

規則配列 InGaN/GaN ナノコラムのフォトニックバンド構造に 表面プラズモンが与える影響

Influence of surface plasmon on photonic band structure in regularly arrayed InGaN/GaN nanocolumns

1. 山形大院理工, 2. 上智大理工, 3. 上智大ナノテク, 4. 九大先導研

○大音 隆男^{1,*}, 菊地 主馬², 岡本 晃一⁴, 岸野 克巳^{2,3}

1. Yamagata Univ., 2. Sophia Univ., 3. Sophia Nanotech., 4. Kyushu Univ.

○T. Oto^{1,*}, K. Kikuchi², K. Okamoto⁴, and K. Kishino^{2,3}

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

InGaN は In 組成の変化により可視光全域の発光を得ることができるが、発光波長の長波化に伴う発光効率の減少が課題となっている。この問題を解決するために、本研究グループではナノコラム（ナノワイヤ）構造に関する研究を推進してきた。ナノコラムは貫通／ミスフィット転位の抑制や歪緩和効果、光取り出し効率の増大により優れた発光特性を有する。本研究では、発光効率が特に低い橙～赤色領域において発光効率向上を実現するために、表面プラズモン（SP）に着目した。三角格子状に配列した InGaN/GaN ナノコラムに Au 薄膜を蒸着することで最大 5.2 倍の発光増強を達成し[1]、プラズモニック結晶のバンド端近傍で発光増強が起こることを実証した[2]。本発表では、Au 薄膜蒸着の有無によるバンド構造の変化を調査し、SP 導入によるバンド特性の変化を議論する。

三角格子状の InGaN/GaN ナノコラムアレイ間を塗布ガラスで埋め込み、BHF を用いたウェットエッチングによって頭出しを行った後、その上に Au 薄膜を蒸着して表面プラズモン結合を引き起こした[1]。バンド特性の変化を観測するために、検出器の角度を変化しながら PL 測定を行った[3]。図 1 はコラム径 $D = 200$ nm, 周期 $L = 250$ nm の Au/InGaN/GaN ナノコラム構造における Γ -M 方向の PL 強度を L で規格化した面内波数と周波数の依存性として示したものである。赤色で示した二つのバンドは(In)GaN/SiO₂ のフォトニック結晶由来であり、平面波展開法による計算結果ともいい一致を示す。一方、緑色で示したバンドは金の蒸着前には観測できなかったことから、SP 起因のバンド構造であると考えられる。図 2 は検出角度 $\theta = 33^\circ, 37^\circ$ のときの PL スペクトルである。Au 薄膜の蒸着によって、SP 結合による発光増強が起こると同時に複数の新たなピークが出現した。PL 増強率は角度・エネルギー依存性を持ち、フォトニック／プラズモニックバンド構造が重なる状態で PL 増強が顕著に起こることが分かった。詳細な理由は調査中であるが、パーセル効果が大きくなったことが原因であると考えられる。

[1] T. Oto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **111**, 133110 (2017). [2] 菊地, 大音他, 第 78 回秋季応用物理学会, 7p-A301-15 (2017).

[3] A. Yanagihara *et al.*, Appl. Phys. Express, **7**, 112102 (2014).

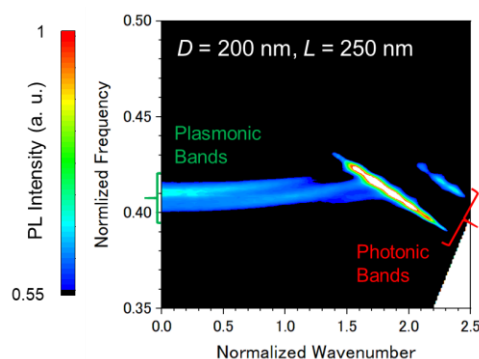


Fig. 1: Band structures of Au/InGaN/GaN nanocolumn arrays.

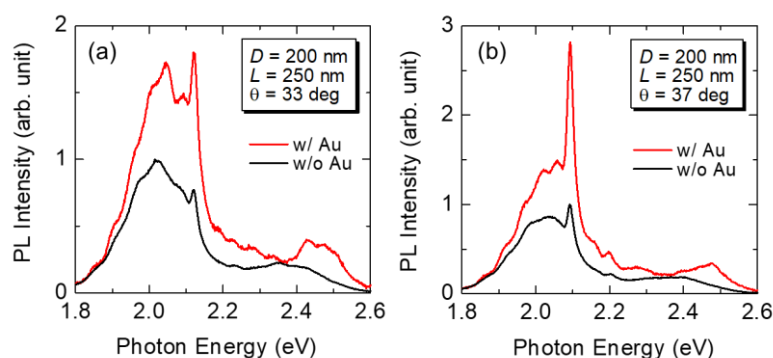


Fig. 2: PL spectra with and without Au thin film at $\theta = 33^\circ$ and 37° in the directions of Γ -M.