

近接場光学顕微分光測定による 緑色発光 InGaN 量子井戸構造の高エネルギー発光成分の評価(2)

Study on higher-energy bands in InGaN Quantum Well Structures
by Scanning Near-Field Optical Microscopy (2)

山口大院・創成科学、大陽日酸株式会社

倉井聡¹, 三原練磨¹, 野畑元喜¹, 大川康平¹, 横尾凌我¹, 岡田成仁¹, 只友一行¹,
矢野良樹², 田淵俊也², 松本功², 山田 陽一¹

Yamaguchi Univ.¹, TAIYO NIPPON SANCO Corp.²

S. Kurai¹, R. Mihara¹, G. Nobata¹, K. Okawa¹, R. Makio¹, N. Okada¹, K. Tadatomo¹,
Y. Yano², T. Tabuchi², K. Matsumoto², and Y. Yamada¹

E-mail: kurai@yamaguchi-u.ac.jp

InGaN 量子井戸(QW)構造中の貫通転位を起点として形成される成長ピットに起因したポテンシャル障壁モデルが提案され[1]、内部量子効率の改善への有効性について検討されている。発光デバイスの長発光波長化に伴う効率低下問題に対して、ポテンシャル障壁が緑色発光領域でも非輻射再結合中心へのキャリアの流入を抑制するとの報告[2]、緑色発光領域では十分にこの効果が得られないとの報告[3]があり、試料依存性等も含めた議論は不十分である。前回、我々は青色および緑色 QW 構造について、室温で近接場光学顕微分光(SNOM-PL)測定を行い、緑色 QW 構造でのみ InGaN 発光より高エネルギー側に局所的な発光(高エネルギー発光)を観測した[4]。高エネルギー発光の強度は GaN 発光強度と正の相関を示し、転位近傍のポテンシャル障壁モデルでは説明できない。今回、同一の試料について、低温で SNOM-PL 法による評価を行った結果を報告する。

実験に用いた試料は、MOVPE 法により 6 インチ c 面サファイア基板上に低温 GaN 層、無添加 GaN 層、超格子(SL)層を介して成長した井戸数 6 の緑色発光 InGaN/GaN 多重量子井戸構造である(緑色 QW)。QW 層は井戸幅 2.5 nm、障壁層幅 6.5 nm、SL 層は n-In_{0.1}Ga_{0.9}N(1 nm)/n-In_{0.02}Ga_{0.98}N(3 nm)層を 10 周期である。SNOM-PL 測定は、SNOM 装置(日本分光製 NFS-330)を用いて、イルミネーション-コレクションモードにて低温 40 K で行った。励起光源を cw He-Cd レーザ(325 nm)とし、近接場プローブの開口径は 50 nm、観察領域は 1×1 μm²とした。

Fig.1 に領域平均 PL スペクトル(下)および局所 PL スペクトルの一例(上)を示す。GaN、InGaN、および SL 層に起因した 3.35 eV 付近の発光が観測された。室温測定での観察結果[4]と同様に、局所 PL スペクトルには、InGaN 発光の 200-300 meV 高エネルギー側に領域平均 PL スペクトルに観測されない高エネルギー発光が見られた。Fig. 2 に(a)GaN 発光および(b)高エネルギー発光(2.696-2.952 eV)の積分 PL 強度像を示す。高エネルギー発光領域は点状に分布し、発光領域の密度は約 2×10⁹ cm⁻²と見積もられた。これは室温測定時(約 2×10⁸ cm⁻²)に比べて遥かに高い。また、GaN 発光の暗点(貫通転位)と高エネルギー発光が重なる領域(水色矢印)と、重ならない領域(赤矢印)が存在することがわかった。これは室温時と異なっており、非輻射再結合過程の不活性化により転位近傍の高エネルギー発光が明瞭になったと考えられる。緑色 QW においても貫通転位近傍にポテンシャル障壁が形成され、障壁高さが貫通転位へのキャリア流入を抑制するのに十分であることが示された。

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費 JP16H06428 および JSPS 科研費 16K06264 の助成を受けて行われた。

[1] A. Hangleiter *et al.*, PRL **95**, 127402 (2005)., [2] C. Netzel *et al.*, PRB **76**, 155322 (2007)., [3] A. Kaneta *et al.*, PRB **78**, 125317 (2008)., [4] 倉井他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 14a-A21-4 (2016).

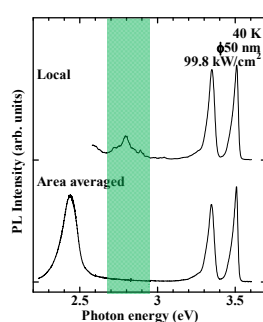


Fig.1. Area averaged (lower) and local (upper) spectra of green InGaN QW at 40 K.

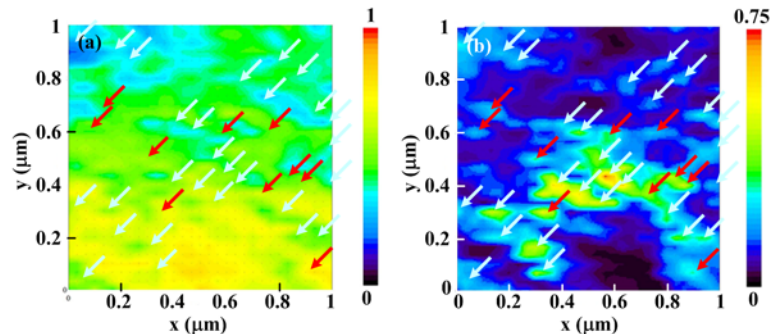


Fig.2. Integrated PL intensity maps of (a)GaN emission and (b)higher-energy emission acquired at 40 K.