# 絶縁層への Cu 導入が CBRAM に与える影響の TEM 内評価

## *In situ* TEM evaluation of relationship between CBRAM's characteristics and Cu introduction into the insulating layer

北大院情報，°武藤 恵，藤田 順，中島 励，福地 厚，有田 正志，高橋 庸夫
Graduate School of IST, Hokkaido Univ., °Satoshi Muto, Nao Fujita, Tsutomu Nakajima, Atsushi-Tsurumaki Fukuchi, Masashi Arita, and Yasuo Takahashi
E-mail: s_muto@eis.hokudai.ac.jp

次世代不揮発メモリとして研究開発が進んでいる抵抗変化メモリ(ReRAM)には、2 種類の動作方式がある。印加する電圧の極性で抵抗が変化するバイポーラ動作と、印加する同一極性電圧の大小で抵抗が変化するユニポーラ動作である。この 2 種類の動作方式は、ReRAM の材料や構造によって決まると考えられている。ReRAM の一つである CBRAM(conductive bridge RAM)は、酸化還元反応により導電フィラメントが形成・破断することで抵抗変化するため、バイポーラ動作することが知られている。その一方で、大電流での初期化[1]や Cu ブロッキング層を薄くする[2]ことで CBRAM をユニポーラ動作させた例もある。導電フィラメントのサイズ[1]や導入される金属イオンの量[2]によって CBRAM はユニポーラ動作すると予想されているが、実際のところはよくわかっていない。そこで本研究では、CBRAM 内部の様子をリアルタイムで観察可能な TEM その場観察法を用いて、絶縁層への Cu 導入がフィラメントやスイッチ特性にどのような影響を与えるか調べた。

今回の実験には SiN 薄膜上に作製した微小ギャップ型試料(Cu-$WO_x$-Cu 構造)を用いた。Cu 電極間の微小ギャップは 絶縁体である $WO_x$ で埋められている。Fig.1(a)は Cu 導入前試料のギャップ部を示す TEM 像である。一方の電極を接地し、もう一方の電極に複数回正電圧を印加し絶縁層へ Cu の導入を行った。Fig. 1(b) は Cu 導入後の TEM 像である。Cu 導入に伴い、ギャップ部には微小な Cu 析出物が生成した。電圧印加による Cu 導入により抵抗値は 4 桁減少したが、Fig.1(b)に示す通り明確なフィラメント形成は観察されなかった。Cu 導入プロセス中は Fig. 2 に示すモノポーラ動作が確認されたが、その際も明確なフィラメントは見られなかった。今回の観察倍率では見えないほどの微細なフィラメントが、Fig. 1(b)に示す析出物間で形成・破断していると考えられる。今回 Fig. 2(b)に示す Cu 析出物の出現範囲(50nm 四方)は他論文で報告されるフィラメントのサイズに対して大きい。そのため、絶縁体内では Cu が広範囲に拡散していると予想できる。以上より、Fig .3 に示すモデルのように、CBRAM のユニポーラ動作には明瞭なフィラメント形成(太いフィラメント)は必要ではなく、広範囲に拡散した Cu による、微細なフィラメントが必要である可能性が示唆される。

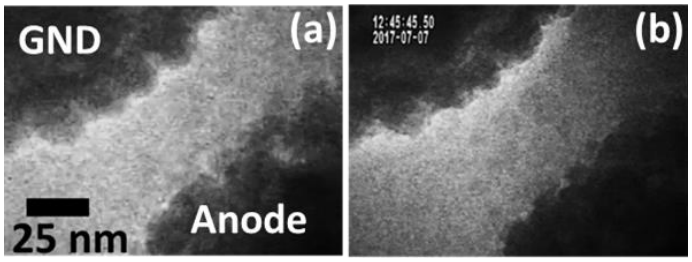

Figure 1 TEM image at the gap region of CBRAM sample (a) in the initial state and (b) after Cu introduction into the insulator.

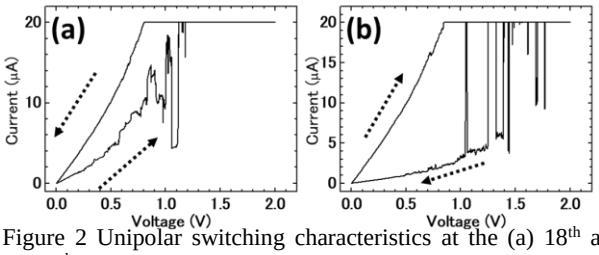

Figure 2 Unipolar switching characteristics at the (a) 18th and (b) 19th sweep during Cu introduction by voltage application.

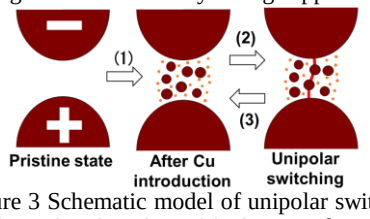

Figure 3 Schematic model of unipolar switching of Cu-$WO_x$ CBRAM. (1) Cu introduction by voltage application making Cu depositions in the gap, (2) fine filaments formation between depositions and (3) filament rupture by heating.

[1]S. Lee, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **108**, 076101 (2010). [2] S. Chandrasekaran, *et al.*, *Extended Abstracts of the 2017 Internat. Conf. on SSDM*, 779-780, (2017).