Nakanishi, Freddy Kleitz, The Role of Nanoporous Adsorbents in the Circular Economy-Closing the Loop of Critical Materials Recovery, *Advanced Functional Materials*, 35, 2409462, 2025/1.
- [4] Bowei Xun, Jian Wang, Yukio Sato, George Hasegawa, Hirofumi Akamatsu, Katsuro Hayashi*, High-Conductivity, Low-Temperature Sintering-Compatible NASICON Solid Electrolyte for Enhanced Compositing with Hard Carbon Electrode in All-Solid-State Batteries, *Journal of Materials Chemistry A*, 13, 1766-1771, 2025/1.
- [5] Zhen-Tao Lu, Sota Asaki, Suguru Yoshida, Chikako Moriyoshi, George Hasegawa, Koji Fujita, Venkatraman Gopalan, Katsuro Hayashi, Hirofumi Akamatsu*, Structural Frustration Effects by Mixed Alkali Ions in Ferroelectric Dion-Jacobson Layered Perovskites (Cs,Rb)NdNb2O7, *Journal of Materials Chemistry C*, 13, 1812-1823, 2025/1.
- [6] Takanori Detani, Kei Morisato, Masayoshi Ohira, Kazuki Nakanishi, Preparation of monolithic silica HPLC columns with truss-structured skeletons and embedded surfactant-templated mesopores, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 113, 63-69, 2025/1.

Ⅲ. 解説等

- [1] 2024年4月, 長谷川 丈二, 相分離を用いたセラミックス多面体粒子の多孔質化, *化学と工業*, 77, 295, 日本化学会
- [2] 2024年5月, 長谷川 丈二, 熱分解に誘起される相分離を利用した多孔質マイエナイト粒子の形態・細孔特性制御, *Journal of the Society of Inorganic Materials*, 31, 127-132, 無機マテリアル学会
- [3] 2024年5月, 長谷川 丈二, 熱分解に誘起される相分離を利用した多孔質セラミックス多面体粒子の作製, 粉体および粉末冶金, 71, 161-166, 粉体粉末冶金協会
- [4] 2025年2月, 上岡 良太, 川 瀬 昇, 中西 和樹, 金森 主祥, エアロゲルの力学的柔軟性向上と工業化の最前線, *セラミックス*, 60, 74-79, 日本セラミックス協会

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] George Hasegawa, Kazuki Nakanishi, Katsuro Hayashi, Fabrication of Co-continuous NASICON/Carbon Electrodes for All-Solid-State Na-ion Batteries, The 22nd International Sol-Gel Conference (Sol-Gel 2024), 2024.9.5, Berlin, Germany, International Sol-Gel Society
- [2] Yuma Yasuda, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Kazuyoshi Kanamori, Fabrication of Flexible Organic-Inorganic Hybrid Aerogels Based on Boron-Catalyzed Siloxane Network Formation Reaction, 7th International Seminar on Aerogels, 2024.9.19, Hamburg, Germany, ポスター発表
- [3] Tomoya Usami, George Hasegawa, Kazuki Nakanishi, Fabrication of Porous β "-Alumina Monoliths via a Sol-Gel Process, 7th International Seminar on Aerogels, 2024.9.19, Hamburg, Germany, ポスター発表
- [4] Ryotaro Sakamoto, Tomoki Takeno, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Topotactic Synthesis of Porous Sr-Fe Perovskite Polyhedra and Effects of Cr-Substitution, 7th International Seminar on Aerogels, 2024.9.19, Hamburg, Germany, ポスター発表
- [5] Tomoya Usami, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Fabrication of Porous β "-Alumina Monoliths and Their Pore Control, DEJI2MA 2024, 2024.10.3, Kokukaikan Business Forum, Tokyo, ポスター発表
- [6] Ryotaro Sakamoto, Tomoki Takeno, Kazuki Nakanishi, George Hasegawa, Topotactic Synthesis of Porous Sr-Cr-Fe Perovskite Polyhedra and Evaluation of Durability, DEJI2MA 2024, 2024.10.3, Kokukaikan Business Forum, Tokyo, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 中西 和樹, 「ものりす」づくりと分析化学～現象の解明から社会実装まで～, 日本分析化学会 第84回分析化学討論会, 日本分析化学会, 京都工芸繊維大学・松ヶ崎キャンパス, 2024.5.18

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 安田 悠真, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 金森 主祥, ホウ素触媒を用いた脱水素化合物反応に基づく有機無機ハイブリッドシリカエアロゲルの作製, 日本ゾルーゲル学会 第22回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 西条・東広島芸術文化ホール・くらら, 2024.7.26, ポスター発表
- [2] 宇佐美 智也, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 相分離を伴うゾルーゲル法によるベータアルミナ多孔体の作製, 日本ゾルーゲル学会 第22回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 西条・東広島芸術文化ホール・くらら, 2024.7.26, ポスター発表
- [3] 上野 弘陽, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 液相法前駆体を利用した $\text{Na}_2\text{Mn}_3\text{O}_7$ 焼結体の作製と電気伝導特性評価, 日本ゾルーゲル学会 第22回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 西条・東広島芸術文化ホール・くらら, 2024.7.26, ポスター発表
- [4] 坂本 諒太郎, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 多孔質 NiMnO_3 多面体粒子のトポタクティック合成, 日本ゾルーゲル学会 第22回討論会, 日本ゾルーゲル学会, 西条・東広島芸術文化ホール・くらら, 2024.7.26, ポスター発表
- [5] 安田 悠真, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 金森 主祥, ホウ素触媒を用いたシロキサン網目形成反応に基づく柔軟な有機無機ハイブリッドエアロゲルの作製, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 名古屋大学・東山キャンパス, 2024.9.10
- [6] 坂本 諒太郎, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 多孔質 NiMnO_3 多面体粒子の作製, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 名古屋大学・東山キャンパス, 2024.9.10
- [7] 上野 弘陽, 中西 和樹, 長谷川 丈二, ナトリウムイオン二次電池正極活物質 $\text{Na}_2\text{Mn}_3\text{O}_7$ のイオン伝導特性評価, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 名古屋大学・東山キャンパス, 2024.9.11, ポスター発表
- [8] 宇佐美 智也, 中西 和樹, 長谷川 丈二, β -Al₂O₃アルミナ多孔体の作製及び細孔構造制御, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 名古屋大学・東山キャンパス, 2024.9.11
- [9] 上野 弘陽, 中西 和樹, 長谷川 丈二, 放電プラズマ焼結法による $\text{Na}_2\text{Mn}_3\text{O}_7$ 焼結体の作製およびイオン伝導特性評価, 第65回電池討論会, 電池技術委員会, 国立京都国際会館, 2024.11.21
- [10] 中根 僚宏, 長谷川 丈二, 中西 和樹, アルミナ多孔体マクロ孔内での金属有機構造体（MOF）膜の合成, 第63回セラミックス基礎科学討論会, 日本セラミックス協会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター・新潟, 2025.1.8

●ナノ構造制御学グループ

教授 山本 剛久

研究テーマ

セラミックスの新規合成プロセス技術の開発および高分解能透過型電子顕微鏡を用いた結晶表面、結晶粒界などの原子構造解析・電子状態分析に関する研究を行っている。セラミックスの焼結プロセスを短時間化させるフラッシュ焼結や急速昇温加熱焼結技法の開発、これらの焼結法を用いた非平衡下での新規セラミックスの開発、高電気伝導を実現できる混合原子価化合物薄膜の開発、結晶表面のステップテラス形成のための新規手法の開発などに取り組んだ。

研究の背景・目的

多くのセラミックスは高温・長時間の熱処理プロセスである焼結法により作製される。例えば、構造用セラミックスとして用いられている部分安定化ジルコニア（PSZ）では、1500℃程度の高温下において数時間の熱処理が必要となる。構造用セラミックスとしての機械的特性を担保した上で、この焼結プロセスを短時間化しうる新たな焼結プロセス技術を開発することは極めて重要である。本研究では、この短時間化させる

技術として焼結中に電界を利用する手法に着目し、その短時間化にかかわる技術開発を行った。さらに、この電界プロセスをセラミック表面の微細亀裂修復や結晶表面の終端原子構造制御へと応用する技術へと展開させた。

成果の概要

構造用セラミックスとしての機械的特性を担保するためには、焼結後の相対密度を99%程度以上にまで緻密化させることが必須となる。そこで、電界を用いて昇温するときに発現するフラッシュ現象を、適切に制御する手法の開発に取り組んだ。その結果、焼結温度 $\sim 800^{\circ}\text{C}$ において相対密度がほぼ理論密度程度にまで緻密化させる新たな焼結法（SCF法）を開発し、sの改良を行った。また、セラミック表面の微細亀裂を、極短時間で修復させることに成功した。発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Sato, T., Kodaira, A., Tokunaga, T., Morita, K., Yamamoto, T., Healing behavior of microcracks on the surface of yttria-stabilized polycrystals using an ultrafast high-temperature sintering method, *Ceramics International*, Vol.51, pp.4178-4184, 2025/2/1
- [2] Tozawa, M., Ofuji, S., Tanaka, M., Akiyoshi, K., Kameyama, T., Yamamoto, T., Motomura, G., Fujisaki, Y., Uematsu, T., Kuwabata, S., Torimoto, T., Spectrally Narrow Blue-Light Emission from Nonstoichiometric AgGaS₂ Quantum Dots for Application to Light-Emitting Diodes, *ACS Applied Materials and Interfaces*, Vol.16, pp. 68169 - 68180, 2024/11/01
- [3] Katsuyama, K., Kayukawa, S., Tokunaga, T., Kobayashi, S., Hidaka, S., Nakamura, A., Yamamoto, T., Microstructural analysis of flash-healed Vickers-indented microcracks near positive/negative electrodes on the (001) surface of cubic zirconia single crystals under direct current electric fields, *Ceramics International*, vol. 50, pp. 37366-37372, 2024/10/1.
- [4] Hidaka, S., Takagi, K., Yamamoto, T., Highly c-axis-oriented apatite-type lanthanum silicate thin films fabricated by magnetron sputtering under bias, *Materials Chemistry and Physics*, vol. 326, pp.129852, 2024/8/1
- [5] Kayukawa, S., Katsuyama, Y., Tokunaga, T., Yamamoto, T., Variation of surface morphology of material uplift near flash-healed Vickers indents under direct-current electric field in cubic zirconia single crystals, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, vol.132 巻, pp. 528 - 531, 2024/8/1
- [6] Kono, R., Hieda, K., Tokunaga, T., Tamura, R., Masamura, R., Hikita, Y., Kano, K., Yamamoto, T., Pulsed laser deposition and structural analysis of Ba₂Ti₆O₁₃ epitaxial thin film on the (210) surface of SrTiO₃ single crystal, *Applied Physics Express*, vol. 17, pp. 075503, 2024/7/1
- [7] Suzuki, S., Dazai, T., Tokunaga, T., Yamamoto, T., Katoh, R., Lippmaa, M., Takahashi, R., The use of He buffer gas for moderating the plume kinetic energy during Nd:YAG-PLD growth of EuXY₂-XO₃ phosphor films, *Journal of Applied Physics*, vol. 135, pp. 195302, 2024/5/1
- [8] Tokuda, Y., Nishikawa, N., Irimoto, T., Katsuyama, Y., Kobayashi, S., Tokunaga, T., Yamamoto, T., Topographical and morphological changes of the single-crystal (La_{0.3}Sr_{0.7})(Al_{0.65}Ta_{0.35})O₃ (001) surface treated with high-purity deionized water, *Surface and Interface Analysis*, vol. 56, pp. 564 - 572, 2024/4/1

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 増田 紘士, 交流フラッシュ処理を施した多結晶TiO₂における力学応答, 第133回講演大会, 一般社団法人粉体粉末冶金協会, 東京工業大学, 2-15A, 2024/5/22
- [2] 稲垣 俊汰, チタン酸ストロンチウム (SrTiO₃) フラッシュ焼結体における点欠陥形成, 第133回講演大会, 一般社団法人粉体粉末冶金協会, 東京工業大学, 2-16A, 2024/5/22
- [3] 森田 孝治, 8Y-CSZ中の微視亀裂の強電界修復による強度回復, 第133回講演大会, 一般社団法人粉体粉末冶金協会, 東京工業大学, 2-18A, 2024/5/22

- [4] 稲垣 俊汰, SrTiO₃における電界誘起点欠陥形成に及ぼす印加電界依存性, 第134回講演大会, 一般社団法人粉体粉末冶金協会, 新潟朱鷺メッセ, 2-54A, 2024/11/20
- [5] 山本 剛久, 直流電界を用いたジルコニア単結晶の微細亀裂フラッシュ修復, 第134回講演大会, 一般社団法人粉体粉末冶金協会, 新潟朱鷺メッセ, 2-59A, 2024/11/20
- [6] 坂本 隼一, 直流電界フラッシュ焼結法を用いたジルコニア多結晶体の大気中空化, 第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学, 3R16, 2024/9/12
- [7] 南部 洸太, 多結晶ジルコニア(8Y-CSZ)中の亀裂修復に対する通電効果, 第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学, 3R17, 2024/9/12
- [8] 佐藤 駿樹, 超高速高温焼結法(UHS法)を用いたジルコニアの焼結挙動と微細亀裂修復, 第37回秋季シンポジウム, 公益社団法人日本セラミックス協会, 名古屋大学, 3R19, 2024/9/12
- [9] 徳永 智春, β 酸化ガリウム焼結体のSEMによる組織観察, 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ国際会議場, 2pmH_M-1-03, 2024/6/4
- [10] 加藤 駿佑, 電子線誘起蒸着法によるカーボンフリー酸化タングステン膜の作製, 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ国際会議場, P-1_16, 2024/6/3, ポスター発表
- [11] 辻 渉, 卓上SEMを用いた電子線誘起蒸着法によるリチウム化合物堆積, 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 幕張メッセ国際会議場, P-1_17, 2024/6/3, ポスター発表

●理論科学グループ

准教授 安田 耕二

助教 井内 哲

研究テーマ

拡散生成モデルの数理と物質科学への応用

研究の背景・目的

近年著しく進歩した生成AIの一つである拡散生成モデルは、多次元データ x の分布関数 $p(x)$ を、スコア $\text{grad} \log p(x)$ を学習することで推定する。(1)この拡散モデルは学習データの細部も再現でき、自然言語に従って画像を生成するモデルとして広く使われるようになった。しかしまれに学習データをそのまま生成することもあり、著作権上も問題である。「どんな学習データをまる覚えするか」という基礎は良く理解されていない。我々は拡散モデルがノイズを画像に変換する過程を力学系と見なし、まる覚えしやすい学習データの予測法を提案した。(2)拡散モデルに結晶構造を学習させ、X線回折強度を条件として与えると、3D構造を生成するモデルを開発した。(3)また分子の三重項励起状態から基底状態へ緩和する経路を生成する拡散モデルを開発した。

成果の概要

(1)ノイズから画像に変換する経路を多数のアンサンブルで平均すると、平均経路は力学系の軌跡と見なせる。我々は微小体積要素が軌跡に従って運動する際の体積膨張率を調べた。画像をノイズに変換する過程で、各学習画像の微小体積は大きく膨張するが、その体積膨張率は画像で異なり、膨張率大の学習画像は記憶されやすいことが分かった。拡散モデルの記憶機構の一面を明らかにし、また著作権侵害を引き起こすデータの判別法を見つけた。(2)条件付き拡散モデルでは一般に条件とデータの対を学習する。3D構造からX線回折強度が解析的に得られることに注目し、我々はX線回折強度によるスコア関数変化の式を導いた。この理論を使い、3D構造のみ学習しても、結晶のX線回折強度から3D構造を生成できることを示した。大規模なデータセットを用いて実用システムとすることが残った課題である。(3)10-30原子の有機分子の基底一重項/三重項交差点の3D構造のデータセットを作成し、それを拡散モデルで学習した。分子構造式から交差点の3D構造を生成できることが分かった。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Masaya Hasegawa, Koji Yasuda, Quantifying the Ease of Reproducing Training Data in Unconditional Diffusion Models, <https://openreview.net/forum?id=ujW7dnwMfG>, 2025/3/3
- [2] Kenta Tsukaue, Koji Yasuda, Crystal Structure Generation Using a Diffusion Model Conditioned on X-Ray Diffusion Intensities Without Label Learning, https://ai-2-ase.github.io/papers/22_Tsukaue_Yasuda.pdf, 2025/3/3

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Masaya Hasegawa, Koji Yasuda, Quantifying the Ease of Reproducing Training Data in Unconditional Diffusion Models, 1st Workshop on Preparing Good Data for Generative AI: Challenges and Approaches (Good-Data), <https://openreview.net/forum?id=ujW7dnwMfG>, 2025/3/3, Philadelphia, PA, USA, the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)
- [2] Kenta Tsukaue, Koji Yasuda, Crystal Structure Generation Using a Diffusion Model Conditioned on X-Ray Diffusion Intensities Without Label Learning, 4th Annual AAAI Workshop on AI to Accelerate Science and Engineering (AI2ASE), https://ai-2-ase.github.io/papers/22_Tsukaue_Yasuda.pdf, 2025/3/3, Philadelphia, PA, USA, the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), ポスター発表

8.3.2 材料設計部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノスピン・磁性材料創成工学グループ

教授	水口 将輝	准教授	宮町 俊生	特任助教	Bowen Qiang
客員教授	小森 文夫				

研究テーマ

磁性ナノ薄膜構造における機能物性の解明

研究の背景・目的

身の回りの環境で排出される熱などの微小エネルギーを回収して電力にする環境発電が注目されている。その中でも、熱と電子のスピンの相関を用いる熱磁気効果を利用したエネルギー変換材料の創出について様々な取り組みがなされているが、熱磁気効果を熱電発電に応用する場合、その変換効率が高い材料が有用である。そのため、通常の金属磁性材料などにナノ構造を付与することによりエネルギー変換効率を制御することができれば、熱電変換デバイスへの応用に望ましいと考えられるが、その開発はあまり進んでいない。本研究では、ナノ構造と、全く新しいエネルギー変換手法という2つの基軸を組み合わせることにより、革新的に高効率なエネルギー変換材料の創成を目指す。ナノ構造として、高度な設計・制御の方法論に基づいた、ナノスケールのドット、ワイヤ、空隙などを有機的に組み合わせた各種構造を作製し、熱・スピン・電界といったパラメータ間の交差相関現象を背景としたエネルギー変換材料を創成する。

成果の概要

環境発電への新たなアプローチとして、異常ネルンスト効果が注目されている。異常ネルンスト効果とは、

強磁性体内で温度差が生じるとその磁化と温度勾配の外積方向に電場が生じる現象である。異常ネルンスト効果の大きさ、磁場依存性を電界により制御することは、低磁場における高効率発電、温度勾配のみによるスイッチングなどの応用につながる。そこで、本研究では強磁性材料への電界印加によって異常ネルンスト効果を制御することを目的とした。MgO(001)基板上にマグネトロンスパッタリングによりFeシード層(1 nm)、Auバッファ層(5nm)、FePt層(2nm)を成膜し、FePt薄膜試料を作製した。FeおよびAuを室温、FePtを300℃で成膜し、FePt成膜後に450℃で30分の熱処理を施した。試料をフォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング、およびリフトオフによってホールバー形状およびサーモパイル構造にパターンニングした。サーモパイル構造とは磁性細線と非磁性細線を交互に、直列に繋いだ構造であり、磁性細線としてFePtを、非磁性細線としてCrバッファ層(5nm)、Au層(50nm)を用いた。異常ホール効果、異常ネルンスト効果の測定をPPMSにより室温で行った。試料面直方向に磁場を印加し、FePt膜に電子が蓄積される方向を正のゲート電圧の方向とし、イオン液体フィルムを介してゲート電圧を印加した。

測定の結果、+1.5Vのゲート電圧印加による異常ホール効果、異常ネルンスト電圧の変調が確認された。どちらについても低磁場領域での磁場依存性が変化しており、これらの変化はゲート電圧の印加によるFePtの磁気異方性の変化に由来するものであると考えられる。また、0V, +1.5Vのゲート電圧を繰り返し印加して異常ネルンスト効果の測定を行ったところ、この変化が可逆的であることが確かめられ、異常ネルンスト効果の電界制御による素子応用への可能性が示された。

発表論文等

I. 論文 (査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] S. Ueda and M. Mizuguchi, "Probing buried interface band dispersion of a MgO/Fe heterostructure with hard X-ray angle-resolved photoemission", *Applied Physics Express*, 17, 075501-1-4 (2024).
- [2] Yoshitaka Umeda, Hiroki Ono, Kohei Yamamoto, Osamu Ishiyama, Hiroshi Iwayama, Eiken Nakamura, Toshihiko Yokoyama, Masaki Mizuguchi, Toshio Miyamachi, "Annealing temperature dependence of magnetic properties in FeCo ordered alloy thin films fabricated using the nitrogen surfactant effect", *Japanese Journal of Applied Physics* 63, 04SP80 (2024).
- [3] Toshio Miyamachi, Shuhei Nakashima, and Fumio Komori, "Local strain induced structural inhomogeneity in Fe thin films on Cu (001)", *Japanese Journal of Applied Physics* 63, 04SP77 (2024).

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in nano-materials, Energy Distinguished Lecture Series, 2024/6/5, Suwon, Sungkyunkwan University
- [2] Masaki Mizuguchi, Thermo-spin effects in nanostructured, ferromagnetic thin films, 25th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS2024), 2024/7/10, Perugia, ICMFS2024
- [3] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in nanomaterials, Symposium on Magnetism and Spintronics (SMS 2024), 2024/7/19, Mumbai, Indian Institute of Technology Bombay
- [4] Masaki Mizuguchi, Vortex-Nernst effect, in superconductor-ferromagnet bilayers, 5th The International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications, (ISAMMA 2024), SSP-I26, 2024/8/5, Dong Hoi, ISAMMA
- [5] Masaki Mizuguchi, Chemical Synthesis of Fe-based Novel Magnets by Topotactic Reaction, International Congress on Pure & Applied Chemistry, (ICPAC MONGOLIA 2024), IGS 11, 2024/8/29, Ulaanbaatar, ICPAC
- [6] Masaki Mizuguchi, Synthesis of Fe-Based New Magnets, 2024 IEEE 14th International Conference, Nanomaterials: Applications & Properties, 2024/9/11, Riga, IEEE
- [7] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in nano-materials, Special Lecture, 2024/10/25, Seoul, Chung-Ang University
- [8] Masaki Mizuguchi, Control of anomalous Nernst effect in nano-materials, The 8th International Conference

on Electronic Materials and, Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2024), 6-2912, 2024/11/25, Jeju, ENGE

- [9] Masaki Mizuguchi, Thermo-magnetic effect in nano-materials, International Conference on Advanced Materials and Technologies (AMT-2025), 2025/1/6, Kalavakkam, SSN College of Engineering
- [10] Masaki Mizuguchi, Thermo-spin effect in nanostructured materials, International Symposium on Atomic Level Characterizations, for New Materials and Devices in Winter 2025 (ALC-W 2025), 2025/1/22, Furano, ALC-W
- [11] Masaki Mizuguchi, Anomalous Nernst effect in nano-cobalt materials, Iwate Spintronics School, 2025 Winter, 2025/2/21, Morioka, Iwate Spintronics School

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Toshio Miyamachi, Takushi Iimori, Shigemasa Suga, Fumitoshi Iga, and Fumio Komori, Interplay between magnetic Co atoms and surface states of structurally controlled SmB_6 (001), VASSCAA-12 International Vacuum and Surface Science Conference, 2024.10.15, Taipei, Taiwan, TVS, ポスター発表
- [2] T. Miyamachi, S. Nakashima, Y. Takagi, T. Yokoyama, and F. Komori, Interfacial structural and electronic properties of FM/AFM magnetic multilayer revealed by scanning tunneling microscopy, ICSPM32, 2024.11.18, 札幌, ICSPM, ポスター発表
- [3] QIANG Bowen, Topological Nernst effect by Skyrmions in the Filled β -Mn-type $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ Chiral Magnetic Epitaxial Thin Films, 2024 IEEE International Magnetism Conference, FG-01, May 5-10, 2024, Rio De Janeiro, Brazil, IEEE
- [4] QIANG Bowen, Colossal topological Nernst effect by controlling Dzyaloshinskii-Moriya interaction (DMI) in skyrmion host $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ chiral magnetic thin films, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2024, A3-P-15, Dec 1-3, 2024, Nagoya, Japan, Nagoya University, ポスター発表
- [5] Takuya Tsujimoto, Anomalous Nernst effect in nanoporous Co thin films, 25th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS2024), MA 14, 2024/7/8, Perugia, ICMFS2024, ポスター発表
- [6] Junwei Zhang, Anomalous Nernst effect in permalloy/Cu multilayers, 5th The International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications, (ISAMMA 2024), SSp-O5, 2024/8/6, Dong Hoi, ISAMMA
- [7] Qing Shi, Growth of epitaxial kagome transition-metal, stannides in the two dimensional limit, 5th The International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications, (ISAMMA 2024), TMh-O6, 2024/8/6, Dong Hoi, ISAMMA
- [8] Hiroki Ono, Probing the magnetic coupling at the $\text{H}_2\text{Pc}/\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ organic-inorganic hybrid interface by nitrogen K-edge x-ray absorption spectroscopy, VASSCAA-12 International Vacuum and Surface Science Conference, 2024/10/14, Taipei, Taiwan, TVS
- [9] Kenzaburo Tsutsui, Coverage-dependent, spin reorientation transition in Ni thin films, on Cu (001) induced by Pd overlayers, VASSCAA-12 International Vacuum and Surface Science Conference, 2024/10/14, Taipei, Taiwan, TVS
- [10] Takuya Tsujimoto, Tuning of anomalous Nernst effect in Co porous thin films, 6 研DEJI₂MA会議 2024, 2024/10/2, Tokyo, DEJI₂MA, ポスター発表
- [11] Qing Shi, Annealing effect on the growth of Sn atomic layers on Pt (111), 32nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM32), 2024/11/19, Sapporo, ICSPM32, ポスター発表
- [12] Kaito Yoshida, Investigating microscopic origin of enhanced perpendicular magnetic anisotropy in C_{70} -Co organic-inorganic hybrid interface, 32nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM32), 2024/11/19, Sapporo, ICSPM33

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 水口将輝, 磁性ナノ構造の創製と, スピントロニクスデバイスへの応用展開, 矢崎科学技術振興記念財団 第1回発表会, 矢崎科学技術振興記念財団, 東京工業大学, 2024/7/16
- [2] 水口将輝, 金属ナノ構造における熱磁気効果, 2024年度 研友会中部支部総会, 研友会中部支部, 名古屋

屋工業大学, 2025/2/28

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 水口将輝, ナノ超構造がもたらす熱・スピン機能, 量子ビーム連携ミニワークショップ「機能性材料研究会」, 広島大学, 広島大学, 2024/10/12
- [2] 宮町俊生, 窒素サーファクタントエピタキシーにより作製した FeCo 規則合金薄膜界面の構造安定性, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 27pE-1, 2024/9/27
- [3] Junwei Zhang, Anomalous Nernst effect in Fe/Au/Fe trilayers, 2024年第85回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他, 16p-D61-10, 2024/9/16
- [4] 家正人, CrMnSb 3元系合金薄膜の結晶構造と磁気特性・磁気光学特性, 2024年第85回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他, 16p-C31-7, 2024/9/16
- [5] Hayato Kudo, Anomalous Nernst effect and magnetic structures of Pd/Co multilayers, 2024年第85回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他, 20a-D61-8, 2024/9/20
- [6] 筒井健三郎, 昇温脱離ガス分析法を用いた Pd/Ni 薄膜ヘテロ構造の水素吸蔵特性評価, 2024年第85回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他, 16p-C31-5, 2024/9/16
- [7] 圓谷志郎, 高エネルギーイオン照射法によるグラフェンへの異種原子ドーピング, 2024年第85回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 朱鷺メッセ他, 18p-A37-1, 2024/9/18
- [8] 三浦直也, Fe/Ge(111)表面構造の成長条件依存性, 日本物理学会, 第79回年次大会 (2024年), 日本物理学会, 北海道大学, 17pE319-8, 2024/9/17
- [9] 庄子瑛章, 磁性多層膜におけるマグノンドラック効果に対する数値的研究, 日本物理学会, 第79回年次大会 (2024年), 日本物理学会, 北海道大学, 17aN102-6, 2024/9/17
- [10] 辻本卓哉, Co ポーラス薄膜における異常ネルンスト効果の変調, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 27aB-12, 2024/9/27
- [11] 吉田海仁, STMによる C_{70} -Coナノ島/有機-無機ハイブリッド界面の垂直磁気異方性増大の起源解明, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 25aA-6, 2024/9/25
- [12] 和田和己, Feを添加した SnSe 薄膜における異常ネルンスト効果, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 27aB-13, 2024/9/27
- [13] 平田武豊, 強磁性 FePt 薄膜における電磁波吸収発電, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 25aC-7, 2024/9/25
- [14] 山本完地, スキルミオン強磁性体 $Fe_{2-x}Pd_xMo_3N$ 薄膜におけるネルンスト効果, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 27aB-9, 2024/9/27
- [15] 庄子瑛章, 異なる磁性材料と非磁性層が積層した多層膜におけるマグノンドラック効果の数値的研究, 第49回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 27aB-6, 2024/9/27
- [16] 上野哲朗, KEK PFにおける X 線強磁性共鳴分光装置の開発, 第48回 日本磁気学会学術講演会, 日本磁気学会, 秋田大学, 25aPS-10, 2024/9/25, ポスター発表
- [17] 小野 広 喜, Contribution of a Co ion in CoPc to the Magnetic Properties of Pcs/ γ '- Fe_4N Organic-Inorganic Hybrid Thin Films, UVSOR シンポジウム 2024, UVSOR, 自然科学研究機構岡崎, 2024/11/5, ポスター発表
- [18] 藤本一志, フェナントロリン誘電体と Coナノ島による有機-無機界面磁気結合, UVSOR シンポジウム 2025, UVSOR, 自然科学研究機構岡崎, 2024/11/6, ポスター発表
- [19] 岩井敦志, Cu(001)単結晶基板上に成長した窒化コバルト単原子層の構造と電子・磁気状態, UVSOR シンポジウム 2026, UVSOR, 自然科学研究機構岡崎, 2024/11/7, ポスター発表
- [20] 岡村尚弥, Cu(001)単結晶基板上の Ni 薄膜の構造と電子・磁気状態の膜厚依存性, UVSOR シンポジウム 2027, UVSOR, 自然科学研究機構岡崎, 2024/11/8, ポスター発表
- [21] 辻本卓哉, ナノポーラス構造設計に基づいた異常ネルンスト効果の増大, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 三重大大学, 2025/2/11
- [22] 吉田海仁, C_{70} -Co/有機-無機ハイブリッド界面における構造・磁気異方性の評価, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 三重大大学, 2025/2/11

