

デジタル型/アナログ型抵抗変化特性を示す CBRAM のその場構造解析

Microstructure Changes in Digital and Analog Switching CBRAMs

Observed by *in situ* TEM

北大院情報, °武藤 恵, 中島 励, 福地 厚, 有田 正志, 高橋 庸夫

Hokkaido Univ., °S. Muto, T. Nakajima, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita and Y. Takahashi

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

CBRAM(conductive bridge RAM)は次世代メモリとして研究開発が進む。その急峻な抵抗変化はデジタルメモリへ、緩やかな抵抗変化は多値メモリやシナプス素子へと応用幅が広い。応用に向けては、それら 2 種類の動作モードをデバイスとして作り分ける必要があるため、種々の材料系が試されている。ここでは Cu 系 CBRAM を例にとり、Cu が拡散しやすく緩やかな抵抗変化が期待できる MoO_x 素子^[1]と急峻な抵抗変化が得られる WO_x 素子^[2]について報告する。2 種類の素子に対して TEM その場観察を行うことで、抵抗変化モードと内部微細構造との相関を評価した。

本研究においては、微細スケールの構造変化観察に適した平面型 CBRAM 構造^[3]を採用した。まず、SiN 薄膜上に 50-100 nm の微小ギャップを有する Cu、Pt 電極を 2 度のリフトオフプロセスにより作製し、その後メタルマスクを用いた RF スパッタ法により MoO_x もしくは WO_x 抵抗変化層 (30 nm) を成膜した。これらの平面型 CBRAM 試料に対して電圧スイープを繰り返し行い、低抵抗化時の微細構造変化を TEM その場観察した。

典型的な観察結果を Fig. 1 に示す。まずは WO_x 試料の結果について述べる。Cu 電極に正電圧印加することにより急峻な(デジタル的な)抵抗変化が観測された。この繰り返しにより抵抗値は徐々に低下したが(Fig. 1(a))、過去の報告^[3]と同様に明瞭な構造変化は見られなかった。 WO_x 試料において構造変化が見られたのは制限電流の増加後(50 μA)であり、Pt 電極側からの Cu の析出が観察された(Fig. 1(b))。一方、 MoO_x 試料の場合には、抵抗変化比の小さいスイッチングが連続的(アナログ的)に見られた(Fig. 1(c))。

MoO_x 素子においても制限電流の増加(10 μA)により構造変化が観察できたが、急峻なスイッチングを示した WO_x 素子に比べて小さい変化で、静止画像では判別ができない微小なコントラスト変化であった(Fig. 1(d))。

本研究では抵抗変化モードの違いを、構造変化の違いとして観察できた。Cu 拡散速度の遅い WO_x 素子では、架橋型の Cu フィラメント局所析出による急峻な抵抗変化が生じており、Cu 拡散速度の速い MoO_x 素子では、電極界面での Cu の均一拡散による緩やかな抵抗変化が生じていると考えられる。

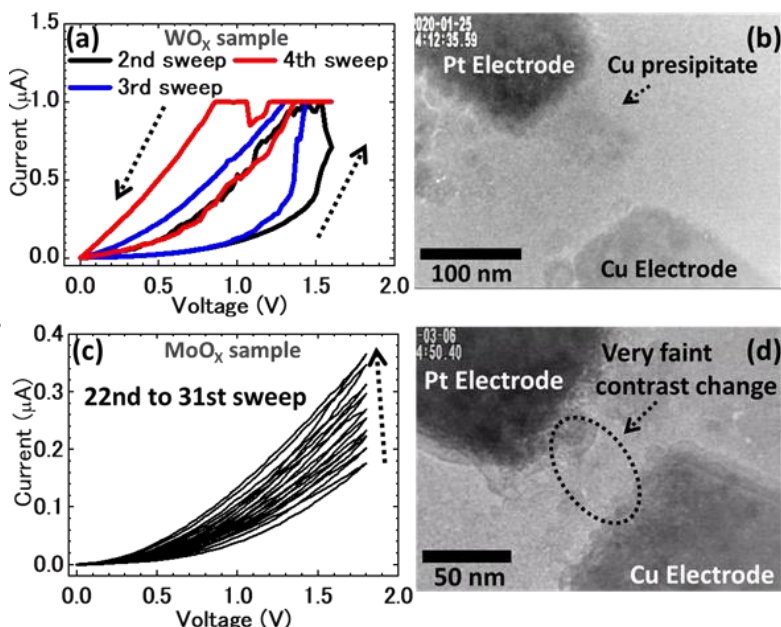


Figure 1 (a) I-V graph of the WO_x sample and (b) a TEM image showing large structural change. (c) I-V graph of MoO_x sample and (d) a TEM image showing faint structural change. Note that the roughness of the electrodes was due to imperfection of the lift-off process.

[1] M. Arita et al., *Nanoscale*, **8**, 14754 (2016) [2] C. Kügeler et al., *Proc. IEEE-NANO 2009*, 1102 (2010)

[3] S. Muto et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **59**, SI (2020)