

誘電体薄膜を用いた局在型表面プラズモン共鳴の緑色波長領域での調整と窒化物半導体における高効率発光

Tuning of Localized Surface Plasmon Resonance in Green Wavelength Region and High-Efficiency Light Emission in Nitride Semiconductors

阪府大工¹, 京大院工² ○(B)亀井 勇希¹, (M1)垣内 晴也¹,
松山 哲也¹, 和田 健司¹, 船戸 充², 川上養一², 岡本 晃一¹

Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.²

○Y. Kamei¹, S. Kaito¹, T. Matsuyama¹, K. Wada¹ M. Funato², Y. Kawakami², and K. Okamoto¹

E-mail: kamei0621@pe.osakafu-u.ac.jp

1. はじめに

表面プラズモン(SP)共鳴による高効率発光において、Ag/GaN 界面を用いた場合、SP 共鳴波長を緑色領域に持ってくることは困難である。そこで我々は GaN と Ag の間に SiO₂ 薄膜を挟むことで、SP 共鳴波長を短波長化し、緑色領域で著しい発光増強が得られることを報告した[1]。しかしこの方法を実験で検証したところ、必ずしも共鳴条件で最大の発光増強が得られるとは限らず、さらに詳しい考察・最適化が必要であることがわかってきた。そこで本研究では、量子井戸からの緑色発光をより増強する最適な条件を探ることを試みた。

2. 計算方法

富士通 Poynting for Optics を用いて FDTD 計算を行った。GaN 基板上に Ag ナノ半球を直接置いたモデルと、GaN 基板と Ag ナノ半球の間に SiO₂ を積層したモデルを作製した。消衰スペクトルはパルス平面波の照射によって計算し、発光増強度は励起子を想定した点双極子を GaN 基盤表面から 10 nm 離れた場所に置き、光アンテナ効果による放射増強から見積もった[1]。

3. 結果と考察

スペーサーがない場合と SiO₂ を数 nm 積層した場合の消衰スペクトルを Fig. 1 に示した。SiO₂ 薄膜が厚くなるほど短波長化し、厚さ 20 nm で飽和した。薄膜厚さが 3 nm 以下でも 80 nm 以上の大きな短波長シフトが得られることが判明した。Fig. 2 に光源の波長が緑(550 nm)のとき、SiO₂ 薄膜を 1,3,5 nm 挟んだ場合の増強度を示した。Ag ナノ半球を直接乗せた場合は高々 2.5 倍の増強であるのに対して、SiO₂ 薄

膜がある場合は最大約 5 倍の全体的に高い増強効果が得られた。SiO₂ 薄膜で共鳴波長を短波長化させた恩恵を得られていることがわかる。当日は実験結果と合わせて詳しく議論する。

[1] 亀井, 垣内, 松山, 和田, 岡本, Optics & Photonics Japan 2021, 26AP10.

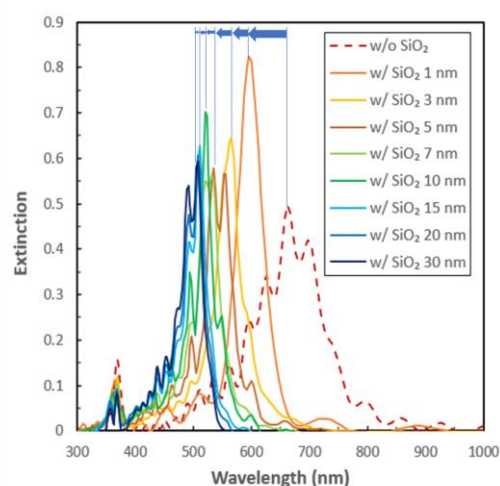


Fig. 1. Extinction with various thickness SiO₂ spacer

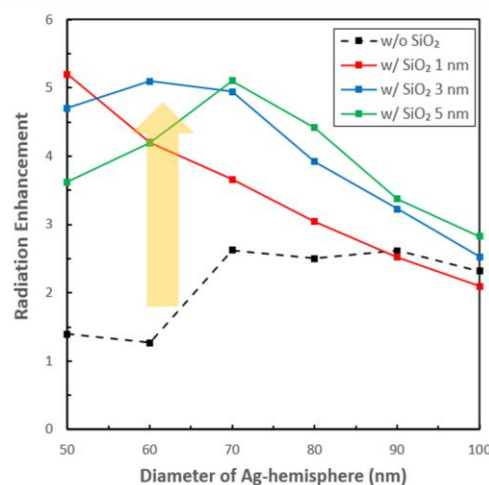


Fig. 2. LSP-based-Radiation-Enhancement from green light source (550 nm) with SiO₂ spacer of 1, 3, 5 nm