- [23] 吉田颯稀, 電界印加によるFePt薄膜の異常ネルンスト効果の変調, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会, IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter, 三重大学, 2025/2/11
- [24] Junwei Zhang, Anomalous Nernst effect in (NiFe/Cu)₁₀ multilayers, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学, 14a-K303-9, 2025/3/14
- [25] Takuya Tsujimoto, Enhancement of the anomalous Nernst effect by nano-porous structures, 2025年第73回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学, 14a-K303-8, 2025/3/14
- [26] 平田武豊, 強磁性FePt薄膜における電磁波吸収発電, 6大学連携プロジェクト公開討論会, 6大学連携プロジェクト, 東京科学大学, 2025/3/2, ポスター発表
- [27] 三浦直也, 原子分解能STM観察によるFe/Ge界面のナノスケール格子制御, 6大学連携プロジェクト公開討論会, 6大学連携プロジェクト, 東京科学大学, 2025/3/2, ポスター発表

●エネルギー機能設計工学グループ

教授 中村 崇司

研究テーマ

エネルギー変換・貯蔵材料の開発

研究の背景・目的

持続可能な社会の実現に向けて、環境負荷の小さい形でエネルギーを変換・貯蔵・運搬し、必要な場所、必要なタイミングで高効率に活用することは重要な目標である。上記目標の達成に向けて、当グループでは、エネルギーを高効率に貯蔵する蓄電池、水素などのクリーンなエネルギー源を創り出す電解技術の開発に取り組んでいる。欠陥化学や固体イオニクスなどの学理基盤に基づいて、リチウムイオン電池電極材料の開発、ナトリウムイオン電池電極材料の開発、水電解用酸素発生触媒の開発に注力している。

成果の概要

リチウムイオン電池電極材料については、2種類以上の陰イオン（アニオン）を複合化した、複合アニオン型の電極材料開発を検討し、従来材料よりも充放電サイクル時の劣化を抑制できる材料系を見出した。また、同じ組成の材料であっても、合成条件により陽イオン（カチオン）の交換による構造のランダム化が起こることを明らかにした。構造のランダム化により、リチウムイオンの拡散を阻害する“欠陥”が伝導パス中にできるため、カチオン交換を抑制する必要がある。カチオン交換の度合いが小さい材料ほど良好な特性が得られていることから、カチオン交換を指標とした材料探索および合成条件の最適化が必要であることを見出した。

ナトリウムイオン電池電極材料については、結晶格子から酸素が脱離する「酸素脱離現象」の評価を行った。酸素脱離の評価は当グループが独自に確立した技術であり、電池材料の安定性に関する重要な知見が得られている。ナトリウムイオン電池正極材料はナトリウム組成によりO3構造やP2構造など多様な結晶構造をとることが知られている。構造の異なる複数のナトリウムイオン電池材料を評価し、ナトリウムイオン電池材料がリチウムイオン電池材料よりも本質的に安定である傾向を実験的に確認した。

電解触媒については、低コストと高活性を両立し得る候補として層状ペロブスカイト酸化物(La,Sr)₂(Ni,Fe)O₄をモデル材料として、カチオン組成および合成条件を最適化することで高活性な材料を合成した。カチオン組成については、特にFe量が重要な指標であることが分かった。また酸化物イオン伝導体で構成される電気化学リアクターを活用して、上記材料の酸素欠陥制御に取り組み、酸素空孔導入により触媒活性が向上することを見出した。以上の結果は、粒子形状、金属イオン組成、アニオン欠陥構造の最適化により、さらなる高性能化が可能であることを示している。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Y. Kimura*, T. Fujisaki, T. Shimizu, T. Nakamura, Y. Iriyama, K. Amezawa, Coating layer design principles considering lithium chemical potential distribution within solid electrolytes of solid-state batteries, *Communication Materials*, 2024, **5**, 125.
- [2] Y. Kimura*, S. Kobayashi, S. Kawaguchi, K. Ohara, Y. Suzuki, T. Nakamura, Y. Iriyama, K. Amezawa, Modifications of the charge–discharge behaviour of $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ in all-solid-state lithium-ion batteries *RSC Advances*, 2024, **14**, 18109-18116.
- [3] S. Huang, Y. Kimura*, T. Nakamura, N. Ishiguro, O. Sekizawa, K. Nitta, T. Uruga, T. Takeuchi, T. Okumura, M. Tada, Y. Uchimoto, K. Amezawa, Protracted Relaxation Dynamics of Lithium Heterogeneity in Solid-State Battery Electrodes, *Journal of Physical Chemistry C*, 2024, **128**, 6213-6221.
- [4] R. Aso*, T. Katsumata, T. Nakamura, Y. Watase, K. Amezawa, Y. Murakami, Structural and electronic characterization of fluorine-doped $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ using electron energy-loss spectroscopy, *Microscopy*, 2024, **73**, 22-30.

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] T. Nakamura, X. Hou, Y. Kimura, K. Amezawa, Oxygen defect engineering for advanced battery materials, 48th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, 31st Jan. 2024, Florida, USA.
- [2] T. Nakamura, D. Henseler, J. Janek, X. Hou, Y. Kimura, K. Amezawa, Investigation of Oxygen Release from Cathode Active Materials for Lithium-Ion Batteries Based on Anion Defect Chemistry, PRiME 2024, 8th Oct. 2024, Hawaii, USA.
- [3] T. Nakamura, Defect engineering for energy storage conversion materials, 4th International Symposium on Design & Engineering, 3rd Oct. 2024, 東京

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] T. Nakamura, Y. Kimura, K. Amezawa, J. Janek, Anion Defect Engineering for Spinel-Type Cathode LiMn_2O_4 , 24th International Conference on Solid State Ionics, 16th July. 2024, London, UK

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 中村崇司, 欠陥の機能に着目したエネルギー材料の研究, 第18回固体イオニクスセミナー, つくば, 2024/9/4.
- [2] 中村崇司, 欠陥制御に基づくエネルギー材料開発の取り組み, 第55回中部中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 名古屋, 2024/11/2.
- [3] 中村崇司, 欠陥制御に基づくエネルギー材料の開発, 日本セラミックス協会 東北北海道支部 北海道地区セミナー, 札幌, 2024/11/12.

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 中村崇司, 木幡壮真, 木村勇太, 雨澤浩史, 層状ペロブスカイト酸化物 $(\text{La}, \text{Sr})_2\text{NiO}_4$ における酸素欠陥と酸素発生反応活性の相関, 第50回固体イオニクス討論会, 大阪, 2024/12/11.

●強制的秩序の探索とデバイス応用グループ

特任教授 永沼 博

研究テーマ

ナノスケールが彩る新しい強制的秩序構造の探索とエレクトロニクスデバイスへの応用

研究の背景・目的

薄膜成長技術・ナノテクノロジー微細加工技術を駆使し、強制的秩序構造を有する新しい物性を探求し、エレクトロニクスデバイスとすることを目標とする。

[ミリ波を回収するエナジーハーベスティング] 情報社会の高度化により利用の多くなったミリ波帯域のエネルギーを回収するため、本研究では、高い結晶磁気異方性を有する $L1_0$ 規則合金(FePdなど)を励起層とした強磁性トンネル接合素子を用いて、ミリ波を吸収し、直流電流に変換することで回収する。

[低消費電力メモリ用マルチフェロイックス] 演算・メモリに消費されるエネルギーは急激に増加している。DRAM、SRAMなどのメモリは揮発性であり、消費電力を低減させるためには不揮発性メモリとする必要がある。そこで、電圧駆動型の不揮発性メモリによる低消費電力化を目的として、室温以上に転移温度のある新規マルチフェロイックスの探索的な研究を遂行する。その他、グラフェン、 WS_2 、 $PdSe_2$ 、 h -BNなどの二次元材料と $L1_0$ 規則合金膜との界面であられる新しいファンデルワールス力の解明に取り組んでいる。また、高効率スピン-電荷変換を実現することを目的として、新しいスピン依存伝導現象、2次元電子ガスのスピン軌道相互作用を利用した基礎研究を行っている。さらに、神経細胞の発火現象の磁氣的検出を目的として、神経細胞の発火時の電流により生じた漏洩磁場を独自設計した垂直磁化型の張虎感度磁気センサーにより検出する研究を行っている。

成果の概要

令和6年度は、 $L1_0$ -FePdエピタキシャル膜の高品質化のために、二段階焼成法が有効であることを明らかにした。また、マルチフェロイックスと金属の界面にあられる特異な超軌道分裂について、理論的な考察を与えることに成功した。スタンフォード大学との共同研究により、独自設計の直行磁化配置型の強磁性トンネル接合素子にFluxを設置したところ、磁場感度が1桁、増大させることに成功した。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Samuel Vergara and Hiroshi Naganuma, High $L1_0$ -Ordering and Flat Surface Introducing a Two-Step Heating Process with Frank – Van der Merwe Initial Growth Mode at Low Temperature, Crystal Growth and Design, 25, 768 (2025)
- [2] Thi Van Anh Nguyen, Hiroshi Naganuma, Thi Ngoc Huyen Vu, Samik DuttaGupta, Yoshiaki Saito, Duong Vu, Yasushi Endo, Shoji Ikeda, and Tetsuo Endoh, Enhanced Field-Like Torque Generated from the Anisotropic Spin-Split Effect in Triple-Domain RuO_2 for Energy-Efficient Spin–Orbit Torque Magnetic Random-Access Memory, Advanced Science, 2413165 (2025).
- [3] T. V. A. Nguyen, Y. Saito, H. Naganuma, D. Vu, S. Ikeda, and T. Endoh, Investigation of the dynamic magnetic properties in $RuO_2/Co\ Fe\ B$ stack film, IEEE Transaction on Magnetics, VP6-08 (2025)

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] H. Naganuma, MTJ Design Technologies and its magnetic design with micromagnetic simulation for High-Performance STT-MRAM Cells, VLSI2024, Invited Talk 3, 2024/6/16, ハワイ、米国, VLSI

- [2] H. Naganuma, Interfacial perpendicular magnetic anisotropy by van der Waals force of chemisorption-type at the graphene/L10-FePd interface, 5th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), TMh-I6, 2024/8/5, Quang Binh, ベトナム
- [3] T. V. A. Nguyen, V. T. N. Huyen, S. DuttaGupta, Y. Saito, D. Vu, Y. Endo, H. Naganuma, S. Ikeda, T. Endoh, Spin-current generation in triple-domain structured RuO₂, 5th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), SSp-I23, 2024/8/5, Quang Binh, ベトナム
- [4] H. Naganuma, Ferrimagnetic ordering and colossal interface response by super-orbital splitting at interfacial multiferroics, 5th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials, 7D-IL-6, 2024/11/7, Newcastle Exhibition & Conference Centre, 豪州
- [5] H. Naganuma, Spintronic Vertical Devices Using Two-dimensional Material, MRS Boston, QT03.10.02, 2024/12/5, Boston, USA

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] T. V. A. Nguyen, Y. Saito, H. Naganuma, S. Ikeda, T. Endoh, Investigation of the dynamic magnetic properties in RuO₂/Co-Fe-B stack film, Intermag2024, VP6-08, On-demand presentation, リオデジャネイロ、ブラジル, IEEE, ポスター発表
- [2] Thi Van Anh Nguyen, Yoshiaki Saito, Samik DuttaGupta, Hiroshi Naganuma, Shoji Ikeda, Tetsuo Endoh, Yasushi Endo, Spin-orbit torque in Ta-O/Co-Fe-B/Mg-O/Ta heterostructures, International Confernece on Magnetism, T3.03, 2024/7/1, Bologna、イタリア, ICM, ポスター発表
- [3] Hiroshi Naganuma, M Nishijima, M Uemoto, H Adachi, H Shinya, I Mochiduki, A Hirata, S Vergara, B Dlubak, T Ono, P Seneor, J Robertson, K Amemiya, Interfacial perpendicular magnetic anisotropy in L10-FePd/ Graphene crystallographically heterointerface having Chemisorption-type of van der Waals force, International Confernece on Magnetism, T2.04, 2024/7/3, Bologna、イタリア, ICM, ポスター発表
- [4] Ziad Ali, Shan Wang, Hiroshi Naganuma, Ada Poon, Perpendicular Anisotropy Magnetic Tunnel Junction Sensors with Vertical Flux Concentrators for Neural Magnetic Field Sensing, International Confernece on Magnetism, T6.01, 2024/7/2, Bologna、イタリア, ICM, ポスター発表
- [5] Mitsuharu Uemoto, Ryusuke Endo, Hikari Shinya, Hiroshi Naganuma, Tomoya Ono, First-principles study of electronic and spin-transport properties of FePd and graphene heterostructures, International Confernece on Magnetism, T3.01, 2024/7/3, Bologna、イタリア, ICM, ポスター発表
- [6] Yukio Sato, and Hiroshi Naganuma, Local crystal phase analysis in a bismuth ferrite thin film via accurate lattice parameter measurement using scanning transmission electron microscopy, 5th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), 14 EEr-P5, 2024/8/5, Quang Binh, ベトナム, ポスター発表
- [7] Hiroshi Naganuma, Ziad Ali, Shan Wang, and Ada Poon, Optimization of flux structure of orthogonal magnetized MTJs for detecting neural magnetic field sensing, CSIS international sumposium, PS-24, 2024/11/19, 仙台、日本, ポスター発表
- [8] Hanuma Kumar Dara, Samuel Vergara, Semën Gorfman, H. Naganuma, and Amit Kohn, The 20th International Microscopy CongressIsrael Materials Engineering Conference, 2024/2/15, Jerusalem, イスラエル
- [9] M. Uemoto, S. Vegara, H. Shinya, H. Naganuma, T. Ono, First-principles study of van der Waals heterostructure of 2D materialand iron-based ferromagnetic alloy, APS conference, MAR-S53/13, 2024/3/20, Anaheim, CA, USA, ポスター発表
- [10] Kenichi Kaminaga, Gaku Sato, Saijian Ajia, Takayasu Hanashima, Kazuhiro Akutsu, Rintaro Kimura, Hiroshi Naganuma, Shingo Maruyama, Hiroyuki Aoki, Yasushi Endo, and Yuji Matsumoto, Spin Dynamics and Polarized Neutron Reflectometry of Compositionally-Graded Ru Doped Perovskite Manganese Oxide Thin Films, CSIS international sumposium, PS-23, 2024/11/19, 仙台、日本, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 永沼博, 超軌道分裂を有する二次元マルチフェロイクス, スピニクス研究会, スピニクス研究会, 岩手市, 2024/10/31
- [2] 永沼博, Magnetic tunnel junction for high density/low power memory and high sensitive bio-sensor, ナノ学会, ナノ学会, 仙台市, 2024/12/8

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 横山春人, 鈴木真粧子, 永沼博, 雨宮健太, 軟X線XMCDにおけるBack-ground処理フレームワークの開発, 第27回XAFS研究会, 東京都立大学, O1_11, 2024/9/2
- [2] T. V. A. Nguyen, Y. Saito, H. Naganuma, D. Vu, S. Ikeda, T. Endoh, Dynamic magnetic properties in RuO₂/Co-Fe-B stack film, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 新潟県新潟市, 19p-P06-27, 2024/9/19
- [3] Kenji Nawa, Samuel Vergara, Tetsuro Ueno, Hirofumi Nomachi, Kohji Nakamura, Hiroshi Naganuma, Magnetism of L10-FePd from angle-dependent XMCD: Theory and experiments, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 新潟県新潟市, 19p-P06-24, 2024/9/19, ポスター発表
- [4] 福島 鉄也, 新屋 ひかり, 永沼 博, Bi(Fe,Co)O_x における超軌道分裂の理論的アプローチ, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 新潟県新潟市, 19p-P06-7, 2024/9/19, ポスター発表
- [5] 遠藤 竜佑, 植本 光治, 松本 尚弥, サミュエル・ヴェルガラ, 新屋 ひかり, 永沼 博, 小野 倫也, L10 秩序合金/ 2次元物質界面の原子スケール構造の第一原理計算, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 新潟県新潟市, 20p-D61-12, 2024/9/20, ポスター発表
- [6] 横山春人, 鈴木真粧子, 雨宮健太, 永沼博, 横山優一, 山崎裕一, ベイズ推定を用いた深さ分解XMCD解析と深さ方向磁気構造モデルの決定, 第38回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 12B2-05, 2025/1/12
- [7] Ziad. Ali, 永沼 博, Shan Wang, Ada Poon, 超高感度磁気センサ用の直行磁化型強磁性トンネル接合素子のFlux効果, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 野田、千葉県, 15p-P07-53, 2025/3/15, ポスター発表
- [8] Samuel Vergara, 永沼博, 二段階熱処理法によるL10-FePdの高規則度化, 第19回強制的秩序とその操作に関わる研究会夏の学校, 公益社団法人応用物理学会強制的秩序とその操作に関わる研究会, 新潟県新潟市佐渡島, P7, 2024/9/20, ポスター発表
- [9] Kim Joonsoo H. Naganuma, T. V. A. Nguyen, T. Endoh, Micromagnetic simulation study on the stability of sub-nano second magnetization switching for the long-axis angle of 75° in SOT-MRAM, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 野田、千葉県, 14p-K302-6, 2025/3/14
- [10] 横山春人, 鈴木真粧子, 永沼博, 雨宮健太, 軟X線深さ分解磁気円二色性におけるBack-Ground処理フレームワーク開発とL10-FePd界面への適用, 第19回強制的秩序とその操作に関わる研究会夏の学校, 公益社団法人応用物理学会強制的秩序とその操作に関わる研究会, 新潟県新潟市佐渡島, P8, 2024/9/20, ポスター賞
- [11] S. Vergara, V. Babenko, C. L. Xin, Y. Ohtsubo, T. Ueno, B. Dlubak, S. Hofmann, P. Seneor, H. Naganuma, CVD-Boron Nitride on sputtered L10-FePd epitaxial films, 第20回強制的秩序とその操作に関わる研究会夏の学校, 公益社団法人応用物理学会強制的秩序とその操作に関わる研究会, 東京大学本郷キャンパス, P7, 2025/3/18, ポスター発表

8.3.3 材料プロセス部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●ナノ機能材料グループ

教授 長田 実	准教授 小林 亮	助教 山本 瑛祐
事業客員研究者 Rubén Cantón Vitoria	客員教授 中島 潤二	客員教授 小澤 正邦

研究テーマ

ナノ材料技術に立脚した環境調和型電子材料の開発

研究の背景・目的

原子数個の厚みを有する原子膜物質（2次元ナノシート）は、グラフェンの報告以降、材料科学の重要な研究ターゲットとして注目されており、精力的な研究が世界中で行われている。我々のグループでは、無機化合物を対象に、様々な組成・構造を有するナノシートを精密合成、高次集積し、ナノ構造特有の機能性を活用した次世代電子材料の開発と共に、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しい物質創製を目指した研究を推進している。本年度は、無機ナノシートをベースとした革新的電子材料の開発やエネルギー高度利用技術の創成を目指した研究を進めた。

成果の概要

1) 新規ナノシートの精密合成：

2次元ナノシートは、高電子・イオン移動度、柔軟性、透明性、高耐熱性など、従来のバルク材料・薄膜とは異なる機能の発現が期待され、エレクトロニクス、環境・エネルギーなど多様な分野の未来を先導するシーズ技術としてのポテンシャルを有する。しかしながら、従来のナノシートの合成には、層状化合物の剥離というトップダウン手法が利用されており、多彩な機能を有し、応用上重要である非層状無機化合物には適用できず、得られる材料、機能のライブラリーは限定されていた。この課題に際し、我々のグループでは、ボトムアップ合成技術の開発と非層状無機化合物への展開を進めている。単純酸化物のナノシート化に向けては、固体の界面活性剤結晶を利用したボトムアップ合成技術を開発し、アモルファス酸化物・オキシ水酸化物のナノシート合成に成功した。さらに、貴金属ナノシートの合成にも取り組み、ワンポット合成法、原子層ラッピング法などの新規合成法を開発し、分子レベルの薄さ（厚さ1~3 nm）のPdナノシートの合成を達成した。

2) 次世代誘電・強誘電体技術の創成：

有毒な鉛や希土類元素を含まない高誘電体、強誘電体の開発は、エレクトロニクス分野、さらには元素戦略上の最重点課題でありながら、未解決の課題である。我々のグループでは、ナノシート技術による高誘電体、強誘電体のパラダイムシフト実現を目指し、新規ナノシートの開発とデバイス応用を進めた。Dion-Jacobson (DJ) 型層状ペロブスカイトを対象とした強誘電体開発を進め、分子レベルの積木細工により、従来合成が困難であった多層ペロブスカイト ($\text{Cs}(\text{Bi}_2\text{Sr}_{n-3})(\text{Ti}_{n-1}\text{Nb})\text{O}_{3n+1}$; $n = 4, 5$) の合成に成功し、4層以上の多層系で初のハイブリッド間接型強誘電体を発見した。また、強誘電体の物質設計、特性制御の新たな試みとして、Pb内包DJ型層状ペロブスカイトの開発を進め、DJ型3層系で初となる強誘電体 $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を発見した。さらに、機械的剥離、化学的剥離により厚さ1~50 nmの $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ ナノシートを作製し、強誘電性ナノシートの開発に成功した。今回確認した3層系ペロブスカイトの強誘電性は、自立膜としては最も薄い膜厚であり、超薄膜における臨界物性の解明やデバイスの小型化に重要な指針を与えるものと期待される。

3) 高効率エネルギー変換材料の開発：

ナノシート技術では、異なる機能のナノシートをブロックにして人工超格子を作製することで、ナノから

メソスケールで次元、構造、階層、空間を設計・制御した高次機能材料を構築することが可能となる。こうした特徴は、階層構造やヘテロ接合が機能発現の鍵である電子デバイス、環境・エネルギー材料の開発に有効になるものと考えられる。本課題に際し、液相プロセスをベースとした高品質・大面積薄膜の製造技術を確立し、蓄電デバイス、発光デバイス、原子膜触媒、日射遮蔽膜などの開発に成功した。さらに、ナノシート研究で培ってきた知見、技術をベースに、新規層状化合物の合成と機能開発を進め、ハイエントロピー化合物、アンモニア吸蔵材料などの開発に成功した。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Yue Shi, Hong Li, Hirofumi Tsunematsu, Harumi Ozeki, Kimiko Kano, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Hiroya Abe, Chun-Wei, Chen, Minoru Osada, "Ultrafast 2D Nanosheet Assembly via Spontaneous Spreading Phenomenon", *Small*, 20(36), 2403915 (12 pages) (2024)
- [2] Eisuke Yamamoto, Daiki Kurimoto, Kentaro Ito, Kohei Hayashi, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, "Solid-state surfactant templating for controlled synthesis of amorphous 2D oxide/oxyhydroxide nanosheets", *Nat. Commun.*, 25(1), 6612 (9 pages) (2024)
- [3] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, "Atomic Layer Engineering of Pd Nanosheets for Enhanced Hydrogen Evolution Reaction", *Nano Lett.*, 24(36), 11239–11245 (2024).
- [4] Shu Morita, Daisuke Urushihara, Keita Nishibashi, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Toru Asaka, Hiroshi Nakajima, Shigeo Mori, Minoru Osada, "Atomic Layer Engineering of Ferroelectricity in Dion-Jacobson Perovskites", *J. Am. Chem. Soc.*, 146(36), 25221–25231 (2024).
- [5] Yan Li, Masanari Shimada, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Rubén Cantón Vitoria, Xiaoyan Liu, Minoru Osada, "Ferroelectricity in $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ and exfoliated 2D nanosheets", *Dalton Trans.*, 53(45), 18122–18127 (2024).
- [6] Fei Li, Kanako Yoshida, Nguyen Van Chuc, Minoru Osada, Hiroya Abe, "Synthesis of High-Entropy Rare Earth ($\text{Y}_{0.2}\text{La}_{0.2}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}$) BO_4 (B = Cr, Mo, W) Oxide Powders", *J. Smart Process.*, 13(4), 205–209 (2024).
- [7] Yuina Yagi, Kanako Yoshida, Takahiro Kozawa, Minoru Osada, Hiroya Abe, "Synthesis of Gold Nanoparticles Using $\text{Au}(\text{OH})_3$ as a Precursor in Aqueous Media", *J. Smart Process.*, 13(4), 200–204 (2024).
- [8] Tianyue Gao, Leanna Schulte, Langqiu Xiao, Eisuke Yamamoto, Amy S. Metlay, Colton J. Sheehan, Sariah Marth, Heemin Park, Sayantan Sasmal, Francisco J. Galang, Chulsung Bae, Adam Z. Weber, Shannon W. Boettcher, Thomas E. Mallouk, "Bipolar Membranes With Controlled, Microscale 3D Junctions Enhance the Rates of Water Dissociation and Formation", *Adv. Energy Mater.*, 2404285 (9 pages) (2024).
- [9] Masanari Shimada, Yan Li, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Rubén Cantón Vitoria, Minoru Osada, "Mechanical exfoliation of non-van der Waals solids: A study of layered perovskite ferroelectric $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ ", *Chem. Lett.*, 54(2), upaf006 (2025)
- [10] Misa Moriya, Shunya Yoshino, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Yun Hau Ng, Akihide Iwase, "Development of Z-scheme photocatalyst systems combining non-metal oxide materials for water splitting under visible light irradiation: $(\text{CuGa})_{0.5}\text{ZnS}_2$ as a H_2 -evolving photocatalyst and TaON as an O_2 -evolving photocatalyst", *Adv. Energy Sustainability Res.*, 2400371 (9 pages) (2025).
- [11] T. Kozawa, T. Hashiba, K. Fukuyama, H. Abe, S. Morita, M. Osada, M. Naito, "Beyond Fertilizers: NH_4ZnPO_4 for the Reversible Chemical Storage of Ammonia", *Advanced Materials Interfaces*, 12, 2400729 (2025).

III. 解説等

- [1] 2024/12/1, 長田 実, 酸化物ナノシートのヘテロ構造集積と電子材料応用, 応用物理, 93・12・690-695

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Minoru Osada, Additive Manufacturing Using Inorganic 2D Nanosheets, CICMT 2024, 2025/4/10, Osaka, Japan
- [2] Minoru Osada, Additive Manufacturing of 2D Nanosheets, Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials (TCECM2024), 2025/5/10, Taipei, Taiwan, Taiwan Consortium of Emergent Crystalline Materials
- [3] Minoru Osada, Emerging 2D Oxides, 2024 E-MRS Spring Meeting, 2025/5/27, Strasbourg, France
- [4] Minoru Osada, Emerging ceramic nanosheets: From tailored synthesis to energy applications, JASCERS Session in 37th Fall Meeting, Ceramic Society of Japan, 2024/9/11, Nagoya, Japan
- [5] Minoru Osada, Emerging Inorganic Nanosheets: From Tailored Synthesis to Electronic Applications, International Workshop of Layered and Nanostructured Materials 2024, 2025/6/24, Perugia, Italy
- [6] Minoru Osada, Tailored Synthesis & Electronic Applications of 2D Ceramic Nanosheets, The 38th Japan-Korea International Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 38), 2024/11/1, Fukuoka, Japan.

