

非晶質ニオブナノ接点の段階的結晶化における 階段状コンダクタンス変化

Stepwise conductance variation due to the gradual crystallization of amorphous niobium nanocontacts

筑波大院数理 ○落合 祐介、小尾 拓野、轟岡 侑生、木塚 徳志

Tsukuba Univ. °Yusuke Ochiai, Takuya Obi, Yuuki Tsuruoka, and Tokushi Kizuka

フラッシュメモリにおける微細化の限界を打破するため、異なる機構で動作する次世代型メモリの研究開発が進められている [1,2]。近年、高融点純金属のナノメートルサイズの接点（ナノ接点）にパルス波を通電すると、純金属でありながら、結晶から非晶質へ相変化することが示された [3]。特に、ハフニウム（Hf）とジルコニウム（Zr）のナノ接点では、パルス通電ごとに相変化が段階的に生じ、これに応じてコンダクタンスが階段状に変化するため、これらのナノ接点はナノサイズの多段階相変化メモリへ応用できると期待されている [4,5]。しかし、1 回のパルス波で生じるコンダクタンスの変化量を制御するまでには至らず、このナノ接点メモリ素子に適した材料の探索が続けられている。本研究では、耐熱性と耐蝕性に優れているニオブ（Nb）に焦点を当て、パルス通電時の構造変化を透過電子顕微鏡格子像法で観察し、変化の中で現れる個々の構造の電気伝導特性を調査した。

Nb 薄板の片端を鋭角に成形後、機械研磨とアルゴンイオンミリングを用いて先端を数ナノメートルまで薄くし、ナノチップを作製した。透過型電子顕微鏡内に挿入した Nb ナノチップ同士をピエゾ駆動により接触させ、ナノ接点を作製した。このナノ接点に様々な高さのパルス波を通電し、その構造変化過程をその場で高分解能観察した。観察と同時に、ナノ接点に直流電圧を印加し、各構造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。

パルス波を通電する前の Nb ナノ接点には、Nb の(211)面に対応する格子縞が観察された。これは、最初の Nb 接点が結晶であることを示していた。この接点にパルス波を通電すると、接点全体に塩胡椒状のコントラストが現れた。つまり、Nb ナノ接点は結晶から非晶質に構造変化した。この非晶質ナノ接点に異なる高さのパルス波を複数回通電すると、接点最収束部から徐々に結晶化が進行する過程が観察され、コンダクタンスは段階的に変化した。コンダクタンスは、Hf、Zr ナノ接点の報告例よりも小さな値で変化した。つまり、コンダクタンスを、より細かく制御することができた。Nb ナノ接点がナノサイズの多段階相変化メモリに適していることが示された。

[1] R.E. Simpson *et al.*, Nat. Nanotechnol., **6**, 501 (2011).

[2] K. Terabe *et al.*, Nature, **433**, 47 (2005).

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

[4] M. Nakanishi and T. Kizuka, Jpn. J. Appl. Phys., **58**, 055005 (2019).

[5] Y. Tsuruoka, T. Obi, and T. Kizuka, Nano Ex., **1**, 010050 (2020).