

(様式第5号)

## X線トポグラフィーによるSiCの巨視的欠陥の研究(II)

### X-ray topographic study on macroscopic defects in SiC wafers(II)

佐々木雅之<sup>1)</sup>、山下 任<sup>1)</sup>、迫 秀樹<sup>1)</sup>、宮坂佳彦<sup>1)</sup>、松畑洋文<sup>2)</sup>、山口博隆<sup>2)</sup>

Masayuki Sasaki, Tamotsu Yamashita, Hideki Sako, Yoshihiko Miyasaka,

Hirofumi Hatsuhata, 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

*R & D Partnership for Future Power Electronics Technology*

<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

*Advanced Powerelectronics Research Center, 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)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)

4H-SiC エピ膜表面に現れる表面形状異常について、X線トポグラフィーによる格子欠陥評価を利用し、ウェーハの水素エッチング処理の効果を系統的に調べた。これにより、平坦なベアウェーハ表面に残存している表面欠陥が、これが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わかった。

Morphological anomalies on the 4H-SiC epilayer surface and the mechanism of their generation have been investigated by a systematic analysis of X-ray topography and optical microscopic observation on the effect of hydrogen etching on the wafer. The surface anomalies were found to be pits around the dislocations localized near surface generated by hydrogen gas, which is a pretreatment of epilayer process. The mechanism of the surface anomaly is proposed.

#### 2. 背景と目的

平坦な表面を持つ4H-SiCのベアウェーハ上にエピ膜成長をすると、局所的にスクラッチ状のステップバンチングや、表面の荒れが発生することがある。エピ膜成長後に現れるこれらの表面の凹凸は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]。これらのエピ膜成長後に現れる局所的な表面の荒れについて、斜入射の放射光X線トポグラフィーを用いた表面近傍の格子欠陥の様子を調べ、その原因を考察したので報告する。

#### 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。とくに、斜入射の観察条件により、表面近傍の格子欠陥の存在を確認することを目的としている。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。また、透過型電子顕微鏡を用いて、表面に導入されている傷の部分を詳細に観察した。

#### 4. 実験結果と考察

図1(a)は傷状の形状異常のないベアウェーハ表面の光学顕微鏡像である。同じ位置のX線トポグラフィ( $g = \bar{1}128$ )にはスジ状のコントラストが観察される。これは何らかの格子欠陥の集合が表面近傍に存在していることを示している(b)。同じ位置の水素エッチング後の表面の光学顕微鏡像(c)は格子欠陥に対応した位置に表面にピットが形成されていることを示しており、格子欠陥が原因のエッチングにより表面ステップのバンチングが形成されたことがわかる。水素エッチング後のX線トポグラフィ(d)では格子欠陥が消失しており、(b)で観察された格子欠陥は水素エッチングで除去されたことがわかる。これは、水素エッチングによるピットの発生原因となった格子欠陥は表面直下に局在していたことを示している。この表面格子欠陥は、ウェーハの切断研磨加工によって表面に導入された格子欠陥がCMP処理によって取り除かれなかったものと考えられる。

ベアウェーハ表面の傷の透過型電子顕微鏡観察から、傷の両側にミクロン程度の長さの基底面転位が導入されていることがわかった。したがって、図1(b)で観察される白点列はミクロン前後の長さの基底面転位であると考えられる。

図2はベアウェーハに見られる同様の白点列の別の観察例である。 $g = \bar{1}128$ で観察されていた白点列のコントラストは $g = 1108$ の回折条件では消失している。このことより、この白点列はバーガスベクトル $\vec{b} = \pm \frac{1}{3}[\bar{1}120]$ の短い基底面転位の集合であると考えられる。図3は、今回観察された、隠れた傷により、水素エッチング時に発生する表面の凹凸形成のメカニズムの模式図である。

#### 5. 今後の課題

今回の一連の観察により、共焦点微分干渉光学顕微鏡で検出することができない、隠れた傷(潜傷)を斜入射放射光X線トポグラフィで検出することが可能であることが判明した。4H-SiC基板の表面研磨技術は現在発展段階にあり、完成度を上げる必要に迫られている。基板の研磨技術確立を目標とした評価技術として今後も利用していきたい。

#### 6. 参考文献

[1] J. Sameshima, O. Ishiyama, A. Shimozato, K. Tamura, H. Oshima, T. Yamashita, T. Tanaka, N. Sugiyama, H. Sako, J. Senzaki, H. Matsuhata, and M. Kitabatake, Materials Science Forum, Vol. 740-742 (2013) pp745-748.

