

ナノデバイスにおける非線形交流応答の

非平衡グリーン関数法による解析

Analysis of Linear and Non-Linear Response in Nano-devices by Non-Equilibrium Green's Function Method

笹岡健二¹、山本貴博²、渡邊聡¹

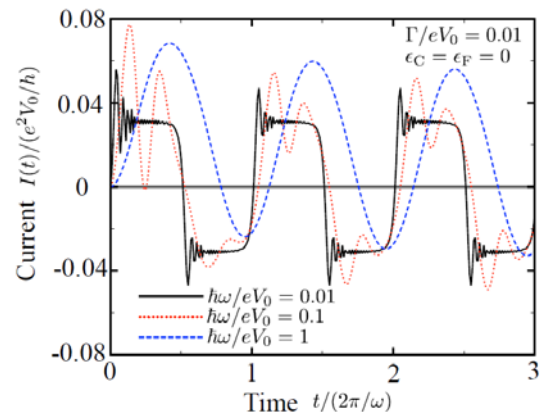
K. Sasaoka¹, T. Yamamoto² and S. Watanabe¹

東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻¹、東京理科大学工学部教養²

Department of Material Engineering, The University of Tokyo, Hongo Tokyo 113-8656¹
 Department of Liberal Arts (Physics), Faculty of Engineering, Tokyo University of Science, Kudanshita Tokyo 102-0073²

次世代高速動作ナノデバイスの構築のためには、量子輸送現象の理解が不可欠である。ナノスケール定常量子輸送に関する基礎理解は十分に定着し、シミュレーションは現実的な系に適用されている。一方、ナノスケール非定常量子輸送現象に関する研究は、測定技術の急速な発展により漸く精力的になり、シミュレーションと実験の比較が行われ始めている。例えば、量子ポイントコンタクト(QPC)における線形交流応答の実験で、300MHzまでの交流周波数領域で、(1) アドミッタンスの実部(ACコンダクタンス)はあるゲート電圧領域では滑らかな階段構造を持つが、大半の電圧領域で階段構造を明確に示さない。(2) アドミッタンスの虚部(サセプタンス)のゲート電圧依存性には、比較的明瞭な階段構造が出現する以下の特徴が見出された[1]。近年、非平衡グリーン関数(NEGF)法に基づくシミュレーションはこの実験結果と定性的によく一致している[2]。しかしながら、ナノデバイスにおける交流応答に関するシミュレーションは大部分が線形応答の範囲であり、非線形交流応答に関する研究はごく僅かで、その基礎理解は不十分である。

そこで本研究では、単一エネルギー準位を持つ量子ドットにおける交流応答から非線形交流応答への変化を、NEGF法を用いて調べた。右図は、時刻 $t=0$ で交流電圧が印加された時の交流電流のシミュレーション結果である。電圧振動数 ω が電圧振幅 eV_0 と同程度の時には、電流の振動数は ω によって与えられる(線形応答領域近傍)。そして ω が小さくなるにつれて、交流電流は ω 以外の振動成分を含み始め、交流電流の波形は矩形型となることがわかる。この波形は、ドット内の準位幅が電圧振幅に比べて十分小さいことと関係している。



図：交流電流の時間発展。実線、点線と破線はそれぞれの電圧周波数 $h\omega/eV_0=0.01, 0.1, 1$ に対する交流電流である。

[1] F. Hohls, C. Fricke, and R. J. Haug, *Physica E* **40**, 1760 (2008)

[2] K. Sasaoka, et al., *Phys Rev B* **84**, 125403 (2011).