

# らせん・混合転位密度が低い AlN テンプレートを用いた DUV-LED の開発

## Development of DUV-LEDs on AlN Templates with Low-Densities of Screw and Mixed Dislocations

三重大 地創戦略企<sup>1</sup>, 院地域イノベ<sup>2</sup>, 院工<sup>3</sup>, 東大生研<sup>4</sup>

○上杉 謙次郎<sup>1,2</sup>, 窪谷 茂幸<sup>1</sup>, 中村 孝夫<sup>2,4</sup>, 正直 花奈子<sup>3</sup>, 肖 世玉<sup>1</sup>, 久保 雅敬<sup>3</sup>, 三宅 秀人<sup>2,3</sup>

SPORR<sup>1</sup>, Grad. Sch. of RIS<sup>2</sup>, Grad. Sch. of Eng.<sup>3</sup>, Mie Univ., IIS, The Univ. of Tokyo<sup>4</sup>

°K. Uesugi<sup>1,2</sup>, S. Kuboya<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>2,4</sup>, K. Shojiki<sup>3</sup>, S. Xiao<sup>1</sup>, M. Kubo<sup>3</sup>, H. Miyake<sup>2,3</sup>

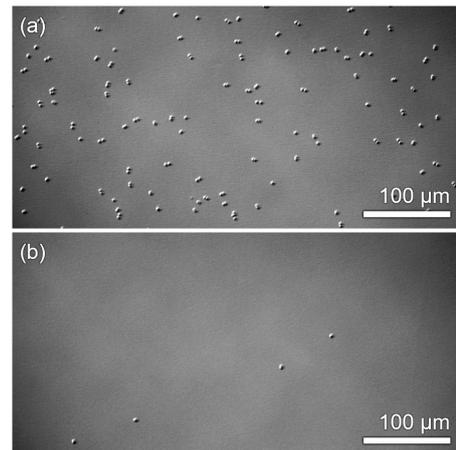
E-mail: k.uesugi@opri.mie-u.ac.jp

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 上へ有機金属気相成長(MOVPE)法を用いて  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  を成長させると、らせん成分を有する貫通転位を起点としたヒロック構造が形成され、表面平坦性が低下することが課題であった。これまでに微傾斜基板の活用[3]や MOVPE 成長条件の最適化[4]によるヒロック構造のサイズ低減を報告してきたが、本研究では AlN のスパッタ成膜条件の制御により FFA Sp-AlN 中のらせん成分を有する貫通転位の低減に成功した。これにより、DUV-LED の高効率化を実現したので報告する。

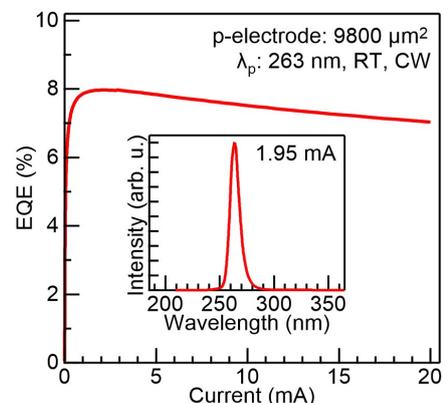
RF スパッタを用いて、 $m$  軸方向へ  $0.2^\circ$  のオフ角を有する sapphire(0001)基板上に膜厚 600 nm の AlN を成膜した。成膜時の基板温度を変化させて複数の試料を作製した。続いて 1600–1700°C の熱サイクルアニール[5]を 36 時間施したのち、MOVPE を用いて膜厚 200 nm の AlN ホモエピタキシャル層と膜厚 300 nm の  $\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{N}$  を成長させた。Figure 1 に、スパッタ成膜温度 700°C(Fig. 1(a))および 750°C(Fig. 1(b))の FFA Sp-AlN 上に成長させた試料の微分干渉顕微鏡像を示す。スパッタ成膜温度の上昇により、ヒロック構造の密度が約  $8 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$  から約  $4 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$  へと低減した。スパッタ成膜した AlN の  $c$  軸配向性が向上し、らせん成分を有する貫通転位の形成が抑制されたことに起因すると考えられる。続いて、成膜温度 750°C で作製した FFA Sp-AlN 上に膜厚 1  $\mu\text{m}$  の  $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$  電流拡散層と GaN:Mg からなる p コンタクト層を有する DUV-LED 構造を作製し、表面実装型パッケージにフリップチップ実装した。Figure 2 に、樹脂レンズ形成後の外部量子効率(EQE)注入電流依存性と EL スペクトルを示す。ピーク波長 263 nm において  $\text{EQE}_{\text{max}}$  8.0%を得た。

【参考文献】 [1] H. Miyake *et al.*, JCG **456**, 155 (2016). [2] K. Uesugi *et al.*, JJAP **60**, 120502 (2021). [3] K. Uesugi *et al.*, APL **116**, 062101 (2020). [4] 上杉 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 12p-N101-11. [5] D. Wang *et al.*, APEX **14**, 035505 (2021).

【謝辞】 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」、JSPS 科研費 (16H06415, 19K15025, 21K04903, 21K14545), JST CREST (16815710), JST aXis (JPMJAS2011), JST FOREST (JPMJFR2031), GaN コンソーシアム、NEDO 先導研究、戦略的基盤技術高度化支援事業の支援により行われた。



**Fig. 1** Nomarski images of 300-nm-thick  $\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{N}$  films grown on FFA Sp-AlN templates fabricated with the sputtering temperatures of (a) 700°C and (b) 750°C.



**Fig. 2** EQE of the DUV-LED as a function of injected current. The inset shows the EL spectrum.