

(様式第5号)

## ダイヤモンド・バルク単結晶及び 酸化ガリウム・バルク単結晶のX線トポグラフィー測定 X-ray Topography of Diamond Bulk Single Crystals and Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Bulk Single Crystals

嘉数 誠、花田賢志、榑谷聡士、植松卓巳、森林朋也、  
Makoto Kasu, Kenji Hanada, Satoshi Masuya  
Takumi Uematsu, Tomoya Moribayashi

佐賀大学大学院 工学系研究科  
Graduate School of Engineering, Saga University

- ※1 先端創生利用（長期タイプ、長期トライアルユース、長期産学連携ユース）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です。（トライアルユース、及び産学連携ユースを除く）

### 1. 概要（注：結論を含めて下さい）

ダイヤモンドは5.47eVのバンドギャップを持ち、高い絶縁破壊電界や熱伝導率、移動度を持つことから、高効率・高耐圧のパワーデバイスとして期待されている。しかし基板結晶の結晶欠陥は素子特性においてリーク電流の発生や耐圧の低下の原因となるため、結晶欠陥の低減化が求められる。そのため本課題ではHPHTダイヤモンド単結晶(111)のX線トポグラフィー測定を行い、結晶欠陥の観察を行ったので報告する。

#### (English)

Diamond is a wide gap semiconductor with a bandgap of 5.47eV and is expected as high-efficient high-power device. However, defects in diamond crystals lead to a leakage current and decrease the breakdown voltage. Therefore, to minimize the defect density, it is critical to understand crystal defects such as dislocations and stacking faults. In this study, we performed X-ray topography observation of HPHT diamond single crystals, and investigated defects in HPHT diamond single crystals.

### 2. 背景と目的

我々はこれまで新しい電子材料の創製とそれを生かしたデバイス応用に関する研究を行ってきた。現在は、シリコンカーバイド(SiC)、窒化ガリウム(GaN)、窒化アルミニウム(AlN)、ダイヤモンド、β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の広いバンドギャップをもつ新しい半導体の創製とそれをを用いた高エネルギー効率のパワーデバイスの応用に関する研究を行っている。

環境・エネルギー問題は、今や不可避の深刻な社会問題である。エレクトロニクス、情報通信ネットワーク、電力ネットワークのエネルギー効率は、システムのハードウェアの大部分を占めるシリコン(Si)材料の固有の物性限界に到達している。それを打破するために、Siよりバンドギャップが広いSiCやGaNや、新しいワイドギャップ半導体であるダイヤモンドを用いた高効率パワーデバイスの実用化に繋げ、エネルギー問題を根本的に解決することが最大の目標である。

我々はその中でもダイヤモンドに特に注目しており、これらの電子材料を用いると高周波で大電力を扱うことのできる、優れた特性を持ったデバイスを作製できる。

今回HPHT法で(111)面種結晶から成長させたダイヤモンド(111)単結晶のX線トポグラフィー観察を様々な回折条件で行い、結晶欠陥の調査を行った。

### 3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

測定試料はHPHT法により(111)面種結晶から成長させたダイヤモンド単結晶の(111)面である[1]。(111)面が表面となり、側面が(-110)となるようにレーザーで切り出し、表面を機械研磨し平坦にしている。X線トポグラフィーは九州シンクロトロン光研究センターのBL09で行い、単色X線を用いた透過配置で測定した。透過配置で強度の強かった{004}, {220}, {-111}を観察した。

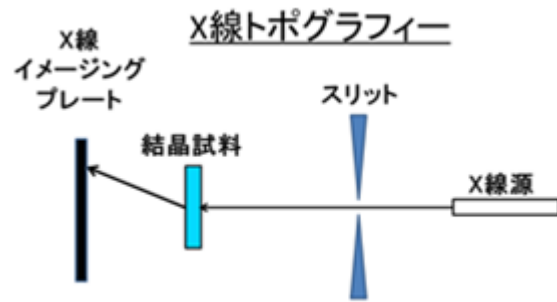


図1 X線トポグラフィー測定方法

### 4. 実験結果と考察

HPHT ダイヤモンド単結晶を単色 X 線を用いて透過配置で測定した。透過配置で得られたトポグラフ像から転位や積層欠陥が観察された。回折条件によって欠陥コントラストが変化しており、コントラストの消滅則から欠陥ベクトルを同定した[2]。また積層欠陥の部分転位を消滅則からバーガーズベクトルを求めた。

### 5. 今後の課題

次世代のパワー半導体として注目されるダイヤモンド単結晶のシンクロトロン放射光を用いた X 線トポグラフィー観察を行い、結晶欠陥の評価を行った。(111)面サンプルでは、積層欠陥や転位が観察された。今後、異なる面方位の結晶の観察や酸化ガリウム単結晶の観察を行い、結晶欠陥の観察や評価を行っていく。

### 6. 参考文献

[1] H. Sumiya, K. Harano, K. Tamasaku, *Diamond and Related Materials*, 58 (2015) 221.

[2] M. Kasu, R. Murakami, S. Masuya, K. Harada, and H. Sumiya, *Appl. Phys. Exp.* 7 (2014) 125501

### 7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

M. Kasu, R. Murakami, S. Masuya, K. Harada, and H. Sumiya, *Synchrotron X-ray topography of dislocations in high-pressure high-temperature-grown single-crystal diamond with low dislocation density*, *Applied Physics Express*, 7 (2014)125501

### 8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

ダイヤモンド、酸化ガリウム、X線トポグラフィー

### 9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください(2015年度実施課題は2017年度末が期限となります。))

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文(査読付)発表の報告

(報告時期: 2017年3月)