

電極間距離が及ぼす単分子検出への影響

Effects of electrode gap distance on single-molecule detection

阪大産研 [○]谷本 幸枝, 森川 高典, 有馬 彰秀, 筒井 真楠, 谷口 正輝

ISIR, Osaka Univ. [○]S. Tanimoto, T. Morikawa, A. Arima, M. Tsutsui, and M. Taniguchi

E-mail: sachie.tanimoto32@sanken.osaka-u.ac.jp

〔はじめに〕 単分子の電気伝導度測定法の一つに機械的破断接合 (Mechanically-controllable Break Junction, MCBJ) 法がある。この手法では弾性基板を機械的に湾曲させることで、基板上に作製する金属ナノ接合の形成・破断が行われる。当方では、この MCBJ 法を利用して分子の大きさ(約 1 nm)と同程度の電極ギャップを作製し、これを用いてトンネル電流測定による単一分子検出法の開発を行ってきた[Nat. Nanotechnol., 5, 286 (2010)]。また最近ではトンネル電流を指標とした電極間距離校正手法の創成に取り組んできた[J. Appl. Phys., 115, 114310 (2014)]。今回は単分子検出に電極間距離校正手法を取り入れ、ギャップ間距離に由来する電気伝導度の変化について報告する。

〔実験方法〕 測定に使用した MCBJ は次のプロセスにより作製した。まずポリイミド膜、SiO₂ 膜の順に被覆したリン青銅基板上に、電子線描画法及びスパッタ法等を用いて、Au 接合を作製した。その後、反応性イオンエッチング法を用いてポリイミドを掘削し、上から SiO₂ 膜を形成することで強固で free-standing な Au 接合構造を得た。最後に基板中央に O リングを配置して中に測定溶液を滴下した。自己破断接合法により室温・常圧中にて電極ギャップを作製後、その電気伝導度の測定を行った。

〔実験結果〕 電極ギャップ作製プロセスを応用して、3.5 ~ 20 Å の電極ギャップを形成し、p-フェニレンジアミン水溶液(p-PH₂(NH)₂aq) 1 μM におけるトンネル電流測定を実施した。p-PH₂(NH)₂aq の分子長 5.2 Å から ±2 Å の電極ギャップでは文献値に近いコンダクタンス値が得られ、p-PH₂(NH)₂aq が捕獲されていることがわかる(図 1)。値が一定でないのは p-PH₂(NH)₂aq の捕獲中に Ph-NH₂ 結合が回転することにより電極と p-PH₂(NH)₂aq の配向が変化し、検出されるコンダクタンス値が変化したためだと考えられる。またこれより広い電極ギャップでは $1.0 \times 10^{-3} G_0$ 以下のコンダクタンスが多く観測される傾向があった(図 2)。発表ではフェニレンジアミンの異性体三種類の測定結果についても議論する予定である。

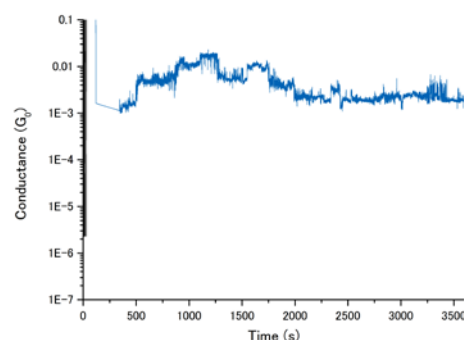


図 1 p-PH₂(NH)₂aq の電気伝導度の経時変化。
(電極ギャップ 7.4 Å)

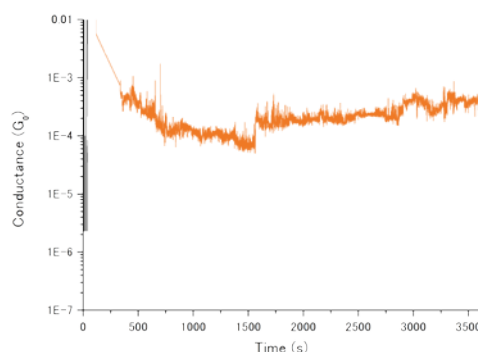


図 2 p-PH₂(NH)₂aq の電気伝導度の経時変化。
(電極ギャップ 9.9 Å)