

Cu 上部電極を用いた Ta₂O_{5.8} 抵抗変化型多値メモリ特性の実現

Realization of multilevel memory characteristics of Ta₂O_{5.8} ReRAM with Cu top electrode applied

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, 福地 厚¹, 有田 正志¹, 高橋 庸夫¹, 安藤 秀幸², 森江 隆²
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]。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。Ta を上部電極にした Ta₂O_{5.8}を用いた ReRAM には、絶縁膜の成膜条件によってアナログ特性の出現率や安定性などの改善が可能であることが報告されている[2]。本研究では、Ta₂O_{5.8}を用いた ReRAM の上部電極を Cu に変え、Ta 上部電極のデバイスの多値・アナログ特性との違いを評価した。

<実験方法>

ReRAM デバイスの作製に際して、まず下部電極 TiN (50 nm) 上に SiO₂ (300 nm) を層間絶縁層として形成した。フォトリソグラフィと RIE によりコンタクトホール ($\phi=4\text{--}64\ \mu\text{m}$) の形成を行った後、RF スパッタリングを用いて絶縁膜 Ta₂O_{5.8} (7 nm)、上部電極 Cu (30 nm) を成膜した。絶縁膜の成膜雰囲気として、O₂/(Ar+ O₂)を 0%及び 50%として使用した。作製したデバイスに対し、室温における抵抗変化特性評価を行った。

<実験結果>

まず、Cu 上部電極の ReRAM 初期抵抗値 (@±20 mV) を測定した (Fig.1)。初期抵抗値はコンタクトホールの面積に反比例しており、良好なデバイスの作製が確認できる。比較のために載せた Ta 上部電極試料と比べると、その初期抵抗値は3桁程度低かった。Ta₂O_{5.8}絶縁層が薄いため、イオン化した Cu が膜全体に拡散したためだと推測できる。

多値動作の評価は I-V スweep測定により行った。すなわち、正電圧を用いて低抵抗状態 (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) にスイッチさせた。Fig.2 と Fig.3 に Cu を上部電極とし、O₂/Ar を 50%及び 0%とした場合の結果を示す。双方とも負電圧を印加することによって抵抗値が段階的に増大していることが確認できる。挿入図は上部電極を Ta にした場合 (その他は同条件で作製) の ReRAM の特性を示している。O₂/Ar 50%の ReRAM に対して Ta 上部電極でも多値動作を示しているが、0%では最初から低抵抗状態となり抵抗スイッチしなかった。この条件では、初期状態で酸素空孔が多数入っている上に、Ta が絶縁膜中の酸素を吸収するために、過剰に酸素空孔が導入されたため、初期状態から低抵抗化したものと考えられる[2]。酸素空孔の濃度を制御することによって、Cu 上部電極を用いたデバイスには、メカニズムが VCM から ECM に変わるが、多値動作の実現が可能と考えられる。

<参考文献>

[1] Yawar Abbas. *et al.*, *Scientific reports* **8.1** (2018): 1228.

[2] 李他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 18p-G203-10(2018).

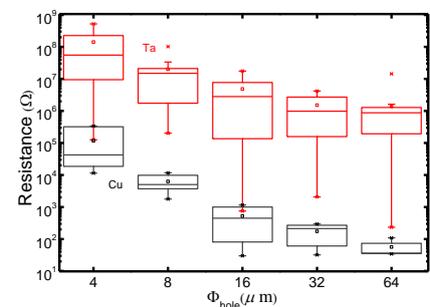


Fig.1 Resistance change by hole size with pristine 7nm-50% Cu and Ta ReRAM samples.

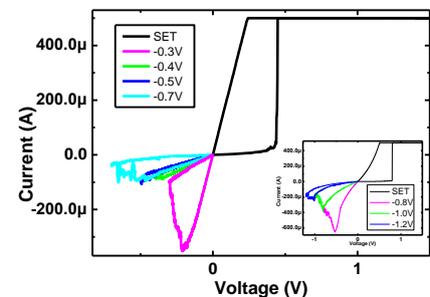


Fig.2 Stop-voltage dependence of *I-V* characteristics of 50%/7nm ReRAM. Inset shows the result of Ta-TE with same conditions.

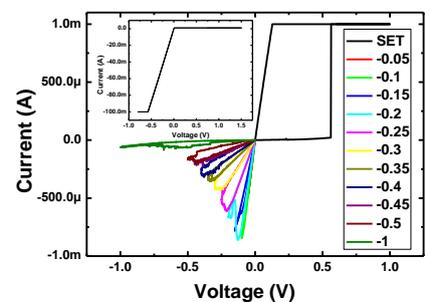


Fig.3 Stop-voltage dependence of *I-V* characteristics of 0%/7nm ReRAM. Inset shows the result of Ta-TE with same conditions which does not show any switching behavior.