

その場電子顕微鏡法によるパラジウム-銅ナノ接点の パルス波通電観察

In situ transmission electron microscopy of Pd-Cu nanocontacts by pulse voltage
energizations

筑波大 ○久郷 純奈, 小島 和也, 落合 祐介, 木塚 徳志

Univ. Tsukuba, ○Junna Kugo, Kazuya Kojima, Yusuke Ochiai, Tokushi Kizuka

E-mail: kizlab@ims.tsukuba.ac.jp

ナノメートルサイズまで微細化された金属接点 (ナノ接点) は、これまでに様々な純金属で作製され、その構造ダイナミクスや電気伝導特性が明らかにされてきた [1,2]。異種金属間のナノ接点は、元素の組み合わせにより、純金属接点にはない魅力的な特性を発現すると期待されている [3,4]。しかし、合金ナノ接点では数ナノメートルの局所領域で相を同定することが必要であるが、ナノ接点研究でよく用いられている走査プローブ顕微鏡法や機械制御破壊接点法では構造を解析できなかった。これに対して、その場電子顕微鏡法では、接触瞬間に現れるこの構造を直接観察することができる。異種金属接点の合金化には、パルス通電が有効である [5]。本研究では、代表的な接点・配線材料である銅 (Cu) と耐酸化性に優れたパラジウム (Pd) に着目し、これらの異種金属ナノ接点のパルス通電過程をその場で電子顕微鏡観察した。

Cu 及び Pd 薄板の片端を鋭角に成形した後、これを機械研磨とアルゴンイオンミリングを用いて数ナノメートルまで薄くし、ナノチップを作製した。これらのナノチップを透過電子顕微鏡内でピエゾ駆動により接触させてナノ接点を作製した。その後、パルス波をナノ接点に通電し、そのときの構造変化をその場で高分解能観察した。また、この観察と同時に、ナノ接点に直流電圧を印加し、接点のコンダクタンスを測定した。観察時の試料室の温度は室温、圧力は 10^{-5} Pa であった。

Pd-Cu ナノ接点にパルス波を通電すると、面心立方構造不規則相や $L1_2$ 型金属間化合物の他に、この系の平衡状態図に現れる相と異なる構造、つまり、非平衡構造が観察された。面心立方構造不規則相は、高温相が凍結されて形成された可能性もある。パルス通電では、ナノ接点は 10^{12} K/s 以上で冷却されるため、非平衡構造が形成されうる [5]。以上のことから、異種金属ナノ接点の新しい非平衡構造作製と特性探索に、パルス波通電法が利用できると期待される。

[1] T. Matsuda and T. Kizuka, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 4370 (2007).

[2] T. Kizuka and H. Aoki, *Appl. Phys. Express*, **2**, 075003 (2009).

[3] A. Enomoto, S. Kurokawa, and A. Sakai, *Phys. Rev. B*, **65**, 125410 (2002).

[4] J. W. T. Heemskerk, Y. Noat, D. J. Bakker, J. M. van Ruitenbeek, B. J. Thijsse, and P. Klaver, *Phys. Rev. B*, **67**, 115416 (2003).

[5] L. Zhong, J. Wang, H. Sheng, Z. Zhang, and X. Mao, *Nature*, **512**, 177 (2014).