

高温アニールした AlN 上における DUV-LED の高効率化

Efficiency Improvement of DUV-LED on High-Temperature Annealed AlN Template

三重大 地創戦略企¹, 院地域イノベ², 院工³, 東大生研⁴

○上杉 謙次郎^{1,2}, 窪谷 茂幸¹, 中村 孝夫^{2,4}, 正直 花奈子³, 肖 世玉¹, 三宅 秀人^{2,3}

SPORR¹, Grad. Sch. of RIS², Grad. Sch. of Eng.³, Mie Univ., IIS, The Univ. of Tokyo⁴

○K. Uesugi^{1,2}, S. Kuboya¹, T. Nakamura^{2,4}, K. Shojiki³, S. Xiao¹, H. Miyake^{2,3}

E-mail: k.uesugi@opri.mie-u.ac.jp

安価かつ高効率な深紫外(DUV)発光素子の実現に向けて、我々はスパッタ成膜と face-to-face 高温アニールを組み合わせた sapphire 基板上 AlN テンプレート(FFA Sp-AlN)と、これを用いた DUV-LED の開発を進めてきた[1, 2]。FFA Sp-AlN は、らせん成分を含む貫通転位(type-c または type-a+c)の密度が 10^{-6} cm^{-2} 台前半以下と低いため、この上に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を有機金属気相成長(MOVPE)法で成長させると、スパイラル成長を起点とした巨大なヒロックが発生し、表面平坦性が損なわれることが課題であった[3]。これまでに、大きなオフ角を有する sapphire 基板を用いたヒロック形成の抑制を報告してきたが[4]、本研究では、成長条件の最適化により比較的小さなオフ角の基板上においてもヒロック形成が抑制できることを明らかにし、さらに $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 表面の平坦性向上に伴い DUV-LED の発光効率向上と発光スペクトルの狭線化を実現したので報告する。

RF スパッタを用いて、 m 軸方向へ 0.2° のオフ角を有する sapphire(0001)基板上に 450 nm の AlN を成膜し、 1700°C で 3 時間の高温アニールを施して FFA Sp-AlN を作製した。その後、MOVPE を用いて膜厚 1–2 μm の $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ 電流拡散層を有する DUV-LED 構造を成長させた。Figure 1 に、ヒロックが発生した典型的な $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ と、最適化した条件で成長させた $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ の表面モフォロジーを示す。ヒロックの大きさ・高さが顕著に低減し、表面平坦性が向上している様子が確認できる。Figure 2 に、平坦化した $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ 層を導入して作製した DUV-LED の EL スペクトルと、外部量子効率(EQE)および光出力の注入電流依存性を示す。ピーク波長 264 nm において、スペクトル半値全幅 9.6 nm、 EQE_{max} 2.1%、光出力 34 mW (400 mA 注入)を得た。

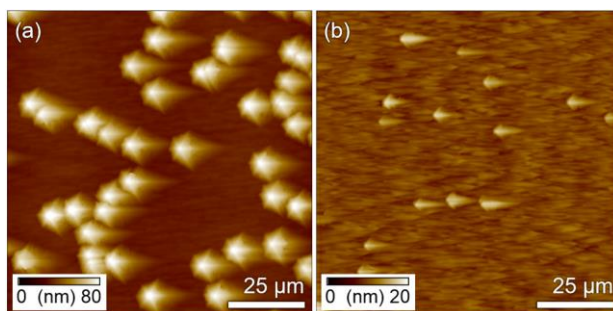


Fig. 1 AFM images of 1- μm -thick $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ films grown under (a) conventional and (b) optimized MOVPE-growth conditions.

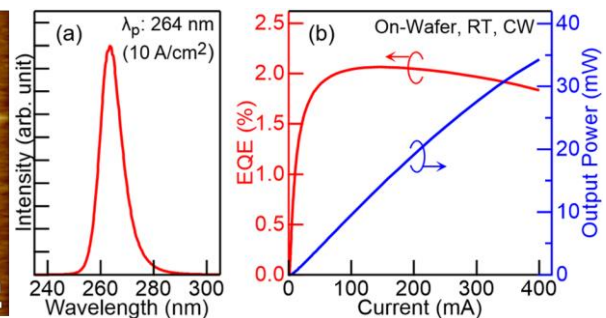


Fig. 2 EL properties of the DUV-LED fabricated on the FFA Sp-AlN equipped with a 2- μm -thick $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ layer. (a) EL spectrum. (b) EQE and output power as a function of injected current.

【参考文献】[1] H. Miyake *et al.*, JCG **456**, 155 (2016). [2] 上杉 他, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 9a-Z02-2 (2020). [3] 上杉 他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 12p-W54-4 (2019). [4] K. Uesugi *et al.*, APL **116**, 062101 (2020).

【謝辞】手銭雄太研究員に感謝します。本研究の一部は、文部科学省「地域イノベーション・エコシステム形成プログラム」、「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」、JSPS 科研費(19K15025, 21K04903, 21K14545)、JST CREST(16815710)、JST aXis(JPMJAS2011)、NEDO 先導研究の支援により行われた。