

LP-MOVPE 法で成長した Si 添加 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 多重量子井戸構造($x\sim 0.6$)のカソードルミネッセンスマッピング評価

Study on Cathodoluminescence Mapping of Si-doped $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ Multiple Quantum Well Structures ($x\sim 0.6$) Grown by LP-MOVPE

山口大院・理工¹, 三重大院・工², °倉井 聡¹, 穴井恒二¹, 若松 歩¹, 三宅 秀人², 平松 和政², 山田 陽一¹

Yamaguchi Univ.¹ and Mie Univ.², °S. Kurai¹, K. Anai¹, A. Wakamatsu¹, H. Miyake², K. Hiramatsu², and Y. Yamada¹

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

AlGaIn 混晶に Si を添加することにより、構造的、電気的、光学的物性に様々な変化が生じることが知られている。これまで我々は Si 添加された AlGaIn 薄膜に対してミクロスコピックな視点で表面構造や発光の空間分布を評価し、Si 濃度や Al 組成を変化させることによる表面ヒロック構造の発展とそれに付随する局所的な発光について報告してきた[1-2]。本研究では、励起子デバイスとしての応用を考えた場合に励起子分子結合エネルギーが最も高くなる Al 組成(0.6~0.8)を有し、殺菌用途への応用に適した発光波長(約 250~260nm)をカバーする $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 多重量子井戸(AlGaIn-MQW)($x\sim 0.6$)に着目し、その表面構造と発光分布について走査電子顕微鏡/カソードルミネッセンス(SEM/CL)法を用いて評価を行った。また、これらの結果と内部量子効率[3]の比較を行った。

実験には、減圧 MOVPE 法により c 面サファイア基板上に 0.8 μm の AlN 層、0.2 μm の高 Al 組成 AlGaIn 中間層、0.2 μm の Si 添加 AlGaIn 層を介して成長された、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N-MQW}$ 構造を用いた[4]。①井戸層の Si 濃度を 3.8×10^{17} 、 7.6×10^{17} 、 $1.1\times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ とした MQW($x=0.60$, $y=0.74$ 、井戸幅 1.5nm、障壁層幅 4.7nm、井戸数 100、障壁層の Si 濃度 $3.8\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$)、②障壁層幅を 3.0、7.0、11.0、15.0nm(井戸数それぞれ 137、75、50、38)とした MQW($x=0.60$, $y=0.70$ 、井戸幅 1.5nm、井戸層/障壁層の Si 濃度 $3.8\times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$)について SEM/CL 測定を行った。測定には FE-SEM/CL 装置(日立 S-4300SE/Oxford MonoCL2)を用い、加速電圧を 2.5kV とした。

Si 無添加の AlGaIn-MQW では表面に多数のヒロックが見られたのに対して、Si 添加を行った AlGaIn-MQW の表面は平坦であった。これは Si 添加に伴う歪み緩和の抑制により 3 次元成長が抑えられたためと考えられる[5]。次に、井戸層の Si 添加量が異なる AlGaIn-MQW 構造(MQW①)の SEM/CL 像の評価を行った。Si 添加量の増加に伴う表面平坦性の悪化は、今回の試料では見られなかった。これは、Si 流量が比較的少ない条件であること、および障壁層の Al 組成が高いことから、ヒロック形成の条件から外れたためと考えられる[2]。Si 添加 AlGaIn-MQW の室温全光 CL 像中に観測された暗点密度を Si 濃度の関数として Fig.1 に示す。暗点密度は XRC の半値幅から予想される貫通転位密度のオーダーであり、Si 濃度に対して単調に増加していることがわかった。この結果を、内部量子効率(IQE)と比較する(Fig.1)と両者に相関がないことがわかった。これは Si 濃度を一定としバリア層厚を変化させた場合(MQW②)に、暗点密度と内部量子効率の相関が見られたこととは異なる。効率に寄与する別の要因として組成/界面平坦性の揺らぎが考えられたが、発光分布の度合いの指標として CL スペクトルの半値幅を比較したところ、Si 濃度を変えても同程度であった。これらから、 AlGaIn-MQW における Si 濃度と発光効率の相関は、構造的要因よりもむしろ Si 添加に伴う点欠陥密度の変化[6]の寄与が大きいと結論づけた。

[1]S.Kurai et al. JJAP 52 (2013) 08JL07., [2]倉井他 第 60 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 28p-PA1-11., [3]H.Murotani et al. APL 101 (2012) 042110., [4]F.Fukuyo et al. JJAP 52 (2013) 01AF03., [5]S.Kurai et al. JAP 112 (2012) 033512., [6]A.Uedono et al. JAP 111 (2012) 013512.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 25420288 の助成を受けて行われた。

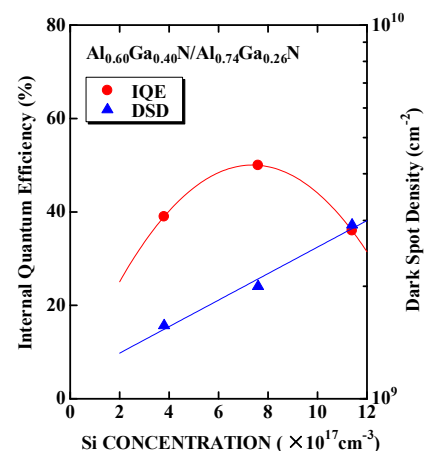


Fig. 1. Dark spot density in CL images (triangle) and IQEs of AlGaIn-MQWs (circle) as a function of Si concentration.