

(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 Measurement of Diamond Bulk Single Crystals and Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Bulk Single Crystals

嘉数 誠<sup>1</sup>・村上 竜一<sup>1</sup>・植松卓巳<sup>1</sup>・古賀優太<sup>1</sup>

Makoto Kasu, Ryuichi Murakami, Takumi Uematsu, Yuta Koga

1 佐賀大学大学院工学系研究科

1 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 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二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）

ダイヤモンドは禁制帯幅 5.47eV のワイドギャップ半導体であり、高電圧デバイス用の新しい半導体として期待されている。ダイヤモンドは格子定数(a= 3.56 Å)の立方晶系で、高温高压法、CVD 法により合成が可能であるが、その結晶欠陥はデバイス特性に悪影響を与えるため、問題である。また、酸化ガリウムも禁制帯幅が 4.8eV と非常に高い値を持っている。そこで我々は HTHP ダイヤモンドや酸化ガリウムのシンクロトロン光を用いた 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ので報告する。

### (English)

Diamond is a widegap semiconductor with a bandgap of 5.47eV and is expected as high-efficient high-power device material. Diamond is cubic crystal with a lattice constant of a= 3.56 Å, and can be grown by high-temperature high-pressure method, and CVD method. Their crystal defects influences seriously device characteristics. And, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> has a band of 4.8eV. This bandgap is very high, too. Therefore we performed its X-ray topography measurements of HTHP diamond single crystal and Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and investigated defect formation mechanism.

## 2. 背景と目的

私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、酸化ガリウム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。

前回、CVDダイヤモンド単結晶の単色、透過配置でX線トポグラフィーを測定し、欠陥の構造的な関係を調べたが、今回は、HTHP法で結晶成長したダイヤモンド単結晶を透過配置で、酸化ガリウム(010)面結晶を反射配置で他の g ベクトルで測定を行い、その欠陥の生成機構を解明する。

### 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

HTHP ダイヤモンドの測定試料は高温高压法により成長した単結晶で、(001) が表面に、(±1±10) が側面になるようにレーザーで切り出し、表裏面を機械研磨し平坦にしたものとその断面である(110)表面の試料、(111)表面の試料である。酸化ガリウムは面方位(010)の結晶を用いた。X線トポグラフィー測定は九州シンクログラフ研究センターのビームライン BL15 で行い、使用した X 線波長は 14.5keV (波長 0.8552 Å) で、強度の強かった [220] 回折を用い X 線を seed 側から照射する透過配置でダイヤモンドの場合は測定を行った。また、酸化ガリウムは [822]、[523]、[934] 回折を用いて反射配置で測定を行った。

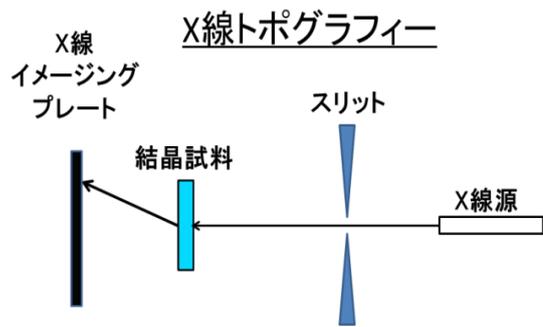


図1 X線トポグラフィー測定方法

### 4. 実験結果と考察

HPHT ダイヤモンドの試料(5.4x5.3x0.7mm<sup>3</sup>)を単色光により撮影した。試料を入射 X 線に対し 24.4° 傾けて観察したため、X 線トポグラフィー像は斜めに傾いて写っている。非常に低欠陥密度の結晶であった。その中でも線欠陥が観察できた。[220] 等価の面もそれぞれ撮影し、線欠陥が観察できた。(110) 表面の X 線トポグラフィー像を見ることで seed からの転位の状況が得られた。

また、酸化ガリウムでは(010)面試料の様々な g ベクトルでのトポグラフ像を撮ることによって g ベクトルの特定を行った。

### 5. 今後の課題

次々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をシンクログラフ放射光を用いた X 線トポグラフィーで評価を行った。(110)面サンプルでは、セクターの境界で面状の積層欠陥が観察された。今後、(001)表面、(110)表面の転位の比較を行う予定である。

### 6. 参考文献

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

### 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）

村上竜一、角谷均、嘉数 誠「高温高压合成ダイヤモンド単結晶のシンクログラフ放射光を用いた X 線トポグラフィー観察」、平成 25 年春季応用物理学学会学術講演会、2013 年 3 月 27~30 日、厚木。

A. Boussadi, J. Achard, A. Tallaire, M. Kasu, J. Barjon, O. Brinza, A. Gicquel “Dislocation propagation in boron-doped CVD diamond grown on engineered shape substrates”, Internatinal Conference of Diamond Related Carbon 2013 Sep2~5, Riva del Garda.

### 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（2014 年度実施課題は 2016 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（印刷物の提出）（報告時期：2016 年 3 月）