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Hideki Kato, Tanya Kurutach, Qingshan Liu, Toshiki Yamanaka, Shunya Yoshino, Makoto Kobayashi, Z-Scheme Water Splitting Utilizing $\text{CuLi}_{1/3}\text{Ti}_{2/3}\text{O}_2$ as Hydrogen Evolving Photocatalyst”, 18th International Congress on Catalysis, 2024/7/15, Lyon, France
- [2] Shunya Yoshino, Naoto Morishita, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Improvement of activity of SrTaO_2N photocatalyst by substitution of Ba-ion, 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-24)/International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (ICARP2024), 2024/7/29, Hiroshima, Japan
- [3] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored synthesis of single-crystalline $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-\delta}$ nanosheets with controlled gadolinium content, The 38th Japan-Korea International Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 38), 2024/11/1, Fukuoka, Japan.
- [4] Keita Nishibashi, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Minoru Osada, Synthesis and exfoliation of layered perovskites $\text{RbBi}_{2-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{NbO}_{10}$, The 38th Japan-Korea International Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 38), 2024/11/1, Fukuoka, Japan.
- [5] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Akichika Kumatani, Minoru Osada, Facile Synthesis of Pd Nanosheets and The Mechanism of Unique Electrocatalytic Properties, 5th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN 2024), 2024/11/5, Newcastle, Australia
- [6] Ruben Canton-Vitoria, Li Longfei, Li Yan, Shu Morita, Sumiya Ando, Nozomi Takeuchi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Osada Minoru, Supramolecular Interactions Between 2-Dimensional $\text{Ti}_{0.87}\text{O}_2$ Functionalized with a Tweezer Molecule and Aromatic Nanomaterials, HeteroNanoCarb2025, 2025/1/15, Benasque, Spain.
- [7] Tomoomi Miyashita, Shunya Yoshino, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Modification of Fe_2O_3 photocatalyst for application to Z-scheme water splitting, 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-24)/International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (ICARP2024), 2024/7/30, Hiroshima, Japan, ポスター発表
- [8] Harumasa Okazaki, Koji Tomita, Nuth Sophal, Tetsuya Kaneko, Masao Isomura, Makoto Kobayashi, Masato Kakihana, Effect of Titanium Dioxide Polymorphism on Power Conversion Efficiency of Perovskite Solar Cells, The 10th International Symposium on Functional Materials (ISFM2024), 2024/8/3, Sendai, Japan, ポスター発表
- [9] Minoru Osada, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Inorganic 2D Nanosheets: From Tailored Synthesis to Applications, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [10] Qiuming Huang, Ruben Canton-Vitoria, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Molybdenum doped 2D cesium tungsten bronze and its optical properties, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [11] Keita Nishibashi, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Structure–property relationship of layered perovskites $\text{RbBi}_{2-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{NbO}_{10}$, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint

- Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [12] Kentaro Ito, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Tailored synthesis of single-crystalline $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-\delta}$ nanosheets, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [13] Shu Morita, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Minoru Osada, Tailored Synthesis of New Homologous Series of Layered Perovskites, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [14] Sumiya Ando, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Atomic Layer Engineering of Pd Nanosheets and Mechanism of Boosted Catalytic Activity, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表
- [15] Yan Li, Masanari Shimada, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Ruben Canton Vitoria, Minoru Osada, Ferroelectricity in $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ and exfoliated 2D nanosheets, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA-4), 2024/10/3, Tokyo, Japan, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 長田実, 2次元物質を利用したナノコーティング技術, ADCAL先進コーティング研究会, JFCA, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/8/6
- [2] 長田実, 2次元ナノシートでつくる未来材料, 電子セラミックスプロセス研究会, オンライン, 2024/8/29
- [3] 長田実, 2次元ナノシートの高速・液相集積技術, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/10
- [4] 長田実, Emerging ceramic nanosheets: From tailored synthesis to energy applications, 【会期2日目】JASCERS セッション, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/11
- [5] 長田実, 原子膜材料が拓く新しいキャパシタ技術, 電気化学会第92回大会, 電気化学会, 東京農工大学小金井キャンパス, 2025/3/20

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 長田実, 原子膜技術による環境・エネルギー材料の開発, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2
- [2] 寺島那哉, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 殷シュウ, 垣花真人, Er, Yb をドーピングした単純酸化物と複合酸化物の赤／緑アップコンバージョン発光比率の調査, 第40回希土類討論会, 松山市立子規記念博物館, 2024/5/16
- [3] 中村健生, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 界面活性剤結晶を鋳型とした β -オキシ水酸化鉄ナノシートの合成, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/10
- [4] 片岡恵人, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 界面活性剤を用いたジルコニアナノシートの分散性制御と二次元精密集積, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/10
- [5] 島田将成, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ 及びその剥離ナノシートの強誘電特性, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/10
- [6] 林美直, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 液体金属合金を用いた結晶性 SnO ナノシートの精密合成, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/11
- [7] 林和希, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, 極性構造をもつ層状ペロブスカイト ANdNb_2O_7 ($A = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$) の剥離による多層ナノシート合成, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/11

- [8] 石神悠太, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, 層状ペロブスカイト酸フッ化物 $\text{RbLnTiNbO}_6\text{F}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$) の剥離ナノシート化および第一原理計算による局所構造解析, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/11
- [9] 大藪一星, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $\text{Rb}(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_2(\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y)_3(\text{O},\text{N})_{10}$ の合成と剥離ナノシートの光電子分光法, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/11
- [10] Qingshan Liu, Shunya Yoshino, Makoto Kobayashi, Hideki Kato, Metal ion doping into $\text{CuLi}_{1/3}\text{Ti}_{2/3}\text{O}_2$ photocatalyst for improvement of Z-scheme water splitting, 第134回触媒討論会, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/18
- [11] 宮下智臣, 吉野隼矢, 小林亮, 加藤英樹, Zスキーム型水分解の高活性化を目指した Fe_2O_3 光触媒の合成法の検討, 第134回触媒討論会, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/19
- [12] 伊東健太郎, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 固体相の界面活性剤を利用した単結晶性セリアナノシートへの精密ドーピング, 2024年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/12/7
- [13] 西橋慧太, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, 層状ペロブスカイト $\text{RbBi}_{2-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{NbO}_{10}$ の結晶構造および誘電特性, 2024年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/12/7
- [14] 山梨真寛, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, 酸フッ化物ペロブスカイトナノシート $\text{SrTi}_x\text{Nb}_{2-x}\text{O}_{6-x}\text{F}_{1+x}$ の合成と電子構造評価, 2024年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/12/7
- [15] 石原奈々, 安藤純也, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 横サイズを制御したパラジウムナノシートの合成と評価, 日本化学会第105春季年会(2025), 関西大学千里山キャンパス, 2024/3/29
- [16] 林美直, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 液体金属を用いた結晶性 SnO ナノシートの精密合成, 第66回東海若手セラミスト懇話会2024年夏期セミナー, 下呂温泉 山形屋., 2024/6/13, ポスター発表
- [17] 島田将成, Li Yan, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 層状ペロブスカイト $\text{CsPb}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ 及びその剥離ナノシートの強誘電特性, 第66回東海若手セラミスト懇話会2024年夏期セミナー, 下呂温泉 山形屋., 2024/6/13, ポスター発表
- [18] 竹崎佑麻, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, アモルファスシリカナノシートの分子層制御, 第66回東海若手セラミスト懇話会2024年夏期セミナー, 下呂温泉 山形屋., 2024/6/13, ポスター発表
- [19] 西橋慧太, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイト $\text{RbBi}_2\text{Ti}_2\text{NbO}_{10}$ のサイトエンジニアリング, 第66回東海若手セラミスト懇話会2024年夏期セミナー, 下呂温泉 山形屋., 2024/6/13, ポスター発表
- [20] 竹崎佑麻, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, モルファスシリカナノシートの形成機構の調査と精密設計, 日本ゾルーゲル学会第20回討論会, 東広島芸術文化ホール くらら, 2024/7/25, ポスター発表
- [21] 伊東健太郎, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 固体界面活性剤を利用した単結晶性 Gd ドープセリアナノシートの合成とドーピング量制御, 日本ゾルーゲル学会第20回討論会, 東広島芸術文化ホール くらら, 2024/7/25, ポスター発表
- [22] 寺島那哉, 富田恒之, 佐藤泰史, 小林亮, 長谷川拓哉, 垣花真人, 赤色発光の高輝度化を目指した Er 含有酸化物アップコンバージョン蛍光体の合成と評価, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス., 2024/9/11, ポスター発表
- [23] 中石旺甫, 森田秀, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 層状ペロブスカイト $\text{Cs}(\text{Bi}_2\text{Ba}_{n-3})(\text{Ti}_{n-1}\text{Nb})\text{O}_{3n+1}$ の合成と特性評価, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス., 2024/9/11, ポスター発表
- [24] 竹内希, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 単結晶セリアナノシートの合成および形成機構調査, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス., 2024/9/12, ポスター発表
- [25] 山本彩加, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 固体界面活性剤を鋳型に用いた酸化チタン二次元ナノ構造体の合成, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス., 2024/9/12, ポスター発表

- [26] 石原奈々, 安藤純也, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 横サイズを制御したPd ナノシートの合成と特性評価, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス, 2024/9/12, ポスター発表
- [27] 安藤純也, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, パラジウムナノシートの原子層制御と触媒特性, 第14回CSJ化学フェスタ(2024), タワーホール船堀, 2024/10/23, ポスター発表
- [28] 小林亮, 山梨真寛, 山本瑛祐, 長田実, 酸フッ化物ペロブスカイトナノシートの合成と電子構造評価, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [29] 山本瑛祐, 竹内希, 小林亮, 長田実, 固相界面活性剤を用いた非層状酸化物ナノシートの精密合成, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [30] Rubén Cantón Vitoria, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Covalent functionalization of 2D nanosheets for energy conversion nanodevices, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [31] 安藤純也, 石原奈々, 山本瑛祐, 小林亮, Rubén Cantón Vitoria, 長田実, 貴金属ナノシートの精密合成と触媒応用, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [32] 森田秀, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイトの原子層制御と新規強誘電体の開発, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [33] 伊東健太郎, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 固相界面活性剤を利用したセリアナノシートの合成と希土類元素ドーピング, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [34] 西橋慧太, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, Dion-Jacobson 型層状ペロブスカイトの構造制御と新規強誘電体の開発, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [35] Yan Li, Masanari Shimada, Makoto Kobayashi, Eisuke Yamamoto, Rubén Cantón Vitoria, Minoru Osada, Ferroelectricity in CsPb₂Nb₃O₁₀ and exfoliated 2D nanosheets, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [36] Huang Qiuming, Canton-Vitoria Ruben, Eisuke Yamamoto, Makoto Kobayashi, Minoru Osada, Synthesis of 2D polytungstate nanosheets for optical applications, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト (DEJI²MA) 令和6年度 公開討論会 (第5回 出島コンソーシアムセミナー), 東京科学大学 すずかけ台キャンパス, 2025/3/2, ポスター発表
- [37] 西橋慧太, 漆原大典, 浅香透, 小林亮, 山本瑛祐, 長田実, 層状ペロブスカイト強誘電体 RbBi_{2-x}La_xTi₂NbO₁₀ の相転移挙動, 日本セラミックス協会2025年年会, 静岡大学 浜松キャンパス, 2025/3/5, ポスター発表
- [38] 森田秀, 漆原大典, 小林亮, 山本瑛祐, 浅香透, 中島宏, 森茂生, 長田実, 原子層制御法による Dion-Jacobson 型ペロブスカイト強誘電体 Cs(Bi₂Sr_{n-3})(Ti_{n-1}Nb)O_{3n+1} の合成, 日本セラミックス協会2025年年会, 静岡大学 浜松キャンパス, 2025/3/5, ポスター発表

- [39] 伊東健太郎, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, 結晶成長制御による単結晶セリアナノシートの形態制御, 日本セラミックス協会2025年年会, 静岡大学 浜松キャンパス, 2025/3/5, ポスター発表
- [40] Huang Qiuming, Canton-Vitoria Ruben, 山本瑛祐, 小林亮, 長田実, ドープされたセシウムタングステンブロンナノシートとその光学応用, 日本セラミックス協会2025年年会, 静岡大学 浜松キャンパス, 2025/3/5, ポスター発表
- [41] 茂野未夢, 山谷陽, 徐鉅威, 吉野隼矢, 小林亮, 加藤英樹, FeOx助触媒によるCo(bpy)₃^{3+/2+}を用いたZスキーム水分解の高活性化とそのメカニズム, 第135回触媒討論会, 大阪大学 豊中キャンパス, 2025/3/19, ポスター発表
- [42] 守屋海沙, 吉野隼矢, 小林亮, 加藤英樹, 岩瀬顕秀, (CuGa)0.5ZnS2還元用光触媒, TaON酸素生成用光触媒および還元型酸化グラフェン電子伝達剤を用いたZスキーム系による可視光水分解および二酸化炭素還元, 第135回触媒討論会, 大阪大学 豊中キャンパス, 2025/3/19, ポスター発表

●自己組織化機能性ナノ材料グループ

教授 田川 美穂

特任准教授 Sunita Srivastava

研究機関研究員 Chandan Kuma

研究テーマ

DNA修飾金ナノ粒子超格子の結晶成長と光学的应用

研究の背景・目的

金属ナノ粒子はバルクとは異なる光学・電気・磁気的な性質を有しているが、これを周期的に配列させたナノ粒子超格子は更に集合体として新奇な性質を持つ。現在、ナノ粒子超格子を作製する手法として、DNAの選択的結合性・自己組織化を利用したボトムアップ的構造形成法が注目されている。この技術を用いることで、粒子間距離を制御しつつ、多種多様なナノ粒子超格子を作製可能となるため、新規光学・電子・磁気材料への応用が期待されている。本研究では、結晶性の良い単結晶を大きく成長させる方法として、従来から行われているバッチ法（試験管内でDNA修飾金ナノ粒子（DNA-AuNP）を結晶化させる方法）に代わり、油層の中に結晶化液滴を生成し、液滴内で結晶成長させる液滴法による結晶化法の確立に取り組んだ。これにより、壁面からの不均質核生成を抑制し、均一核生成からはじまる結晶成長により、DNA-AuNP超格子の高品質な単結晶を成長させられると期待できる。更に、作製した結晶の光学材料としての応用を目指し、表面増強ラマン散乱（SERS）効果を評価した。

成果の概要

サイズの揃った結晶化液滴を油中に生成するために、マイクロ流体チップを作製した。流体チップのデザインや液滴生成時の流速の制御により、マイクロサイズの液滴の大きさを精密に制御できるようになった。これにより、一つの液滴に高品質な単結晶を一つだけ生成させる条件を精査することに成功した。Spring-8におけるX線小角散乱（SAXS）を用いた構造解析により、液滴内で生成した結晶が従来のバッチ法で生成した結晶と比較して結晶性が極めて高いことを明らかにしただけでなく、温度変調を伴うSAXS測定により、液滴内結晶化によるDNA-AuNP超格子の単結晶は結晶化の温度がバッチ法で作製の結晶よりも低いことも明らかにした。これは、液滴内で生成する結晶が均一核生成による結晶化によるものであることを示唆している。

DNA-AuNP超格子の光学的性質とその応用に関する研究にも取り組んだ。具体的には、DNA-AuNP超格子のSERS効果を評価するために、DNA-AuNP超格子に光が照射した際のナノ粒子間に発生する増強電場の理論計算を行い、粒子のサイズや配列、結晶構造による増強度の変化を明らかにした。また、その増強電場を利用した光学信号増強効果を検証するために、蛍光色素であるRhodamine B (RhB)を検出対象分子としてラマン分光測定を行った。その結果、DNA-AuNP超格子の結晶が高いSERS効果を示すことを明らかにした。

さらに、結晶性が高いほどSERS効果も高くなることを理論計算により明らかにし、実験においてもそれを示唆する結果を得ることができた。

今後は、ナノ粒子の周期構造（あるいは結晶構造）とその物性の関係を解明する基礎研究を推進するとともに、DNA-AuNP超格子の単結晶を微量分子検出のプロープとして機能させるための応用研究も推進する予定である。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Kojima, S; Zhang, LD; Kumar, C; Sumi, H; Ohta, N; Sekiguchi, H; Tsuzuki, K; Harada, S; Ujihara, T; Tsukamoto, K; Tagawa, M*, The effects of polyethylene glycol on the nucleation and growth of DNA-functionalized gold nanoparticles crystals, JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, 640, 127740; 2024/8/15
- [2] Vaishak N.P, Suman Bhattacharjee and Sunita Srivastava*; Role of Fluid Forces and Depletion Interactions in Directing Assembly of Aqueous Gold Nanorods on Hydrophobic Surfaces; 2025, Colloid and Interface Science Communications 65, 100825; 2025/3/1
- [3] Irfan Khan, Snigdharani Panda, Sugam Kumar and Sunita Srivastava* ; A Composite Hydrogel of Porous Gold Nanorods and Gelatin: Nanoscale Structure and Rheo-Mechanical Properties; Journal of Chemical Physics; 2025, 162(1); 2025/1/6
- [4] Chandan Kumar, Suman Bhattacharjee and Sunita Srivastava*; Shape anisotropy induced jamming of nanoparticles at liquid interface: A tensiometric study; Nanoscale Advances; 2024, 6, 4683-4692; 2024/7/24
- [5] Sanjoy Khawas, Suman Bhattacharjee, Sabyasachi Mukherjee, Anirban Sain and Sunita Srivastava*; Directing the formation of tunable superlattice crystalline phases from anisotropic nanoparticles; Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects; 2024, 690, 133762; 2024/7/5
- [6] Snigdharani Panda, Irfan Khan, Suditi Neekhra, Rohit Srivastava and Sunita Srivastava*; NIR-responsive porous gold nanorod dispersed in a 3D gelatin scaffold for stimulus-responsive drug release and synergistic therapy.; Material Advances, 2024, 5, 6853-6863. 2024/6/27

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Miho Tagawa, Chandan Kumar, Temperature-Dependent Diffusion of DNA-functionalized Nanoparticles on Supported Lipid Bilayers, Frontiers in Biomolecular Interactions: From Polymers to Membranes, 2024/8/5-6, IIT Bombay, IIT Bombay, Physics Department

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Chandan Kumar, Sakiko Nakata and Miho Tagawa, Influence of Temperature on Lipid Diffusion and DNA-Nanoparticle Mobility in Model Membranes, 4th DEJI2MA 2024, NGY-9, 2024/10/3, Kokukaikan Business Forum, 5大学6研究所間連携 出島コンソーシアム, ポスター発表
- [2] Chandan Kumar, Lidong Zhang, Saki Kozawa, Taito Ikeuchi, Miho Tagawa, Aggregation and crystallization studies of DNA functionalized nanoparticle for biosensing applications, 国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト（DEJI2MA）令和6年度 公開討論会（第5回 出島コンソーシアムセミナー）, P-27, 2025/3/2, Tokyo Institute of Technology Yokohama, 5大学6研究所間連携 出島コンソーシアム, ポスター発表
- [3] Chandan Kumar, Lidong Zhang, Saki Kozawa, Taito Ikeuchi, Miho Tagawa, Understanding DNA functionalized Gold nanoparticles aggregation and crystallization, SLMP2025, P-40, 10-13th March 2025, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 東京大学生産技術研究所, ポスター発表
- [4] Hiromasa Niinomi, Kazuhiro Gotoh, Naoki Takano, Miho Tagawa, Iori Morita, Akiko Onuma, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa, Crystal enantiomeric excess in chiral

crystallization on a Mie-resonant dielectric metasurface, Chirality 2024, PB17 H, 2024/8/28, Kyoto, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 池内泰士、張力東、小澤咲季、周幸儀、新家寛正、栁原真人、平松光太郎、田川美穂, DNA 修飾金ナノ粒子超格子結晶を用いたSERSセンシング, ナノ学会 第22回大会, ナノ学会, 東北大学青葉山新キャンパス, O-20, 2024/5/23
- [2] 池内泰士、小島瞳子、小澤咲季、張力東、周幸儀、新家寛正、栁原真人、平松光太郎、田川美穂, in-vivo SERSセンシングに向けたDNA 修飾金ナノ粒子超格子の高品質単結晶作製, Optics & Photonics Japan 2024, 光学会, 電気通信大学, 30aB10, 2024/11/30
- [3] 小澤 咲季、張力東、小島瞳子、Chandan Kumar、新家寛正、塚本勝男、鳥取 直友、山西陽子、田川美穂, 微小液滴内結晶化法によるDNA 修飾ナノ粒子の結晶化機構の解明, 令和6年（2024年）度 日本結晶学会, 日本結晶学会, 名古屋大学, PA- II -16, 2024/11/9, ポスター発表
- [4] Chandan Kumar, Lidong Zhang, Saki Kozawa, Miho Tagawa, Influence of Nanoparticle Size on DNA Mediated Crystallization of Gold Colloids, 13th Synchrotron Light Research Center Symposium, 名古屋大学シンクロトロン光研究センター, FUJI Hall, EI Emergence Engineering Building, Nagoya University, P-5, 2025/1/27, ポスター発表
- [5] 小島 瞳子、張 力東、小澤 咲季、Chandan Kumar、塚本勝男、鳥取 直友、山西陽子、田川 美穂, DNA 修飾ナノ粒子結晶を構成する DNA 塩基配列の最適化_MT_KS, 令和6年（2024年）度 日本結晶学会, 日本結晶学会, 名古屋大学, OB-I-03, 2024/11/8
- [6] 新家寛正、後藤和泰、高野修綺、田川美穂、長谷川友子、押切友也、中川勝, キラルMie空孔共鳴体のキラル光学応答, 第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 東京理科大学 野田キャンパス, 14p-K305-12, 2024/3/14
- [7] 新家寛正、後藤和泰、高野修綺、田川美穂、森田伊織、大沼晶子、吉川洋史、川村隆三、押切友也、中川勝, 誘電体メタ表面のMie共鳴 超キラル近接場中でのキラル結晶化 における結晶鏡像異性体過剰, 令和6年度日本表面真空学会東北・北海道支部学術講演会, 日本表面真空学会, 札幌, 2024/3/10
- [8] 新家寛正、後藤和泰、高野修綺、田川美穂、森田伊織、大沼晶子、吉川洋史、川村隆三、押切友也、中川勝, キラル結晶化に偏りを誘起する Mie共鳴キラル近接場における キラル光学力解析, 第53回結晶成長国内会議(JCCG-53), 日本結晶成長学会, 東京, 2024/11/20
- [9] 新家 寛正、後藤 和泰、高野 修綺、田川 美穂、森田 伊織、大沼 晶子、吉川 洋史、川村 隆三、押切 友也、中川 勝, キラル結晶化に偏りを誘起するMie共鳴体メタ表面におけるKerker条件下光学キラリティ増強とキラル光学力, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟, 17a-A32-2, 2024/9/17
- [10] 新家寛正、後藤和泰、高野修綺、田川美穂、森田伊織、大沼晶子、吉川洋史、川村隆三、押切友也、中川勝, Mie共鳴励振誘電体メタ表面におけるキラル近接場のキラル結晶化に与える影響, メタオプティクス研究グループ第一回研究会, 日本光学会 メタオプティクス研究グループ, 東京大学, 2024/5/24, ポスター発表
- [11] 田川美穂, 上川内あづさ, 「研究力強化を目指した子育て共助ネットワーク」から見えたもの, 軽金属学会 軽金属学会第10回男女共同参画セッション, 軽金属学会, 名古屋大学, 2024/5/11

●ラジカル化学グループ

准教授 熊谷 純	客員教授 原田 勝可	招へい教員 津田 泰志
----------	------------	-------------

研究テーマ

- 1) ポリマー含有セメントの γ 線照射による長期水素発生評価

- 2) 光触媒を用いる実用的合成へ向けた反応機構解析
- 3) 希土類含有層状複水酸化物の陰イオン種に応答する発光の機構解明
- 4) 酸炭窒化ホウ素蛍光体薄膜の気相成長と光学特性制御
- 5) 先端分野向けシリコン化合物とその薄膜の製造及び評価技術の開発
- 6) タングステンメッシュを用いた放射線防護材料の開発

研究の背景・目的

- 1) 福島県の除去土壌に含まれる放射性物質の最終処分に向けて、放射性物質をセメント等で固化した安定化体からの放射線分解水素発生挙動を評価する。
- 2) 光触媒を用いた光化学反応における反応中間体ラジカルを捕捉して、反応メカニズムを明らかにする。
- 3) 典型的なMgとAlとからなるLDHのAlサイトの一部にTbを同形置換したLDHを合成し、その陰イオン選択性とTbの発光挙動の相関について、結晶構造、局所構造、電子構造の観点からの解明を目指した研究を行う。
- 4) BCNO薄膜の蛍光現象の支配因子を検討するため、透過電子顕微鏡やラマン分光分析による詳細な構造解析を行い、化学結合状態や組成と合わせて蛍光特性に及ぼす影響を調べる。
- 5) 岐路に立たされているシリコン半導体分野における新規シリコン化合物とその薄膜の製造及び評価技術の開発。
- 6) 東邦金属㈱で開発したタングステンメッシュ及びその製品の放射線遮蔽性能の評価と検証を目的とする。

成果の概要

- 1) γ 線照射ポリマー含浸セメントは照射から240日後に $G_{H_2} = 4.8$ と水のその10倍以上の収率を示した。含浸ポリマーの放射線分解の寄与は1/20以下であり、ポリマー含浸部位がセメント細孔中に生成した H_2 の放出経路となっていることが示唆された。
- 2) 溶媒に水が含まれる場合、直鎖カルボン酸の鎖長が短い場合は脱炭酸反応によるアルキルラジカル生成が優先するが、鎖長が長くなってラジカルカチオンが安定になるとプロトン脱離によるカルボキシ基を有する中性カルボン酸ラジカルも同程度生成することがわかった。
- 3) Tbの発光は層間の陰イオン種に応じた強度を示すことを明らかにするとともに、この発光特性の変化がTbの電子状態の変化に由来するものではなく、層間に存在する水和分子および陰イオン種の熱振動の大きさに依存したものであることを明らかにした。さらにこの発光特性の変化は、LDHの陰イオン選択性をと大きく関係していることが明らかになったことから、発光変化を利用した陰イオンセンサーとして期待できる。
- 4) 低結晶性のBCNO薄膜は励起波長360 nmに対して強い蛍光を示すが、高温での成膜では一軸配向したBCNO乱層構造が形成され蛍光特性が消失することがわかった。
- 5) 高次シラン化合物を用いた発光素子の構造、成膜技術を考案し試作、評価。発光を確認。
- 6) γ 線・X線の光子エネルギーに応じた遮蔽能を観測することができた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Lee, G., Maruyama, R., Zou, K., Huang, H., Oyama, K., Yoshida, H., Kumagai, J., Radical Intermediates in Photocatalytic Activation of Carboxylic Acids: A Spin Trapping Study. J. Phys. Chem.C, 129, 1, 402-414, 2025 (2024/12/27 online).
- [2] Du, L. Y., Miron, C., Kondo, T., Kumagai, J., Mizuno, M., Toyokuni, S., Kajiyama, H., Hori, M., Tanaka, H., Selective Killing of Human Breast Cancer Cells by Plasma-Treated L-Arginine Solution, Plasma Process Polym, e2400192, 2024 (2024/12/22 online)
- [3] Oda, A., Kimura, Y., Ichino, K., Yamamoto, Y., Kumagai, J. Lee, G., Sawabe, K., Satsuma, A., Rutile TiO_2 -

Supported Pt Nanoparticle Catalysts for the Low-Temperature Oxidation of Ethane to Ethanol, J. Am Chem Soc., 146, 29, 20122-20132, 2024/7/10.

- [4] 近藤 隆、熊谷 純、安田啓司、井上賢一、橋爪博司、田中宏昌、石川健治、堀 勝、放射線、低温プラズマおよび超音波によるフリーラジカル生成, 放射線化学, 118, pp.3-11, 2024/10/31

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Jun Kumagai, Keisuke Hosomi, Miho Ogiso, Katsuyoshi Horinouchi, Shinya, Hasegawa, Kumi Negishi, Masaya Ida, and George Hasegawa, H₂ EVOLUTION FROM HYDRATED WATER IN CEMENT COMPONENT CRYSTALS VIA γ -RAY RADIOLYSIS: EFFECT OF IRRADIATION TEMPERATURE, 15th Tihany Symposium on Radiation Chemistry, P25, 2024/8/26, Eger, Hungary, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 熊谷 純, 山田 一夫, 遠藤 和人, 飛灰を導入した γ 線照射高炉セメント硬化体とジオポリマーの放射線分解水素発生挙動, 第13回環境放射能除染研究発表会, 一般社団法人環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会（通称：環境放射能除染学会）, いわき市文化センター（福島県いわき市）, S5-1, 2024/9/5
- [2] 熊谷 純, 山田 一夫, 遠藤 和人, 高炉セメントペースト硬化体の放射線分解H₂生成挙動：保持温度と飛灰混入効果, 第67回放射線化学討論会, 日本放射線化学会, 広島歯学 学士会館, 2O-09, 2024/9/7
- [3] 熊谷 友多, 河合 雅史, 五十木 理子, 岡 壽崇, 樋川 智洋, 北辻 章浩, 熊谷 純, 放射性固体廃棄物からの水素発生量実測技術の開発, 第67回放射線化学討論会, 日本放射線化学会, 広島大学 学士会館, P-11, 2024/9/6, ポスター発表
- [4] 平岡 遼, 河合 雅史, 岡 壽崇, 五十木 理子, 樋川 智洋, 北辻 章浩, 熊谷 友多, 熊谷 純, γ 線照射無機水和物中に生成したH原子のESR観測, 第67回放射線化学討論会, 日本放射線化学会, 広島大学 学士会館, P-13, 2024/9/6, ポスター発表
- [5] 熊谷 純, 山田 一夫, 遠藤 和人, γ 線照射された高炉セメントペースト硬化体のG_{H2}, 日本原子力学会2024年秋の大会, 一般社団法人日本原子力学会, 東北大学川内北キャンパス, 3M10, 2024/9/13
- [6] Haifan Huang • Bhoi Yagna Prakash • Akira Yamamoto • Gunik Lee • Jun Kumagai • Hisao Yoshida, Synthesis of deuterated alkanes using D₂O through decarboxylation with Pd/TiO₂ photocatalyst, 第134回触媒討論会, 触媒学会, 名古屋大学, 1C3C, 2024/9/25
- [7] 且井 宏和, 堀田 幹則, 原田 勝可, 熊谷 純, 化学気相析出による窒化ホウ素系膜の結晶性や化学組成が光学特性に及ぼす影響, 日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム, 日本セラミックス協会, 名古屋大学, S09「セラミックス創製技術を革新する粉体プロセス科学基盤」 3N09, 2024年9月12日（木）
- [8] 且井 宏和, 原田 勝可, 熊谷 純, 堀田 幹則, 酸素と炭素を添加した低結晶性窒化ホウ素系薄膜蛍光体の化学気相析出, 第34回日本MRS年次大会, 日本MRS, 横浜産業貿易センタービル, A4-O17-014, 2024年12月17日（火）
- [9] 丸山 莉子, Huang Haifan, 吉田 寿雄, 熊谷 純, 2級カルボン酸から光触媒的に生成するラジカルのスピントラップ解析, 第135回触媒討論会, 触媒学会, 大阪大学, 2P28, 2025/3/19, ポスター発表

d. 座長

- [1] 熊谷 純、安井博宣, 放射線による時系列変化 - 照射から細胞老化に至る道筋 -, 日本放射線影響学会第67回大会, 日本放射線影響学会, 北九州国際会議場, SY1, 2024/9/25

8.4 システム創成部門

8.4.1 変換システム部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●環境・エネルギー工学グループ

教授 成瀬 一郎	准教授 植木 保昭
----------	-----------

研究テーマ

地球・地域環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発

研究の背景・目的

国内外のエネルギー・環境問題を解決するために、地球規模での環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発および地域社会に貢献しうる環境調和型高効率エネルギー変換技術の開発に関して集中的に研究を遂行する。また、地球規模および地域規模のこれらの研究により得られた成果に基づいて、エネルギー・環境工学の体系化に尽力する他、エネルギー変換技術に関する国際協力や地域や産官界との連携をさらに強化し、環境調和型でかつ持続発展可能なエネルギー社会システムの創成に努力したい。

成果の概要

廃棄物発電プラントにおける灰付着と高温腐食を抑制するために、そのメカニズムを解明し、新たな対策を検討した。まず、灰と合金試験片の接着力を測定し、日本工業規格に基づく高温腐食試験を実施し、合金試験片の灰付着性および腐食性を評価した。さらに、熱力学的平衡計算を用いて界面現象について検討した。その結果、灰の接着力と合金試験片の質量損失は界面温度とともに増加し、高クロム含有合金は耐腐食性向上と灰の付着低減に有効であることが判明した。また、実際のボイラ灰を用いた試験では、溶融塩と塩化物による加速酸化が合金を劣化させることが明らかになった。さらに、温度上昇によりHClガスと溶融塩が生成することが熱力学平衡計算で確認された。この研究により、Ni含有合金の採用が灰付着と高温腐食の抑制に有効であることが示唆された。

