

トンネル FET のデバイスシミュレーションに向けた 非均一電界型バンド間トンネルモデル

Band to Band Tunneling Model Considering Non-Uniform Electric field for Simulation of Tunnel FET

産総研¹, 筑波大物工², °浅井栄大¹, 福田浩一¹, 服部淳一¹, 佐野伸行²

AIST¹, Tsukuba Univ.², °Hidehiro Asai¹, Koichi Fukuda¹, Junichi Hattori¹, and Nobuyuki Sano²

E-mail: hd-asai@aist.go.jp

低電圧で動作するデバイスの開発は低消費電力化の一つの鍵であり、急峻なサブスレッショルド特性を示すトンネル FET [1]は大きな注目を集めている。トンネル FET では、PN 接合部周辺で発生する価電子帯と伝導帯間のバンド間トンネル率をゲート電圧で制御する事でオンオフをスイッチする。そのため、トンネル FET の解析には複雑なデバイス構造におけるバンド間トンネル現象を適切に扱う計算モデルが必要となる。これまで我々は、電子のトンネルパス上の平均的な電界（非局所電界）に基づく Kane の式を用いる事で、トンネル FET の閾値電圧や電流電圧特性を比較的良く再現している[2]。しかし、この計算モデルではトンネルパス上の非均一なポテンシャル障壁の変化、即ち非均一な電界分布が考慮されておらず、トンネル障壁が正確に見積もられていない可能性がある。

そこで本研究では、WKB 近似と同様にトンネル率が空間的に変化するポテンシャル障壁の平方根 $\sqrt{U(x)}$ の積分値に依存する計算モデルを考案した。図 1 にその概要を示す。この WKB 型の計算モデルでは、電界分布の非均一性が $\sqrt{U(x)}$ の積分値の違いとして表現される。図 2 に、先行研究で用いた非局所電界モデルと本研究における WKB 型モデルを用いて計算した、P 型トンネル FET のドレイン電流-ゲート電圧 (I_d - V_{gs}) 特性のテスト計算結果を示す。キャリア分布とポテンシャル分布は TCAD シミュレータ HyENEXSS [3]を用いて計算した。この図から、非局所電界モデルと WKB 型モデルではトンネル電流量に明らかな違いが現れており、電界の非均一性の影響が決して無視できない事がわかる。

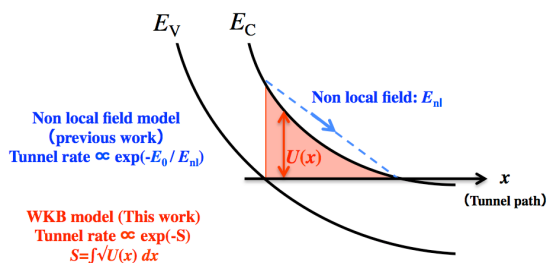


Fig. 1. Schematic figure of Band to Band Tunneling model

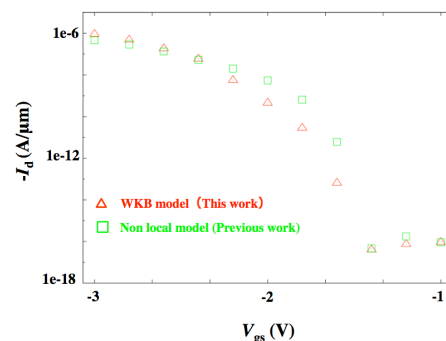


Fig. 2. I_d - V_{gs} curve of P type Tunnel FET

[1] W. Y. Choi, B.-G. Park, J. D. Lee, and T.-J. King Liu, IEEE Electron Device Lett. 28, 743 (2007)

[2] K. Fukuda *et al.*, Proc. Int. Workshop Comput. Electron., 2014, p. 206. [3] HyENEXSS, ver.5.5.7