



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：1207066R

B L 番号：09A

(様式第5号)

：酸化ガリウム、ダイヤモンド等のワイドギャップ半導体単結晶
のX線トポグラフィー測定(3)
Synchrotron Light X-ray Topography Observation of Wide-gap Semiconductors
such as Gallium Oxide and Diamond (3)

嘉数誠・村上竜一・松永晃和・西村健吾

Makoto Kasu, Ryuichi Murakami, Akikazu Matunaga, Kengo Nishimura

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)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記して下さい。
- ※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($a=3.56\text{Å}$)の立方晶系で、高温高圧法、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。そこで我々は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 $a=3.56\text{Å}$, 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 HPHT diamond single crystal, 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、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 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。

我々はダイヤモンドは、高周波で大電力のデバイスを作製し、優れた特性を得ている。

前回、酸化ガリウムの単色でX線トポグラフィーを測定し、双晶関係にある二つの結晶の構造的な関係を調べたが、今回は、高温高圧合成したダイヤモンド単結晶を透過配置で測定を行い、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）

ダイヤモンドの測定試料は高温高压法により成長したIIa型のバルク単結晶で、(001)が表面に、 $(\pm 1 \pm 10)$ 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である。X線トポグラフィー測定は九州シンクローン光研究センターのビームラインBL09Aで行い、使用したX線波長は14.5keV（波長0.8552Å）で、強度の強かった(220)回折を用いX線を裏面から照射する透過配置で測定を行った。

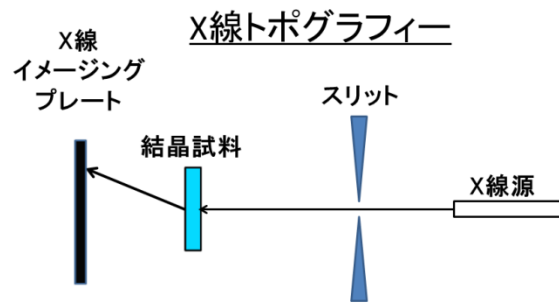


図1 X線トポグラフィー測定方法

4. 実験結果と考察

図1はダイヤモンドの試料(7.3x7.2x0.8mm³)を単色光により撮影した写真である。試料を入射X線に対し18.3°傾けているため、立体的に見えている。台形の黒い影が見えるが、種結晶から成長する際にセクターの境界に生じた積層欠陥と考えられる。単色X線のエネルギー差から結晶の歪が評価できた。

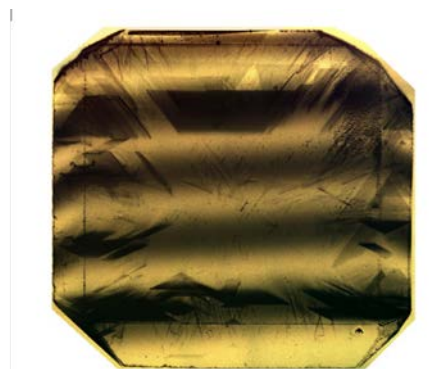


図2 高温高压合成ダイヤモンドIIa型結晶のX線トポグラフィー写真

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ーン放射光を用いたX線トポグラフィーで評価を行った。セクターの境界で面状の積層欠陥が観察された。

今後、CVD成長膜との比較を行い、欠陥の成層機構を解明する予定である。

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ーン光を用いたX線トポグラフィー観察」、平成25年春季応用物理学会学術講演会、2013年3月27~30日、厚木。

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）

高温高压合成、ダイヤモンド、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下さい。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下さい（2012年度実施課題は2014年度末が期限となります。）

- | | |
|----------------|----------------|
| ① 論文（査読付）発表の報告 | （報告時期：2015年3月） |
| ② 研究成果公報の原稿提出 | （提出時期：2015年3月） |