

非平衡グリーン関数法を用いた微細 FET の量子輸送シミュレーション

Non-equilibrium Green's Function Simulation for Ultra-small MOSFETs

阪大工¹, JST CREST² ○ 森 伸也^{1,2}Osaka Univ.¹, JST CREST² ○ N. Mori^{1,2}

E-mail: mori@physics.org

極限までデバイスの微細化が追求された結果, シリコン MOS 型トランジスタの物理的なゲート長はすでに熱波長 λ_{th} と比較できる程度となり, 今後さらなる微細化も予想されている (図 1). また, 高いゲート制御性を得ることを目的に, 極薄 SOI や FinFET のように, ゲート界面に垂直な方向に関して, 非常に狭い空間にキャリアを閉じ込めた構造も検討されている (図 2). このような極微細 FET のデバイス特性には量子力学的な効果が大きな影響を及ぼすため, デバイスシミュレーションに量子効果を取り込むことが必須となる. このような背景のもと, デバイスシミュレータを構成するための量子輸送モデルとして, これまで, 着目する量子効果や階層などに応じて, 種々の手法が検討されてきた [1, 2]. 本講演では, 特に非平衡グリーン関数 (NEGF) 法を用いた微細 FET のシミュレーション手法に関して概説する.

2000 年の IEDM において NEGF 法を用いたシリコン MOS 型トランジスタの性能予測に関する研究 [3, 4] が報告されて以来, NEGF 法を用いたシリコン MOS 型トランジスタのシミュレーションに関する報告例が徐々に増え, 2007 年あたりより急激に増加した. その結果, NEGF 法に基づくデバイスシミュレータは, 近年, 多くの研究機関で利用されるようになった. 本講演では, NEGF 法の原理, 他の手法との関係から始め, 微細 FET のデバイスシミュレーション応用に際しての NEGF 法の利点・欠点についてまとめ, 応用例について紹介し, 今後の展望について述べる予定である.

[1] “Quantum Transport in Semiconductors” edited by D. K. Ferry and C. Jacoboni (Plenum Press, New York, 1992). [2] www.iwce.org [3] Z. Ren *et al.*, “The ballistic nanotransistor: a simulation study,” IEDM 2000 Tech. Digest. [4] Z. Ren *et al.*, “Examination of design and manufacturing issues in a 10 nm double gate MOSFET using nonequilibrium Green’s function simulation,” IEDM 2001 Tech. Digest.

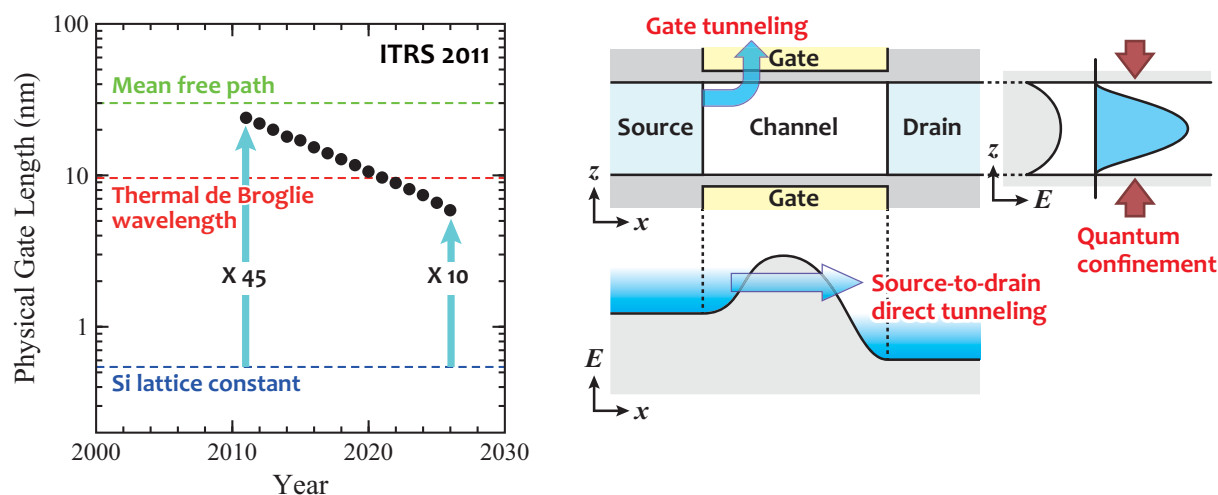


Fig. 1 [left]: ITRS 2011 physical gate-length prediction, compared with the electron mean free path $\lambda_m = \mu \sqrt{3mkT}/e$, the thermal de Broglie wavelength $\lambda_{th} = h/\sqrt{2\pi mkT}$, and the silicon lattice constant for $\mu = 100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $m = 0.2 m_0$, and $T = 300 \text{ K}$. **Fig. 2** [right]: Quantum effects which affect the device performance of ultra-small MOSFETs.