

ゲルマニウムにおけるバンド間トンネル電流の NEGF シミュレーション NEGF Simulation of Band-to-band Tunneling in Germanium

○ 橋本 風渡, 森 伸也 (阪大工)

○ F. Hashimoto and N. Mori (Osaka Univ.)

E-mail: {hashimoto, mori}@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

ゲルマニウム (Ge) やシリコンを用いたトンネルトランジスタ (TFET) が実現されており, 優れたデバイス特性を示すことが報告されている [1]. 本研究では, 強束縛近似 (TB) 法および非平衡グリーン関数 (NEGF) 法を用いて, Ge におけるバンド間トンネル電流を計算し, バンド間トンネル電流の面方位依存性およびバレー依存性について調べた.

Ge-TFET における [111] 方向の輸送解析モデルを図 1 に示す. 系にエッカルトポテンシャルを印加し (図 1 青線), 弾道輸送条件のもと, NEGF 法を用いて左電極から右電極への透過関数 $T(E)$ を計算した. その際, 右電極の伝導帯の底を 0 eV とし, 左電極の価電子帯の頂上を ΔE とした. 図 2 に Ge のバンド構造を示す. Ge の TB モデルとして $sp^3d^5s^*$ 法を用いた [2]. Ge は, L 点に伝導帯底を持ち, L 谷よりも $\Delta_{\Gamma L} = 0.152$ eV 高いエネルギー位置にいて, Γ 点に衛星谷を持つ. 図 3 に, 入射エネルギー $E = \Delta E/2$ における $T(E)$ の ΔE 依存性を示す. $0 < \Delta E < 2\Delta_{\Gamma L}$ のエネルギー領域においては, 価電子帯の Γ 谷から伝導帯の L 谷へのバンド間トンネルのみが生じる (図 2 黒矢印). $2\Delta_{\Gamma L} \leq E$ のエネルギー領域においては, 価電子帯の Γ 谷から伝導帯の Γ 谷へのトンネルも生じるため (図 2 赤矢印), 透過関数の値が大きく増強されることがわかった (図 3 赤矢印).

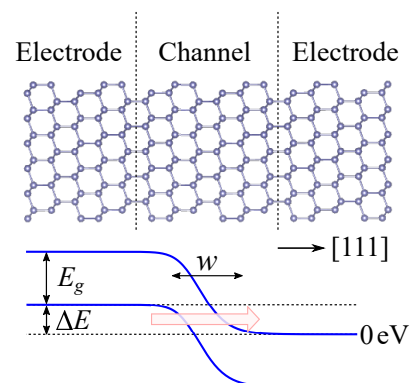


Fig 1: Device model and the band profile of Ge-TFET.

[1] W.-Y. Choi *et al.*, IEEE Electron Device Lett. **28**, 743 (2007). [2] J.-M. Jancu *et al.*, Phys. Rev. B **57**, 6493 (1998).

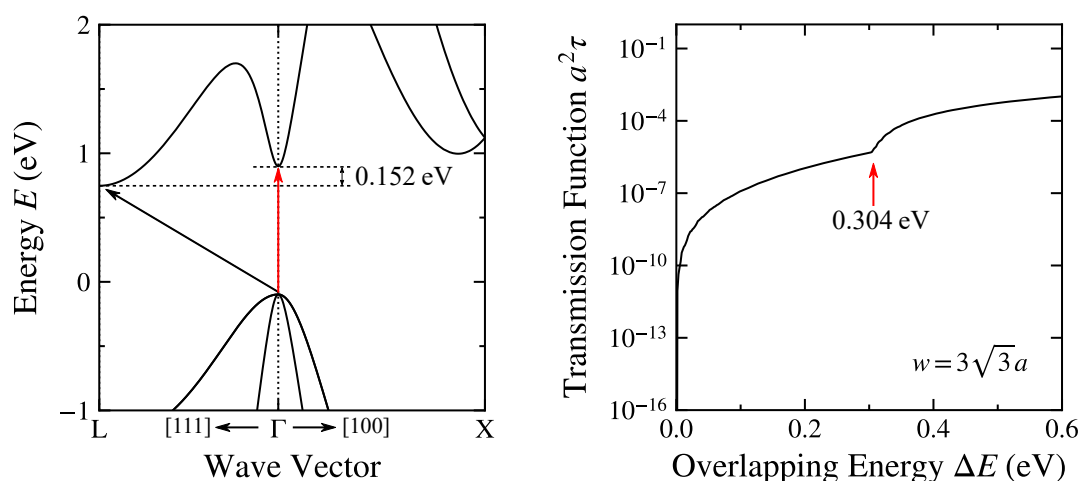


Fig. 2 [left]: Band structures of Ge calculated by $sp^3d^5s^*$ TB method. **Fig. 3** [right]: Overlapping energy dependence of the transmission function at $E = \Delta E/2$ for $w = 3\sqrt{3}a$. a is the lattice constant. The transmission function is strongly enhanced at $\Delta E > 2\Delta_{\Gamma L}$ ($= 0.304$ eV) (red arrow) by the Γ -valley.