

## 金単原子接合の熱起電力計測

### Measuring thermopower of gold single-atom contacts

阪大産研 ○筒井真楠, 森川高典, 有馬彰秀, 谷口正輝

ISIR, Osaka Univ. ○M. Tsutsui, T. Morikawa, A. Arima, and 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]。今回は、接合の形成・破断を繰り返しながら、その電気伝導度と熱起電力を同時に計測する手法を開発し、金ナノ接合の熱電性能評価を実施したので、その結果を報告する。

**[実験方法]** マイクロヒーター組込み型 MCBJ は次のプロセスにより作製した。まず、ポリイミド膜で被覆したリン青銅基板に、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、電子線描画法およびスパッタ法を用いて、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  層を作製した。その後、更に同プロセスを用いて、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  上に、中央に幅約 100nm の狭窄部を有する Cr/Au 接合と Pt 細線ヒータを作製した。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、ヒータを通電加熱した上で、自己破断接合法 [2] により室温・真空中にて Au ナノ接合の形成・破断を繰り返しながら、その電気伝導度と熱起電力の測定を行った。

**[実験結果]** Au 接合の機械的破断過程において計測したコンダクタンスと熱起電力のトレースを図 1 に示す。Au 接合を機械的に引っ張ると、コンダクタンスが階段状に減少し、破断直前には  $1G_0$  ( $=2e^2/h$ ) 付近のところで単原子接合の形成を示唆する長いプラトーが観測された。この傾向は、ヒータ通電により接合に与える温度勾配の大きさを変えた場合にも、再現性良く見られた。一方、同時に計測した熱起電力の値はヒータの通電量に比例して大きくなり、接合破断過程において顕著に揺らぎながら、破断と同時にゼロに落ちる傾向が見られた。そこで、熱起電力の揺らぎを調べたところ、コンダクタンスが  $e^2/h$  の奇数倍の値を取るときに、揺らぎが顕著に小さくなっていることが分かった。これは熱起電力の揺らぎが、バルク電極における透過電子の後方散乱に起因するものであることを示唆している[3]。講演では、数原子サイズの接合に現れる熱起電力の量子化現象や、寿命計測法を応用した単原子接合の熱電性能評価についても報告する。本成果は SCOPE(122107001)の委託研究に基づくものである。

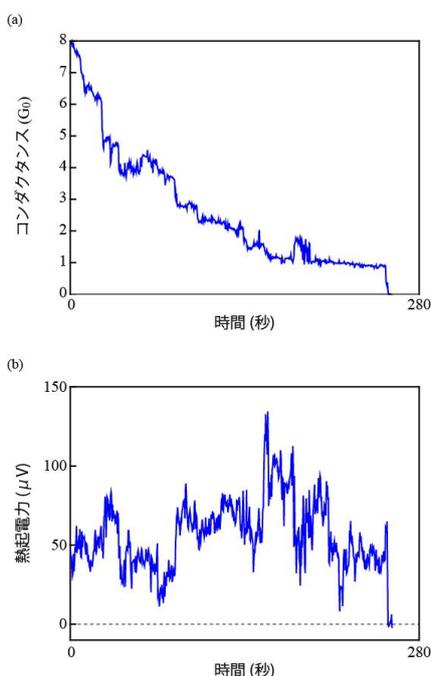


図 1. 室温・真空中における Au ナノ接合の機械的破断過程で計測された(a)コンダクタンスおよび(b)熱起電力の時間変化。

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

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

[3] B. Ludoph and J. M. van Ruitenbeek, *Phys. Rev. B* 59, 12290 (1999).