

GaN への Mg イオン高温注入時におけるビーム電流量が 欠陥導入に与える影響

Effect of beam current on the formation of defects by high-temperature implantation of Mg ions into GaN

○ (M1) 伊藤 佑太¹, 渡邊浩崇², 安藤悠人¹, 田中敦之^{2,3},
出来真斗⁴, 新田州吾², 本田善央², 天野浩^{2,3,4,5}

名大工¹, 名大 IMaSS², 物材機構³, 名大 VBL⁴, 名大 ARC⁵

Nagoya Univ.¹, IMaSS Nagoya Univ.², NIMS³, VBL Nagoya Univ.⁴, ARC Nagoya Univ.⁵

E-mail: ito.yuta@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】Mg イオン注入による任意領域の不純物制御は、電界緩和構造や縦型 MOSFET の研究開発に必須の技術である。近年、超高压アニールによる Mg アクセプタ形成の報告例^[1]があるが、未だイオン注入による p 型伝導性の制御は難しい技術とされる。そこで、我々は、Mg 注入時に導入される欠陥を低減するための手法として、試料を 1000 °C 付近に加熱してイオン注入を行うことで、深い局在準位である非輻射再結合中心 (NRCs) が減少することを報告してきた^[2]。しかし、さらに高温の 1000 °C 以上で注入を行うには、それまで用いていた SiN 保護膜では GaN 表面が分解される課題があった。本実験では、それに代わる保護膜として MOVPE 法で低温成長させた AlN を用いることで、1000 °C 以上の高温注入を可能とした。さらに、高温注入での欠陥導入と、注入中の加熱による欠陥修復の相互関係は、未解明な部分が多い。そこで、ビーム電流値を変化させ、単位時間当たりの注入量の変化と結晶欠陥について、フォトルミネッセンス (PL) 評価を行ったのでそれを報告する。

【実験】n 型 GaN 基板の上に MOVPE 法で成長した undoped GaN に Mg イオンを注入した。Mg 濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、深さ 100 nm の Box-profile とし、注入時の保護膜として、MOVPE 法で AlN を両面に 50 nm 低温成長させた。注入時の試料温度は 1000 °C、1050 °C、1100 °C、1150 °C に設定した。それぞれの温度で注入ビーム電流値を 1 μA 、10 μA 、100 μA と変化させ、注入を行った。注入時間は、ドーズ量が一定となるように、それぞれ、7000 s、700 s、70 s とした。AlN 保護膜を剥離後、77 K 低温 PL で評価を行った。

【結果と考察】AlN 剥離後の GaN 表面は、光学顕微鏡にて 1100°C - 1 μA 注入でのみ直径 10 μm 以上のピットが複数確認されたが、その他の試料では表面の分解やピットは確認されなかった。1100 °C 注入後の PL スペクトルを図 1 に示す。バンド端 (NBE) 発光、ドナーアクセプタ対 (DAP) 発光、及び、緑色発光 (GL) が観測された。NBE ピーク強度比、1 μA / 100 μA は 3.8 程度で、より低いビーム電流で高温注入するほど、NBE ピーク強度が増加した。これは、熱処理を行いながら単位時間当たりの注入量を低くすることで、NRCs が減少したと考えられる。DAP ピーク強度に関しても、1 μA 注入時が最大となることが予想されたが、100 μA 注入時と同様な値であった。これは、高温注入過程における Mg の拡散が考えられる。窒素空孔が起因とされる^[3] GL に関しては、1 μA 注入で最小となり、10 μA 、及び、100 μA 注入で最大であったが、GL ピーク強度比、1 μA / 100 μA は 0.7 程度であった。これらのことから、注入電流を低くして高温注入を行うことで、加熱された結晶の欠陥修復効果を有効に活用でき、イオン注入時の欠陥導入が抑制されることが考えられる。

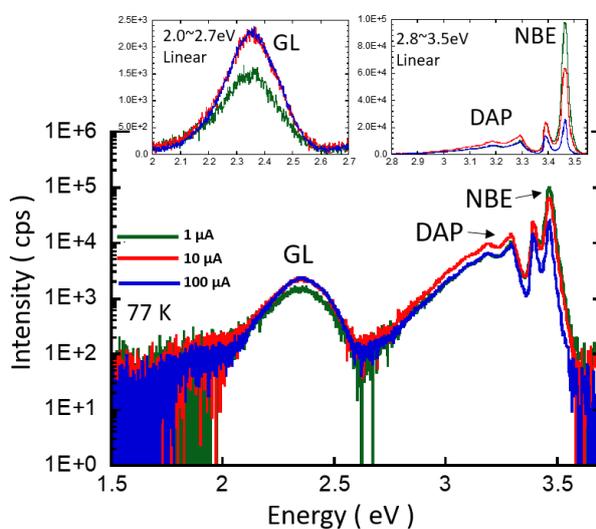


図1 1100°C注入後のPLスペクトル

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

[2] M.Takahashi *et al.*, J.Appl.Phys.**59**,056502 (2020)

[3] C. G. Van de Walle and J. Neugebauer,
J. Appl. Phys. **95**, 3851 (2004)