研究テーマ

持続発展可能な環境調和型創エネルギー・省エネルギー技術の開発

研究の背景・目的

地球温暖化の原因とされるCO₂の排出量の削減が叫ばれ、多方面において様々な努力がなされている。日本国内の鉄鋼業では石炭を還元材や熱源として大量に使用されているため、多量のCO₂を排出しているのが現状であり、とくに、製鉄所での主なCO₂排出源である高炉等の鉄鋼製錬プロセスにおけるCO₂削減が急務になっている。また、火力発電やセメント製造においても主に石炭等の化石燃料を使用しており、鉄鋼業と同様、CO₂の大幅削減といった課題に取り組んでいる。そこで、火力発電、セメントおよび鉄鋼といった重厚長大産業の持続発展可能な環境調和型社会への貢献を目的に、環境調和型創エネルギー・省エネルギー技術の開発に関する研究を遂行している

成果の概要

バイオマスチャーのガス化における固有の灰分粒子の触媒作用と、その影響を受けたチャーの外部および内部構造の変化について検討した。SEM-EDXと二値化法を用いて表面形態や灰粒子分布を分析し、触媒体積反応モデル(CVRM)、触媒収縮コアモデル(CSCM)、触媒ランダム細孔モデル(CRPM)の3つの触媒速度論モデルを用いて速度論解析を行った。結果として、H₂Oガス化ではチャーが細孔の侵食を伴い活性的な

表面積が増加して、触媒灰粒子が反応速度を加速させることが確認できた。反応の進行はCRPMモデルが適合し、H₂O分子は細孔へ拡散しつつ炭素質をガス化することが示唆された。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Yuxin Wang, Masaya Uemoto, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Effects of inherent ash particles on the powdered biochar structure evolution in H₂O and CO₂ gasification, Journal of the Energy Institute, Vol.119, 2025, 101941.
- [2] Yuxin Wang, Andrei Veksha, Joel Ong, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak, The role of post-pyrolysis carbon dioxide capture in hydrogen recovery from waste-derived pyrolysis gas, Fuel, Vol.381, 2025, 133293.
- [3] Hui ZHANG, Rui ONOGI, Ryo YOSHIIE, Yasuaki UEKI, Ichiro NARUSE, Electrochemical characteristics of solid oxide fuel cells supplied with CO-rich fuel gases, Journal of Thermal Science and Technology, Vol.19, 2024, 23-00525.
- [4] Hui Zhang, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse, Yasuaki Ueki, Degradation of solid oxide fuel cell anodes by the deposition of potassium compounds, Carbon Resources Conversion, Vol.7, 2024, 100238.
- [5] Yuxin Wang, Boon Peng Chang, Andrei Veksha, Aleksandr Kashcheev, Alfred ling Yoong Tok, Vitali Lipik, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak, Processing plastic waste via pyrolysis-thermolysis into hydrogen and solid carbon additive to ethylene-vinyl acetate foam for cushioning applications, Journal of Hazardous Materials, Vol.464, 2024, 132996.
- [6] Hiroshi NAGANUMA, Takehito MORI, Sho WATANABE, Akihiro SAWADA, Taeko GOTO, Yasuaki UEKI, Ryo YOSHIIE and Ichiro NARUSE, Ash deposition and corrosion mechanisms of tubes in Waste-to-Energy plants, Mechanical Engineering Journal, Vol.11, No.2, 2024, 23-00486.
- [7] Shuai Li, Hongyun Hu, Chan Zou, Lu Dong, Yongda Huang, Huan Liu, Ichiro Naruse, Hong Yao, Influence mechanism of chlorine on arsenic release and transformation during municipal solid waste incineration, Proceedings of the Combustion Institute Volume 40, Issues 1–4, 2024, 105586
- [8] Yongda Huang, Aijun Li, Hongyun Hu, Shuai Li, Chan Zou, Renjie Zou, Xiaojiang Wu, Ichiro Naruse, Hong Yao, Mechanism of arsenic migration and transformation during pulverized coal combustion, Proceedings of the Combustion Institute, Volume 40, Issues 1–4, 2024, 105467
- [9] Yuhao Liu, Aijun Li, Guangzhao Guo, Junwei Zhang, Yang Ren, Lu Dong, Lifang Gong, Hongyun Hu, Hong Yao, Ichiro Naruse, Comparative life cycle assessment of organic industrial solid waste co-disposal in a MSW incineration plant, Energy Volume 305, 1 October 2024, 132322

II. 著書

- [1] 2025/3/1, バイオマスのがス化技術動向, 成瀬一郎, 共著, 木質バイオマスチャーのがス化挙動, 57-63 頁, シーエムシー出版
- [2] 2025/3/1, バイオマスのがス化技術動向, 成瀬一郎, 共著, 木質バイオマスの爆発・火災事故例と再発防止策, 169-178 頁, シーエムシー出版

III. 解説等

- [1] 2024/9/20, 植木保昭, 2023年における重要なエネルギー関係事項 固体の燃焼, えねみくす, 103 巻, 5 号, 594-596, 日本エネルギー学会
- [2] 2024/7/1, 長沼宏, 森岳人, 成瀬一郎, 固体燃料装置における灰付着・高温腐食の機構と対策, 工業加熱, Vol.61 No.4 pp20-25, 日本工業炉協会
- [3] 2024/11/1, 成瀬一郎, 木質燃料は石炭と同じと過信、過去の教訓を横展開すべき, 日経ものづくり, pp71, 日経クロステック
- [4] 2025/2/1, 成瀬一郎, 事故事例から学ぶ木質バイオマスの安全なハンドリング, PETROTECH, Vol.48

No.2 pp48-54, 石油学会

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Shohei Matsunari, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Elucidation of evolution behaviors of char combustion for various types of biomasses by reaction kinetic analysis, 12th Asian Conference on Biomass Science (ACBS 2024), ACBS_AB_06, 11/21(2024), Ho Chi Minh City, Viet Nam, Japan Institute of Energy
- [2] Hiromitsu Watanabe, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Elucidation of mechanisms of biomass pyrolysis behaviors, 12th Asian Conference on Biomass Science (ACBS 2024), ACBS_BSD_05, 11/21(2024), Ho Chi Minh City, Viet Nam, Japan Institute of Energy
- [3] Zhenjie Zheng, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Effect of temperature on degradation behaviors during CO₂ and H₂O gasification reactions of coke, The Second Symposium on Carbon Ultimate Utilization Technologies for the Global Environment (CUUTE-2), C1-3-05, 11/12-15(2024), Nara, Japan, The Iron and Steel Institute of Japan
- [4] Zhenjie Zheng, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Degradation behaviors during CO₂ and H₂O gasification reactions of coke at different temperatures, The 9th Asia Steel International Conference (Asia Steel 2024), 200-202, 9/4-7(2024), Changsha, P. R. China, The Chinese Society for Metals (CSM)

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 成瀬一郎, R D F や木質バイオマスペレットの爆発・火災事故, T I C バイオマス等固体燃料の発熱・発火メカニズムと火災・爆発対策など制御・運用法講習会, 東京, 4/18 (2024)
- [2] 成瀬一郎, R D F や木質バイオマスペレットの爆発・火災事故, 環境エネルギー・流動化分科会第91回分科会講演会, 日本粉体工学技術協会, 中央大学, 9/17 (2024)

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 大河内響, 成瀬一郎, 植木保昭, 流動層におけるバイオマスチャーの水蒸気ガス化, 第56回学生員卒業研究発表会講演会, 日本機械学会, 中部大学, 3/12 (2025)
- [2] 長谷川翔一, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮, 充填層ガス化炉における木質バイオマスのCO₂ガス化特性, 第20回バイオマス科学会議, 日本エネルギー学会, 京都大学, 12/18-19 (2024)
- [3] 高橋広大, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮, 松成祥平, 多種バイオマス燃料の燃焼挙動の解明とそのモデル化, 第20回バイオマス科学会議, 日本エネルギー学会, 京都大学, 12/18-19 (2024)
- [4] 田内希, 宮下和夫, 茂田潤一, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, バイオマス燃料の流動層燃焼炉における灰凝集評価, 第20回バイオマス科学会議, 日本エネルギー学会, 京都大学, 12/18-19 (2024)
- [5] 和田知歌子, 佐藤直樹, 渡邊和宏, 成瀬一郎, バイオマス燃焼時の伝熱管へのCI付着挙動の解明, 第61回石炭科学会議, 日本エネルギー学会, 高松市, 10/30-11/01 (2024)
- [6] 鄭 振傑, 植木保昭, 出町豊子, 成瀬一郎, 高温でのコークスのガス化反応過程における粉化挙動, 第61回石炭科学会議, 日本エネルギー学会, 高松市, 10/30-11/01 (2024)
- [7] 米田拓真, 出町豊子, 植木保昭, 義家亮, 成瀬一郎, バイオマス燃焼過程における微量元素放出挙動, 第62回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, 大阪市, 11/25-27 (2024)
- [8] 長江隼介, 成瀬一郎, 植木保昭, 片山一昭, カルシウムフェライト系化合物による窒素酸化物の還元反応速度, 日本鉄鋼協会第188回秋季講演大会, 日本鉄鋼協会, 大阪大学, 9/18-20 (2024)
- [9] 伊藤 典紘, 出町 豊子, 植木 保昭, 成瀬 一郎, 義家 亮, 木質バイオマスのCO₂ガス化特性に及ぼすCO₂濃度の影響, 化学工学会第55回秋季大会, 化学工学会, 北海道大学, 9/11-13 (2024)
- [10] 尾上 隼翔, 出町 豊子, 植木 保昭, 成瀬 一郎, 義家 亮, 産業廃棄物処理炉内における灰付着制御, 化学工学会第55回秋季大会, 化学工学会, 北海道大学, 9/11-13 (2024)
- [11] 川辺 昇, 出町 豊子, 植木 保昭, 成瀬 一郎, 義家 亮, バイオマスガス化模擬ガスによる固体酸化物燃料電池の発電特性, 化学工学会第55回秋季大会, 化学工学会, 北海道大学, 9/11-13 (2024)
- [12] 新居大生, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮, 産業廃棄物処理炉内における灰付着機構の解明

とその制御, 第35回廃棄物資源循環学会研究発表会, 廃棄物資源循環学会, つくば国際会議場, 9/9-11 (2024)

[13] 義家 亮, 成瀬 一郎, 植木 保昭, 傳田 知広, 早友 龍聖, 廃棄物燃焼の窒素酸化物放出における排ガス循環の影響, 日本機械学会 2024年度年次大会, 日本機械学会, 愛媛大学, 9/8-11 (2024)

[14] 向本舜, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮, 産業廃棄物によるエネルギーリカバリ時の灰溶解挙動および灰付着制御, 第32回日本エネルギー学会大会, 日本エネルギー学会, 早稲田大学, 8/7-8 (2024)

[15] 加田航平, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮, 廃プラスチックおよび木質バイオマスによる酸化鉄の還元挙動, 第32回日本エネルギー学会大会, 日本エネルギー学会, 早稲田大学, 8/7-8 (2024)

[16] 松成祥平, 高橋広大, 植木保昭, 義家亮, 成瀬一郎, 速度解析論による多様なバイオマス粒子の揮発分放出挙動の解明, 第28回動力・エネルギー技術シンポジウム, 日本機械学会, 京都テルサ, 6/17-18 (2024)

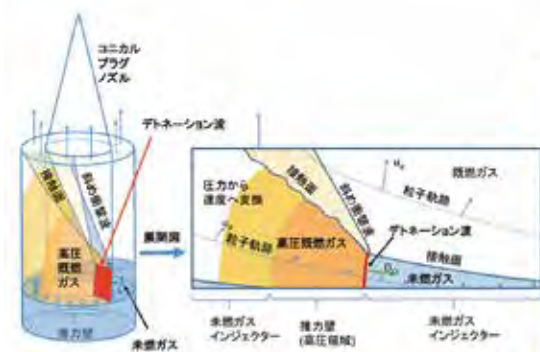
●推進エネルギーシステム工学グループ

教授 笠原 次郎	特任教授 安井 正明	特任教授 松山 行一
助教 伊東山 登	特任助教 井出雄一郎	客員准教授 川崎 央

研究テーマ

デトネーションの基礎研究及び、その航空宇宙推進機へのシステム応用研究

研究の背景・目的



回転デトネーションエンジン概要図



回転デトネーションエンジン滑走試験

上左図のようにデトネーション波を連続的に燃焼器内に維持できれば、この波は通常の燃焼（デフラグレーション）の1000倍以上(2 km/s)で伝播できるため、燃焼器が短縮され、燃料・酸化剤の混合も極度に促進される。さらに、注目点は、衝撃波による圧縮を伴う燃焼波であるため、従来の流体系の推進システムに不可欠の圧縮機・タービン機構や、ポンプ・タービン機構を使用することなしに、高熱効率の推進エンジンを成立させ得て、その結果、エンジンの機体への統合が容易になり、航空宇宙機の軽量・高性能化が実現できる。そこで、本研究グループでは、このような単純高性能なエンジンの原理解明研究を実施しつつ、滑走実証（上右図）・飛行実証（下右図）を行うことで推進性能をシステムとして確認し、推進工学分野の新しい学術を切り拓く。

成果の概要

本年度の成果の概要は以下の通りである。

(1) 観測ロケットS-520-34号機による液体推進剤回転デトネーションエンジンの宇宙飛行実証に成功した。

- (2024年11月14日: エクストラサクセス、世界初)
- (2) コールドフローによるリテンション (約3秒)、エンジン点火、デフラグレーション燃焼 (約5秒)、デトネーション燃焼 (約2秒) に成功した。
- (3) 推進性能として、推力は 415 ± 52 N (X+125.2-125.3 sでの平均値) であった。検査面流量を使用すると、 c^* 効率, I_{sp} 効率は85%以上を達成した。
($c^*=1623 \pm 57$ m/s, $I_{sp}=244 \pm 28$ s (X+125.2-125.3 sでの平均値))
- (4) 宇宙軌道実証プログラムに採択され (JAXA宇宙戦略基金: S X研究開発拠点「デトネーションエンジン・宇宙推進工学革新研究拠点形成 (牽引型)」)、観測ロケット第3回実験後、軌道上実証を実施する計画をすすめることとなった。
- (5) クラスターRDEの点火研究、衝撃波共振点火器研究、フィルムクーリングRDE研究を実施し、実用化につながる成果を得た。昇圧用RDEタービンエンジン (ターボポンプへの発展想定) の基本設計を完了した。



液体推進剤デトネーションエンジンシステム PFM

発表論文等

I. 論文 (査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] K. Nakajima, K. Matsuoka, N. Itouyama, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, Effect of Channel Expansion Angle near Injector Outlet on a Rotating Detonation Engine Performance, Shock Waves, Vol. 34, 2024, pp. 215-224.
- [2] T. Sato, K. Nakata, K. Ishihara, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, D. Nakata, H. Eguchi, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, Combustion Structure of Rotating Detonation Engines with Liquid Ethanol and Nitrous Oxide, Combustion and Flame, Vol. 264, June 2024, 113443.
- [3] K. Nakajima, T. Sawada, K. Matsuoka, N. Itouyama, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, Visualization and thrust measurement of rotating detonation engine with various channel expansion angles, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 40, Issues 1-4, 2024, 105577.
- [4] S. Sawada, K. Ishihara, N. Itouyama, H. Watanabe, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, The Circumferential Force on a Cylindrical Rotating Detonation Engine, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 40, Issues 1-4, 2024, 105490.
- [5] Y. Oda, S. Sawada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, Wave-Converging Pressure Increase in Curved Cylindrical Rotating Detonation Combustors, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 40, Issues 1-4, 2024, 105735.
- [6] K. Ishihara, T. Sato, T. Kimura, K. Nakajima, K. Nakata, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, K. Matsuyama, J. Kasahara, H. Eguchi, D. Nakata, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, Bipropellant Cylindrical Rotating Detonation Engine with $C_2H_5OH-N_2O$ for Sounding Rocket Space Flight, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 62, No. 1(2025), pp. 44-54.

- [7] R. Sakata, M. Inada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, Synchronized Initiation of the Two Cylindrical Rotating Detonation Engines, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 40, No. 6, November-December 2024, pp.849-858.
- [8] S. Sawada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, J. Braun, G. Paniagua, A. Kawasaki, K. Higashino, A. Matsuo, Ikkoh Funaki, Direction Control of Rotating Detonation Waves with Helical Combustion Chambers, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 41, No. 2 (2025), pp. 164-177.
- [9] Y. Kudo, S. Sawada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Temperature Rise and Pressure Dynamics in the Early Stages of Hartmann–Sprenger Tube Operation, *Shock Waves*, Vol. 35, 169-184, 2025.
- [10] H. Ito, K. Hayata, D. Kamatsuchi, K. Kawabata, J. Nigorikawa, T. Katsumi, N. Itoyama, J. Kasahara, and S. Kadowaki, Improvement of Flash Atomization Characteristics of HAN-based Green, Propellants Using High Saturation Vapor Pressure Additive, *Journal of Evolving Space Activities*, Vol. 2, Article No. 195, 2024
- [11] H. Watanabe, A. Matsuo, A. Chinnayya, N. Itouyama, K. Matsuoka, and J. Kasahara, Lagrangian characterization of induction and reaction timescales in a cellular gaseous detonation, *Physics of Fluid*, Vol. 37, 026106, 2025.
- [12] T. Sato, K. Matsuoka, N. Itouyama, A. Kawasaki, H. Watanabe, J. Kasahara, Experimental Study on the Effect of Detonability and Shock Intensity on Detonation Initiation in Laser Ignition in Elliptical Cavity, *Transaction of the Japan Society for Aeronautical and Space Science*, Vol. 68, No. 3, pp. 1-9, 2025.
- [13] B.-K. Sung, J. Kasahara, J.-Y. Choi, Numerical Investigation on the Detonative Tangential Combustion Instability in a Rocket Combustor, *Combustion and Flame*, Vol. 275 (2025)114092.
- [14] T. Nagaoka, K. Matsuoka, Y. Takahashi, H. Watanabe, N. Itouyama, A. Kawasaki, J. Kasahara, A. Matsuo, Effect of Reflection Wall Distance and Supply Conditions on Reflective Shuttling Detonation Combustor, *Combustion and Flame* (Accepted for publication, 11th March 2025)

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] J. Kasahara, Detonation-Engine-System Space-Flight Demonstration Using Sounding Rockets, KAUST Research Conference: Aerospace Propulsion and Energy Systems (APES 2024), Keynote Speaker, May 13-15, 2024, KAUST, Saudi Arabia, KAUST
- [2] J. Kasahara, Detonation-Engine-System Space-Flight Demonstration Using JAXA Sounding Rockets S-520, Space Propulsion 2024 (3AF and ESA), Keynote Speaker, 20-23 May, 2024, Glasgow, Scotland, 3AF and ESA
- [3] J. Kasahara, Sounding Rocket Space Flight Experiments of Detonation Engines and Its Future Development, The 2024 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2024), Keynote Speaker, 28-30 October, 2024, Adelaide, South Australia, Australia, The Australian Division of the Royal Aeronautical Society (RAeS), The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences (KSAS), 日本航空宇宙学会 (JSASS), The Chinese Society of Aeronautics and Astronautics (CSAA)
- [4] J. Kasahara, Research and Development of Rotating Detonation Engine System for the Sounding Rocket Flight Experiments, Bangladesh Society of Mechanical Engineering (BSME) The 9th BSME International Conference on Thermal Engineering, Keynote Speaker, 19-21 December 2024, Dhaka, Bangladesh, Bangladesh Society of Mechanical Engineering (BSME)

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] J. Tahara, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, and J. Kasahara, Numerical Analysis of Exhaust Jet Characteristics from Annular RDEs with Various Outlet Geometries, 19th International Conference on Numerical Combustion (ICNC2024), May 7-10, 2024, Kyoto, The Combustion Institute
- [2] M. Miyashita, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical Investigation of the Interaction between the Exhaust Flow of Reflective Shuttling Detonation Combustor and Supersonic Turbulent Flow, 19th International Conference on Numerical Combustion (ICNC2024), May 7-10, 2024, Kyoto, The Combustion Institute

- [3] T. Sada, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical Consideration to Geometry of Diverging Rotating Detonation Engine, 19th International Conference on Numerical Combustion (ICNC2024), May 7-10, 2024, Kyoto, The Combustion Institute
- [4] K. Nakata, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, and K. Higashino, A low-dimensional modeling approach to acceleration of an internal flow of a rotating detonation engine, 19th International Conference on Numerical Combustion (ICNC2024), May 7-10, 2024, Kyoto, The Combustion Institute
- [5] T.Sato, K. Matsuoka, N. Itouyama, J. Kasahara, Effect of initial pressure and chamber scale to the detonation initiation by laser ignition in an elliptical cavity, 40th International Symposium on Combustion, 4P021, July 21-26, 2024, Milano, Italy, The Combustion Institute
- [6] K. Nakajima, T. Sawada, K. Matsuoka, N. Itouyama, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, Visualization and thrust measurement of rotating detonation engine with various channel expansion angles, 40th International Symposium on Combustion, 5F02, July 21-26, 2024, Milano, Italy, The Combustion Institute
- [7] S. Sawada, K. Ishihara, N. Itouyama, H. Watanabe, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, The circumferential force on a cylindrical rotating detonation engine, 40th International Symposium on Combustion, 5F04, July 21-26, 2024, Milano, Italy, The Combustion Institute
- [8] Y. Oda, S. Sawada, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, Wave-converging pressure increase in curved cylindrical rotating detonation combustors, 40th International Symposium on Combustion, 5F01, July 21-26, 2024, Milano, Italy, The Combustion Institute
- [9] R. Iida, K. Kagami, Y. Nagata, K. Yamada, J. Kasahara, Study of Aerodynamic Characteristics of an Atmospheric Entry System Using a Deployable Flexible Aeroshell with Double-Sided Flares, 6th International Space Conference of Pacific-basin Societies (ISCOPS), Nov. 19-22, 2024, Obihiro, Japan, Japan Rocket Society
- [10] T. Ohyama, T. Sato, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, Experimental Study on a Liquid-Ethanol Rotating Detonation Engine with Single Pintle Injector, 6th International Space Conference of Pacific-basin Societies (ISCOPS), Nov. 19-22, 2024, Obihiro, Japan, Japan Rocket Society
- [11] A. Chan, K. Nakata, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, Operational Characteristics of a Cylindrical Rotating Detonation Engine with Inert Gaseous Film Cooling, 6th International Space Conference of Pacific-basin Societies (ISCOPS), Nov. 19-22, 2024, Obihiro, Japan, Japan Rocket Society
- [12] A. Kawasaki, J. Kasahara, M. Yasui, K. Matsuyama, K. Matsuoka, N. Itouyama, Y. Ide, T. Sato, K. Nakata, S. Sawada, R. Ishibashi, S. Suzuki, Y. Suzuki, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, T. Takano, H. Eguchi, M. Uchiumi, H. Hirashima, T. Himeno, Y. Yahata, H. Habu, T. Usuki, S. Arakawa, J. Masuda, M. Shida, T. Nakao, Y. Nagata, K. Yamada, K. Maehara, K. Kawahara, In-space Flight Demonstration of the Detonation Engine System 2 in the S-520-34 Sounding Rocket Experiment: A Quick Report, 6th International Space Conference of Pacific-basin Societies (ISCOPS), Nov. 19-22, 2024, Obihiro, Japan, Japan Rocket Society
- [13] M. Miyashita, A. Matsuo, E. Shima, N. Itouyama, A. Kawasaki, K. Matsuoka, J. Kasahara, Numerical Investigation of Detonation-Assisted Fuel Injection Method in Scramjet Engines With Rotating Detonation Combustor, 2025 SciTech Forum, AIAA-2025-0947, 6-10. Jan. 2025, Orlando, USA, AIAA
- [14] A. Chan, K. Nakata, N. Itouyama, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Kawasaki, A. Matsuo, I. Funaki, K. Higashino, Experimental Investigation of Gaseous Film Cooling for Cylindrical Rotating Detonation Engines, 2025 SciTech Forum, AIAA-2025-2149, 6-10. Jan. 2025, Orlando, USA, AIAA
- [15] T. Sato, K. Matsuoka, N. Itouyama, M. Yasui, K. Matsuyama, Y. Ide, K. Nakata, Y. Suzuki, R. Ishibashi, S. Suzuki, J. Kasahara, A. Kawasaki, H. Hirashima, D. Nakata, H. Eguchi, T. Takano, M. Uchiumi, A. Matsuo, I. Funaki, H. Habu, S. Arakawa, J. Masuda, K. Kawahara, T. Usuki, K. Maehara, M. Shida, T. Nakao, K. Yamada, T. Himeno and Y. Yahata, Flight Demonstration of Detonation Engine System Using Sounding Rocket S-520-34: Performance of Rotating Detonation Engine Using Liquid Propellants, 2025 SciTech Forum, AIAA-2025-0147, 6-10. Jan. 2025, Orlando, USA, AIAA

- [16] Moeno Miyashita, Akiko Matsuo, Eiji Shima, Akira Kawasaki, Noboru Itouyama, Ken Matsuoka, and Jiro Kasahara, Study on Optimum Fuel Injection System for Supersonic Air Flow Assisted by Detonation Combustor, The 8th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, A1-3, November 18-22, 2024, Hitotsubashi Hall, Tokyo, Japan, Japan Explosives Society
- [17] Hisayoshi Ito, Kenshin Kawabata, Kazuyoshi Hayata, Roman Morozov, Toshiyuki Katsumi, Noboru Itoyama, Jiro Kasahara, and Satoshi Kadowaki, Visual analysis on initial injection behavior of the high-viscosity green propellant flow, The 8th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, B2-2, November 18-22, 2024, Hitotsubashi Hall, Tokyo, Japan, Japan Explosives Society

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 笠原次郎, 回転デトネーションエンジン, 三菱電機株式会社特別講演, 三菱電機株式会社, 三菱電機株式会社鎌倉製作所, 特別講演, 2025.2.28
- [2] 笠原次郎, 安井正明, 松山行一, 松岡健, 川崎央, 伊東山登, 井出雄一郎, 佐藤寛, 中田耕太郎, 澤田悟, 石橋良大, 鈴木颯太, 鈴木大登, 松尾亜紀子, 船木一幸, 中田大將, 内海政春, 江口光, 姫野武洋, 八幡祐成, 平嶋秀俊, 羽生宏人, 荒川聡, 増田純一, 前原健次, 臼杵智章, 志田真樹, 川原康介, 山田和彦, 中尾達郎, 観測ロケットS-520-34号機を用いた液体デトネーションエンジンの飛行実証実験と今後の展開, 観測ロケットシンポジウム, JAXA 宇宙科学研究, JAXA 宇宙科学研究, 招待講演, 2025年3月6-7日

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 工藤祐介, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 点火機構を目指したHartmann-Sprenger Tubeの作動特性に関する実験的研究, 第56回流体力学講演会/第42回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 鹿児島県鹿児島市, 3D08, 2024年7月3-5日
- [2] 守屋鳳人, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 東野和幸, 回転デトネーションタービンエンジン実証に向けたコールドフローによるラジアルタービン作動実験に関する研究, 第56回流体力学講演会/第42回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 鹿児島県鹿児島市, 3C01, 2024年7月3-5日
- [3] 大山竜生, 佐藤寛, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, ピントルインジェクタを用いた液体推進剤回転デトネーションエンジンの推進性能評価, 第56回流体力学講演会/第42回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 鹿児島県鹿児島市, 2C05, 2024年7月3-5日
- [4] C. Allen, 中田耕太郎, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 川崎央, 東野和幸, 松尾亜紀子, 船木一幸, Experimental Investigation of Film Cooling for Cylindrical Rotating Detonation Engines, 第56回流体力学講演会/第42回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 鹿児島県鹿児島市, 2C04, 2024年7月3-5日
- [5] 石橋遼大, 佐藤朋之, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 松尾亜紀子, 船木一幸, 極高L/D管内の可燃性予混合ガスのデトネーション伝播の実験的研究, 第62回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, グランキューブ大阪, 大阪, B334, 2024年11月25-27日
- [6] 宮下萌乃, 松尾亜紀子, 嶋英志, 伊東山登, 川崎央, 松岡健, 笠原次郎, デトネーション燃焼を用いた超音速気流中への燃料噴射システムに関する数値的検討, 第62回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, グランキューブ大阪, 大阪, C213, 2024年11月25-27日
- [7] V. Joseph, J. Kasahara, K. Matsuoka, M. Yasui, N. Itouyama, F. Yamamoto, S. Nakamura, K. Higashino, H. Hirano, O. Harada, Experiments using a Square Two-Dimensional Flow Injector Patterned Rotating Detonation Engine, 第62回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, グランキューブ大阪, 大阪, D111, 2024年11月25-27日
- [8] 小山雄太郎, 須藤直太郎, 松岡健, 伊東山登, 川崎央, 渡部広吾輝, 笠原次郎, 多孔質インジェクタを有する予混合回転デトネーションエンジンの作動実証に向けた実験研究, 第62回燃焼シンポジウム, 日本燃焼学会, グランキューブ大阪, 大阪, B113, 2024年11月25-27日

