

ニオブナノ接点のパルス通電挙動のその場電子顕微鏡観察

In Situ Transmission Electron Microscopy of Pulse Voltage Action of Niobium Nanocontacts

筑波大 [○]轟岡 侑生, 中西 真之, 鈴木 泰周, 木塚 徳志

Univ. Tsukuba, [○]Yuuki Tsuruoka, Masayuki Nakanishi, Yasuchika Suzuki, Tokushi Kizuka

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

原子スイッチやバリスティック伝導素子への応用が進められているナノメートル接点の構造は、機械的変形やエレクトロマイグレーションなどを利用し制御されてきた。最近では、高融点純金属 (Ta、Mo、W 等) のナノ接点にナノ秒パルス電圧を印加して急熱・急冷させ、通常の急冷速度では得られない純金属非晶質相を形成させることが試みられている [1–3]。この中で、Ta と Mo のナノ接点に関しては、非晶質化時の電気伝導特性が調べられ、メモリー素子への応用について研究されている[2, 3]。しかし、純金属の非晶質化については、構造遷移の過程、乱雑さの程度や機械強度など多くのことが不明のままである。本研究では、純金属の非晶質化の理解を深めるために、これまで調べられていない高融点金属の一つであるニオブに注目し、そのナノ接点のパルス電圧印加時の非晶質化挙動とコンダクタンス変化をその場透過型電子顕微鏡法を用いて観察した。

短冊状のニオブ薄板を 2 枚用意し、片端をそれぞれ機械研磨した後、アルゴンイオンミリングを施しナノチップを作製した。これらのナノチップを透過型電子顕微鏡の試料室内に挿入し、ピエゾ駆動により接触させてニオブナノ接点を作製した。その後、このナノ接点にパルス電圧を印加し、そのときの構造変化をその場で高分解能観察し、同時にコンダクタンスを測定した。実験中の試料室内の温度は室温、圧力は 10^{-5} Pa であった。

ニオブナノ接点には同じ方向に並んだ直線状の格子縞が観察された。つまり、単結晶のナノ接点形成された。ここに 0.8~1.6V のパルス電圧を印加していくと接点の幅は狭くなっていき、最終的に接点は破断した。破断した後に現れた 2 つのナノチップの先端表面では格子縞が消失し、非晶質構造の形成を示す塩胡椒状コントラストが観察された。これらの破断した非晶質化ナノチップの先端を再度接触させてパルス電圧を印加すると、接点には再び結晶構造の形成を示す格子縞が現れた。また、両者のコンダクタンスを比較すると、接点が非晶質のときの単位面積当たりのコンダクタンスは、再結晶化したときのものに比べて約 80%に減少していることが判明した。以上の結果は、パルス電圧の印加によってニオブナノ接点の結晶・非晶質構造を選択でき、コンダクタンスの制御が可能であることを示している。

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

[2] S. Murata and T. Kizuka, *J. Phys. Soc. Jpn*, **86**, 034601 (2017).

[3] 中西真之、鈴木泰周、木塚徳志、第 64 回応用物理学会春季学術講演会 (2017) .