

酸素プラズマ処理による AlGaIn/GaN HEMT の電流コラプス改善

Improved Current Collapse in AlGaIn/GaN HEMTs by O₂ Plasma Treatment

福井大院工 ○坂井田 佳紀, 徳田 博邦, 葛原 正明

Graduate School of Engineering, University of Fukui

○Yoshiki Sakaida, Hirokuni Tokuda, Masaaki Kuzuhara

E-mail: sakaida.0527@gmail.com

はじめに AlGaIn/GaN HEMT は高効率、高耐圧、高温特性に優れており次世代パワースイッチング素子への応用が期待されている。しかし、高電圧スイッチング動作時にオン抵抗が増加する電流コラプス現象が問題となっている。また、酸素プラズマ処理は半導体プロセスとして広く検討されており、電流コラプスにも影響を与えることが報告されている[1]。本研究では表面保護膜成膜前の表面処理として酸素プラズマ処理を行い、電流コラプスに与える影響について詳細に評価したので報告する。

実験 SiC 基板上に AlGaIn/GaN ヘテロ接合を成長した。AlGaIn 障壁層は厚さ 25 nm、Al 組成は 20 % を使用した。素子分離の後、オーミック電極とゲート電極を形成し、酸素プラズマ処理を表面保護膜成膜の前処理として行った。処理条件はプラズマパワーを 100 W、処理時間を 60 s とした。処理後に表面保護膜として SiN を堆積した。作製した HEMT のゲート長は 3 μm、ゲート-ドレイン間距離は 10 μm である。電流コラプスを定量的に評価するため、パルス I-V 測定を行った。ゲートに印加するパルス電圧のオン時間を 1 μs から 10 s まで変化させ、オフ時間は 100 ms に固定した。オフ時のドレイン電圧は 100 V とした。詳細な測定方法は参考文献[2]に拠った。動的オン抵抗(Dynamic R_{on})は、オン時のドレイン電圧とドレイン電流から導出した。また、動的オン抵抗と静的オン抵抗(Static R_{on})の比を規格化動的オン抵抗(Normalized Dynamic R_{on}: NDR)と定義した。

結果 図 1 に NDR のオン時間依存性を示す。結果から、酸素プラズマ処理を行った素子の NDR が処理を行わない素子に比べて大幅に減少していることが分かった。また、この結果を以下の複数の指数関数からなる式を用いてフィッティングを行った[3]。

$$NDR = 1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right)$$

フィッティング結果から τ_i を求め、Shockley-Read-Hall 統計を用いて捕獲電子のエネルギー準位を導出した。図 2 に捕獲準位と α_i の関係を示す。指数関数項の係数である α_i は電子捕獲によるオン抵抗の増加分に関係し、捕獲電子密度の大きさに対応する。酸素プラズマ処理が、0.3~0.7 eV のエネルギー準位に捕獲された電子密度を大幅に減少させる効果をもつことが明らかとなった。

まとめ 本研究では表面保護膜成膜前処理として酸素プラズマ処理を行うことによる電流コラプス現象への影響を調べた。酸素プラズマ処理を行った結果、0.3~0.7 eV のトラップ準位の捕獲電子密度が大幅に減少し、電流コラプス低減に効果的であることが分かった。

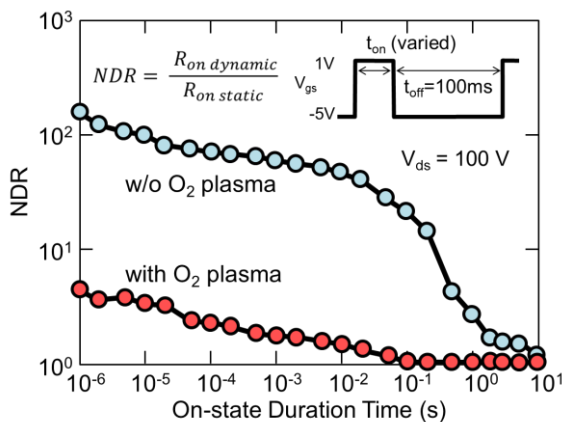


図 1 NDR のオン時間依存性

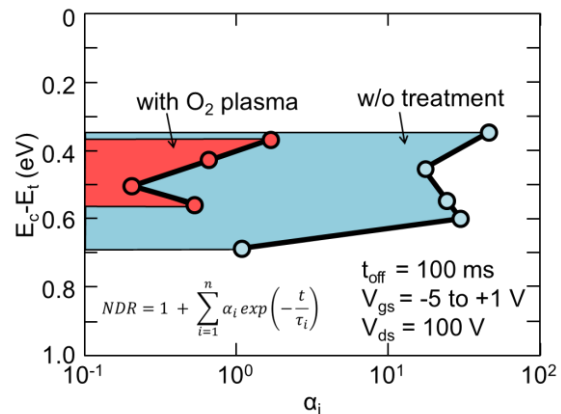


図 2 トラップ準位の捕獲電子密度依存性

参考文献 [1] D. J. Meyer et al., CS MANTECH, Technical Digest, 305 (2008). [2] Md. Tanvir Hasan et al., IEEE Electron Device Lett., 34, 1379 (2103). [3] J. Joh and J. A. del Alamo, IEEE Trans. Electron Devices, 58, 132 (2011).