

Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子における 2 種類のバイポーラ型抵抗変化の 遷移過程で見られるアナログ抵抗変化

Analog resistive switching between two types of bipolar resistive switching 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 抵抗変化型メモリ(ReRAM)は、アナログ的な抵抗変化の実現可能性から、シナプス素子としての応用が近年期待されている。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、抵抗のアナログ制御が難しい[1]。我々は、Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 素子において、低抵抗化(Set)および高抵抗化(Reset)が生じる電圧の極性が互いに逆である 2 種類のバイポーラ型抵抗変化(BRS: bipolar resistive switching)が見られることを報告した[2]。本研究では、この 2 種類の抵抗変化の遷移過程においてアナログ抵抗変化が発現することを確認したため報告する。

実験 Pt/Ti/SiO₂/Si 基板上に、Ta₂O₅(5 nm)および TaO_x(10 nm, $x \sim 1.5$)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、Pt 上部電極(100 $\mu\text{m}\Phi$)を堆積した。この Pt/TaO_x/Ta₂O₅/Pt 構造を有する素子に対して下部電極(BE)を接地し、抵抗変化特性の評価を行った。

結果と考察 初期状態にある素子に正電圧掃引を行うと急峻な低抵抗化(Semi-HRS への遷移)が生じ、その後 -1 V 付近の負電圧で Set、および +1 V 付近の正電圧で Reset が生じる(Fig. 1)[1]。酸素空孔(V_O)の供給層を有する抵抗変化素子では、一般に V_O供給層とされる TaO_x層側への正電圧印加で Set が生じるため、Fig. 1 の BRS は従来報告されている電圧の極性とは逆である(Reverse-BRS と定義する)。Fig. 2(a)-(d)に、負電圧掃引の大きさを -1 V から -3 V まで増加させたときの抵抗変化特性を示す。Fig. 2(a)に示す Reverse-BRS から、Fig. 2(b)のアナログ的な抵抗変化を示す相補型抵抗変化(CRS: complementary resistive switching)を経由して、Fig. 2(d)の正電圧で Set が生じる BRS へと遷移することがわかる。これは、Reverse-BRS と BRS との間の遷移過程でアナログ抵抗変化が発現しうることを意味する。

Pd/TaO_x/Ta₂O₅/Pd 構造における急峻な遷移が起こる CRS において、Ta₂O₅ および TaO_x の各抵抗変化層で Set, Reset が生じることが示唆されている[3]。本研究の結果は、TaO_x層から拡散した V_Oにより、Ta₂O₅層が実効的に V_O-rich 層と V_O-poor 層の 2 層に分離し[4]、それぞれの層において生じる抵抗変化の寄与を考えることで説明できる。導電性フィラメントの断裂がアノード側で生じると仮定すれば、Fig. 1 の Reverse-BRS は V_O供給層側での抵抗変化が、Fig. 2(d)の BRS は BE 側での抵抗変化がそれぞれ寄与し、これら 2 種類が競合する場合にアナログ抵抗変化が発現しているものと推察される。

[1] D. Ielmini, *Microelectronic Engineering*, **190**, 44 (2018). [2] 宮谷 俊輝 他, 第 66 回春応物, 10p-W641-10 (2019).

[3] Y. Yang et al., *Appl. Phys. Lett.* **100**, 203112 (2012). [4] 宮谷 俊輝 他, 第 66 回春応物, 10p-W641-11 (2019).

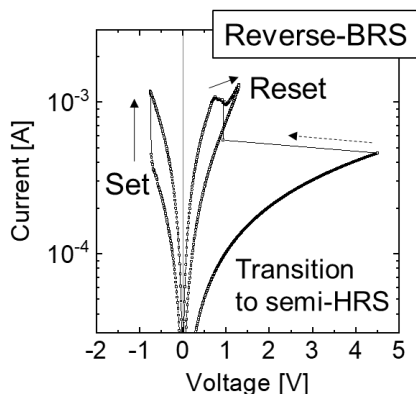


Figure 1: Reverse bipolar resistive switching (BRS) characteristics after transition to semi-HRS.

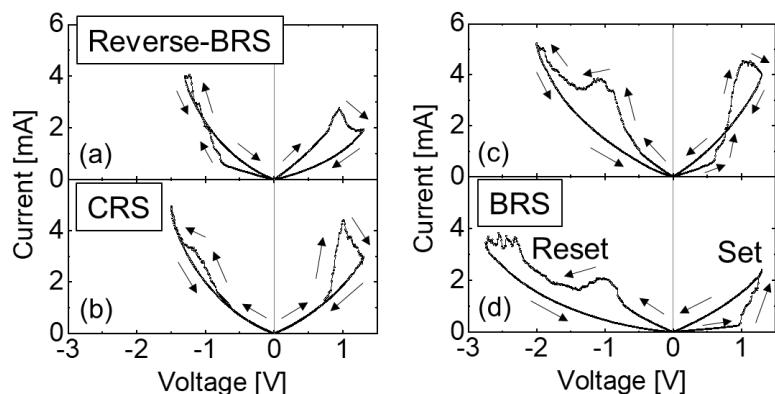


Figure 2(a)-(d): Transition process from reverse-BRS to BRS via complementary RS (CRS) by adjusting the magnitude of the negative applied voltage.