

(様式第 5 号)

X 線トポグラフィーによる 4H-SiC ウェハの結晶欠陥評価 (II)
Characterization of crystallographic defects in 4H-SiC wafers by X-ray
topography (II)

児島一聡^{1,2)}、先崎純寿^{1,2)}、西野潤一²⁾
Kazutoshi Kojima^{1,2)}, Junji Senzaki^{1,2)}, Junichi Nishino²⁾

¹⁾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 Power Electronics Research Center,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

²⁾産業技術総合研究所 TIA 推進センター 共用施設運営ユニット
パワーエレクトロニクスステーション
TIA Central Office Open Research Platform Unit Power Electronics Station,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

- ※ 1 先端創生利用 (長期タイプ) 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 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後 2 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 (トライアル利用を除く)。
- ※ 3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※ 4 共著者には実験参加者をご記載ください (各実験参加機関より 1 人以上)。

1. 概要 (注: 結論を含めて下さい)

4H-SiC ウェハに存在する貫通転位 (マイクロパイプ、らせん転位) に関して X 線トポグラフィメーヅ観察を実施した。その結果、反射 (0008) の回折条件において XRT イメージング装置でも貫通転位が検出可能であることが確認された。

(English)

X-ray topography observation was performed on threading dislocations such as micropipes and screw dislocations in 4H-SiC wafers. As a result, it was confirmed that threading dislocations can be detected even with an XRT imaging apparatus under the reflection (0008) diffraction condition.

2. 背景と目的

現状入手可能な SiC ウェハにはマイクロパイプや転位、積層欠陥等の In-grown 結晶欠陥が多数存在しており、これらの欠陥がエピタキシャル膜質のみならず、デバイス信頼性や歩留りの低下を引き起こすため、SiC パワーデバイスの普及が阻害されている。これらのウェハ欠陥に関して、その定義や判別手法等はこれまで統一されたものが存在せず、適切なウェハ品質管理が困難であった。そこで SiC ウェハスペックを共通の指標で協議可能とする国際標準化規格の制定を目的として、NEDO 事業「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」(平成 22 年度~平成 26 年度)において

取得・蓄積された SiC エピ/ウェハ評価解析データを活用し、産総研が中心機関となり「SiC エピ欠陥の非破壊検査方法」に関して 3 件の国際標準規格開発を進めている。2019 年 1 月に「欠陥の分類 (Part 1)」と「光学検査手法による試験法 (Part 2)」を規定した 2 件の IEC 国際規格 (IEC 63068-1 及び IEC 63068-2) が成立し、「フォトルミネッセンス法による試験法 (Part 3)」は 2020 年度中の成立が見込まれている。一方、SiC エピタキシャル成長技術の向上により、最近の SiC エピタキシャルウェハ表面には貫通転位によるピットがほとんど観察されず、IEC 規格で採用された光学検査手法やフォトルミネッセンス法では貫通転位の検出が困難となっている。そのため、貫通転位を高精度に検出できる試験法の規格開発が必要であり、X 線トポグラフィ法が最有力候補として期待されている。

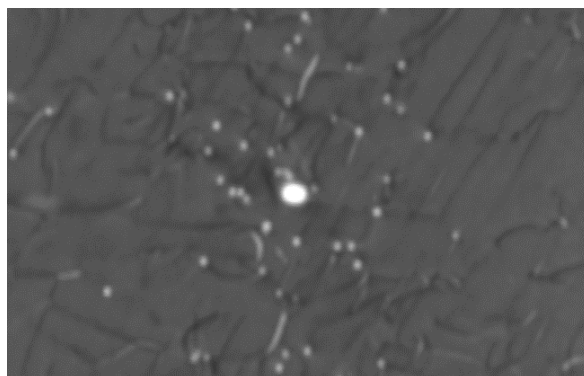
本報告では「X 線トポグラフィ法による試験法」を規定する国際標準規格開発を目的とした SiC エピ欠陥のデータベース化の取り組みについて報告する。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

