

二次組成変調によって電子・正孔波動関数の重なり積分を増強させた *c* 面 AlGaIn 多重量子井戸の発光特性評価

Optical characterization of *c*-plane AlGaIn multiple quantum wells of enhanced overlap integral of electron and hole wavefunctions by the quadratic compositional modulation

東北大多元研¹、三重大² °小島一信¹、林侑介²、三宅秀人²、平松和政²、秩父重英¹

IMRAM-Tohoku Univ.¹, Mie University²

°K. Kojima¹, Y. Hayashi², H. Miyake², K. Hiramatsu², and S. F. Chichibu¹

E-mail: kkojima@m.tohoku.ac.jp

深紫外線波長領域の光(特に 250~270 nm 帯域)は殺菌能力が高いため、食品の衛生管理や飲料水の浄化などへの応用に有効である。三宅・平松らはこれまで、AlGaIn 薄膜もしくは量子井戸(QW)を用いた電子線励起深紫外線発光素子開発を行ってきた[1,2]。井戸幅(L_w)と発光強度との関係を調べた結果、 L_w が 1.5 nm 程度と薄い場合に発光強度が最大化することが報告されている[2]。これは、*c* 面 QW に量子閉じ込めシュタルク効果(QCSE)が存在するため、 L_w が厚くなるほど電子と正孔波動関数の重なり積分(I^2)が減少し、輻射再結合割合が減少することに起因する。我々は最近、*c* 面 AlGaIn の組成を QW 面垂直方向に沿って適切にデザインするにより、上記の L_w に対する制限を大幅に緩和できることを理論的に見出した(I^2 を最大 94%に設計可能、井戸幅が 10 nm でも I^2 は 80%を維持可能)[3]。この知見に基づき、実際に組成変調を施した *c* 面 AlGaIn QW を作製し、その発光特性を測定した結果について報告する。

図 1 のように二次組成変調(QCM)[3]を行った *c* 面 AlGaIn QW ($L_w = 4$ nm、試料 A) を、有機金属気相成長法にて成長させた。参照用として、組成変調がない QW ($L_w = 4$ nm) および同じく変調がない QW ($L_w = 1.5$ nm) も成長させた(各々、試料 B および C)。各試料の発光外部量子効率(EQE)を室温にて測定[4](励起エネルギー: 5.06 eV、励起光(パルス)密度: 16 nJ/cm²/pulse)した結果、試料 A、B、C(発光ピーク波長 252~253 nm)にて各々3.04%、0.84%、7.08%となった。試料 A と B の EQE 差は、QCM による I^2 の向上を示唆している。一方、試料 A と C の EQE 差は、設計上の I^2 が同程度であることから、結晶成長に起因する組成制御誤差、ないしは井戸内の高 AlN モル分率部における非輻射再結合中心 (Al 空孔複合体[5]) 濃度が増加しているためと考えられる。

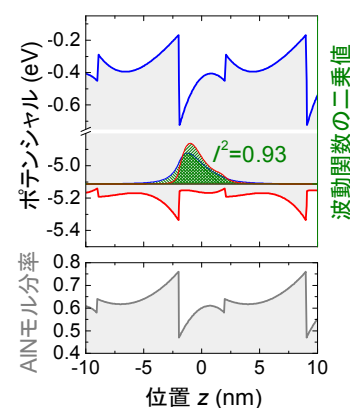


図 1 I^2 が 93% となるように設計した *c* 面 AlGaIn QW ($L_w = 4$ nm) のバンド図(文献[3]より)。

【謝辞】本研究の一部は、物質・デバイス領域共同研究拠点/ダイナミック・アライアンス、および科研費(若手研究(A) 17H04809、新学術領域・特異構造の結晶科学 16H06415、16H06427)の援助を受けた。

[1] Shimahara, Miyake, Hiramatsu, *et al.*, APEX **4**, 042103 (2011), [2] Fukuyo, Miyake, Hiramatsu, *et al.*, JJAP **52**, 01AF03 (2013), [3] Kojima, Miyake, Hiramatsu, Chichibu, *et al.*, APEX **10**, 015802 (2017), [4] Kojima, Chichibu, *et al.*, JAP **120**, 015704 (2016). [5] Chichibu, *et al.*, JAP **113**, 213506 (2013).