

Ag プラズモニック結晶の導入が

InGaN 系ナノコラムアレイのバンド構造に与える影響

Influence of Ag plasmonic crystals to band structures in InGaN nanocolumn arrays

山形大院理工¹, 阪府大院工², 上智大理工³, 上智大ナノテク⁴,

○早川 将太郎¹, 岡本 晃一², 富樫 理恵^{3,4}, 岸野 克巳⁴, 大音 隆男¹

Yamagata Univ.¹, Osaka Pref. Univ.², Sophia Univ.³, Sophia Nanotech.⁴,

○S. Hayakawa¹, K. Okamoto², R. Togashi^{3,4}, K. Kishino⁴, and T. Oto¹

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

InGaN 系発光素子において長波側の発光効率を向上するために、規則配列 InGaN ナノコラム (NC) にプラズモニック結晶 (PIC) を導入したナノコラムプラズモニック結晶 (NC-PIC) の研究を推進してきた。NC-PIC 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。また、NC-PIC ではフォトニック結晶 (PhC) と PIC が同時に存在する系であるため、バンド間相互作用を理解して制御することが重要である。実際に、Au を用いた NC-PIC において、フォトニック/プラズモニックバンドが重なる状態で相互作用が生じて、発光増強が顕著に起こることを報告した[1]。一方、Ag-PIC では光吸収が少なく高い電界強度を有するため[2]、バンド間相互作用を探索するのにより適した構造であると考えられる。そこで、本研究では Ag-PIC の導入前後でバンド構造を測定し、バンド間相互作用を調査したので報告する。

周期 260 nm、コラム径 220 ± 2 nm の三角格子 PhC のコラム間を Spin-on-glass で埋め込んだ後、BHF でコラムトップが露出するまでエッチングを行った。この試料に対して、角度分解顕微 PL (μ -ARPL) 測定[3]により分散関係を実験的に評価し、FDTD 法で計算したバンド構造と比較を行った。図 1(a) に Ag-PIC 導入前における Γ -M 方向の分散関係を示す。得られた分散関係は GaN/SiO₂ フォトニックバンドの計算結果 (緑色実線参照) といい一致を示した。次に、PIC 導入によるバンド構造の変化を調べるため、PhC 上に Ag を 15 nm 蒸着して PIC を導入した。図 1(b) に Ag-PIC 導入後に μ -ARPL で得られた Γ -M 方向の分散関係を示す。なお、水色のプロットはプラズモニックバンドの計算結果である。PIC 導入による明らかなバンド構造の変化を観測した。フォトニック/プラズモニックバンドが重なる状態では相互作用が生じて、フォトニックバンドに起因するピークの発光強度が大きく増加するとともに、プラズモニックバンド側にシフトすることがわかった。

謝辞：本研究は卓越研究員、科研費(17K18110, 19H04533, 19H00874)、光科学技術研究振興財団研究助成の援助を受けて行われた。

[1] 菊地他, 第 78 回応用物理学会秋季講演会 7p-A301-15 (2017). [2] 大音他, 第 81 回応用物理学会秋季講演会 11a-Z02-5 (2020). [3] T. Oto *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **60**, 060904 (2021).

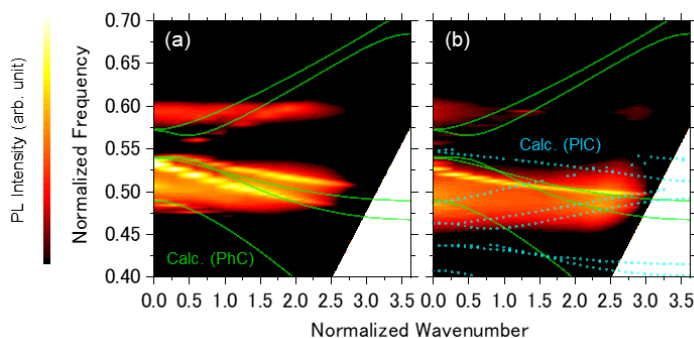


Fig. 1: Dispersion relation observed by μ -ARPL along Γ -M direction (a) before and (b) after introducing Ag-PIC. Calculated photonic and plasmonic band diagrams are also shown.