

直列接続された2つの抵抗変化素子におけるアナログ抵抗変化

Analog resistance change in series-connected 2 resistance change devices

産総研ナノエレ¹, °島 久¹, 高橋 慎¹, 内藤 泰久¹, 秋永 広幸¹

NeRI, AIST¹, °H. Shima¹, M. Takahashi¹, Y. Naitoh¹, H. Akinaga¹

E-mail: shima-hisashi@aist.go.jp

【背景】 脳の情報処理を模倣することで高い電力効率を実現する次世代コンピューティングの基盤技術として、電圧印加条件に応じて抵抗値がアナログ的に変化する素子が注目されている。我々は金属酸化物を用いた抵抗変化メモリをベースとした素子である RAND (Resistive Analog Neuro Device)を開発しており、電極材料等がアナログ抵抗変化特性に与える影響について報告を行ってきた [1, 2]。従来の RAND では特に DC の I - V 曲線において、高抵抗化(Reset)過程と比較して低抵抗化(Set)過程では急峻な抵抗変化が起きやすい傾向にあった。抵抗変化が高速であることに加え、素子が高抵抗状態にある場合は電圧の大部分が素子に印加され、抵抗変化を段階的に進める事が困難になっていると推察される。そこで、低抵抗化の過程で素子に印加される電圧を低減させるため、RAND を2つ直列接続した構造を作製し、そのアナログ抵抗変化特性を評価した。

【実験方法】 RAND の積層構造は $\text{TiN}/\text{TaO}_x\text{-L}/\text{TaO}_x\text{-H}/\text{TiN}$ である。 $\text{TaO}_x\text{-L}$ 、 $\text{TaO}_x\text{-H}$ は抵抗率を変化させた Ta 酸化膜であり、抵抗率は $\text{TaO}_x\text{-L} < \text{TaO}_x\text{-H}$ である。素子サイズは 300nm である。図1のように2つの素子(RAND1、RAND2)の下部電極(BE)同士を配線で接続した。RAND1 の上部電極(TE)に電圧を印加し、RAND2 の TE をグランドとした系を RAND1+RAND2 と記載する。半導体パラメータアナライザを用いて電気特性評価を行った。

【結果と考察】 図2は RAND1+RAND2 の状態で測定した I - V 曲線である。ここでは Reset の後、印加する電圧の最大値を +1.5 V、+1.7 V、+1.8 V として3回の Set(Set1 ~ Set3)を行った。Set 過程では抵抗の減少が電圧に対して緩慢であり、アナログ特性が向上している。このときの RAND1 と RAND2 それぞれの抵抗値の変化を図3に示す。図2から算出した RAND1+RAND2 の抵抗値もプロットした。図3から、抵抗変化は RAND1 だけで起きており、RAND2 の抵抗値は変化していない。よって、ここで観測された低抵抗過程におけるアナログ特性は、RAND1 と RAND2 を逆向きに接続したことによる競合的な抵抗変化によるものではないと推察される。また、単一の RAND に RAND2 の抵抗値と同等の負荷抵抗を接続した場合には、低抵抗化は急峻であった。これらの結果から、素子の抵抗値の他にアナログ特性に寄与する要因がある事が示唆される。

試作工程を構築するにあたり多大なる技術のご支援を頂いた NIMS 微細加工プラットフォームの皆様へ感謝致します。この成果の一部は、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) の委託業務の結果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、[2] 島 他、第66回応用物理学会春季学術講演会、10p-W641-5。

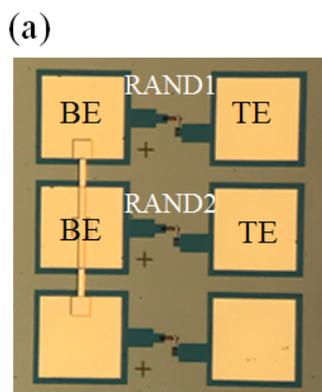


Fig. 1 Photograph of devices used in the present study. TE and BE denote the top and bottom electrode, respectively.

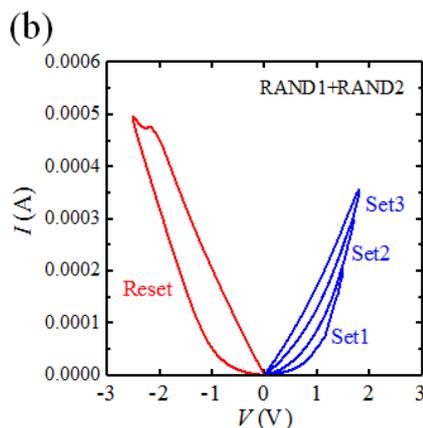


Fig. 2 I - V curves of RAND1+RAND2. Voltage was driven at the TE of RAND1, while TE of RAND 2 was grounded.

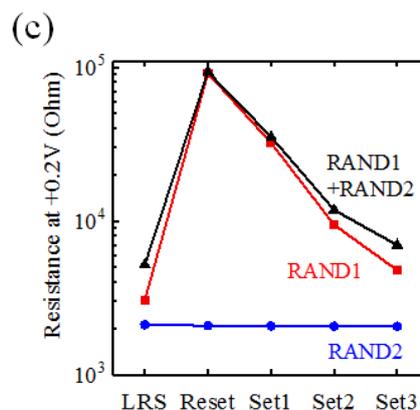


Fig. 3 Resistance values of RAND1, RAND2, and RAND1+RAND2 after each resistance change processes.