#### 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 エピタキシャルウェーハ、CMP 加工、斜入射放射光X線トポグラフィ観察、TEM

#### 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。))

論文発表  
(報告時期: 2013年9月)

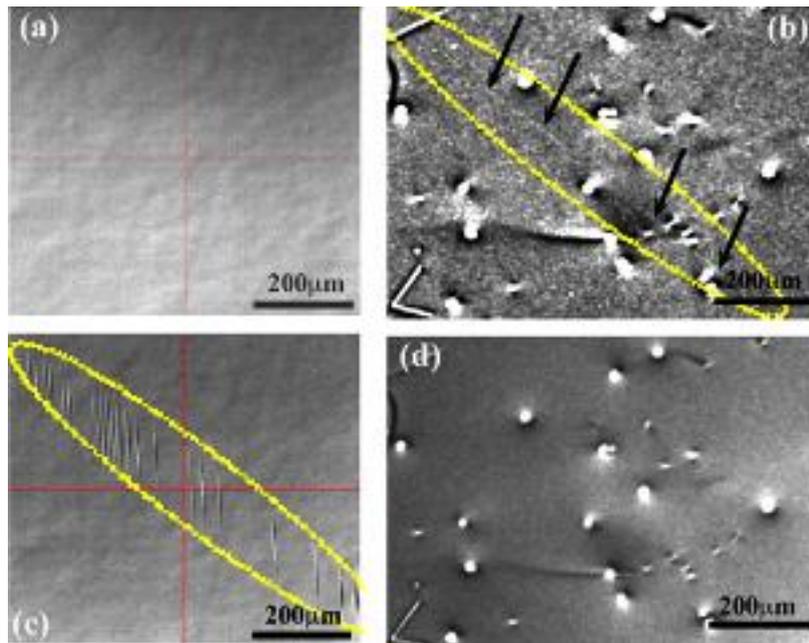


図 1.(a)化学機械研磨された市販のウエハ表面の光学顕微鏡像。(b) 同じ位置での  $g = 1128$  の回折条件での射入射 X 線トポグラフ。黒矢印の部分に白点の集合のようなスジ状のコントラストが観察される。(c)同じ位置の水素エッチング後の表面の光学顕微鏡像。(d) 同じ位置での  $g = 1128$  の回折条件での射入射 X 線トポグラフ。

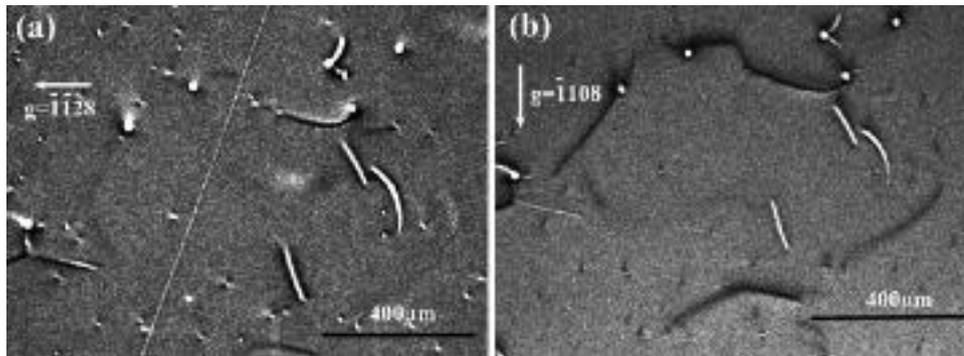


図 2. (a)  $g = 1128$  の回折条件で観察される白点列。(b)同一場所の  $g = 1108$  の回折条件での観察。コントラストの消失が観察される。これにより、白点列は  $\vec{b} = \pm \frac{1}{3} \bar{1}120$  のミクロン程度の短い基底面転位の集合であると考えられる。

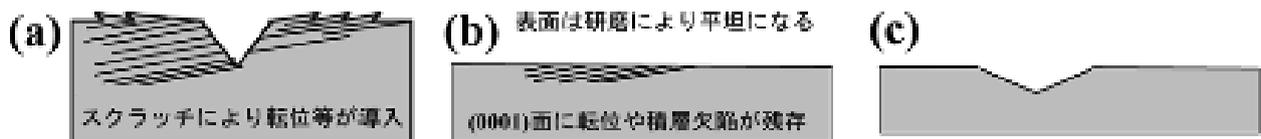


図 3. 隠れた傷の模式図。(a)基板表面研磨により表面にスクラッチと、付随する転位などの積層欠陥が導入される。転位は表面より 4 度の角度を持つ基底面上に沿って結晶の少し深い位置まで導入される。(b) 研磨によって、表面の凹凸は消失するが、転位は表面直下に存在し、トポグラフで観察される。(c)水素エッチングでピット類が形成され、これが原因でエッチング時にステップバンチングが形成される。