

InGaN ナノコラムにおける発光寿命のコラム直径依存性

Column Diameter Dependence of Emission Lifetime in InGaN Nanocolumns

上智大理工¹, 上智ナノテク², 水野祐太郎^{1,2}, 大音隆男^{1,2}, 加納達也^{1,2}, 宮川倫^{1,2}, 吉田純^{1,2}, 岸野克巳^{1,2*}Sophia Univ.¹, Sophia Nanotech. Res. Center², Y. Mizuno^{1,2}, T. Oto^{1,2},T. Kano^{1,2}, R. Miyagawa^{1,2}, J. Yoshida^{1,2}, K. Kishino^{1,2*}

*E-mail: kishino@sophia.ac.jp

はじめに : InGaN 系ナノコラムは、基板からの貫通電位抑制により優れた発光特性を有する¹⁾。さらに、コラム直径を 100 nm 以下と細線化することで歪緩和効果の増大や In 組成揺らぎの抑制が期待されている²⁾。しかしながら、細線化したナノコラムの発光特性は明確な解明ができておらず、細線化の優位性がよくわかっていないのが現状である。そこで、本研究では様々なコラム直径を有する InGaN 系ナノコラムに対して、時間分解フォトルミネッセンス(PL)測定を行い、細線化が発光特性に与える影響について系統的に検討したので報告する。

実験方法 : MOCVD-GaN テンプレート上に膜厚 5 nm の Ti 薄膜を成膜し、電子線描画とドライエッチングによって三角格子配列の Ti ナノホールパターンを作製した。ホールパターン上に RF-MBE 法を用いて、InGaN/GaN 量子井戸構造を有するコラム直径 $D = 70, 80, 105$ nm のナノコラムの選択成長を行った。これらのナノコラムに対して発光寿命を評価するために、4 K で時間分解 PL 測定を行った。

実験結果・考察 : Fig. 1 に $D = 70$ nm のナノコラムの PL スペクトルとピーク近傍でのキャリア寿命時間を示した。実験ではコラム径によらずにダブルピークの PL スペクトルが観測されたが、2 つのピークはそれぞれコラム面内の中心と端で発光していると報告されている³⁾。極低温ではこれらの局在準位間のキャリア移動はないものと考えられる。コラム径に対する発光特性の変化を詳細に調べるため、PL スペクトルのピーク近傍で下式⁴⁾を用いてフィッティングを行った。

$$\tau_{PL} = \frac{\tau_{rad}}{\left(1 + \exp\left(\frac{E - E_{me}}{E_0}\right)\right)}$$

Fig. 2 (a)には 2 ヶ所の発光ピーク近傍における輻射寿命時間(τ_{rad})のコラム径依存性を示す。プロット▲は低エネルギー領域、プロット●は高エネルギー領域での寿命を表しており、共にコラム径の減少とともに短くなった。Fig. 2 (b) に、これら 2 ヶ所のピーク近傍での局在エネルギー E_0 のコラム径に対する変化を示す。低エネルギーと高エネルギー領域では異なる依存性を示し、2 つの領域では異なるメカニズムで τ_{rad} が変化していると考えられる。低エネルギー領域では、コラム径の減少とともに E_0 が小さくなって、キャリア局在効果が小さくなるため、遷移確率が上昇し、発光寿命が短くなる。一方、高エネルギー領域では、コラム径に対して E_0 の変化が少ないことから、局在効果ではなく、コラム径の減少とともにコラム側面の歪緩和効果が顕著になって内部電界が抑制され²⁾、発光寿命が短くなったと考えられる。詳細な結果や考察は、当日に報告する。

謝 辞 : 本研究は、科研費・特別推進研究 (#24000013) の援助を受けて行なわれた。

[1] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Express **1**, 124002 (2008). [2] Y. Kawakami *et al.*, J. Appl. Phys. **107**, 023522 (2010).

[3] H. Sekiguchi *et al.*, Phys. Status Solidi C **7**, 2374 (2010). [4] C. Gourdon *et al.*, Phys. Status Solidi B **153**, 641 (1989).

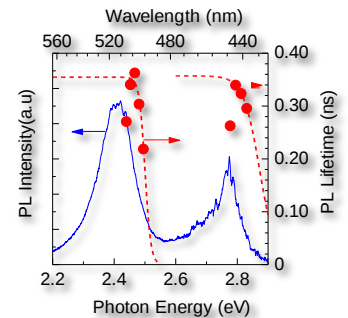


Fig. 1 PL spectra and lifetime in the nanocolumn with $D = 70$ nm at 4 K.

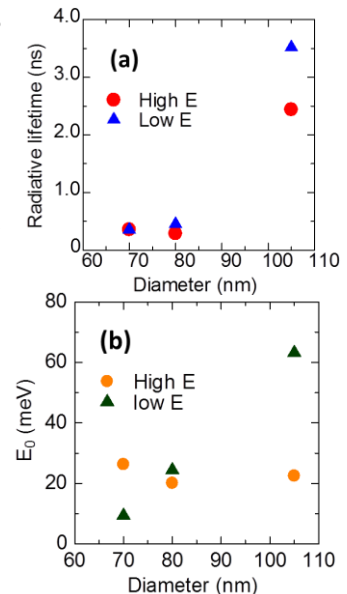


Fig. 2 Dependences of radiative lifetime τ_{rad} (a) and characteristic localization energy E_0 around PL peaks on nanocolumn diameter (b).