

GaNN/GaN 規則配列ナノコラム結晶における 活性層の構造と光学特性の関係

Relationship between active layer structures and optical properties of GaNN/GaN selective area grown nanocolumn crystals

工学院大¹, 上智大理工², [○]吉田圭吾¹, 滝本啓司², 富樫理恵², 野村一郎²,
山口智広¹, 尾沼猛儀¹, 本田徹¹, 岸野克巳²

Kogakuin Univ.¹, Sophia Univ.², [○]Keigo Yoshida¹, Keiji Takimoto², Rie Togashi², Ichiro Nomura²,
Tomohiro Yamaguchi¹, Takeyoshi Onuma¹, Tohru Honda¹, Katsumi Kishino²

E-mail: cm19050@ns.kogakuin.ac.jp

はじめに： GaInN は、GaN と InN からなる III 族窒化物半導体混晶で、In 組成比によりバンドギャップを 3.4 eV から 0.63 eV まで変化させることができる。しかし、発光波長の長波長化とともに、GaN と GaInN 間の格子不整合 (格子ひずみ) が増加し、不整合転位とともにピエゾ電界発生による量子閉じ込めシュタルク効果 (QCSE) が増加し、発光効率が低下して、赤色域までの高効率発光が妨げられている。一次元柱状ナノ結晶、ナノコラムでは、貫通転位フィルタリングとひずみ抑制効果が発現され、GaInN/GaN 系材料の課題が軽減される^[1]。また Ti マスクを用いた選択成長法^[2]によって、ナノコラム径 D と配列周期 L が精密に制御された規則配列ナノコラム結晶を成長でき、規則配列 GaInN/GaN ナノコラムでは、コラム径による発光色制御が得られ^[3]、同一基板上に RGB 三原色 LED 集積化が実現する^[4]。本研究では、同一基板上に周期とコラム径が異なる複数の三角格子配列 GaInN/GaN ナノコラム結晶を成長し、光学特性のコラム構造依存性を調べたので報告する。

実験方法・結果： (0001) サファイア上 HVPE 成長 GaN テンプレート表面に、電子線 (EB) 蒸着法によって厚さ 5 nm の Ti 薄膜を成膜し、電子線描画 (EBL) によって、 $L=80\text{--}350\text{ nm}$ の三角格子配列ナノホールパターン描画を行い、ICP (Inductively Coupled Plasma) ドライエッチングで選択成長用 Ti ナノホールマスクを形成した。このパターン基板を用いて RF-MBE (Radio-Frequency Plasma-Assisted Molecular Beam Epitaxy) 法によって、規則配列 Si 添加 n-GaN ナノコラム (高さ $h=700\text{ nm}$) を成長し、そのナノコラムトップに GaInN バルク発光領域を成長させた。成長サンプルの光学特性を室温でフォトルミネッセンス (PL)、時間分解 PL、カソードルミネッセンス (CL) 法によって評価した。Fig. 1(a) の PL スペクトルをみると、周期の増加とともにコア GaInN の発光波長は 510 から 650 nm まで単調に増加した。時間分解 PL によって周期 $L=80\text{--}270\text{ nm}$ のナノコラム結晶のキャリア寿命時間を測定し、Fig. 1(b) を得た。寿命時間は $L=90\text{ nm}$ で最大値であったが、その後は周期とともに減少し、 $L=190\text{--}240\text{ nm}$ では増加傾向が見られた。一方、加速電圧 3.0 kV で CL 測定を行ったところ、Fig. 2 に示すような面内の発光分布が観察され、コアシェル活性層構造の形成が示された。ここで得られた規則配列ナノコラム発光現象は、コラム径による GaInN 発光波長と表面再結合変化、コラム間の発光バラツキが複雑に絡みあって発現されると考えられ、今後はそこに着目してナノコラム発光特性の理解を進める。

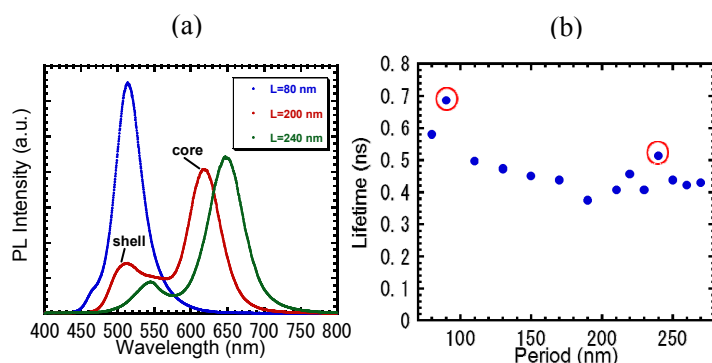


Fig. 1 Nanocolumn crystals period dependence
(a) PL spectra and (b) lifetime

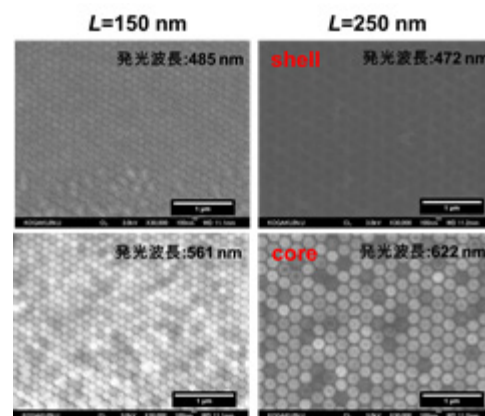


Fig. 2 CL image of nanocolumn crystals

謝 辞： 本研究の一部は、科研費・基盤研究 (A) (#19H00874) の援助を受けて行なわれた。

文 献： [1] K. Kishino *et al.*, Nanotechnology **26**, 225602 (2015). [2] K. Kishino *et al.*, J. Cryst. Growth **311**, 2063 (2009). [3] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 231104 (2010). [4] K. Kishino *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 014003 (2020).