

自立 GaN 基板上 m 面 $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ エピタキシャル薄膜の発光特性(III)

Emission characteristics of m -plane $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ epilayers grown on a freestanding GaN substrate (III)

東北大多元研¹, 三菱化学(株)² ○小島一信¹, 池田宏隆², 藤戸健史², 秩父重英¹

IMRAM-Tohoku Univ.¹, Mitsubishi Chemical Corporation²,

[○]K. Kojima¹, H. Ikeda², K. Fujito², and S. F. Chichibu¹

E-mail: kkojima@tagen.tohoku.ac.jp

【はじめに】三元混晶半導体である $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ は、そのバンドギャップを深紫外線領域から赤外線領域まで幅広い範囲で変化させることができる。また、GaN と格子整合し、かつ高屈折率差を得られるなど、特徴的な性質を持っているため、光・電子デバイスへの応用が進められている。我々のこれまでの研究によって、 AlInN は i) 大きなストークスシフトが存在すること^{1,2)}、ii) 極めて高速な輻射 (10 ps のオーダー) を生じること^{1,3)}、特に m 面においては iii) 弱い偏光特性を持つこと⁴⁾など、特異な光学特性を有することが明らかになりつつある。同時に我々は、Al 空孔に起因する局在状態と価電子帯が強く結合する状況を仮定し、数値モデルを構築することで、 AlInN の発光メカニズムの理論的検討を行ってきた⁵⁾。本報告では、 m 面自立 GaN 基板上の AlInN 薄膜の光学特性を、比較的強い励起下で評価した結果について議論する。

【試料構造と評価方法】本研究で用いた試料は、ハイドライド気相法成長 m 面 GaN 基板（貫通転位と積層欠陥の密度は、共に検出限界以下）の上に、有機金属気相成長法により約 1 μm 厚の GaN 下地層を介してエピタキシャル成長した、膜厚 500~600 nm の AlInN 薄膜である。光学評価において、試料の励起にはパルス幅 5 ns、繰り返し周波数 20 Hz、波長 355 nm (光子エネルギー 3.49 eV) のレーザ光を用いた。試料の発光は表面から観測し、そのスペクトルは分光器と CCD カメラを用いて検出した。実験は室温で行った。

【結果】図 1 に $\text{Al}_{0.7}\text{In}_{0.3}\text{N}$ の発光スペクトルを示す。比較的強い励起光パワー密度 (3.75 MW/cm^2) の場合と弱い励起光パワー密度 (78.7 kW/cm^2) の場合で、スペクトル形状やピークエネルギーに変化は認められなかった。この結果は、室温における発光寿命が極めて短いため、強く光励起した場合でも試料内部のキャリア密度があまり増加せず、系が励起に対して線形に応答していることを示唆している。これを確かめるために、励起密度を大きく変化させて、発光の積分強度を調べた結果が図 2 である。評価した範囲では、積分発光強度が励起光パワー密度に対しほぼ線形に対応していることが明らかである (図 2 の赤い点線は、励起密度の 1 乗を示す補助線である)。このような、比較的強い励起条件でもキャリア密度が低く抑えられる性質は、オージェ過程といった効率ドロップの原因となる高次遷移過程を抑制しつつ、大きな光出力を得るために極めて重要な役割を担うと考えられる。当日は、さらに詳細な議論を行う。

【謝辞】本研究の一部は旭硝子財団、附置研アライアンス、科研費 若手研究(A)の援助を受けた。

【参考文献】1) Onuma, Chichibu, *et al.*, *JAP* **94**, 2449 (2003), 2) Chichibu, *et al.*, *JAP* **116**, 213501 (2014), 3) 秩父 他, 2014 年秋季応用物理学会 18a-C5-14, 4) 小島, 秩父 他, 2014 年秋季応用物理学会 18a-C5-13, 5) Kojima, Chichibu, *et al.*, 2014 MRS Fall Meeting, T9.03/AA10.03 (2014).

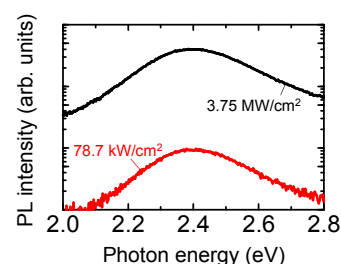


図 1 試料の発光スペクトル。

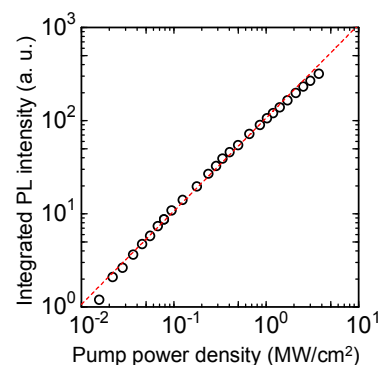


図 2 発光積分強度の
光励起密度依存性。