

オフ角が異なるサファイア上 AlN テンプレートを用いた AlGaIn 量子井戸のカソードルミネッセンス評価

Cathodoluminescence mapping of AlGaIn multiple quantum wells on sputter-deposited AlN templates with various offcut angles

山口大院・創成科学¹, 三重大・地域創生戦略企画室², 三重大院・工³, 三重大院・地域イノベーション⁴

○倉井聡¹, 藤井恵¹, 大西悠太¹, 中谷文哉¹, 岡田成仁¹, 上杉謙次郎^{2,4}, 三宅秀人^{3,4}, 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.¹, SPORR², Grad. School of Eng.³, Grad. School of RIS⁴, Mie Univ.

○S.Kurai¹, M. Fujii¹, Y. Ohnishi¹, F. Nakatani¹, N. Okada¹, K. Uesugi^{2,4}, H. Miyake^{3,4}, and Y. Yamada¹

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

AlGaIn を用いた深紫外発光デバイスの発光効率改善が求められている。近年、対向配置でアニールされたスパッタ成膜(FFA Sp-)AlN テンプレートが開発され[1], この上に成長した AlGaIn 多重量子井戸(MQW)構造において非常に高い内部量子効率(IQE)が報告されている[2]。他方で基板オフ角が表面平坦性, 発光分布および IQE に与える影響が報告されている。低オフ角では表面ヒロック構造が, オフ角度増加とともにステップバンチングが顕著化した[3]。また, IQE はオフ角 0.6° 付近で最大となりヒロックやバンチングの増加に対して減少傾向を呈した[4]。今回, オフ角が異なる FFA Sp-AlN テンプレート上に作製された AlGaIn MQW 構造のカソードルミネッセンス(CL) マッピング評価を行い, 表面構造, 暗点分布, 発光波長分布および IQE の関係について考察した。

サファイア m 軸方向および a 軸方向へのオフ角を $0.2\sim 1.0^\circ$ とした基板上に厚さ 450nm の FFA Sp-AlN テンプレート (刃状転位密度 $2\times 10^8\text{ cm}^{-2}$) を作製し, さらに有機金属気相成長法により AlN バッファ層および AlGaIn 層を介して AlGaIn MQW 構造を作製した[3]。80 K および室温にて加速電圧 3 kV で CL 強度像および CL スペクトルを取得した。

Fig.1 に m 軸方向 1.0° オフ試料のパンクロマティック CL(PCL)像を示す。ステップ端部は暗領域であった。Fig.2 にテラス部の暗点密度のオフ角依存性を示す。テラス部の暗点密度はオフ角の増加と共に減少し, ステップ端部に暗点が集中していることが示唆された。また, 分光 CL 像においてステップ端部が長波長発光することから, ステップ端部は Ga リッチ領域であると考えられた[5]。 m 軸方向にオフした試料について局所 CL スペクトルを測定し, オフ角に対するステップ/テラスの波長積分 CL 強度比および発光ピークエネルギー差を Fig.3 に示した。オフ角の増加と共に発光強度比が減少し, 発光ピークエネルギー差は増大した。このことから, ステップがキャリアの局在領域かつ非発光領域として働いたことにより, オフ角増大とともに IQE が減少したと考えた。また, テラス部の暗点近傍における CL 発光強度プロファイルに対してフィッティング解析[6]を行い, 実効拡散長 L_{eff} のオフ角およびオフ方向依存性評価を行った。 a 軸オフ試料ではオフ角増加とともに L_{eff} が減少したが, m 軸オフ試料では顕著なオフ角依存性は見られなかった。これはテラス部の発光がオフ条件に対する IQE の変化に影響を与える可能性を示唆している。

謝辞 本研究の一部は, JSPS 科研費 JP16H06415, JP16H06428, JP19K04490 の援助を受けて行われた。

[1] H. Miyake *et al.*, JCG **456**, 155 (2016)., [2] H. Murotani *et al.*, APEX **14**, 122004 (2021)., [3] K. Uesugi *et al.*, APL **116**, 062101 (2020)., [4] 押村他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 15a-A302-10 (2020)., [5] M. Hayakawa *et al.*, Proc. of SPIE **9926**, 99260S (2016)., [6] S. Ichikawa *et al.*, PR Appl. **10**, 064027 (2018).

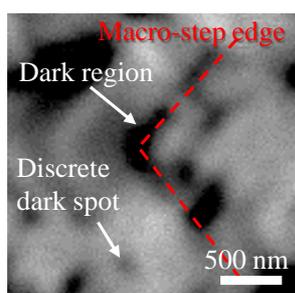


Fig.1. PCL image of AlGaIn MQW on FFA Sp-AlN template with offcut angle of 1.0° to m -axis.

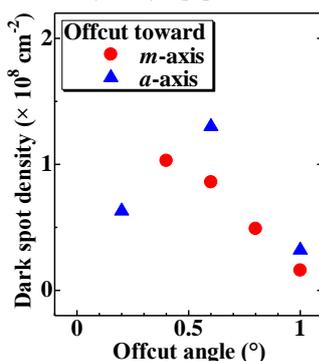


Fig.2. Offcut angle dependence of dark spot density in terrace region.

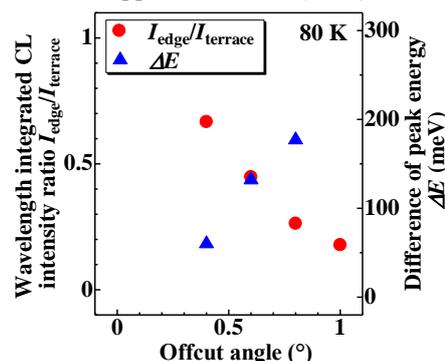


Fig.3. Offcut angle dependence of CL intensity ratio $I_{\text{edge}}/I_{\text{terrace}}$ and energy difference ΔE (m -axis off).