

4H-SiC PiN ダイオードの順方向通電劣化における 界面転位を起源とした積層欠陥の拡大と構造解析

Structural analysis of interfacial dislocations and expanded single Shockley-type stacking faults in forward-current degradation of 4H-SiC p-i-n 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}, 宮里 真樹^{1,4}, 宮島 将昭^{1,4},

先崎 純寿¹, 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}, M. Miyazato^{1,4}, M. Miyajima^{1,4},

J. Senzaki¹, T. Kato¹, Y. Yonezawa¹, K. Kojima¹, H. Okumura¹

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

概要

1500°C以上の高温処理を必要とする SiC デバイスプロセスでは、ウェハに対して不均一な熱ストレス(熱歪)が生じた場合に、基板内の基底面転位(BPD)を起源としてエピ/基板界面に界面転位(ID)を形成することが報告されており[1]、バイポーラデバイスの順方向通電によりシングルショックレー型積層欠陥(1SSF)の拡大起源となることが示唆される。そこで本研究では、基板内の BPD を起源としてデバイスプロセス中に形成された ID の構造と 1SSF の拡大について調査した。

実験および結果

市販 4°オフ n 型 4H-SiC 基板 Si 面上に n⁺バッファ層、n⁻ドリフト層、p⁺アノード層を形成し、PiN ダイオードを作製した。電流密度 25, 300, 1200 Acm⁻²を印加することで通電試験を実施した後、電極を剥離し、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、ID と 1SSF 拡大起点付近を透過型電子顕微鏡(TEM)により断面および平面観察した。また、各層界面は走査型電子顕微鏡(SEM)により特定した。

Fig. 1 に示す XRT および PL 像において、異なるコントラストの BPD と隣接する位置に 1SSF が観察された。±[1100] に平行な BPD は層界面に沿って形成されていると考えられ、(a)に示す明るいコントラスト(BC-)の ID においては ID の[1120]側に 1SSF、(b)に示す暗いコントラスト(DC-)の ID においては ID の[1120]側に 1SSF が形成された。1SSF 幅は 114 μm であり、厚さ 8 μm のドリフト層中に 1SSF が形成されている場合に相当することから、BC-ID はドリフト層より浅い位置、DC-ID はドリフト層より深い位置に形成されていることが示唆された。そこで各 ID の断面を TEM 観察した結果(Fig. 2)、(a)に示す BC-ID、(b)に示す DC-ID は表面からそれぞれ 570 nm、8.4 μm の深さにおいて観察された。よって BC-ID は p⁺/n⁻界面、DC-ID は n⁻/n⁺界面に形成され、深さ位置の異なる ID が存在することが明らかになった。また、平面 TEM 観察および XRT 分析結果から、ID はどちらもバーガスベクトルが 1/3[1120]の Si コア構造であることが分かった。Fig.1 に示す 1SSF が拡大した電流密度は BC-ID、DC-ID でそれぞれ 25、1200 Acm⁻²であり、BC-ID は DC-ID に対し浅い界面に形成されているため、低電流密度において 1SSF が拡大したと考えられる。

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」(管理人: NEDO)によって実施された。本研究の一部は、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)、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] M. Nagano, et. al., J. Appl. Phys. **108**, 013511 (2010).

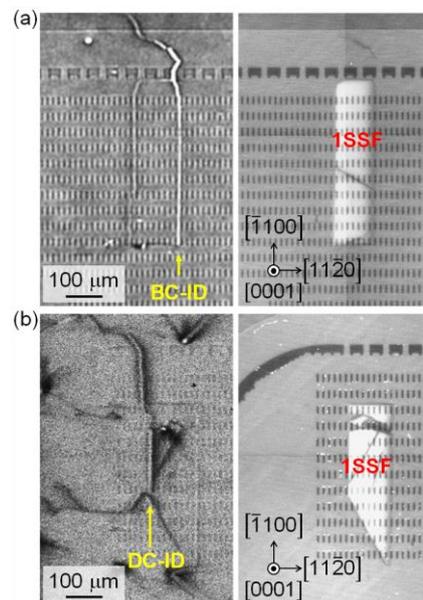


Fig. 1. XRT with diffraction condition of $\bar{1}128$ and PL with 420 nm band pass filter images of the area including 1SSFs originated from (a) BC- and (b) DC-IDs.

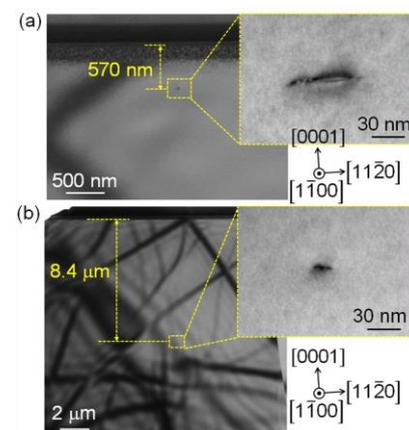


Fig. 2. Cross-sectional TEM images of (a) BC-ID and (b) DC-ID.