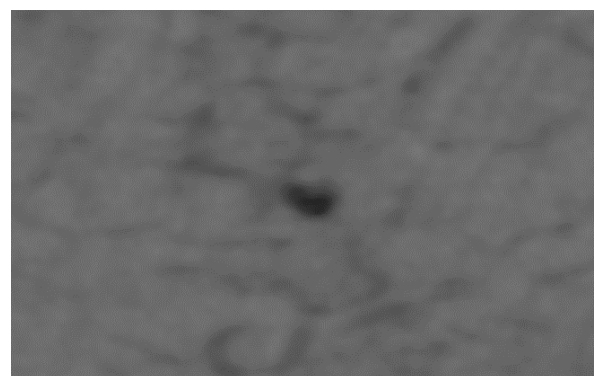
SiC 欠陥に関するデータ取得には、国内外のウェハベンダーから入手した様々な仕様の SiC ウェハを使用した。これらウェハに対して BL-15 のビームラインに置いてベルグバレット配置による X 線トポグラフィ (XRT) 観察を実施した。入射 X 線の波長は 1.5 Å、回折面は (-1-128)、x 線の入射角度は結晶表面に対して約 5° である。また、国内装置メーカーが開発した XRT イメージング装置から取得した観察像との比較を行った。

4. 実験結果と考察

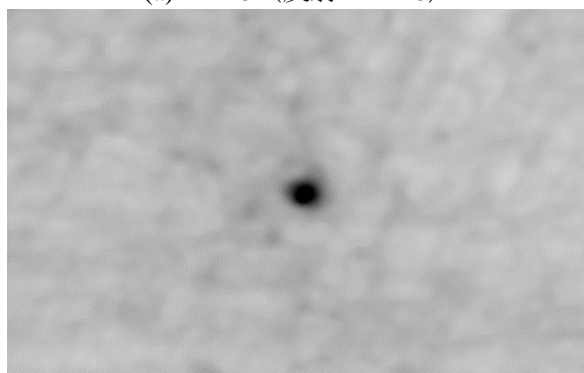
図 1 に SiC ウェハの同一領域から (a) BL-15 及び (b) XRT イメージング装置により取得された SiC 欠陥の観察イメージをそれぞれ示す。(a) と (b) は反射 (-1-128)、(c) と (d) は反射 (11-28) と反射 (0008) の回折条件が使用された。図 1(a) では、中心に確認される大きな明るいコントラストはマイクロパイプを、その周りにある小さな明るいコントラストは貫通らせん転位を示す。また、線状のコントラストは主に基底面転位を示す。これに対し、図 1(b) の XRT イメージング装置から取得した XRT イメージでは、(a) と同じ回折条件を使用したにもかかわらずマイクロパイプによる暗いコントラストは確認されるが、貫通らせん転位及び基底面転位のコントラストは不明瞭である。図 1(c) もマイクロパイプと一部の貫通らせん転位のコントラストが確認されるが全体的に不明瞭である。



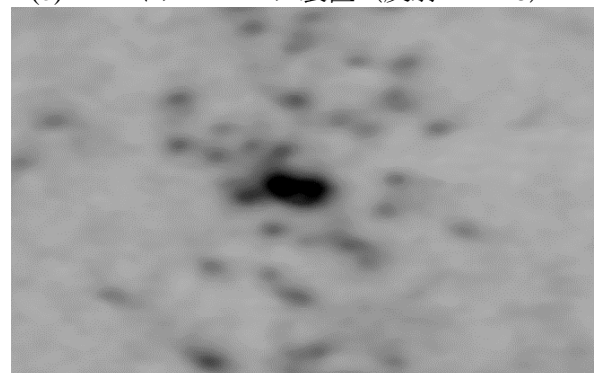
(a) BL-15 (反射 -1-128)



(b) XRT イメージング装置 (反射 -1-128)



(c) XRT イメージング装置 (反射 11-28)



(d) XRT イメージング装置 (反射 0008)

図 1 貫通転位の XRT 観察イメージ

一方、図 1(d)の XRT イメージでは貫通らせん転位が暗いコントラストとして確認でき、また、サイズもマイクロパイプのコントラストよりも小さいため、区別も可能である。

以上のことから、反射 (0008) の回折条件を使用することにより XRT イメージング装置でも貫通転位が検査可能であることが示された。

5. 今後の課題

今回の測定では貫通転位 (マイクロパイプ、らせん転位) に関して評価を行ったが、SiC ウェハには様々な結晶欠陥が存在するため、今後は他の結晶欠陥種についても検討を進める。

6. 参考文献

特になし

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)

特になし

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)

4H-SiC、結晶欠陥、標準化、X 線トポグラフ

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。提出期限は利用年度終了後 2 年以内です。例えば 2018 年度実施課題であれば、2020 年度末 (2021 年 3 月 31 日) 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:	年	月)
② 研究成果公報の原稿提出	(提出時期:	年	月)