

4H-SiC PiN ダイオードの順方向通電劣化における 積層欠陥拡大起源となる基底面転位の構造解析

Structural analysis of basal-plane dislocations to be origins of stacking fault expansion
in forward degradation of 4H-SiC PiN diodes

(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}, 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. 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の順方向通電劣化について、これまでに我々は、直流電流密度 600 Acm² 以下の順方向通電条件下においては、エピ/基板界面から基板側 272 nm の深さより表面側に貫通刃状転位(TED)変換位置を有する基底面転位(BPD)を起源としてシングルショックレー型積層欠陥(1SSF)が拡大していることを明らかにした[1]。本研究では、通電試験において 1SSF が拡大しなかった BPD についてその構造を詳細に解析し、起源 BPD の 1SSF 拡大条件について議論する。

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 600 Acm² を印加することで通電試験を実施した。電極剥離後、フォトルミネッセンス(PL)、X 線トポグラフィ(XRT)を用いて 1SSF 及び転位位置を特定し、1SSF が拡大していない BPD のエピ/基板界面付近を走査透過型電子顕微鏡(STEM)により高分解能観察した。

Fig. 1 に 1SSF 拡大の起源となった BPD のバーガースベクトル(b_{BPD})、BPD 向きと b_{BPD} の成す角度(θ)、移動した部分転位のコア構造を示す。600 Acm² 以下の通電条件において起源 BPD の 80%はらせん型($\theta=0^\circ$)であり、30°Si-core 部分転位の移動により 1SSF が拡大していることが明らかになった。また、1SSF が拡大しなかった BPD のエピ/基板界面付近を平面及び断面 STEM 観察した(Fig. 2)。その結果、基板側から $[2\bar{1}10]$ 方向に向かって形成された BPD は TED に転換しており、30°Si-core 及び 30°C-core の部分転位 2 本から成る $b_{BPD} = 1/3[2\bar{1}10]$ のらせん型であることがわかった。これらの構造は 1SSF 拡大起源となる BPD と同様であるが、BPD-TED 転換位置はエピ/基板界面から基板側 540 nm の深い位置にあった。また、Fig. 2(b)において BPD 拡張幅は 3.1 nm と通常の BPD(拡張幅 30-40 nm[2])に対し非常に狭いことが分かった。2 本の部分転位から成る BPD は TED に転換する際 1 本の完全転位となるため、拡張幅の狭い BPD においては熱処理により容易に TED に転換し、より基板側に BPD-TED 転換位置が形成され则认为られる。以上の結果から、1SSF が拡大する電流密度は BPD 形成深さに依存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。また、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および物質・材料研究機構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] 林他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 13-139 (2017) [6p-A201-6].

[2] M. H. Hong, et. al., Philos. Mag. A **80**, 919 (2000).

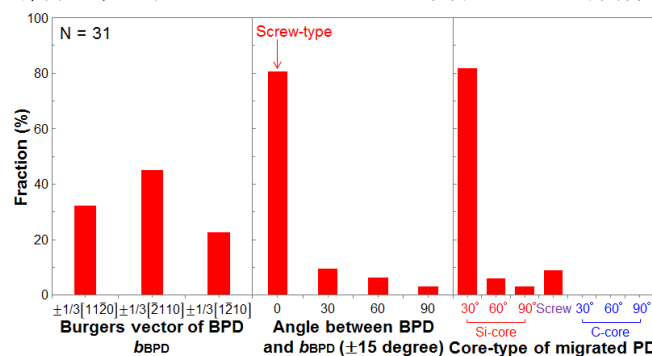


Fig. 1. Fraction of origin of expanded 1SSF on b_{BPD} , θ and core-type of migrated PD.

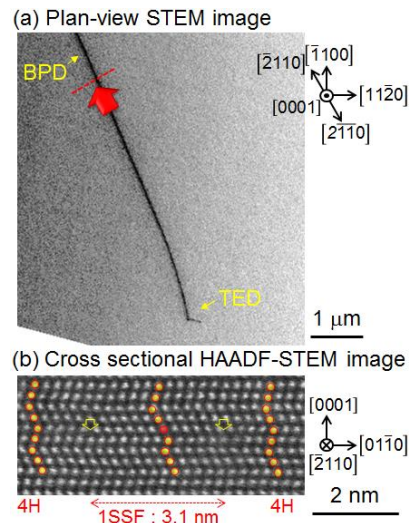


Fig. 2. (a) Plan-view STEM image of BPD and (b) cross sectional HAADF-STEM image observed from arrow direction in (a).