

(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, 榎谷聡士, 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、基板として用いる単結晶中の格子欠陥はリーク電流の増加や耐圧の低下など、素子特性に影響を与えるため課題である。そのため、本課題ではHPHTダイヤモンド単結晶中の格子欠陥をX線トポグラフィーにより観察した。

### (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低損失・高耐圧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や酸化ガリウム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。

今回はHPHT法で成長した(001)面単結晶上にCVD成長を行う際に、CVD層に導入される結晶欠陥の観察を行う。一般的にCVD成長した結晶には、下地基板として用いたHPHT結晶中の欠陥が引き継がれる。この下地基板(HPHT結晶)と成長層(CVD層)の欠陥の伝搬機構を調べるため、今回は、下地基板として用いるHPHT結晶の欠陥の観察を行った。後日、この基板上にCVD成長及びCVD

層の観察を行い、下地基板の欠陥と成長層の欠陥の関連を調べ、ダイヤモンドエピタキシャル成長における結晶欠陥の伝搬機構を調べる。

### 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)面結晶である[1]。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線を用いて反射配置で測定した。測定試料の{202}及び{113}回折を測定した。

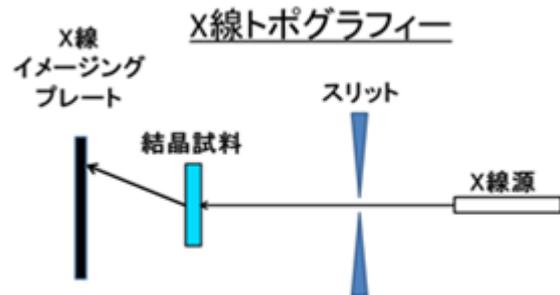


図1 X線トポグラフィー測定方法

### 4. 実験結果と考察

HPHTダイヤモンド単結晶のX線トポグラフィ像を見ると、積層欠陥や転位が観察された。回折条件に応じて、これらの欠陥のトポグラフィ像における欠陥コントラストが変化している。これらの結果を用いて、転位のバーガーズベクトルを求めた。また、積層欠陥は{111}面に導入されており、部分転位の観察からショックレー型積層欠陥と同定した[2]。

### 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。ダイヤモンドCVD成長における欠陥引継ぎの機構を調べるため、今回は下地基板のHPHT結晶を観察して、欠陥の同定を行った。今後はこの基板上にダイヤモンドCVD成長を行い、その成長層を観察し、今回の結果と比較することで欠陥伝搬機構を調べる。

### 6. 参考文献

- [1] H. Sumiya, K. Tamasaku, Japanese Journal of Applied Physics, 51 (2012) 090102.  
[2] S. Masuya, K. Hanada, T. Uematsu, T. Moribayashi, H. Sumiya, M. Kasu, Japanese Journal of Applied Physics 55, (2016)040303

### 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  
[3] S. Masuya, K. Hanada, T. Moribayashi, H. Sumiya, M. Kasu, Determination of partial dislocations of stacking fault in (111) single crystal diamond grown on (111) seed crystal by synchrotron X-ray topography, Journal of Crystal Growth, in press.

### 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）