

(様式第 5 号)

SiC エピウェーハの X 線トポグラフィーによる 欠陥評価 (II)

Characterization of SiC epitaxial wafer by means of X-ray topography

山下任¹, 宮坂佳彦¹, 佐々木雅之¹, 田中俊明¹, 松畑洋文², 山口博隆²

Tamotsu Yamashita, Yoshihiko Miyasaka, Masayuki Sasaki, Toshiaki Tanaka,
Hirofumi Matsuhata, Hirotaka Yamaguchi

¹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)

²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

¹R&D Partner ship for Future Electronics Technology (FUPET),

²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

- ※ 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、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)

SiC のエピタキシャル成長で発生する欠陥について X 線トポグラフィーと他の評価手法を組み合わせて、欠陥の形態と発生原因を研究してきた。ウェーハの表面仕上げで残留している「潜傷」の検出手法として X 線トポグラフィーは有効であるが、ミラー電子顕微鏡がより高感度な検出法であることがわかった。

Defects in epitaxial layer of SiC have been studied by X-ray topography as well as other characterization methods. X-ray topography is a useful tool to observe sub-surface scratch in wafers, but “mirror electron microscopy” was found to detect the sub-surface scratch more sensitively.

2. 背景と目的

SiC を次世代のパワーエレクトロニクス素子材料として実用化するためには、欠陥の構造や素子特性や信頼性に対する影響、および発生機構を解明することが求められる。欠陥には転位や積層欠陥などの結晶欠陥のほか、エピタキシャルウェーハ表面に現れるステップバンチングや凹凸などの形態異常も含まれる。これまで、エピタキシャルウェーハにおける巨視的な欠陥として、三角形の積層欠陥や「キャロット」などの表面欠陥のほか、表面形態異常を引き起こすウェーハ表面の研磨処理に残存する「潜傷」などについて、X 線トポグラフィーを光学顕微鏡やフォトルミネッセンスなど各種の評価手法を組み合わせることによって、欠陥構造や検出方法について整理してきた。

エピタキシャル膜表面の形態異常の原因がエピタキシャル膜成長前のウェーハの潜傷であることを示した[1-2]。潜傷はウェーハの研磨仕上げ処理で残存している基底面転位を伴った微細なキズであり、これがエピタキシャル成長前段の水素エッチング処理で選択的エッチングを受け、それがエピタキシャル膜表面の巨視的な凹凸形態を引き起こすものである。潜傷は X 線トポグラフィーによって基底面転位を観察することによって検出が可能であるが光学顕微鏡等では検出しにくいいため、より簡便な検出手法の開発が必要である。今回は、ミラー電子顕微鏡による潜傷検出が有効であることを示し、X 線トポグラフィーによる検出との比較を行った。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

試料は 4H-SiC ウェーハであり、表面方位は 4° 傾斜 (0001) である。エピタキシャル成長前のウェーハ表面を観察するため、斜入射の反射配置の条件で X 線トポグラフを観察した。X 線波長は 0.15 nm で、-1-128 あるいは 11-28 の回折イメージを原子核乾板 (Ilford L4) に記録した。実験配置は図 1 のとおり

である。

エピタキシャル成長前のウェーハに対して、ミラー電子顕微鏡による評価も合わせて行った。その後、エピタキシャル成長を行い、表面形態異常とエピ成長前のX線トポグラフ、ミラー電子顕微鏡像を比較した。

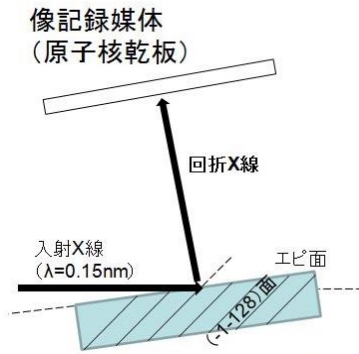


図1 SiCエピウェーハの斜入射X線トポ光学配置

4. 実験結果と考察

図2にエピタキシャル成長前のウェーハの X 線トポグラフィとミラー電子顕微鏡像を示す。ミラー電子顕微鏡像図2(b)には線状像が観察されるが、この位置には X 線トポグラフィでも欠陥像が観察されており、この上に成長したエピタキシャル膜には形状異常が発生している (図2(d))。一方、ミラー電子顕微鏡像図2(c)の位置には X 線トポグラフィで対応する欠陥が観察されていない。このように、X 線トポグラフィでは検出されなかった欠陥がミラー電子顕微鏡では観察されることがあり、エピタキシャル成長後には表面形状異常が発生することから、これらも潜傷であることがわかる。すなわち、ミラー電子顕微鏡は高感度に潜傷を検出するために有効であることがわかった。

X 線トポグラフィで検出される潜傷は長さ数ミクロンの基底面刃状転位であり、貫通らせん転位などが近くにあると検出されにくいことがわかっている。X 線トポグラフィでは検出されなかったがミラー電子顕微鏡像で検出された潜傷部分の TEM 観察によると、厚さ 50 nm 程度の欠陥層であることがわかった (図3)。

