## CBRAM のフォーミング過程における TEM その場観察

## In-situ TEM observation of CBRAM during forming process 北大院情報, <sup>0</sup>武藤恵、酒井慎弥、福地厚、有田正志、高橋庸夫 Graduate School of IST, Hokkaido Univ., <sup>o</sup>Satoshi Muto, Shinya Sakai, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi, Masashi Arita, and Yasuo Takahashi E-mail: s\_muto@eis.hokudai.ac.jp

抵抗変化メモリ(ReRAM)は、ストレージクラスメモリ(SCM)や FPGA などへの応用が期待され ている次世代不揮発性メモリである。ReRAM 実用化の例は少数あるが、小規模回路への応用にと どまっている。その原因の一つとして、ReRAM の特性劣化や素子破壊のメカニズムが不明確なた め、信頼性確認のモデルがないことがあげられる。この問題の解消を目標として、ReRAM の一つ である CBRAM(conductive bridge RAM)に対する TEM その場観察が行われている<sup>[1][2]</sup>。しかし信頼 性を低下させる原因の直接観察を行った例は少なく、CBRAM 試料の構造と電気特性の関係から CBRAM 内部で何が起きたかを推測し、信頼性の評価を行っている。本研究では、CBRAM が

set/reset サイクルを開始するまでのフォーミング過程において生じる現象を TEM その場観察し、スイッチ動作に至る過程を調べた。

Fig.1にSiN薄膜上に作製した微小ギャップ型試料(Cu-WO<sub>X</sub>-Cu構造)のTEM像を示す。Cu電極間の微小ギャップはWO<sub>X</sub>で埋められており、一方の電極を接地し、もう一方の電極に正電圧を印加し試料のフォーミングを行った。Fig.2(a),(b)に計24回の正電圧スイープによるフォーミング過程で得られた抵抗値とギャップ長の時間変化を示す。Fig.2(a)の抵抗値は100 mV時の電流から求めた値である。初期抵抗は200 MΩ程度であったが、正電圧スイープ印加を繰り返すと徐々に低抵抗化し、最終的には30 kΩ程度となった。一方でギ

ャップ長は抵抗値が下がると共に広がってい った(Fig.2(b))。ギャップ間の Cu 析出物が測定 毎に増加していることが確認できたため、Cu 電極が WOx 中に拡散しギャップが広がったと 予想される。特に 8-10 回目のスイープ(800-1100 s付近のプロット)にかけて抵抗値の大きな減少 がみられ、それに伴い微小な析出物が目視でき るようになった。またギャップ広がり(電極の溶 け出し)に対して析出量が少ないため、Cu は広 範囲に拡散したと考えられる。低抵抗化に伴う ギャップの広がりは、正電圧印加した電極先端 部の形状変化が大きいことから、陽極の Cu が WOx中に拡散したことによると理解できる。こ れら一連の動作の後、CBRAM 試料は set/reset 動作を開始したが、通常のフォーミングによる 明瞭なフィラメント形成は確認できなかった。 以上の結果は、Cu を絶縁体中に適量拡散させ ることにより、CBRAM がフィラメントを伴わ ずに動作する可能性を示唆する。



Fig.1 TEM image of CBRAM sample after finishing all electrical measurements. All area was covered with WO<sub>x</sub> to fill a gap.



Fig.2 (a) Resistance change during positive voltage sweep measurements of 24 times. Resistance was calculated by the current at 100 mV. (b) Gap difference during measurements. The gap widened with a voltage sweep measurement despite of decrease in resistance.

[1]M.Arita et al., Sci. Repts., 5, 17103 (2015) [2]W.A.Hubbard et al., Nano Lett., 15, 3983-3987(2015)