

金属量子ポイントコンタクトにおける伝導度の電界制御

Electrical control of conductance in metal point contacts by electric-double-layer gating

東北工大¹、東大生研・ナノ量子機構² ○柴田憲治^{1,2}、吉田健治²、南谷俊樹¹、平川一彦²

Tohoku Institute of Technology¹, IIS and INQIE, Univ. of Tokyo²

○K. Shibata^{1,2}, K. Yoshida², T. Minamiya¹, and K. Hirakawa²

E-mail: kshibata@tohotech.ac.jp

量子ポイントコンタクト(QPC)は超高感度の電荷検出への応用が可能であり、これまで主として半導体 QPC を用いて、量子デバイスにおける量子状態を検出する研究が極低温環境($T < 4$ K)で行われてきた [1]。一方、金属 QPC においては、室温でも量子化コンダクタンスの観測が可能 [2]である反面、伝導度 G のゲート変調が困難なことから、その応用はほとんど進んでいない。

本研究では、金属 QPC の応用への道を拓くことを目的として、イオン液体をゲート絶縁膜とすることで固体/液体界面に極めて強い電界を実現する「電気二重層ゲート」と呼ばれる手法 [3] (図 1 参照) を金属 QPC に適用することで、その伝導度の電界変調を実現する実験を行った。図 2(a)に金(Au)ナノ接合 ($G \sim 100 G_0$, $G_0 = 2e^2/h$) における伝導度の電気二重層ゲート電圧 V_{EDL} 依存性を示す。電圧の増加とともに伝導度は単調に増加する様子が観測され、電気二重層ゲートによって金属ナノ接合の伝導度が約 3%程度変調されていることが分かる。次に、図 2(b)に Au-QPC ($G \sim 10 G_0$, $G_0 = 2e^2/h$) における伝導度の V_{EDL} 依存性を示す。伝導度が量子化伝導度 G_0 を単位として V_{EDL} によって増減する様子が観測され、金属 QPC においても伝導度がゲート変調できることが分かった。この結果は、室温・電解液中において金属 QPC が電荷検出へと応用できる可能性を示唆するものであり、例えば、イオンの動きによって信号伝達を行っている神経細胞活動の局所リアルタイム検出などへの応用が期待できると考えられる [4]。

[1] M. Field et al., Phys. Rev. Lett. 70, 1311 (1993)

[2] A. Umeno et al., Appl. Phys. Lett. 94, 162103 (2009).

[3] K. Shibata et al., Nature Comm. 4, 2664 (2013).

[4] B. Alberts et al., Mol. Biology of the Cell, (2001)

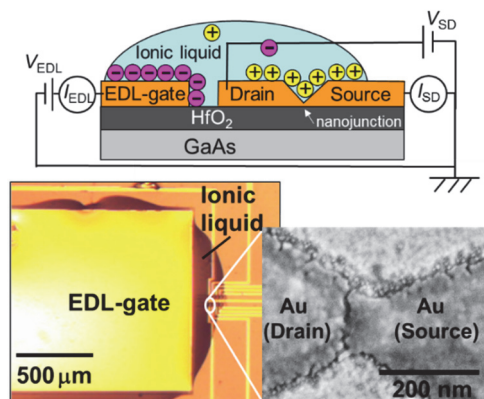


図 1: 金属量子ポイントコンタクトに、イオン液体を用いた電気二重層ゲート構造を適用した素子の模式図 (上) と実際の素子の顕微鏡像 (下)

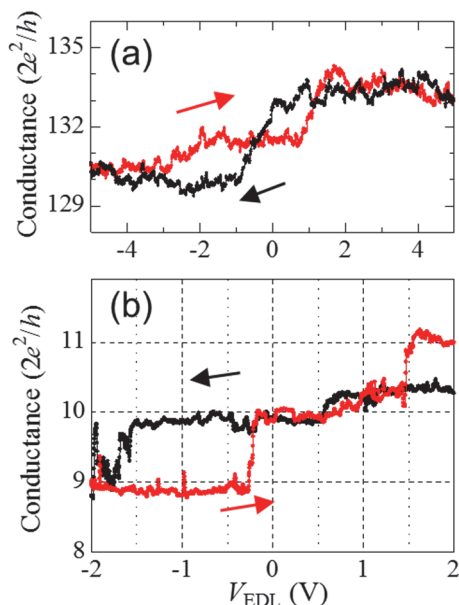


図 2: Au ナノ接合 (a) と量子ポイントコンタクト (b) における $T \sim 220$ K での伝導度の電気二重層ゲート電圧 V_{EDL} 依存性