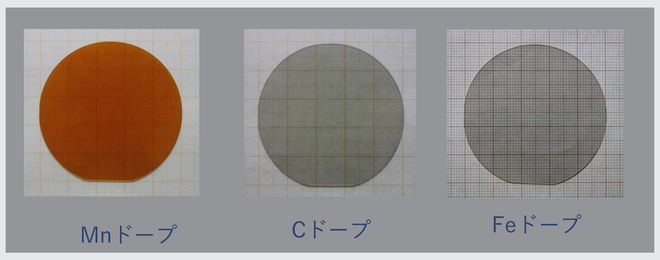
高周波パワーデバイス用GaN 基板における研究

三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門、磯　憲司

三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門では、窒化ガリウム（GaN）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質ＧａＮ基板とデバイス特性の相関やメカニズムについて研究開発を行っています。具体的には、貫通転位密度やオフ角度面内分布、基板の大口径化等の各パラメータが電子デバイスにどういった影響を与えるのかを調査しています。

半絶縁性GaN基板

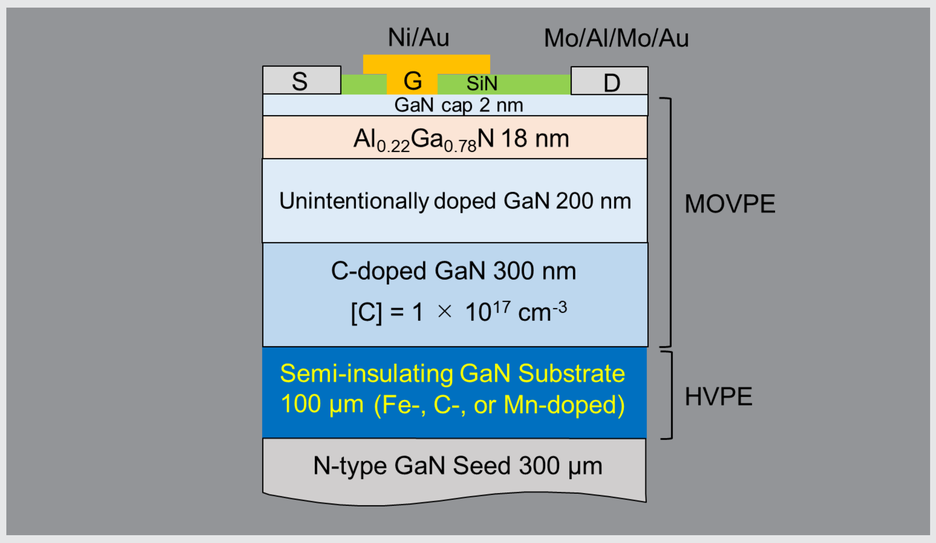
三菱ケミカルでは半絶縁性GaN基板の開発、製造を行っております。バックグランドドーパントの補償アクセプターとしては、一般的に用いられる鉄（Fe）の他にも、カーボン（C）、マンガン（Mn）を採用しています。半絶縁性GaN基板は上層と下層の２層から構成されており、それぞれは半絶縁GaN層（上層～１００μm）、そして、導電性GaN層（下層～３００μm）になります。Feドープ、Ｃドープ、そして、MnドープGaNの室温での抵抗率はそれぞれ、～10^{8}Ωcm、～10^{12}Ωcm、～10^{20}Ωcmだと予想されます。本研究室では、これらの半絶縁性GaN基板をシードとして用いて、高電子移動度トランジスタ（HEMT）を作成しています。抵抗率やこれらアクセプタードーパントの拡散等がHEMTデバイスに与える影響を研究し、より好ましい基板製造に繋げていきたいと考えています。



2インチ半絶縁性GaN基板外観

HEMT製作

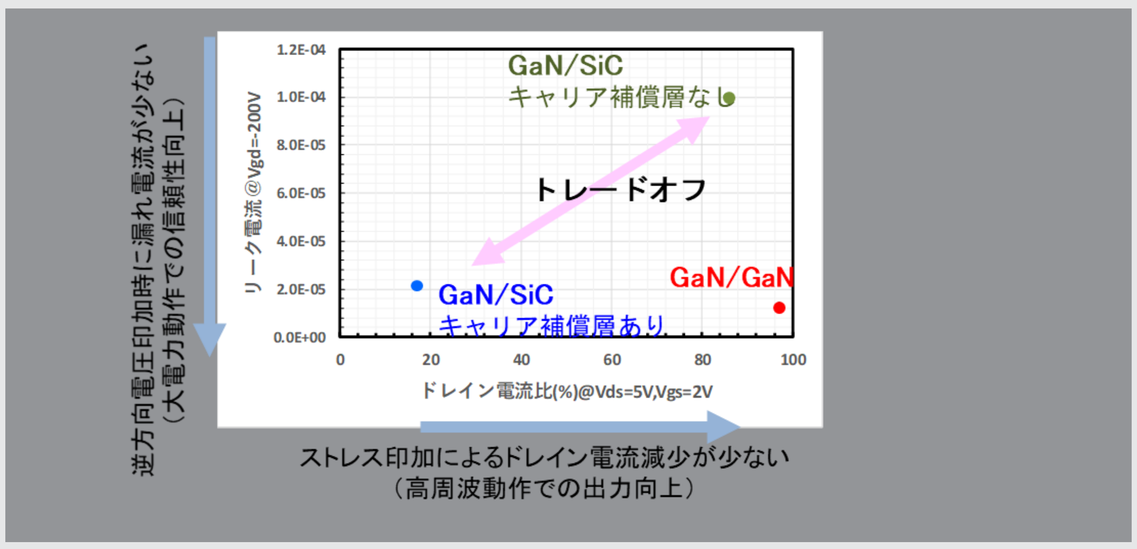
一般的に用いられているSiC基板と異なり、GaN基板を用いたHEMT構造作成においては、基板界面においてAlN核形成層や厚いGaN層は不要になります。このため、HEMT構造は非常にシンプルになります。また、デバイスの貫通転位は用いたGaN基板をほぼ引き継ぎますので低転位デバイスの取得が容易になります。



半絶縁性GaN基板上HEMT構造

HEMT特性評価

GaN基板上HEMTの優位性を実証するために、SiC基板上HEMTとGaN基板上HEMTの比較を行いました。 SiC基板上HEMTとしては以下の２通りの構造を作成しました。１つ目は、(a)AlN核形成層とGaNバッファー層の間にキャリア補償層（高濃度CドープGaN層）を挿入したもの、２つ目は、(b)キャリア補償層なし、のものです。キャリア補償層があるものの場合は、ゲートリーク電流（Vgd=-200V）は小さいが、ストレス印加時のドレイン電流減少が著しいことが分かりました（いわゆる電流コラプス）。一方、キャリア補償層がないものの場合は、ストレス印加時のドレイン電流減少は小さいが、ゲートリーク電流は大きいことが分かりました。これらはトレードオフの関係となり両立は困難でした。一方、 GaN基板上HEMTはキャリア補償層は不要であるために、ゲートリーク電流と電流コラプス抑制の両立が可能でした。



GaN基板上HEMTとSiC基板上HEMTの比較