

電気化学エッチングにより作製した金属量子ポイントコンタクトの電界変調

Electrochemical etching and the gate modulation of metal quantum point contacts in the electric double-layer transistor structures

東北工大¹, 東大生研・ナノ量子機構² [○]阿部千夏¹, 柴田憲治¹, 吉田健治², 平川一彦²

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

[○]C. Abe¹, K. Shibata¹, K. Yoshida², and K. Hirakawa²

E-mail: kshibata@tohtech.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、半導体 QPC を用いて素子の量子状態を検出する研究が盛んに行われてきた。一方で金属 QPC おいては、伝導度のゲート変調が困難なことから、その応用は進んでいない。我々は、イオン液体をゲート絶縁膜とする電気二重層 (EDL) トランジスタ構造 (図 1 参照) の採用により、金属 QPC の伝導度を電界変調できることを報告した[1]。イオン液体中では、電気化学反応による固体のエッチングも可能なため[2]、これを用いた金属 QPC の作製とそのゲート変調が *in situ* でできることも期待される。

本研究では、イオン液体中での「固体/液体界面での電気化学反応による金属 QPC の作製」と、「電気二重層の形成による金属 QPC の伝導度のゲート変調」を *in situ* で同時に行う実験を遂行した。図 2 に金属ナノ接合の伝導度の EDL 電極電圧(V_{EDL})依存性を示す。 V_{EDL} を +5~10 V にすることで、電気化学反応によって金ナノ接合 ($G \sim 100 G_0$, $G_0 = 2e^2/h$) がエッチングされて伝導度が低下する。挿入図は、伝導度の典型的な V_{EDL} 依存性の拡大図である。I の電圧領域では、固体・液体界面での電気二重層の形成に伴う強い電界効果により、素子の伝導度が上昇する。更に電圧を上げて II の領域に入ると、電気化学反応により金のエッチングされて素子の伝導度が減少するので、一定量下がったら V_{EDL} を 0V に戻す。この動作を繰り返すことで、少しずつ金ナノ接合がエッチングされ、最終的に金属 QPC ($G \sim \text{数 } G_0$) が形成される。温度と電圧範囲を制御することで、金属 QPC の固体/液体界面での電気化学反応を制御でき、電界変調のみを起こすことが可能なことも分かった。

[1] 柴田等、第 76 回応物秋季講演会 16a-4A-9

[2] J. Shiogai et al., Nature Phys. 12, (2016) 42.

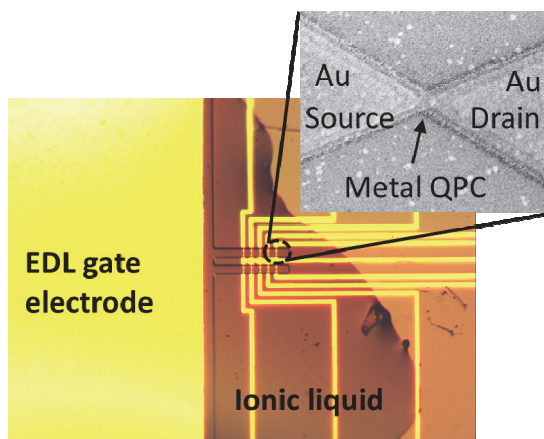


図 1: 金属 QPC にイオン液体を塗布して形成した EDL トランジスタ構造の顕微鏡像

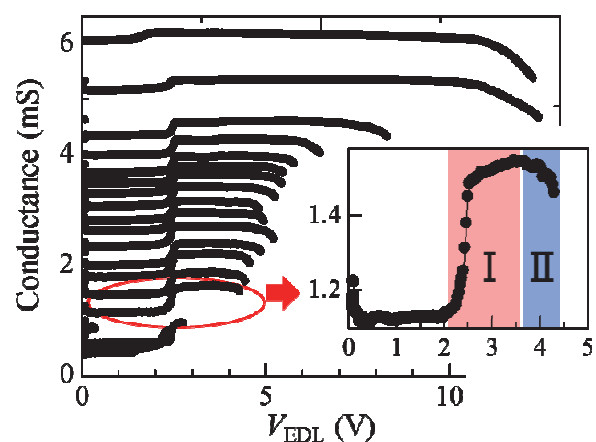


図 2: 金ナノ接合の伝導度の EDL 電圧依存性($T = 240$ K)。挿入図: 典型的な電圧依存性の拡大図