- [9] 西田響喜, 伊東山登, 中田耕太郎, 川崎央, 松岡健, 笠原次郎, 総括当量比を用いた固気混相系単円筒 RDE の推進特性の評価, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [10] 武子賀, 岡野裕, Jason Nathanel, 中田大將, 江口光, 内海政春, 川崎央, 笠原次郎, 松岡健, 伊東山登, 可視化アクリルタンクを用いた高圧酸化剤の自己加圧と外部加圧におけるスピン回転時の排出特性の観察, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [11] 飯田怜央, 笠原次郎, 山田和彦, 永田靖典, 加々美航成, 両面フレア型柔軟エアロシェルを有した大気圏突入カプセルの空力特性に関する実験的研究, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [12] 鈴木大登, 清水佑多, 松岡健, 伊東山登, 川崎央, 笠原次郎, 電気浸透流ポンプの圧力-流量特性評価と一液式スラストへの適用検討, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [13] 富岡定毅, 竹腰正雄, 高橋政浩, 田口秀之, 佐藤哲也, 中谷辰爾, 松尾亜紀子, 笠原次郎, 早川晃弘, 研究計画「幅広い作動域を有するエンジン設計技術の地上実証」について, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [14] 角田将淳, 鈴木颯太, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 乗松慧生, 早川晃弘, 小林完, 富岡定毅, スクラムジェットエンジン用の回転デトネーション点火器の実験研究, 第68回宇宙科学技術連合講演会, 日本航空宇宙学会, 姫路市文化コンベンションセンター, 2024年11月5日-8日
- [15] 清水佑多, 鈴木大登, 松岡健, 伊東山登, 川崎央, 笠原次郎, 電極特性が電気浸透流ポンプ作動に与える影響, 令和6年度宇宙輸送シンポジウムプログラム, JAXA 宇宙科学研究所, JAXA 宇宙科学研究所, 相模原キャンパス, 2025年1月23(木)-24(金)
- [16] 角田将淳, 乗松慧生, 鈴木颯太, 西浦聡志, 勝村紀子, 伊東山登, 松岡健, 笠原次郎, 工藤琢, 早川晃弘, 小林完, 富岡定毅, 回転デトネーション燃焼器のスクラムジェットエンジン用点火器への応用研究, 日本航空宇宙学会北部支部2025年講演会ならびに第6回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 東北大学, 片平キャンパス, 2025年3月10日(月)~11日(火)
- [17] 史兆涵, 小山雄太郎, 須藤直太郎, 松岡健, 伊東山登, 井出雄一郎, 川崎央, 渡部広吾輝, 笠原次郎, 予混合回転デトネーション燃焼器作動に関する基礎研究, 2024年度衝撃波シンポジウム, 日本衝撃波研究会, 東北大学片平キャンパス, 2024年3月12日-14日
- [18] 稲森修平, 中間章仁, 井出雄一郎, 伊東山登, 松岡健, 安井正明, 笠原次郎, 松尾亜紀子, 船木一幸, 水冷式単円筒回転デトネーションエンジンにおける熱伝達の実験研究, 2024年度衝撃波シンポジウム, 日本衝撃波研究会, 東北大学片平キャンパス, 2024年3月12日-14日
- [19] 中間章仁, 稲森修平, 井出雄一郎, 伊東山登, 松岡健, 安井正明, 笠原次郎, 松尾亜紀子, 単円筒ツイン回転デトネーションエンジンにおけるスリットを用いた同期点火, 2024年度衝撃波シンポジウム, 日本衝撃波研究会, 東北大学片平キャンパス, 2024年3月12日-14日
- [20] 山本大凱, 松岡健, 澤田悟, 伊東山登, 井出雄一郎, 笠原次郎, スワールインジェクタが回転デトネーションエンジンの作動および推進性能に及ぼす影響, 2024年度衝撃波シンポジウム, 日本衝撃波研究会, 東北大学片平キャンパス, 2024年3月12日-14日

8.4.2 ネットワークシステム部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●エネルギーシステムグループ

教授 加藤 丈佳	助教 占部 千由
----------	----------

研究テーマ

持続可能社会に向けた電気エネルギーシステム・電力機器の高度化技術に関する研究

研究の背景・目的

太陽光発電（PV）をはじめとする再生可能エネルギー発電が大量導入された将来の電力システムを安定かつ効率的に運用するための基礎技術として、再エネ発電の出力把握・予測技術の高精度化・高信頼化、電力システムの計画・運用技術の高度化に関する研究を行うとともに、これに貢献する電力需要の能動化、分散電源の制御技術を開発する。その成果を踏まえ、各分野と連携して、システム開発とハード開発の両面から、持続的社会に資する電力・エネルギーシステムの実現に必要なデバイス、機器の開発目標の設定を目指す。

成果の概要

1. 系統蓄電池による新しい周波数制御方式に関する基礎研究

導入拡大する再生可能エネルギー電源の出力変動に対応するため、出力応答速度の速い系統用蓄電池（BESS）の負荷周波数制御（LFC）やガバナフリー制御（GF）利用が検討されている。本研究では、PV出力変動に起因して稀に発生する大きな周波数変動の抑制に焦点をあて、大きな残余負荷の変動周期に応じた一次遅れを適用することで、昨年度の提案したBESSのGF出力情報をLFCにフィードバックして火力機のLFC指令値を計算する手法の改良を試みた。その効果について、AGC30を用いた計算機シミュレーションによって検証した結果、新たに提案した手法の方が、周波数偏差の最大値を抑制することができることを示した。ただし、変動特性の異なる他時間帯については、特にARが正負どちらかに偏るケースなどについては、周波数偏差は今年度の手法の方が大きい場合もあることから、様々なPV出力変動を考慮した解析により、提案手法における適切な一次遅れの時定数とゲインについて、今後、更に検討する。

2. インバータ連系再エネ電源による電力系統動特性の向上

PVや蓄電池はインバータを介して電力系統に接続するインバータ電源は従来の同期発電機のような慣性力を持たないため、これらが大量導入される将来の電力システムでは、擬似的な慣性力を持たせる制御を適用したグリッドフォーミング（GFM）インバータ電源の導入が期待されている。本研究では、疑似慣性力制御を有するインバータ電源の制御手法の実用性向上に向け、導入条件が異なる様々な地点に適したパラメータ設定を容易にするため、Kharitonov定理を適用したパラメータ設定方法を構築した。Kharitonov定理を用いる場合、対象システムに関する特性方程式を導出し、その係数の設定範囲の両端の値をとる場合に関する4つの特性多項式を検証することで、パラメータの安定性が保証されるが、特性多項式の導出は容易ではないため、大規模な電力システムへの提供は適さない。本研究では、逆にMGのような小規模システムには有用なことに着目し、対象とする小規模な電力システムについて4つの特性多項式を導出し、これらを解いて安定解が得られるPI制御パラメータの領域を導出した後、ベイズ最適化を用いてPI制御パラメータの最適解を導出する手法を構築した。また、急激な負荷変動に対する応答に関して、計算機シミュレーションおよびリアルタイムシミュレータを用いた制御コントローラの実機試験により、提案手法の有用性を実証した。

3. 災害時における住宅地単相マイクログリッドの制御手法の構築

自然災害等による広範囲・長期間の大規模停電が増加しつつあり、自立分散的に電力供給が可能なマイクログリッド（MG）への関心が高まっている。遠方の送配電線の倒壊等に起因する大規模停電では、個々の住宅等は利用できる場合が多いため、個別にPVやBESS等の電源を確保できれば、住民は避難所に移動することなく住宅等にとどまることができる。そこで本研究では、地域コミュニティとして大規模停電時の電力供給を継続するため、街区単位や柱上変圧器の2次側の需要家群単位で住宅地MGを構成することを提案し、その制御手法等について検討している。今年度は、戸建住宅においてサンプリング間隔1分にて実測された電力需要データを用いて、世帯数の増加による合計電力需要の平滑化効果を評価し、MGにおいてはPV出力が主な変動要因となることを示し、BESSのkW・kWh容量に応じた適切な出力抑制レベルを評価した。また、一般的なMGでは、各電源の制御にはエネルギー・マネジメントシステム（EMS）が用いられるが、住宅地MGにおいて必要となるようなPV出力抑制レベルの設定値等の指令であれば、BESSなどのマスター電源における出力周波数の変更を情報伝達手段として用いることも可能となることに着目し、2台のインバータ電源を用いた実機試験により、その動作を実証した。今後は、実機試験で用いるインバータ電源数を増やし、より実態に即した条件において、住宅地MGの安定運用に資する制御手法を構築する。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] 河合美咲, 占部千由, 加藤丈佳, 宇野史睦, WRFによるパラメータアンサンブル予測を用いた翌日の日射量予測大外し予見, 電気学会論文誌B, Vol.144, No.6, pp.384-392, 2024/6/1
- [2] 渡邊雅俊, 占部千由, 加藤丈佳, 中村俊之, 山本俊行, 星野優子, 小西充峻, 再エネ電力によるEV充電増加のための日積算日射量に応じた充電促進時間帯の導入効果, 電気学会論文誌B, Vol.144 No.6, pp.364-375, 2024/6/1
- [3] Sharara Rehim, Hassan Bevrani, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Grid Forming Convertor Control System Synthesis: A Static Output Feedback Approach, IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING, Vol.19, Issue7, pp.1156-1167, 2024/6/3
- [4] 渡邊雅俊, 占部千由, 加藤丈佳, PV余剰電力によるEV充電増加のための日積算日射量に応じた充電促進時間帯の導入効果, エネルギー・資源, Vol.45 No.6, pp.195-206, 2024/11/10
- [5] Sharara Rehim, Hassan Bevrani, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Robust Optimal Power Grid Frequency Regulation Support using Grid Forming Converters, 電気学会論文誌B, Vol.145, No.2, pp.123-135, 2025/2/1

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Takahiro Ise, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Basic Study on Method of Load Frequency Control in Consideration of BESS Utilization for Governor-Free Control, The International Council on Electrical Engineering (ICEE) 2024, O-094, 2024/7/2, 北九州国際会議場, 電気学会
- [2] Hiryu Sudo, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Cooperative Control Method among PV power plants and Water Electrolysis Hydrogen Production to effectively utilize PV surplus power, The International Council on Electrical Engineering (ICEE) 2024, O-061, 2024/7/3, 北九州国際会議場, 電気学会
- [3] Sharara Rehim, Hassan Bevrani, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Robust Decentralized Frequency Regulation in a Microgrid, The International Council on Electrical Engineering (ICEE) 2024, O-071, 2024/7/2, 北九州国際会議場, 電気学会
- [4] Sharara Rehim, Hassan Bevrani, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Grid-Forming Converters Simulation and Control Using a High-Level Language: Exploring Julia's Potentials, 3rd International Conference on Computing, IoT and Data Analytics (ICCIDA), 40, 2024/7/26, 瀋陽理工大学, 瀋陽理工大学
- [5] Bing Zhao, Yong Li, Yicheng Zhou, Takeyoshi Kato, Jie Zhang, Yuhang Zhang, A Seamless Switching Control Method of DAB Converters for Photovoltaic Microgrids, 2024 11th International Conference on Power and Energy Systems Engineering (CPESE), SE24-5002, 2024/9/8, 奈良春日野国際フォーラム, IEEE

- [6] Ayaka Nakamura, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Mikimasa Iwata, Coordinated Control method of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants, International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Mo2c-O12-05, 2024/11/11, プラザベルデ沼津コンベンション, PVSEC
- [7] Miyu Nakamura, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Analysis of Hit Rate Changing Trend of Positive/Negative error sign of A Day-ahead Forecast of Aggregated PV Power Output, International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Mo1f-O12-05, 2024/11/11, プラザベルデ沼津コンベンション, PVSEC
- [8] Takeyoshi Kato, Chiyori T. Urabe, Land Use of Installation Site for Photovoltaic Power Generation Systems in Fukushima, International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Th2-P-11-16, 2024/11/14, プラザベルデ沼津コンベンション, PVSEC
- [9] Chiyori T. Urabe, Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Takeyoshi Kato, Battery energy storage system operation of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants, International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Th2f-O12-04, 2024/11/14, プラザベルデ沼津コンベンション, PVSEC
- [10] Hiryu Sudo, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Study on requirements for hydrogen production facilities and related control methods to achieve carbon neutrality, International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), Th1-P-12-25, 2024/11/14, プラザベルデ沼津コンベンション, PVSEC

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 松岡樹, 占部千由, 加藤丈佳, 2台のインバータ電源による单相マイクログリッドの実験的検討, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 電子情報通信学会東海支部他, 岐阜大学, A4-3, 2024/8/29
- [2] 加藤丈佳, 佐藤由佳, 部田圭祐, 占部千由, ODデータに基づく市区町村に必要な充電設備の評価（その1）, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 電子情報通信学会東海支部他, 岐阜大学, A4-5, 2024/8/29
- [3] 加藤丈佳, 佐藤由佳, 部田圭祐, 占部千由, ODデータに基づく市区町村に必要な充電設備の評価（その2）, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 電子情報通信学会東海支部他, 岐阜大学, A4-6, 2024/8/29
- [4] 伊勢貴洋, 占部千由, 加藤丈佳, 山口遼, 柴田真吾, 蓄電池のガバナフリー出力を考慮した負荷周波数制御に関する基礎検討, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 大阪公立大学, 18, 2024/9/4
- [5] 須藤飛竜, 占部千由, 加藤丈佳, 複数PV-水素製造協調制御手法の制御間隔に関する検討, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 大阪公立大学, 223, 2024/9/5
- [6] REHIMI Sharara, Bevrani Hassan, Urabe Chiyori T., Takeyoshi Kato, Robust Optimal Power Grid Frequency Regulation Support Using Grid Forming Converters, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会電力・エネルギー部門, 大阪公立大学, P44 ,6, 2024/9/4,6
- [7] 中村美友, 占部千由, 加藤丈佳, 小規模事業所におけるV2BのためのEV利用スケジューリング手法の開発, 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, 電気学会, 東北大学, PE-24-091, PSE-24-091, 2024/9/19
- [8] 加藤丈佳, 占部千由, 宇野史睦, パラメータアンサンブル予測を用いた翌日の日射量予測大外し予見～WRF Ver.3とVer.4との比較～, 日本太陽エネルギー学会2024年度研究発表会, 日本太陽エネルギー学会, 札幌市立大学芸術の森キャンパス, 2, 2024/11/2
- [9] 佐藤由佳, 占部千由, 加藤丈佳, EVユーザの多様な充電判断と充電インフラの地理的配置を考慮した充電需要パターンモデルの構築, エネルギー・資源学会 第41回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, エネルギー・資源学会, 東京大学, 24-4, 2025/1/29
- [10] 蟹江良美, 伊勢貴洋, 占部千由, 加藤丈佳, 山口遼, 多田玲, 山田富士宏, MOベースのLFCにおける蓄電池の必要kWh容量削減のためのオーダー順設定方法, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治

大学, 6-081, 2025/3/20

- [11] 松岡樹, 占部千由, 加藤丈佳, 中川雅也, 藤田悠, 小林浩, 災害時住宅地単相マイクログリッドのPV出力上限値の設定変更に関する実験的検討, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-123, 2025/3/18
- [12] 須藤飛竜, 占部千由, 加藤丈佳, スポット市場からの電力調達および併設された太陽光発電による水素製造の一検討, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-159, 2025/3/20
- [13] 加藤丈佳, 松岡樹, 占部千由, 中川雅也, 藤田悠, 小林浩, 住宅地マイクログリッドにおける太陽光発電の出力抑制に関する一検討, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-177, 2025/3/18

●交通システムグループ

教授	山本 俊行	助教	朱 圓方	非常勤研究員	叶 兰杭
非常勤研究員	郇 寧	外国人客員教員	Kay Axhausen		

研究テーマ

持続可能な開発に向けた交通システムのデザイン

研究の背景・目的

20世紀後半のわが国は、自動車の普及とそれに伴う都市の郊外化によって、快適な移動と生活環境を実現しようとしてきた。しかしながら、過度な自動車依存は交通渋滞を引き起こし、近年では、環境負荷、エネルギー消費などの観点からも自動車依存からの脱却が求められている。そのため、環境負荷が低くエネルギー効率の優れた公共交通機関への転換を促進する様々な施策が実施されている。しかしながら、施策に対する人々の受容性は低く、交通行動を大きく変えるには至っていないため、十分な効果が得られていない。

このような状況の下で、本研究では、持続可能な都市交通システムの実現を目指し、環境負荷とエネルギー消費に対する制約を明示的に考慮した都市交通システムのあるべき将来像の提案、および、人々の交通行動に関するよりよい理解とそれに基づく個々の交通施策の提案とその定量的評価を行っている。

成果の概要

1. 再生可能エネルギーを活用した水素ステーションの持続的で経済的な開発のための学際的アプローチによるリスク評価

本研究は、不確実性を考慮した様々な観点からのリスク評価と市民の受容性分析から、社会的、経済的、環境的にも持続可能な再生可能エネルギーを活用した水素ステーションの設置や運営方法の提案を目指すものである。本年度は、水素に対するリスク認知が水素ステーションの社会的受容に及ぼす影響を把握した。また、水素ステーションでの事故の認識の有無が水素ステーションに関する情報提供に対する態度に及ぼす影響を把握し、今後の情報提供のあり方に関する知見を得た。さらに、水素ステーションの周辺住民に対するアンケート調査を実施し、時間経過による態度の変化に関する分析を行った。

2. 超小型モビリティの普及に関する研究

本研究は、超小型モビリティの普及により自動車依存からの脱却、省エネルギーの促進を目指すものである。本年度は、日本、中国、米国、欧州での自動車共同利用システムに関する事例分析を行い、超小型モビリティの共同利用に関する研究の蓄積が求められていることを明らかにした。また、電動バイクと電動スクーターを対象として、それらに対する主観的評価の個人間異質性を考慮した受容性に関するモデル分析を行い、普及促進に向けた基礎的な知見を得た。さらに、観光地における電動モビリティ共同利用の可能性についてモデル分析を行い、今後の施策検討に資する知見を得た。

3. 高齢者の運転安全に関する研究

本研究は、長期間に及ぶ高齢者の自動車運転挙動の観測データに基づき高齢者の交通安全の促進を目指すものである。本年度は、高齢者の性格や身体機能、交通行動パターン等と危険運転の関係について分析し、それらの影響について明らかにするとともに、危険運転の頻度が経年的にどのように変化しているかを把握した。また、慎重な運転スタイルが交通事故リスクをどの程度減少させるかについて定量的に把握し、今後の高齢者運転講習等に資する知見を得た。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Gao, J., Yamamoto, T., Sato, H., Helbich, M.: Residential dissonance and changes in travel satisfaction: Evidence from Japanese dual-earner couples, *Transportation Research Part D*, Vol. 134, 104350, Sep. 2024.
- [2] Huan, N., Hess, S., Yamamoto, T. and Yao, E.: Modelling intermodal traveller behaviour in mega-city regions: simultaneous versus sequential estimation frameworks. *Transportation.*, 13 May 2024.
- [3] Huan, N., Yamamoto, T., Sato, H., Sala, R., Goncalves, L.: Perceptions to connections: A multidimensional investigation of hydrogen acceptance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 200, 114612, Aug. 2024.
- [4] Huan, N., Yamamoto, T., Sato, H., Sala, R., Tzioutzios, D., Goncalves, L., Paltrinieri, N.: Cross-National Examination of Facilitators and Hindrances to Public Acceptance of Hydrogen Refuelling Facilities. *Sustainable Cities and Society*, Vol. 113, 105653, Oct. 2024.
- [5] Huan, N., Yamamoto, T., Sato, H., Tzioutzios, D., Yin, H., Sala, R.: Does accident awareness affect people's risk perception of hydrogen infrastructure and information-seeking behaviour? *Applied Energy*. Vol. 364, Jun. 2024.
- [6] Li, W., Yamamoto, T., Guan, H., Han, Y.: Assessing consumer preferences for hydrogen fuel cell vehicles in China: A conjoint analysis approach across multiple cities in China. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 80, pp. 1210-1222, Aug. 2024.
- [7] Su, Q., Luo, X., Wang, H., Huo, Z., Yamamoto, T.: Dispatching prebooking-based shared autonomous vehicles with hybrid ownership: An approach of vehicle trip planning with uncertain travel times. *Transportmetrica A: Transport Science* (Accepted)
- [8] Wang, Y., Jiang, M., Murong, J., Morikawa, T., Sato, H., Yamamoto, T., Ogai, Y., Nakashita, M., Ueki, M.: Investigation on acceptability of e-motorcycle and e-scooter sharing considering subjective evaluations. *土木学会論文集・特集号（土木計画学）* (Accepted)
- [9] Wang, Y., Jiang, M., Yamamoto, T., Yang, J., Yamazaki, M.: Potentials and Obstacles of Promoting Electric Vehicle Sharing Services for Tourists in Japan's Non-urban Destinations, *Asian Transport Studies*, Vol. 10, 2024, 100141.
- [10] Wang, Y., Zhu, Y., Wei, C., Jiang, M. and Yamamoto, T.: Carsharing worldwide: case studies on carsharing development in China, Europe, Japan, and the United States. *Sustainability*, Vol. 16(10), 2024, 3994.
- [11] Wen, J. and Yamamoto, T., Lyu, N.: A two-stage behavioral model considering vehicle motion fluctuations for decision-making during lane changes in diverging areas, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. Vol. 22, pp. 561-578, Aug. 2024.
- [12] Yang, J., Miwa, T., Morikawa, T., Yamamoto, T., Ando, R.: Examining Passenger Car Ownership of Different Sizes Incorporating Unknown Annual Income and Household Structure: Case Study of Nagoya Metropolitan Area, Japan. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Vol. 15, pp. 16-32, Jun. 2024.
- [13] Zhang, H., Luo, Y., Ding, N., Yamamoto, T., Fan, C., Yang, C., Xu, W., Wu, C.: Evaluation of eco-driving performance of electric vehicles using driving behavior-enabled graph spectrums: A naturalistic driving study in China. *Green Energy and Intelligent Transportation*. Vol. 4(1), Feb. 2025, 100246.
- [14] Zhu, Y., Jiang, M. and Yamamoto, T.: Personality, functional performance, and travel patterns related to older

- drivers' risky driving behavior: A naturalistic driving study. Accident Analysis and Prevention. Vol. 209, 107833, Jan. 2025.
- [15] Zhu, Y., Jiang, M. and Yamamoto, T.: Changes in older drivers' risky driving behavior over time: Insights from a naturalistic study. Transportation Research Part F, Vol. 104, 318-333, July 2024.
- [16] Zhu, Y., Jiang, M. and Yamamoto, T.: Does a cautious driving style reduce the crash risk of older drivers? An analysis using a novel driving style recognition method. Transportation Research Part F, Vol. 104, 72-87, July 2024.
- [17] 渡邊雅俊, 占部千由, 加藤丈佳, 中村俊之, 山本俊行, 星野優子, 小西充峻: 再エネ電力によるEV充電増加のための日積算日射量に応じた充電促進時間帯の導入効果, 電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 144, No. 6, pp. 364-375, Apr. 2024.

II. 著書

- [1] 2025/3/1, Customized Bus: User Travel Behavior and Demand Evolution, Wang, J., Liu, K., Liu, T., Yamamoto, T., 共著, Springer Nature

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Yamamoto, T., Hydrogen Chicken and Egg: Hydrogen Fuel Cell Vehicle Ownership and Acceptance of Hydrogen Fueling Stations, 6th Bridging Transportation Researchers Conference (BTR#6), 7-8 Aug. 2024, Online
- [2] Yamamoto, T., Envisioning door-to-door transport service at residential area, Global Mobility Conference, 12-13 Dec 2024, Seoul, The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, South Korea

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] Ban, T., Yamamoto, T., Homogeneity-based Zoning Method using Aggregated Mobile Phone GPS Data, 17th International Conference on Travel Behaviour Research, 14-18, July 2024, Wien, International Association for Travel Behaviour Research
- [2] Doddamani, C., Yamamoto, T., Comparative Analysis of Factors Influencing Types of Household Car, Motorcycle, and Bicycle Ownership in Japan, 104th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Jan. 5-10, 2025, Washington D.C., Transportation Research Board, ポスター発表
- [3] Gao, J., Yamamoto, T., Sato, H., Helbich, M., The quasi-longitudinal relationship between residential dissonance and changes in travel satisfaction: Evidence from dual-earner couples in Japan, 17th International Conference on Travel Behaviour Research, 14-18, July 2024, Wien, International Association for Travel Behaviour Research
- [4] Li, W., Yamamoto, T., Guan, H., Zhang, Q., From Heuristic to Analytical: Understanding Public Adoption of Hydrogen Fuel Cell Vehicles Through Dual-System Theory, 104th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Jan. 5-10, 2025, Washington D.C., Transportation Research Board, ポスター発表
- [5] Sala, R., Gonçalves, L., Yamamoto, T., Sato, H., Huan, N., Yin, H., Tzioutzios, D., Paltrinieri, N., Public risk perception of hydrogen technologies in three countries, The 34th European Safety and Reliability Conference, Jun. 23-27, 2024, Cracow, Poland, Polish Safety and Reliability Association
- [6] Wang, Y., Yamamoto, T., Jiang, M., Understanding User's Preferences on Micro-Electric Vehicle Sharing Services in Sightseeing Destinations in Japan, 17th International Conference on Travel Behaviour Research, 14-18, July 2024, Wien, International Association for Travel Behaviour Research
- [7] Wang, Y., Jiang, M., Yamamoto, T., Morikawa, T., Sato, H., Ogai, Y., Nakashita, M., Ueki, M., Acceptability of Personal Electric Mobility Sharing Related to Subjective Factors, 104th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Jan. 5-10, 2025, Washington D.C., Transportation Research Board, ポスター発表
- [8] Wei, C., Yamamoto, T., A game theory-based approach considering car-following behavior for modelling merging behavior at expressway on-ramp sections, 104th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Jan. 5-10, 2025, Washington D.C., Transportation Research Board, ポスター発表
- [9] Zhang, S., Gao, J., Yamamoto, T., Sato, H., Heinen, E., The Influence of Life Events on the Attitude-Behavior

Relationship Among Household Couples: A Longitudinal Study, 17th International Conference on Travel Behaviour Research, 14-18, July 2024, Wien, International Association for Travel Behaviour Research

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Wang, Y., Jiang, M., Murong, J., Morikawa, T., Sato, H., Yamamoto, T., Ogai, Y., Nakashita, M., Ueki, M., Investigation on Acceptability of E-Motorcycle and E-Scooter Sharing Considering Subjective Evaluations, 第69回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 札幌, May 25-26, 2024
- [2] Wei, C., Yamamoto, T., An analysis of merging behavior at Hanshin Expressway using Zen Traffic Data, 交通科学研究会令和6年度研究発表会, 交通科学研究会, 大阪, Dec. 2, 2024
- [3] Zhu, Y., Jiang, M., Yamamoto, T., Trajectories of older drivers' risky driving behaviors over time: a clustering approach, 交通科学研究会令和6年度研究発表会, 交通科学研究会, 大阪, Dec. 2, 2024
- [4] 小粥勇作, 中下岬, 植木美和, 姜美蘭, 森川高行, 佐藤仁美, 山本俊行, 主観的反応に基づく電動バイクシェアリング施策事前検証の可能性, 第69回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 札幌, May 25-26, 2024
- [5] 小林栄介, 伴和徳, 三輪富生, 山本俊行, エッジデバイスを用いたCCTVカメラによる常時交通量計測の検出特性の検証, 第70回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 岡山, Nov. 15-17, 2024
- [6] 佐々木悠聖, 佐藤仁美, 山下英紀, 山本俊行, 愛知県ガイドウェイバス沿線住民を対象とした公共交通利用促進施策の利用意向に関する分析, 第69回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 札幌, May 25-26, 2024, ポスター発表
- [7] 三谷和也, 山本俊行, カーシェアステーションへのアクセスを考慮した我が国のカーシェアリング加入行動の分析, 第69回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 札幌, May 25-26, 2024
- [8] 伴和徳, 小林栄介, 樹下晶弘, 三輪富生, 山本俊行, カメラ観測データを用いた道の駅来場数調査とデジタルツイン環境構築, 第69回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 札幌, May 25-26, 2024
- [9] 山本俊行, 我が国の電気自動車の保有と利用, 令和六年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気・電子・情報関係学会東海支部, 岐阜, Aug. 28-29, 2024
- [10] 吉岡洸一, 伴和徳, 三輪富生, 山本俊行, ETC2.0データを用いた道の駅来場者の交通手段調査とデータ連携の検討, 第70回土木計画学研究発表会, 土木学会土木計画学研究委員会, 岡山, Nov. 15-17, 2024

●暗号・情報セキュリティグループ

教授 岩田 哲

研究テーマ

持続可能な社会実現のための暗号・情報セキュリティ

研究の背景・目的

環境調和型で持続発展可能な社会を実現するための情報・通信システムにおいては、情報セキュリティの観点からこれらの安全性を確保することが、種々のリスク低減のために必須である。本テーマではこれらに関する研究を暗号・情報セキュリティの観点から推し進める。これにより、将来にわたり、だれもが情報通信技術の恩恵を享受できる安心・安全な社会の実現に貢献することを目的とする。

鍵長を削減したwideブロック暗号の構成に関する成果と、Beyond 5G/6G向け暗号技術の安全性解析を報告する。

成果の概要

1. 鍵長を削減したwideブロック暗号の構成

秘密鍵は情報・通信システムにおいて安全性を担保するための最も重要なパラメータである。これの共有、保存、更新には計算資源的なコストがかかり、安全性を損なわずにどこまで鍵長を削減できるか、という問題を解明することは、計算資源の乏しい軽量暗号方式の利用において重要である。

本研究では単一の秘密鍵を用いたtweakableブロック暗号と呼ばれる要素技術を用いたwideブロック暗号の構成であるFeistel暗号に焦点を当て、繰り返し回数と安全性との関係を解析した。その結果、3回の繰り返して識別不可能性の意味で証明可能安全であるものの、それ以上繰り返し回数を増やしても安全性が向上しないことを明らかにした。また、より入出力長の長い構成法への応用や、強識別不可能性と呼ばれる安全性を解析した。

2. Beyond 5G/6G 向け暗号技術の安全性解析

認証暗号方式RoccaはBeyond 5G/6G向け超高速暗号アルゴリズムとして設計された方式であり、いくつかの解析方法に関する安全性が明らかにされているものの、鍵回復攻撃、汎用的偽造攻撃、committing攻撃に関する安全性は十分に明らかにされていない。Roccaには初期処理と最終処理の定義により複数のバージョンが存在し、とくに最終処理における鍵の扱いがどのように全体の安全性に影響を与えるか、という観点から安全性解析を進めた。

その結果、最終処理において秘密鍵の任意の線形関数を使用したとしても、全数探索よりも効率的な鍵回復攻撃が存在すること、最終処理が仮に理想的に安全な鍵付き関数であったとしても、汎用的偽造攻撃が存在すること、最終処理の定義に関わらず、CMT-3と呼ばれる安全性定義に沿ったcommitting攻撃が存在することを示した。とくに、現状の最新版であるRocca-v4に関して、FROB (Full ROBustness) と呼ばれる最も強い安全性定義に沿ったcommitting攻撃が現実時間で可能であることを計算機実験により実証した。

発表論文等

I. 論文 (査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] Ryunosuke Takeuchi, Yosuke Todo, and Tetsu Iwata. Key Recovery, Universal Forgery, and Committing Attacks against Revised Rocca: How Finalization Affects Security. IACR Trans. Symmetric Cryptol. 2024(2), pp. 85--117, 202406
- [2] Kento Tsuji and Tetsu Iwata. Feistel Ciphers Based on a Single Primitive. IEICE Trans. Fundam. Electron. Commun. Comput. Sci. Vol. E107.A(8), pp. 1229--1240, 202408

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Tetsu Iwata, Two Decades of CMAC, 31st Fast Software Encryption Conference, FSE 2025, inv_1, 2025/3/18, Rome, Italy, IACR

