IMaSS
Institute of Materials and Systems for Sustainability

ナノスピンデバイスの研究

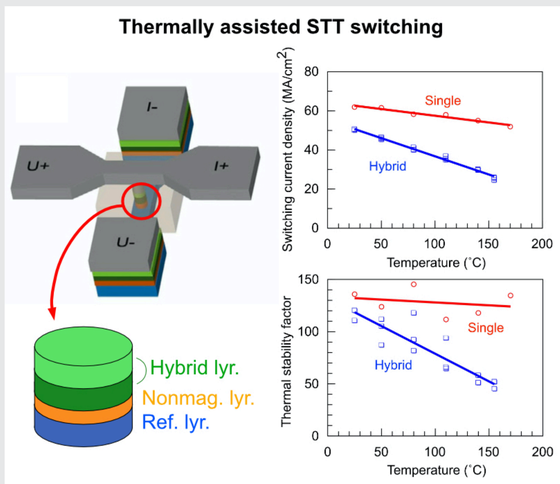
Research on nano-spin devices

加藤研究室
Advanced Measurement Technology Center

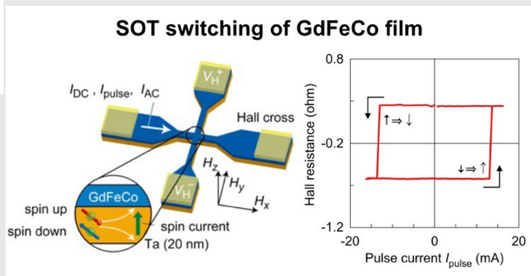
加藤研究室では、情報機器の高機能化や省エネルギー化を実現するスピントロニクス、ナノスピンデバイスを研究しています。

磁気ランダムアクセスメモリの高効率書き込み手法の開発

磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）は記録層に磁性材料を用いたメモリであり、記録の保持にエネルギーを消費しないため、省電力メモリとして期待されています。MRAMのさらなる高密度化のためには、高効率な書き換え手法が必要であり、我々は材料の構造を工夫することで高効率な書き換えを試みています。1つはハイブリッド記録層の提案で、高いキュリー温度（磁性が消失する温度）と低いキュリー温度の材料を組み合わせたものを記録層とするもので、これにより熱アシストスピン移行トルク（STT）磁化反転が可能なことを示しました。また、記録層に、正味の角運動量を組成により調整できる希土類-遷移金属（RE-TM）合金を用い比較的低電流でスピン軌道トルク（SOT）磁化反転が可能であることを示しました。さらに研究室では、REとTMの積層構造や3次元磁気メモリのためのCo/Pd積層構造についても調べています。



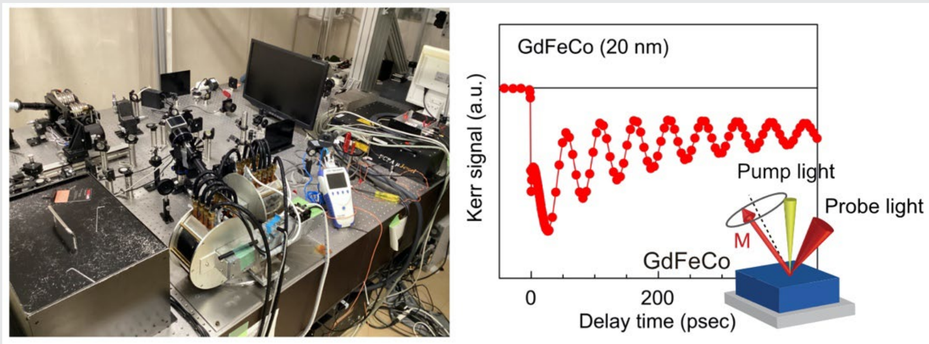
Temperature dependence of STT switching current density of single and hybrid memory layers. Hybrid memory layer effectively decreases STT current density at high temperature while maintaining high thermal stability comparable to single memory layer at room temperature.



