



九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1610092S

BL番号：BL09

(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 Ga₂O₃ 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-Ga₂O₃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。前回測定し、結晶欠陥を同定したHPHT基板上にマイクロ波プラズマCVD法によりCVD層を堆積した。その基板を今回X線トポグラフィー観察し、基板結晶と成長結晶の欠陥を比較し、CVD成長する際の、結晶欠陥の伝搬機構に関して調査する。

3. 実験内容 (試料, 実験方法, 解析方法の説明)

測定試料はマイクロ波プラズマCVDにより成長した(001)ダイヤモンド単結晶である。下地に用いた基板はHPHTダイヤモンド単結晶[1]で、前回X線トポグラフィー観察を行い、結晶欠陥の同定を行った基板である。成長を行ったCVD結晶に対して、図1に示すような配置でX線トポグラフィーを行った。今回は反射Bragg配置にて{202}回折、{113}回折を測定した。

また、EFG成長した β -Ga₂O₃単結晶においても測定を行った。{22-4}等の回折を観察し、結晶中の欠陥の観察を行った。

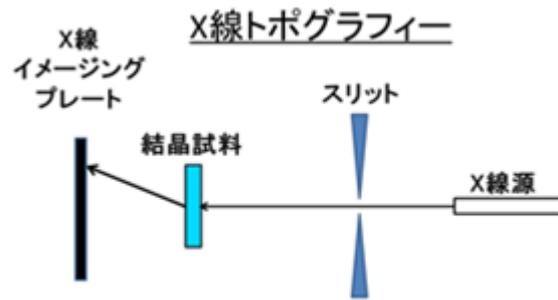


図1 X線トポグラフィー測定方法

4. 実験結果と考察

CVD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。しかし、成長時に形成された異常成長粒子(ヒロック)の影響により個々の欠陥を観察するのが困難であった。異常成長粒子を抑えて観察する必要があることがわかった。

β -Ga₂O₃単結晶においても転位のような線状の欠陥が観察された。今後、消滅則により転位のバーガーズベクトルを同定する予定である。

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。CVD成長したダイヤモンド単結晶を観察し、下地基板結晶の欠陥との比較を行った。CVD成長時に形成した異常成長粒子の影響があり、あまり成長層の欠陥の観察が出来なかった。次回は異常成長を抑え、観察を行う。

β -Ga₂O₃単結晶においては様々な回折条件で測定を行ったので、欠陥コントラストの消滅則を用いて転位のバーガーズベクトルを同定する。

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)

[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)