

イオンの拡散と酸化還元反応を利用したニューロデバイス

Neuro Device Operated by Controlling Ionic Diffusion and Their Reduction/Oxidation

早大先進理工 ○長谷川 剛

Waseda Univ., °Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: thasega@waseda.jp

トンネル電流を利用した硫化銀結晶からの銀原子ワイヤーの成長・収縮実験[1]以来、イオンの拡散とその酸化還元反応を利用して動作する原子スイッチの研究が続けられてきた。この間、ギャップ型原子スイッチ[2]や接合型原子スイッチ[3]など多様な原子スイッチが開発され、その一部は既に実用化されるに至っている。

原子スイッチ動作では、いずれのタイプでも、金属イオンの拡散とその酸化還元反応によって金属フィラメントの形成と消滅が制御されている。しかしながら、ギャップ型原子スイッチではイオン拡散層と対向電極間のギャップ中に金属フィラメントが形成されるのに対して、接合型原子スイッチではイオン拡散層中に金属フィラメントが形成される。この違いによって、ギャップ型原子スイッチと接合型原子スイッチは、異なる特徴・動作特性を示す。例えば、接合型原子スイッチの律速過程は対向電極とイオン拡散層との界面における金属核形成であり、金属核形成後に直ちに起こるフィラメントの成長を途中で止めることは出来ない[4]。これに対してギャップ型原子スイッチの律速過程は金属イオンの拡散ないし還元反応（動作条件に依存）であり[5]、フィラメントの成長を途中で止めることができる。この特徴を利用することで、短期記憶と長期記憶に基づく学習動作[6]や綱引き動作[7]、アナログ的な抵抗変化[8]などを容易に実現することができる。

ギャップ型原子スイッチの動作に不可欠なナノギャップの作製は、最先端の微細加工技術を用いても歩留まり良く行うことは困難であった。このため、ギャップ型原子スイッチの実用化は遅れていた。最近我々は、分子膜をギャップ層として用いることでもギャップ型原子スイッチの動作とその特徴を再現できることを見いだした。本講演では、ギャップ型原子スイッチに焦点を絞り、その動作原理ゆえに実現出来る脳型素子動作について発表する。

[1] K. Terabe, T. Nakayama, T. Hasegawa, M. Aono, J. Appl. Phys., 91, 10110 (2002).

[2] K. Terabe, T. Hasegawa, T. Nakayama, M. Aono, Nature, 433, 47 (2005).

[3] T. Sakamoto, H. Sunamura, H. Kawaura, T. Hasegawa, T. Nakayama, M. Aono, Appl. Phys. Lett., 82, 3032 (2003).

[4] T. Tsuruoka, K. Terabe, T. Hasegawa, M. Aono, Nanotechnology, 21(42), 42505 (2010).

[5] A. Nayak, T. Tamura, T. Tsuruoka, K. Terabe, S. Hosaka, T. Hasegawa, M. Aono, J. Phys. Chem. Lett., 1, 604 (2010).

[6] T. Ohno, T. Hasegawa, T. Tsuruoka, K. Terabe, J. K. Gimzewski, M. Aono, Nature Mater., 10(8), 591 (2011).

[7] C. Lutz, T. Hasegawa, T. Chikyow, Nanoscale, 8, 14031 (2016).

[8] C. Arima, A. Suzuki, A. Kassai, T. Tsuruoka, T. Hasegawa, J. Appl. Phys., in press.