

酸素欠陥を導入した Ta₂O_{5-δ} 抵抗変化型多値メモリ特性の検討

Evaluation of multilevel memory characteristics of Ta₂O_{5-δ} ReRAM with controlled oxygen vacancy

北大・院情報¹, 九工大・生命体工²

○李 遠霖¹, 勝村 玲音¹, Mika Kristian Grönroos¹, 堀地 厚¹, 有田 正志¹, 安藤 秀幸², 森江 隆², 高橋 庸夫¹

Hokkaido Univ.¹, Kyushu Inst. Tech.²,

○Y. Li¹, R. Katsumura¹, M. Grönroos¹, A. Tsurumaki-Fukuchi¹, M. Arita¹, H. Andoh², T. Morie² and Y. Takahashi¹

E-mail: liyuanlin_nano@eis.hokudai.ac.jp

<研究背景>

抵抗変化型メモリ (ReRAM) は電圧の印加方法によって、デジタルまたはアナログの不揮発性メモリとして動作することが知られている[1,2]。近年、機械学習向けニューラルネットワークが注目され、これを物理的に実現するには、シナプスを模倣した素子としてアナログ抵抗変化を示すメモリが必要とされている。

本研究では、Ta₂O_{5-δ}を用いた ReRAM の絶縁層膜の形成条件を変化させ、そのスイッチング特性の評価から多値・アナログ特性の出現条件を評価した。

<試料作製>

ReRAM デバイスは、下部電極 TiN(50nm) 上に SiO₂(300nm) を層間絶縁層として形成した後、フォトリソグラフィと RIE によりコンタクトホール (φ=4~64μm) の形成を行い、RF スパッタリングを用いて絶縁膜 Ta₂O_{5-δ}、上部電極 Ta(30nm) を形成した。絶縁膜の成膜条件としてスパッタリング時の酸素濃度(0%, 20%, 50%)と膜厚(7nm, 10nm, 20nm)を変化させ、9 種類の ReRAM を作製した。

<実験結果>

まず、作製した ReRAM サンプルの初期抵抗値を、±20 mV の電圧で測定した。Fig.1 は、10nm-0%と 10nm-20%の ReRAM の初期抵抗であり、コンタクトホールの面積に反比例する抵抗値の変化を示している。スパッタリング時の酸素分圧の上昇と厚膜化に伴って抵抗が上昇した。初期抵抗値には酸素分圧により 2 桁程度の違いがあり、膜中の酸素欠陥の違いによるものと推測できる。

多値動作の評価は、I-V スweep測定により、正電圧印加で低抵抗状態 (LRS) にスイッチさせた後、負電圧側へのスweepの最大値を少しずつ増加させながら、複数回印加することで徐々に高抵抗状態 (HRS) にスイッチさせることにより行った。Fig.2 は 10nm-20%の一例である。図に示すように、負電圧側の電流値が段階的に減ることを確認した。Fig.3 に作製した 9 種類のサンプルの多値動作の可能性をまとめてあり、その中「×」はスイッチ動作しないサンプルを表しており、その他は多値動作を確認できたサンプルである。連続スイッチの耐性テストで評価した安定性を異なるシンボルで示し、「◎」は 10 回以上の耐性がある、「○」は 10 回以下の耐性、「△」は 10 回以下の上に、多値動作の出現率も低いサンプルである。Fig.3 に示すように、酸素分圧の増加に伴って安定性が向上した。

以上のように、Ta を上部電極とした Ta₂O_{5-δ} ReRAM においてアナログ動作を安定して実現するには、膜厚とスパッタリング時の酸素分圧の特定な組み合わせが必要であることが分かった。スパッタリング時の酸素分圧を増加させて酸素欠損を適量に抑えてリーク電流を低減すること、及び膜厚低下により Set 時の投入電力を低減することが、安定な多値動作の実現に重要であると考えられる。

<参考文献>

- [1] 勝村他, 応物春季講演会 14a-419-5(2017)
[2] Y. Li, et al., 2017 Silicon Nanoelectronics Workshop #5-26 (2017)

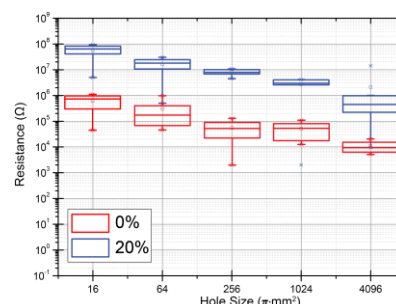


Fig.1 Resistance change by hole size with pristine 10nm-0% and 10nm-20% sample

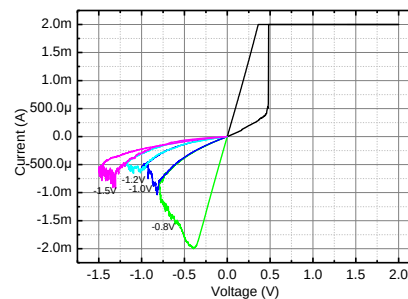


Fig.2 Stop-voltage dependence of I-V characteristics of 10nm-20% ReRAM

		酸素分圧		
		0%	20%	50%
膜厚	7nm	×	×	◎
	10nm	△	◎	◎
	20nm	○	×	×

Fig.3 A brief table of multi-value capability of each fabricated ReRAM sample