

# ナノビーム X 線回折による OVPE 成長 GaN 結晶の微細構造解析 Structure analysis of OVPE-grown GaN crystals by using nanobeam X-ray diffraction

阪大院基礎工<sup>1</sup>, パナソニック株式会社<sup>2</sup>, 阪大院工<sup>3</sup>, JASRI<sup>4</sup>

栗谷淳<sup>1</sup>, 藤平哲也<sup>1</sup>, 濱地威明<sup>1</sup>, 〇林佑介<sup>1</sup>, 滝野淳一<sup>2</sup>, 隅智亮<sup>2</sup>,

宇佐美茂佳<sup>3</sup>, 今西正幸<sup>3</sup>, 森勇介<sup>3</sup>, 隅谷和嗣<sup>4</sup>, 今井康彦<sup>4</sup>, 木村滋<sup>4</sup>, 酒井朗<sup>1</sup>

Grad. Sch. Eng. Sci.<sup>1</sup>, Grad. Sch. Eng.<sup>3</sup>, Osaka Univ., Panasonic Corp.<sup>2</sup>, JASRI<sup>4</sup>

J. Kuritani<sup>1</sup>, T. Tohei<sup>1</sup>, T. Hamachi<sup>1</sup>, 〇Y. Hayashi<sup>1</sup>, J. Takino<sup>2</sup>, T. Sumi<sup>2</sup>,

S. Usami<sup>3</sup>, M. Imanishi<sup>3</sup>, Y. Mori<sup>3</sup>, K. Sumitani<sup>4</sup>, Y. Imai<sup>4</sup>, S. Kimura<sup>4</sup>, A. Sakai<sup>1</sup>

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

【背景】窒化ガリウム (GaN) の結晶成長法として近年考案された Oxide-Vapor-Phase-Epitaxy (OVPE) 法は、成長中の固体副生成物が出来ないため長時間成長が可能であり、GaN 単結晶基板の生産性を向上させることができる[1]。OVPE 法ではエピ層に酸素 (O) やシリコン (Si) が不純物として多く取り込まれることから、OVPE-GaN は高い電気伝導性を示し、縦型パワーデバイスへの応用が検討されている[2]。本研究では、OVPE-GaN 基板の不純物分布と局所的な結晶性の関係性を明らかにするため、走査型電子顕微鏡法 (SEM)、多光子励起顕微鏡法 (MPPL)、およびシンクロトロン放射光を利用したナノビーム X 線回折 (nanoXRD) を用いて構造評価を行った。

【実験方法】OVPE 法により GaN を成長させ、化学機械研磨処理を施すことで厚さ 300  $\mu\text{m}$  厚の GaN バルク単結晶を用意した。NaOH と KOH の混合水溶液に浸し、転位由来のエッチピット (EP) を形成した。この表面状態を SEM、MPPL を用いて観察し、EP 口径  $\phi$  によって EP を S-EP ( $\phi \leq 10 \mu\text{m}$ )、L-EP ( $\phi > 10 \mu\text{m}$ ) に分類した。局所的な結晶構造の解析を行うため、Spring-8 BL13XU において、S-EP と L-EP の双方を含む 70  $\mu\text{m}$  四方の領域に対して nanoXRD 測定を行い、3 次元逆格子マップを取得した。

【実験結果】表面 EP 密度は  $7.8 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$  で、そのうち S-EP は 86%、L-EP は 14%であった。これまでの MPPL 測定によって、EP を中心に花弁状の 12 角形模様を示すことが確認されている (Fig. 1(b)) [3]。また、 $m$  軸方向の明コントラストは O 濃度が高い領域と一致する一方で、Si は花弁状模様の境界で濃度が高いことが分かっている[3]。nanoXRD 0004 回折の 3 次元逆格子マップから、 $c$  軸格子定数、ロッキングカーブ半値幅  $\Delta\omega$  の位置依存性 (位置分解能 5  $\mu\text{m}$ ) を算出した (Fig. 1(c), (d))。その結果、 $c$  軸格子定数の変化は花弁状模様によく一致していることがわかった。また、花弁状模様の境界において  $\Delta\omega$  は増加することが分かった。発表当日は格子面傾斜  $\omega$ - $\theta$  や  $a$  軸格子定数といったパラメータについても考察する。

【謝辞】本研究は JSTALCA (JPMJAL1201) と JSPS 科研費 (JP16H06423, JP20H00352) の助成を得て行われた。

【参考文献】[1] J. Takino *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 58, SC1043 (2019)., [2] Y. Bu *et al.*, J. Cryst. Growth, 327, 89 (2011)., [3] 栗谷他, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-Z02-1 (2020).

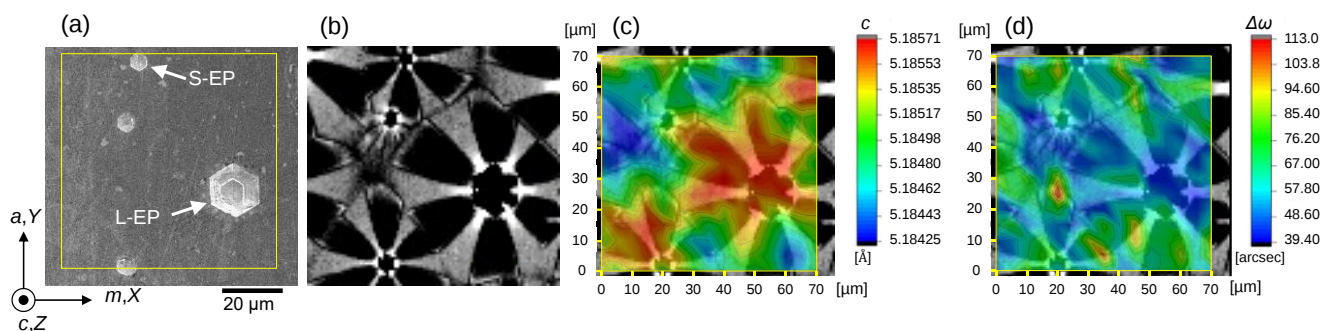


Fig. 1(a) SEM image of the OVPE-GaN surface after making EP, where the yellow rectangle indicates the measurement region for nanoXRD, (b) MPPL image at the same region as (a), overlaid images of (c)  $c$ -axis lattice spacing and (d)  $\Delta\omega$  distributions measured by nanoXRD.