

カソードルミネッセンス法による AlGaN 多重量子井戸構造の 転位近傍の局所発光

Cathodoluminescence study on local emission around dislocations in AlGaN multiple quantum well structures

山口大院・創成科学¹、三重大院・工²

○倉井聡¹, 井村暢杜¹, Li Jin¹, 三宅秀人², 平松和政², 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.¹, Mie Univ.²

○S. Kurai¹, N. Imura¹, J. Li¹, H. Miyake², K. Hiramatsu², and Y. Yamada¹

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

中～高 Al 組成比の AlGaN 混晶は、深紫外領域の発光受光デバイス用材料として応用が期待されている。このような混晶材料には、大きな統計的および熱力学的なバンドギャップ揺らぎを含んでおり、その発光特性は複雑になる。さらに、貫通転位や量子井戸(QW)構造における膜厚変動など構造的な不均一性がさらなるバンドギャップ揺らぎの引き金となる。例えば、InGaN QW 構造において貫通転位の周囲に、キャリアが転位によって捕獲されるのを防ぐポテンシャル障壁の自己形成が報告されており[1]、内部量子効率に影響を与える[2]。他方、高 Al 組成 AlGaN QW における貫通転位近傍の空間分解分光に関する研究報告はほとんどない[3,4]。本研究では、走査型電子顕微鏡と組み合わせたカソードルミネッセンス(SEM-CL)により、AlGaN 多重量子井戸(MQW)構造の貫通転位近傍の発光空間分布を観察した。

実験に用いた試料は、減圧有機金属気相成長法により c 面サファイア基板上に 0.8 μm 厚の AlN バッファ層、0.2 μm 厚の Al リッチ AlGaN 中間層、0.2 μm 厚の Si ドープ AlGaN 層を介して成長された $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}/\text{Al}_{0.91}\text{Ga}_{0.09}\text{N}$ MQW である[5]。MQW 構造の井戸層厚、障壁層厚、周期は、それぞれ 1.2 nm、7.0 nm、75 であった。また、障壁層の Al 組成比 $x=0.70\sim0.91$ の試料を用いた。SEM-CL 測定は、加速電圧 2.00 kV(電子-正孔対の空間広がり約 80nm に相当)、78 K で実施した。CL スペクトル測定時のエネルギー分解能は 5.00 eV 付近で 14 meV であった。

Fig.1 に SEM-CL 観察を行った全領域での平均 CL スペクトル(黒実線)を示す。AlGaN MQW からの発光ピーク(4.94 eV)およびその低エネルギー側に LO フォノンレプリカによる肩が観測された。Fig.2 は、同一位置での(a)SEM 像および(b)全光 CL(PCL)像を示す。SEM 像では位置確認用に観察視野に入れた異常成長部分以外には顕著な表面構造が観測されず、平滑な表面であった。PCL 像では貫通転位に起因する暗点が観測された。暗点の密度は約 $2.7\times10^9\text{ cm}^{-2}$ であり、おおよそ貫通転位密度と一致している。従って、AlGaN MQW においては貫通転位に起因する表面ピットは存在しない。次に、Fig.2(c)に領域平均 CL スペクトルの発光ピーク位置より高エネルギー側(5.02 eV)で取得した MCL 像を示す。MCL 像中に点状の発光分布が観測された(矢印)。高エネルギー発光が観測される位置は、PCL 像中の暗点に対応していた。点 A で取得した局所 CL スペクトル(Fig.1 破線)は、領域平均スペクトルより高エネルギー側に発光ピーク(4.98 eV)を有していることが分かる。このような局所高エネルギー発光は障壁層 Al 組成の異なる試料においても同様に観測された。以上の結果は、AlGaN MQW 系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る可能性を示唆するものである。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K06264、JP16H06428 および JP16H06415 の助成を受けて行われた。

[1] A. Hangleiter *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 127402 (2005)., [2] N. Okada *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 025708 (2015)., [3] Y. Iwata *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 115702 (2015)., [4] M. Funato *et al.*, AIP Advances **5**, 117115 (2015)., [5] F. Fukuyo *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 01AF03 (2013).

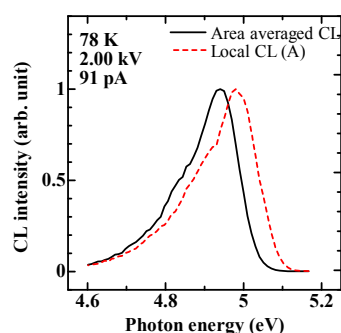


Fig.1. Area averaged (solid line) and local (dashed line) spectrum of $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}/\text{Al}_{0.91}\text{Ga}_{0.09}\text{N}$ QW at 78 K. Local CL spectrum was acquired at the spot A in Fig. 2

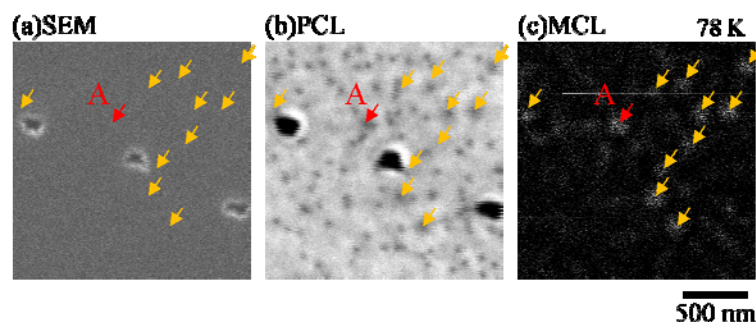


Fig.2 (a)SEM, (b)PCL, and (c)MCL images of $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}/\text{Al}_{0.91}\text{Ga}_{0.09}\text{N}$ QW at 78 K. MCL image acquired at 5.02 eV, which was 0.08 eV higher in energy than AlGaN QW emission peak.