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 竹内 龍之介, 藤堂 洋介, 岩田 哲, Rocca-Sに対する現実的なコミッティング攻撃, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会東海支部, 電子情報通信学会東海支部, 情報処理学会東海支部, 照明学会東海支部, 映像情報メディア学会東海支部, 日本音響学会東海支部, IEEE名古屋支部, 岐阜大学, D2-3, 2024/8/28
- [2] 平松 友紀, 岩田 哲, LightMACおよびLightMAC_Plusに基づく鍵導出関数の鍵制御安全性解析, コンピュータセキュリティシンポジウム2024, CSS 2024, 情報処理学会 コンピュータセキュリティ研究会 (CSEC), 神戸国際会議場, 3G5-2, 2024/10/24
- [3] 小山 朝陽, 藤堂 洋介, 岩田 哲, Midori64のPairwise Independence解析, 2025年暗号と情報セキュリティ

- シンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 1B1-4, 2025/1/28
- [4] 竹内 龍之介, 岩田 哲, LeMac に対する Committing 攻撃, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 1B2-2, 2025/1/28
- [5] 白田 裕也, 岩田 哲, Docked Double Decker に対する量子識別, 偽造, 平文回復攻撃, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 2B4-3, 2025/1/29
- [6] 永井 日菜, 岩田 哲, U_tC^* 変換で構成された認証暗号方式の Nonce-Misuse 耐性解析, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 3B1-1, 2025/1/30
- [7] 井上 明子, 岩田 哲, 峯松 一彦, 標準認証暗号の誤用安全性解析, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 3B1-2, 2025/1/30
- [8] 平松 友紀, 岩田 哲, LightMAC-DM 及び LightMAC_Plus-DM の鍵制御安全性, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 3B1-4, 2025/1/30
- [9] 中野 佑斗, 平松 友紀, 岩田 哲, Polyhash, ECBC-Hash, t_9 -Hash を用いた DbHtS に基づく鍵導出関数の鍵制御安全性, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 3B1-5, 2025/1/30
- [10] 鳥羽 凌史, 岩田 哲, DNDK-GCM の Key-Committing 安全性解析, 2025 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS 2025, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), リーガロイヤルホテル小倉, 3B2-5, 2025/1/30
- [11] 金子 尚広, 岩田 哲, Docked Double Decker に対する識別攻撃, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究会, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC 研), 大阪大学, ISEC2024-87, 2025/3/5

8.4.3 循環システム部

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

●環境エコロジー・システム評価グループ

教授 林 希一郎	客員教授 岡澤 宏
----------	-----------

研究テーマ

- 1) 再生可能エネルギーに関わるシステム分析、空間分析
- 2) UAV等を用いた森林バイオマス、生態系サービスの空間評価に関する研究
- 3) 資源占有の時間フットプリント評価手法(RTF)の開発
- 4) AIを用いたエネルギー・環境統合型空間評価に関する研究

研究の背景・目的

- 1) 再生可能エネルギーの導入ポテンシャル推計等に関するシステム分析や空間分析を進めている。本年度は、太陽光パネルの将来普及状況に関する分析を行うことを目的に研究を行った。研究は、愛知県及びブータンにて事例研究を実施した。
- 2) 航空機レーザー測量データ、現地フィールド調査、UAV(ドローン)及びハンディ Lidar等を活用し、炭

素ストック等の推計手法の開発を進めている。本年度は、衛星リモートセンシングデータ及びハンディ LiDAR データを用いた森林情報の取得可能性について検討を行った。

- 3) LCA(ライフサイクルアセスメント)等の手法をベースとしつつ環境容量を踏まえた資源占有の時間フットプリント(RTF)評価手法の開発を進めている。本年度は、小水力発電、風力発電、太陽光発電などの複数の再エネ候補の比較評価に RTF を適用する方法についての研究成果の論文化を進めた。また、RTF の高度化について、資源消費、土地消費に関する評価手法のアップデートを行った。
- 4) AI(人工知能)を活用したエネルギー・環境評価プラットフォームを開発している BC3 (バスク気候変動センター、スペイン) と協力し、日本におけるエネルギー・環境評価の統合型プラットフォーム (k.LAB) 上のデータ整備及び分析を進めている。本年度は、改正温対法に対応した太陽光発電モデルの研究等を進めることを目的とした。

成果の概要

- 1) 昨年度までに、航空機レーザー測量データ、衛星データ等を活用し、屋根等の傾斜、方位、日射量等を考慮した太陽光発電パネル導入ポテンシャル推計手法を開発した。本年度は、太陽光発電パネルの将来普及予測モデルの開発を行った。ランダムフォレストモデル及び MaxEnt モデルによる将来的な直置き太陽光発電パネルのポテンシャルの推計を行い、その成果について論文を発表した。
- 2) 大阪大学、中部大学等と協力し、愛知県内等の森林を対象として、航空機レーザー測量データ、UAV データ、衛星データ、ハンディ LiDAR 等を用いて、森林バイオマスの推計手法の開発を進めている。本年度は、ハンディ LiDAR を用いたデータ取得の機器のセットアップ及びテスト的な情報収集を進めた。また、Google Earth Engine を活用し、過去からの森林の年齢に着目した分析を行った。名古屋市内の森林を対象に、森林年齢と各種植生指数等との関係を分析し、論文投稿の準備を進めている。
- 3) 国立環境研究所と共同で RTF の事例分析を行っている。本年度は、中国福建省にて、小水力発電、風力発電及び太陽光発電などの再エネ比較評価手法の研究成果の論文化を進めた。また、RTF の農業分野に適用するための事例研究を実施するとともに、RTF の資源消費項目に水消費を取り込むほか、土地消費の評価に生物多様性・生態系サービス評価を組み込む手法開発を行い、論文発表及び投稿を行っている。
- 4) スペインの BC3 との部局間学術協定をもとに、国際共同研究を進めた。エネルギー・環境空間評価統合プラットフォームである k.LAB を活用し、改正温対法の要求事項に準拠した再エネ促進区域選定モデル (風力版) を開発してきた。本年度は、当該モデルを太陽光発電に拡張し、モデル開発を進めている。また、国内の衛星データ等の取り込みに必要な基礎情報の収集整理を行った。

発表論文等

I. 論文 (査読のある学術誌等)

a. 査読付き論文

- [1] Sangay Gyeltshen, Kiichiro Hayashi, Linwei Tao, Phub Dem (2025) Statistical evaluation of a diversified surface solar irradiation data repository and forecasting using a recurrent neural network-hybrid model: A case study in Bhutan. Renewable Energy, Volume 245, 1 June 2025, 122706.
- [2] Kenneth J. Bagstad, Stefano Balbi, Greta Adamo, Ioannis N. Athanasiadis, Flavio Affinito, Simon Willcock, Ainhua Magrach, Kiichiro Hayashi, Zuzana V. Harmáčková, Aidin Niamir, Bruno Smets, Marcel Buchhorn, Evangelina G. Drakou, Alessandra Alfieri, Bram Edens, Luis Gonzalez Morales, Agnez Vári, María-José Sanz, Ferdinando Villa (2025) Interoperability for ecosystem service assessments: Why, how, who, and for whom? Ecosystem Services, Volume 72, April 2025, 101705.
- [3] Linwei Tao, Kiichiro Hayashi, Sangay Gyeltshen, Yuya Shimoyama (2025) Spatial assessment of utility-scale solar photovoltaic siting potential using machine learning approaches: A case study in Aichi Prefecture, Japan. Applied Energy, Volume 383, 1 April 2025, 125329.
- [4] Phub Dem, Kiichiro Hayashi, Minoru Fujii, Linwei Tao (2024) Resources time footprint indicator extension for evaluating human interventions in provisioning ecosystem services supply. Science of The Total

Environment, Volume 946, 10 October 2024, 173852.

- [5] Linwei Tao, Kiichiro Hayashi, Hiroto Shiraki, Xiaoxun Huang, Phub Dem (2024) Exploration of determinants underlying regional disparity in rooftop photovoltaic adoption: A case study in Nagoya, Japan. Applied Energy, Volume 367, 1 August 2024, 123469.

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] K. Hayashi, K. Hayakawa, K. Takejima, T. Machimura, S. Sugita, Estimation model of Forest Carbon Stock by using Forest Canopy Volume, IAIA24, 2024/4/27, ダブリン、アイルランド, IAIA
- [2] Kiichiro Hayashi Yohei Harashima, A study for characteristics of advices by the Advisory Committee for JICA's Guidelines, IAIA REGIONAL SYMPOSIUM, INFRASTRUCTURE & THE ENVIRONMENT, 2024/11/6, Antigua, Guatemala, IAIA
- [3] Linwei Tao, Kiichiro Hayashi, Data-driven modeling of utility-scale solar photovoltaic siting potential distribution: A case study in Aichi, Japan, The second annual International Society for Energy Transition Studies (ISETS) conference, p34, 2024/11/2, Nanjing, China, International Society for Energy Transition Studies and Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
- [4] Phub DEM, Kiichiro HAYASHI, Minoru FUJII, Integrating Resource Occupation and Sustainability in Agriculture through the Resource Time Footprint Indicator, The 16th International Conference on Environmental and Rural Development, 2025/3/14, 東京, ISERD, ポスター発表
- [5] Rintaro HIGASHI, Sarvesh MASKEY, Perez Fuentes ANTONIO, Kiseki KURASHINA, Ayako SEKIYAMA, Hiromu OKAZAWA, and Kiichiro HAYASHI, Development of a LiDAR-based crop growth evaluation method, The 16th International Conference on Environmental and Rural Development, 2025/3/14, 東京, ISERD, ポスター発表

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 林希一郎, k.LAB 再エネポテンシャル適地評価ツールを活用したケーススタディ, 環境アセスメント学会, 環境アセスメント学会, 東京農業大学, P159, 2024/8/31
- [2] Zixin SUN, Kiichiro HAYASHI, Wei NIU, Kiyoshi TAKEJIMA, Urban Forest Dynamics and Age Distribution Analysis: A Case Study in Nagoya, Japan, 第27回（2024年度）日本環境共生学会学術大会, 日本環境共生学会, 立命館大学, P40-41, 2024/9/15

●エコ・エネルギー工学グループ

准教授 小島 義弘

研究テーマ

超音波を利用した物質変換に関する研究

研究の背景・目的

液体中へ強力超音波を照射した際に発現するキャビテーションを介して、1)微細気泡の発生、2)マイクロジェット、衝撃波の発生（超音波物理作用）、3)数 μm 領域の局所高温・高圧場の形成（超音波化学作用）、さらには液体表面から4)数 μm の微細液滴生成（超音波ミスト）が誘発される。本研究グループでは、以上のような特徴を有する超音波プロセスの高効率化およびそれらプロセスを応用した物質変換に関する研究に取り組んでいる。今年度は、金属微粒子合成に関する研究成果について以下に報告する。

成果の概要

アルコールのような有機化合物を添加した貴金属水溶液に超音波照射すると、キャビテーションに由来した還元作用（超音波還元作用）により、常温、常圧下で貴金属ナノ粒子の合成が可能である。本研究では、超音波還元法による金/酸化タングステン（Au/WO₃）のコンポジット化を検討するとともに、これら Au/WO₃ 複合粒子の光触媒活性評価を水溶液中のメチレンブルーの分解反応速度を比較することにより行った。その結果、超音波還元法により合成した Au/WO₃ 複合粒子の表面観察により、Au ナノ粒子が WO₃ 粒子表面に析出し、担持されていることを確認した。また、Au/WO₃ 複合粒子は、Au を担持していない WO₃ 粒子に比べて光触媒活性が向上することがわかった。しかしながら、先行研究にて検討した超音波還元法により合成したパラジウム/酸化タングステン（Pd/WO₃）複合粒子と比較すると高い触媒活性が得られなかったことから、Au/WO₃ 複合粒子の調製条件に関して今後、最適化を図る予定である。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Kei Sato, Hironaga Yamashita, Yoshihiro Kojima, Synthesis of Pd/WO₃ and Pt/WO₃ composite particles by sonochemical reactions and evaluation of their photocatalytic performance and evaluation of their photocatalytic performance, Jpn. J. Appl. Phys. 63 04SP76 (2024)

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 水野 裕貴, 山本 悠太, 小島 義弘, 山口 毅, 安田 啓司, ウルトラファインバブルによる Au@Pt コアシェルナノ粒子の粒子径制御と触媒活性の評価, 化学工学 第 5 5 回秋季大会, 公益社団法人化学工学会, 札幌, N203, 2024/9/12
- [2] 水野 裕貴, 張麒冉, 金継業, 山本 悠太, 小島 義弘, 山口 毅, 安田 啓司, ウルトラファインバブルを用いた Au@Pt コアシェルナノ粒子の触媒活性の制御, 2024 年度 第 33 回 ソノケミストリー討論会, 日本ソノケミストリー学会, 長野, A03, 2024/10/18

●エネルギー資源循環科学グループ

教授 吉田 朋子	助教 山本 宗昭
----------	----------

研究テーマ

金ナノ粒子触媒による電気化学的二酸化炭素還元反応

研究の背景・目的

持続可能な社会の実現には、究極の再生可能エネルギーである太陽光の有効利用や、環境負荷の少ない物質循環を実現する技術が必要である。近年、再生可能エネルギー由来の電力供給が進むにつれて、電気エネルギーによる二酸化炭素の資源化も重要な技術となる。本研究では、ガス拡散電極を用いた二酸化炭素の資源化システムを構築し、従来問題となっていた二酸化炭素の拡散制限による反応効率低下の問題を解消させるとともに、より高機能な金属ナノ粒子電極触媒の開発することを目的とする。

成果の概要

ガス拡散電極を用いた気相中の電気化学的 CO₂ 還元反応システムを構築した。また、水による電気化学的 CO₂ 還元反応に高い CO 生成活性を示すカソード触媒の探索と設計に関する研究テーマに着手した。活性炭に担持した金触媒（Au/C 触媒）の調製において、キャッピング剤として lysine を添加し、その後加熱処理に

より除去することで、Au触媒の形態制御を試みた。従来の液相還元法で調製したAu/C触媒では100 nm以上の大きなAu粒子が形成されたが、lysine添加条件の最適化により、5 nm以下のAuナノ粒子触媒を得ることができ、上記反応を高効率に進行させることに成功した。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] K. Ichikawa, T. Aoki, M. Akatsuka, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, Effects of Al₂O₃ and MgAl₂O₄ Support on Photocatalytic Activity of Ga₂O₃ in CO₂ Reduction with Water Catal. Lett. 154 (2024) 2008-2022.
- [2] M. Yamamoto, K. Komoguchi, F. Koyama, T. Tanabe, T. Yoshida, Synthesis of Au-Nanoparticles on Carbon using Lysine as a Capping Agency in a Gas Diffusion Electrodes Cell for Electrocatalytic CO₂ Reduction Catal. Lett. 154 (2024) 2648-2657.
- [3] N. Ota, Y. Takashiro, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, α and γ mixed-phase Ga₂O₃ as a photocatalyst for CO₂ reduction with water ; mechanism and the role of each phase, J. Mater. Chem. A, 13 (2025) 6663-6671.

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] M. Yamamoto, T. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, The role of size controlled Ag NPs loaded on Ga₂O₃ photocatalyst, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24, P-81, 2024/11/18, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, ALC conference committee, ポスター発表
- [2] M. Yamamoto, S. Mizoguchi, T. Tanabe, T. Yoshida, Characterization of Cu In catalysts on gas diffusion electrodes for electrochemical CO₂ reduction, 15th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '24, P-82, 2024/11/18, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, ALC conference committee, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 吉田朋子, 触媒のキャラクタリゼーション（XAFS分析を中心に）, 第18回 触媒道場, 触媒学会, 基礎講座④, 愛媛大学, 2024/9/3
- [2] 吉田朋子, 人工光合成に向けたエネルギー変換法と光触媒の開発, 放射線専門部会講演会, 中部原子力懇談会, 名古屋放送センタービル, 2025/2/28
- [3] 吉田朋子, 田辺哲朗, 山本宗昭, 光触媒機能の発現及び解明のための多角的分光分析, 2024年度 RCCMEシンポジウム, 名古屋大学 シンクロトロン光研究センター応用物理学会 東海支部, https://highpressure.mp.pse.nagoya-u.ac.jp/RCCME/document/20250324_Program.pdf, 名古屋大学, 2025/3/24

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 高城友紀恵・太田尚人・田邊哲朗・山本宗昭・吉田朋子, 酸化ガリウム光触媒による二酸化炭素還元反応への担体結晶相と銀助触媒担持状態の影響, 第43回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 触媒学会・光触媒研究会, P10, 岡山大学, 2024/7/27, ポスター発表
- [2] 溝口 晋也, 山本 宗昭, 田邊 哲朗, 吉田 朋子, Cu-Inをカソード触媒とした電気化学的CO₂還元, 第15回触媒科学研究発表会, 触媒学会, P21, 神戸大学, 2024/11/1, ポスター発表
- [3] 太田尚人, 山本 宗昭, 田邊 哲朗, 吉田 朋子, 助触媒非担持混相酸化ガリウム光触媒の合成と二酸化炭素還元活性評価, 第15回触媒科学研究発表会, 触媒学会, P07, 神戸大学, 2024/11/1, ポスター発表

8.5 寄附研究部門

8.5.1 エネルギーシステム（中部電力）寄附研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授 岩田 幹正

特任助教 中村 綾花

研究テーマ

2050年カーボンニュートラルに向けた次世代の安全・安心な送配電システムの構築に関する研究

研究の背景・目的

本寄附研究部門は中部電力株式会社の寄附により1996年4月に創設された。本部門に対しては、社会のニーズ・アクティビティと、大学での基礎研究の蓄積・人材の集積などの研究環境との強い連携の下で、社会の要請に応えた機動的、弾力的な研究の実施が期待されている。現代社会を将来に亘り持続的に発展させるために、電気エネルギーシステムの果たす役割はますます重要性を増しており、将来のエネルギーシステムの構成・運用・制御・保守、それらの要素技術の開発・評価・最適化、エネルギー・環境問題に関する新技術適用の社会的合意形成など多くの研究課題が存在する。

2022年度から開始した第8期では、これまでの7期にわたる活動を発展・展開しつつ、2050年カーボンニュートラルの実現を視野に入れて、再生可能エネルギー大量導入時の電力系統解析技術の開発、直流電力系統における電力機器の故障電流対策技術の開発などを行い、次世代の安全・安心な送配電システムの構築を目指した研究を実施する。さらに、これらの研究成果の投稿・発表やシンポジウム・市民公開講座・国際会議の開催などを通して社会への情報発信を行うとともに、学生や若手技術者を対象とした企業・設備見学会、電力・エネルギー技術に関する講義や演習を通して次世代の人材育成を進める。

成果の概要

上記の第8期の研究目的に沿って、名古屋大学 大学院工学研究科 電気工学専攻 横水康伸研究室とも協力して下記の研究を実施し、これらの研究成果から、主著、共著をあわせて国際会議や学会等での発表を33件行った。また、シンポジウム2件、市民公開講座1件、電気学会企画セッション1件、国際会議シンポジウム1件、変電所見学会2件も行った。

（1）再生可能エネルギー大量導入時の電力系統解析技術の開発

多端子直流送電システムにおいて、電力を効率よく安全に多地点へ送電するための制御技術開発が急務である。本研究では、仮想同期発電機制御を用いた系統安定化制御技術に着目し、多端子直流送電システムの交直変換器制御による実現可能性を検討した。各交直変換器の協調制御手法を構築し、シミュレーションにより提案手法の有効性を示すことができた。

更に、多端子直流送電システムは、求められる信頼性や設置コスト等に応じて多様な直流系統構成を取りうる。本研究では、これに対応可能な潮流制御手法の開発に向けた基礎検討を実施した。直流設備構成の違いが直流線路故障時に交流系統へ及ぼす影響を比較するとともに、提案制御手法の実装が故障時の供給信頼度向上に有効であることを明らかにした。

また、データセンターにおける電力需要は益々増加するものと見込まれており、データセンターでの再生可能エネルギーの活用に関する技術開発が求められている。本研究では、再生可能エネルギー電源の発電電力のみで運用するデータセンターを備えた小規模電力系統の形成に着目し、系統安定化に寄与する蓄電池制御手法とデータセンターのジョブシフトを考慮したシステム運用手法の開発に向けた基礎検討を実施した。

（2）直流電力系統における電力機器の故障電流対策技術の開発

太陽光発電や洋上風力発電などの再生可能エネルギーが今後も増加するため、それらの発電や送配電の際

に利用される直流（DC）機器も急増する。雷・地震の自然災害や機器の経年劣化により短絡等の故障が起きて、これらの機器において発生するアーク放電を放置すると機器の損傷や火災に至ることがあるため早期に検出する必要がある。本研究では、DCアークの発生により負荷電流が微小変化することに着目して、その電流波形をWavelet変換解析することによりDC機器におけるアーク発生時刻を同定できる可能性を示すことができた。

また、現在制定が進められている高電圧直流（HVDC）電力機器のIEC国際規格においては、DC試験設備が世界的に少ないため、従来の交流（AC）試験設備による代替試験を行うことが検討されている。その代替試験の条件を検討するための基礎研究として、導体に多用される銅およびアルミニウムの円筒導体におけるAC通電時とDC通電時の導体内の電流密度分布や電気抵抗などの数値解析を行った結果、DC通電時の導体表面の温度上昇を同じにするためのAC電流値を定量的に明らかにでき、将来のIEC国際規格の改正に向けて有効な基礎データを得ることができた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Kaito Hasegawa, Kanata Nakamura, Mikimasa Iwata : 「Additive effect of silicone resin on direct current arc quenching performance of a model electric fuse: electrical resistivity and thermal diffusivity of high-temperature Cu/SiO₂ vapor mixed with C₂H₆SiO vapor decomposition」, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 63, No. 9, 096001, 2024/9/1
- [2] Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, "Proposal of Emergency Operation and Active Power Dispatch Control Scheme for Bipolar VSC-MTDC System", IEEE Access, vol. 13, pp. 31590-31602, 2025/2/14

b. 査読無論文

- [1] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史: 「直流限流遮断における高分子材配置による効果の出現とアーク抵抗急増域」, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー / 静止器 / 開閉保護合同研究会, EPP-24-067/SA-24-035/SP-24-008, 2024/8/6
- [2] 松岡祐希, 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人: 「多端子HVDCシステムにおける変換器容量比を考慮した周波数制御手法の基礎検討」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, A3-3, 2024/8/28
- [3] 西澤大将, 小島寛樹, 中村綾花, 岩田幹正, 早川直樹: 「多端子直流送電システムにおける超電導限流器の臨界電流協調」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, A3-4, 2024/8/28
- [4] 郷侑樹, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 中村綾花: 「表皮効果を考慮したアルミニウム円筒導体における電気抵抗の導出—電力DC機器のACによる代替試験の開発に向けて—」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B6-1, 2024/8/29
- [5] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史: 「低電圧DC限流遮断プロセスにおける異なる高分子材配置下でのアーク抵抗増加の基礎分析」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B6-2, 2024/8/29
- [6] 酒井燦, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 浦井一: 「SiC-MOSFETのスイッチング機能を用いた高速転流による低電圧DC遮断方式の基礎検討—キャパシタンス1-100 μ F—」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B6-3, 2024/8/29
- [7] 五十嵐拓哉, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花: 「大気圧化の高温N₂/O₂への高濃度Cu蒸気混入時における臨界換算電界—温度: 3000K—」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, B6-4, 2024/8/29
- [8] 岩田幹正: 「次世代の電力・エネルギーネットワークの構築に向けて(総論)」, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, J5-1, 2024/8/29
- [9] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人: 「多端子直流送電システムの端子間協調運転に関する基

- 礎検討—直流電圧制御によるDC-AVR運転端子検出手法の提案—」, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 125, pp. 2_1_19 - 2_1_20, 2024/9/4
- [10] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花:「モデルDC限流ヒューズ内で生じる高温Cu/SiO₂アークに対するアーク径, 抵抗率, 温度の同時推定手法の検討—電流500 A条件—」, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 237, pp. 8_1_1 - 8_1_2, 2024/9/4
- [11] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史:「低電圧DCシリーズアーク検出手法に関する基礎的検討—DC設備における故障を想定した電流のWavelet解析—」, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 238, pp. 8_1_3 - 8_1_4, 2024/9/4
- [12] 西澤大將, 小島寛樹, 中村綾花, 岩田幹正, 早川直樹:「多端子直流送電システムにおける超電導限流器の限流協調」, 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, PE-24-170/PSE-24-170, 2024/9/20
- [13] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人:「故障発生時における正極負極間電力配分を考慮した双極多端子直流送電システム制御手法の基礎検討」, 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, PE-24-171/PSE-24-171, 2024/9/20
- [14] Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama:「Power Flow Control and Mode-Switching Method Considering Single-pole Trip for Bipolar MTDC System」, 2024 International Conference on sUustainable Energy: Energy Transition and Net-Zero Climate Future (ICUE 2024), 2024/10/22
- [15] Chiyori T. Urabe, Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Takeyoshi Kato:「Battery energy storage system operation of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants」, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), No. Th2f-O12-04, 2024/11/14
- [16] Ayaka Nakamura, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Mikimasa Iwata:「Coordinated control method of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants」, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), No. Mo2c-O12-05, 2024/11/11
- [17] Naoki Nishiyama, Mikimasa Iwata, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, Ayaka Nakamura, Tomoyasu Sakai, Masahiro Tsukahara, Atsushi Miyamoto:「Fundamental Study of Wavelet Analysis Method to Detect Short-gap Arcs in Low Voltage DC Facilities -Analysis Frequency: 1 kHz - 10 kHz-」, 14th International Workshop on High Voltage Engineering (IWHV 2024), EPP-24-077/SP-24-018/HV-24-079, 2024/11/19
- [18] Kanata Nakamura, Naoto Kodama, Waku Takenaka, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata, Ayaka Nakamura:「Simultaneous Estimation of Transient Arc Diameter, Electrical Resistivity and Temperature based on High-Speed Camera Observation for High-Temperature Cu/SiO₂ Mixture Arc Generated inside Modeled DC Fuse」, 14th International Workshop on High Voltage Engineering (IWHV 2024), EPP-24-087/SP-24-028/HV-24-089, 2024/11/20
- [19] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 中村綾花, 石川航大, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史:「異なる電極間距離における低電圧DCシリーズアーク検出に向けたWavelet解析」, 令和7年電気学会全国大会, 6-029, 2025/3/18
- [20] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 宮本淳史, 酒井智康, 塚原正浩:「低電圧DC限流遮断プロセスにおける高分子材配置下でのアーク抵抗上昇要因の基礎分析」, 令和7年電気学会全国大会, 6-032, 2025/3/18
- [21] 五十嵐拓哉, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花:「銅蒸気が多量混入した高温空気の耐電界特性:各種衝突に伴う電子エネルギー損失の解析」, 令和7年電気学会全国大会, 6-033, 2025/3/18
- [22] 兒玉直人, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花:「量子化学に基づく電子衝突断面積の理論計算:O₂およびCO₂に対する適用と精度の検討」, 令和7年電気学会全国大会, 6-035, 2025/3/18
- [23] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花:「珪砂中DC遮断過程で生じるアークの電気抵抗率の推定—断面形状推定への離心率の導入—」, 令和7年電気学会全国大会, 6-036, 2025/3/18
- [24] 竹中湧, 兒玉直人, 横水康伸, 中村哉太, 亀島光希, 岩田幹正, 中村綾花:「珪砂とsilicone樹脂を併用したDC遮断過程におけるアーク抵抗と消弧後の絶縁抵抗—樹脂のcarbon含有量による影響—」, 令和7年電気学会全国大会, 6-037, 2025/3/18

- [25] 酒井燦, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 浦井一:「SiC-MOSFETを用いたモデル低電圧DC遮断器による限流遮断プロセスの測定 —限流抵抗2-30 Ω—」, 令和7年電気学会全国大会, 6-039, 2025/3/18
- [26] 郷侑樹, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 中村綾花:「表皮効果を考慮した銅円筒導体におけるJoule発熱及び温度上昇の解析 —電力DC機器のACによる代替試験の開発に向けて—」, 令和7年電気学会全国大会, 6-045, 2025/3/18
- [27] 松岡祐希, 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人:「多端子HVDCシステムへの仮想同期発電機制御の実装に向けた基礎検討 —変換器容量比を考慮した有効電力指令値配分の決定手法—」, 令和7年電気学会全国大会, 6-191, 2025/3/20
- [28] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人:「多端子直流送電システムの設備構成が異なる場合の交流システムへの影響に関する基礎検討」, 令和7年電気学会全国大会, 6-192, 2025/3/20
- [29] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Kanata Nakamura, Koki Kameshima, Mikimasa Iwata, Ayaka Nakamura: "Interpretation of Transient Arc Resistance Rise Process Using Silicone Resin Based on Arc Diameter Reduction and Thermal Diffusivity of Electric Fuse Arc", 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2025), No. 5pC12O, 2025/3/5
- [30] Mikimasa Iwata, Naoki Nishiyama, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, Ayaka Nakamura, Tomoyasu Sakai, Masahiro Tsukahara, Atsushi Miyamoto: "A Proposal for a Detection Method of Short-gap Arcs Generated in Low-voltage DC Facilities", IEEJ PES-IEEE PES Thailand Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems 2025, No. TJS-25-007, 2025/3/7

