

ナノビーム X 線回折による HVPE-GaN バルク結晶における 単独貫通転位周辺の局所歪解析

Analysis of local strain fields around individual threading dislocations in HVPE-GaN bulk crystals by using nanobeam X-Ray diffraction

阪大院基礎工¹, 阪大院工², JASRI³ ○(D2)濱地 威明¹, 藤平 哲也¹, 林 侑介¹,
宇佐美 茂佳², 今西 正幸², 森 勇介², 隅谷 和嗣³, 今井 康彦³, 木村 滋³, 酒井 朗¹

Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ.¹, Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.², JASRI³

○T. Hamachi¹, T. Tohei¹, Y. Hayashi¹, S. Usami², M. Imanishi², Y. Mori², K. Sumitani³, Y. Imai³,
S. Kimura³, and A. Sakai¹

E-mail: u679849k@ecs.osaka-u.ac.jp

【背景】窒化ガリウム (GaN) は、その優れた物性から次世代パワーデバイス用基板として注目されている。しかし、現状の GaN 基板中には多くの貫通転位が残存し、これらがデバイス中で逆方向漏れ電流を誘発することが知られている。転位の漏れ電流機構を解明するため、我々はこれまで個々の貫通転位における漏れ電流と転位構造の関連性を調査してきた。その結果、バルク結晶中の転位毎の漏れ電流量が化学エッチングで形成されるエッチピット (EP) サイズと関連し、歪の大きさが漏れ電流量に寄与することが示唆された¹。そこで本研究では、バーガースベクトル \mathbf{b} に応じた単独貫通転位周辺の歪を定量的に解析するため、大型放射光施設 SPring-8, BL13XU のナノビーム X 線回折法 (nanoXRD) による歪測定を行ったので、その結果を報告する。

【実験】Na-flux-GaN 基板上にホモエピタキシャル成長させた HVPE-GaN バルク結晶を用いた。予め形成した EP サイズから、nanoXRD 測定領域中の転位の \mathbf{b} を推定した。研磨により EP を除去した後、同一領域を多光子励起顕微鏡 (MPPL) で観察し、転位の \mathbf{b} と伝播挙動を対応付けた。nanoXRD により (11-24) 非対称面の ω - 2θ - ϕ (3 次元逆格子) マッピングを行った。この際、転位周辺における格子面構造の面内分布を計測するために、約 $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ の領域内を約 500 nm の間隔でビーム照射位置を変化させながら測定を行った (図 1)。ビームサイズは $770 \times 480 \text{ nm}^2$ である。

【結果および考察】EP サイズと \mathbf{b} の対応関係より、図 2(a)にて矢印で示す大 EP 直下の転位は $\mathbf{b}=1\mathbf{m}+1\mathbf{c}$ を、周辺の小 EP 直下の転位は $\mathbf{b}=1\mathbf{a}$ を有すると推定される²。3 次元 MPPL 解析より、これらの貫通転位は X 線侵入深さ (約 $5 \mu\text{m}$) の範囲では (0001) 面にほぼ垂直であった。図 3(a)–(c) はそれぞれ、X 線照射位置毎に得られた ω , ϕ , 2θ に対する回折強度のプロファイルにおける半値幅 ($\Delta\omega$, $\Delta\phi$, $\Delta 2\theta$) の分布であり、格子面傾斜及び面間隔の揺らぎを表す。コントラストが表面 MPPL 像における転位分布と合致していることから、転位の歪場を高感度で検出できていることが分かる。孤立した $\mathbf{b}=1\mathbf{a}$ の転位はどれも同程度の格子面揺らぎである一方、矢印で示す $\mathbf{b}=1\mathbf{m}+1\mathbf{c}$ の転位は特に大きな格子面揺らぎをもたらしており、転位歪の大きさが \mathbf{b} の大きさを反映していることが示された。当日は他の \mathbf{b} を有する転位を含め、定量的な歪解析の結果について議論する。

<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>

【参考文献】1. T. Hamachi *et al.*, JJAP **58**, SCCB23 (2019). 2. 濱地威明 他, 8a-Z02-2, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (2020).

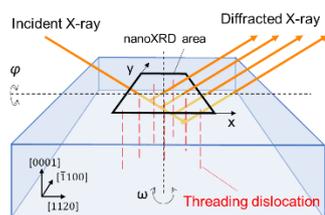


Fig. 1. Schematic diagram of diffraction geometry.

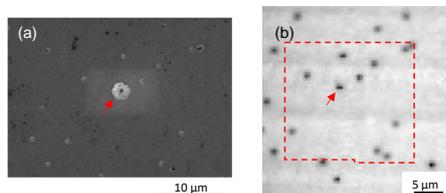


Fig. 2. (a) Scanning electron microscopy image of EPs. (b) Surface MPPL image. Dotted rectangle shows a nanoXRD area. Red arrows in (a) and (b) indicate a threading dislocation with $\mathbf{b}=1\mathbf{m}+1\mathbf{c}$.

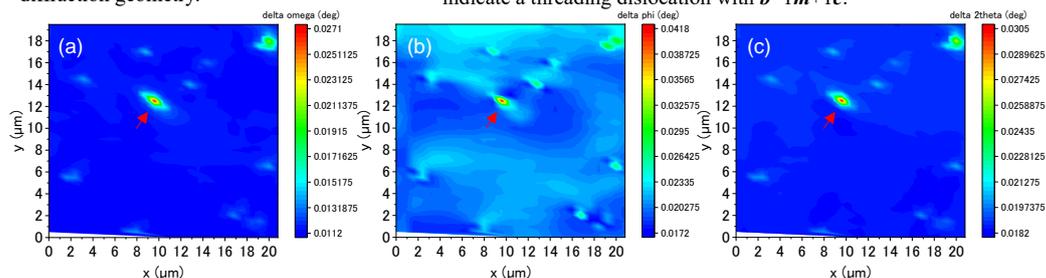


Fig. 3. (a) $\Delta\omega$, (b) $\Delta\phi$ and (c) $\Delta 2\theta$ distributions measured by nanoXRD. Red arrows indicate the threading dislocation with $\mathbf{b}=1\mathbf{m}+1\mathbf{c}$.