InGaN ナノコラムアレイにおいてコラムの分割が発光特性に与える影響

Influence of column division on emission properties in InGaN nanocolumn arrays

山形大院理工 [1]，上智大理工 [2]，上智大ナノテク [3]
○宮崎 聡太郎 [1], 浅井 佑太 [1]，松井 祐三 [2]，富樫 理恵 [2,3]，岸野 克巳 [3]，大音 隆男 [1]
Yamagata Univ.[1], Sophia Univ.[2], Sophia Nanotech.[3],
°S. Miyazaki[1], Y. Asai[1], Y. Matsui[1], R. Togashi[2,3], K. Kishino[3], and T. Oto[1]
E-mail: t-oto@yz.yamagata-u.ac.jp

InGaN の長波長化に伴う発光効率の低下を改善するために，規則配列ナノコラムを用いたフォトニック結晶が有用である．従来の三角格子ナノコラムでは長周期化することでバンド端の長波長化が可能であるが，活性層に高い In を取り込むためには充填率を高く保つ必要があるため[1]，大きな直径のコラムにする必要がある．しかし，コラム直径 D の増大に伴って，ナノ結晶効果が低減するため，長波長領域での高効率発光は困難である．そこで，[2]で提案されたクラスタ配列のように，周期・コラム面積を変えずに複数のナノコラムに分割することを考える．必ずしも同じサイズのコラムに分割する必要はないが，本研究では簡単のため[2]のように同一のサイズに分割した．ナノコラムの分割により高いナノ結晶効果が得られるだけでなく，分割方法により対称性が変化するため，新たな光機能性の発現が期待できる．本発表では，分割方法による発光特性の変化を評価し，従来の三角格子配列との比較した結果に関して報告する．

分割方法が InGaN/GaN ナノコラムフォトニック結晶の発光特性に与える影響を検討するため，平面波展開法を用いてフォトニックバンドを計算した．図 1 に周期 a = 300 nm の三角格子（1 つ組クラスタ）と 4 つ組クラスタに分割したナノコラムアレイのフォトニックバンドの計算結果を示す．なお，電界 $\boldsymbol{E}\perp c$ の場合を TE 偏光と定義し，単位格子内のコラム面積 S = 3.4×10^4 nm^2 と一定にした．自明ではない最も周波数が低いΓ点において，三角格子では 3 つのバンドが縮退しているが，4 つ組クラスタでは構造の異方性により縮退が解けて 1 つのバンドしか存在しないことがわかった．したがって，面内偏光がナノ構造で制御できることが期待される．実際に，面内の偏光を測定した結果，83% の高い偏向度が得られた．次に，図 1 と同じ構造の三角格子と 4 つ組クラスタの PL スペクトルを比較した結果を図 2 に示す．鋭いピークはバンド端の回折効果によるものであり，破線で示した計算結果ともいい一致を示した．また，4 つ組クラスタの PL 強度は三角格子と比較して，6.0 倍と高い発光強度が得られたが，高いナノ結晶効果を反映した結果であると考えられる．

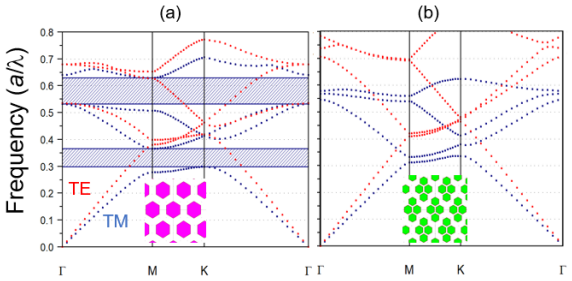

Fig. 1: Photonic bands in nanocolumn arrays with (a) 1 cluster and (b) 4 cluster.

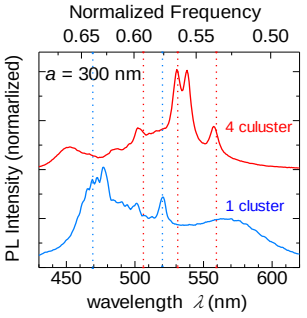

Fig. 2: PL spectra in nanocolumn arrays with 1 and 4 cluster.

謝辞：本研究は卓越研究員，科研費(19H04533, 19H00874, 21K14483)の援助を受けて行われた．

[1] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 231104 (2010). [2] 松井他，第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 16p-A21-2 (2016).