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, Power Flow Control and Mode-Switching Method Considering Single-pole Trip for Bipolar MTDC System, 2024 International Conference on sUustainable Energy: Energy Transition and Net-Zero Climate Future (ICUE 2024), 347, 2024/10/22, Pattaya,Thailand, ICUE 2024
- [2] Chiyori T. Urabe, Ayaka Nakamura, Mikimasa Iwata, Takeyoshi Kato, Battery energy storage system operation of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), No. Th2f-O12-04, 2024/11/14, 沼津市, PVSEC-35
- [3] Ayaka Nakamura, Chiyori T. Urabe, Takeyoshi Kato, Mikimasa Iwata, Coordinated control method of an off-grid system for a data center, PV, and wind power plants, 35th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-35), No. Mo2c-O12-05, 2024/11/11, 沼津市, PVSEC-35
- [4] Naoki Nishiyama, Mikimasa Iwata, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, Ayaka Nakamura, Tomoyasu Sakai, Masahiro Tsukahara, Atsushi Miyamoto, Fundamental Study of Wavelet Analysis Method to Detect Short-gap Arcs in Low Voltage DC Facilities -Analysis Frequency: 1 kHz - 10 kHz-, 14th International Workshop on High Voltage Engineering (IWHV 2024), EPP-24-077/SP-24-018/HV-24-079, 2024/11/19, 鹿児島市, 電気学会
- [5] Kanata Nakamura, Naoto Kodama, Waku Takenaka, Yasunobu Yokomizu, Mikimasa Iwata, Ayaka Nakamura, Simultaneous Estimation of Transient Arc Diameter, Electrical Resistivity and Temperature based on High-Speed Camera Observation for High-Temperature Cu/SiO₂ Mixture Arc Generated inside Modeled DC Fuse, 14th International Workshop on High Voltage Engineering (IWHV 2024), EPP-24-087/SP-24-028/HV-24-089, 2024/11/20, 鹿児島市, 電気学会
- [6] Waku Takenaka, Naoto Kodama, Yasunobu Yokomizu, Kanata Nakamura, Koki Kameshima, Mikimasa Iwata, Ayaka Nakamura, Interpretation of Transient Arc Resistance Rise Process Using Silicone Resin Based on Arc Diameter Reduction and Thermal Diffusivity of Electric Fuse Arc, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2025), No. 5pC12O, 2025/3/5, 中部大学, ISPlasma2025
- [7] Mikimasa Iwata, Naoki Nishiyama, Yasunobu Yokomizu, Naoto Kodama, Ayaka Nakamura, Tomoyasu Sakai,

Masahiro Tsukahara, Atsushi Miyamoto, A Proposal for a Detection Method of Short-gap Arcs Generated in Low-voltage DC Facilities, IEEJ PES-IEEE PES Thailand Joint Symposium on Advanced Technology in Power Systems 2025, No. TJS-25-007, 2025/3/7, Bangkok, Thailand, 電気学会

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 岩田幹正, SDGs、もう一歩前へ, 電気学会基礎・材料・共通部門/東海支部 戦略的事業「SDGs、もう一歩前へ」, 電気学会 基礎・材料・共通部門/東海支部, 名古屋大学オークマホール, 2024/10/10

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史, 直流限流遮断における高分子材配置による効果の出現とアーク抵抗急増域, 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会, 電気学会, ひたちなか商工会議所, EPP-24-067/SA-24-035/SP-24-008, 2024/8/6
- [2] 松岡祐希, 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 多端子HVDCシステムにおける変換器容量比を考慮した周波数制御手法の基礎検討, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, A3-3, 2024/8/28
- [3] 西澤大将, 小島寛樹, 中村綾花, 岩田幹正, 早川直樹, 多端子直流送電システムにおける超電導限流器の臨界電流協調, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, A3-4, 2024/8/28
- [4] 郷侑樹, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 中村綾花, 表皮効果を考慮したアルミニウム円筒導体における電気抵抗の導出—電力DC機器のACによる代替試験の開発に向けて—, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, B6-1, 2024/8/29
- [5] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史, 低電圧DC限流遮断プロセスにおける異なる高分子材配置下でのアーク抵抗増加の基礎分析, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, B6-2, 2024/8/29
- [6] 酒井燦, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 浦井一, SiC-MOSFETのスイッチング機能を用いた高速転流による低電圧DC遮断方式の基礎検討—キャパシタンス1-100 μ F—, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, B6-3, 2024/8/29
- [7] 五十嵐拓哉, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 大気圧化の高温N₂/O₂への高濃度Cu蒸気混入時における臨界換算電界—温度: 3000K—, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, B6-4, 2024/8/29
- [8] 岩田幹正, 次世代の電力・エネルギーネットワークの構築に向けて（総論）, 令和6年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 電気学会, 岐阜大学, J5-1, 2024/8/29
- [9] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 多端子直流送電システムの端子間協調運転に関する基礎検討—直流電圧制御によるDC-AVR運転端子検出手法の提案—, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会, 大阪公立大学, No. 125, pp. 2_1_19 - 2_1_20, 2024/9/4
- [10] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花, モデルDC限流ヒューズ内で生じる高温Cu/SiO₂アークに対するアーク径, 抵抗率, 温度の同時推定手法の検討—電流500 A条件—, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会, 大阪公立大学, No. 237, pp. 8_1_1 - 8_1_2, 2024/9/4
- [11] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 中村綾花, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史, 低電圧DCシリーズアーク検出手法に関する基礎的検討—DC設備における故障を想定した電流のWavelet解析—, 令和6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 電気学会, 大阪公立大学, No. 238, pp. 8_1_3 - 8_1_4, 2024/9/4
- [12] 西澤大将, 小島寛樹, 中村綾花, 岩田幹正, 早川直樹, 多端子直流送電システムにおける超電導限流器の限流協調, 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, 電気学会, 東北大学, PE-24-170/PSE-24-170, 2024/9/20
- [13] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 故障発生時における正極負極間電力配分を考慮した双極多端子直流送電システム制御手法の基礎検討, 電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会, 電気学

- 会, 東北大学, PE-24-171/PSE-24-171, 2024/9/20
- [14] 西山直希, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 中村綾花, 石川航大, 酒井智康, 塚原正浩, 宮本淳史, 異なる電極間距離における低電圧DCシリーズアーク検出に向けたWavelet解析, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-029, 2025/3/18
- [15] 清水翔太, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 宮本淳史, 酒井智康, 塚原正浩, 低電圧DC限流遮断プロセスにおける高分子材配置下でのアーク抵抗上昇要因の基礎分析, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-032, 2025/3/18
- [16] 五十嵐拓哉, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 銅蒸気が多量混入した高温空気の耐電界特性: 各種衝突に伴う電子エネルギー損失の解析, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-033, 2025/3/18
- [17] 兒玉直人, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花, 量子化学に基づく電子衝突断面積の理論計算: O₂およびCO₂に対する適用と精度の検討, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-035, 2025/3/18
- [18] 中村哉太, 兒玉直人, 竹中湧, 横水康伸, 岩田幹正, 中村綾花, 珪砂中DC遮断過程で生じるアークの電気抵抗率の推定—断面形状推定への離心率の導入—, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-036, 2025/3/18
- [19] 竹中湧, 兒玉直人, 横水康伸, 中村哉太, 亀島光希, 岩田幹正, 中村綾花, 珪砂とsilicone樹脂を併用したDC遮断過程におけるアーク抵抗と消弧後の絶縁抵抗—樹脂のcarbon含有量による影響—, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-037, 2025/3/18
- [20] 酒井燦, 横水康伸, 兒玉直人, 岩田幹正, 中村綾花, 浦井一, SiC-MOSFETを用いたモデル低電圧DC遮断器による限流遮断プロセスの測定—限流抵抗2-30Ω—, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-039, 2025/3/18
- [21] 郷佑樹, 横水康伸, 岩田幹正, 兒玉直人, 中村綾花, 表皮効果を考慮した銅円筒導体におけるJoule発熱及び温度上昇の解析—電力DC機器のACによる代替試験の開発に向けて—, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-045, 2025/3/18
- [22] 松岡祐希, 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 多端子HVDCシステムへの仮想同期発電機制御の実装に向けた基礎検討—変換器容量比を考慮した有効電力指令値配分の決定手法—, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-191, 2025/3/20
- [23] 中村綾花, 岩田幹正, 横水康伸, 兒玉直人, 多端子直流送電システムの設備構成が異なる場合の交流系統への影響に関する基礎検討, 令和7年電気学会全国大会, 電気学会, 明治大学, 6-192, 2025/3/20

8.5.2 トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

寄附研究部門教授	森 勇介	特任教授	塩崎 宏司	特任教授	井出 一正
特任教授	小笠原悟司	特任准教授	高木 健一	研究員	城山 吉隆
客員教授	手嶋 茂晴	客員教授	成田 哲生	客員教授	山田 隆
客員准教授	大沼 喜也	客員准教授	木下 和哉	招へい教員	江澤 敦
招へい教員	片山 翔太	招へい教員	金澤 康樹	招へい教員	西原 和則
招へい教員	松永 英也	招へい教員	湯本 速臣		

研究テーマ

GaNパワーデバイスの車載応用研究と社会実装

研究の背景・目的

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、省エネルギー半導体として窒化ガリウム（GaN）が期待されている。本研究では、GaNパワーデバイスの車載応用研究として、GaNデバイスによるトラクションインバータと低損失モータ制御研究を行う。

また、本年度から GaN デバイスを用いた MHz 駆動の電力変換装置の研究を開始する。

成果の概要

GaN デバイスを用いたトラクションインバータの実用化に向けて、インバータの回路研究と GaN インバータによるモータ制御研究を進めてきた。

3 レベルインバータについては、横型 GaN デバイス適用した出力 50kAV のインバータを開発した。モータベンチでの動作実証を行い、周波数 100kHz まで 3 レベルインバータの高い効率性能が確認できた。インバータの更なる大出力化に向けて、GaN デバイス 12 並列化、低インダクタンス回路について研究を行った。

2 レベルインバータについては、縦型 GaN パワーデバイス適用した出力 20kAV のインバータを開発した。モータベンチでの評価を行い、縦型 GaN デバイスの課題解決に取り組んできた。

また、GaN インバータや SiC インバータの応用で問題となる EMI ノイズへの対応として、DCPCC ノイズキャンセラ（DC Passive Common Noise Canceller）を提案し、縦型 GaN インバータでその基本性能を確認した。

新たに、GaN デバイス適用した MHz 駆動の電力変換装置を設計するとともに、MHz 駆動に必要となる磁性部品や回路制御の研究にも取り組んでいる。

発表論文等

Ⅲ. 解説等

- [1] 2025/2/5, 小笠原 悟司, パワーエレクトロニクス機器の EMI 対策, 電磁環境工学情報 月刊 EMC, 第 37 巻 10 号, 科学情報出版

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 澤田高志, 宅間春介, 大沼喜也, 高木健一, 只野 博, 塩崎宏司, Design of High-Power Inverter with 12 Parallel GaN Devices, PCIM 2024, pp. 161-166 doi: 10.30420/566262019, 2024/6/11, Nürnberg Messe GmbH, Messezentrum 1, 90471 Nürnberg, Germany, Mesago Messe Frankfurt GmbH
- [2] 澤田高志, 小笠原悟司, 只野 博, 塩崎宏司, Common-mode Noise Canceller for GaN Traction Inverter, EMCJ 2024 環境電磁工学研究会, No.19, 2024/11/15, Kumwell Academy, 環境電磁工学研究会 (EMCJ)

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 井出一正, 小笠原悟司, 澤田高志, 高木健一, 塩崎宏司, 高周波利用を想定した変圧器の電気および磁気等価回路の拡張に関する基礎的検討, 電気学会マグネティックス研究会, 電気学会, 日本文理大学湯布院研修所, MAG-24-096, 2024/11/29
- [2] 井出一正, 小笠原悟司, 澤田高志, 高木健一, 塩崎宏司, 高周波利用を想定して拡張した変圧器等価回路による周波数応答解析, 電気学会静止器・回転機合同研究会, 電気学会, 長崎大学文教キャンパス, SA-25-011, RM-25-011, 2025/3/6

8.6 産学協同研究部門

8.6.1 産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

ラボ長・名古屋大学教授	宇治原 徹	桂冠フェロー・名古屋大学教授	天野 浩	副ラボ長	阿澄 玲子
ラボチーム長・特任教授	王 学論	ラボチーム長・特任教授	山田 永	主任研究員	鍛冶 良作
主任研究員	清水 鉄司	主任研究員	熊谷 直人	研究員	後藤 高寛
テクニカルスタッフ	園田 勉	テクニカルスタッフ	村井 明子	ラボ付	澤田 真和

研究テーマ

窒化物半導体を用いた先進デバイスの開発と実用化に関する研究開発

研究の背景・目的

低炭素化社会の実現に向けて、パワーエレクトロニクスや光デバイス、高周波デバイスの分野においてGaN材料が注目されている。産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリでは、GaN材料の優れた特長を生かしたパワーデバイスや光デバイス、高周波デバイスの開発とその実用化に向けての橋渡しを目的としている。特に、高度な結晶成長技術を基盤とした高品質窒化物材料の開発、AIを用いた結晶成長プロセスの条件最適化、VR/ARへの応用を目指した高指向性マイクロLEDの作製技術の開発、回路設計・評価技術の開発などを進めている。

成果の概要

窒化物半導体の結晶成長技術に関しては、今年度は特に、金属有機化学気相成長（MOCVD）のリアクターにおけるGaN結晶成長の高精度なシミュレーションモデルを作成し、実測の困難な基板近傍の化学種の分圧と、結晶の表面モルフォロジー、結晶の厚さ、X線回折のプロファイル、炭素残留不純物の取り込みなどの評価結果と組み合わせることにより、原料の流れの方向に沿った特性を調べた、その結果、ガス流速、基板近傍の CH_3/NH_3 の分圧比、および CH_3/CH_4 の分圧比が結晶に取り込まれる炭素濃度に影響を与える重要なパラメータであることを見出した。これらのパラメータは、GaN MOCVDのプロセスインフォーマティクスにおける機械学習モデルの重要な特徴量となりうる。

また、マイクロLED作製技術に関しては、半導体材料の超低損傷加工が可能な中性粒子ビームエッチング技術を用いて、サイズを小さくしても発光効率が低下しない素子を開発してきたが、今年度は素子の直径が数百ナノメートルという極小サイズのLED素子の作製に成功した（東北大学、台湾國立陽明交通大學との共同研究）。この技術を発展させ、高い指向性を有する素子構造でのフルカラー発光の実現を目指す。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Yamada, H., Kumagai, N., Yamada, T., Metal-organic Chemical Vapor Deposition of n-AlGaN Grown on Strain-Relaxed Distributed Bragg Reflector Buffer Layers, *Physica Status Solidi B*, 2300558-1-2300558-7, 2024/04/01
- [2] Yamada, H., Takahashi, T., Gotow, T., Kumagai, N., Shimizu, T., Ide, T., Maeda, T., Ammonia-free Quasi-atmospheric MOCVD of InN/ Al_2O_3 (0001), *Journal of Crystal Growth*, 2025(650), 127980-1-127980-7, 2024/11/01
- [3] Gotow, T., Sonoda, T., Takahashi, T., Yamada, H., Ide, T., Azumi, R., Shimizu, M., Tsunooka, Y., Seki, S., Kutsukake, K., Ujihara, T., Modeling and analysis of undoped GaN grown in a horizontal laminar flow MOCVD reactor, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 188, 109258, 2025/03/01

- [4] Gotow, T., Kumagai, N., Shimizu, T., Yamada, H., Ide, T., Maeda, T., Characterization of InN Grown Directly on Sapphire Substrate Using Plasma-Enhanced Metal Organic Chemical Vapor Deposition, Crystal Research and Technology, 2400124, 2024/05/01

b. 査読無論文

- [1] 王学論・大堀大介・寒川誠二、VR/ARディスプレイ向けGaNマイクロLEDの開発、車載テクノロジー（株式会社技術情報協会）、2025年2月号

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Kojima, K., Nakajima, A., Yamada, H., Harada, S., Improvement of surface morphology of vicinal off angled 4H-SiC epitaxial wafer for GaN/SiC hybrid devices, PRiME 2024, 2024/10/8, Honolulu, USA
- [2] Yamada, H., Takahashi, T., Gotow, T., Kumagai, N., Shimizu, T., Maeda, T., Ide, T., High-temperature Plasma-enhanced MOCVD of InN/Al₂O₃ in Vertical Gas-flow Configuration, 21st International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), 2024/5/17, Las Vegas, USA
- [3] Yamada, H., Miura, Y., Buffer free direct growth of n-AlGaIn on 6H-SiC by MOCVD, seventh International Workshop on UV Materials and Devices (IWUMD 2024), 2024/6/3, Taipei, Taiwan, R.O.C.
- [4] Yamada, H., Sonoda, T., Takahashi, T., Gotow, T., Ide, T., Azumi, R., Shimizu, M., Seki, S., Kutsukake, K., Ujihara, T., Modeling of GaN MOCVD toward machine learning, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024/11/14, 京都, ポスター発表
- [5] Miura, Y., Yamada, H., Hirai, H., Nakajima, A., Kojima, K., Harada, S., Vertical conduction of AlGaIn-on-SiC diodes with buffer-layer-free heterointerfaces, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, 2024/11/3, Honolulu, USA
- [6] Ide, T., Gotow, T., Kaji, R., Furuya, K., Yamada, H., Ringing noise reduction method for high-speed GaN switching converter, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, 2024/11/3, Honolulu, USA, ポスター発表
- [7] Wang, X. L., Zhao, X. X., Otori, D., Samukawa, S., Demonstration of 200 nm diameter GaN blue micro-LEDs fabricated by neutral beam etching, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, 2024/11/4, Honolulu, USA
- [8] Gotow, T., Sonoda, T., Takahashi, T., Yamada, H., Ide, T., Azumi, R., Shimizu, M., Tsunooka, Y., Seki, S., Kutsukake, K., Ujihara, T., Modeling of undoped GaN using a 2D MOCVD simulator, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma 2025), 2025/3/5, 名古屋, ポスター発表

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 栗林高大・大堀大介・王学論・遠藤和彦・寒川誠二、塩素系中性粒子ビームによるAlGaInP赤色マイクロLEDのためのGaP加工特性、第72回応用物理学会春季学術講演会、応用物理学会、東京理科大学野田キャンパス、2025/3/17
- [2] 大堀大介・王学論・寒川誠二、ヨウ化水素（HI）中性粒子ビームを用いたsub-5- μ m GaN青色マイクロLED作製、第72回応用物理学会春季学術講演会、応用物理学会、東京理科大学野田キャンパス、2025/3/14

8.6.2 ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授 恩田 正一
特任准教授 星 真一

特任教授 長里 喜隆
特任助教 喜田 弘文

特任准教授 小島 淳

研究テーマ

- 1) 産業応用を見据えたGaNウエハおよびデバイスの低コスト化技術の研究
- 2) GaNウエハおよびエピタキシャル層の品質向上

研究の背景・目的

- 1) 次世代半導体材料として有望なGaNであるが、産業応用において特に自動車用途においては、低コスト化と信頼性確保が大きな課題である。GaNはデバイスのみならず、GaNの自立基板が依然として高価である。我々は低コスト加工技術、信頼性評価についての研究開発を実施してきた。
- 2) 縦型GaNパワーデバイスを実現するには、高品質なGaN自立基板とエピタキシャル層が必要であり、その品質評価も重要となる。我々はGaN基板の転位・欠陥に着目し研究開発を行ってきた。

成果の概要

- 1) 本研究はGaN基板リサイクルプロセス(図1)を実証したものである。まず、レーザースライスによりGaN基板から剥離した厚さ50 μm のチップ上での電特評価により、デバイス動作にレーザースライスの影響がないことを確認した。更に、リサイクルプロセスを1巡したGaN基板上にデバイスを作製して電特評価を行い、デバイスが動作することを確認した。これにより、GaN基板がリサイクルできることを実証した。
- 2) GaNにプロトン(H⁺)を照射し点欠陥を意図的に導入し、点欠陥の電荷状態や形成エネルギーを評価した。ドーズ量を増やすと空孔が形成され、SRH寿命が低下(実効ドーピング濃度が減少している)、p-/n+接合のSRH寿命は、p+/n-接合も短く、実行キャリア濃度の低下量も大きいことがわかった。これらからp型およびn型GaN層それぞれで、点欠陥の電荷状態や形成エネルギーの違いを示唆する結果が得られた。転位・欠陥においても精力的に研究を進めており、GaNのみならずSiCについても評価および計算を実施した。

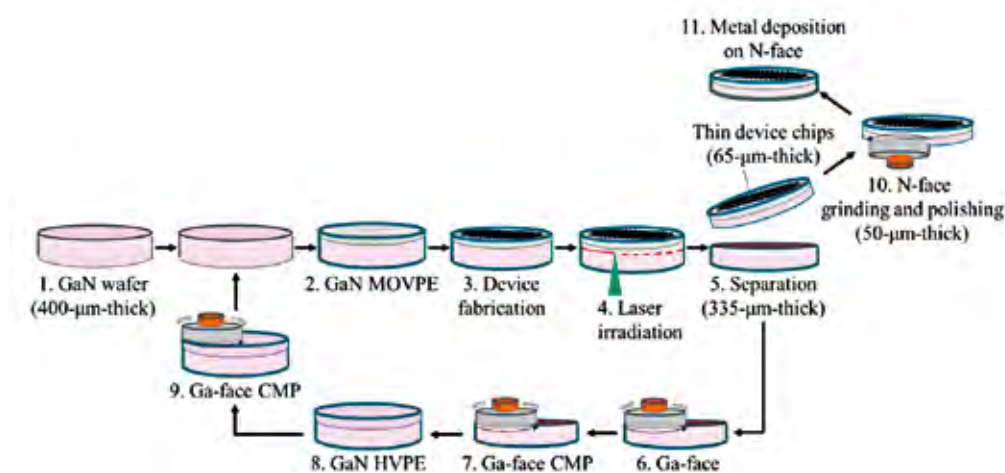


図 1

発表論文等

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 渡辺 弘紀, 成田 哲生, 兼近 将一, 富田 一義, 小島 淳, 須田 淳, 五十嵐 信行, DPC STEMによる GaN エピ膜中転位の電解分布測定, 日本顕微鏡学会 第80回学術講演会, 日本顕微鏡学会, 千葉県千葉市, 3amH_M-1-06, 2024/6/3～6/5
- [2] 佐野 雅季, 小島 淳, 恩田 正一, 依田 孝, 大場 隆之, 押山 淳, 白石 賢二, 4H-SiC 中に発生する基底面転位(BPD)の第一原理計算を用いた微視的な拡張メカニズムの解明, 先進パワー半導体分科会 第11回講演会, 応用物理学会, 群馬県高崎市, IA-3, 2024/11/24～26
- [3] 佐野 雅季, 小島 淳, 恩田 正一, 依田 孝, 大場 隆之, 押山 淳, 白石 賢二, 第一原理計算を用いた 4H-SiC中の基底面転位(BPD)拡張メカニズムの解明, 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会, 応用物理学会, 千葉県野田市, 16p-K301-8, 2025/3/14～17

d. 座長

- [1] 小島 淳, シンポジウム「どうなるEVシフト - その現状と課題 -」, 2024年第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会, 新潟県新潟市, 18p-A41-1-7, 2024/9/16～20

8.6.3 豊田合成先端デバイス応用産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授	岡 徹	特任教授	長谷川恭孝	特任准教授	牛田 泰久
客員教授	福島 英冲	技術補佐員	仙田 克己	産学連携研究員	角谷 健吾
産学連携研究員	浅野 宏之	産学連携研究員	久野 浩司	産学連携研究員	川口 滉

研究テーマ

GaN デバイスの応用用途探索および基礎研究

研究の背景・目的

GaN系半導体材料は、その特性から多くの応用分野への発展が期待されている。2014年のノーベル賞に代表されるように、LEDとしての普及が進み、その後、通信向けHEMTの普及も加速している。一方、Si半導体応用技術の成熟も著しく、各応用分野における半導体材料の棲み分けが進む兆しが見られる。我々は、GaN半導体の可能性を見極めるため、特性を生かした応用用途を企画し、PoCを実施することで、真の技術課題および期待される市場規模を把握する。

成果の概要

本研究室は、先端デバイスの社会実装ロードマップを策定することを長期ビジョンに掲げ、デバイスの早期確保と応用PoC、真の技術・社会課題の抽出、さらには市場拡大ポテンシャルの定量予測を三本柱として研究と社会実証を推進している。令和6年度は、従来から取り組んでいる「マイクロ波方式ワイヤレス給電」に加え、新たに「バイオ加飾フィルム応用」を立ち上げ、装置の増強と実証環境の整備を行った。

ワイヤレス給電研究では、24 GHz 帯 GaAs 製流素子およびアンテナを一体化したレクテナモジュールを試作し、変換効率 55 % を達成した。より早期の実用化が期待される 5.8GHz の製流素子の開発を実施し、80% 以上の変換効率を示す素子設計を完了した。電磁波伝搬の最適化には研究室内 PC と学内スーパーコンピュータ「不老」を用い、5m×10m×10m ケースのシミュレーションを実施した。従来の 2.45 GHz / 5.8 GHz システムと比較、それぞれのメリット・デメリットを明確にした。3 W の連続給電を実証し、社会実

装に向けた課題として「さらなる高周波化による誘電損失」と「電波法規制への適合手順整備」を明確化した。

本技術に関連し、マイクロ波領域のGaN素子活用として、数百WレベルのRF電源を用いた「半導体の急速加熱実験」を行い、数秒で1500℃まで加熱可能なシステムを考案・実証した。社会実装を想定した調整を行う新たな計画も立案した。

発表論文等

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] N. Kusunoki, T. Oka, N. Tanaka, K. Hasegawa, T. Izumi, T. Niwa, and J. Suda, Electrical properties of GaN npn structures used in GaN trench MOSFETs, The 43rd Electronic Materials Symposium Search for: , Th1-23, October 2-4, 2024, Nara, Japan, 一般社団法人電子材料学会, ポスター発表

Ⅴ. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 岡 徹, SPICEシミュレーションを用いた縦型GaN MOSFETの損失解析と性能予測, 第1回GaNデバイス研究会・GaN交流会, 一般社団法人GaNコンソーシアム, 名古屋, 9, 2024/12/18, ポスター発表

8.6.4 旭化成次世代デバイス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任准教授 吉川 陽	特任助教 張 梓懿	研究員 李 太起
------------	-----------	----------

研究テーマ

窒化物半導体による紫外発光素子に関する研究開発

研究の背景・目的

単結晶窒化アルミニウム基板の特徴を生かした新規デバイスの探索研究および応用技術の開発を推進し、新規事業の創出をする。

成果の概要

当グループでは旭化成株式会社と共同で、2022年に室温で連続発振する世界最短波長の深紫外線レーザダイオードの連続発振を報告した。一方で、実用化に向けては発振閾値電流の低減とそれに伴う発振寿命の向上が求められていた。

今年度の研究では深紫外領域デバイスにおける発振閾値電流の原理を明らかにするため、単一量子井戸を持つAlGaIn-LDについて、電流注入の下で量子井戸膜厚と閾値電流密度について評価した。共振器長と閾値電流密度の分析から、モード利得係数および透明化キャリア密度は厚い量子井戸の方が優位であることが実験的に明らかになった。一方で、低閾値利得のAlGaIn-LDにおいて閾値電流密度を低減する観点においては、LEDのケースと同様に薄い量子井戸を用いるアプローチが有効であることを示唆している。上記の成果はApplied Physics Letters誌に掲載された。

また、本年度に旭化成株式会社と共同で、AlN基板上にシュドモルフィック成長させたGaN薄膜および、そのデバイス特性についても研究が行われた。従来、GaNとAlNは格子定数の差が大きいため、シュドモルフィック（基板に対して格子緩和せず成長する）ことは困難とされてきた。非平衡系であるMBE法を用いた場合のみ、報告例があったが、平衡系のMOVPEでは報告例はなかった。そこで成長条件および成長ス

キームの探索を行った結果、MOVPE法を用いた場合でもシュードモルフィックなGa_{0.9}N_{0.1}薄膜を成長できることを明らかにした。さらに、それらの薄膜を用いてHEMTデバイスを作製したところ、2MV/cmの耐圧が得られることを明らかにした。これは従来のAlGa_{0.3}N/GaN系HEMTに比べて倍以上の耐圧を示しており、将来的な高出力HEMTへの応用が可能であるポテンシャルを示す結果である。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Chiaki Sasaoka, and Hiroshi Amano, "Experimental study of gain characteristics in relation to quantum-well width of deep ultraviolet laser diodes" *Applied Physics Letters* 125 (18) 183505 (2024).
- [2] Akira Yoshikawa, Takaharu, Nagatomi, Kazuhiro, Nagase, Sho Sugiyama, Leo J. Schowalter, "Pseudomorphic growth of a thin-GaN layer on the AlN single-crystal substrate using metal organic vapor phase epitaxy" *Japanese Journal of Applied Physics*, 63, 060903 (2024).
- [3] Ryota Ishii, Akira Yoshikawa, Mitsuru Funato, and Yoichi Kawakami, "Deep-ultraviolet luminescence properties of AlN" *Phys. Status Solidi RRL* 2024 2400017 (2024).
- [4] Akira Yoshikawa, Takeru Kumabe, Sho Sugiyama, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano, "The property of 2DEG at AlN/GaN hetero interface grown on AlN bulk substrate using metal organic vapor phase epitaxy method" *Journal of Applied Physics*, submitted."

