

4H-SiC PiN ダイオードの順方向通電劣化における 基底面転位深さと積層欠陥拡大電流密度の関係

Relationship between basal-plane dislocation depth and stacking fault expansion current density in forward-current degradation of 4H-SiC PiN diode

(国研)産総研¹, (株)東レリサーチセンター², 昭和電工(株)³ ○林 将平^{1,2}, 山下 任^{1,3},
先崎 純寿¹, 中山 浩二¹, 森塚 真由美¹, 米澤 喜幸¹, 加藤 智久¹, 児島 一聡¹, 奥村 元¹
AIST¹, Toray Research Center Inc.², SHOWA DENKO K.K.³ ○S. Hayashi^{1,2}, T. Yamashita^{1,3},
J. Senzaki¹, K. Nakayama¹, M. Morizuka¹, Y. Yonezawa¹, T. Kato¹, K. Kojima¹, H. Okumura¹
E-mail: Syohei_Hayashi@trc.toray.co.jp

概要

4H-SiC バイポーラデバイスの順方向通電劣化について、これまでに我々は、エピ/基板界面より基板側で貫通刃状転位(TED)に転換した基底面転位(BPD)を起源としてシングルショックレー型積層欠陥(1SSF)が拡大することを明らかにした[1]。本研究では、BPD の TED 転換深さと 1SSF 拡大電流密度の関係について議論する。

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(J) 150、600、1000、1250、1500、1750、2000 Acm⁻² を順に印加することで通電試験を行い、1SSF 拡大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。電極剥離後、フォトルミネッセンス、X 線トポグラフィにより 1SSF 及び転位位置を特定し、1SSF 拡大起点付近を走査透過型電子顕微鏡(STEM)により平面および断面観察した。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。

Fig. 1 に、 $J=(a) 1000$ 、(b) 1250、(c) 1500 Acm⁻² において拡大した 1SSF の起点付近における断面 STEM 像を示す。観察した 1SSF は全て BPD 方向とバーガースベクトルが並行な Screw 型 BPD を拡大起源としており、平面 TEM 観察により特定した TED 位置において断面試料を作製した。また、Fig. 1(a)-(c)は、Fig. 1(d)に示すように各試料の SEM 観察により特定したエピ/基板界面(黄色点線)を基準に並べた。 $J=1000$ 、1250、1500 Acm⁻² のストレス試験後において拡大した 1SSF の起源となった BPD の TED 転換深さ(d)は、エピ/基板界面からそれぞれ $d=550$ 、698、825 nm の位置にあることが分かった。この時、通電試験において J は段階的に増加させており、Fig. 1 に示す $d=550$ 、698、825 nm の場合、それぞれ 600-1000、1000-1250、1250-1500 Acm⁻² で 1SSF が拡大する BPD と考えられる。この結果を基に、 d と 1SSF 拡大 J の関係を $J=550-600$ Acm⁻² で 1SSF が拡大した BPD の結果[1]と合わせて Fig. 2 に示す。その結果、 d が深い程、高い J において 1SSF が拡大することが明らかになった。これは J の増加に伴い 1SSF 拡大を引き起こす臨界正孔密度がより深い位置にある BPD に到達可能となったためと考えられる。以上の結果から、Screw 型 BPD を起源とした 1SSF の拡大においては BPD の転換深さが 1SSF 拡大 J に支配的に影響することが示された。

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、九州シンクロtron 光研究センタービームライン 15 (SAGA-LS/BL015)、文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム課題として、名古屋大学微細構造解析プラットフォームの支援を受けて実施された。

[1] S. Hayashi, et. al., Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 04FR07 (2018).

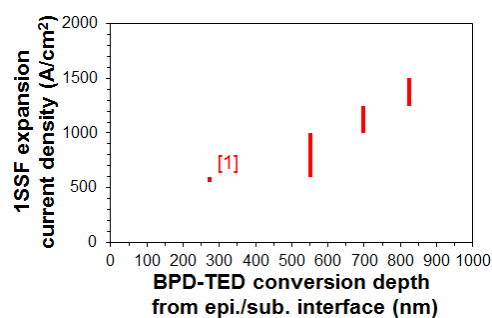


Fig. 2. Dependence of current density at which 1SSF expansion occurs on BPD-TED conversion depth from epitaxial layer / substrate interface.

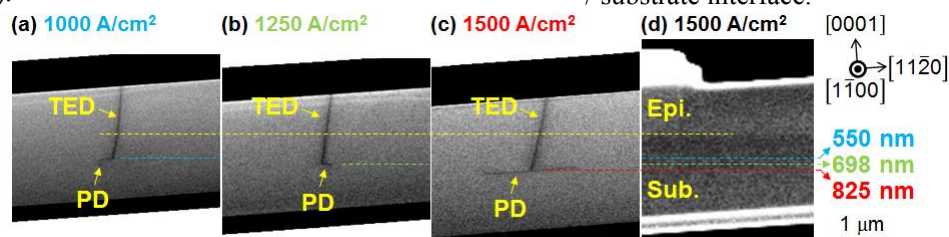


Fig. 1. Cross-sectional bright-field STEM images of TED position in expanded 1SSF at the condition of $J=(a) 1000$, (b) 1250, and (c) 1500 Acm⁻². (d) a SEM image of the same cross-section with (c).