

(様式第4号)

## 低炭素社会を実現する新パワー半導体開発のための X 線トポグラフィ ィーによる SiC の結晶欠陥評価 (II) Characterization of SiC crystals by X-ray topography

山口博隆  
Hirotaka Yamaguchi

産業技術総合研究所先進パワーエレクトロニクス研究センター  
ADPERC, AIST

※長期利用課題は、実施課題名の末尾に期を表す (I)、(II)、(III) を追記すること。

### 1. 概要

BL15 を利用し、パワーエレクトロニクス材料としての SiC 結晶の欠陥評価を単色 X 線トポグラフィによって評価した。試料ステージの移動と撮影を連続的にこなうためのプログラムを整備し、効率の良い測定が可能になった。これによる欠陥評価から、エピ膜の表面形状異常や多形や積層欠陥の発生との関係について検討を進めた。

### (English)

Characterization of defects in silicon carbide (SiC) as a material for future power electronics has been performed by means of monochromatic X-ray topography. These results were analyzed in comparison with macro defects consisting of stacking faults or polytypes.

### 2. 背景と研究目的

電力の変換と制御を高速に効率よく行うためのエレクトロニクスである「パワーエレクトロニクス」は、電気機器や鉄道などの電力系統など幅広い分野で活用されている。さらに今後は、電気自動車の普及、高度情報通信機器の増加、分散電源や電力貯蔵装置などを含む低電圧配電システムが電力系統に幅広く導入されるのに伴い、パワーエレクトロニクス機器の電力変換容量拡大、変換損失低減と小型化の必要性が高まっている。一方、従来のシリコン (Si) を用いたパワーエレクトロニクスは、Si の物性的限界から、さらなる性能向上は困難となりつつある。これを打破するための新材料としてのワイドギャップ半導体 SiC によるパワーエレクトロニクス機器の超低損失化・小型化・軽量化をめざした研究開発が経済産業省の主導のもと、1998 年度以来進められており、昨年度から始まった低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト(新材料プロジェクト;経済産業省事業。2010 年 7 月～2015 年 3 月)に引き継がれている。

新材料プロジェクトでは、産業技術総合研究所や企業などの組合員で構成される技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構\* (FUPET) において、試験研究が進められる。具体的には、高品質・低コストな大口径 SiC ウェハ製造技術と SiC 高耐圧スイッチング素子製造技術の開発により、自動車、高速鉄道および電力インフラ系への SiC パワーデバイス本格導入をめざす。その基盤的技術として、結晶欠陥の形態と評価法を整理する計画である。

\* <http://www.fupet.or.jp/>

### 3. 実験内容 (試料、実験方法の説明)

試料は市販の 3 インチ径の 4H-SiC ウエハで、表面方位は  $4^\circ$  傾斜(0001)面である。観察条件は、波長 0.15 nm の単色 X 線によるブラッグケース  $\bar{1}\bar{1}28$  および  $\bar{1}\bar{1}08$  である。

図 1 はブラッグケースでの観察時における実験配置を示している。試料を面内回転ステージ ( $\phi$  軸) 上に設置された試料ホルダーの中心に置き、フラットパネルセンサーによる画像モニターによって回折条件を最適化し、原子核乾板へ撮影記録した。実際には、試料の高さ方向の並進軸 ( $z$  軸) をステップ移動することによって、ウエハの全面からの反射を記録している。また、この並進と撮影の連動機構を導入することによって、効率の良い測定を可能にした。



図 1 実験配置。赤矢印は試料に入射する X 線の方向を示す。アルミニウム製の試料ホルダーは面内回転ステージ ( $\phi$ ) 上に設置されている。F: フラットパネルセンサー  
P: 原子核乾板ホルダー

### 4. 実験結果と考察

3 インチウエハのほぼ全面の X 線トポグラフの中から、光学的な表面評価やフォトルミネッセンスによる欠陥評価によって検出された、表面形状の異常および多形や積層欠陥の発生箇所に注目し、その異常と転位など結晶欠陥との関係を調査している。図 2 は転位の例である。

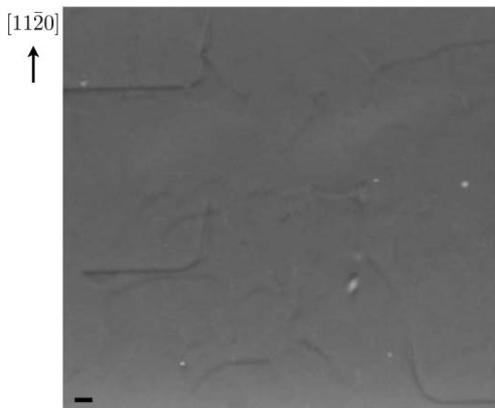


図 2  $\bar{1}\bar{1}28$  反射のトポグラフ。スケールは 1mm。

### 5. 今後の課題

光学的測定などによって見いだされている転位や多形・積層欠陥の発生と関連した複合的欠陥などの発生原因について、本課題の結果を含めて検討している。今後、これらの欠陥の特徴を明らかにす

るとともに、デバイス特性や信頼性との関係評価も進めていく予定である。

#### 6. 論文発表状況・特許状況

特になし。

#### 7. 参考文献

1) 荒井和雄, 吉田貞史編「SiC 素子の基礎と応用」(オーム社, 2003) など.