スパッタアニール法で作製した AlN 極性反転構造における酸素プラズマ照射効果

Oxygen plasma irradiation effects on AlN polarity inverted structure fabricated by sputtering and annealing method

°林侑介 [1], Li Jiaying[1], 中西悠太 [1], 藤平哲也 [1], 上杉謙次郎 [2,3], 正直花奈子 [4], 三宅秀人 [3,4], 五十嵐信行 [5], 酒井朗 [1]
[1] 阪大院基礎工, [2] 三重大地創戦略企, [3] 三重大院地域イノベ, [4] 三重大院工, [5] 名大 IMaSS
°Y. Hayashi[1], Y. Nakanishi[1], T. Tohei[1], K. Uesugi[2,3], K. Shojiki[4], H. Miyake[3,4], N. Ikarashi[5], A. Sakai[1]
[1]Grad. Sch. Eng. Sci., Osaka Univ. / [2]SPORR, [3]Grad. Sch. RIS, [4]Grad. Sch. Eng., Mie Univ., [5] IMaSS, Nagoya Univ.
E-mail: hayashi@ee.es.osaka-u.ac.jp

【概要】AlN は~200 nm のバンド端波長、4.3 pm/V の非線形光学定数 d_{33} を有することから、深紫外～赤外波長で動作する波長変換材料として有望である[1]。スパッタ AlN を face-to-face アニール（FFA）で高品質化する手法（スパッタアニール法 AlN、FFA Sp-AlN）を用いて、波長変換デバイスに向けた垂直方向極性反転技術の開発が進められている[2]。サファイア基板上の N 極性（−*c*）から Al 極性（+*c*）への極性反転では酸素が本質的な役割を担うことが報告されているが[3]、ホモエピタキシャル成長界面における極性反転の詳細は十分に明らかにされていない。本研究では酸素プラズマ照射による意図的酸化処理が極性反転構造に与える影響について報告する。

【結果と考察】*c* 面サファイア基板上に 2 種類の AlN 膜を形成した。まず、260 nm 厚の Al 極性 FFA Sp-AlN を成膜した。このうち 1 つは酸素プラズマを照射せず（試料 SA）、もう 1 つの表面には 300 W、24 sccm、20 Pa、10 分の条件で酸素プラズマを照射した（試料 SB）。その後、3N AlN ターゲットを使用してチャンバ圧力 5×10^{-2} Pa で 640 nm 厚の AlN をスパッタし、FFA を施した（Fig. 1(a)）。SA、SB の X 線回折ロッキングカーブ（XRC）幅はそれぞれ 0002 回折で 77、180 arcsec、1-102 回折で 142、315 arcsec であった。XRC 幅の増大から酸素プラズマ照射による貫通転位密度の増大が示唆された。続いて高角環状暗視野-走査透過型電子顕微鏡（HAADF-STEM）による原子像観察で極性を判定した。SA、SB のどちらも 3 回の極性反転が観察された。以下ではその界面を IDB1、2、3 と呼ぶ。IDB1 に注目すると、サファイア基板上に N 極性で 20 nm 成長した後で Al 極性に反転していた。続いて Al/AlN ターゲット層界面付近の IDB2、3 に注目すると、SA では島状の極性反転が初めて観察された（Fig. 1(b)）。一方で、SB では均一に極性反転していた。このような極性反転構造の違いを不純物酸素濃度分布と関連付けるため、二次イオン質量分析（SIMS）、STEM-電子エネルギー損失分光（EELS）を行った。Al/AlN ターゲット層界面の不純物酸素濃度は SA で 1.3×10^{21} cm^{-3}、SB で 1.3×10^{22} cm^{-3} と 10 倍の差が見られた。STEM-EELS で SB-IDB2 近傍を観察すると、SIMS 測定に対応する大きな O/N ピーク強度比が観測された。以上の結果から、酸素プラズマ照射が極性反転構造に大きな影響を与えることが明らかになった。

【参考文献】[1] A. Bruch, *et al.*, APL 113, 131102 (2018), [2] K. Shojiki *et al.*, JCG 574, 126309 (2021), [3] T. Akiyama *et al.*, JJAP 58, SCCB30 (2019).

【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, 16H06423, 19K15045)の支援により行われた。

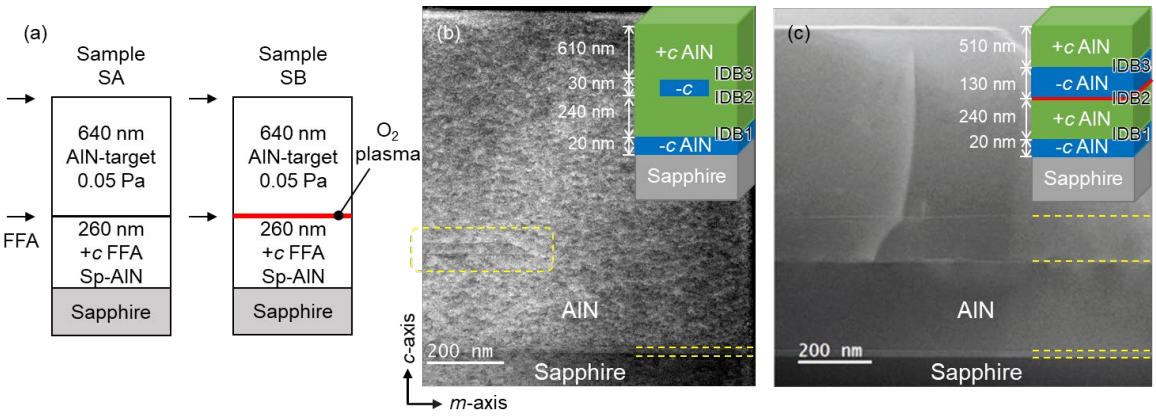

Fig. 1. (a) Cross-sectional schematics of fabricated samples SA and SB, and HAADF-STEM images and polarity distribution schematics of (b) SA and (c) SB.