

InGaN/GaN 多重量子井戸の表面プラズモン侵入長を越えた発光増強 Emission Enhancements of InGaN/GaN MQW beyond Skin Depth of Surface Plasmon

阪府大院・工¹, 京大院・工² ○村尾文弥¹, 中村俊樹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 ○F. Murao¹, T. Nakamura¹, T. Matsuyama¹, K. Wada¹, M. Funato²,
Y. Kawakami², K. Okamoto¹

E-mail : murao0617@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに

我々は金属/誘電体界面に発生する表面プラズモン(SP)を利用し InGaN 系発光材料の発光速度を速め、発光を大きく増強できることを2004 年に実証した[1]。しかしその発光増強度は量子井戸(QW)まで侵入した表面プラズモンポラリトン(SPP)の電界強度に依存しており、実用的な LED の構造として主に用いられる多重 QW では深部の活性層ほど SP と共鳴しにくく、全体の増強度が単層 QW と比べ低くなると予想される。本研究では、高効率かつ高輝度のプラズモニック LED の実用化に向け、さまざまな InGaN/GaN 多重 QW 試料における SP の発光増強効果と侵入長の相関を調べ、多重 QW での増強原理について検討した。

実験

3 層(3QW)と 5 層(5QW)と 10 層(10QW)の InGaN/GaN (3 nm/10 nm)多重 QW 発光材料の表面に厚み 50 nm の Ag, Al の金属薄膜を真空蒸着した。そしてサファイヤ基板側から波長 409 nm の InGaN レーザーで励起し、マルチチャンネル分光器で検出した発光スペクトルから金属蒸着による発光の増強度を測定した。さらにクライオスタットで 8 K まで試料を冷却し、光取り出し効率(LEE)と内部量子効率(IQE)の増強度を測定した。また発光層間隔を 5 nm へ狭めた 10QW 試料についても同様に測定した。

結果と考察

障壁層 10 nm の 3QW, 5QW, 10QW 多重 QW 試料の IQE の増強度を、侵入長から計算した増強度と比較し図 1 に示す。この結果は層数が 10QW まで増加した場合も SPP の侵入長を越え増強が生じることを示している。この多重 QW 特有の増強には、Förster 共鳴エネルギー移動(FRET)と呼ばれる近接場相互作用による QW 間の励起子エネルギーのやりとりが関与しており、表面に近い QW ほど SP の影響を受け発光速度が速くなるために、深部から表層の QW への FRET が優位となり深部の QW までも SP の増強効果を得ている可能性が考えられる。また 10QW 試料の障壁層を 5 nm に狭めると FRET が活発になり Ag の場合 IQE が 3.5 倍(侵入長計算では 1.5 倍)まで増加した。

当日は時間分解測定の結果や理論計算を踏まえ多重 QW の SP 増強原理について議論する。

[1] *Nat. Mater.* **3**, 601 (2004).

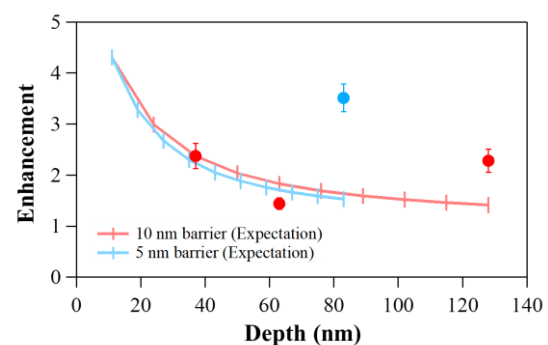


Fig.1. Estimated (line) and experimental (dots) enhancement factor