

(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、大島孝仁、榭谷聡士、森林朋也、石原滉大  
Makoto Kasu, Takayoshi Oshima, Satoshi Masuya  
Tomoya Moribayashi, Kota Ishihara

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 のワイドギャップ半導体であり、高い絶縁破壊電界や熱伝導率などから次世代のパワーデバイス材料として期待されている。しかし基板結晶中の格子欠陥は、リーク電流の発生や耐圧低下の原因となり、課題である。そのためこれらの格子欠陥の低減化が求められており、本課題では HPHT ダイヤモンド単結晶(111)、及び(001)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(001)面種結晶から成長させたダイヤモンド(001)単結晶と、(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(001)面種結晶から成長させたダイヤモンド単結晶(001)面結晶と[1], (111)面種結晶から成長させたダイヤモンド(111)単結晶である[2]。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と反射配置で測定した。(001)面結晶は{220}回折を、(111)面結晶は{11-1}回折を観察した。

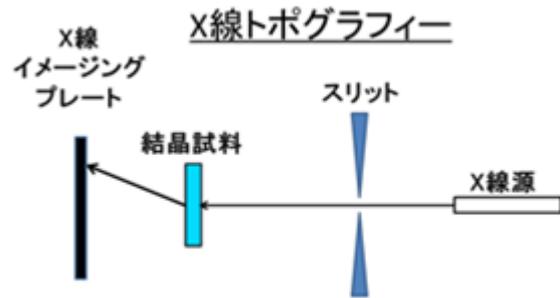


図1 X線トポグラフィー測定方法

### 4. 実験結果と考察

HPHT ダイヤモンド単結晶の X 線トポグラフ像を見ると、積層欠陥や転位が観察された。また、回折条件によって欠陥コントラストが変化している。様々な条件でトポグラフ像を比較し、それぞれの欠陥ベクトルを同定した。また前回の測定結果と比較して、(001)面結晶、(111)面結晶共に、熱処理により積層欠陥が消滅していることがわかった。また熱処理による表面の変質層が観察された。

### 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。(001)面、(111)面で熱処理を行うことによって、積層欠陥や転位が変化していることが分かった。今後、表面の変質層を除いて、再度測定を行う。

### 6. 参考文献

[1] H. Sumiya, K. Tamasaku, Japanese Journal of Applied Physics, 51 (2012) 090102.

[2] H. Sumiya, K. Harano, K. Tamasaku, Diamond & Related Materials 58 (2015) 221–225

### 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)

[1] 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.

[2] S. Masuya, K. Hanada, T. Uematsu, T. Moribayashi, H. Sumiya, M. Kasu, Determination of the type of stacking faults in single-crystal high-purity diamond with a low dislocation density of  $<50\text{cm}^{-2}$  by synchrotron X-ray topography, Japanese Journal of Applied Physics 55, (2016)040303

### 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。(2016年度実施課題は2018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：

2018 年 3 月)