

Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 抵抗変化素子におけるフォーミング特性の酸素組成 x 依存性Oxygen composition dependence of forming characteristics in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt resistive switching cells京大院工 °宮谷 俊輝¹, 木本 恒暢¹, 西 佑介^{1,2} (京大院工¹, 舞鶴高専²)°Toshiki Miyatani¹, Tsunenobu Kimoto¹, Yusuke Nishi^{1,2} (Kyoto Univ.¹, NIT Maizuru College²)

E-mail: miyatani@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 抵抗変化型メモリ(ReRAM)は、アナログ抵抗制御の可能性から、近年さらに注目を集めている。しかし、二元系金属酸化物を用いた ReRAM では一般に低抵抗化が急峻に生じるため、印加電圧によるアナログ抵抗制御は難しい[1]。我々は、Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子において、数 kΩ 程度の抵抗状態への Forming 現象(Semi-forming)が発現し、その後印加電圧を適切に設定することで、アナログ抵抗変化特性が得られることを以前報告した[2]。本研究では、アナログ抵抗制御につながる Semi-forming 現象のメカニズム解明を目的として、TaO_xの酸素組成が Forming 特性に与える影響を調べた。

実験 SiO₂/Si 基板上に下部電極として Pt を 60 nm 堆積した後、Ta₂O₅(10 nm)および Ta リッチな TaO_x(20 nm)を反応性スパッタリングにより順に堆積した。この際、TaO_x層堆積時の酸素流量 f_{Ox} を 0.8 sccm から 1.2 sccm の間で変化させて、TaO_x層の組成を制御した。その後、メタルマスクを用いて、直径 100 μm, 200 μm, および 300 μm の Pt 上部電極を電子線蒸着により堆積した。この Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 構造を有する素子に対して下部電極を接地し、電流掃引による Forming 特性の評価を行った。

結果と考察 図 1 に、 $f_{Ox} = 0.8$ sccm で TaO_xを堆積した素子における典型的な Forming 特性を示す。約 2 mA で 0.7 kΩ 程度の抵抗状態への遷移(Semi-forming)が生じた後、約 10 mA で 100 Ω 程度の抵抗状態への遷移(Forming)が生じる。図 2 に、Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子の初期抵抗 R_{ini} 、および Semi-forming 発現頻度 F_{semi} の酸素流量 f_{Ox} 依存性を示す。図 2 の上軸には、RBS の結果から得られたそれぞれの f_{Ox} における TaO_x層の酸素組成 x を示している。 f_{Ox} および x の増加によって、 R_{ini} は指数関数的に増加し、 F_{semi} は減少することがわかる。ここで、 R_{ini} に寄与する主たる電気伝導機構は Ta₂O₅ 層中の酸素空孔(V_O)を介したホッピング伝導であることがわかっている[3]。実際に R_{ini} の温度依存性から、ホッピングに寄与する局在準位密度(V_O密度に対応)を計算すると、 x に対して指数関数的に減少する結果が得られた。すなわち、 x の増加によって、TaO_x層から Ta₂O₅層への V_O 供給量は減少する。これらの結果から、TaO_x層から Ta₂O₅層への V_O 供給によって Semi-forming が発現しやすくなると言える。図 3 に、 $f_{Ox} = 1.0$ sccm の素子における $G_{ini} = 1/R_{ini}$ の素子面積依存性を示す。 G_{ini} は素子面積と比例関係ではなく正の相関関係にあるため、TaO_x層から Ta₂O₅層への V_O 供給は面内で不均一に生じると考えられる。以上の結果は、Semi-forming が不均一な V_O 供給に起因した局所的な電流集中によって発現することを示唆している。

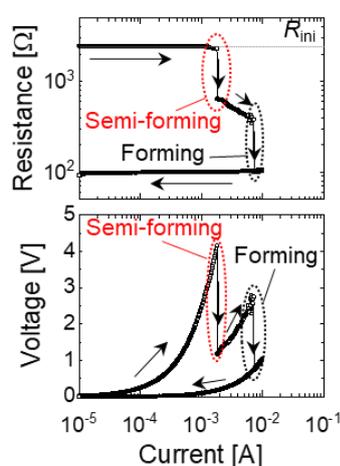
[1] R. Waser *et al.*, Faraday Discuss. **213**, 11 (2019). [2] 宮谷 俊輝 他, 第 80 回秋応物, 19p-E311-6 (2019).[3] T. Miyatani *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 090914 (2019).

Fig. 1 Typical forming characteristics in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt cells with oxygen gas flow rate of 0.8 sccm during sputtering TaO_x.

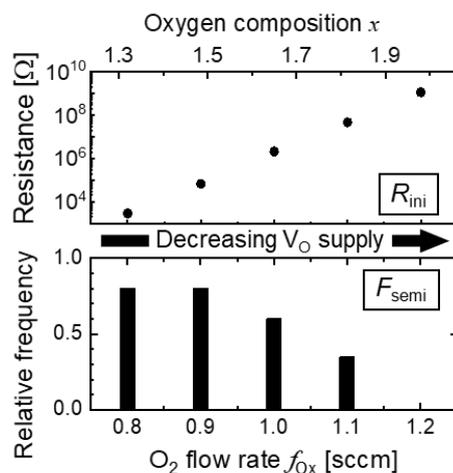


Fig. 2 Oxygen-gas-flow-rate dependences of initial resistance (R_{ini}) and occurrence frequency of semi-forming (F_{semi}).

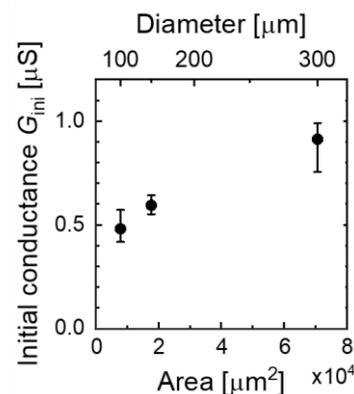


Fig. 3 Cell size dependence of initial conductance in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt cells with oxygen gas flow rate of 1.0 sccm during sputtering TaO_x.