

デバイスシミュレータへのクーロン閉塞輸送実装方法の検討

Study for Implementation of Coulomb Blockade Transport on Device Simulators

産総研 [○](P)飯塚 将太, 浅井 栄大, 服部 淳一, 福田 浩一, 森 貴洋

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), [○]Shota Iizuka, Hidehiro

Asai, Junichi Hattori, Koichi Fukuda, and Takahiro Mori

E-mail: s-iizuka@aist.go.jp

昨今量子計算機に高い注目が集まっており、その基本素子候補の一つとしてシリコン量子ビット素子の開発が進められている。従来 MOSFET の開発は、TCAD シミュレーションと大規模試作・測定が両輪となり進められてきた。量子素子では低温下での特性評価が必要なため大規模試作・測定に困難があり、シミュレーションの重要性が高まると我々は考えている。

量子素子の特性シミュレーションは、シュレディンガー方程式に基づく計算コストの高い方法で実施されることが多い。この方法は計算コストによって素子構造が制限されるなど、デバイス開発局面における不利益がある。そこで我々はデバイス開発局面に利用しやすいシミュレーション形態として、従来の TCAD デバイスシミュレータに量子輸送現象をモデル化し実装する試みを行っている。今回はその第一段階として、量子ドットを介したクーロン閉塞輸送現象を Impulse TCAD[1]に実装し、シリコンを用いた等電子トラップ援用トンネルトランジスタ(IET-TFET)[2,3]におけるクーロン振動現象を模擬した結果を得たのでこれを報告する。

今回対象とする素子の模式図を左図に示す。電子輸送は PN 接合界面の不純物が量子ドットとなりこれを介する (中央図)。クーロン閉塞輸送は多くの場合、金属電極に挟まれた金属的量子ドットを介した輸送現象としてトンネル距離が変化しないものとして記述されるが、半導体素子内ではトンネル距離がバイアスに応じて変化するため、従来のモデル[4]に距離変化係数を加えたモデルを考案し実装した。右図に、 I_d - V_g 特性のシミュレーションの結果を示す。ドレイン電圧に依存したクーロン振動が表れており、量子ドットを介した輸送を模擬できていることがわかる。今後は開発を進め、実験で得られる輸送特性の再現に向けて歩を進めていく。

【謝辞】本研究は文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)の一環として実施された。【参考文献】 [1] T. Ikegami, et al., J. Comp. Elec. **18**, 534-542 (2019). [2] T. Mori, et al., MRS Commun. **7**, 541 (2017). [3] K. Ono, et al., Scientific Reports **9**, 469 (2019). [4] C. W. J. Beenakker, Phys. Rev. B **44**, 1646 (1991).

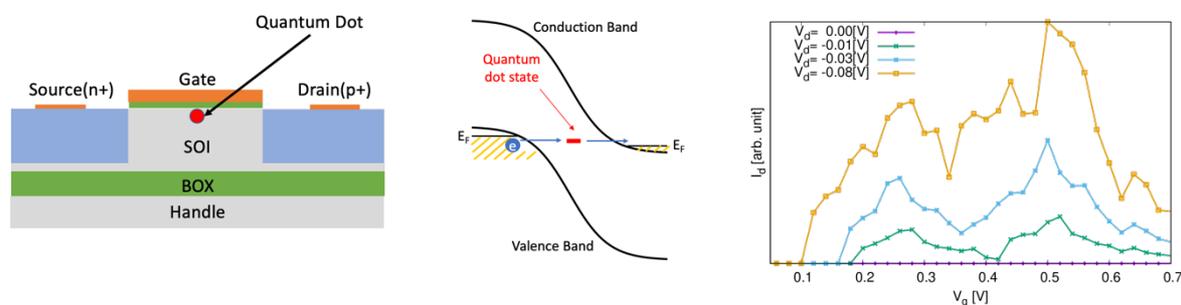


Figure. (left) Device structure of IET-TFET. (center) Band diagram around p/n junction containing quantum-dot-states. (right) I_d - V_g characteristics of TFET for various drain voltage showing Coulomb oscillation.