

マルチ電極型ナノギャップでの通電狭窄とシナプス動作特性

Electrical Properties and Synaptic Learning of Multiple-Connected Nanogaps Using Electromigration

東京農工大院工¹、一関高専²

○佐藤友美¹、坂井奎太¹、南浩二¹、谷創貴¹、伊藤光樹¹、八木麻実子²、白樫淳一¹

Tokyo University of Agriculture & Technology¹, NIT, Ichinoseki College²

○T. Sato¹, K. Sakai¹, K. Minami¹, S. Tani¹, M. Ito¹, M. Yagi² and J. Shirakashi¹

E-mail: s156260y@st.go.tuat.ac.jp

我々は、ナノギャップの構造制御の手法として、電界放射電流により誘起されるエレクトロマイグレーションを利用したアクティベーション法を提案している[1]。本手法は、ナノギャップにおける原子の移動を制御することでナノギャップ構造を狭窄化でき、狭窄化に伴うナノギャップのトンネル抵抗の減少を緻密に制御することが可能である。また、シングルナノギャップ構造だけでなく、複数の電極により構成されるマルチ電極型ナノギャップに対しても本手法は有効である[2]。さらに、本手法ではシングルナノギャップへのパルス型の通電によってシナプス可塑性を模擬した学習動作も可能である[3]。今回の報告では、マルチ電極型ナノギャップに対して本手法を適用し、複雑なナノギャップ構造におけるシナプス動作について検討した。

はじめに、マルチ電極型ナノギャップ構造を、電子線リソグラフィとリフトオフプロセスによって作製した。マルチ電極型ナノギャップのSEM像を図1に示す。作製したマルチ電極型ナノギャップのギャップ幅は、Electrode 1とElectrode 2の間(Electrode 1-2)が212 nm、Electrode 2-3が326 nm、Electrode 3-1が313 nmであった。まず、Source電極(Cathode)としてElectrode 1、Drain電極(Anode)にElectrode 2を選択し、設定電流を①1 nA→②10 nA→③100 nA→④150 nAと段階的に増加させながらアクティベーション法を適用した。次に、Source-Drain電極間に対して電圧パルス(89 V, 25 ms)を0.3 sの周期で印加した。電圧パルスを印加することで素子を通る電流値は87 pAから128 pAに増加し、この低抵抗化した状態が10 s以上保持された。これより、素子の学習モードはLong-Term Potentiationに対応している[4]。また、図1に示したアクティベーション適用後のSEM像より、Source-Drain電極間において、通電に伴うナノギャップ構造の狭窄化が確認された。以上の結果から、マルチ電極型ナノギャップにおいて選択した電極間にアクティベーションを適用することで、ナノギャップの狭窄化とシナプス可塑性を模擬した学習動作が可能であることが示唆された。

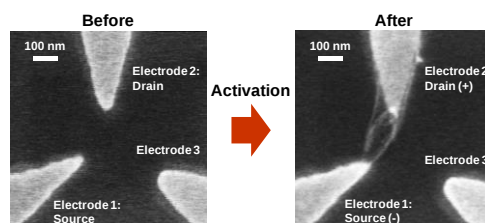


Fig. 1 SEM images of multiple-connected nanogap electrodes before and after performing activation.

References

- [1] S. Kayashima, K. Takahashi, M. Motoyama and J. Shirakashi, Jpn. J. Appl. Phys., Part 2 46 (2007) L907.
- [2] 坂井、南、谷、八木、伊藤、白樫: 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 7a-PB1-1 (2017).
- [3] 坂井、南、谷、八木、伊藤、白樫: 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 17p-F210-12 (2018).
- [4] T. Ohno, T. Hasegawa, T. Tsuruoka, K. Terabe, J. K. Gimzewski and M. Aono, Nature Mater., 10 (2011) 591.