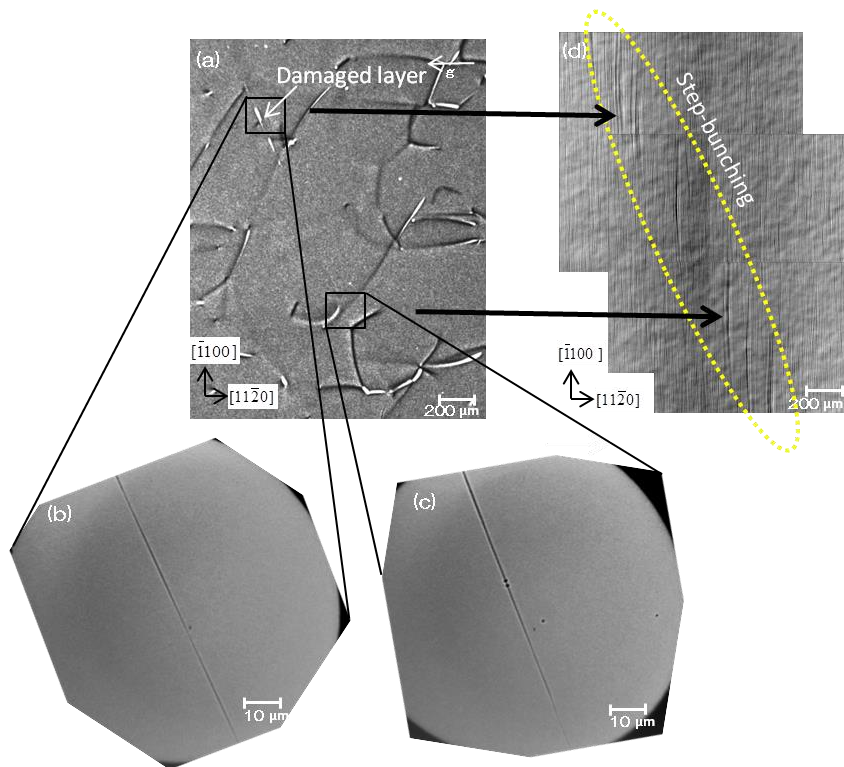


図2 エピタキシャル成長前の X 線トポグラフ(a)とその一部分のミラー電子顕微鏡像(b),(c)、および、エピタキシャル成長後の微分干渉顕微鏡像(d)。

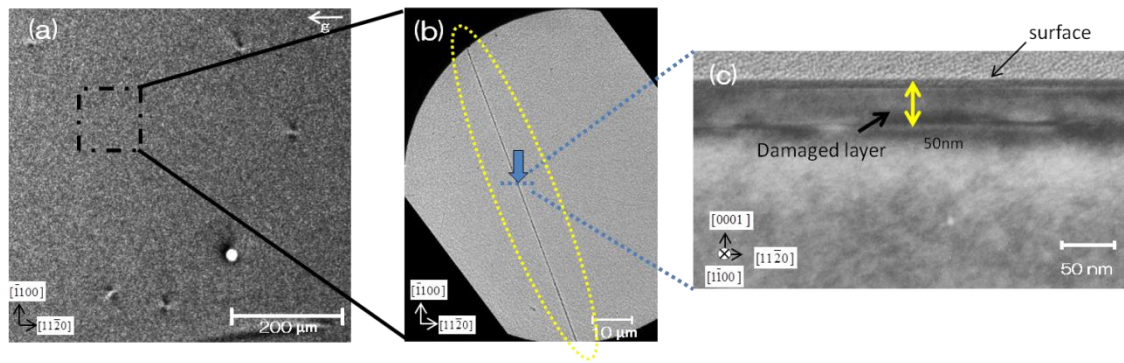


図3 X線トポグラフィー(a)では観察されなかった潜傷のミラー電子顕微鏡像(b)と潜傷部分の断面TEM像(c)

5. 今後の課題

これまでに、X線トポグラフィー、フォトルミネッセンスイメージング、微分干渉顕微鏡を併用して、報告されているSiCのエピタキシャル欠陥がほぼすべて検出できることを確認している。この評価プラットフォームを用いて、約1,000個の欠陥を「欠陥図鑑」として整理した。今後もデータ収集を継続する予定である。現在は研究プロジェクト外には原則非公開とされているが、今後は何らかの形で活用されるよう検討中である。

6. 参考文献

- [1] SAGA-LS 利用報告書 (2012年度第II期)
- [2] Sasaki *et al.*, *Material Science Forum* **778-780**, 398 (2014).

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)

- 佐々木ほか, *Material Science Forum* **778-780**, 398 (2014).
- 佐々木ほか, *Japan. J. Appl. Phys.* 投稿中.

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)

SiC、潜傷、X線トポグラフィー、ミラー電子顕微鏡

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(2014年度実施課題は2016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: 投稿中)