スパッタ法と高温アニールで作製した-c/+c AIN 薄膜の電子線回折による極性判定

Polarity Determination Using Electron Diffraction

for -c/+c AlN Films Fabricated by Sputtering and High-Temperature Annealing

[°]林侑介¹,野本健斗¹,濱地威明¹,藤平哲也¹,三宅秀人^{2,3},五十嵐信行⁴,酒井朗¹

阪大院基礎工 ¹, 三重大院工 ², 三重大院地域イノベ ³, 名大 IMaSS⁴

[°]Y. Hayashi¹, K. Nomoto¹, T. Hamachi¹, T. Tohei¹, H. Miyake^{2, 3}, N. Ikarashi⁴, A. Sakai¹

Grad. Sch. Eng. Sci., Osaka Univ.¹, Grad. Sch. Eng.², Grad. Sch. RIS³, Mie Univ., IMaSS, Nagoya Univ.⁴

E-mail: hayashi@ee.es.osaka-u.ac.jp

【概要】AIN は~200 nm のバンド端波長、4.3 pm/V の非線形光学定数 d_{33} ($\lambda = 1 \mu m$) 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]。当グループでは AI 金属ターゲット (AI-T) と AIN 焼結体ターゲット (AIN-T) を併用した積層方向 AIN 極性反転技術を開発し、深紫外から近赤外波長で動作する波長変換デバイスを検討してきた[2, 3]。本発表では、電子線回折による極性反転構造の観察について報告する。

【結果と考察】-c/+c AIN 構造の作製を目的として、c 面サファイア基板上に AI-T で 400 nm、AIN-T で 500 nm の AIN をスパッタ成膜し、各成膜後にアニール (1700 °C、3 h) を施した。10-12 回折 の X 線ロッキングカーブ半値幅は 119 arcsec であった。この試料に対して透過電子顕微鏡(TEM) 観察を行い、フリーデル則の破れを利用して極性判定を行った。反転対称性のない結晶方位では フリーデル則/F(hkil)] = |F(-h-ki-l)|が破れることが動力学的回折理論から導かれるので、AIN のよう なウルツ鉱型構造では回折ベクトル g = 000±2 の暗視野 (DF) 像のコントラスト差から極性を判定 することができる[4]。ReciPro で計算した+c AIN の構造散乱因子の二乗振幅 $|F(0002)|^2$, $|F(000-2)|^2$ を Figs. 1(a), (b)に示した。TEM 試料厚さが 120 nm 近傍では $|F(0002)|^2 - |F(000-2)|^2 > 0$ 、つまり g = 0002 の暗視野 (DF) 像が 000-2 よりも明るく見えることがわかる。この結果を踏まえて TEM 観察 した結果を Figs. 1(c)-(f)に示す。明視野(BF) 観察では表面から 500 nm 付近の位置には大きな変 化は見られなかったものの、77 nm の位置には筋が見えており、これが極性反転領域と予期され た。DF 観察するとg = 0002 で表層 65 nm のコントラストが相対的に明るく、000-2 では暗くなる ことがわかった。この結果は上述の計算と整合していることから、所望の極性反転が生じている と判断できる。発表当日は走査型透過電子顕微鏡(STEM)による原子像観察についても報告する。



Fig. 1 (a) Squared amplitude of structure factor $|F(0002)|^2$, $|F(000-2)|^2$, (b) difference of $|F(0002)|^2$ and $|F(000-2)|^2$, (c) low and (d) high magnification BF images of -c/+c AlN, DF images taken with (e) g = 0002 and (f) 000-2.

【参考文献】[1] A. Bruch, et al., APL 113, 131102 (2018), [2] Y. Hayashi et al., IWN2018, GR7-5, [3] Y. Hayashi et al., ISCSI2019, TP2-3, [4] T. Narita et al., JAP 124, 165706 (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」、JSPS 科研費(16H06415, 16H06423, 19K15045)、「名大 IMaSS 共同利用・共同研究」の支援により行われた。