

FM-AFM を利用した金ナノ接点の電気伝導と力学特性の相関解析

Correlation between Electric Conductance and Mechanical Properties of Gold Point Contacts Analyzed Using Frequency Modulation Atomic Force Microscopy

金大院自然¹, 北陸先端大先端²

○(M1) 見寺悠伽¹, 村上拓¹, 橋本遼太¹, 石塚慧介², 大島義文², 富取正彦², 新井豊子¹

Kanazawa Univ.¹, Japan Advanced Institute of Science and Technology²

○H. Mitera¹, T. Murakami¹, R. Hashimoto¹, K. Ishizuka², Y. Oshima², M. Tomitori², T. Arai¹

E mail: haru0120@stu.kanazawa-u.ac.jp

金属のナノ接点の電気伝導度は $G_0 = 2e^2/h$ を単位として量子化される[1]。現在までに、金のナノ接点の構造と電気伝導度の関係が、透過型電子顕微鏡(TEM)に走査型トンネル顕微鏡(STM)を組み込んだ手法によって詳細に研究されてきた[2]。しかし、ナノ電気機械素子の構成要素となるナノ接点の力学特性の解析は進んでいない。本研究では、周波数変調原子間力顕微鏡法(FM-AFM)を応用し、大気中で金ナノ接点の力学特性と電気伝導度を同時測定し、その相関を調べた。

通常、FM-AFM では力センサーの探針と試料は非接触である。一方、本研究では FM-AFM の力センサー端と対向電極間に金線を張り、その金線を伸張・破断・再接触させることでナノ接点を形成した。力センサーを励振しながらナノ接点を伸縮して、電気伝導と併せて力センサーの共振周波数変化(Δf)を計測した。ナノ接点の伸縮が弾性変形のみであるならば、 Δf は、平衡距離近傍での力学ポテンシャルの二階微分、即ち、金ナノ接点の等価バネ定数(k_{Au})に比例する。用いた力センサーは、ナノ接点よりも十分に高いバネ定数を持つ長辺振動水晶振動子(LER, $f_0 = 1$ MHz, $k = 1.5 \times 10^6$ N/m)である。Fig. 1 に、LER、金線($\phi 10\mu\text{m}$)と対向電極の写真を示す。LER 固定部には粗動機構を設けており、金線を伸張・破断・再接触できる。LER を振幅 20 pm で振動させながらナノ接点を伸張すると、電気伝導度(G_{Au})は徐々に小さくなった。その後、 $3G_0$ 、 $2G_0$ 、 $1G_0$ と減少して断線した。接触・破断を 150 回繰り返し、 G_{Au} と k_{Au} の関係を同時測定した。そのプロットを Fig. 2 に示す。同じ G_{Au} 値でも k_{Au} の測定値にはバラツキがあったが、プロットは 3 系列に分類できた (k_{Au} 値の大きい系列から 1、2、3 で示した)。この差異は、金の結晶軸と伸張方向とのなす角が関係していると考えられる。当日は、 G_{Au} と k_{Au} と接点構造との相関について考察する。

[1] H. Ohnishi et al., Nature, **395**, 780 (1980).

[2] Y. Oshima, J. Electron Micro., **61**, 133 (2012).

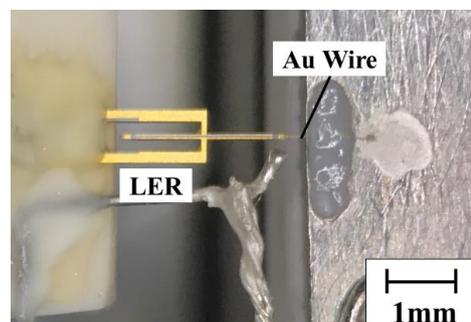


Fig. 1 Photo of the setup with an LER sensor (left) and an Au wire (right).

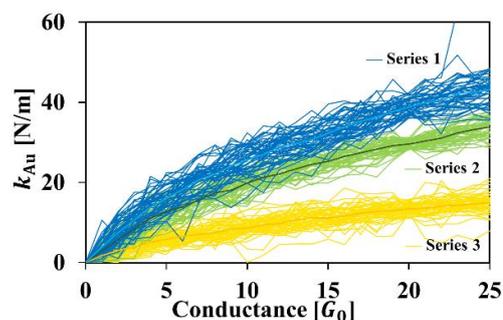


Fig. 2 Plots of spring constant k_{Au} with respect to G_{Au} for stretching Au contacts.