

その場電子顕微鏡による金－銅合金ナノメートル接点の観察

Observation of Au-Cu alloy nanocontacts by *in situ* transmission electron microscopy

筑波大¹ ○小島和也¹、落合 祐介¹、久郷 純奈¹ 木塚 徳志¹

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

Tokushi Kizuka

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

ナノメートルサイズの金属接点（ナノ接点）は粗大接点とは異なる特性を示し、トランジスタや化学物質検出素子などの新規デバイスへの応用が試みられている [1, 2]。合金ナノ接点は、純金属接点よりも多様な原子配置をとり、それに対応した優れた物性を示すと期待されている。しかし、その研究は、酒井らが啓蒙的な結果を報告しつつも、限られた内容に留まっているのが現状である [3, 4]。電気伝導性、加工性と耐腐食性に優れている金（Au）と銅（Cu）の合金は、高温域では全率固溶体が、410 °C以下では3種の金属間化合物が安定になる [5]。従来のナノ接点研究では、純金属のナノチップを常温もしくは低温で接触させる実験が主であり、こうした合金の高温相や金属化合物を作製することがなかった。近年、純金属ナノ接点にパルス電圧を印加して急温・急冷し、非晶質化できることが示された [6]。本研究では、このパルス通電法を応用し、Au-Cu 異種金属ナノ接点の急温・急冷構造変化を透過電子顕微鏡格子像法で調査した。

Au 薄板、Cu 薄板からそれぞれ片端が鋭角になるように短冊状の試験片を切り出した。アルゴンイオンミリングを用いてその片端を数ナノメートル厚さまで薄くし、Au、Cu ナノチップを作製した。透過型電子顕微鏡内で2つのナノチップを接触させ、Au-Cu 異種金属ナノ接点を作製した。この接点に様々な大きさのパルス電圧を印加し、そのときの構造変化をその場観察した。同時に、2端子法で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。

Au-Cu 異種金属ナノ接点に 2 V のパルス電圧を複数回印加した結果、界面近傍の領域に不規則相の面心立方構造 AuCu の (111) と ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) 面に対応する格子縞が観察された。これはパルス通電により、接点収束部が急温されて融解し、それが急冷されて、室温で安定である金属間化合物 AuCu が晶出するのではなく、この高温安定不規則相の AuCu が凍結されたことを示している。また、AuCu₃ 金属間化合物も観察され、パルス通電により、純金属異種金属ナノ接点から金属間化合物が作製できることがわかった。

[1] S. Carrara *et al*, Mater. Lett., **60**, 3682 (2006).

[2] P. Shi, and P.W. Bohn, ACS Nano, **4**, 2946 (2010).

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

[4] A. Fujii, R. Ochi, S. Kurokawa, and A. Sakai, Appl. Surf. Sci., **228**, 207 (2004).

[5] P. P. Fedorov and S. N. Volkov, Russ. J. Inorg. Chem., **61**, 772 (2016).

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