

(様式第5号)

## X線トポグラフィーによるSiCウェーハの結晶欠陥評価 (Ⅲ) X-ray Topographic Study on defects in SiC Wafers (Ⅲ)

佐々木雅之<sup>1</sup>, 山下任<sup>1</sup>, 宮坂佳彦<sup>1</sup>, 田中俊明<sup>1</sup>, 松畑洋文<sup>2</sup>, 山口博隆<sup>2</sup>  
Tamotsu Yamashita, Yoshihiko Miyasaka, Masayuki Sasaki, Hirofumi Matsuhata,  
Hirotaka Yamaguchi

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>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

<sup>1</sup>R&D Partnership for Future Electronics Technology (FUPET),

<sup>2</sup>National 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によるパワーエレクトロニクス素子開発に関係するウェーハ中の欠陥評価をX線トポグラフィーによって進めている。本年度は、基板からエピ膜への転位の伝播と変換、界面転位の発生、あるいはエピ膜表面の形態異常などについて評価をおこない、発生原因や制御法について検討してきた。具体的には、傾斜角の小さい基板上でのエピタキシャル成長や低抵抗厚膜エピ膜の形成に関する評価であり、それぞれ第1期、第2期の成果として報告した。第3期では、エピ膜の表面形態異常について報告する。CMP処理された基板上に成長したエピ膜表面に現れる形態異常が基板の基底面転位と関係していることを見いだし、その因果関係と再現性を明らかにした。

We have performed X-ray topographic studies on defects in SiC wafers for development of power-electronics devices. The observations include propagation and conversion of dislocations from substrate to epilayer, generation of interfacial dislocations, and anomalous morphology at epilayer surface. Some of them were reported in the experiment report of the research term (I) and (II), about epitaxial growth on vicinal substrate and heavily Al-doped thick epilayer with low resistivity, respectively. In this term, we report an anomalous surface morphology induced by a basal plane dislocation at the substrate surface.

### 2. 背景と目的

平坦な表面を持つ4H-SiCのベアウエハ上にエピ膜成長をすると、局所的にステップバンチングなど表面の荒れが発生することがある。これらの表面形状異常はMOS構造を持つデバイスの歩留まり低下の原因になることが報告されている[1]。これについては昨年度のX線トポグラフィーによる欠陥評価から、平坦なベアウエハ表面はエピ膜成長前段階の水素エッチングによって表面形状異常を引き起こすことがあり、これはウェーハ表面に残存している表面欠陥が原因であることを見いだした[2,3]。エピウエーハの表面形態異常についてさらに評価を進めたところ、ベアウエーハの表面に露出した基底面転位が原因となる場合を見いだしたので、その因果関係について検証した。

### 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

化学機械研磨（CMP）により表面処理された市販の4H-SiCベアウェーハ表面を共焦点微分干渉光学顕微鏡で観察した後、斜入射反射配置の放射光X線トポグラフィーで表面近傍の格子欠陥の状態を評価した。実験はビームラインBL15においておこない、X線波長は0.15 nmであった。その後、ウェーハをCVD炉に入れて、エピ膜成長の前プロセスである水素エッチングを行った。そのあと、CVD炉からウェーハを取り出し、ふたたび共焦点微分干渉光学顕微鏡、および、斜入射の放射光X線トポグラフィーによる観察をおこなった。

### 4. 実験結果と考察

図1はCMP処理後のベアウェーハのX線トポグラフである。 $[2\bar{1}\bar{1}0]$ 方向に伸びた基底面転位が表面に露出している。このウェーハを水素エッチング処理したときに現れた表面異常の共焦点微分干渉光学顕微鏡写真が図2である。基底面転位を表面異常の位置が対応していることがわかる。このウェーハ表面をもとのベアウェーハ表面より約200 nm深く研磨してCMP処理したのち、再度水素エッチングを施したところ、図2とほぼ同じ位置に同じ形態の表面異常が発生することが確認された。これによって、この異常が基底面転位から派生していると考えられる。このほかにも、基底面転位から表面異常が発生する例は多く見られ、再現性も良いことがわかり、基底面転位と表面異常の因果関係が確認された。

### 5. 今後の課題

基板表面の基底面転位がエピタキシャル成長前段階の水素エッチングによって基板表面の凹凸の原因の一つであることが明らかになったが、その上に成長されたエピタキシャル膜表面の表面異常の形態を明らかにするほか、水素エッチング以外の前処理を検討し、表面異常を抑制する必要がある。

### 6. 参考文献

- [1] J. Sameshima, *et al.*, Materials Science Forum, Vol. 740-742 (2013) 745.
- [2] 報告書(1204021A) 2012年第2期
- [3] M. Sasaki *et al.*, Materials Science Forum, Vol. 778-780 (2014) 398.

### 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）

### 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, epitaxial layer, step bunching, X-ray topography, dislocation

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（2013年度実施課題は2015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：2015年4月

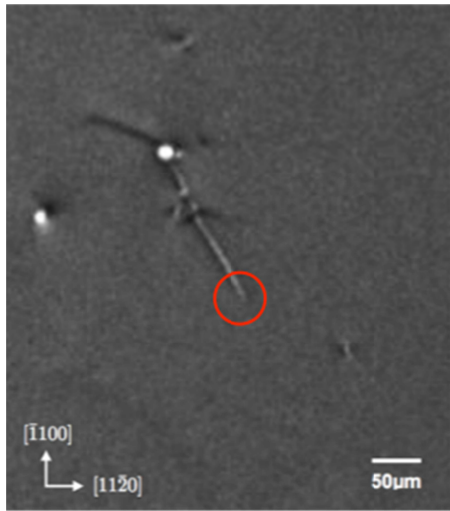


図 1

CMP 処理された 4H-SiC ベアウェーハの X 線トポグラフ。赤丸は基底面転位がウェーハ表面に露出した位置を示す。

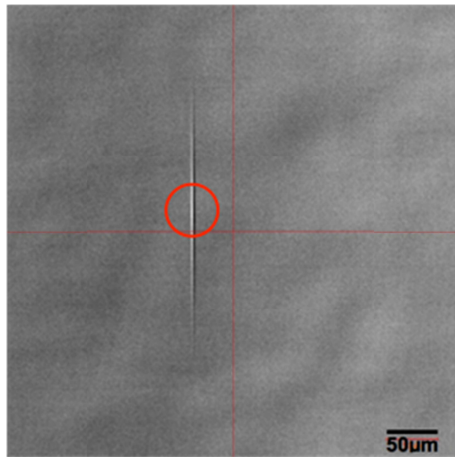


図 2

水素エッチング処理後の共焦点微分干渉光学顕微鏡像。赤丸は図 1 と同じ位置を示している。