

深さ分解ナノビームX線回折法によるコーン型 NPSS 上 AlN 厚膜の高空間分解能 3 次元トモグラフィック解析

High-spatial-resolution 3D tomographic analysis using depth-resolved nanobeam X-ray diffraction for thick AlN films on cone-type nano-patterned sapphire substrates

阪大院基礎工¹, JASRI², 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

°(M1)中西悠太¹, 林侑介¹, 藤平哲也¹, 隅谷和嗣², 今井康彦², 木村滋², 肖世玉³, 三宅秀人^{4,5}, 酒井朗¹

Grad. Sch. Eng. Sci., Osaka Univ.¹, JASRI², SPORR³, Grad. Sch. RIS⁴, Grad. Sch. Eng.⁵, Mie Univ.

°Y. Nakanishi¹, Y. Hayashi¹, T. Tohei¹, K. Sumitani², Y. Imai², S. Kimura², S. Xiao³, H. Miyake^{4,5}, A. Sakai¹

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

【背景】AlGaN 系深紫外 LED の発光効率向上に向けて、ナノパターン加工を施したサファイア基板 (NPSS) と対面式アニールを行ったスパッタ堆積 AlN (FFA Sp-AlN) を組み合わせた AlN テンプレートが注目されている¹。試料の作製条件最適化のためには、NPSS に起因した特異なナノ構造を定量評価する手法が求められる。そこで我々の研究グループでは、ナノビーム X 線回折において白金ワイヤを試料表面に対して平行に走査させ、結晶性の深さ情報を段階的に抽出する深さ分解ナノビーム X 線回折法を導入し、FFA Sp-AlN/コーン型 NPSS に特有な結晶性の変化を 3 次元的に解析する方法を開発し、報告してきた²。本研究では、深さ分解ナノビーム X 線回折法を FFA Sp-AlN/コーン型 NPSS に適用し、試料作製条件によって異なる結晶性の変化を明らかにした。

【実験】周期 1000 nm、パターンの直径と高さがそれぞれ 700 nm と 440 nm のコーン型 NPSS 上に AlN を 200 nm スパッタ堆積させ、1700 °C で 3 時間の FFA を行った後に 1550 °C で HVPE 法により約 10 μm の AlN を成長させた試料¹を用いた。Figure 1 に白金ワイヤを導入した測定ジオメトリの模式図を示す。試料表面上の X 線照射位置(X, Y)と白金ワイヤの位置(X_{Pt})、および ω をモータ制御し、AlN 0004 対称反射の ω -2 θ - ϕ 逆格子マップを取得した。なお、入射 X 線のビーム径は 330 nm $\times$ 260 nm、X 線照射領域は 16 μm (X) $\times$ 1.2 μm (Y)であった。測定結果を ω , 2 θ , X_{Pt}の幾何学的関係に基づく座標系のもとでデータ処理し、1 μm (X) $\times$ 0.3 μm (Y) $\times$ 0.2 μm (Z)の空間分解能を有するデータを得た。

【結果および考察】Figure 2(a)に測定試料の断面 TEM 像を示す。Figure 2(b)と(c)はそれぞれ *c* 軸格子歪と面間隔揺らぎ (2 θ プロファイルの FWHM) をトモグラフィックマッピングしたものである。*c* 軸格子歪については、基板界面から表面に向かうにつれて、FFA Sp-AlN 由来の圧縮歪が緩和されていく傾向が顕著に現れている。一方、界面付近に存在する NPSS 由来の大きな面間隔揺らぎはボイドの会合とともに急激に減少している。当日はより詳細なデータと共に 3 次元的な結晶性の変化を議論する。

【参考文献】1. S. Xiao *et al.*, JJAP **58**, SC1003 (2019).

2. 山本望 他, 19a-Z27-5, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会(2021).

【謝辞】本研究は、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 (16H06415, 16H06423, 19K15045) の支援により行われた。

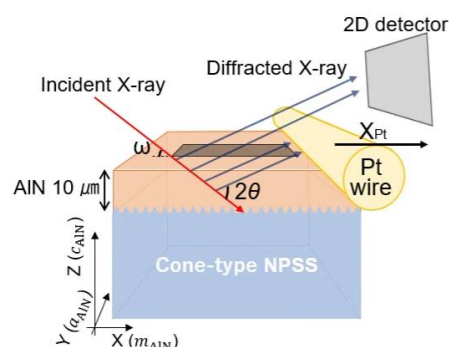


Fig. 1. Schematic diagram of the measurement geometry.

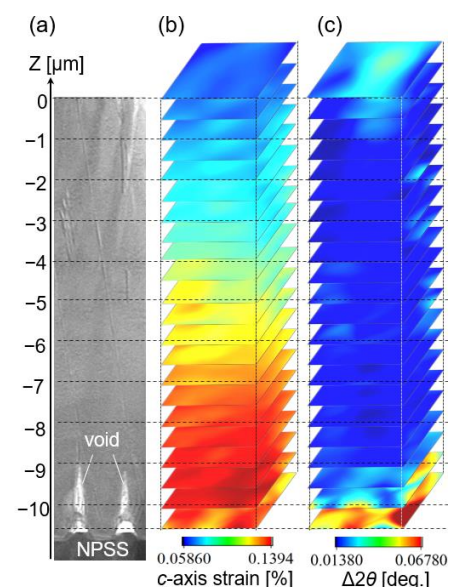


Fig. 2. (a) Cross-sectional TEM image taken along the AlN[1-100] zone axis. Tomographic maps for (b) *c*-axis strain and (c) FWHM of 2 θ profiles.