

4H-SiC PiN ダイオードの順方向通電劣化における 電流密度と積層欠陥拡張起点の関係 (II)

Relationship between Current Density and Stacking Fault Expansion Origin in Forward Degradation of 4H-SiC PiN Diode (II)

(国研)産総研¹, (株)東レリサーチセンター², 昭和電工(株)³, 富士電機(株)⁴

○林 将平^{1,2}, 山下 任^{1,3}, 先崎 純寿¹, 宮里 真樹^{1,4}, 呂 民雅^{1,4},

宮島 将昭^{1,4}, 加藤 智久¹, 米澤 喜幸¹, 児島 一聡¹, 奥村 元¹

AIST¹, Toray Research Center Inc.², SHOWA DENKO K.K.³, Fuji Electric Co. Ltd.⁴

○S. Hayashi^{1,2}, T. Yamashita^{1,3}, J. Senzaki¹, M. Miyazato^{1,4}, M. Ryo^{1,4},

M. Miyajima^{1,4}, T. Kato¹, Y. Yonezawa¹, K. Kojima¹, H. Okumura¹

E-mail: shohei-hayashi@aist.go.jp

概要

4H-SiC バイポーラデバイス順方向通電時において、エピタキシャルウェハ内の基底面転位(BPD)を起源とした積層欠陥(SF)の拡張により順方向電圧上昇を引き起こす[1]。これまでに我々はSFが拡張する電流密度と起点となるBPDの関係について調査し、エピ/基板界面近傍において貫通刃状転位(TED)に転換したBPDはエピ層中のBPDに対し高い電流密度で拡張することを明らかにした[2]。また、SF拡張電流密度は350 - 600 Acm⁻²の範囲で大きなばらつきが生じることが分かった。本研究では、SF拡張電流密度のばらつき要因について、BPD-TED転換位置に着目し詳細に調査した。

実験および結果

市販4°オフ4H-SiC基板Si面上にPiNダイオードを作製後、電流密度25 - 600 Acm⁻²を段階的に印加することで通電試験を実施し、SF拡張の様子をエレクトロルミネッセンスによりその場観察した。通電試験後、電極を剥離した試料においてSF及び転位位置をフォトルミネッセンス(PL)、X線トポグラフィ(XRT)により特定し、SF拡張起点となるBPD-TED転換位置を走査透過型電子顕微鏡(STEM)により断面観察した。また、エピ/基板界面は走査型電子顕微鏡(SEM)により特定した。

図1(a)に示す600 Acm⁻²にて拡張したSF起点近傍にあるTEDの断面暗視野STEM像においてSFとTEDが結合する位置(BPD-TED転換位置)が明瞭に観察された。図1(b)に示す同位置におけるSEM像においては基底面に沿って形成されたSF及びエピタキシャル層/基板界面が明瞭に観察された。図1(a)及び(b)を重ね合わせエピ/基板界面からのBPD-TED転換位置を調査した(図1(c))。その結果、BPD-TED転換位置はエピ/基板界面から基板側272nmにあることが明らかになった。基板中のBPDは、アニールによって表面近傍においてTEDに転換することが報告されており、本試料においても通電試験前の段階でBPD-TED転換位置は界面から基板に形成されていると考えられる[3]。この結果から600 Acm⁻²の高電流密度下においては基板中のBPDが起源となりSFが拡張していることが明瞭に示された。また、BPD-TED転換深さ位置がSF拡張電流密度のばらつき要因の一つであることが示唆された。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス/SiC次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発」(管理法人:NEDO)によって実施された。本研究の一部は、名古屋大学微細構造解析プラットフォーム及び九州シンクロトロン光研究センタービームライン15(SAGA-LS/BL015)にて実施された。

[1] M. Skowronski and S. Ha, J. Appl. Phys. **99**, 011101 (2006).

[2] 林他, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 13-208 (2017) [16a-P5-4].

[3] X.Zhang and H. Tsuchida, J. Appl. Phys. **111**, 123512 (2012).

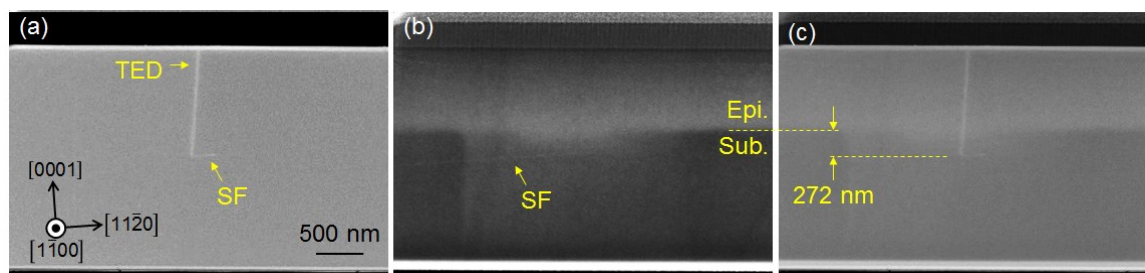


Fig. 1. (a) Cross-sectional dark-field STEM, (b) SEM images of SF expansion starting position, and (c) overlapped image of (a) and (b).