

GaN 系パワーデバイスの最近の進展と今後の展開

Recent Progress and Future Prospects of GaN-based Power Devices

名大院工¹, 名大未来研² [○]須田 淳^{1,2}

Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMaSS² [○]Jun Suda^{1,2}

E-mail: suda@nuee.nagoya-u.ac.jp

次世代パワーデバイスとして、GaN 系パワーデバイスに大きな期待が寄せられている。Si 基板上 AlGaIn/GaN 高電子移動度トランジスタ(HEMT)横型パワーデバイスは、同耐圧の Si パワーデバイスに対して、超低オン抵抗、超高速スイッチングという特長を有しており、既に国内外で量産が開始されている。スイッチング電源やサーボモータアンプなどへの搭載もはじまっており、今後本格的な普及が期待される。一方、高耐圧・大電流動作が期待される GaN 基板上の GaN 縦型パワーMOSFET については、先駆的ないくつかの試作報告例はあったが、結晶成長、イオン注入技術、ゲート絶縁膜技術など、パワーMOSFET を作製するための基盤技術が未熟な状況にあった。ここ 4 年間、日米で GaN 縦型パワーデバイスに関する大型プロジェクト進められたこともあり、これらの基盤技術は大きく進展した。非常に難しいと考えられていたイオン注入による p 型ドーピングについて、複数の研究機関から異なるアプローチで p 型化の報告が相次いでなされるようになったことは特筆すべきことである。ゲート絶縁膜については、GaN エピ層上ではノーマリオフで $100\text{cm}^2/\text{Vs}$ を大きく超える移動度が実現できることが報告されている。また、DMOSFET 構造作製に向けて Mg イオン注入領域に対する MOSFET の試作報告も行われている。

GaN 縦型パワーMOSFET はデバイスが作製可能か、という段階は克服して、次は高性能デバイスを実現するために、個々の基盤技術を研ぎ澄ます段階に入ってきた。そのためには、いろいろな工夫を加えて成長条件あるいはプロセス条件を探索すると共に、試料を詳細かつ多角的に評価して現象を明らかにすることが重要となる。実際、Mg イオン注入に関しては、陽電子消滅法や時間分解フォトルミネッセンス法などによりアニール挙動が詳細に調べられつつある。

別の観点では、実用化(量産化)を視野に入れた研究展開も必要な段階になってきた。貫通転位の低減は重要ではあり、無転位結晶が理想であることは間違いないが、現実的にはデバイス不良を引き起こすいわゆるキラ欠陥を特定して、そのキラ欠陥に狙いを定めた低減技術に注力することが重要である。また、将来の量産化をにらんで(将来的に)コスト低減が可能な技術に展開することも重要となる。例えば、縦型パワーデバイスの耐圧維持層は、現時点では最も実績のある MOVPE 法が用いられているが、3 kV 以上の高耐圧パワーデバイスで必要となる $20\mu\text{m}$ を超える厚いドリフト層を成長するためには MOVPE 法の成長速度は現実的ではない。残留不純物の低減が難しいとされている HVPE 法であるが、最近では汚染源となる石英部品を装置から排除することで高純度 GaN の高速成長が可能になったという報告もされている。

本講演では、GaN のエピタキシャル成長技術とデバイスプロセス技術についての最近の進展を紹介し、今後重要となる課題について議論する。