3P062

単分子スイッチの作製と制御

(京大院理)　羽深 智, 北口 雄也, 奥山 弘, 八田 振一郎, 有賀 哲也

Control of single-molecule switching

(Kyoto Univ.) Satoru Habuka, Yuya Kitaguchi, Hiroshi Okuyama,
Shinichiro Hatta, Tetsuya Aruga

【序】単分子接合や単分子スイッチは微小電子デバイスへの応用が期待され、注目を集めている。単分子接合の伝導度は break-junction 法を用いて測定されてきた[1]。しかし、この方法では同一の接合状態を再現することができず、精密な伝導度測定を行うことができなかった。本研究では Cu(110)面上のフェノキシ分子(PhO)に走査トンネル顕微鏡(STM)の 探針を近づけることで、フェニル基と探針の比較的弱いπ相互作用による基板-PhO-探針の架橋構造を作製し、探針と基板間の距離を変化させることでこの架橋スイッチの ON/OFF 制御を行った。さらに、スイッチの ON 状態と OFF 状態の伝導度を比較することにより、従来にない精度で伝導度測定を行うことに成功した。加えて、STM 観察と組み合わせることで周囲の環境が単分子の伝導度におよぼす影響を検出した。

【実験】超高真空下(~1×10^{-10}Torr)、5 K で STM を用いて行った。STM 探針には電解研磨した W 線を用いた。試料は Ar^+スパッタリングとアニールの繰り返しで清浄化したのち、ガスドーザーを用いて室温でフェノール分子(PhOH)を少量吸着させて作製した。

【結果と考察】PhOH を室温で吸着させた Cu(110)面の STM 像を Fig.1 に示す。PhOH は脱水素化を起こし PhO になり、水酸基の酸素原子を介して基板に化学吸着する[2]。PhO はベンゼン環に対応する輝点と酸素に対応する暗点のペアとして観察された（Fig. 1b)。また、PhO 分子は自己組織的に[001]方向の一次元鎖を形成する(Fig. 1c)。

PhO と STM 探針の距離を変化させながらトンネル電流を測定したところ、顕著なヒステリシスを持つ、不連続な変化が見られた(Fig.2)。この変化はフェニル基と探針間の引力相互作用により PhO のフェニル基が持ち上げ

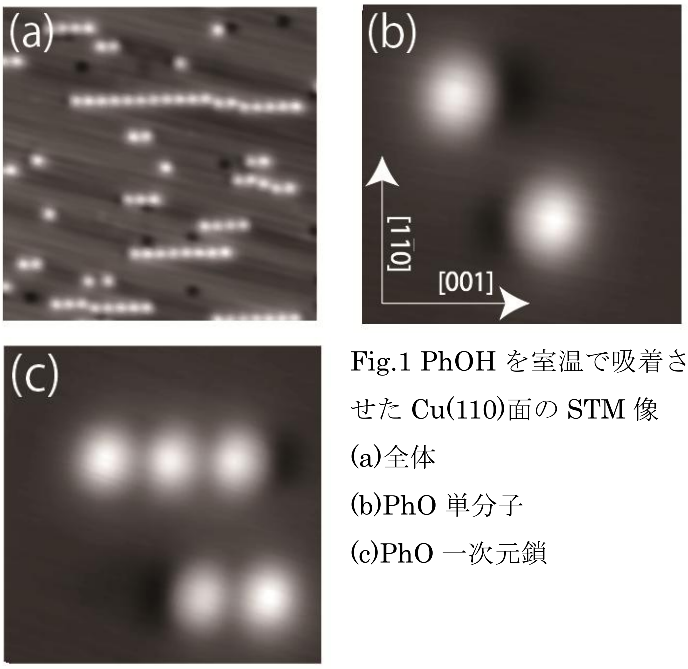

Fig.1 PhOH を室温で吸着させた Cu(110)面の STM 像
(a)全体
(b)PhO 単分子
(c)PhO 一次元鎖

られ、探針と基板の間に分子架橋が形成したことに帰属される(Fig.3)。酸素がアンカーとなって分子は表面に固定されている。STM 探針の高さを変化させることで分子スイッチの連続的な ON/OFF 制御を行った（Fig.4)。ON 状態、OFF 状態のトンネル電流の値がともに一定であることから同一の単分子接合が再現性よく形成されていることが分かる。

この単分子スイッチを用いて単分子の伝導度測定を行った。ON 状態と OFF 状態のトンネル電流の差が単分子の伝導度に対応する。分子間相互作用が伝導度に及ぼす影響を調べるため、周囲の環境が異なる分子に対して伝導度の比較を行った(Fig.5)。一次元鎖中の PhO と孤立した PhO の伝導度を比較したところ、3 割程度の伝導度の減少が見られた。アンカーの酸素原子の近くに他の PhO がある分子のみ伝導度が変化したことから、アンカー原子の電子状態が伝導度に対し大きな影響を与えていると考えられる。