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] M. Kushimoto, Z. Zhang, A. Yoshikawa, K. Aoto, Y. Honda, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, and H. Amano, Advancements in AlGa_{0.3}N-Based Laser Diodes on AlN Substrates, 21st International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI), 4C-2.1, 2024/5/16, アメリカ ネバダ州 ラスベガス, International Conference on Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (ICMOVPE XXI)
- [2] Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano, High-Al-content AlGa_{0.3}N p-n Diodes Enabled by Distributed Polarization Doping, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 552, 2024/11/4, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [3] Maki Kushimoto, Ziyi Zhang, Akira Yoshikawa, Koji Aoto, Yoshio Honda, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Deep Ultraviolet Semiconductor Laser with Polarisation Control Technology, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2024), 651, 2024/11/5, アメリカ ハワイ州 ホノルル, IWN2024
- [4] Takeru Kumabe, Akira Yoshikawa, Seiya Kawasaki, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Manabu Arai, Jun Suda, and Hiroshi Amano, Demonstration of AlGa_{0.3}N-on-AlN p-n Diodes with Dopant-free Distributed Polarization Doping, E-MRS 2024 Fall Meeting, 411, 2024/9/19, ポーランド ワルシャワ, E-MRS (European Material Research Society)
- [5] Ziyi Zhang, Maki Kushimoto, Akira Yoshikawa, Chiaki Sasaoka, Hiroshi Amano, Koji Aoto, Recent progress in the development of AlGa_{0.3}N-based deep-ultraviolet laser diodes, SPIE Photonics West, 13366-24, 2025/1/28, アメリカ カリフォルニア州 サンフランシスコ, SPIE

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会 (SDM), 一般社団法人 電子情報通信学会, 関西学院大学 大阪梅田キャンパス, なし, 2024/6/21
- [2] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピン

グによるAlN系縦型p-nダイオードの実証, 電気学会 C部門 電子デバイス研究会, 一般社団法人 電気学会, サニー南神田ビル サニー会議室/オンライン, EDD-24-033, 2024/7/5

- [3] 隈部 岳瑠, 吉川 陽, 川崎 晟也, 久志本 真希, 本田 善央, 新井 学, 須田 淳, 天野 浩, 分布型分極ドーピングによるAlN系縦型p-nダイオードの作製, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-12, 2024/9/16
- [4] 笹岡 千秋, 張 梓懿, 吉川 陽, 久志本 真希, 本田 善央, 天野 浩, AlN基板上に作製したUV-C CWレーザーダイオード, 電子情報通信学会 レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (LQE) 30周年記念特別研究会, 一般社団法人 電子情報通信学会, 沖縄県青年会館, なし, 2024/5/28

b. 一般講演 (ポスター発表を含む)

- [1] 李太起, 吉川陽, 隈部岳瑠, 杉山聖, 新井学, 須田淳, 天野浩, MOVPE法で成膜したAlN基板上の格子整合AlN/GaN HEMTの動作実証, 第85回 応用物理学会 秋季学術講演会, 公益社団法人 応用物理学会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター 他2会場/オンライン, 16p-A22-16, 2024/9/16
- [2] 李太起, 吉川陽, 隈部岳瑠, 杉山聖, 新井学, 安藤裕二, 須田淳, 天野浩, MOVPE法により作製したAlN基板上シュドモルフィックAlN/GaN HEMTの動作実証, 先進パワー半導体分科会 第11回講演会, 公益社団法人 応用物理学会, Gメッセ群馬, IB-20, 2024/11/25, ポスター発表

Ⅵ. 特許等 (出願、公開、登録)

b. 特開 (公開特許)

- [1] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法, 特開2024-143415, 2024.10.11, 旭化成株式会社; 国立大学法人東海国立大学機構
- [2] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法特開2024-143415, 特開2024-143456, 2024.10.11, 旭化成株式会社; 国立大学法人東海国立大学機構
- [3] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, 窒化物半導体素子及び窒化物半導体素子の製造方法特開2024-143415, 特開2024-143457, 2024.10.11, 旭化成株式会社; 国立大学法人東海国立大学機構

c. 特許 (登録特許)

- [1] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, レーザダイオードの製造方法およびレーザダイオード, 特許第7589940号, 2024.11.18
- [2] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, レーザダイオードの製造方法、レーザダイオード, 特許第7614607号, 2025.01.07
- [3] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, レーザダイオード, 特許第7594257号, 2024.11.26
- [4] 吉川 陽; 張 梓懿; 久志本 真希; 笹岡 千秋; 天野 浩, 光デバイス, 特許第7545142号, 2024.08.27

8.6.5 豊田中研GaNパワーデバイス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授 富田 一義	特任教授 兼近 将一	特任教授 伊藤 健治
------------	------------	------------

研究テーマ

GaNパワーデバイス用のエピタキシャル成長技術および作製プロセスと設計技術の研究

研究の背景・目的

窒化ガリウム (GaN) はその優れた物性から次世代の省エネルギーデバイスへの応用が期待されている。我々の研究部門は、2019年4月に新たに設置され、将来のHEV、BEV、PHEV、FCEV用電動化システムの高効率化・大電力化・高周波化の実現に向け、GaNパワーデバイスを実用化する上での様々な課題の解決に向けて取り組んでいる。具体的には、不純物や点欠陥を高精度に制御するエピタキシャル成長技術、デバイス作製プロセス技術や超低損失化を実現するデバイス設計技術などの確立を目指して、研究を進めている。

成果の概要

GaN MOSデバイスにおいて、AlSiOゲート絶縁膜とp型GaNボディ層との間に、2～3nmのAlN界面層を挿入させることにより、c面ではチャネル移動度 $200\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上、m面でも $150\text{cm}^2/\text{Vs}$ が実証できた。なお、m面では、自発分極の抑制により高移動度とノーマリーオフ（しきい値電圧1.3V）を両立できている。（文科省「革新的パワーエレクトロニクス」創出基盤技術研究開発事業の研究成果）。また、放射光およびX線カメラを用いて反射X線トポグラフィにより、GaN結晶中の貫通転位の種類を非破壊で検出することができた。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Masakazu Kanechika, Kenji Ito, Tetsuo Narita, Kazuyoshi Tomita, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, and Tetsu Kachi, "A High Channel Mobility and a Normally-off Operation of a Vertical GaN Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors using an AlSiO/AlN Gate Stack Structure on m-plane Trench Sidewall", Phys. Status Solidi RRL 2024, 2400010
- [2] Masakazu Kanechika, Satoshi Yamaguchi, Yoshihiro Kishida, Kohsuke Kitazumi, Kazuhisa Isegawa, and Yasuji Kimoto, "A study on the classification of threading dislocations in GaN substrate by spot size using X-ray topography high-resolution image", Japanese Journal of Applied Physics 64, 031001 (2025)
- [3] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Hiroko Iguchi, Daigo Kikuta, Masakazu Kanechika, Kazuyoshi Tomita, Shiro Iwasaki, Kataoka Keita, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Masahiro Horita, Jun Suda, and Tetsu Kachi, Engineered Interface Charges and Traps in GaN MOSFETs Providing High Channel Mobility and E-mode Operation, Jpn J. Appl. Phys., Vol.63, 120801, 2024/12/11
- [4] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Kazuyoshi Tomita, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Masahiro Horita, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, and Daigo Kikuta, Transport Properties in GaN Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor Almost Free of Interface Traps with AlSiO/AlN/p-Type GaN Gate Stack, Phys. Status Solidi RRL 2024, 18, 2400141, 2024/7/9
- [5] Hiroko Iguchi, Tetsuo Narita, Kenji Ito, Shiro Iwasaki, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, and Daigo Kikuta, Suppression of positive bias instability by inserting polarized AlN interlayer at AlSiO/p-type GaN interface in metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, Appl. Phys. Lett., Vol.125, 022104, 2024/7/11
- [6] Hiroko Iguchi, Kataoka Keita, Masahiro Horita, Tetsuo Narita, Yamada Shinji, Kazuyoshi Tomita, Tetsu Kachi, and Jun Suda, A distinctive bound exciton line induced by electron beam irradiation and a subsequent annealing of an unintentionally doped GaN layer, Jpn J. Appl. Phys., Vol.63, 110904, 2024/11/26

IV. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Masakazu Kanechika, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, Masahiro Horita, Jun Suda, and Tetsu Kachi, Engineering of Channel Mobility and Threshold Voltage in AlSiO/AlN/p-type GaN Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2024), D-7-01,

2024/9/4, Arcrea HIMEJI, Hyougo, Japan, Organizing Committee of SSDM2024

- [2] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Hiroko Iguchi, Daigo Kikuta, Shiro Iwasaki, Keita Kataoka, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, Masahiro Horita, and Jun Suda, Engineering of Channel Mobility, Threshold Voltage and Reliability in GaN MOSFETs Using AlSiO/AlN Gate Stacks Formed By Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition, GaN Marathon 2024, 11A-5, 2024/6/11, Hotel Due Torri, Verona, Italy, Organizing committee of GaN Marathon 2024
- [3] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, Masahiro Horita, and Jun Suda, Engineering of Interface Charges in AlSiO/AlN/p-type GaN-MOSFETs Toward Improvements of Threshold Voltage Stability and Channel Mobility, 15th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM2024), 10-2, 2024/8/29, SENDAI SUNPLAZA Hotel, Miyagi, Japan, Organizing committee of TWHM2024

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Takumi Hirata, Masakazu Kanechika, Tetsu Kachi, and Jun Suda, Systematic investigation of the effects of ultra-high-pressure postdeposition annealing on AlSiO/n-GaN MOS properties, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, ED:Processing 2, 2024/11/8, Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, Hawaii, USA, Organizing Committee of IWN2024
- [2] Hiroko Iguchi, Keita Kataoka, Masahiro Horita, Tetsuo Narita, Kazuyoshi Tomita, and Jun Suda, Study of excess donor-like defects introduced by Si-ion implantation and subsequent annealing in n-type homoepitaxial GaN layers, 24th International Conference on Ion Implantation Technology 2024 (24th IIT 2024), O11, 2024/9/25, Toyama International Conference Center, Toyama, Japan, The Japan Society of Applied Physics
- [3] Hiroko Iguchi, Tetsuo Narita, Kenji Ito, Shiro Iwasaki, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, and Daigo Kikuta, Minimization of Positive Bias Instability in AlSiO/AlN/p-type GaN MOSFETs Using Interface Polarization, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, Insulated Gate FETs 1-No.2, 2024/11/4, Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, Hawaii, USA, Organizing Committee of IWN2024
- [4] Tetsuo Narita, Kenji Ito, Kazuyoshi Tomita, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Masahiro Horita, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, and Daigo Kikuta, A Transport Property of an AlSiO/AlN/p-type GaN MOSFET Revealed By Temperature-Dependent Hall-Effect Analysis of the Electron Inversion Channel, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, Doping and Defects 2-No.3, 2024/11/5, Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, Hawaii, USA, Organizing Committee of IWN2024
- [5] Tetsuo Narita, Keita Kataoka, Kazuyoshi Tomita, Shinji Yamada, and Tetsu Kachi, Depth-Resolved Photoluminescence for Channeling Implantation of Mg or Mg/N ions into GaN After Ultra-High Pressure Annealing, International Workshop on Nitride Semiconductors 2024, Devices: Insulated Gate FETs 2-No.5, 2024/11/6, Hilton Hawaiian Village Waikiki Beach Resort, Hawaii, USA, Organizing Committee of IWN2024
- [6] Kenji Ito, Tetsuo Narita, Hiroko Iguchi, Shiro Iwasaki, Daigo Kikuta, Masakazu Kanechika, Emi Kano, Nobuyuki Ikarashi, Kazuyoshi Tomita, Jun Suda, and Tetsu Kachi, High channel mobility and stable E-mode operation in AlSiO/AlN/m-plane p-type GaN MOSFETs with little temperature dependence of the threshold voltage, 70th IEEE International Electron Devices Meeting (IEEE IEDM 2024), Session 40:40-1, 2024/12/11, Hilton San Francisco Union Square, San Francisco, CA, USA, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 兼近将一、山口聡、北住幸介、岸田佳大、伊勢川和久、木本康司、反射X線トポグラフィ像の転位スポットサイズによる GaN 基板中の貫通転位種の同定, 第85回応用物理学会秋季学術講演会, 応用物理学会 (JAP), 朱鷺メッセなど 新潟, 19a-C42-2, 2024/9/19
- [2] 兼近将一、山口聡、北住幸介、岸田佳大、伊勢川和久、木本康司、放射光を用い反射X線トポグラフィによる GaN 基板の評価, 第21回 SPring-8 産業利用報告会, サンビーム、兵庫県、豊田中研、JASRI、

SP8利用推進協議会, 科学技術館 東京, P15 S08, 2024/9/10

- [3] 渡辺弘紀、成田哲生、兼近将一、富田一義、小島淳、須田淳、五十嵐信行, DPC STEMによるGa_Nエピ膜中転位の電界分布測定, The 80th Annual Meeting of The Japanese Society of Microscopy, 顕微鏡学会, 幕張メッセ、千葉, 3amH_M-1-06, 2024/6/5
- [4] 伊藤健治、成田哲生、井口紘子、岩崎四郎、菊田大悟、狩野絵美、五十嵐信行、富田一義、堀田昌宏、須田淳、兼近将一, 原子層堆積法で形成したAlN界面層によるAlSiO₂/p-GaN MOSFETのチャネル移動度向上としきい値制御, 電気学会 電子デバイス研究会, 電気学会, サニー会議室、東京, EDD-24-034, 2024/7/5

8.6.6 三菱ケミカルGa_N基板デバイス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任教授 磯 憲司	特任准教授 池田 宏隆	特任助教 廣澤 拓哉
-----------	-------------	------------

研究テーマ

高性能デバイス用Ga_N基板に求められる品質及び特性に関する研究

研究の背景・目的

窒化ガリウム（Ga_N）の優れた物性を活用した新規デバイス構造の土台となる高品位Ga_N基板について、以下の内容で研究開発を取り進める。

- ・基板品質（結晶欠陥、不純物等）とデバイス特性との相関調査及びメカニズム解明
- ・高性能デバイス用Ga_N基板に求められる品質及び特性の明確化

成果の概要

昨年度からの継続で、ドーパント種(Fe, C, Mn)と貫通転位密度（4乗台前半cm⁻²、5乗台中盤cm⁻²）を変えた半絶縁性基板上HEMT素子の電気特性を評価した。特性評価後にオーミック電極を除去してエッチピットを形成し、無転位素子と有転位素子で特性差を比較した。その結果、どのドーパント種でも転位密度とHEMT特性に明確な相関は見えていないが、無転位素子間で特性にばらつきがあったことを踏まえると、転位以外の別の要因により転位密度依存性が顕在化していない可能性がある。再確認予定。さらに今年度は、過去データの再検証のため、HEMTエピ構造を変えた素子も評価した。以前はCバッファ層がないとHEMT動作しなかったが（ピンチオフしなかったが）、従来のCバッファ層厚より1/5程度と薄くても、問題無くHEMT動作することを確認した。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Kenji Iso*, Satoru Izumisawa, Diffusion of Acceptor Metal Impurities from Semi-Insulating Ga_N into Undoped Ga_N Epitaxial Layers, Phys. Status Solidi B, 2500021, 2025

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Kenji Iso^{1,2,*}, Satoru Izumisawa¹, Diffusion of acceptor metal for semi-insulating-GaN in Ga_N channel, 12th International Workshop on Nitride Semiconductors, 37, 2024/11/6, Hawaii, US

8.6.7 Photo electron Soul GaN電子ビームデバイス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任講師 鹿野 悠	特任助教 佐藤 大樹
-----------	------------

研究テーマ

GaN の新たなアプリケーションである「GaN 電子ビームデバイス」の研究開発

研究の背景・目的

本研究グループは、GaNの可能性を更に拡張することを主眼においている。具体的には、これまでにGaN系半導体材料は光源やパワーデバイスで社会実装が進められてきた中で、本研究開発は新規アプリケーションとして「電子ビーム源としてのGaN系半導体材料」の社会実装を進めているものである。これにより、産業用電子ビームにおいて、およそ50年ぶりの本格的な技術刷新（GaN系半導体フォトカソード電子ビーム）につなげる。

成果の概要

GaN系半導体材料につき、理論計算/シミュレーション等を活用した設計/試作/評価、そして次設計へのフィードバックループにより、想定アプリケーション先（例：電子顕微鏡、電子ビーム加工装置等）の要求仕様を満たす電子ビーム生成、およびアプリケーションの研究開発を進めている。

令和6年度においては、主な想定アプリケーション先として2分野（前年度から継続している電子顕微鏡分野と、それに加えて今年度から新たに加工装置分野）を設定し、研究開発を進めた。電子顕微鏡分野に対しては引き続きGaN系半導体フォトカソード電子ビームならではのアプリケーション実証（半導体デバイスのテスト等）を進め、より広範な半導体デバイスへの適用可能性を実証するに至った。加工装置分野に対しては、当該分野での電子ビーム要求仕様（電流値、エネルギー分散等）を精査しながら、これらを実現するGaN半導体フォトカソードの初期的な設計や試作した。

一連の成果は、GaN系半導体フォトカソードの社会実装をより一層進展させることに貢献するものである。

発表論文等

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] T. Nishitani, Y. Arakawa, K. Niimi, M. Yasuda, D. Sato, A. Koizumi, H. Iijima, Y. Honda, H. Amano, High-speed modulation of probe current using scanning electron microscope with photocathode technology, SPIE. ADVANCED LITHOGRAPHY+ PATTERNING, Paper 13426-133, 2025/2/26, San Jose, California, United States, The international society for optics and photonics (SPIE), ポスター発表

8.6.8 UJ-Crystal超高品質SiC半導体産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

特任准助教 村山 健太

研究テーマ

溶液成長法による超高品質SiCウェーハの社会実装を目指した開発

研究の背景・目的

シリコンカーバイド（SiC）はバンドギャップ、熱伝導率等の物性値が優れておりエネルギー変換効率低下の大幅な抑制が可能ため、省エネ性に優れたSiCパワー半導体デバイスの社会実装が期待されている。

社会実装のためには、SiCウェーハの低コスト化、高品質化が必須であり、本研究グループは従来のSiCの製法である昇華法とは異なる溶液成長法を用いて低コスト、超高品質SiCウェーハの社会実装を目指した開発を行っている。

SiCウェーハの社会実装のためには超高品質、かつ大口径SiCウェーハの開発が必要となる。現在のSiCウェーハの主流は6インチであるが、昨今8インチウェーハについての発表が相次いでおり、2025年から2030年にかけて8インチウェーハが主流になると予想されるため、我々は8インチウェーハを製作可能な結晶成長技術の開発を行っている。

成果の概要

宇治原研究室では過去に機械学習を用いて、直径3インチから6インチへの口径拡大を約1年という従来法の1/10程度の開発期間で実現している。

我々は開発を加速するために宇治原研究室と連携し、6インチの結晶成長条件を元にして8インチを探索する機械学習モデルを構築した。得られた結晶成長条件での結晶成長を行い、更に実施することで、8インチの長尺のインゴットの成長を実現している。

2024年9月にはアメリカ・ノースカロライナ州ローリーで開催されたSiCの材料からデバイスまでの技術を網羅する重要な国際会議であるICSCRM（International Conference on Silicon Carbide and Related Materials）2024において企業出展を行った。会場において世界初となる溶液法を用いた大口径8インチSiC単結晶のサンプルを展示し、溶液法SiC結晶成長の進歩を示した。

発表論文等

Ⅳ. 国際学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] T. Ujihara, T. Furusho, K. Suzuki, D. Shimoda, K. Wakamiya, T. Yonaha, K. Murayama, K. Kurashige, H. Ishibashi, K. Kamei, 8-inch Thick SiC Crystals Grown by Solution Growth Method Combined with Digital Twin, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM 2024), Scientific Books of Abstracts Vol. 8, pp 597-598, Sept 29 - Oct 4, 2024, Raleigh Convention Center, ICSCRM Organizing Committee

8.6.9 アイクリスタル半導体プロセスインフォマティクス産学協同研究部門

以下に、令和6年度の成果を教員または研究グループごとにまとめた。

客員准教授 高石 将輝

特任講師 長田 圭一

特任助教 安川 滉啓

研究テーマ

多数の半導体製造工程を最適化するデジタルツイン／最適化技術

研究の背景・目的

半導体デバイスの更なる性能向上に向けて、個別工程の最適化だけでなく、Siウェーハ内部の不純物濃度

分布や欠陥密度分布をデバイス構造に合わせて適切に調整する必要がある。現状、ウェーハからデバイス製造までを一体で最適化する仕組みはなく、新たなデジタルツイン技術と全体最適化アルゴリズムで全工程の統合的な最適化を目指して研究を進めている。

成果の概要

プロセスレシピからSiウェーハ内部の状態を予測できるデジタルツインを工程ごとに構築し、そして、これらのデジタルツインを相互に接続することで、仮想空間上に一気通貫の全体最適化環境を構築した。これを「メタファクトリー」というアプリケーションとして構築した。

このメタファクトリーを将来的に先端ロジック、メモリ、パワー半導体、イメージセンサー、さらにシリコン以外の半導体デバイスの半導体製造プロセスプロセスに横展開することを見据え、データやデジタルツインを秘匿化しながらプロセス最適化するための技術調査や、プラットフォーム化に向けた課題抽出にも取り組み、社会実装に向けた基盤構築を目指す。

発表論文等

V. 国内学会・口頭発表等

a. 招待講演

- [1] 関 翔太、長田圭一、笠原亮太郎、高石将輝、杳掛健太郎、宇治原 徹、機械学習によるMOSFET閾値電圧の離散不純物起因ばらつきの統計的な解析、応用物理学会シリコンテクノロジー分科会第253回研究集会、応用物理学会、電子情報通信学会共催、機械振興会館、No.10, 2024/11/7
- [2] 関 翔太、長田圭一、高石将輝、笠原亮太郎、杳掛健太郎、宇治原 徹、機械学習によるMOSFET閾値電圧の離散不純物起因ばらつきの統計的な解析、電子情報通信学会シリコン材料・デバイス研究会(SDM)、電子情報通信学会、応用物理学会共催、機械振興会館、No.10, 2024/11/8

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 関 翔太、長田 圭一、高石 将輝、笠原 亮太郎、杳掛 健太郎、宇治原 徹、機械学習を用いた離散不純物によるMOSFET閾値電圧ばらつきの統計的な解析、第85回応用物理学会秋季学術講演会、応用物理学会、ホテル日航新潟、20p-C43-9, 2024/9/20
- [2] 長田 圭一、勝岡 輝行、田中 陸久、川手 章也、関 翔太、セパシィ サイド、渡辺 宣文、研削シミュレーションにおける自己回帰モデルの蓄積誤差低減の検討、第85回応用物理学会秋季学術講演会、応用物理学会、朱鷺メッセ、20p-A21-3, 2024/9/20
- [3] Roberto Iaconi, Riku Tanaka, Kevin Operiano, Susumu Maeda, Fumiya Kawate, Sepasy Saeed, Yoshifumi Watanabe, Atsunobu Une, Towards accurate CMP simulations: Bridging experimental data and numerical models for 6-in SiC wafers, 第72回応用物理学会春季学術講演会、応用物理学会、東京理科大学野田キャンパス、16a-K103-8, 2025/3/16
- [4] 関 翔太、中西 佑児、松岡 毅、前田 進、高石 将輝、楠木 琢也、永井 勇太、永倉 大樹、谷川 公一、杳掛 健太郎、宇治原 徹、半導体製造における企業間を跨いだデジタルツインによるウェーハ・デバイスプロセスの全体最適化、第72回応用物理学会春季学術講演会、応用物理学会、東京理科大学野田キャンパス、17a-K505-2, 2025/3/17
- [5] Kevin Operiano, Roberto Iaconi, Riku Tanaka, Fumiya Kawate, Sepasy Saeed, Yoshifumi Watanabe, Enhancing an Autoregressive Generative Wafer Polishing U-net Model, 第72回応用物理学会春季学術講演会、応用物理学会、東京理科大学野田キャンパス、17a-K505-7, 2025/3/17

8.7 超高圧電子顕微鏡施設

以下に、令和6年度の施設としての成果をまとめた。

教授 武藤 俊介	教授 斉藤 晃	教授 五十嵐信行
教授 山本 剛久	教授 榎原 真人	准教授 成田 哲博
准教授 長尾 全寛	講師 大塚 真弘	技術職員 山本 悠太
技術職員 樋口 公孝	事務補佐員 西浦 結香	特任准教授 荒井 重勇
技術補佐員 中野美恵子	技術補佐員 中尾 知代	技術補佐員 依田香保留
研究員 大住 克史	研究員 白倉 治郎	研究員 田中 信夫

研究テーマ

当施設は、全国共同利用施設として学内はもとより広く国内外の研究者に対して、先端電子顕微鏡装置群の供用および依頼分析などの要望に応じている。現在、文部科学省先端研究基盤共用促進事業（共用プラットフォーム形成支援プログラム）の事業を通して我が国の材料開発の最先端に貢献している。

活動の詳細は、毎年発行の年報「名古屋大学 電子光学研究のあゆみ」を参照されたい。

発表論文等

I. 論文（査読のある学術誌等）

a. 査読付き論文

- [1] Chaoqi Chen, Satoru Ikemoto, Gen-ichi Yokota, Kimitaka Higuchi, Satoshi Muratsugu, Mizuki Tada; Low-temperature redox activity and alcohol ammoxidation performance on Cu- and Ru-incorporated ceria catalysts, Phys. Chem. Chem. Phys., 2024, 26, 17979
- [2] Yu Ogura, Kaito Mishina, Sena Hoshino, Kimitaka Higuchi, Tatsuya Yokoi, Atsutomu Nakamura, Katsuyuki Matsunaga; Spectrophotometric analyses on electronic structures of glide dislocation cores in ZnS, J Am Ceram Soc. 2024; e20332
- [3] Man-Ge Cai, Arina Watanabe, Zhenyu Xu, Yong-Chang Zhai, Achmad Syarif Hidayat, Naoki Ueoka, Miftakhul Huda, Kimitaka Higuchi, Esko I. Kauppinen, Kazumasa Funabiki, Yutaka Matsuo; Heptamethine cyanine dye-doped single-walled carbon nanotubes electrode for improving the performance of HTL-free perovskite solar cells, Molecules 2025, 30, 60
- [4] Moriyama, Takumi; Muratsugu, Satoshi; Sato, Mitsuhiro; Higuchi, Kimitaka; Takagi, Yasumasa; Tada, Mizuki; Pt Gd Alloy Nanoparticles from Organometallic Pt and Gd Complexes and Hollow Mesoporous Carbon Spheres: Enhanced Oxygen Reduction Reaction Activity and Durability, J.Am.Chem.Soc.2025,147,1262 — 1270
- [5] Shin Kajita, Giichiro Uchida, Hirohiko Tanaka, Kiho Tabata, Yuta Yamamoto, Noriyasu Ohno, "Nanoporous Helium-Silicon Co-Deposition Thin Film via Plasma-Assisted Process for Lithium-Ion Battery Anodes", Advanced Energy and Sustainability Research, 2024 (2025) 2400300.
- [6] R Zhang, S Kajita, D Hwangbo, H Tanaka, Y Yamamoto, N Ohno, "Formation of micro-pillars on W by He plasma irradiation with N₂/Ar impurities", Materialia, 39, 102341 (2025)
- [7] Akira Oda, Yuya Kimura, Koyo Ichino, Yuta Yamamoto, oJun Kumagai, Gunik Lee, Kyoichi Sawabe, Atsushi Satsuma, "Rutile TiO₂-Supported Pt Nanoparticle Catalysts for the Low-Temperature Oxidation of Ethane to Ethanol", J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 29, 20122–20132
- [8] Akira Oda, Nodoka Ogawa, Yuta Yamamoto, Kyoichi Sawabe, Atsushi Satsuma, "Atom-to-nm Scale Engineering of PtCo Alloy Catalysts over Supported Co Nanoparticles for Advanced Toluene Hydrogenation Efficiency in Hydrogen Storage Applications", ACS Catal. 2025, 15, 4, 3191–3202

- [9] Keiji Yasuda, Takuya Iwata, Yuki Mizuno, Yuta Yamamoto, "Synthesis of Au@Pd core-shell nanoparticles by ultrafine bubbles and ultrasound without capping and reducing agents", Chemistry Letters, 2024, Vol. 53, No. 7
- [10] Yuki Mizuno, Yuta Yamamoto, Tsuyoshi Yamaguchi, Keiji Yasuda, "Size control of Au@Pt core-shell nanoparticles for enhanced catalytic activity using ultrafine bubbles and ultrasound", Japanese Journal of Applied Physics 64, 03SP32 (2025)

IV. 国際学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] Yuki Saito, Yoshiaki Miyamoto, Rika Uchida, Takamichi, Matsuno, Eisuke Yamamoto, Kimitaka Higuchi, Minoru Osada, Atsushi Shimojima, Design of silicone-based elastomers using mesoporous silica nanoparticles as cross-linkers of polydimethylsiloxane, 22nd international Sol-Gel conference (SolGel2024), 2024.9.4, ベルリン, international Sol-Gel society
- [2] Shin Kajita, Giichiro Uchiba, Hinohiko Tanaka, Kiho Tabata, Yuta Yamamoto, Noriyasu Ohno, Nanoporous Amorphous Silicon Thin Films Fabricated with Helium Plasma for Lithium Ion Battery Application, PRiME 2024 Joint International Meeting, A07-0822, 2024.10.6-11, Honolulu, USA, ECS, ECSJ, KECS

V. 国内学会・口頭発表等

b. 一般講演（ポスター発表を含む）

- [1] 多胡諒弥, 三石郁之, 柏倉一斗, 丹羽由実, 小川ともよ, 廣田翠, 田原譲, 樋口公孝, 大町遼, 北浦良, 河原憲治, 吾郷浩樹, 野本憲太郎, 清水貞行, 鶴岡和之, 田川雅人, 田中清尚, グラフェン超薄膜を用いた高機能汎用型光学素子の開発(3), 日本天文学会 2024年秋季年会, 日本天文学会, 関西学院大学 神戸三田キャンパス, V341a, 2024.9.11
- [2] 山本雅紀, 林幸希, 梶田信, 田中宏彦, 山本悠太, 大野哲靖, ヘリウムータングステン共堆積層のスパッタリング特性, 第41回 プラズマ・核融合学会 年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船堀, 東京, 19P64, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [3] 林幸希, 山本雅紀, 梶田信, 田中宏彦, 大野哲靖, ヘリウムータングステン共堆積層における粒子吸蔵特性の分光的評価に関する検討, 第41回 プラズマ・核融合学会 年会, プラズマ・核融合学会, タワーホール船堀, 東京, 19P65, 2024.11.17-20, ポスター発表
- [4] 織田晃, 稲垣皓亮, 木村友哉, 山本悠太, 薩摩篤, エタンからエタノールへの酸化を長時間持続する PtTi 合金ナノ触媒, 第134回触媒討論会, 触媒学会, 名古屋大学東山キャンパス, 2H13, 2024.9.18-20
- [5] 織田晃, 市野宏洋, 山本悠太, 沢邊恭一, 薩摩篤, PtCu ナノ粒子内包 Silicalite-1 によるメタンからメタノールへの選択酸化, 吸着-ゼオライト合同研究発表会, 日本吸着学会, 日本ゼオライト学会, タワーホール船堀, 東京, 1B-03, 2024.12.2-4
- [6] 水野裕貴, 山本悠太, 山口毅, 安田啓司, ウルトラファインバブルと超音波による Au@Pt ナノ粒子の粒子径制御と触媒活性の評価, 第45回超音波エレクトロニクス基礎と応用に関するシンポジウム, NPO法人超音波エレクトロニクス協会, 明治大学駿河台キャンパスアカデミーコモン, 東京, 3P4-8, 2024.11.25-27, ポスター発表

8.8 研究成果一覧

本章に掲載した令和6年度の成果等について、主要項目の件数一覧を以下に示す。

項 目	令和6年度(件数)
論文等	331
著書	23
解説	20
国際学会・口頭発表等 招待講演	118
国際学会・口頭発表等 一般講演	350
国内学会・口頭発表等 招待講演	104
国内学会・口頭発表等 一般講演	576
特許等（出願）※非公開件数含む	20
特許等（公開）	32
特許等（登録）	22

令和6年度

活動報告書

 名古屋大学
未来材料・システム研究所

〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
TEL : 052-789-5262 FAX : 052-747-6313

<https://www.imass.nagoya-u.ac.jp>

MAKE NEW STANDARDS.
 東海国立
大学機構

 名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY