

GaN ナノコラム上 InGaN/GaN 単一量子井戸の構造・光学特性

Structural and optical properties in InGaN/GaN single quantum wells on GaN 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, 吉田 純¹, 柳原 藍¹, 宮川 倫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, J. Yoshida¹, Y. Yanagihara¹, R. Miyagawa¹, K. Ema^{1,2}, and K. Kishino^{1,2}

E-mail: takao.oto@sophia.ac.jp, kishino@sophia.ac.jp

InGaN 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]。これまでに、コラム径 D_{GaN} の異なる GaN ナノコラム上に成長した InGaN ナノコラムにおいて、構造特性と光学特性を対応させて、ナノ構造効果が光学特性に与える影響について議論してきた[2, 3]。あるコラム径 D_0 を境に大きく構造・光学特性が異なることを明らかにした。 $D_{\text{GaN}} \leq D_0$ では、In 組成の均一な InGaN ナノコラムが成長することからシングルピークの発光を有し、表面がむき出しになるため表面再結合の影響が顕著になることがわかった。一方、 $D_{\text{GaN}} > D_0$ では自発的に InGaN/InGaN core-shell 構造を有するためダブルピーク発光を有し、core のコラム径が一定値に収束することから core の PL 寿命は一定値となった。本研究では、InGaN ナノコラムの特性を基にして、GaN ナノコラム上に作製した InGaN/GaN 単一量子井戸 (SQW) の光学特性のコラム径依存性を評価した。

光学測定に用いた試料は周期 150 nm の規則配列 GaN ナノコラム上に InGaN/GaN SQW を成長した構造である。図 1 に(a) $D_{\text{GaN}}=62$ nm, (b) $D_{\text{GaN}}=84$ nm, (c) $D_{\text{GaN}}=106$ nm の GaN ナノコラム上に成長した InGaN SQW の 4 K における規格化 PL スペクトルを示す。 D_{GaN} を減少すると、InGaN ナノコラムのときと同様に[3]、高エネルギー側の成分 (ナノコラムファセット部の量子井戸構造からの発光に対応) が減少し、ダブルピークからシングルピークに変化するが、移行するコラム径が InGaN ナノコラムでは 120–130 nm であるのに対して、InGaN/GaN SQW では 62–76 nm と大きく異なることがわかった。

この原因を調べるために、GaN ナノコラム上に InGaN を(a-1) 2分, (a-2) 5分成長した InGaN/GaN ダブルヘテロ構造を作製して HAADF-STEM 観察を行い、(b) 45分成長した InGaN ナノコラム構造との比較を行った(図 2)。成長時間が 2分の場合、島状成長によって GaN ナノコラムの頂上に小さな InGaN 量子ドット (QD) 構造が形成されていることがわかった。成長時間を長くすると、横方向と高さ方向ともに成長していき[図 2(a-2)]、直径が D_0 に達するまで横方向成長が進行するが、それ以上横方向に成長することはできず[2]、高さ方向のみに成長すると推測される[図 2(b)]。したがって、 $D_{\text{GaN}}=D_0$ に到達する前に GaN 障壁層を形成すれば、直径 $D_{\text{QD}} (< D_0)$ の量子ドット (QD) 構造が作製できる。一方 $D_{\text{GaN}} \leq D_{\text{QD}}$ を満たせば、量子ディスク構造となり、シングルピークの発光が得られると考えられる。詳細な光学特性については当日に報告する。

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

[1] T. Kano, T. Oto *et al.*, *Electron. Lett.* **51**, 2125 (2015). [2] T. Oto *et al.*, *AIP Advances* **6**, 115214 (2016). [3] T. Oto *et al.*, *IWN 2016*, E0.4.05 (2016).

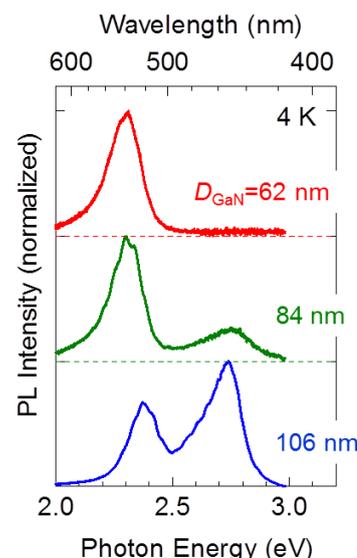


Fig. 1: Normalized PL spectra at 4 K for InGaN nanocolumns on GaN nanocolumns with (a) $D_{\text{GaN}}=62$ nm, (b) $D_{\text{GaN}}=84$ nm, (c) $D_{\text{GaN}}=106$ nm.

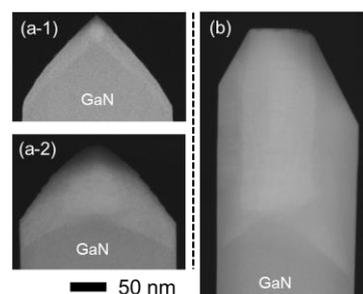


Fig. 2: HAADF-STEM images of InGaN/GaN (a) double heterostructures and (b) InGaN nanocolumn. The growth times are (a-1) 2 min., (a-2) 5 min., and (b) 45 min., respectively.