

(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、榎谷聡士、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）

ダイヤモンドはバンドギャップ 5.47eV のワイドギャップ半導体であり、高効率・高耐圧のパワーデバイス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(HPHT)法、CVD 法により合成が可能である。しかし結晶欠陥がデバイス応用において、リーク電流や耐圧の低下の原因となるため、課題である。そこで我々は CVD ダイヤモンド単結晶、HPHT ダイヤモンド単結晶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、結晶欠陥の観察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 therefore we performed its X-ray topography measurements of CVD diamond single crystal and HTHP diamond single crystal, and investigated defect formation mechanism.

## 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、CVDダイヤモンド(111)単結晶のX線トポグラフィー観察を行い、結晶欠陥の観察を行う。単色X線を用いた透過配置で様々なgベクトルで測定することによって転位のバーガーズベクトルを求める。

### 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

測定試料はエレメントシックス製のCVD法により成長させたダイヤモンド単結晶(111)面である。HPHTダイヤモンド単結晶状にCVD成長し、CVD結晶のみを切り出した結晶である。X線トポグラフィー観察は九州シンクロトン光研究センターのBL09にて単色X線を用いて透過配置で測定した。強度の強かった{11-1}、{004}、{133}での回折を測定した。

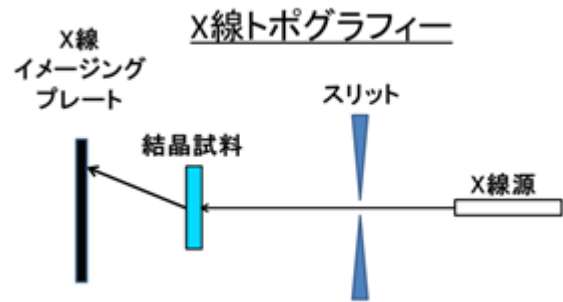


図1 X線トポグラフィー測定方法

### 4. 実験結果と考察

CVDダイヤモンド単結晶試料のX線トポグラフィー観察は単色化したX線により測定した。{11-1}、{004}、{133}での回折を測定し、CVD結晶中の転位が観察された。成長方向に延伸した転位が観察され、基板結晶と成長結晶の界面の歪によって発生したことが示唆される。また、これらの転位は束状になっており、HPHT結晶や天然にはない、CVD結晶特有の欠陥である。様々なgベクトルで観察し、転位のコントラストの変化からこれらの転位のバーガーズベクトルを求めた。

### 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トン放射光を用いたX線トポグラフィーで評価を行った。CVD結晶の(111)の測定を行い、転位を観察したが、今後これらの発生メカニズムの解明を目指す。また、他の面方位の結晶も測定し、今回の結果との比較を行う。

### 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）

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）

X線トポグラフィー、ダイヤモンド、酸化ガリウム

### 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）