

OVPE 法で成長した GaN バルク単結晶の微細構造解析

Nano-scale structure analysis of bulk GaN crystals grown by OVPE method

阪大院基礎工¹, パナソニック株式会社², 阪大院工³, JASRI⁴

○栗谷淳¹, 藤平哲也¹, 濱地威明¹, 林佑介¹, 滝野淳一², 隅智亮², 今西正幸³, 森勇介³,
隅谷和嗣⁴, 今井康彦⁴, 木村滋⁴, 酒井朗¹

○J. Kuritani¹, T. Tohei¹, T. Hamachi¹, Y. Hayashi¹, J. Takino², T. Sumi², M. Imanishi³, Y. Mori³,
K. Sumitani⁴, Y. Imai⁴, S. Kimura⁴, A. Sakai¹

¹Grad. Sch. Eng. Sci.¹, Grad. Sch. Eng.³, Osaka Univ., Panasonic Corp.², JASRI⁴

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

【背景】窒化ガリウム (GaN) はその優れた物性値により、電子デバイスに用いることで高速動作、高耐圧、集積化が実現できると考えられている。このような性能を効率的に引き出すには GaN 単結晶基板の利用が望ましいが従来の結晶成長法では大規模生産の観点から課題を抱えていた。近年考案された Oxide-Vapor-Phase-Epitaxy (OVPE) 法は固体の副生成物が出ないので長時間成長が可能となり、GaN 基板の新しい作製法として期待されている[1]。しかし OVPE 法は成長過程や転位低減メカニズムにおいて未解明の点が多い。本研究では、結晶の微細構造と結晶成長機構の関係性を明らかにするため、OVPE-GaN 基板に対して多角的な構造評価を行った。

【実験方法】OVPE 法により成長させ、表面に化学機械研磨処理を施した後に NaOH+KOH エッチングによりエッチピット (EP) を形成した 300 μm 厚の GaN バルク単結晶を用意した。この表面状態を走査型電子顕微鏡 (SEM)、光学顕微鏡 (OM)、カソードルミネッセンス (CL)、多光子励起顕微鏡 (MPPL) を用いて観察した。さらに、シンクロトロン放射光 (SPring-8, BL13XU) を用いたナノビーム X 線回折 (nanoXRD) 実験を行い、局所的な結晶微細構造を解析した。

【実験結果】SEM 観察により試料表面には大小さまざまなサイズの EP が存在していることを確認し (Fig. 1(a))、その密度は $7.4 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ であった。さらにその口径 ϕ によって EP を S-EP ($\phi \leq 10 \mu\text{m}$)、L-EP ($\phi > 10 \mu\text{m}$) に分類したところ、S-EP は 86%、L-EP は 14% を占めることが分かった。同領域を CL 観察によれば、エッチピットの 74% (S-EP の 71%、L-EP の 90%) は周囲に花卉状の 12 角形模様を伴うことが判明し (Fig. 1(b))、これは、(10-11)面と(11-22)面で構成された 12 角錐でファセット成長したことを示唆している。特に m 軸方向に表れている明コントラスト領域は、平面 SIMS マッピング像との比較から、高酸素濃度領域であることが分かった。また、花卉模様の境界では Si 濃度が高いことから、成長面を反映した不純物濃度の場所依存性が現れていた。さらに、nanoXRD により(0004)面の格子面間隔 $d(0004)$ (Fig. 1(c)) 及び格子面傾斜 α (Fig. 1(d)) の位置依存性をマッピング測定した。その結果、 $d(0004)$ の変化は花卉模様によく一致しており、 α は EP を境に変化していることが分かった。当日は透過型電子顕微鏡による貫通転位の断面観察についても述べる。

【参考文献】 [1] J. Takino *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 58, SC1043 (2019).

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

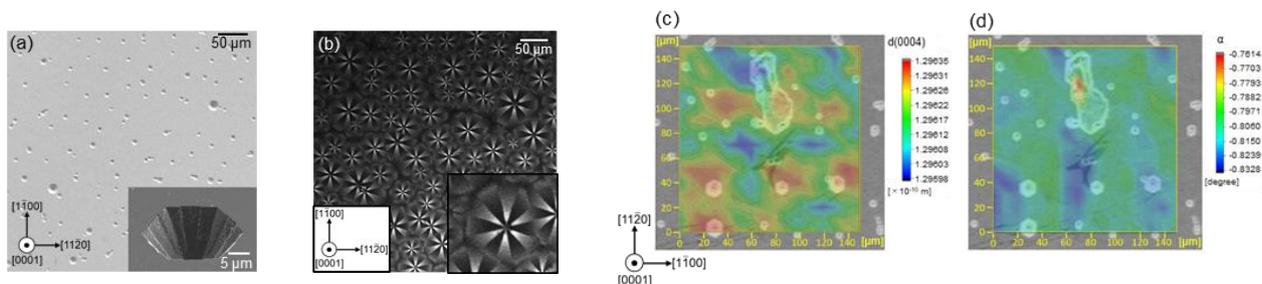


Fig. 1 (a) SEM image of OVPE-GaN surface after making EP, (b) CL image at the same region as (a), merging image of SEM and maps of crystal spacing distribution (c), tilting distribution (d) obtained from nanoXRD analysis.