

## HVPE-GaN バルク結晶における 貫通転位の 3 次元的形態とバーガースベクトルの関係

### Correlation between three-dimensional morphology and Burgers vector of threading dislocations in GaN bulk crystals grown by HVPE methods

阪大院基礎工<sup>1</sup>, 阪大院工<sup>2</sup>, 名大 IMaSS<sup>3</sup>

○(D2)濱地 威明<sup>1</sup>, 藤平 哲也<sup>1</sup>, 林 侑介<sup>1</sup>, 今西 正幸<sup>2</sup>, 森 勇介<sup>2</sup>, 五十嵐 信行<sup>3</sup>, 酒井 朗<sup>1</sup>

Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ.<sup>1</sup>, Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.<sup>2</sup>, IMaSS, Nagoya Univ.<sup>3</sup>

°T. Hamachi<sup>1</sup>, T. Tohei<sup>1</sup>, Y. Hayashi<sup>1</sup>, M. Imanishi<sup>2</sup>, Y. Mori<sup>2</sup>, N. Ikarashi<sup>3</sup>, and A. Sakai<sup>1</sup>

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

**【背景】**一般的に、GaN 基板中の多くの貫通転位はエピタキシャル成長層に引き継がれ、その電氣的及び光学的特性に影響することが知られている。近年では、GaN 系パワーデバイスに与える転位の影響は、バーガースベクトルにより異なることも報告されている<sup>1,2</sup>。故に、GaN 系デバイス性能の更なる向上には、全体的な転位密度の低減だけでなく、キラー欠陥となる転位に照準した伝播制御が重要となる。その上では、基板結晶における転位のバーガースベクトルに応じた形態の差異や、その起源を解明することが不可欠である。本研究では、ハイドライド気相成長 (HVPE) 法により育成した GaN 基板における、貫通転位の 3 次元的形態とバーガースベクトル、及びそれらとエッチピット形状との相関を詳細に解析したので報告する。

**【実験】**Na-flux-GaN 上に育成した自立 HVPE-GaN (Na-GaN) とサファイヤ上に育成した市販の自立 HVPE-GaN (Sa-GaN) を評価した。化学エッチングによりエッチピット (EP) を形成した後、多光子励起顕微鏡 (MPPL) で転位形態を観察し、EP 形状との相関を調査した。TEM を用いた  $\mathbf{g} \cdot \mathbf{b}$  解析と大角度収束電子回折法 (LACBED) により、EP 形状毎に複数の転位の構造とバーガースベクトルを同定した。

**【結果および考察】**両試料共に、EP は XS, S, M, L の 4 サイズに分類でき、Na-GaN にのみ中心に 2 つの頂点を有する EP (DA-EP) が存在した (図 1(a))。密度は XS, S, M, L, (DA) の順で高かった。MPPL より、両試料共に、XS, S, L サイズ EP では多くの転位が直線的である一方、M サイズ EP の転位は蛇行する (図 1(b))、という傾向が見られた。TEM 解析により、XS, S, M サイズ EP 直下の転位のバーガースベクトルは各々  $\mathbf{b} = 1\mathbf{a}$ ,  $1\mathbf{a} + 1\mathbf{c}$ ,  $1\mathbf{c}$  であったが、L サイズ直下の転位は、報告例が極めて少ない  $\mathbf{b} = 1\mathbf{m} + 1\mathbf{c}$  であることが明らかとなった (図 2)。一方、DA-EP 直下には互いに平行な 2 つの転位が存在していた (図 3)。詳細な解析により、これらは  $\mathbf{a}$  成分が互いに逆符号の  $\mathbf{a} + \mathbf{c}$  のバーガースベクトルを有する転位双極子であり、この転位を中心としてヒロックが形成されることを見出した。当日は詳細な転位構造やその起源等について議論する。

<謝辞：本研究は JST ALCA (JPMJAL1201), JSPS 科研費 (JP16H06423), 名大 IMaSS 共同利用・共同研究の支援により行われた>

**【参考文献】** 1. T. Hamachi *et al.*, JAP **58**, SCCB23 (2019). 2. S. Usami *et al.*, APL **112**, 182106 (2018).

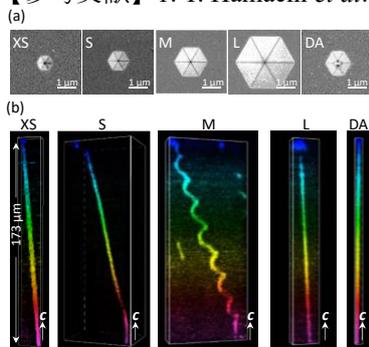


Fig. 1. Representative SEM images of (a) XS-, S-, M-, L- and DA-EPs, and (b) 3D morphology of threading dislocations (TDs) under the corresponding EPs in the Na-GaN observed by MPPL.

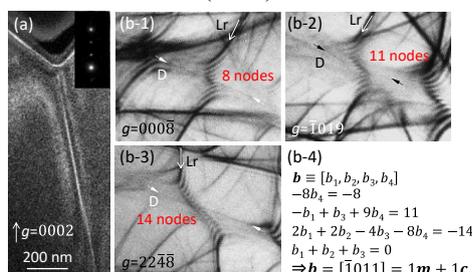


Fig. 2. (a) A dark field TEM image and (b) LACBED patterns of a TD under a L-sized EP. In (b-1)-(b-3), when a Laue reflection line ('Lr') of the reciprocal lattice vector  $\mathbf{g}$  crosses a dislocation line ('D') having the Burgers vector  $\mathbf{b}$ , the number of nodes,  $n$ , satisfies the relation  $|\mathbf{g} \cdot \mathbf{b}| = n$ . Burgers vector  $\mathbf{b}$  is determined by solving the simultaneous equations obtained from the different  $\mathbf{g}$  as shown in (b-4).

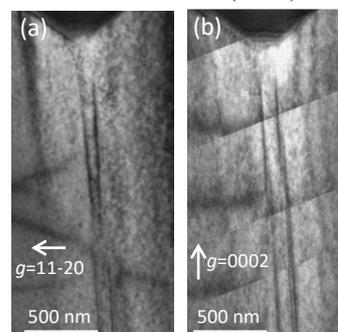


Fig. 3. Bright-field TEM images of two parallel TDs under a DA-EP which is located at the center of a hillock in the Na-GaN observed with (a)  $\mathbf{g} = 1120$  and (b)  $\mathbf{g} = 0002$ .