SOT switching of GdFeCo (RE-TM alloy) film.

極短パルスレーザーによる磁化ダイナミクスの観測とその制御

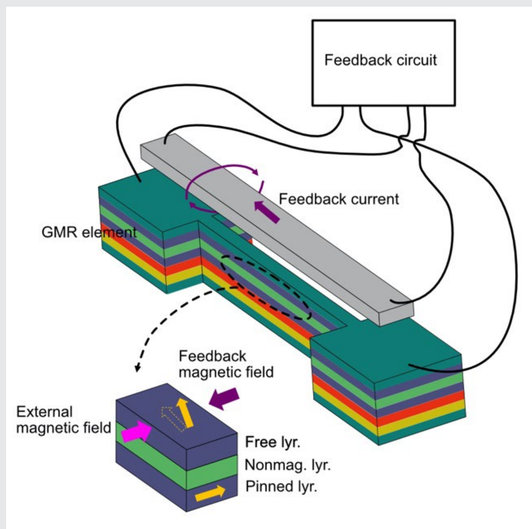
近年、磁気デバイスの高速化が求められていますが、その動作を理解する上でナノ／ピコ秒での磁化のダイナミクスが重要になります。研究室では極短パルスレーザーを用いたpump-probe光学系を作製し、磁気デバイスの動作速度を支配する、磁性材料の歳差運動周波数・緩和過程を調べています。また、裏面にpump光を照射し、表面にprobe光が照射される光学系を構築し、三層構造における光誘起スピン流についても調べています。ナノ／ピコ秒スケールのスピン現象を調べその物理を明らかにするとともに、材料開発に活かしていきます。



Pump-probe optical system and detection of precessional motion of GdFeCo magnetization.

磁気抵抗素子を利用した高機能磁気センサの開発

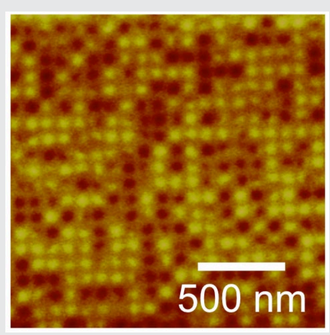
磁気抵抗を利用した磁気センサはハードディスクドライブのヘッド、直線／回転位置検出装置、バイオ磁気センサなどの応用分野がありますが、超電導素子を利用したSQUIDセンサに比べ感度が劣ります。研究室では、磁気抵抗センサの感度向上を目的として、新しい方式の磁気センサを検討しています。1つは磁界検出層に磁壁を導入する、磁壁移動型の磁気抵抗センサです。磁壁が磁界により容易に動く性質を利用したもので、この方式で数十nTという微小な磁界の検出に成功しています。また、フィードバック型の磁気抵抗センサも提案しています。これは常に検出磁界と逆方向に磁界を素子に加え、常に初期状態を維持する方式で、これにより線形性やダイナミックレンジが向上するというメリットがあります。磁気抵抗センサによるpTレベルの磁界の検出を目指し、研究を進めています。



Schematic of feedback type GMR sensor.

イオン照射によるナノスピン構造の作製と磁気デバイスへの応用

イオン注入（照射）は半導体デバイスの作製において欠かせない技術ですが、磁性薄膜においても有効な技術です。磁性材料を適切に選ぶことで、磁気特性を局所的に制御することができ、微細な磁気パターンが材料を削ることなく作製可能です。この技術の応用先の1つはハードディスクドライブの次世代の技術であるビットパターン媒体（BPM）です。通常、BPMの作製にはエッチングや穴埋めが必要ですが、イオン照射法ではそれらの工程なしに磁気的にパターニングすることが可能です。研究室では、BPMへの応用だけでなく、スピントロニクスデバイスへの応用も進めています。



Magnetic image of Ion-beam patterned MnGa.