

## ハニカム・カゴメ格子配列ナノコラムプラズモニック結晶を用いた

## InGaN からの赤色発光増強

## Red emission enhancement from InGaN using nanocolumn plasmonic crystals with honeycomb and kagome lattices

山形大院理工<sup>1</sup>, 上智大理工<sup>2</sup>, 上智大ナノテク<sup>3</sup>, 阪府大院工<sup>4</sup>○相原 碧人<sup>1</sup>, 菊地 主馬<sup>2</sup>, 岡本 晃一<sup>4</sup>, 富樫 理恵<sup>2</sup>, 岸野 克巳<sup>2,3</sup>, 大音 隆男<sup>1</sup>Yamagata Univ.<sup>1</sup>, Sophia Univ.<sup>2</sup>, Sophia Nanotech.<sup>3</sup>, Osaka Pref. Univ.<sup>4</sup>,○A. Aihara<sup>1</sup>, K. Kikuchi<sup>2</sup>, K. Okamoto<sup>4</sup>, R. Togashi<sup>2</sup>, K. Kishino<sup>2,3</sup>, and T. Oto<sup>1</sup>

E-mail: t-oto@yz.yamagata-u.ac.jp

InGaN 系発光素子において特に発光効率の低い赤色領域の発光効率を改善するために、本研究室では規則配列 InGaN/GaN ナノコラムを用いたプラズモニック結晶の研究を推進してきた。ナノコラムプラズモニック結晶では、ナノ構造効果と表面プラズモン結合を同時に得ることができるため、発光効率の大幅な改善が期待できる。実際に、三角格子 InGaN/GaN ナノコラムにプラズモニック結晶を導入することで、橙色領域で最大~5.2 倍の発光増強を達成した[1]。本研究では、表面プラズモンの定在波をより長波化でき、従来の構造より赤色領域での発光増強が期待できるハニカム・カゴメ格子配列に着目した。実際に、ハニカム・カゴメ格子 InGaN/GaN ナノコラムプラズモニック結晶を作製したところ、赤色領域での著しい発光増強を達成し、発光増強メカニズムを明らかにしたので報告する。

まず、InGaN/GaN ナノコラムプラズモニック結晶の発光増強特性を理論的に検討するために、FDTD シミュレーションを行った。図 1 に隣接コラム間距離  $a = 160$  nm, コラム直径  $D = 152$  nm の各格子配列におけるプラズモニック結晶導入時の電場増強率を示す。ハニカム・カゴメ格子のプラズモン共鳴波長はそれぞれ~640 nm, ~700 nm となり、いずれも三角格子よりも長波化した。したがって、格子配列の変化で発光増強波長を変化できることを明らかにした。次に、ナノコラム間を SOG (spin-on-glass) で埋め込み、BHF を用いて頭出しを行った後、その上に Au 薄膜を蒸着することによりプラズモニック結晶の導入を行った[1]。図 2 に(a)  $a = 160$  nm,  $D = 152$  nm のハニカム格子, (b)  $a = 140$  nm,  $D = 85$  nm のカゴメ格子におけるプラズモニック結晶導入前後による PL スペクトルの変化を示す。PL 増強率の最大値はハニカム格子で~4.8 倍, カゴメ格子で~7.1 倍となり、赤色領域で三角格子よりも高い発光増強を達成した。詳細は当日に報告する。

**謝辞**: 本研究は卓越研究員, 科研費(17K18110, 19H04533), 上智大学学術研究特別推進費(重点領域研究)の援助を受けて行われた。

[1] T. Oto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **111**, 133110 (2017).

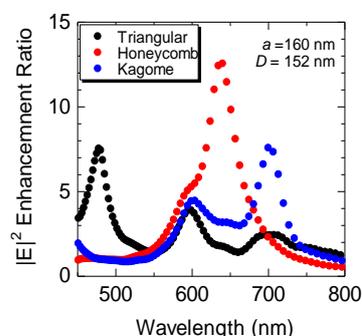


Fig. 1: Intensity enhancement ratio in nanocolumn plasmonic crystals (PICs) with different lattices.

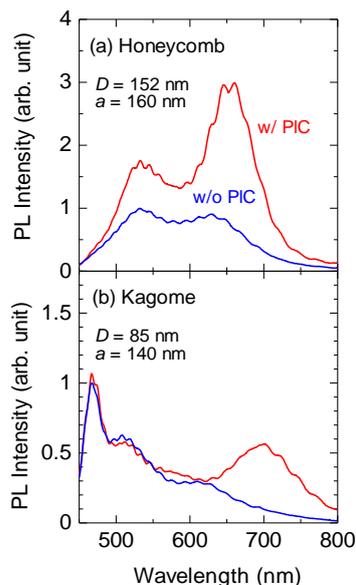


Fig. 2: PL spectra in honeycomb / kagome nanocolumn arrays with and without PICs.