

MoO_x/Al₂O₃CBRAM の繰返しスイッチ過程における Cu 移動の直接観察 In-situ observation of Cu movement in MoO_x/Al₂O₃ double layer CBRAM during cyclic switching process

北大院情報¹ 平田 周一郎¹, [○]石川 竜介¹, 福地 厚¹, 有田 正志¹, 高橋 庸夫¹,
九大超顕微セ² 工藤昌輝², 松村晶²

Hokkaido Univ.¹, Kyushu Univ.² Shuichiro Hirata¹, [○]Ryusuke Ishikawa¹, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi¹,
Masashi Arita¹, Yasuo Takahashi¹, Masaki Kudo², Syo Matsumura²

E-mail: dragon0213@eis.hokudai.ac.jp

<http://www.ist.hokudai.ac.jp/labo/nano-mat/index.html>

【はじめに】

抵抗変化型メモリ(ReRAM)は、不揮発性、高集積性、低消費電力など優れた特性を示し、次世代デバイスとして期待されている。しかし、動作機構や故障の要因、またその対策等への深い理解は未だなされておらず、実用化に向けて課題が残る。本研究では TEM その場観察法のデバイス故障解析応用を念頭に置いて、Cu を用いた ReRAM(CBRAM)における繰返しスイッチ過程と構造変化との相関について評価を行った。

【実験方法】

Pt/Mo/Cu(30nm)/MoO_x(20nm)/Al₂O₃(5nm) の二層 ReRAM 構造を、RF スパッタ法 (Ar または Ar+O₂) により TiN/Si 上に製膜した。得られた多層膜試料を FIB 法により、微細針状デバイスに加工し、TEM その場観察用試料とした。電流制限用 FET を搭載した TEM/STM ホルダーによる電気伝導特性測定と絶縁層内の構造変化観察を行った。

【結果】

TEM 内で測定した I-V スイッチ曲線を Fig.1 に示す。on/off 比は 2~3(@±1.0V)ではあるが、+3.8V、-2.6V に明瞭な低抵抗(SET)、高抵抗化(RESET)を確認できる。TEM 内における抵抗スイッチを約 40 回繰返し、デバイス内部構造変化を観察した(Fig.2)。初期状態 (Fig. 2(a)) と 1stSET 後 (Fig 2(b)) を比較すると、Al₂O₃ 層内に Cu と思われる濃いコントラストの析出物が出現したことが分かる。同種の試料において TEM-EDX 分析を行ったところ、これは Cu であることが分かった。RESET 後でもその析出物は存在していた (Fig. 2(c), (d))。更に、スイッチを繰り返していくと、析出物が大きくなり、析出物上部の Cu 層内のコントラストが明るくなった。この結果は、RESET による抵抗変化は微細領域での変化によって生じており、絶縁層内の Cu を元の状態に戻すわけではないことを示す。これが高抵抗状態の endurance failure につながると考えられる。過剰な Cu を元に戻すためには追加の負電圧印加が必要であるが、そうすると Cu が Pt 内に拡散した。安定動作のためには RESET 時の Cu の移動の制御が重要であると考えられる。そのためには Cu 層上のキャップ素材の選定、投入電力制御が重要な事項となる。

本研究は科研費 (15H01706、16H0433906、16K18073) の支援を受けた。また、FIB 加工、分析 TEM 実験にはナノテク・プラット事業 (北大、九大) を利用した。

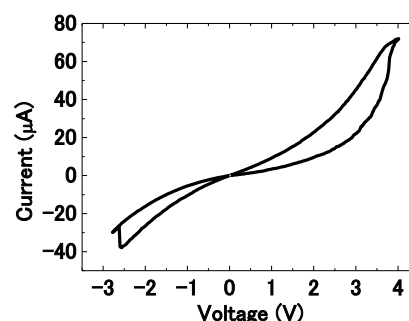


Fig.1 I-V hysteresis characteristics of Cu/MoO_x/Al₂O₃ ReRAM.

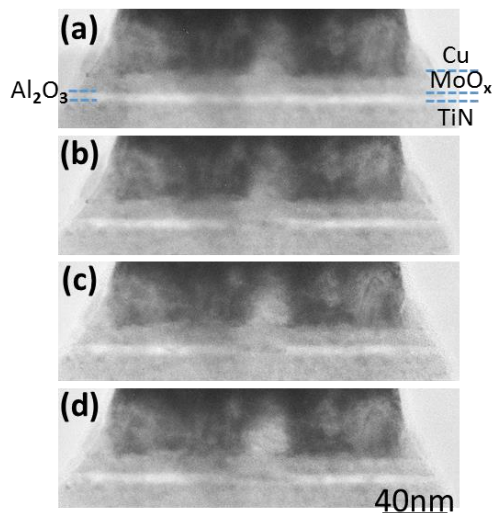


Fig. 2 TEM images of a Cu/MoO_x/Al₂O₃ ReRAM. (a) Initial state, and after the (b) 1st SET, (c) 15th RESET, and (d) 20th RESET processes.