

波長変換デバイスに向けたスパッタ成膜 AlN の極性制御

Polarity control of sputtered AlN toward wavelength-conversion devices

林侑介¹, 上杉謙次郎², 正直花奈子³, 片山竜二⁴, 三宅秀人^{1,3}⁽¹⁾ 三重大院地域イノベ, ⁽²⁾ 三重大地域創生戦略企画室, ⁽³⁾ 三重大院工, ⁽⁴⁾ 阪大院工°Yusuke Hayashi¹, Kenjiro Uesugi², Kanako Shojiki³, Ryuji Katayama⁴, Hideto Miyake^{1,3}⁽¹⁾Grad. School of RIS, ⁽²⁾SPORR, ⁽³⁾Grad. School of Eng. Mie Univ. / ⁽⁴⁾Grad. School of Eng. Osaka Univ.)

E-mail: y.hayashi@innov.mie-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、紫外-可視-赤外の広帯域で動作する波長変換材料として有望である[1, 2]。当グループでは、スパッタ成膜した AlN を face to face 配置で熱処理することで結晶性を大幅に向上させる技術を開発し[3, 4]、さらに波長変換デバイスへの応用に取り組んできた[5]。本発表では、積層方向極性反転をスパッタ条件制御で可能であることを示し、疑似位相整合波長変換デバイスへの展開について報告する。

【実験と考察】 本手法のコンセプトは、スパッタターゲットの酸素含有量の違いを利用した極性の制御である。純度 6N の Al 金属では N 極性(-c)AlN、純度 3N の AlN 焼結体では Al 極性(+c)AlN が成膜されることを利用して、両者の積層による極性反転を目指した。c 面サファイア基板の上に Al 金属ターゲットで 100 nm、続いて AlN ターゲットに切り替えて 100 nm、計 200 nm の AlN を積層した。その後、1700 °C、3 h の熱処理を施すことで試料を作製した。X 線ロックアップカーブの(0002) および(10-12)回折ピーク半値幅はそれぞれ 13arcsec、286arcsec と高い結晶性を示した。Fig. 1 (a), (b) に示すように、試料断面を STEM により観察し、原子像から AlN の極性を判定した。Al 金属ターゲットでは N 極性が形成され、AlN ターゲットに切り替えた後も成膜初期には N 極性が維持されたが、その後 35 nm 付近で均一かつ急峻に Al 極性に反転している。このような挙動は、N 極性 AlN が酸素の介在により菱面体 $Al_xO_yN_z$ を形成して、Al 極性 AlN に反転するモデルで説明できる[6, 7]。Figure 1 (c) の SIMS 測定結果はターゲットの純度に依存して不純物濃度が桁で変化する様子を示しており、Al ターゲットでは酸素含有量が低く N 極性が維持されるが、AlN ターゲットでは膜中に取り込まれずに膜表面に吸着した酸素が蓄積し、しきい値を超えると $Al_xO_yN_z$ をともなって極性反転したと考えられる。分光光度計による透過率測定や分光エリプソメトリによる屈折率分散測定で得られた光学特性は波長変換デバイスへの適合性を示している。

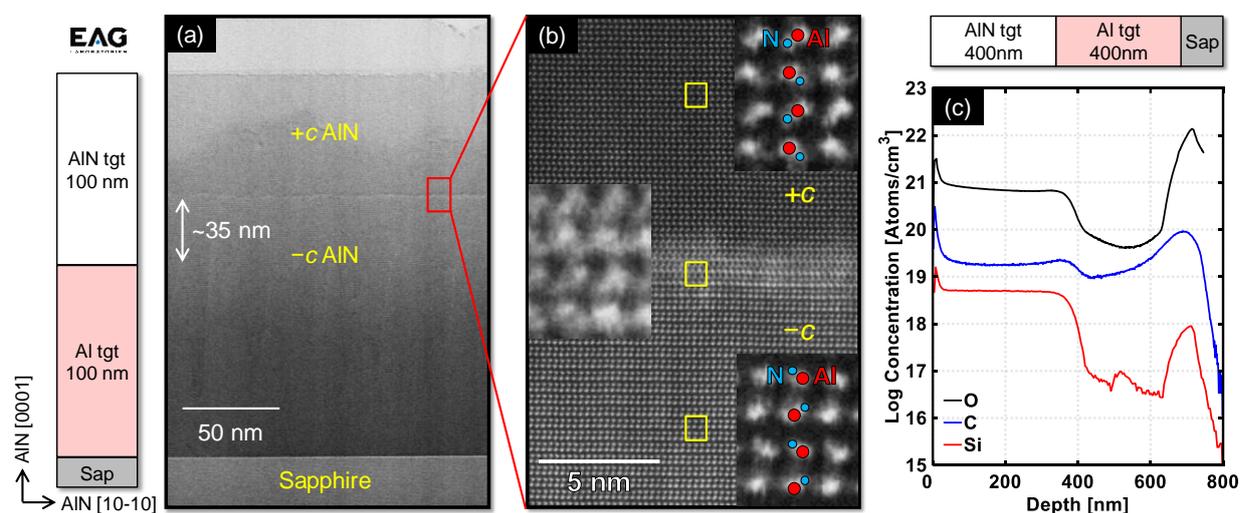


Fig. 1 (a) BF-STEM image of $-c/+c$ AlN structure, (b) Atomic images observed by HAADF-STEM, (c) Concentration distribution of O, C, Si measured by SIMS.

【参考文献】 [1] A. Majkic, *et al.*, PSS (b) **254** 1700077 (2015), [2] A. Bruch, *et al.*, APL **113** 131102 (2018), [3] H. Miyake, *et al.*, JCG **456** 155 (2016), [4] S. Xiao, *et al.*, JCG **502** 41 (2018), [5] Y. Hayashi, *et al.*, APEX **11** 031003 (2018). [6] M. Adachi, *et al.*, PSS (b) **252** 743 (2015), [7] S. Mohn, *et al.*, PRA **5** 054004 (2016).

【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。