

垂直ブリッジマン法による β -Ga₂O₃ 結晶の欠陥解析 Crystal defects in β -Ga₂O₃ grown by vertical Bridgman method

山口博隆^{1*}、加藤有香子¹、五十嵐拓也²、上田悠貴²、
興公祥²、渡辺信也²、山腰茂伸²、倉又朗人²

¹産業技術総合研究所、²(株)ノベルクリスタルテクノロジー

〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1

YAMAGUCHI Hirotaka^{1*}, KATO Yukako¹, Igarashi Takuya², Ueda Yuki²,
Koshi Kimiyoshi², Watanabe Shinya², Yamakoshi Shigenobu², Kuramata Akito²

¹National Institute of Advanced Industrial Technology,

1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

²Novel Crystal Technology, Inc., 2-3-1 Hirose-dai, Sayama, Saitama 350-1328, Japan

1 はじめに

単斜晶系酸化ガリウム (β -Ga₂O₃) は広いバンドギャップ (4.5 eV) と高い絶縁破壊電界 (6MV/cm以上) をもつことから、パワーエレクトロニクス材料として期待されている。とくに、次世代パワーエレクトロニクスとして開発が進められている SiC、GaN、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体材料の中では唯一、常圧において融液成長が可能な物質である。そのため、高品質かつ大口径の結晶基板への期待が高い。すでに 100 mm 径の edge-defined film-fed growth (EFG)法による電子デバイス用基板結晶が市販されている。さらに高品質化と低コスト化をめざして、垂直ブリッジマン(VB)法による結晶成長技術を開発し、6 インチ径の結晶育成に成功した[1]。本研究では、X 線トポグラフ法による結晶欠陥解析をおこない、VB 法による結晶 (VB 結晶) は、EFG 結晶より転位密度が 1 ケタ以上低く、品質が優れていることを明らかにした[2]。

2 実験

試料は VB 法によって成長されたインゴットから切り出され、表面が仕上げられたウェーハである。X 線トポグラフ実験には BL-3C および BL-20B を利用し、二結晶分光器からの単色 X 線を反射配置での回折像を高分解能 X 線フィルムに記録した。

3 結果および考察

図 1 は(010)基板の XRT 像であるが、貫通転位密度は、VB 結晶で 400-700 cm⁻²、EFG 結晶で 8000 cm⁻² と、1 ケタの違いが見られる。(001)基板で観察すると、すなわち横から見た貫通転位は、VB 結晶では(001)面内に広がる転位網、EFG 結晶では直線状欠陥であることがわかる (図 2)。

ここで比較している 2 枚は、いずれも結晶の成長方向 (引き上げ方向) は(010)である。VB 結晶の成長初期の成長方向を含む結晶の X 線トポグラフ観察からは、初期に発生した転位群が成長とともに消失していく様子が観察された。これは、転位が成長方

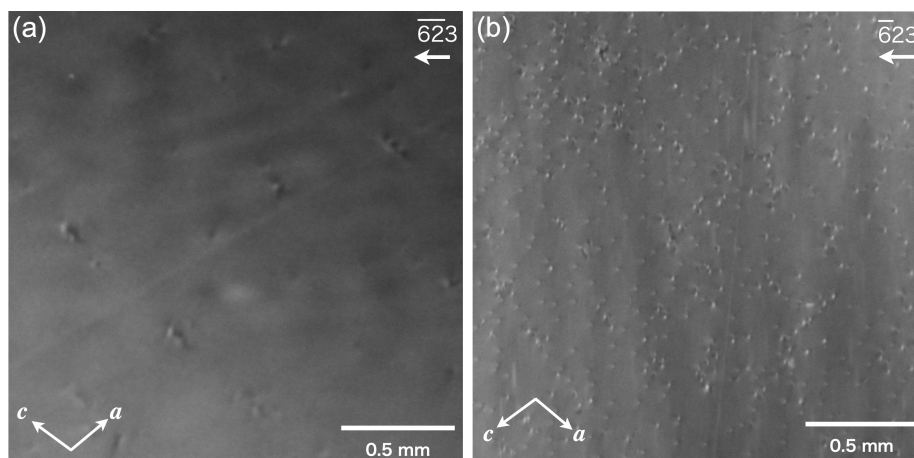


図 1 (a) VB 法、(b) EFG 法によって成長された β -Ga₂O₃ (010) 基板の X 線トポグラフ。

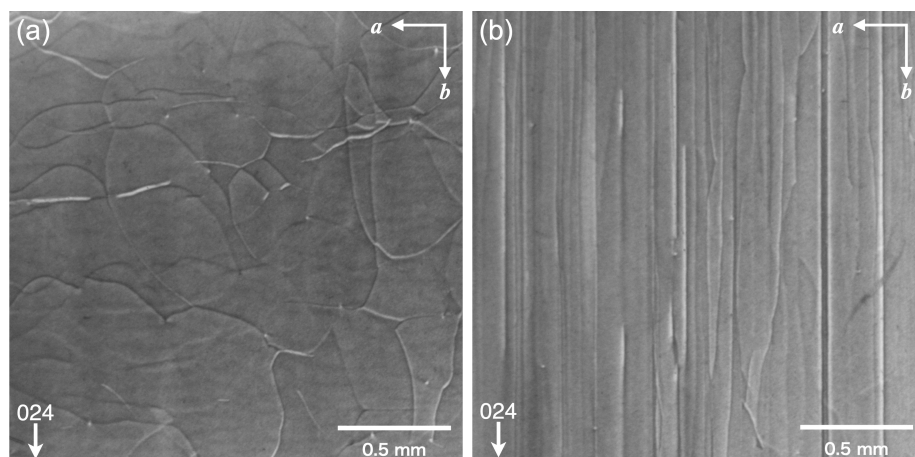


図2 (a) VB 法、(b) EFG 法によって成長された β -Ga₂O₃ (001) 基板の X 線トポグラフ。

向に引き継がれていく EFG 結晶とは対照的であり、VB 法と EFG 法における結晶成長機構の違いを示唆している。

4 まとめ

VB 法による結晶品質の優位性が確認された。今後、さらに高品質、低コストの基板結晶を実現し、 β -Ga₂O₃ によるパワーデバイスの普及とそれによる持続可能な省エネルギー社会の実現が期待される。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 企業主体（マッチングファンド型）の助成を受けた。

参考文献

- [1] プレスリリース, 株式会社ノベルクリスタルテクノロジー、信州大学、産業技術総合研究所
(2023 年 12 月 25 日)
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20231225/pr20231225.html
- [2] Igarashi *et al.*, International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials 2024 (Berlin, Germany).

* 現所属 ファインセラミックスセンター
hirotaka_yamaguchi@jfcc.or.jp