

表面プラズモンを用いた規則配列 InGaN ナノコラムの発光増強

Enhanced light emission from regularly arrayed InGaN/GaN nanocolumns due to surface plasmon coupling

菊地主馬¹, 大音隆男¹, 岡本晃一³, 岸野克巳^{1,2}

1. 上智大理工, 2. 上智大ナノテク, 3. 九大先端研

K. Kikuchi¹, T. Oto¹, K. Okamoto³, and K. Kishino^{1,2}

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

はじめに : InGaN は In 組成の変化によって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って発光効率は著しく減少することが課題となっている. この問題を解決するために, 本研究室ではナノコラム (ナノワイヤ) 構造の研究を推進してきた. ナノコラムは貫通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, さらなる発光効率向上を実現するために, 表面プラズモンに着目した. 実際に, Ag を蒸着することで青色発光の InGaN/GaN 量子井戸の著しい発光増強が報告されている[1]. 本発表では, 一般的に発光効率が低い橙～赤色領域に焦点を当て, 規則配列 InGaN/GaN ナノコラムに Au を蒸着することで, ナノ構造効果に加えて表面プラズモン効果を導入し, 発光増強の周期・コラム径依存性について評価した.

実験・結果 : はじめに, InGaN で励起された励起子と表面プラズモンを効果的に結合させるために必要な金属を決定した. 膜状の金属/GaN 界面に誘起される表面プラズモンの分散関係から Au が最適であると判断した. 裏面から活性層を選択励起できるように, ナノコラム間を SOG (spin-on-glass) で埋め込み, バッファードフッ酸 (BHF) での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 を蒸着した. Au の蒸着前後で PL および時間分解 PL を行い, 比較検討した. コラム径 $D=140$ nm, 周期 $L=200$ nm の規則配列 InGaN/GaN ナノコラムにおいて, Au を蒸着する前と蒸着した後の PL スペクトルを図 1 に示す. Au 蒸着後のピーク強度は Au 蒸着前に比べて最大で~5.2 倍となり, 発光増強を達成した. また, PL 増強率のコラム径・周期依存性を図 2 に示す. 各周期においてそれぞれ増強率が最大となるコラム径が存在することが明らかになった. この理由を調査するために, FDTD (有限差分時間領域) 法によって, 本研究の構造で発生する電界強度のコラム径依存性のシミュレーションを行った結果を図 3 に示す. 計算した電界強度は, $D \sim 125$ nm で共鳴し, 実験結果と同様の傾向を示した. また, PL の減衰曲線を比較したところ, Au 蒸着後の PL 減衰曲線のみに速い減衰成分 (~300 ps) が観測された. 以上の結果から, Au 蒸着による PL 増強は表面プラズモンによるものと考えられる.

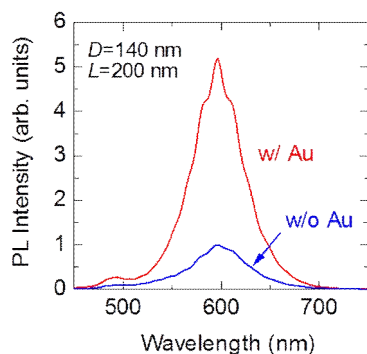
[1] K. Okamoto *et al.*, Nature Materials **3**, 601 (2004).謝辞 : 本研究は科研費・特別推進研究(#2400013)の援助を受けて行われた.

Fig.1 PL spectra from InGaN/GaN nanocolumns with and without Au.

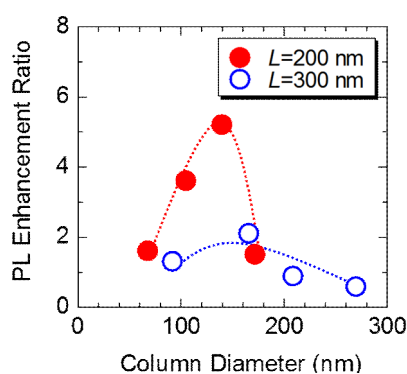


Fig.2 PL enhancement ratios as a function of column diameter

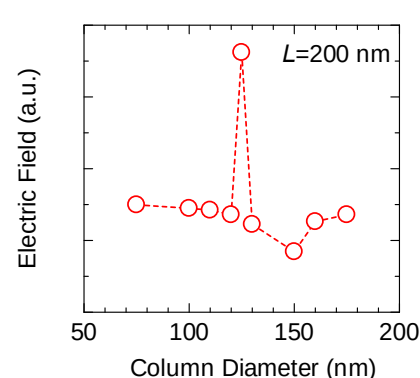


Fig.3 Simulated electric field strength as a function of column diameter.