

分子膜ギャップ型原子スイッチを用いたアナログ抵抗変化制御

Analog resistance change of molecular-gap atomic switches

早大先進理工 ○(B)松尾 理沙, (B)田中 海馬, 長谷川剛

Waseda Univ., °Risa Matsuo, Kaiba Tanaka, Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: seafellows@fuji.waseda.jp

はじめに：我々は深層学習のシナプス素子として応用を目指して、分子膜ギャップ型原子スイッチの安定かつ緩やかな多値抵抗変化の実現を目指している。これまでに、 Ta_2O_5 -Cu 混合膜をイオン拡散層として用いた素子でアナログ抵抗変化を実現してきた[1]。本研究では、 Ta_2O_5 -Cu 混合膜に加えて、 Ta_2O_5 -Ag 混合膜および Ag_2S 膜をイオン拡散層とする素子を作製して、その特性を比較した。

実験：多層膜からなるクロスバー型の素子、Pt/PTCDI(分子膜)/ $3\text{Ta}_2\text{O}_5+2\text{Cu}$ (混合膜)/Cu/Pt/Ti(素子A), Pt/PTCDI/ $\text{Ta}_2\text{O}_5+\text{Ag}$ /Ag/Pt/Ti(素子B), および Pt/PTCDA/ Ag_2S /Pt/Ti(素子C)を SiO_2 基板上に作製した。混合膜の蒸着は、各組成比の混合ターゲットを用いて RF スパッタで行った。 Ag_2S 膜の作成は、Ag 薄膜を気相硫化することで行った。メタルマスクを用いてクロスバー型の素子構造(スイッチ部 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$)を作製した。ファンクションジェネレーターを用いてパルス電圧を印加、一定時間経過後に半導体パラメトリックアナライザ 4155C を用いて抵抗値を計測した。

結果と考察：素子A,B,Cを用いた多値抵抗変化の実験結果を図1に示す。いずれの素子においても概ね2桁の抵抗範囲で段階的な抵抗変化が観測された。Cu イオンを用いた素子Aでは、電圧の極性に依存した単調増加/減少に近い抵抗変化を実現できた。しかし、Ag イオンを用いた素子Bでは、期待される抵抗変化とは逆向きの変動がより頻繁に起こっている。これは、Ag イオンの方が Cu イオンに比べて Ta_2O_5 層中での拡散速度が大きいことと関係していると思われる。一方、 Ag_2S を用いた素子Cでは、線形性は劣るものの印加電圧の極性に依存した単調増加/減少の多値抵抗変化が実現できた。パルス電圧の大きさは Ta_2O_5 -Ag 混合膜を用いた素子Bが一番小さかったが、素子構造の最適化によって素子A,Cの電圧値を下げることは可能であると思われる。

参考文献:[1]A. Kassai and T. Hasegawa, Jpn. J. Appl. Phys. 59, SIIF01 (2020).

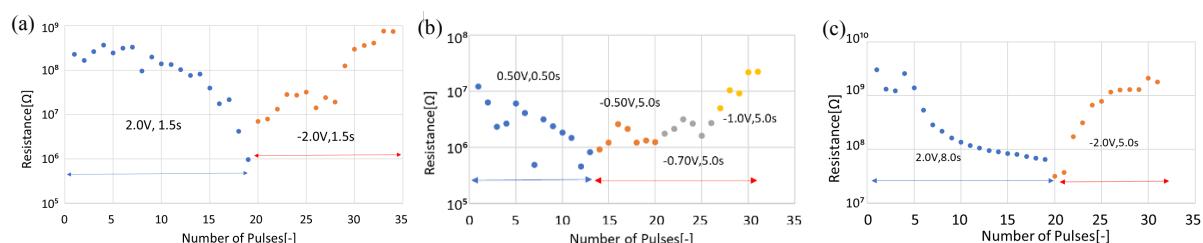


Fig. 1. Analog resistance change in (a) ($\text{Ta}_2\text{O}_5+\text{Cu}$) based-, (b) ($\text{Ta}_2\text{O}_5+\text{Ag}$) based-, and (c) Ag_2S -based molecular gap atomic switches. Applied pulses are indicated in each graph.