

Na フラックス法におけるステップバンチングを活用した転位伝播抑制

The blocking of dislocation propagation by bunched steps during Na-flux growth

阪大院工 °蔵本 流星, 今西 正幸, 本城 正智, 村上 航介,

今林 弘毅, 今出 完, 吉村 政志, 森 勇介

Osaka Univ., °Ryusei Kuramoto, Masayuki Imanishi, Masatomo Honjo, Kosuke Murakami,

Hiroki Imabayashi, Mamoru Imade, Masashi Yoshimura, Yusuke Mori

E-mail: kuramoto@cryst.eei.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】省エネルギー化を実現可能な GaN 系デバイスを世の中に普及するためには GaN ウエハの低コスト化が求められる。その中で、Na フラックス法は低転位な GaN ウエハの作製が可能であり[1]、この方法で作製した種基板を再成長し長尺化した後スライスすることで、低転位かつ GaN ウエハの量産化、即ち低コスト化が実現可能となる。一方長尺化を目指し、再成長させる際には、成長層-種結晶界面で転位を発生させない必要があり、種結晶の表面処理は重要である。そこで、本研究では化学機械研磨 (CMP) 及び CMP 後、ピロリン酸処理した HVPE 結晶を Na フラックス法により再成長させ、その成長過程での転位密度挙動について調査したので、その結果及び考察を報告する。

【実験と結果】HVPE 法で作製した GaN 自立基板 (転位密度 $3 \sim 4 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) を 320°C に熱したピロリン酸溶液に浸漬し、30 分間表面処理を行った。処理後の基板を坩堝内に Ga, Na, C と共に充填し、ステンレス容器内に封入した後、温度 870°C 、窒素分圧 3.2 MPa 下で 168 時間育成した。成長の過程での転位密度挙動を調査するため、得られた結晶を約 $500 \mu\text{m}$ 、及び約 $1000 \mu\text{m}$ の膜厚においてスライスし、各膜厚での転位密度をカソードルミネッセンス (CL) 像における暗点密度により評価した。転位密度の評価結果を Table. I に示す。膜厚 $500 \mu\text{m}$ (成長初期) においては、転位密度は表面処理によらず同程度減少していたのに対し、膜厚 $1000 \mu\text{m}$ (成長後期) においては、ピロリン酸処理した結晶の方で、大幅に転位密度が減少していた。このことから、ピロリン酸による結晶表面処理では、CMP 処理に比べ、成長後期において顕著に転位が減少する効果があることが分かった。一方、結晶中のインクルージョンにも着目したところ、ピロリン酸処理を行った結晶については成長後期に顕著に見られるのに対し、CMP 処理の結晶では見られなかった。このことから、ピロリン酸処理を行った結晶での転位減少効果には、インクルージョンが関係していると予想し、GaN 結晶中のインクルージョンと転位密度の関係について調査を行った。Fig. 1(a)の微分干渉顕微鏡透過像に示すように、インクルージョンを多量に含有している領域及びインクルージョンが見られない領域の 2 領域において、転位密度測定を行った。転位密度の評価には、KOH-NaOH 融液エッチング (450°C , 60 分) により出現するエッチピット密度 (EPD) を用いた。Fig. 1(c)、及び(d)に 2 領域の拡大 SEM 像を示している。インクルージョンの無い領域の直上ではエッチピットが見られた (EPD : $5.0 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$) のに対し、インクルージョン含有領域直上では、エッチピットが見られなかった ($1000 \mu\text{m} \times 600 \mu\text{m}$ の無転位領域が存在)。これは、インクルージョンが取り込まれたことで、インクルージョン内部の結晶面で、転位が終端していることを示唆しており、インクルージョンを活用することで GaN 結晶の更なる低転位化が可能になると期待できる。ピロリン酸処理でインクルージョン含有量が増加したのは、結晶表面ラフネスが増加したことによりグレインの会合が促進されたことが寄与していると考察している[2]。

Table. I 各成長膜厚における転位密度

		ピロリン酸処理	
		なし	あり
種基板		$3 \sim 4 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$	
成長層	膜厚 $500 \mu\text{m}$ (成長初期)	$1.9 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$	$2.1 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$
	膜厚 $1000 \mu\text{m}$ (成長後期)	$1.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$	$>10^4 \text{ cm}^{-2}$

【参考文献】

[1] M. Imade *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53** (2014) 05FA06.

[2] 瀧沢 友啓 他、第 5 回窒化物半導体結晶成長講演会、FR01 (2013).

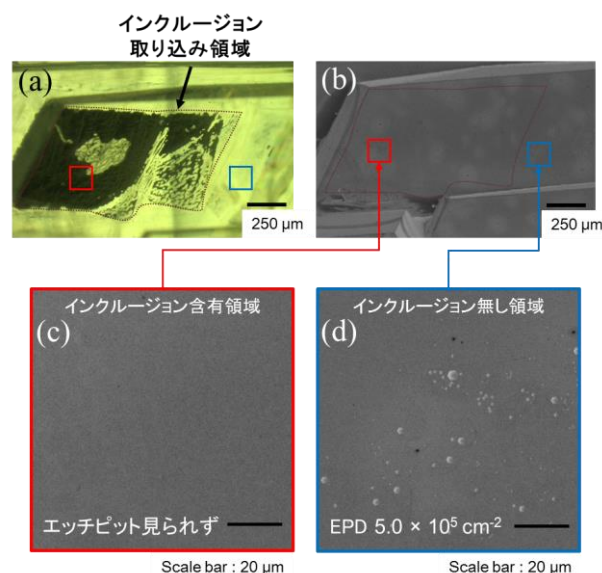


Fig. 1 インクルージョンを含有した GaN 結晶表面 (a)微分干渉顕微鏡透過像、(b)エッチング後 SEM 像、及び (c)インクルージョン含有領域、(d)インクルージョンの無い領域における拡大 SEM 像