

Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子における準高抵抗状態の発現

Appearance of semi-high resistance states in Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 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 次世代不揮発性メモリの有力な候補である抵抗変化型メモリ(ReRAM)は、高抵抗状態(HRS: High Resistance State)と低抵抗状態(LRS: Low Resistance State)の間で物質の抵抗状態が可逆的に変化する抵抗変化現象を利用している。近年、抵抗変化材料として酸素組成の異なる酸化物を積層した素子の研究が盛んである。我々は、Pt/Ta₂O₅/Pt および Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 抵抗変化素子の電気的特性の比較から、TaO_x層の導入により初期特性のばらつきが低減されることを報告した[1]。本研究では、Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 抵抗変化素子において、初期状態から特殊な高抵抗状態、“準高抵抗状態(Semi-HRS)”への遷移を確認し、さらに Semi-HRS へ遷移後の抵抗変化特性に関して調査した。

実験 Pt/Ti/SiO₂/Si 基板上に、反応性スパッタリングにより Ta₂O₅ (5 nm)および TaO_x (10 nm)を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、Pt 上部電極(100 μmφ)を堆積した。この Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 積層構造を有する素子に、直流電圧掃引による抵抗変化特性の評価を行った。

結果と考察 Fig. 1 に、初期状態の素子に対して正電圧掃引を行った際の、電流電圧(*I-V*)特性および抵抗電圧(*R-V*)特性を示す。素子の抵抗値は、3.5 V 付近で約 20 kΩ から約 1 kΩ に遷移した(フォーミング)。本研究で作製した Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子の LRS における抵抗値は 100 Ω 程度である。そこで、Fig. 1 のようなフォーミング後の抵抗状態を Semi-HRS と定義する。この Semi-HRS への遷移は、Pt/TiO₂/Pt 抵抗変化素子においても確認されている[2]。Fig. 2 に、Semi-HRS に遷移させた後の典型的なバイポーラ型およびユニポーラ型抵抗変化特性を示す。Fig. 2(a)の②のように、Semi-HRS への遷移後に負電圧掃引を行うと、-1 V 付近で電流値が離散的な増加を示したのち、緩やかに高抵抗化し、初期状態と同程度の抵抗値となった。Fig. 2(b)の②のように、Semi-HRS への遷移後に正電圧掃引を行うと、約 2.5 V で急峻な低抵抗化が生じ、LRS へと遷移した。以上の結果は、酸素空孔 V_Oの電界起因のドリフトおよびジュール熱起因の拡散により、定性的に解釈できる。Fig. 2(a)②における-1 V 付近の離散的な低抵抗化は、Fig. 2(b)②の正電圧掃引時には見られないため、電界による V_Oのドリフトの効果が大きいと考えられる。一方、-1 V 付近で低抵抗化した後、mA オーダーの電流が流れ、素子に発生するジュール熱が大きくなる。このジュール熱に起因して、V_Oの拡散の効果が電界によるドリフトの効果よりも優勢となり、Fig. 2(a)②の-1 V 以降の緩やかな高抵抗化が生じたと考えられる。結果として、Semi-HRS へ遷移後の印加電圧の極性により、バイポーラ型あるいはユニポーラ型の抵抗変化特性を選択的に得ることができた。

[1] 宮谷 俊輝 他, 第 79 回秋季応用物理学会, 20a-222-5 (2018). [2] 松井 亮祐 他, 第 78 回秋季応用物理学会, 5p-A202-8 (2017).

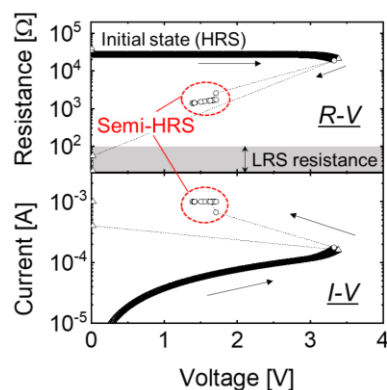


Fig. 1 *I-V* and *R-V* characteristics in an initial state of a Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt cell.

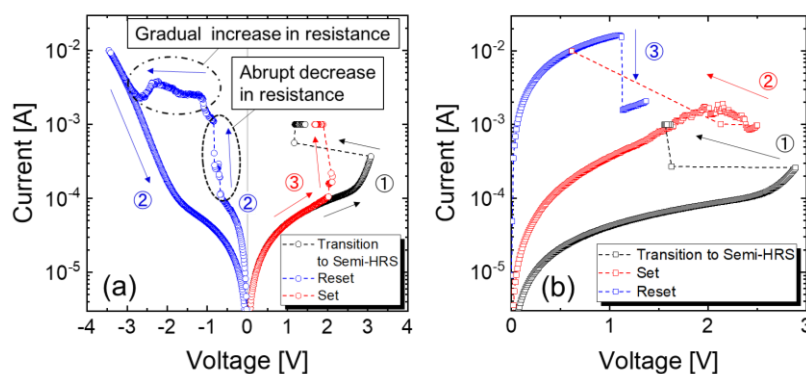


Fig. 2 (a) Bipolar-type and (b) Unipolar-type resistive switching characteristics by sweeping the applied voltage after transition to semi-HRS.