

パワー半導体ダイヤモンド単結晶の放射光 X 線トポグラフィ観察

○村上竜一、 嘉数 誠

佐賀大学大学院工学研究科、グリーンエレクトロニクス研究所

【目的】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、超低損失で大電力の半導体として期待されている。ダイヤモンドは格子定数($a=3.56\text{\AA}$)の立方晶系で、HPHT 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おいてリーク電流、耐電圧の低下に繋がり問題である。そこで我々はシンクロtron光を用いた X 線トポグラフィ観察を行い、結晶欠陥の評価を行ったので報告する。

【実験方法】ダイヤモンドの測定試料は HPHT 法及び CVD 法により成長した二つの IIa 型の単結晶で、それぞれ[001]を表面に $[\pm 1 \pm 1 0]$ が側面のものである。X 線トポグラフィ測定は SAGA-LS のビームライン BL09A で行い、(220)回折を X 線エネルギー14.5 kV(波長 $0.8552\text{\AA}$)で裏面から照射する透過配置で測定した。

【結果と考察】図1、図2は各々HPHT 試料($7.3 \times 7.2 \times 0.8\text{mm}^3$)及びCVD 試料($3.0 \times 3.0 \times 1.0\text{mm}^3$)を単色光により撮影した X 線トポグラフィ像である。図1の HPHT 試料では台形の黒い影が見られたが、これは成長中に生じた面欠陥である。一方、図2の CVD 試料では成長中に生じた線欠陥が観察された。以上より、成長方法によって生じる欠陥の種類は異なることがわかった。

【謝辞】本研究でご指導いただいた SAGA-LS の石地耕太朗氏、測定試料を提供いただいた住友電工の角谷均氏に感謝申し上げます。本研究の一部は、科研費、マツダ科学助成、九州産業経済局事業の成果です。【参考文献】K.Tamasaku,et.al., J.Phys D38(2005) A61.

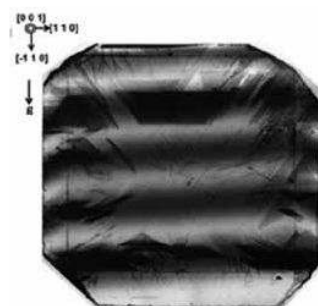


図1: HPHT結晶試料($7.3 \times 7.2 \times 0.8\text{mm}^3$)の X線トポグラフィ像

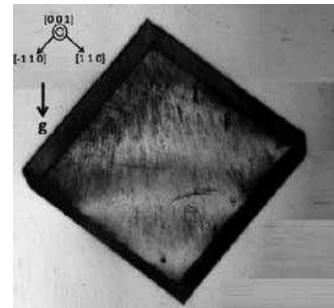


図2: CVD結晶試料($3.0 \times 3.0 \times 1.0\text{mm}^3$)の X線トポグラフィ像

パワー半導体ダイヤモンド単結晶の 放射光X線トポグラフィ観察

佐賀大学工学部理工学系研究科
0号上 元一
野矢 隆

○本研究の背景

電力変換効率はシリコン(Si)によって支えられている



本研究室では、シリコンに取って代わる高エネルギー変換
効率低損失をクリアできる半導体新材料の開発

高耐圧で超低損失な高電圧デバイス用の新しいパワー
デバイスの材料として期待されている **ダイヤモンド** に注目！！

ダイヤモンドは禁制帯幅 $E_g=5.47$ eVと高く、他半導体材料と
比べ、絶縁破壊電界、移動度、熱伝導率が高い。

材料	禁制帯幅 Material E_g (eV)	絶縁破壊電界 E_{bd} (MV/cm)	飽和速度 v_{sat} ($\times 10^8$ cm/s)	移動度 μ (cm^2/Vs)	比誘電率 ϵ_r	熱伝導率 κ (W/cmK)	性能指数 BFOM	性能指数 JFOM
Diamond	5.47	>10	1.5 (e) 1.1 (h)	~ 4500 (e) ~ 8800 (h)	5.7	22	90000 (h)	1340 (h)
GaN	3.42	3	2.4 (e)	~ 2000 (e)	8.9	1.5	1100	590
SiC	3.26	2.8	2.2 (e)	~ 1000 (e)	9.7	4.9	490	420
Si	1.12	0.3	1.0 (e)	~ 1200 (e)	11.9	1.5	?	?

BFOM:高効率・電力性能指数
JFOM:高周波電力性能

ダイヤモンドの応用の可能性

禁制帯幅($E_g=5.47$ eV)	→ 高温動作
高い熱安定性(2300°C)	→ 大電力動作
高い絶縁破壊電界($>10\text{MV/cm}$)	→ 高周波高速動作
高い熱伝導率(20 W/cmK)	→ 耐放射線(放射線検出器)
高キャリア移動度($e:4500, h:3800\text{ cm}^2/\text{Vs}$)	→ MEMS、高周波スイッチ
高いキャリア速度($e:1.5 \times 10^8, h:1.1 \times 10^8\text{ cm/s}$)	
高い破壊強度(10.3 GPa)	

○本研究の目的

単結晶ダイヤモンドはHPHT(高压高温)法及びプラズマCVD
(化学気相成長)法で生成できる。

問題点

結晶成長中に発生する結晶欠陥がデバイス特性において
リーク電流、耐電圧の低下に繋がる。

改善点

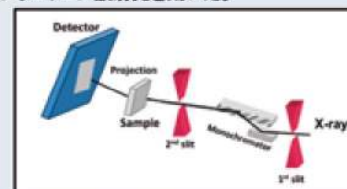
ダイヤモンドの特性を最大限発揮するためには結晶欠陥密度
を小さくする必要。

我々はシンクロトロン光を用いたX線トポグラフィ観察を行い、
HPHT合成結晶の結晶欠陥を評価した。

○X線トポグラフィ観察

X線トポグラフィ観察は、X線照射によって結晶材料の
微細な結晶構造イメージングなどを行うことができる。

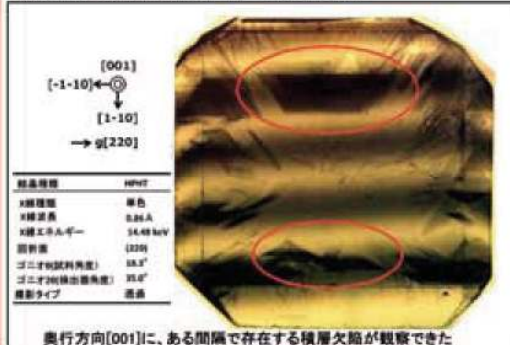
我々は佐賀県立シンクロトロン光研究センター-BL09A
のシンクロトロン放射光を用いた。



最大光子エネルギー 4keV
ビームサイズ 100mm(幅)×15mm(高さ)

○実験結果

①HPHT合成結晶A(001) $7.3 \times 7.2 \times 0.8 \text{ mm}^3$



奥行方向[001]に、ある間隔で存在する積層欠陥が観察できた

○謝辞

本研究でシンクロトロン放射光におけるX線トポグラフィ観察においてお尽力いただきましたSAGA-LSの石地耕太郎氏に感謝いたします。

そして、測定試料を提供いただいた住友電工の角谷均氏に感謝申し上げます。

本研究の一部は、科研費、マツダ科学助成、九州産業経済局事業の成果です。