

Ta₂O₅ 抵抗変化素子のアナログ抵抗変化特性

Analog resistive change behavior in Ta₂O₅ resistive change device

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¹NeRI AIST¹, ○H. Shima¹, M. Takahashi¹, Y. Naitoh¹, and H. Akinaga¹

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

遷移金属酸化物と電極を接合した構造で見られる不揮発的な抵抗変化現象は、これまで抵抗変化メモリ ReRAM (Resistive Random Access Memory) への応用に向けた研究開発が精力的に行われてきた。近年では、素子の抵抗値をアナログ的に制御し、その値を重みとしてニューラルネットワークの積和演算に利用することが提唱され、脳内の情報処理を模倣した省電力性に優れた演算処理技術の基本素子としても期待されている。本研究では、Ta₂O₅ を用いた抵抗変化素子のアナログ抵抗変化の制御性と電極材料の関係について報告する。

評価した素子の構造は TiN/TaO_x/Ta₂O₅/BE であり、下部電極 BE は BE = Pt または TiN とした。これ以降、BE = Pt を Pt 素子、BE = TiN を TiN 素子と記載する。図 1(a)および 1(b) はそれぞれ、Pt 素子および TiN 素子の I - V 曲線である。高抵抗化過程に着目すると Pt 素子では明瞭な負性微分抵抗(NDR, Negative Differential Resistance)が観測されるが、TiN 素子では NDR は不明瞭である。NDR が明瞭な場合、印加電圧を増大させる過程で僅かな電圧の変化で抵抗値が大きく増加する事から、NDR が明瞭な Pt 素子と比較して NDR が不明瞭な TiN 素子の方が抵抗値のアナログ制御の観点で有利であると推察される。図 2(a)および 2(b)は TiN 素子の抵抗値のパルス電圧による変化である。高抵抗化と低抵抗化に用いるパルス電圧の波高が十分に大きい場合、図 2(a)のように抵抗値はデジタル的に変化する。パルス電圧の波高を適切な値に制御することにより図 2(b)のように抵抗値をアナログ的に変化させる事にも成功した。TiN は酸化により TiON の様な酸窒化物を形成される事が知られている[1]。ReRAM の抵抗変化モデルでは、上部電極に負の電圧を印加すると酸素が TaO_x から Ta₂O₅ 側に移動して高抵抗化が起こる[2, 3]。TiN 素子の場合、Ta₂O₅ だけではなく TiN 電極の一部も酸化に寄与する事で、急激な抵抗の増加を抑制していると考えている。

抵抗変化素子に用いた Ta₂O₅ 薄膜の一部はアルバックテクノ株式会社の本間祐晟氏、廣沢友二氏に成膜頂きました。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へ感謝致します。工程の一部は産総研ナノプロセッ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] S. Logothetidis *et al.*, Thin Solid Films **338**, 304-313 (1999). [2] Z. Wei *et al.*, IEDM Technical Digest, 293-296 (2008). [3] H. Akinaga and H. Shima, Proceedings of the IEEE **98**, 2237-2251 (2010).

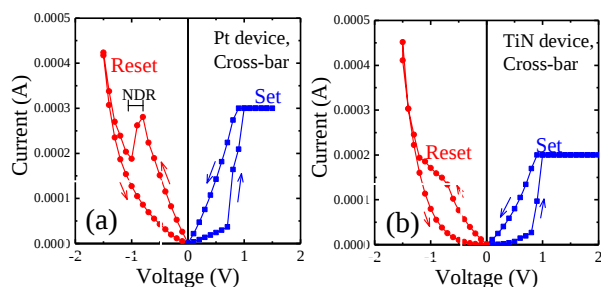


Fig. 1 DC I - V curves in (a) Pt device and (b) TiN device. External voltage was driven at TE and BE was grounded. Thickness of Ta₂O₅ is 4 nm. Device size is 150 μ m x 150 μ m.

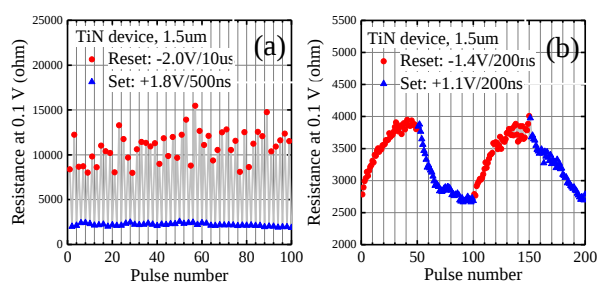


Fig. 2 Voltage pulse height dependent (a) digital and (b) analog resistive change behaviors observed in TiN device. Thickness of Ta₂O₅ is 3 nm. Device size is about 1.5 μ m in diameter.