

Ag/TiO<sub>2</sub>/Pt 接合型原子スイッチ動作の SET 電圧, TiO<sub>2</sub>膜厚, 温度依存性測定Switching Characteristics of Ag/TiO<sub>2</sub>/Pt Gapless-type Atomic Switches depending on a SET bias, TiO<sub>2</sub> thickness, and temperature

早大先進理工 ○(B)三上 舞子, 長谷川 剛

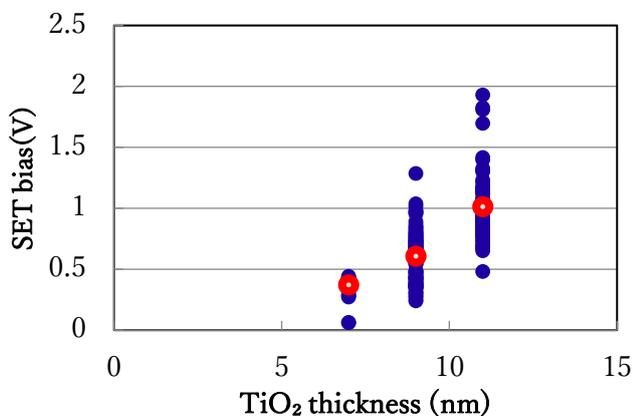
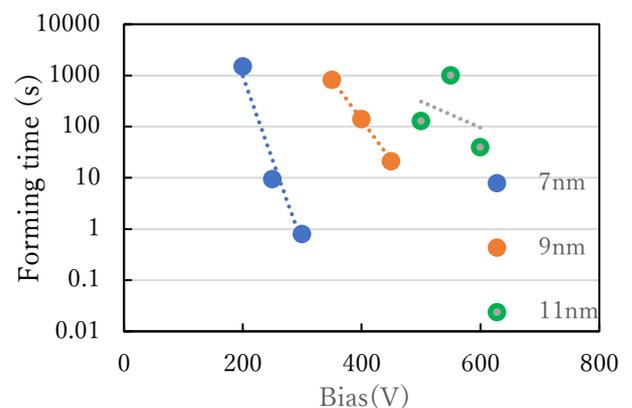
Waseda Univ, ⑥Maiko Mikami, Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: maiko.m.0416@fuji.waseda.jp

はじめに：金属酸化物層における金属イオンの拡散とその酸化・還元反応を制御して動作する接合型原子スイッチは、FPGA の配線切り替えスイッチやシナプス動作素子として人工知能分野への応用が期待されている。深層学習におけるシナプス素子として用いるためには、アナログ的な抵抗変化を示すことがより重要となる。金属酸化物層に TiO<sub>2</sub> を用いると、SET 動作時の抵抗変化が急峻には起こらない。これは、オン・オフ状態の間にある抵抗値も安定に取り得る可能性を示唆するものと考えられる。そこで本研究では、素子の動作特性をより深く理解するため、スイッチ動作の SET 電圧、TiO<sub>2</sub>膜厚、温度依存性を測定した。

**実験：** Pt/Ag/TiO<sub>2</sub>/Pt/Ti の多層膜からなる接合型原子スイッチを SiO<sub>2</sub> 基板上に作製した。金属層蒸着は、電子ビーム蒸着装置を用いて、 $5 \times 10^{-6} Pa$  の真空下で  $0.2 \text{ \AA/s}$  のレートで行った。TiO<sub>2</sub> の蒸着は Ar と O<sub>2</sub> ガスを用いた RF スパッタ装置により行った。この際、メタルマスクを用いて素子サイズが  $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$  となるクロスバー構造を作製した。素子動作特性の評価は、半導体パラメトリックアナライザ 4155C を搭載したマニュアルプローバーを用いて、室温・大気中ないし、高温(室温を含む)真空中で行った。

**結果と考察：** 図 1 に、TiO<sub>2</sub>膜厚 7,9,11nm の素子を用いて測定した SET 電圧の膜厚依存性を示す。膜厚の増大に伴い SET 電圧が線形的に大きくなっている。図 2 には、同様の膜厚を用いて測定した Forming 時間の膜厚および印加電圧依存性を示す。Forming 時間が、印加電圧の増大に伴い指数関数的に減少し、膜厚の増大に対して長くなっていることがわかる。温度依存性の測定結果から求めた Ag イオン拡散の活性化障壁は約  $0.60 \text{ eV}$  となった。Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 内の Ag イオン拡散の活性化障壁約  $0.4 \text{ eV}$  されると推定されており、TiO<sub>2</sub> の方が大きい。拡散障壁が高いことから安定な中間状態を実現できる可能性がある。当日は、繰り返し耐性の実験結果も含めて、詳細を発表する。

Fig.1 SET bias vs. TiO<sub>2</sub> thicknessFig.2 Forming time vs. bias/TiO<sub>2</sub> thickness