

Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 抵抗変化素子の直流および交流電気的特性の解析

DC and AC electrical characteristics of Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt resistive switching cells

京大院工 °宮谷 俊輝, 西 佑介, 木本 恒暢

Kyoto Univ. °Toshiki Miyatani, Yusuke Nishi, Tsunenobu Kimoto

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

はじめに 抵抗変化型メモリ(ReRAM)の酸化物層の材料として Ta₂O₅ が近年注目を集めている。反応性スパッタリングにより堆積した Ta₂O₅ を用いた単層の抵抗変化素子では、フォーミング特性に大きな素子間のばらつきが生じることを報告した[1]。そこで本研究では、酸素空孔 V_O の供給層として TaO_x を、Ta₂O₅ 上に連続堆積した抵抗変化素子を作製し、その電気的特性を詳細に調べたため報告する。

実験 Pt/Ti/SiO₂/Si 基板上に、抵抗変化材料の Ta₂O₅ および TaO_x を反応性スパッタリングによりそれぞれ異なる酸素流量で連続堆積した。その後 EB 蒸着により円形の Pt 上部電極を堆積した。この Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 積層構造を有する抵抗変化素子の直流電流電圧(I-V)測定・交流アドミタンス測定を行い、主に初期状態における電気的特性を評価した。

結果 素子構造が Pt/Ta₂O₅(8 nm)/Pt および Pt/TaO_x(5 nm)/Ta₂O₅(5 nm)/Pt である 2 つの抵抗変化素子の典型的な I-V 特性を図 1 に示す。抵抗変化層が単層の素子では、初期状態での抵抗値だけでなく、I-V 特性にも無秩序なばらつきが見られた。一方、抵抗変化層が二層の素子では初期状態における抵抗値の素子間のばらつきは 10%程度まで減少し、数 V までは電圧によらず一定の抵抗値(コンダクタンス)を示した。図 2 に、横軸を温度 T の -1/4 乗とした、コンダクタンスの温度依存性を示す。実験値は図 2 のプロットに対して直線状であるため、この温度依存性は Mott のホッピング伝導の式に従うといえる。抵抗変化層が単層および二層の素子に対して、並列回路モデルを仮定した交流アドミタンス測定によって得られる容量(C_p)とコンダクタンス(G_p)の周波数依存性を図 3 に示す。抵抗変化層が二層の素子の C_p, G_p は、単層の素子と比較して、低周波側において明確な差が得られた。この特性は複素誘電率の誘電緩和により説明できる。以上の結果は、抵抗変化層が二層の素子では、1 kHz 程度の周波数帯域において誘電緩和を生じさせるホッピングサイトが、Ta₂O₅ 内に多数形成されているということを意味する。これは、V_O 供給層である TaO_x の導入により、初期状態において Ta₂O₅ 層への V_O の拡散が生じたことに起因すると考えられる。

[1] 宮谷 俊輝, 第 65 回春応用物理学会, 18p-C102-16 (2018).

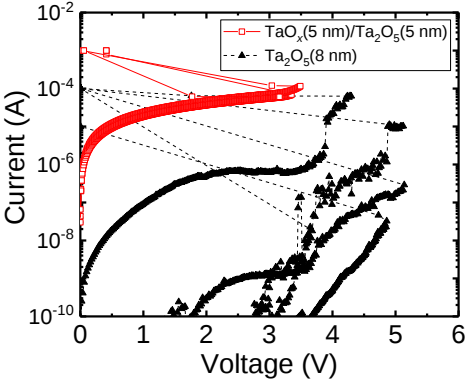


Fig. 1 Forming characteristics of Ta₂O₅-based ReRAM cells with a dual or single oxide layer

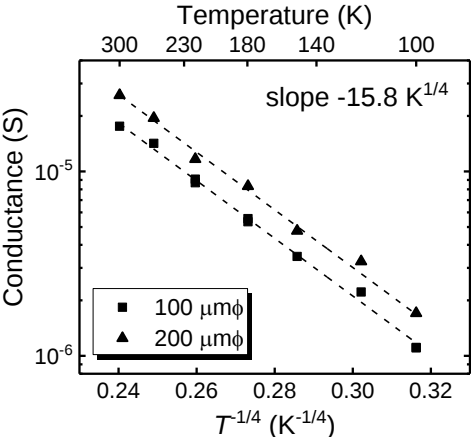


Fig.2 Temperature dependence of initial resistance in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt cells

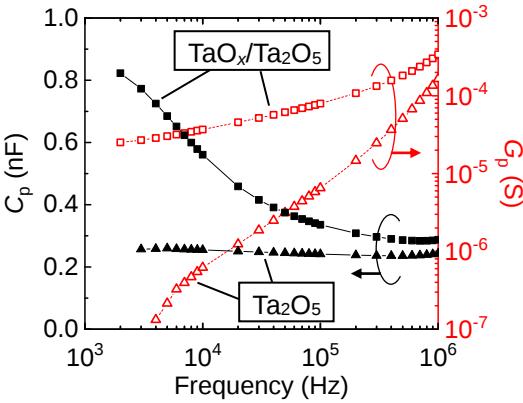


Fig.3 Frequency dependence of C_p and G_p obtained by AC admittance measurement in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt or Pt/Ta₂O₅/Pt cells