

# 高濃度ドーピング SiC ショットキー障壁ダイオードにおける 順方向熱電界放出電流および逆方向電界放出電流の発現

## Forward Thermionic Field Emission Current and Reverse Field Emission Current in Heavily-Doped SiC Schottky Barrier Diodes

京大院工 ○原征大, 浅田聡志, 前田拓也, 木本恒暢

Dept. of Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ. ○M. Hara, S. Asada, T. Maeda, and T. Kimoto

E-mail: hara@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

金属/半導体接合は、すべての半導体デバイスに不可欠な構成要素であり、その特性に関する基礎的な知見は重要である。我々はこれまで、高濃度ドーピング SiC SBD において、順方向電流-電圧( $I$ - $V$ )特性が熱電界放出(TFE)モデルにより説明できること、また、接合界面の強電界に起因する強い鏡像力効果によって障壁高さが低下することを報告してきた[1]。本研究では、SBD のドーピング密度の種類をさらに増やして同様の解析を行った。さらに、高濃度ドーピング SBD における逆方向  $I$ - $V$  特性が、TFE モデルおよび電界放出(FE)モデルにより説明できることを明らかにした。

エピ層のドーピング密度が異なる 6 種類の Ni/SiC SBD ( $N_d = 6.8 \times 10^{15} \sim 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) を作製し、 $I$ - $V$  測定、容量-電圧( $C$ - $V$ )測定および内部光電子放出(IPE)測定を行った。図 1 に、 $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の SBD の順方向  $I$ - $V$  特性に対して、TFE モデルの解析式[2]を用いてフィッティングを行った結果を示す。計算結果が実験結果を精度良く再現できており、フィッティングから求めた障壁高さ  $\phi_B$  は 1.47 eV となった。図 2 に、 $\phi_B$  のドーピング密度依存性を示す。 $I$ - $V$  (TFE+TE),  $C$ - $V$ , IPE 測定により求めた  $\phi_B$  の値は整合しており、いずれもドーピング密度の増加に伴って低下した。最も低濃度の SBD ( $N_d = 6.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ) と最も高濃度の SBD ( $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) の  $\phi_B$  を比較すると、その低下量は約 0.2 eV であり、鏡像力効果による低下量 0.18 eV とよく一致する。

図 3 に、 $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の SBD の逆方向  $I$ - $V$  特性の実験結果と、WKB 近似によるトンネル電流の計算結果を示す。なお、計算においては、有効質量  $m^*$  を変化させ、障壁高さは順方向  $I$ - $V$  特性の解析から得た値 (1.47 eV) を用いた。計算結果は実験結果を精度良く再現できており、得られた  $m^*$  は  $0.48 m_0$  となった。電子のトンネルが最も頻繁に生じるエネルギー  $E_{\text{peak}}$  と金属のフェルミエネルギー  $E_{\text{Fm}}$  の差に注目すると、 $-1 \sim 0 \text{ V}$  では  $E_{\text{peak}} > E_{\text{Fm}}$  であるのに対し、 $-1 \text{ V}$  以上の逆バイアスでは  $E_{\text{peak}}$  と  $E_{\text{Fm}}$  がほぼ等しい。以上から、高濃度ドーピング SiC SBD ( $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) の逆方向キャリア輸送機構は界面の電界強度の大きさに依存し、約 4 MV/cm 以上の強電界の下では、FE 電流が顕著となることがわかった。

[1] M. Hara, *et al.*, 第 46 回春応物, 11a-70A-1 (2019). [2] F. A. Padovani, *et al.*, *Solid State Electron.* **9**, 695 (1966).

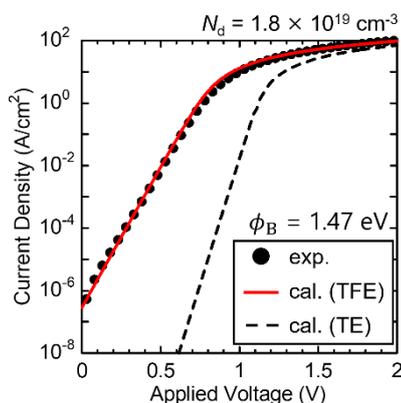


Fig. 1. Calculated and experimental forward current-voltage characteristics of heavily-doped Ni/SiC SBDs ( $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ). The forward current-voltage characteristics were well described by a TFE model.

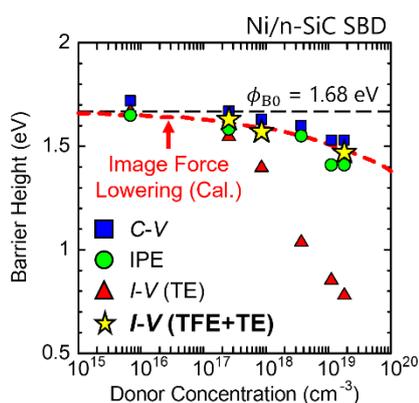


Fig. 2. Barrier height versus donor concentration of Ni/SiC SBDs. The barrier height drop agrees well with image force lowering.

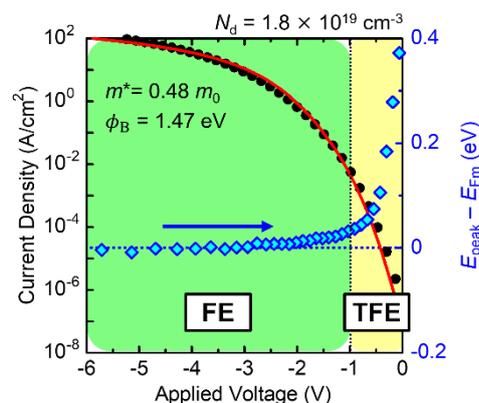


Fig. 3. Calculated and experimental reverse current-voltage characteristics of heavily-doped Ni/SiC SBDs ( $N_d = 1.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ). The reverse current-voltage characteristics can be explained by both TFE and FE models.