その場電子顕微鏡法によるパルス通電時の金ナノ接点の観察

In Situ Transmission Electron Microscopy of Gold Nanocontacts during Pulsed Voltage Application

筑波大　°鈴木　泰周，木塚　徳志
Univ. Tsukuba, °Yasuchika Suzuki, Tokushi Kizuka
E-mail: kizlab@ims.tsukuba.ac.jp

単分子素子や薄膜素子など数原子サイズの電気デバイスの実現に向け、ナノメートルサイズの金属電極と接点の原子配列単位の形状加工や組織制御が求められている。通常のリソグラフィーでは難しいこの精度の加工について、これまでナノ接点の機械的加工やエレクトロマイグレーションを用いた加工が実施されてきた[1]。最近、ナノ秒のパルス電圧を高融点金属のナノ接点に印加すると、収束部が融解・急冷され、非晶質化することが報告された[2]。このように、パルス通電は従来の加工法では得られない特異な構造を高融点金属のナノ接点にもたらすが、一般の電極・接点に用いられている貴金属のナノ接点については、パルス電圧印加時の構造ダイナミックスはわかっていない。本研究では、電極材料として有用である金に注目し、そのナノ接点のパルス通電時の挙動をその場透過型電子顕微鏡法により調べた。

原子間力顕微鏡用マイクロカンチレバーのナノチップ表面を金でコーティングした。また、短冊状金薄板の片端を機械研磨及びアルゴンイオンミリングにより研磨して、ナノチップに成形した。これらの金ナノチップを電子顕微鏡試料室内に挿入し、ピエゾ駆動によりを接触させてナノ接点を作製した。その後、ナノ接点にパルス電圧を印加し、構造変化をその場で高分解能観察し、電気伝導を調べた。試料室内の温度は室温、圧力は 10^{-5} Pa であった。

金ナノ接点に幅 4 ns、電圧 0.75 V のパルス波を通電すると、各パルス波ごとに接点とその周辺の原子が一方向に移動し、接点の負極側が段階的に太くなった。次に、電圧印加方向を反転させて通電すると原子の移動方向は反転した。この結果はエレクトロマイグレーションが、固体金属で一般的に生じる方向とは逆向きの正極から負極方向に生じたことを示している。これは接点が融解したことを意味している。また、接点を引き離しながら、パルス通電を繰り返すと、負極が一定の太さを保ちながら成長し、ナノワイヤーが形成された。パルス通電を約 40 回繰り返したときには、長さ 6.4 nm、幅 2.1 nm のナノワイヤーが形成された。以上の結果から、パルス通電を用いて、金属ナノ接点や金属ナノワイヤーの加工と作製を原子単位で制御できることがわかった。

[1] T. Kizuka, Phys. Rev. B **77**, 155401 (2008).
[2] L. Zhong, J. Wang, H. Sheng, Z. Zhang, S. X. Mao, Nature **512**, 177 (2014).

© 2017年 応用物理学会