

GaN 基板上に作製された Mg イオン注入および エピタキシャル成長 Mg 添加 GaN のフォトルミネッセンス評価

Photoluminescence characterization of Mg-implanted and epitaxial Mg-doped GaN on GaN substrates

東北大 多元研¹, 富士電機(株)², 産総研³, 筑波大学⁴ °小島一信¹, 高島信也², 江戸雅晴²,
上野勝典², 清水三聡³, 高橋言緒³, 石橋章司³, 上殿明良⁴, 秩父重英¹
IMRAM-Tohoku Univ.¹, Fuji Electric Co. Ltd.², AIST³, Univ. of Tsukuba⁴
°K. Kojima¹, S. Takashima², M. Edo², K. Ueno², M. Shimizu³, T. Takahashi³,
S. Ishibashi³, A. Uedono⁴, and S. F. Chichibu¹
E-mail: kkojima@m.tohoku.ac.jp

【はじめに】p 型 GaN は、発光デバイスの正孔注入層として重要なだけでなく、電界効果トランジスタのチャネル形成層や高耐圧デバイスのガードリング(電界分布制御構造)としても重要である。したがって、面内の任意位置に Mg イオンを打ち込むイオン注入法による GaN の p 型化は、極めて魅力的な技術であるといえる。しかし、イオン注入 Mg 添加 GaN の光物性を詳しく調べた研究は少なく、いまだ不明な点が残されている。そこで本研究では、転位の影響を除くために GaN 単結晶基板上に作製されたイオン注入 Mg 添加 GaN と、エピタキシャル成長 Mg 添加 GaN の PL 特性を比較し、再現性の高い電気伝導制御への課題について議論する。

【実験】評価試料には、c 面 GaN 単結晶基板上に作製されたイオン注入 Mg 添加 GaN とエピ成長 Mg 添加 GaN を用いた。Mg 濃度は $10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 台で変化させ、すべての試料は 1300°C でアニールを行った。光学特性の評価は、静的フォトルミネッセンス(PL)測定(励起光密度 60 W/cm^2)にて行った。

【結果】図 1 に、イオン注入およびエピ成長 Mg 添加 GaN (Mg 濃度はともに 10^{18} cm^{-3} 台) の低温(10 K)における PL スペクトルを示す(PL 強度は 3.28 eV のそれで規格化した)。 3.28 eV をピークエネルギーとし $2.6 \sim 3.3 \text{ eV}$ にわたるエネルギー幅の広い UV 発光帯(UVL)は、中性ドナーもしくは伝導帯の電子と中性アクセプタ間の遷移を起源に持つと考えられ、この発光帯が観測されたことは、両試料において Mg が Ga を置換した Mg_{Ga} アクセプタが形成されていることを示唆していると考えられる。また、イオン注入 Mg 添加 GaN の PL スペクトルは、緑色波長領域に 2.35 eV をピークエネルギーとするブロードな発光帯(GL)を呈した。

一方、イオン注入 Mg 添加 GaN のバンド端近傍(NBE)発光の強度は、低温であるにもかかわらずエピ成長 Mg 添加 GaN のそれより一桁程度弱い。上殿ら[1]は、高濃度イオン注入 Mg 添加 GaN の陽電子消滅測定を行い、 1300°C アニール後の陽電子で検出できる主な欠陥は Ga 複空孔 $[(\text{V}_{\text{Ga}})_2]$ と窒素空孔 (V_{N}) の複合体 $[(\text{V}_{\text{Ga}})_2(\text{V}_{\text{N}})_n]$, n は整数]であることを報告した。また、秩父ら[2]は V_{Ga} の複合点欠陥が n 型 GaN における NBE 発光の効率を減少させる非輻射再結合中心(NRC)として振舞うことを報告している。したがって、Mg イオン注入によって V_{Ga} 複合体だけでなく陽電子が捕獲されない正に帯電した(ないしは中性の)点欠陥が新たに導入され、それらや上記の $(\text{V}_{\text{Ga}})_2(\text{V}_{\text{N}})_n$ が低温で NRC として振舞うことが考えられる。また、GL は V_{N} に起因するとする報告[3]もあることから、イオン注入 Mg 添加 GaN では V_{N} の制御が極めて重要であることが予想される。

【謝辞】本研究の一部は、NEDO の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)、附置研アライアンスおよび科研費(若手研究(A))により実施された。

【参考文献】[1] Uedono, *et al.*, *pss(b)* **252**, 2794 (2015), [2] Chichibu, *et al.*, *APL* **86**, 021914 (2005); *JAP* **111**, 103518 (2012), [3] M. A. Reshchikov, *et al.*, *PRB* **90**, 035207 (2014).

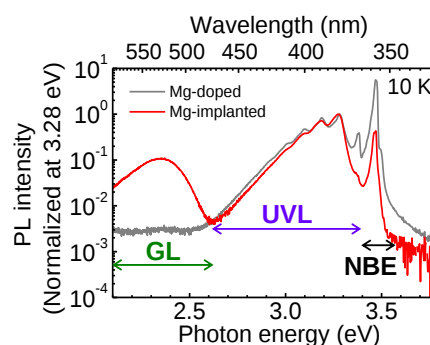


図 1 イオン注入 Mg 添加 GaN (赤線) とエピ成長 Mg 添加 GaN (黒線) の低温における静的 PL スペクトル。