

イオン注入を用いた GaN MOSFET の進展と高性能化への課題

Progress and issues of GaN MOSFET fabricated with ion implantation process

富士電機¹, 物材機構², ○高島信也¹, 田中亮¹, 上野勝典¹, 江戸雅晴¹, 三石和貴², 埋橋淳²,
大久保忠勝², 宝野和博², 陳君², 関口隆史², 色川芳宏², 生田目俊秀², 小出康夫²

Fuji Electric¹, NIMS² ○Shinya Takashima¹, Ryo Tanaka¹, Katsunori Ueno¹, Masaharu Edo¹,

Kazutaka Mitsuishi², Jun Uzuhashi², Tadakatsu Ohkubo², Kazuhiro Hono², Jun Chen², Takashi
Sekiguchi², Yoshihiro Irokawa², Toshihide Nabatame², and Yasuo Koide²

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。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。基本的な要素技術の中で、将来の微細化による特性制御や特性改善、低コストの実現のために、イオン注入技術は避けて通れない。我々はこれまで Mg イオン注入を行った GaN 上で MOSFET のチャネル特性を検証し、Mg 注入ドーズに応じしきい値と移動度が変化すること、Mg 注入層上においても 100 cm²/Vs を超えるチャネル移動度が実現可能であることを確認した[1]。また、選択注入により Mg 注入ウェルおよび Si 注入ソース領域を形成したプレーナーゲート型の縦型 MOSFET においてトランジスタ動作を実証し、イオン注入プロセスを用いた低コスト縦型 GaN MOSFET の実現可能性を示した[2]。

縦型 GaN MOSFET の性能向上には Mg 注入層の特性向上が鍵となる。例えば、耐圧向上には Mg 注入領域の活性化向上や欠陥低減が重要である。また、実際のスイッチング動作を安定化させるためには良好な p+コンタクトの形成や注入層でのホール伝導性が必要となる。広い濃度範囲で注入層特性を向上させるための課題把握として、特に高濃度 Mg 注入層で生じる欠陥構造や Mg 分布についての評価を進めた。高分解能 TEM 分析により、高温熱処理を行った Mg 注入層においてピラミッド状や線状の欠陥構造が形成されることが分かった[3]。更に、3 次元アトムプローブ分析により、形成された欠陥構造に Mg が偏析し、偏析箇所以外では平均 Mg 濃度が低下する課題が明らかとなった。斜め研磨法を用いたカソードルミネッセンスからは貫通転位への Mg 拡散も確認されている[4]。縦型 GaN MOSFET の実用化に向けこれらの特異的な構造を制御するために、今後イオン注入と熱処理プロセスの改善はもちろん基板品質の向上も必要である。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けたものです。

[1] R. Tanaka *et al.*, Applied Physics Express 12, 054001 (2019). [2] R. Tanaka *et al.*, ISGN-7, Th1.4, 2018, Warsaw, Poland. [3] A. Kumar *et al.*, Nanoscale Research Letters (2018) 13:403. [4] J. Chen *et al.*, Applied Physics Express 12, 051010 (2019).