

イオン注入を用いた GaN 系 MOSFET の研究

Investigation of GaN MOSFET fabricated with ion implantation process

富士電機 高島 信也

Fuji Electric Co., Ltd. Shinya Takashima

E-mail: takashima-shinya@fujielectric.com

広いバンドギャップを有する GaN はその優れた物性値から、Si, SiC に代わる次世代の低損失パワースイッチング素子としての応用が期待されている。これまで GaN はヘテロエピを用いた横型デバイスが活発に研究されてきたが、近年、GaN 自立基板技術の発展に伴い、GaN 基板を用いた縦型構造で 1 kV を超える耐圧のトランジスタが相次いで報告されている。大電流、高耐圧用途でのスイッチングには縦型構造が有利であるが、大電力を扱うためには絶縁ゲート駆動でノーマリーオフ動作を実現可能な MOS ゲートが好ましく、縦型 MOSFET が有力な候補となる。

ここ数年、GaN 縦型 MOSFET 実現に向けた研究開発が活発化しているが、その中でも特に MOS チャンネルの特性制御とイオン注入は非常に重要な技術課題である。パワーデバイスとしては回路の安全性の観点からしきい値 3V 以上が要求される。また、低オン抵抗の MOSFET を実現するためには、チャンネル移動度が十分に高いことが必要であり、しきい値制御と高移動度の両立可能性について検証を進めている。更に、実用的な縦型 MOSFET 構造の実現に向けては、局所的に伝導型を制御可能なイオン注入技術の活用が必須であり、イオン注入層上での MOSFET 検討も行っている。

MOSFET のチャンネル特性を制御するために、第一には良好な MOS 界面が必要である。我々はプラズマ CVD で成膜した SiO₂ を用い、界面準位の少ない SiO₂/GaN 界面を形成できることを確認した。次に、反転チャンネル MOSFET に必要な 10¹⁷ cm⁻³ 程度の低アクセプタ濃度層を Mg ドープエピ成長で制御できることをホール効果測定で確認した。これらを用い、GaN における MOS チャンネルの原理確認として、p-GaN 層上にソース/ドレインを Si イオン注入により形成して横型 MOSFET を作製し、p 型ドーピング濃度によるしきい値の制御や 100 cm²/Vs を超えるチャンネル移動度が実現可能であることを実証した。さらに、p ウェルを想定した Mg 注入層上においても横型 MOSFET の原理検証を行い、エピ上同様に 100 cm²/Vs を超える高い移動度が得られ、注入プロセスを用いた低オン抵抗縦型 MOSFET の実現に期待が持てる。一方で、注入層欠陥に起因すると疑われるしきい値変動も見られており、今後も特性改善を進めていくことが必要である。

謝辞

本研究は産総研、山梨大、京都大、名古屋大、東北大、筑波大との共同研究の成果であり、本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス」 (管理法人: NEDO) によって実施されました。