

## 直流電流計測による単一分子接合の振動分光

### Inelastic electron tunneling spectroscopy of single-molecule junctions by direct current measurements

阪大産研 ○筒井真楠, 谷口正輝

ISIR, Osaka Univ. ○M. Tsutsui, M. Taniguchi

E-mail: tsutsui@sanken.osaka-u.ac.jp

**[はじめに]** 我々の研究グループでは、熱エネルギーを直接電気エネルギーに高効率で変換することを可能にする単一分子熱電素子の開発研究を行ってきており、これまでに1分子熱電性能評価に向けた、温度センサー/マイクロヒーター組込み型 MCBJ (Mechanically-Controllable Break Junction) デバイスを開発してきた[1]。熱電材料の熱電性能評価には、一般に電気伝導度、ゼーベック係数、そして熱伝導度の測定が必要となるが、単一分子接合の場合には、これらに加えて1分子分光法による分子識別を個々の接合について行うことが要求される。そこで、簡便な1分子熱電特性測定を実現するために、エレクトロメータを用いた直流電流計測によって得られる単一分子接合の  $I$ - $V$  特性から振動スペクトルを抽出し、単一分子識別に応用することが可能かどうかについて実験的に検証したので報告する。

**[実験方法]** 単一分子接合の作製にはナノ加工 MCBJ を用いた。MCBJ 素子は次に記す加工プロセスにより作製した。まず、ポリイミド膜で被覆したりん青銅基板上に、フォトリソグラフィ法を用いて電極パターンを描画したあと、高周波マグネトロンスパッタ法により Cr/Au (厚さ 3nm/30nm) を蒸着した上でリフトオフすることでマイクロ電極を作製した。次に、電子線描画法により細線パターンを描画し、RF スパッタ法により Cr/Au 膜 (厚さ 1nm/120nm) を蒸着後リフトオフすることで、中央に幅約 100nm の狭窄部を有する Cr/Au 接合を得た。最後に、反応性イオンエッチング法を用いてポリイミドを掘削することで、free-standing な Cr/Au 接合構造を得た。この MCBJ 素子を用いて、self-breaking 法 [2] により液体窒素温度下 (77K)、真空中にて Au-単一有機分子-Au 接合を作製し、その  $I$ - $V$  特性測定を行った。

**[実験結果]** Au-ベンゼンジチオール (BDT)-Au 単一分子接合の電流-電圧特性測定を行ったところ、リニアな  $I$ - $V$  カーブが得られた。この  $I$ - $V$  特性について、 $\pm 20$ mV 以下の低バイアス領域で最小自乗法によるフィッティングを行うことで、リニアに仮定した弾性トンネル電流成分を抽出した。更に、その値を  $I$ - $V$  曲線から差し引くことで得られる非弾性トンネル電流成分  $\Delta I$  の電圧依存性を図 1(a) に示す。 $\Delta I$  は  $\pm 70$ mV 付近で立ち上がりを見せた。更に  $\Delta I$  の 2 次微分を計算すると、4 つのピークから成るスペクトルが得られた (図 1(b))。こうして得られたスペクトルは、従来のロックインアンプを用いて測定される非弾性トンネル分光スペクトル [3] と良い一致を見たことから、直流電流計測によって1分子振動分光による単一分子接合の識別が可能であることが示唆された。本成果は SCOPE (122107001) の委託研究に基づくものである。

[1] M. Tsutsui, M. Taniguchi et al., *Sci. Rep.* 2, 217 (2012).

[2] M. Tsutsui, M. Taniguchi et al., *Nano Lett.* 8, 345 (2008).

[3] M. Tsutsui, M. Taniguchi et al., *Nanoscale* 1, 164 (2009).

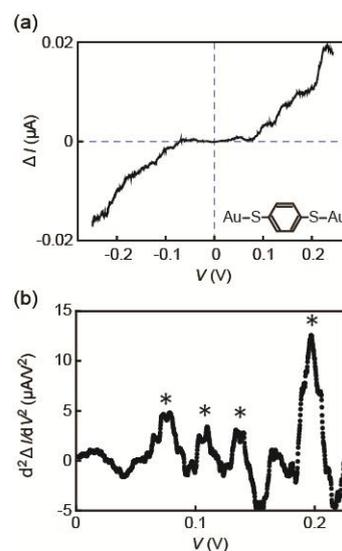


図 1. (a) Au-BDT-Au 単一分子接合について得られた非弾性トンネル電流  $\Delta I$  の電圧依存性. (b)  $\Delta I$  の 2 次微分により得られるスペクトル. 星印は BDT 接合の振動モードに帰属できる 4 つのピークの位置を示している。