

電荷検出器への応用に向けた金属ナノ接合の微細化と伝導特性制御

Gate modulation of conductance in metal quantum point contacts

東北工大¹, 東北大通研², 東大生研・ナノ量子機構³

○柴田憲治¹, 佐々木尚人¹, 斉藤 大我¹, 大塚朋廣², 平川一彦³

Tohoku Inst. Tech.¹, RIEC, Tohoku Univ.², IIS and INQIE, Univ. Tokyo³,

○K. Shibata¹, N. Sasaki¹, T. Saito¹, T. Otsuka², and K. Hirakawa³

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盛んに行われてきた。一方で金属 QPC においては、伝導度のゲート変調が困難なこともあり、その応用は進んでいない。我々はこれまでに、イオン液体をゲート絶縁膜とすることにより金属 QPC の伝導度を電界変調できることを報告したが[1]、液体ゲートでは大きなヒステリシスの存在と応答速度に課題が生じる。本研究では、より高速でヒステリシスの無いゲート変調を金属 QPC で実現するために、金属 QPC のより安定的な作製と、通常の固体ゲート絶縁膜を用いた伝導度の電界変調に関する実験を行った。

まずは金属 QPC 作製の歩留まりを向上させるべく、従来用いられてきたフィードバック通電断線と、電気化学エッチング[2]の2種類の微細加工プロセスを用いて金ナノ接合を QPC にまで微細化することに取り組んだ。その結果、2種類の手法を組み合わせることで、金ナノ接合を1～3原子程度の金 QPC にまで高い歩留まりで微細化することが可能になった(図1)。次に、従来の固体ゲートを用いた伝導度の電界変調に取り組んだ。図2に素子の伝導度と、伝導度の電界変調の割合に関する図を示す。赤丸の電気化学エッチングのみで微細化を行った場合は、一見大きく電界変調されるように見えるが、エッチングでは配線部も薄膜化され、主に配線部の伝導度の電界変調が観測されることになる。一方で2種類の微細化手法を併用した場合には、伝導度の変調の割合は素子の伝導度にほとんど依存せず、配線部はそのまま QPC 部のみが微細化されていることが示唆される。現在まで固体ゲートでは、QPC 部の伝導度の電界変調は実現していないが、今後、狭窄部とその周辺構造の最適化により量子化伝導度の電界変調の実現を目指す。

[1]K. Shibata et al., Appl. Phys. Lett. 111, (2017) 153104. [2]J. Shiogai et al., Nature Phys. 12, (2016) 42.

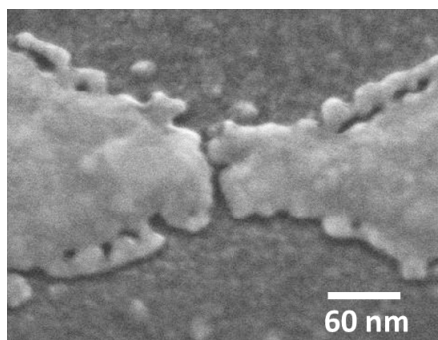


図1: 通電断線と電気化学エッチングを組み合わせで作製された金 QPC の SEM 写真

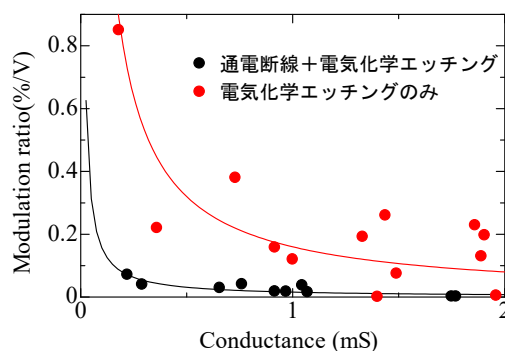


図2: 固体ゲートによる伝導度の電界変調の大きさの微細化手法による違い