

GaN 基板上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(2)

Photoluminescence characterization of ion-implanted and epitaxial Mg-doped GaN on a GaN substrate (2)

東北大多元研¹, 名大 IMA², 富士電機(株)³, 産総研⁴, 筑波大数物⁵ °秩父重英^{1,2}, 小島一信¹,
高島信也³, 江戸雅晴³, 上野勝典³, 清水三聡⁴, 高橋言緒⁴, 石橋章司⁴, 上殿明良⁵
IMRAM-Tohoku Univ.¹, Nagoya Univ.², Fuji Electric Co. Ltd.³, AIST⁴, Univ. of Tsukuba⁵
°S. F. Chichibu^{1,2}, K. Kojima¹, S. Takashima³, M. Edo³, K. Ueno³, M. Shimizu⁴, T. Takahashi⁴,
S. Ishibashi⁴, and A. Uedono⁵
E-mail: chichibu@tohoku.ac.jp

【はじめに】p 型 GaN は、正孔濃度の違いにより、発光素子のコンタクト層や活性層への正孔輸送層、HBT のベース層、高耐圧デバイスのガードリング、FET の反転チャネル層の形成などに必須の部品であり、デバイス構造デザインの自由度の観点からは、単なる Mg 添加 GaN(GaN:Mg)のエピ成長技術のみならず、任意位置への Mg イオン注入(I/I)による局所的 p 型領域の形成が必要である。我々は、転位の影響を取り除いて I/I GaN:Mg の物性を明らかにするため、GaN 基板上 I/I GaN:Mg 層の評価を、エピ成長 GaN:Mg と比較しながら行ってきた[1]。本発表では、電気伝導や接合特性に直結する光学特性とも言える、I/I GaN:Mg で特に強く観測される、2.37eV にピークを持つ緑色発光 (GL) 帯と非輻射再結合中心 (NRC) に共通な点欠陥と考えられる窒素空孔 (V_N) に起因する諸現象について議論する。

【実験】c 面 GaN 基板上に作製された I/I 及びエピ成長 GaN:Mg の、静的フォトルミネッセンス (PL) および時間分解フォトルミネッセンス (TRPL) 評価を行った。Mg 濃度 ($[Mg]$) は $10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 台で変化させ、PL 測定における He-Cd レーザ 325.0nm による試料の励起光密度は 60 W/cm^2 とした。

【結果】図 1 に、 $[Mg]=1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の箱型プロファイルを持つ I/I GaN:Mg を 1300 °C で熱処理した試料の PL スペクトルの温度依存性を示す。極低温では、3.466 eV にピークを持つ中性アクセプタ束縛励起子 (ABE) 発光線および、3.28 eV にピークを持ち 3.3 ~ 2.7 eV にわたる、エネルギー幅の広い UV 発光 (UVL) 帯が観測された。後者は、中性ドナー準位もしくは伝導帯の電子が中性アクセプタ準位に遷移する際の発光と考えられる。ABE 及び UVL が観測されたことから、注入した Mg が Ga を置換し Mg_{Ga} アクセプタが形成されたと考えられる。一方、GL 帯及び、1.75 eV にピークを持つ赤色発光 (RL) 帯は、無添加 (UID) GaN やエピ成長 GaN:Mg においても微弱ではあるが観測される事がある。

昇温に従って ABE 及び UVL 発光は消光し、175 K 以上では GL が支配的となった。更に昇温させ 200 K を超えると GL も消失し、室温付近では 2.2 eV にピークを持つ黄色発光 (YL) 帯のみが残った。当日は、 $[Mg]$ やアニール温度を変化させた I/I 及びエピ成長 GaN:Mg の評価結果を用い、GL と NRC の正体に関して議論を行う。

【謝辞】実験を補佐してくれた大友友美氏

に感謝します。本研究の一部は、NEDO の戦略的イノベーション創造プログラム、物質デバイス共研拠点ダイナミック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。

【文献】[1] 小島, 秩父他 2016 年秋季応用物理学会 14a-A21-6: Chichibu, Kojima, et. al., Materials Research Society 2016 Fall Meeting, EM11.2.03 (2016).

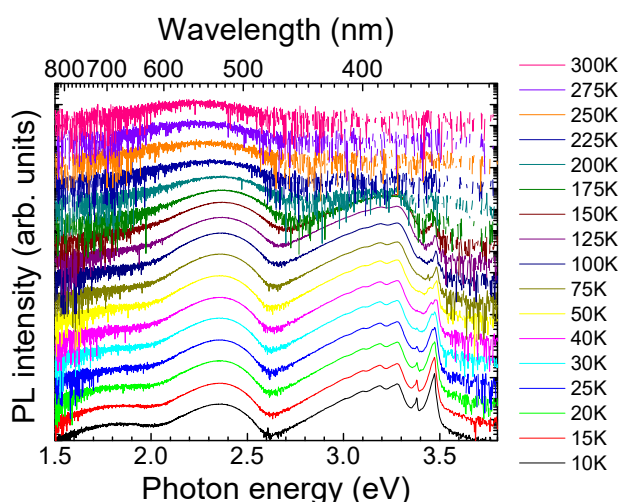


図 1 Mg イオン注入 GaN の静的 PL スペクトル