

AlGaIn 多重量子井戸構造における 内部量子効率の井戸幅および障壁層 Al 組成比依存性 Dependence of internal quantum efficiency on well width and barrier Al composition in AlGaIn multiple quantum well structures

山口大院・創成科学¹, 徳山高専², 三重大院・工³

○赤松勇紀¹, 藤井厚志¹, 倉井聡¹, 室谷英彰², 三宅秀人³, 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.¹, NIT, Tokuyama Coll.², Mie Univ.³

○Y. Akamatsu¹, A. Fujii¹, S. Kurai¹, H. Murotani², H. Miyake³, and Y. Yamada¹,

E-mail: i002vg@yamaguchi-u.ac.jp

AlGaIn 混晶半導体は深紫外領域での発光が可能であり、殺菌用途など応用分野は多岐にわたる。しかし、依然として外部量子効率は低く、デバイス構造の最適化が必要である。これまでに我々は、AlGaIn 系深紫外 LED の発光特性の理解を目的として、LED の性能を示す重要な指標の 1 つである内部量子効率(IQE)の評価を行ってきた[1]。今回我々は、井戸幅および障壁層 Al 組成比が異なる AlGaIn 多重量子井戸(MQW)構造の IQE を評価し、MQW の構造パラメータが IQE に与える影響について考察したので、その結果を報告する。

今回測定に用いた試料は、有機金属気相成長法により c 面サファイア基板上に AlN バッファ層 0.8 μm , 高 Al 組成 AlGaIn 層 0.1 $\mu\text{m} \times 2$, Si 添加 AlGaIn 層 0.2 μm を介して成長した AlGaIn MQW 構造である。井戸層 Al 組成比 60%で固定し、井戸幅(0.9nm, 1.2nm, 1.5nm, 2.0nm)と障壁層 Al 組成比(70%, 74%, 79%)を変化させた試料について測定を行った。フォトルミネッセンス(PL)測定を行い、PL スペクトルの励起パワー密度依存性の測定を行うことにより IQE を定量的に評価した。励起光源として色素レーザーの第二高調波(発振波長: 230 nm)を使用し、測定温度は低温(10 K)と室温(295K)で行った。

図 1 は、障壁層 Al 組成比の異なる AlGaIn MQW 構造における IQE の井戸幅依存性を示している。障壁層 Al 組成比 70%の試料において、井戸幅 2.0nm から 1.5nm にすると IQE は 16%から 37%へ増大し、さらに井戸幅を狭くすると IQE は減少した。これは、同一試料における励起分子結合エネルギーの井戸幅依存性[2]と相関がみられた。次に、障壁層 Al 組成比 74%の試料において、井戸幅 2.0nm から 1.5nm, 1.2nm にすると IQE は 53%, 67%, 77%へ増大し、1.2nm から 0.9nm にすると IQE は減少した。また、障壁層 Al 組成比 79%の試料において、井戸幅 1.5nm から 1.2nm, 0.9nm にすると IQE は 13%, 48%, 66%と井戸幅の減少に伴い IQE は増大した。障壁層 Al 組成比 70%, 74%, 79%の試料の IQE はそれぞれ井戸幅 1.5nm, 1.2nm, 0.9nm で最大となった。我々が行ったバンド構造の計算によると、障壁層 Al 組成比 70%, 74%, 79%の伝導帯バンドオフセットはそれぞれ 197meV, 275meV, 374meV となり、障壁層 Al 組成比が増大することでバンドオフセットも増大することが分かる。

障壁層 Al 組成比増大に伴うバンドオフセットの増大は量子閉じ込め効果の増強に繋がり、発光効率向上が期待される一方で、井戸幅 1.2nm, 障壁層 Al 組成比 74%で IQE が最大となり、障壁層 Al 組成比 79%の試料の IQE が 74%の試料に比べて低く見積もられた。これは、障壁層 Al 組成比増大に伴う過度なバンドギャップ差により欠陥密度が増加し、非輻射再結合確率が増大したものであると考えられ、発光効率は両者のバランスを図ることにより改善することが示唆される。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 JP16H06428 および JP16H04335 の助成を受けて行われた。

[1]H.Murotani *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 042110 (2012)

[2]K.Nakamura *et al.*, Appl. Phys. Express. **10**, 051003 (2017)

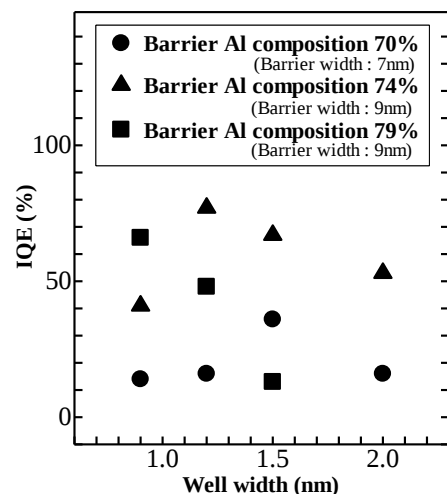


Fig. 1. Well width dependence of IQE in AlGaIn MQW structures with different barrier Al composition