量子井戸構造の成長条件が異なる 緑色発光 InGaN 量子井戸構造における近接場光学顕微分光測定 Scanning near-field optical microscopy of green-emitting InGaN/GaN multiple quantum wells with different growth conditions 山口大院・創成科学¹, 大陽日酸(株)² °槇尾凌我¹, 高俊吉¹, 林直矢¹, 湯浅翔太¹, 倉井聡¹, 岡田成仁¹, 只友一行¹ 矢野良樹², 田渕俊也², 松本功², 山田陽一¹ Yamaguchi Univ.¹, TAIYO NIPPON SANSO Corp.² °R. Makio¹, J. Gao¹, N. Hayashi¹, S. Yuasa¹, S. Kurai¹, N. Okada¹, K. Tadatomo¹, Y. Yano², T. Tabuchi², K. Matsumoto², and Y. Yamada¹ E-mail: i084vg@yamaguchi-u.ac.jp

InGaN 混晶半導体には発光波長が長波長化するに伴って発光効率が低下する、グリーンギャッ プと呼ばれる課題が存在する。緑色領域における InGaN の発光機構を解明するためには混晶半導 体における組成揺らぎや欠陥などの局所構造が発光効率に及ぼす影響を調べることが必要である。 今回、発光層の構造が異なる3種類の緑色発光多重量子井戸(MQW)構造に対して近接場光学顕微 分光(SNOM-PL)測定を行い、発光特性の評価を行った結果を報告する。

実験に用いた試料は、有機金属気相成長法により c 面サファイア基板上に低温 GaN 層、無添加 GaN 層、n型 GaN 層、歪超格子(SLS)層を介して成長された井戸数 6 の InGaN/GaN MQW 構造で ある。3 試料とも MQW 構造において GaN-Cap 層が挿入されており、GaN-Cap 層の厚さ 1.3 nm で、 井戸層直下に GaN-Underlayer(UL)を持たない試料(A)、持つ試料(B)、さらに GaN-UL を持ち、 GaN-Cap 層が 0.9 nm の試料(C)の 3 種類の MQW 構造を用いた。MQW 層は井戸幅 2.5 nm、障壁層 幅 6.5 nm、SLS 層は n-In_{0.1}Ga_{0.9}N (1 nm)/n-In_{0.02}Ga_{0.98}N(3 nm)を 10 周期である。それぞれの内部量 子効率は試料(C)が最も高く、次いで試料(B)、試料(A)の順となっている。SNOM-PL 測定は、発 振波長 325 nm の cw He-Cd レーザを励起光源とし、開口径 80 nm のファイバープローブを用いた。 また、励起と集光を同一のプローブで行うイルミネーション-コレクションモードで行った。測定 温度は室温であった。

図1に各試料における領域平均発光スペクトルを示す。GaN-UL が挿入されている試料においては半値幅が短波長側に広いスペクトルが見られた。図2は試料(C)の InGaN 活性層のピーク波長分布像を示しており、局所的にピーク波長が高エネルギー側にシフトしている領域が存在することが分かった。このような領域は試料(B)においても確認され、領域のサイズは数百 nm 程度であった。これらは、GaN-UL の表面平坦性の低下を反映していると考えた。図3 に各試料における局所 PL スペクトルのピーク波長-半値幅の相関図を示す。図3(a)より、試料(A)、試料(B)、試料(C)の順に局所 PL の半値幅が増大し、そのバラツキも大きくなることが分かった。また、試料(C)のピーク波長は他の試料と比較して短波長側に現れた。これらは、GaN-Cap 層を薄くするこによる In の脱離抑制が弱くなり In 組成比が低下したこと、およびそれに伴う界面揺らぎの増大がGaN-UL によるポテンシャル揺らぎに加えて生じたことによると考えられる。また、短波長側ほど半値幅が広くなる傾向がみられており、不均一性の程度が短波

長領域内外で異なることを示唆している。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP16H06428 および JP16K06264 の助 成を受けて行われた。



Fig.1. Area-averaged PL spectra.



Fig.2. Peak wavelength map of Sample (C).



WAVELENGTH (nm) Fig.3. Correlation diagram of wavelength—FWHM.