

GaN に格子整合する *c* 面 AlInN 薄膜の空間分解カソードルミネッセンス Spatially resolved cathodoluminescence study of *c*-plane AlInN films on GaN substrates

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

【序】 GaN 系レーザーデバイスの高効率・高出力化に向け、GaN に格子整合し大きな屈折率差を確保できる Al_{1-x}In_xN クラッド層の開発が望まれている。しかしながら Al_{1-x}In_xN は非混和系であり、表面が平滑で組成が均一な薄膜を得ることは容易ではない。三好らは、GaN テンプレート[1]や GaN 基板[2]上に、RMS 表面粗さが 0.5 nm 以下[2]の *c* 面 GaN に格子整合する Al_{1-x}In_xN 薄膜の有機金属気相エピタキシャル(MOVPE)成長に成功している。InN モル分率の低い Al_{1-x}In_xN は通常、数百 meV のストークスシフトおよびエネルギー半値全幅を有する発光[3,4](便宜上 Extended States (EXS)と呼ぶ[4])を呈するため、バンドギャップ(E_g)ないしは組成の空間的均一性について検討する必要がある。本講演では、*c* 面 GaN 基板上 Al_{1-x}In_xN 薄膜の空間分解カソードルミネッセンス(SRCL)評価を行い、Al_{1-x}In_xN が呈する EXS 発光の起源について考察した結果を報告する。

【結果】 *c* 面 GaN 基板(貫通転位密度 $5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$)上にバッファ層無しで約 300 nm 厚の Al_{1-x}In_xN 薄膜 MOVPE 成長させた[2]。Al_{1-x}In_xN の EXS 発光の室温フォトルミネッセンス寿命は 59 ps~67 ps とこれまでの報告値[4]と比べて長く、非輻射再結合中心濃度が比較的低いことが示唆される。図 1(a)に、Al_{1-x}In_xN 薄膜($x = 0.179$)の室温における空間積分($0.4 \times 0.4 \mu\text{m}^2$)CL スペクトルを示す。GaN 基板および Al_{1-x}In_xN 薄膜の発光が各々 3.36 eV および 3.60 eV 近傍に確認された。Al_{1-x}In_xN 薄膜($x = 0.179$)の EXS 発光のエネルギー半値全幅は 314 meV であり、3.92 eV の E_g [2]から推定されるストークスシフトは約 320 meV であった。Al_{1-x}In_xN のピークエネルギー近傍(3.59~3.64 eV)とさらに高エネルギー側(3.74~3.79 eV)の CL 強度像を各々図 1(b),1(c)に示す。電子線打ち込みのピクセル間隔が 6 nm (励起電子正孔対の空間広がり)は約 100 nm) の空間分解能ではピークエネルギーの不均一性をできなかった。従って、この薄膜の EXS のエネルギー広がり(原因は、nm 台の E_g の不均一性だけではなく、電子的な局在機構[5]が寄与している可能性がある)。

【謝辞】 本研究は、文科省・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(JP J005357)、ダイナミックアライアンス、科研費(新学術領域16H06427)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。

【文献】 [1] Miyoshiら APEX **1**, 081102 (2008). [2] Miyoshiら JJAP **58**, SC1006 (2019). [3] Wangら JAP **103**, 073510 (2008). [4] Chichibuら JAP **116**, 213501 (2014); Adv. Mater. **29**, 1603644 (2017). [5] Schulzら APL **104**, 172102 (2014).

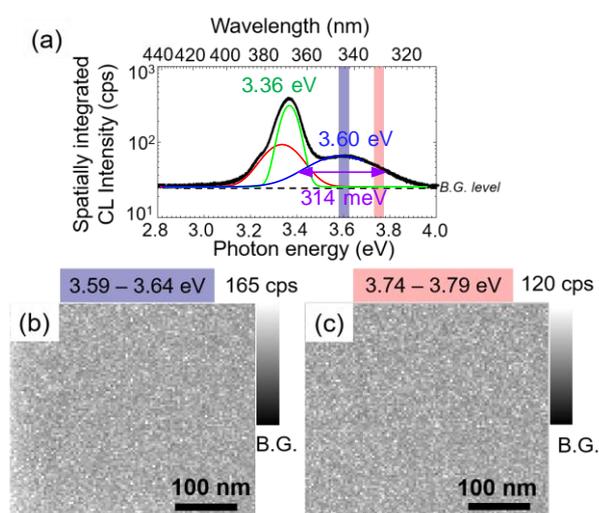


Fig.1. (a) A spatially integrated CL spectrum of an Al_{1-x}In_xN ($x = 0.179$) film grown on GaN at 300 K. CL intensity images of the same Al_{1-x}In_xN taken at the photon energies of (b) 3.59~3.64 eV and (c) 3.74~3.79 eV.