

深紫外発光素子応用に向けたスパッタ成膜 AlN テンプレートの転位密度低減

Threading Dislocation Reduction of Sputter-Deposited AlN Templates

for Deep-Ultraviolet Light-Emitting Device Applications

三重大地域創生戦略企画室¹, 三重大院地域イノベ², 三重大院工³

○上杉 謙次郎¹, 林 侑介², 正直 花奈子³, 永松 謙太郎¹, 三宅 秀人^{2,3}

SPORR, Mie Univ.¹, Grad. School of RIS, Mie Univ.², Grad. School of Eng., Mie Univ.³

○Kenjiro Uesugi¹, Yusuke Hayashi², Kanako Shojiki³, Kentaro Nagamatsu¹, Hideto Miyake^{2,3}

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

高い発光効率と長期信頼性を有する深紫外発光素子の実現のため、高品質 AlN テンプレートが求められている。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ることで、サファイア基板上に安価かつ簡便に低転位密度の AlN が作製可能であることを示してきた[1, 2]。従来は AlN/サファイア基板間の熱膨張係数不整に起因して高温アニール時に AlN ヘクラックが発生することが課題であった。これに対し、スパッタ成膜時に AlN へ蓄積される応力を制御することにより、クラックフリーで $3.58 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ の転位密度を報告している[3]。本報告では、AlN テンプレートの低転位密度化の進捗と深紫外発光素子への応用に向けた展望を述べる。

AlN 焼結体(純度 99.9%)ターゲットを用いた RF スパッタにより、c 面サファイア基板上に膜厚の異なる複数の AlN を成膜させた。成膜温度と RF 出力をそれぞれ 600°C、700 W で固定し、N₂/Ar 供給比と成膜圧力をパラメータとして変化させた。成膜後に 1650 - 1775°C で 3 時間の高温アニールを施して AlN テンプレートの転位密度を低減させたのち、同テンプレート上に有機金属気相成長(MOVPE)法で AlN をホモエピタキシャル成長させた。Figures 1(a)および(b)に、高温アニールした AlN テンプレートの平面透過電子顕微鏡観察像と、そこから得た貫通転位密度のスパッタ成膜膜厚依存性を示す。AlN 膜厚の上昇に伴い

転位密度が減少し、最適化された成膜条件およびアニール条件において $2.07 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ に到達した。Figure 2 に、高温アニール直後の AlN テンプレートと、テンプレート上に MOVPE 成長させた AlN の表面モフォロジーを示す。厚さわずか 12 nm の MOVPE 成長により、アニール後のテンプレート表面に存在したステップバンチングの解消が確認され(Fig. 2(b))、厚さ 200 nm の MOVPE 成長後は直進性の高い原子層高さのステップテラス構造からなる平坦な表面が得られた(Fig. 2(c))。螺旋および混合転位密度が 10^6 cm^{-2} 台と極めて低いために、貫通転位に起因したステップ終端が少なく、発光素子への応用に適した平坦表面が得られたと考えられる。当日は成膜条件がアニール後の AlN の結晶性に与える影響についても述べる。

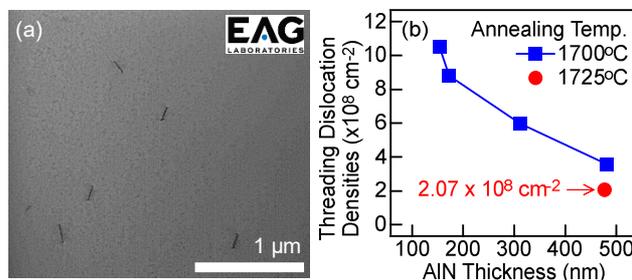


Fig. 1. (a) A plan-view STEM image of the AlN template with TDD of $2.07 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$. (b) Relationship between TDDs estimated from the STEM images and AlN template thicknesses.

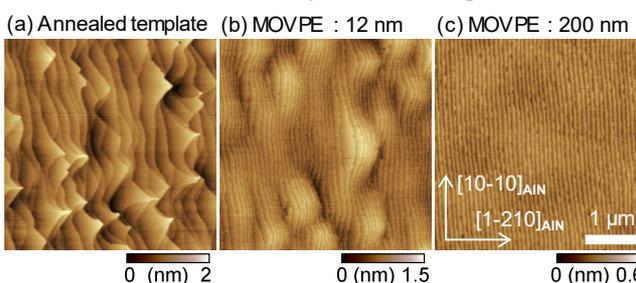


Fig. 2. AFM images of (a) a 480-nm-thick AlN template immediately after annealing, and MOVPE-grown AlN with (b) 12- and (c) 200-nm-thick regrown layers on the templates.

【参考文献】 [1] H. Miyake, *et al.*, JCG **456**, 155 (2016). [2] S. Xiao, *et al.*, JCG **502**, 41 (2018). [3] 上杉, 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 21p-146-14 (2018). 【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」、「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, 17H06762)、JST CREST(16815710)、JST SICORP 日本-EU 共同研究及び日本-中国共同研究の支援により行われた。