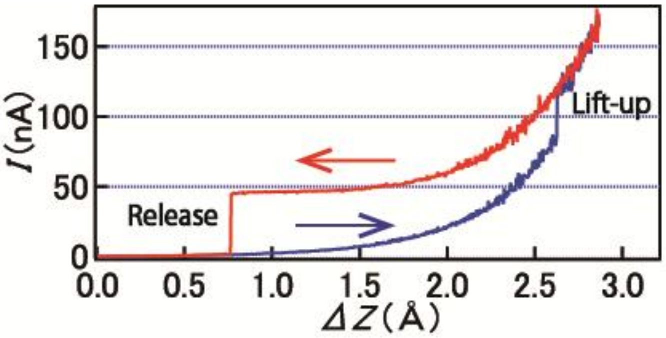

Fig.2 Tip を PhO に近づけた時のトンネル電流の変化

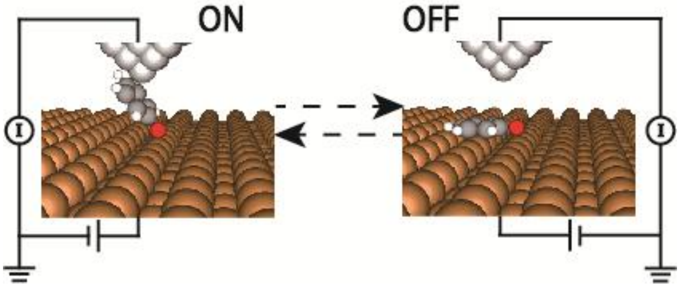

Fig.3 分子架橋の開閉

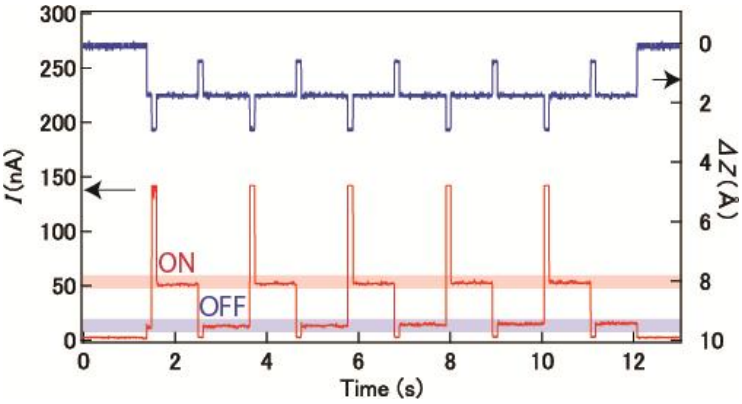

Fig.4 分子スイッチの ON/OFF 制御

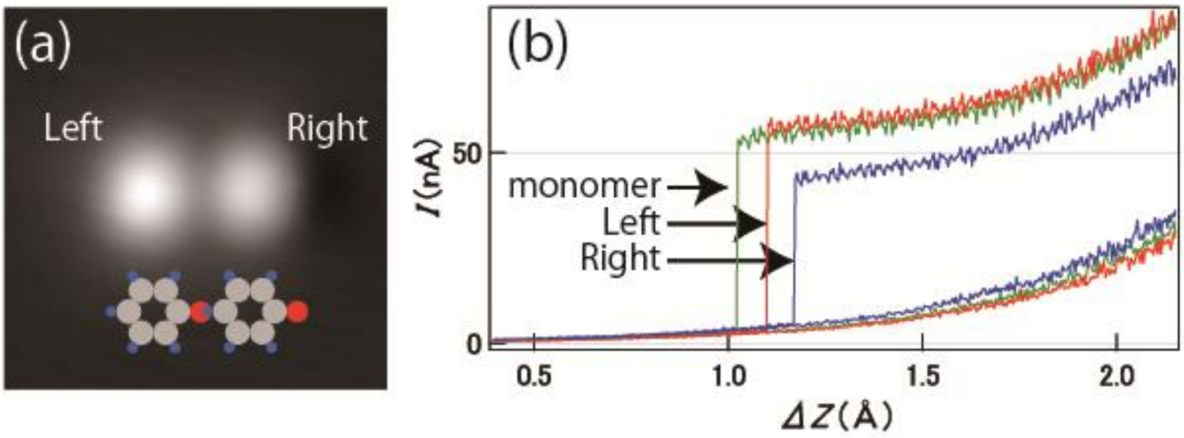

Fig.5 環境による伝導度の変化

[1] Bingqian Xu, Nongjian J. Tao *Science* **301**, 1221(2003)

[2] Y. Kitaguchi, S. Habuka, T. Mitsui, H. Okuyama et al. *J. Chem. Phys.* **139**, 044708(2013)