



九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1702007A

B L 番号：15

(様式第 5 号)

SiC 中に形成された結晶欠陥の評価 (III)

Characterization of crystallographic defects formed in silicon carbide crystals

山下 任, 周防 裕政, 小松 直佳, 林 将平, 着本 享, 山口 博隆
Tamotsu Yamashita, Hiromasa Suo, Naoyoshi Komatsu,
Shohei Hayashi, Susumu Tsukimoto, 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
Advanced Power electronics Research Center,
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 PiN ダイオードの通電劣化特性を簡便に評価すべく、透明導電性酸化膜をアノード電極に用いた PiN ダイオードを試作し、評価した。その結果、金属アノード電極の場合と同様の積層欠陥の拡張を、電極剥離を行わずに観察出来ることが確認された。

4H-SiC PiN diodes with transparent conductive oxide electrode were fabricated and evaluated for the simplification of forward current degradation test. The expansion of stacking faults under the test, which is the same phenomena as metal electrode, was observed without removal of the electrode.

2. 背景と目的

本年度は、市販品及び内製の 4H-SiC ウェーハに対して、X 線トポグラフィーにより、基板ウェーハ、エピタキシャル層、あるいはデバイス構造表面の欠陥を観察し、デバイスの性能や信頼性に大きく影響すると考えられる転位、積層欠陥等の結晶欠陥の解明を中心に研究を進めてきた。バルク結晶中の結晶欠陥評価[1]、エピ膜中の巨視的な欠陥の起源や形態[2]等で知見が得られた他、特に、MOSFET のボディダイオードの順方向劣化を引き起こす基底面転位に関して、バーガースベクトル、コア構造、貫通刃状転位転換深さ、等の有用な知見が多数得られ、順方向劣化機構の解明が大きく進展した[3, 4]。このほか、欠陥評価の国際標準規格[5]改訂版策定のためのデータの整理や、市場におけるウェーハの動向調査による情報の蓄積を前年度に続いて進めてきた。本年度得られた結果の中から、第 I 期、第 II 期に、バルク結晶およびエピタキシャル膜中の欠陥についての利用結果を報告した。本報告では、透明電極を形成した 4H-SiC PiN ダイオードに発生した積層欠陥の観察結果を報告する。

透明導電性酸化物電極を用いた 4H-SiC PiN diode における順方向通電劣化の評価

はじめに

SiC デバイスの順方向通電劣化試験は、実デバイスと同様の素子(電極)構造を作製して実施されるが、通電後の結晶欠陥形成の観察のためには、電極の剥離工程が必要となる。そこで、電極剥離を行わずに各種手法(PL、X 線トポグラフ)による結晶欠陥観察を行うべく、透明導電性酸化物電極

を用いた素子を試作し、評価を行った。

3. 実験

実験に用いた PiN diode の構造を図 1 に示した。n 型 4° オフ 4H-SiC 基板上の 10 μm 厚エピタキシャル層(濃度 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)に、アノード層として Al のイオン注入を行うことにより作製した。順方向通電により拡張する積層欠陥の評価を、通電後のアノード電極剥離をせずに行うため、アノード電極に ITO (indium tin oxide) 透明導電性酸化膜を用いた。PiN diode 構造への順方向通電を行い、PL イメージングおよび X 線トポグラフィ($g=\bar{1}\bar{1}2$)による評価を実施した。

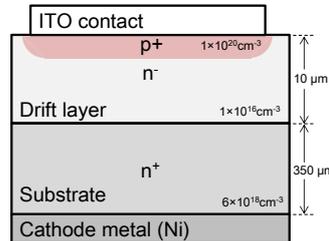


図 1 : ITO 成膜 PiN diode

4. 結果

図 2 に、ITO アノード電極を有する SiC PiN diode 構造(1mm \square)への順方向通電により拡張した (a)積層欠陥の PL(420 nm BPF)像、および(b)積層欠陥起点周辺の X 線トポグラフィの例を示す。いずれも、電極を剥離せず、ITO 電極越しに欠陥が観察出来ることが確認された。特に図 1(b)に示す X 線トポグラフィからは、基板中の基底面転位(BPD)から、エピ中貫通刃状転位(TED)への転換点の近傍から、積層欠陥の部分転位のコントラストが生じている様子が観察され、金属アノード電極の場合と同様の欠陥拡張構造[6]を有していることが示唆された。

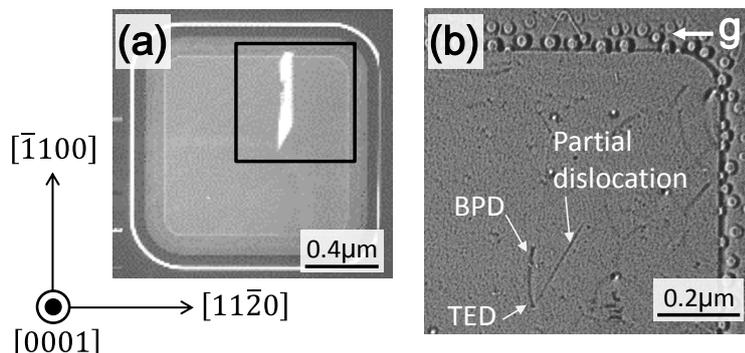


図 2 : 順方向通電後の (a) PL 420nm BPF 像、(b) X 線トポグラフィ($g=\bar{1}\bar{1}2$)

5. 今後の課題

この観察により確認された拡張欠陥について、TEM 観察等の物理解析をさらに進め、拡張起点位置を明らかにする必要がある。

6. 参考文献

- [1]周防他、Materials Science Forum, 897 (2017) 3-6.
- [2]山下他、Journal of Crystal Growth, 476 (2017) 99-106.
- [3]林他、Applied Physics Express 10, 081201 (2017)
- [4]林他、Japanese Journal of Applied Physics, 57 04FR07, (2018)
- [5]半導体信頼性技術小委員会、SiC ウェーハの結晶欠陥の非破壊検査方法 (JEITA EDR-4712/100)
- [6] 林他、先進パワー半導体分科会第 3 回講演会, P-46(2016).

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、PiN diode、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（2017年度実施課題は2019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：2019年02月）