動作電圧制御による TaO_x 抵抗変化素子のアナログ抵抗変化特性の向上

Improvement of Analog Resistance Change Characteristics in TaO_x Resistance Change Device by Controlling the Operating Voltage

産総研ナノエレクトロニクス研究部門 [1]
○島 久 [1]、高橋 慎 [1]、内藤泰久 [1]、秋永広幸 [1]
NeRI AIST[1], ○H. Shima[1], M. Takahashi[1], Y. Naitoh[1], and H. Akinaga[1]
E-mail: shima-hisashi@aist.go.jp

近年、アナログ的な抵抗変化を呈する素子をニューラルネットワークに取り入れ、素子の抵抗値を積和演算の重みとして利用することで、脳内の神経細胞における情報伝達を模倣したエネルギー効率に優れた情報処理を実現する試みが盛んに行われている。我々は以前に、素子の電極材料を貴金属材料である Pt から TiN に変更することで、アナログ抵抗変化動作が安定化することを報告した[1]。しかし、TiN 電極を採用した素子の電流-電圧(*I-V*)曲線において、高抵抗化動作(Reset 動作)時の負性微分抵抗が消失して急峻な電流の減少が見られなくなるものの、低抵抗化動作（Set 動作）時には急峻に電流が増大する過程が残存していた。今回、TaO_x 薄膜を用いた抵抗変化素子に印加する電圧条件を調節することにより、Set 動作時の急峻な電流の増大を緩和できることについて報告する。

電気特性評価に用いた素子の積層構造は、上部電極側から記載すると TiN/TaO_x(L)/TaO_x(H)/TiN であり、反応性スパッタリングの際の酸素流量を調節して TaO_x 薄膜の抵抗率を TaO_x(L) << TaO_x (H) とした。素子サイズは 300 nm×300 nm である。TiN 薄膜を微細加工した負荷抵抗素子を抵抗変化素子に直列に接続した構造とした。下部電極をグランドとし、上部電極に電圧を印加して電気特性を評価した。

図 1(a)は、Reset 動作時に印加する電圧の最大値(V_R^{max})を-1.0 V から-1.5 V まで変化させた際の TiN/TaO_x(L)/TaO_x(H)/TiN 素子の *I-V* 曲線である。V_R^{max} を変化させた Reset 動作と Set 動作とを交互に実施して測定している。Reset 動作においては、いずれの V_R^{max} の値においても負性微分抵抗は観測されず、連続的な電流の変化を示している。Reset 動作後の抵抗値は V_R^{max} の値とともに増大した(図 1(b))。Set 動作時の *I-V* 曲線に着目すると、V_R^{max} の値が大きい場合には急峻な電流の増大が見られるが、V_R^{max} の値を減少させることにより、*I-V* 曲線は連続的な形状となった。よって、過剰な Reset 電圧を印加しない電圧条件下で動作させることにより、アナログ抵抗変化特性が向上することが期待できる。また、今回の評価では電流制限の値は 200 uA に固定したが、V_R^{max} の値を増大させる場合には、Set 動作時の電流制限の値を低下させることで急激な抵抗値の減少が抑制されると考えられる。

素子試作工程を構築するにあたり、多大なる技術的ご支援を頂いた NIMS 微細加工プラットフォームの皆様に感謝致します。工程の一部は産総研ナノプロセシング施設で行いました。この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト」の一環として得られたものです。

[1] 島 他、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、18p-C102-6.

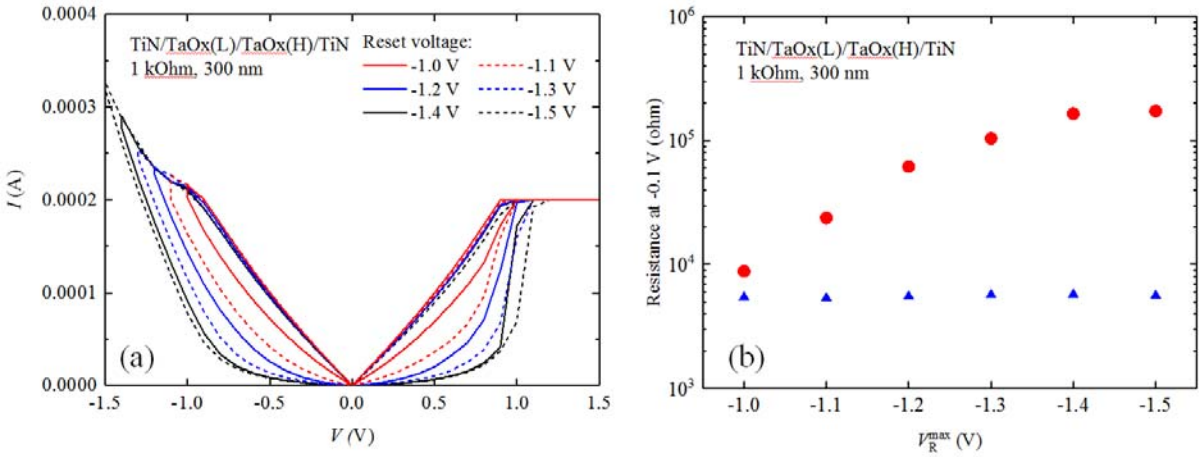

Fig.1 (a) V_R^{max} dependent *I-V* curves in the TiN/TaO_x(L)/TaO_x(H)/TiN device and (b) resistance values at V = 0.1 V as a function of V_R^{max}.