

Mg イオン注入後超高压アニールを行った GaN の MOS 界面近傍伝導帯付近禁制帯準位の評価

Evaluation of gap-states near conduction band in the vicinity of MOS interface for
Mg-ion-implanted GaN after ultra-high-pressure annealing

北大量集センター¹, 豊田中研², 名大未来材料・システム研³, Unipress⁴

°(M1) 畠山 優希¹, 赤澤 正道¹, 成田 哲生², Michal Bockowski^{3,4}, 加地 徹³

RCIQE, Hokkaido Univ.¹, Toyota Central R&D Labs., Inc.²,

IMaSS, Nagoya Univ.³, Unipress, Poland⁴,

°Yuki Hatakeyama¹, Masamichi Akazawa¹, Tetsuo Narita², Michal Bockowski^{3,4}, Tetsu Kachi³

E-mail: hatakeyama@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】GaN は、大きな禁制帯幅、高い絶縁破壊電界、高い電子移動度、高い飽和電子速度を有するので、高効率パワーMOSFET を実現する材料として有望である。その実現のためには、イオン注入技術の確立が重要な課題である。イオン注入後の GaN に対する超高压アニール(UHPA) [1]は、その確立のために非常に有望な技術である。n チャネル反転型 MOSFET の良好な動作のためには GaN MOS 界面の制御が必須である。今回我々は、UHPA 後の Mg イオン注入 GaN を用いて MOS 構造を作製し、伝導帯付近の界面近傍禁制帯準位について調べた結果を報告する。

【実験方法】MOVPE 法により、n-GaN 自立基板上に n-GaN エピタキシャル層($n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を成長し、50 keV で最高濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で Mg イオン注入後を行った後、1GPa 窒素雰囲気中において 1250°C および 1400°C での UHPA を行った。さらに、ALD Al_2O_3 層と Ni/Au 電極の形成を行い、裏面に Ti/Au オーミックコンタクトを形成し、MOS ダイオードを作製した。完成後、同ダイオードに大気中 300°C、3 時間の熱処理 (PMA) を施してから C-V 測定を行った。比較のため、1250°C において AlN を用いた常圧窒素雰囲気中キャップアニールを行った試料も作製した。

【結果と議論】作製した MOS ダイオードの C-V 特性より導出した酸化物-半導体界面近傍の禁制帯準位密度 D_T 分布を Fig.1 に示す。イオン注入直後の試料においては、 $E_C - 0.25 \text{ eV}$ 付近に複合欠陥 $V_N V_{Ga}$ による離散準位が検出された[2]が、高温アニール後には共通して検出されておらず、同欠陥が低減したものと考えられる。これは必ずしもバルクの欠陥の完全回復を意味するわけではなく、特に 1250°C においては文献[3]に報告されているように、 V_N および V_{Ga} 欠陥の凝集により大きな複合欠陥となったために、該当する欠陥準位が検出範囲外となった可能性がある。一方、半導体側のバルク欠陥ではなく界面での乱れに起因する界面準位密度分布には差がみられた。すなわち、1250°C においては、キャップアニール[4]に比べて UHPA は界面準位密度が低減した。しかも、1400°C の UHPA を行っても、界面準位密度は 1250°C 常圧キャップアニールと同程度、あるいは若干低いという結果となった。キャップアニール試料においては、キャップ層除去工程のさらなる最適化により、改善が見込めるものの、キャップレスの UHPA においては良好な界面特性が得られているといえる。

【謝辞】本研究は文部科学省「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」事業 JPJ005357 および「革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発」事業 JPJ009777 の委託を受けました。

[1] H. Sakurai et al., Appl. Phys. Lett. **115**, 142104 (2019).

[2] M. Akazawa et al., Jpn. J. Appl. Phys. **60**, 016502 (2021).

[3] A. Uedono et al., Phys. Status Solidi B **255**, 1700521 (2018).

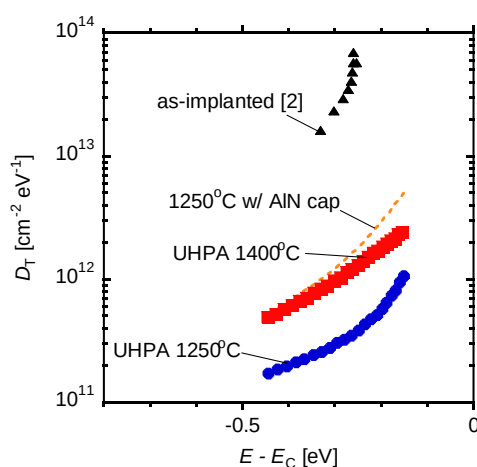


Fig. 1. Gap-state density distributions near E_C in the vicinity of MOS interface for Mg-ion-implanted GaN.