

スパッタアニール法を用いた a 面 AlN の結晶性の基板オフ角依存性 Substrates Off-Cut Dependence on the Crystallinity of the a -plane AlN Prepared by Sputtering and Annealing Method

三重大 院工¹, 地創戦略企², 院地域イノベ³

○(M2) 渋谷 康太¹, 上杉 謙次郎^{2,3}, 肖 世玉², 正直 花奈子¹, 窪谷 茂幸², 秋山 亨¹, 三宅 秀人^{1,3}

Grad. Sch. of Eng.¹, SPORR², Grad. Sch. of RIS.³, Mie Univ.

°K. Shibutani¹, K. Uesugi^{2,3}, S. Xiao², K. Shojiki¹, S. Kuboya², T. Akiyama¹, H. Miyake^{1,3}

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

高 Al 組成の AlGaIn を用いた発光デバイスでは、量子閉じ込めシュタルク効果による内部量子効率の低下だけでなく、 c 軸に垂直な方向への発光が支配的になることに起因した光取り出し効率の低下も問題となるため、 a 面などの非極性面への素子形成が期待されている。我々は、高品質なアニール処理スパッタ AlN 膜(FFA Sp-AlN)の開発を進めており[1]、 r 面サファイア基板上の a 面 AlN 膜の作製にも本手法が有効であることを報告してきた[2]。本研究では、さらなる結晶性の向上を目指し r 面サファイア基板のオフ角が FFA Sp-AlN の結晶性に与える影響を検討した。

サファイアの c 軸投影方向へ -4.0° から $+4.0^\circ$ のオフ角を有する r 面サファイア基板の上にスパッタ法を用いて AlN を 450 nm 堆積し、 1650°C で 15 時間の face-to-face 高温アニール処理を施した。Fig. 1 に(a)マイナスおよび(b)プラスのオフ角を有する r 面サファイア基板の上に成膜した a 面 AlN の断面模式図を示す。また、Fig. 2 に(a) -4.0° および(b) $+4.0^\circ$ のオフ角を有するサファイア基板の上に成膜した高温アニール後の AlN 膜の表面 AFM 像を示す。 -4.0° オフ基板では AlN の m 軸方向に伸びたドメイン構造が、 $+4.0^\circ$ オフ基板では細かい粒状のドメイン構造がそれぞれ確認された。Fig. 1 に示すように、オフ角を有する r 面サファイア基板の上に成膜した a 面 AlN はステップテラス構造を有し、マイナスのオフ角を有するサファイア基板ではステップ端に $+c$ 面、プラスのオフ角を有するサファイア基板では $-c$ 面が現れる。この違いが、高温アニール後の a 面 AlN の表面モフォロジーに影響を与えていると考えられる。高温アニール前の X 線ロックアップカーブ (XRC) の半値全幅 (FWHM) は 5000 arcsec 以上であり結晶性は低かったが、高温アニールを施すことで、 -4.0° オフ基板において AlN(11-20) 回折 (c_{AlN} 軸入射) で約 400 arcsec と、良好な結晶性が得られた。また、高温アニール後の AlN 膜はマイナスのオフ角を有する基板上でより良好な結晶性であることが確認された。AlN の m 軸方向に伸びたドメイン構造の形成が結晶性の向上に寄与していると考えられる。

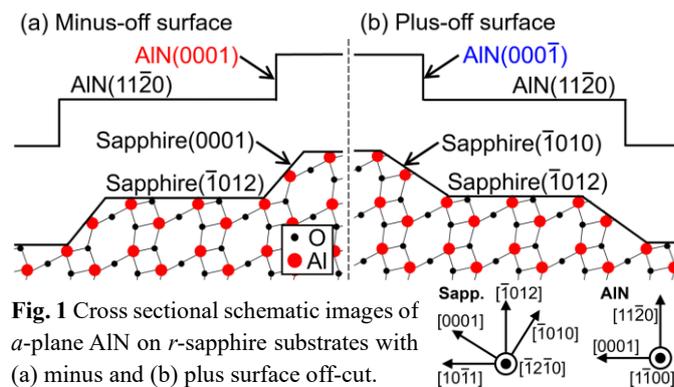


Fig. 1 Cross sectional schematic images of a -plane AlN on r -sapphire substrates with (a) minus and (b) plus surface off-cut.

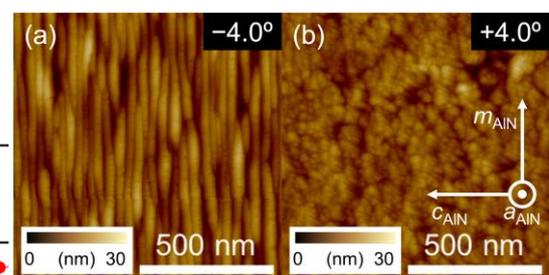


Fig. 2 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ AFM images of a -plane FFA Sp-AlN fabricated on the r -sapphire substrates with (a) -4.0° and (b) $+4.0^\circ$ surface off-cut.

[1] H. Miyake *et al.*, *J. Cryst. Growth* **456**, 155 (2016). [2] 福田 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6a-A301-11 (2017).

【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(19K15025, 21K04903, 21K14545)、JSTCREST(16815710)、JSTaXis(JPMJAS2011)、NEDO 先端研究の支援により行われた。