

多光子励起フォトルミネッセンス法による HVPE-GaN 結晶の貫通転位の観察と分類 (2)

Observation and Classification of Threading Dislocations in HVPE-grown GaN Crystal Using Multiphoton-Excitation Photoluminescence (2)

阪大院工, °塚越 真悠子, 谷川 智之, 上向井 正裕, 片山 竜二

Graduate School of Engineering, Osaka Univ.,

°M. Tsukakoshi, T. Tanikawa, M. Uemukai, R. Katayama

E-mail: tsukakoshi.m@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

GaN は車載向けインバータ用縦型トランジスタなど、高耐圧・高出力パワーデバイスへの応用が期待されている。しかし、GaN 結晶には高品質な自立基板でも 10^5 cm^{-2} 以上の貫通転位が存在する。パワーデバイスの信頼性を確保するためには、リーク電流や耐圧低下を起こすキラー欠陥となる貫通転位の種類や密度を特定する必要がある。我々は、非破壊かつ短時間で貫通転位を観察できる多光子励起フォトルミネッセンス (MPPL) 法による転位分類方法の確立に向けて、市販レベルの転位密度 ($\sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$) の GaN 自立基板に対し MPPL 観察を行い貫通転位の分類を試みた。

ハライド気相成長 (HVPE) 法で成長された転位密度 $2 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 程度のノンドープ *c* 面 GaN 自立基板に対しエッチピット法と MPPL 法により貫通転位の観察と分類を行った。初めに 440°C 程度の KOH/NaOH 混合融液中で 15 分程度エッチングし直径 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度のピットを表面に形成した。次に、表面から深さ $40 \mu\text{m}$ 程度の三次元領域を MPPL 観察した。エッチピットをサイズにより分類し、暗線の性質を比較した。暗線の *c* 軸からの傾斜角を θ 、*c* 面内における *a* 軸を基準とした方位角を φ とし、 θ と φ の分布を求めた。また、二次元 MPPL 像における発光強度分布から暗点のコントラスト比を求めた。

試料内部の二次元 MPPL 像を Fig. 1 に、暗線の傾斜角 θ と方位角 φ の分布を Fig. 2 に示す。混合転位の多くは他の貫通転位より θ が大きく、*c* 軸から傾斜して伝搬する性質があることが分かった。さらに、混合転位の φ は等価な *a* 軸方向に分布しており、*a* 軸方向に伝搬していることが分かった。これは混合転位が刃状成分とらせん成分をもつためと考えられる。暗点のコントラスト比のヒストグラムを Fig. 3 に示す。ヒストグラムは 2 つのピークを持っている。エッチピットサイズから、コントラスト比が大きい暗点はらせん転位に対応し、コントラスト比が小さい暗点は刃状転位もしくは混合転位に対応していることが分かった。

結論として、MPPL 法を用いて観察された暗点や暗線に対し、伝搬挙動と非輻射再結合中心としての性質を指標とすることで、貫通転位を刃状転位と混合転位およびらせん転位に分類できる可能性が示された。

謝辞：本研究は科研費 JP19H04532、JP20H02640 の支援を受けた。エッチピットの形成には阪大山田拓海氏と今西正幸助教の協力を受けた。

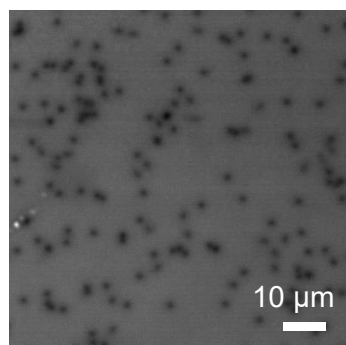


Fig. 1 2D MPPL image.

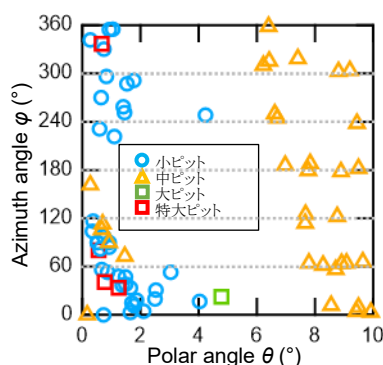


Fig. 2 Polar angle θ and azimuth angle φ .

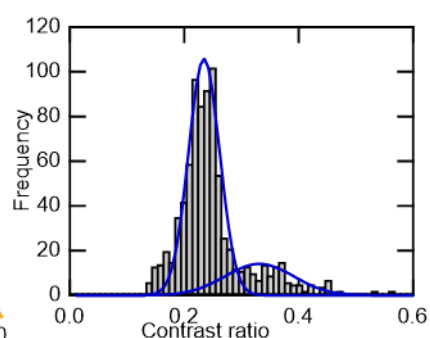


Fig. 3 Histogram of contrast ratio of dark spots.