

InGaN ナノコラムにおいて構造特性が発光機構に与える影響

Influence of structural properties on emission mechanisms in InGaN nanocolumns

1. 上智大理工 2. 上智大ナノテク

○大音 隆男¹, 水野 祐太郎¹, 柳原 藍¹, 宮川 倫¹, 吉田 純¹, 榊原 直樹¹, 江馬 一弘^{1,2}, 岸野 克巳^{1,2}

1. Sophia Univ. 2. Sophia Nanotech. Res. Center

○T. Oto¹, Y. Mizuno¹, Y. Yanagihara¹, R. Miyagawa¹, J. Yoshida¹, N. Sakakibara¹, K. Ema^{1,2}, and K. Kishino^{1,2}E-mail: takao.oto@sophia.ac.jp, kishino@sophia.ac.jp

InGaN 系ナノコラムは、貫通転位の抑制や高い光取り出し効率、歪緩和効果により優れた発光特性を有する。本研究室では、Ti マスクを用いた選択成長法によって、系統的に形状を制御した GaN 系ナノコラムの作製を行い、コラム径を ~ 26 nm まで細線化することに成功した[1]。前回の発表では、GaN ナノコラムのコラム径 D_{GaN} を系統的に変化させ、構造特性を議論した。 $D_{\text{GaN}} \leq D_c$ では、GaN ナノコラムとほぼ同一のコラム径を保ったまま、In 組成の均一な InGaN ナノコラムが成長しているのに対し、 $D_{\text{GaN}} > D_c$ では、自発的に InGaN/InGaN core-shell 構造を有することがわかった[2, 3]。ここで、 D_c は臨界コラム径である。これらの結果は、歪エネルギーを最小化する成長メカニズムが大きな影響を果しているためと考えられる。本発表では、これらの構造特性の違いが発光機構に与える影響を系統的に調査し、ナノ構造での高効率化を律速している表面再結合の影響について議論した。

光学測定に用いた試料は周期 300 nm の GaN ナノコラム上に In 組成 $\sim 30\%$ の InGaN ナノコラムを ~ 200 nm 成長した構造である。なお、本研究においては、 $D_c = 120 \sim 130$ nm である[2]。図 1 に(a) $D_{\text{GaN}} = 110$ nm, (b) $D_{\text{GaN}} = 142$ nm, (c) $D_{\text{GaN}} = 162$ nm の GaN ナノコラム上に成長した InGaN ナノコラムの 4 K における規格化 PL スペクトルを示す。(a)では、shell が存在せず、core がむき出しになっていることから、シングルピークの発光を有しているのに対し、(b), (c)では core-shell 構造に対応して、ダブルピーク発光が得られた。 D_{GaN} を D_c から増加すると、core のコラム径 D_{InGaN} は D_c で一定となり、shell 厚 $(D_{\text{GaN}} - D_c)/2$ が増加するため、shell の PL 強度が相対的に増大する。

さらに、キャリアダイナミクスを評価するために、時間分解 PL 測定を室温で行った。図 2 に(a) D_{InGaN} と(b) core の PL 再結合確率 τ_{PL}^{-1} の D_{GaN} 依存性を示す。なお、室温においては、非輻射再結合過程が支配的になっていると考えられる。 $D_{\text{GaN}} > D_c$ では、 τ_{PL}^{-1} がほぼ一定になることがわかった。これは、core の構造がほぼ同じになっていることに起因すると考えられる。WKB 近似を考えると、表面再結合確率は shell 厚の増加に対して指数関数的に減少するため、shell 厚が十分に大きい領域では core の表面再結合は無視できる。しかしながら、 $D_{\text{GaN}} \leq D_c$ では表面がむき出しになることから、表面再結合は D_{InGaN} ($\sim D_{\text{GaN}}$) に反比例した依存性を持ち、発光効率の低下を招く。したがって、細線ナノコラムにおいては表面再結合を抑制する表面パッシベーション技術の開拓が必須である。

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

[1] T. Kano, T. Oto *et al.*, Electron. Lett. **51**, 2125 (2015). [2] 大音他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 19p-H121-6 (2016). [3] T. Oto *et al.*, 24th Int. Conf. "Nanostructures: Physics and Technology", NT.02o (2016).

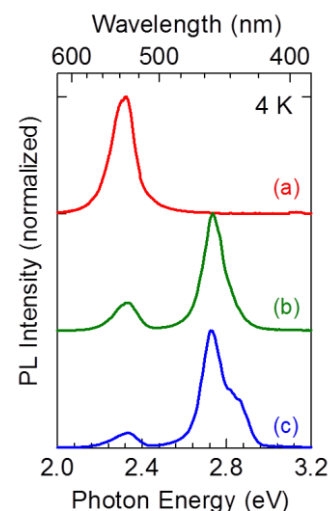


Fig. 1: Normalized PL spectra for InGaN nanocolumns on GaN nanocolumns with (a) $D_{\text{GaN}} = 110$ nm, (b) $D_{\text{GaN}} = 142$ nm, (c) $D_{\text{GaN}} = 162$ nm.

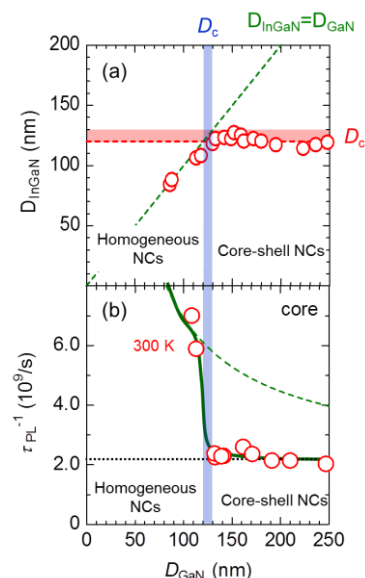


Fig. 2: (a) D_{InGaN} and (b) τ_{PL}^{-1} of core at room temperature as a function of D_{GaN} .