

## InGaN ナノコラムフォトリック結晶のキャップレイヤモードの構造特性

## Structural property of the cap layer mode with InGaN nanocolumn photonic crystal

上智大理工<sup>1</sup>, 上智ナノテク<sup>2</sup>, <sup>○</sup>澄川雄樹<sup>1</sup>, 石沢俊介<sup>1</sup>, 岸野克己<sup>1,2</sup>Sophia Univ.<sup>1</sup>, Sophia Nanotechnology Research Center<sup>2</sup><sup>○</sup>Yuki Sumikawa<sup>1</sup>, Syunsuke Ishizawa<sup>1</sup>, Katsumi Kishino<sup>1,2</sup>

E-mail: kishino@sophia.ac.jp

**はじめに** : InGaN/GaN ナノコラムは、貫通転位を含まない高品質結晶で、高効率発光素子への応用が期待されている。RF-MBE 成長において Ti マスク選択成長法を用いることで、ナノコラムの形状及び位置の構造制御が可能で、サブミクロンスケールの周期構造を作製することができる。これをナノコラムフォトリック結晶として用いることで高指向性 LED やレーザ素子への応用が期待される。本稿では、当該 LED 結晶構造において、高い光閉じ込め効率を持つ自己形成型キャップレイヤモード (CLM)<sup>1)</sup> が形成され、これについて実験的な評価及び理論的解析を行ったので報告する。

**実験・結果** : c 面サファイア基板上 MOCVD-GaN テンプレートに Ti ホールパターン選択成長マスクを形成し、周期  $L = 300 \text{ nm}$  の三角格子配列ナノコラムを RF-MBE によって成長した。サンプル構造を変化させ、2 種類のサンプルをそれぞれ作製した (Fig.1)。サンプル A は GaN:Si ナノコラム上部に InGaN/GaN 超格子 (SL) 歪み緩和層、InGaN/GaN 多重量子井戸 (MQW) 活性層を成長した構造とし、サンプル B では A の構造の上に GaN:Mg 層を成長させて、GaN:Mg 層の有無による光応答特性の違いを両者間で比較した。InGaN レーザ (405 nm) を用いてサンプル A、B を光励起し、基板表面に対する角度  $\theta$  を  $0^\circ$  (垂直) から  $90^\circ$  (水平) まで  $1^\circ$  刻みで  $m$  軸上に沿って移動させながら、PL 発光スペクトルの放射角依存性をそれぞれ測定した。Fig.2 に示すように、ナノコラム周期  $L$  で規格化した波数ベクトルの面内成分  $k_{\parallel}/L$  と周波数  $L/\lambda$  空間上に、放射光強度分布のカラーマップを作成した。サンプル A、B とともに、波数に依存して放射光ピーク周波数が変化しており、これはフォトリックバンドに起因する分散と考えられる。特に B では明瞭なバンド構造が見えることから、ナノコラムフォトリック結晶層への光閉じ込めが示唆される。両サンプルの形状を比較すると、サンプル B においてナノコラム上部が拡大していることが分かる (Fig. 1 (c))。これは GaN:Mg 層において低温成長のために横方向成長が促進され、ナノコラム径が拡大したためで、その結果、この構造ではナノコラム上部に等価的に高い屈折率層が形成される。したがって、B の構造ではこの GaN:Mg 層においてキャップレイヤモード (CLM) による光閉じ込めが発生したと考察され、明瞭なフォトリックバンドが観測されたと考えられる。

**謝辞** : 本研究は、科研費・特別推進研究 (#24000013), 若手研究 B (#26870581) の援助を受けて行なわれた。

**参考文献** : [1] A. David, H. Benisty and C. Weisbuch: Rep. Prog. Phys. 75 (2012) 126501.

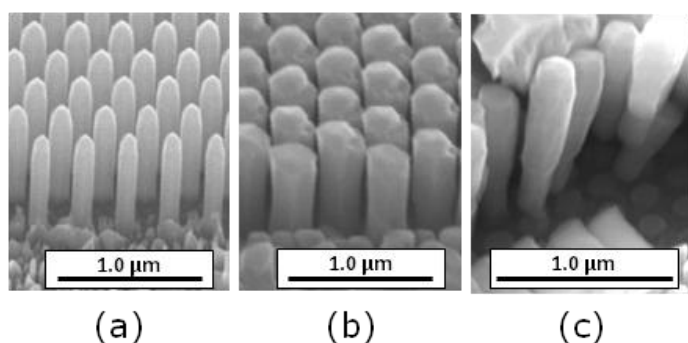


Fig.1: SEM images of nanocolumn photonic crystals of (a) sample A and (b) sample B. (c) Side-view magnified image of nanocolumns inside of the patterned area on sample B.

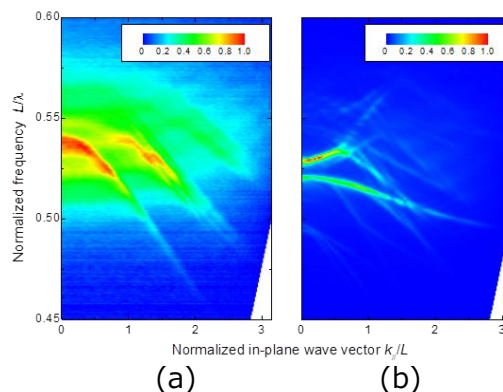


Fig.2: Radiation characteristics of (a) sample A and (b) sample B.