

格子整合系 c 面 AlInN/GaN ヘテロ構造のルミネッセンス評価

Luminescence studies of nearly lattice-matched c -plane AlInN/GaN heterostructures

東北大多元研¹, 名工大², 名城大³, 名大 IMASS⁴

李リヤン¹, 嶋紘平¹, 山中瑞樹², 小島一信¹, 江川孝志², 竹内哲也³, 三好実人², 秩父重英^{1,4}

IMRAM-Tohoku Univ.¹, Nagoya Inst. Tech.², Meijo Univ.³, Nagoya Univ.⁴ °L. Y. Li¹, K. Shima¹,

M. Yamanaka², K. Kojima¹, T. Egawa², T. Takeuchi³, M. Miyoshi², and S. F. Chichibu^{1,4}

E-mail: li.liyang.s6@dc.tohoku.ac.jp

$\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ は、禁制帯幅(E_g)波長が深紫外線から赤外線にまたがる直接遷移型半導体混晶であり、発光素子への応用が期待できる。 AlN と InN は非混和系であるため、表面が平滑で組成が均一な $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜を得ることは容易ではないが、 InN モル分率(x)が約 0.17 の $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ は GaN と格子整合するため、 GaN 上に厚いエピタキシャル層を成長させることが可能である。三好ら¹は GaN テンプレートないしは自立 GaN 基板上に平滑な c 面 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜を MOVPE 成長させてきたが、発光層として用いるためには、 E_g ないしは組成の空間的不均一性や空孔型欠陥、不純物が内部量子効率に与える影響を評価する必要がある。本講演では様々な条件で成長させた格子整合系 c 面 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}/\text{GaN}$ ヘテロ構造の輻射・非輻射再結合寿命の評価を行い定量した結果について報告する。

+ c 面の GaN テンプレートないしは自立 GaN 基板上に、様々な条件で $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜を MOVPE 成長させた。 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜中の残留 C 濃度は SIMS 測定により $5\sim 10\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ と見積もられた。時間分解フォトルミネッセンス(TRPL)測定は、モード同期フェムト秒パルス Sapphire:Ti レーザの第 3 高調波を励起光に用い、弱励起条件(パルスあたり $120\text{ nJ}/\text{cm}^2$)において実施した。図 1(a)に 3 種類の $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}/\text{GaN}$ 試料の構造を示す。試料(i)および(ii)は引張歪によって深い穴状の欠陥がみられたが、試料(iii)はそれらに比べて平坦な表面モフォロジであった。 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ のバンド端発光の室温 PL 寿命は(i) 53 ps, (ii) 70 ps, (iii) 68 ps と見積もられ、表面モフォロジが異なる試料(ii)と(iii)で差異はみられなかった。これらの試料の残留 C 濃度は $5\sim 10\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ であり、 GaN であれば非輻射再結合寿命として 10 ps 以下が見積もられる[2]が、上記のように約 5 倍程度長かった。したがって、 m 面 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜の場合[3]と同様に SRH 中心濃度の増加に対して非輻射再結合寿命が減少していく系であると考えられる。

本研究は、Five-star Alliance, NEXT-GaN (JPJ005357), 科研費(16H06427)/MEXT等の援助を受けた。李リヤンは中国奨学金(CSC)の援助を受けた。[1]三好他 APEX **11**, 051001 (2008); JJAP **58**, SC1006 (2019). [2]小島,秩父他 APEX **13**, 012004 (2020). [3]秩父他 Adv. Mater. **29**, 1603644 (2017).

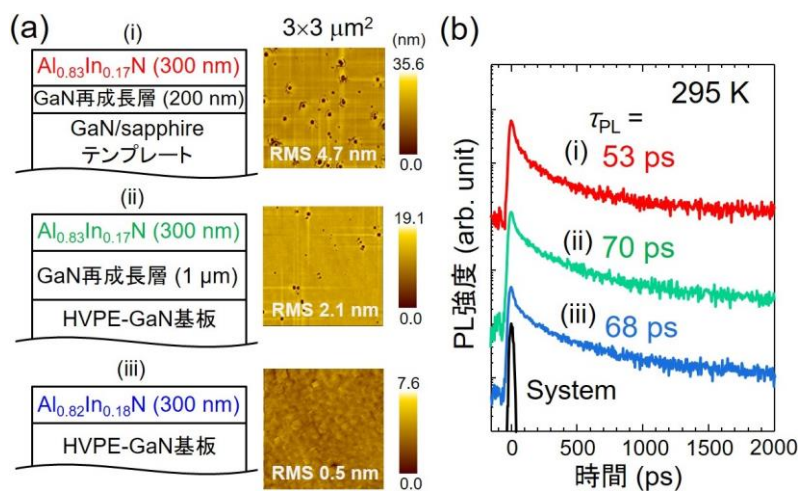


Fig.1. (a) Structural diagrams and surface morphologies of various c -plane $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}/\text{GaN}$ heterostructures. (b) PL decay signals for the NBE emissions of the $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ films at 295 K.