

Si 探針 STM による単一分子接合の電気伝導制御

筑波大学¹、産総研² ○中村美紀¹、吉田昭二¹、中村徹²、武内修¹、重川秀実¹Univ. of Tsukuba¹, AIST² M. Nakamura¹, S. Yoshida¹, T. Nakamura², O. Takeuchi¹, H. Shigekawa¹

分子エレクトロニクスの実現には、単一分子レベルでの伝導機構を調べることが必要不可欠である。しかし、従来の Au-S 結合を利用して作製された単一分子接合では Au-S 結合が不安定なため、結合状態が測定中に頻繁に変化し伝導特性が大きく変動してしまう^[1]。この特性は分子本来の伝導特性の正確な測定を困難にするだけでなく、デバイスの信頼性低下に直結する深刻な問題である。そこで、Au に代えて応用上も重要な Si を電極に用いることで、より強力な Si-C 結合を利用した安定な接合を作製して実験を行った。強固な接合の形成により、長時間同じ IV 特性を再現性よく得られるようになることに加え、接合の破断なしに外力による分子接合形状の操作が可能となる。本研究では、電極間距離を変化させながら伝導計測を行うことで、接合の構造が単一分子の伝導特性に及ぼす影響を調べた。

分子接合の両電極には n 型 Si(100) 基板より切り出した STM 探針と表面基板を用いる。まず、図 1 に示すように水素終端された Si(100) 表面上に diethynylbenzene (DEB) を結合させ、その上方より STM 探針を近づけて DEB と化学結合させる。分子接合形成後、電極間距離を 0.01nm ずつ変化させながら I-V 曲線の測定を行うことでコンダクタンスの距離依存性を解析した。

図 2 は同一の単一分子接合で得られた電極間距離の異なる 2 つの I-V 曲線を示している。IV 曲線は Si のバンド構造を反映した半導体的な特性を示し、強い整流特性を示すことがわかる。実線の IV 曲線は点線の IV 曲線から電極間距離を 0.11nm 遠ざけて測定したものである。正バイアス側では電極間距離を大きくすると電流が流れやすくなる一方で、負バイアス側ではわずかに流れにくくなり、IV 曲線の形状は電極間距離を大きくすると、非対称性が増していることが分かる。この変化を詳しく見るために、連続的に電極間距離を変化させて、IV 曲線を計測した。図 3 に正

負の電流値(上段)、整流比(中段)、電極間距離(下段)を示す。上で述べた変化は繰り返し再現性よく得られていることがわかる。連続な電流値・整流比の変化に加えて、ある距離(-0.28nm)を境にして、電極間距離を近づけると電流は流れにくい状態へと急峻に変化している。その可逆性から分子接合形状の変化が原因と考えられるが、その変化には緩やかな成分と急峻な成分の 2 つ存在することが明らかになった。コンダクタンスは、0.1nm の電極間距離変化で数倍も変化しており、形状変化に対して非常に敏感に反応している。以上の結果から、単一分子接合の伝導特性を力学的に制御する可能性が示唆される。 [1] S. Yasuda, et al., J. Am. Chem. Soc. 128(24), 7746-7747(2006)

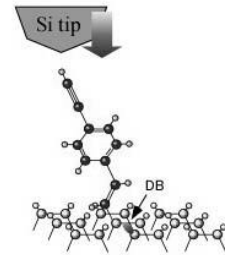


図 1 STM 点接触法

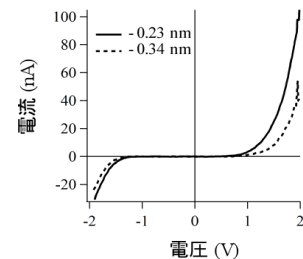


図 2 Si 単一分子接合の IV 特性

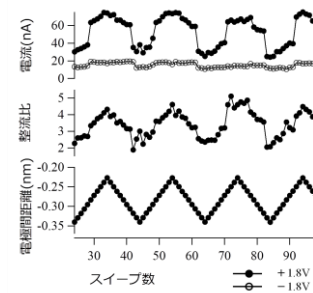


図 3 2 値化したコンダクタンス

