有限バイアス下における層間トンネル過程の非平衡グリーン関数解析

NEGF Simulation of Inter-layer Tunneling under Finite Bias

○三島 嵩也，田中　一，橋本 風渡，森　伸也 (阪大工)

○T. Mishima, H. Tanaka, F. Hashimoto, and N. Mori (Osaka Univ.)

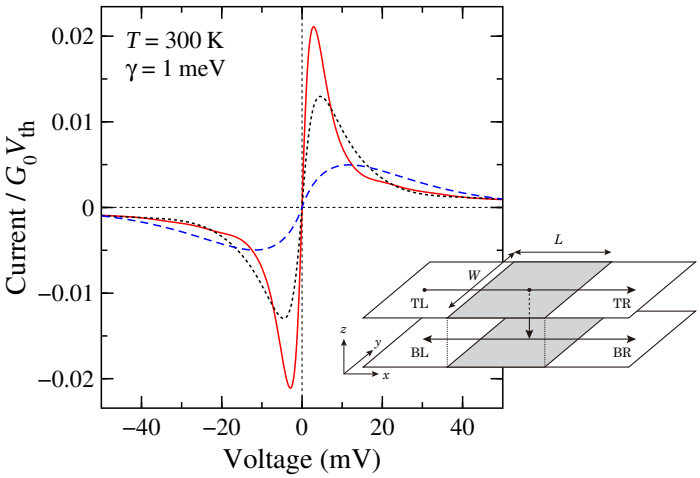
E-mail: {mishima, h.tanaka, hashimoto, mori}@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

MoS_2 などの 2 次元 (2D) 材料をトンネル FET (TFET) のチャネルに用いることにより，良好なデバイス特性が得られると期待されている．2D TFET において，トンネル電流は，電子の輸送方向に垂直に流れ，その状況は，初等的な量子力学で扱われるトンネル効果と異なっている．そのため，2D TFET のデバイスシミュレーションに向けて，層間トンネル過程のモデル化が重要である．前回，零バイアス下におけるバンド内層間トンネル過程の非平衡グリーン関数 (NEGF) 解析を行い，高エネルギー領域における層間トンネル確率の簡易モデルを構築した [1]．今回，有限バイアス化における層間トンネル過程の NEGF 解析を行った．

Fig. 1 の挿入図に示したデバイスモデルを用いて層間トンネル過程を考察した．無限に長い，幅 W のリボン状 2 次元半導体が 2 枚重なった系を考え，灰色で示した長さ L のチャネル領域のみ，層間トンネルが生じると仮定した．そして，上下の 2 次元半導体間に電位差 V を印加した状態で，左上の電極 TL から右下の電極 BR へのトンネル電流 I を NEGF 法を用いて計算した．その際，トンネル電流は十分小さく，上下の層内では電位は一定であると仮定した．また，電極の電子密度は小さく，縮退していないと仮定した．

Fig. 1 に，室温におけるトンネル電流 I の印加電圧 V 依存性を示す．上下の層間結合強度を $\gamma = 1$ meV とした．赤実線，黒点線，青破線は，それぞれ，チャネル長が $L = 100, 50, 20$ nm の場合を示す．Fig. 2 には，微分コンダクタンス（dI/dV）を示す（横軸の範囲が Fig. 1 と異なる点に注意）．前回報告したように，零バイアスにおけるコンダクタンスは，L が短い領域では，L^2 に比例して増加する．有限のバイアスを印加すると，上下の伝導帯端にエネルギー差が生じ，トンネル結合強度が減少するため電流が減少し，負性微分コンダクタンスが生じることが分かった．

[1] 三島，橋本，森，2018 年応物秋季講演会，21a-135-7.



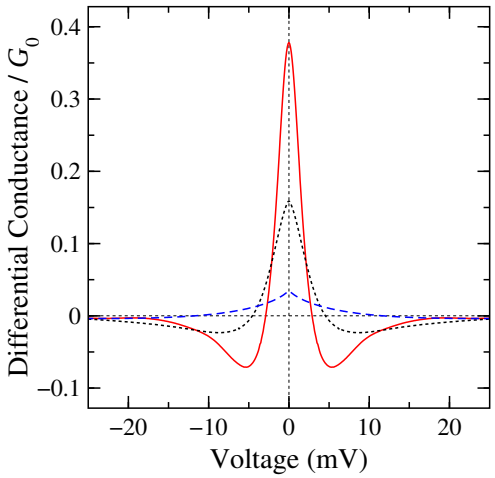


Fig. 1 [left]: Tunneling current, I, as a function of the applied voltage, V. Red solid, black dotted, and blue broken lines represent I for $L = 100$, 50, and 20 nm, respectively. Inset shows a schematic device structure. **Fig. 2** [right]: Differential conductance, dI/dV, as a function of V.

© 2019年 応用物理学会