

高温アニールしたスパッタ成膜 AlN テンプレート上への DUV-LED 作製 (2)

Fabrication of DUV-LED on High-Temperature Annealed Sputter-Deposited AlN Template (II)

三重大 地創戦略企¹, 院地域イノベ², 院工³

○上杉 謙次郎¹, 王 丁², 手銭 雄太¹, 肖 世玉², 正直 花奈子³, 窪谷 茂幸¹, 三宅 秀人^{2,3}

SPORR¹, Grad. Sch. of RIS², Grad. Sch. of Eng.³, Mie Univ.

○Kenjiro Uesugi¹, Ding Wang², Yuta Tezen¹, Shiyu Xiao², Kanako Shojiki³, Shigeyuki Kuboya¹, Hideto 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、我々のグループではスパッタ成膜と 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)の開発を進めてきた[1]。FFA Sp-AlN の貫通転位密度は $2 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ を実現しており[2]、簡易的な電極形成による評価では下地層となる FFA Sp-AlN の転位密度低減に伴う DUV-LED の発光効率向上を確認している[3]。本報告ではリソグラフィによる素子化を実施して、FFA Sp-AlN 上に成長させた $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の結晶性と DUV-LED の発光特性の関係をより詳細に評価した。

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 120–500 nm の AlN を成膜し、その後 1500–1725°C で 3 時間の高温アニールを施して貫通転位密度の異なる複数の FFA Sp-AlN を作製した。これらの FFA Sp-AlN 上に、MOVPE 法を用いて膜厚 1 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。ICP-RIE および真空蒸着により n 電極(V/Al/Ni/Au)と p 電極(Ni/Au)を形成し、on-wafer で発光特性を評価した。Figure 1 に、作製した DUV-LED(FFA Sp-AlN 膜厚 500 nm, アニール温度 1725°C)の、外部量子効率(EQE)の電流密度依存性と EL スペクトルを示す。ピーク波長は 264 nm、EQE の最大値は約 1.7%を得た。Figure 2 に、DUV-LED の EQE と、X 線回折ロックイングカーブ半値全幅から求めた $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ 層結晶配向揺らぎの Tilt 成分および Twist 成分との関係を示す。 $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ 層を伝搬する貫通転位の大部分は Twist 揺らぎに影響を与える刃状成分を有する転位によって占められているが、EQE はむしろらせん成分を有する転位の密度を反映した Tilt 揺らぎに対して強く依存している。FFA Sp-AlN のアニール温度を 1725°C で固定し膜厚を変化させた場合(Fig. 2 中塗りつぶし)と、膜厚を 500 nm で固定しアニール温度を変化させた場合(同白抜き)では、Twist 揺らぎに対する EQE の依存性が顕著に異なる。この結果は、らせん・混合転位由来のスパイラル成長による AlGa_N 表面平坦性の低下[4]に伴う結晶性の低下や、非発光再結合中心としての働きの強さが転位種に応じて異なることに起因すると推測され、らせん・混合転位密度の低減が DUV-LED の EQE 向上に重要な役割を果たしていることを示唆している。

【参考文献】[1] H. Miyake *et al.*, JCG **456**, 155 (2016). [2] K. Uesugi *et al.*, APEX **12**, 065501 (2019). [3] 上杉 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 15p-A302-7 (2020). [4] K. Uesugi *et al.*, APL **116**, 062101 (2020). 【謝辞】 則松研二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(16H06415, 19K15025)、JST CREST(16815710)、JST SICORP-EU (JPMJSC1608)の支援により行われた。

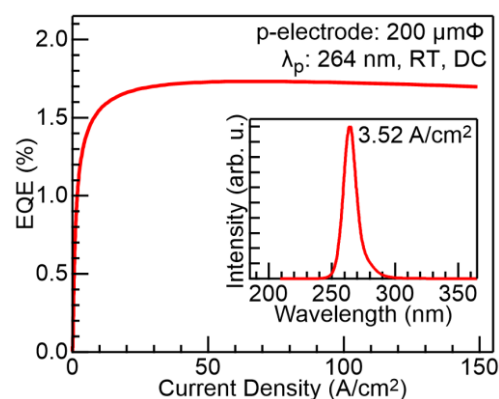


Fig. 1. Current density dependence of the EQE of the DUV-LED fabricated on the FFA Sp-AlN template. The inset shows the EL spectrum.

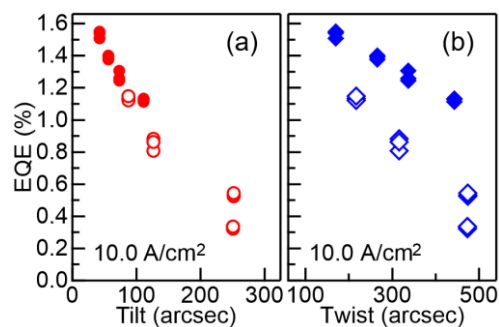


Fig. 2. Relationship between the EQE of the DUV-LEDs and (a) tilt and (b) twist of the $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{N}:\text{Si}$ layers. Twist corresponds to the XRC-FWHM of (10–10) diffraction. The solid symbols indicate the samples on FFA Sp-AlN with various thicknesses, and the open symbols indicate the samples on FFA Sp-AlN fabricated under various temperatures.