

CBRAM の動作不安定性に関する TEM その場観察

In-situ TEM Observation of Operational Instability of CBRAM

北大院情報, °武藤恵、酒井慎弥、福地厚、有田正志、高橋庸夫

Graduate School of IST, Hokkaido Univ., °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や脳型デバイス、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。その良好なスイッチ特性を保证するためには、デバイスの動作メカニズムを詳細に解明する必要がある。これを念頭に置き、ReRAM の一つである CBRAM (conductive bridge RAM)を中心とした *in-situ* TEM 観察が行われている。それらの結果として、書き込み(set)/消去(reset)時に金属の導電フィラメントが形成/消失すること、フィラメントの形成/消失には電流が関与すること^[1]、金属イオンの移動速度や酸化還元速度などの組み合わせにより数種類のフィラメント形成モードがあること^[2]などが実験的に示された。しかしながらデバイス品質保証の観点からの研究例はほとんど無い^[3]。ReRAM の不安定動作の要因として、set/reset 前後における抵抗値の不安定な変化がある(ex:Fig.2 の reset 側)。このような不安定要素は、ReRAM の多値メモリ動作などの応用を実現するには大きな問題となりうる。本研究では、この現象に注目して、その起源について調べるために TEM その場観察を行った。

Fig.1 に SiN 薄膜上に作製した微小ギャップ型試料(Cu-WO_x-Cu 構造)の概略を示す。通常の CBRAM では電気化学的に活性/不活性の二種類の金属を電極とする。今回は、繰返し動作により両電極上に活性電極である Cu が析出した状態^[3]を再現するため、Cu 電極のみを用いた。TEM 内でこの試料の電気測定を行い、抵抗変化時の構造変化をリアルタイムに観察した。

不安定動作を見せる *I-V* 特性の一例を Fig.2 に示す。高抵抗化(reset)の途中で抵抗値の変動による電流値の揺らぎが見られる。その際の一つ目のピーク前後に対応する TEM 像が Fig.2(a)-(c)である。(a)点の段階で電流は 15 μ A 程度まで低下(高抵抗化)した。その後不安定な動作を見せ、(b)点では電流が制限電流値(40 μ A)まで増加した。その際は、初めに黄線円で示した部分(正極)から、その後黒線円で示した部分(負極)から Cu が伸びた。電圧印加を続けると再び 15 μ A 程度まで電流が減少し(c)点へと至った。この正極と負極の両方から Cu が伸びる現象は、CBRAM の不安定動作が電気化学反応だけではなく、熱やエレクトロマイグレーションなどが合わさった複雑なものであることを示唆していると考えられる。

[1] M. Kudo et al., *APL*, **105**, 173504 (2014)

[2] Y. Yang et al., *Nat. Commun.*, **3**, 72 (2012) [3] M. Arita et al., *Sci. Repts.*, **5**, 17103 (2015)

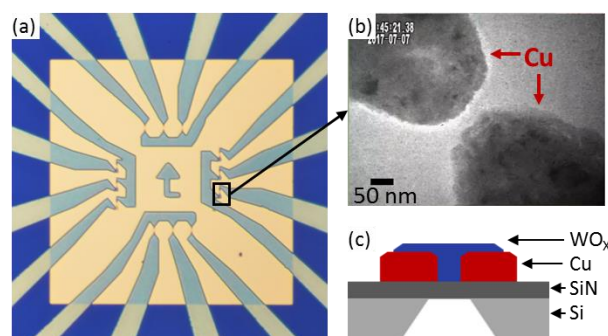


Fig.1 (a)Optical micrograph of CBRAM sample. All the area containing hook-shaped electrodes was covered with WO_x. (b)TEM image showing the switching region. (c)Schematic cross-section of the TEM sample.

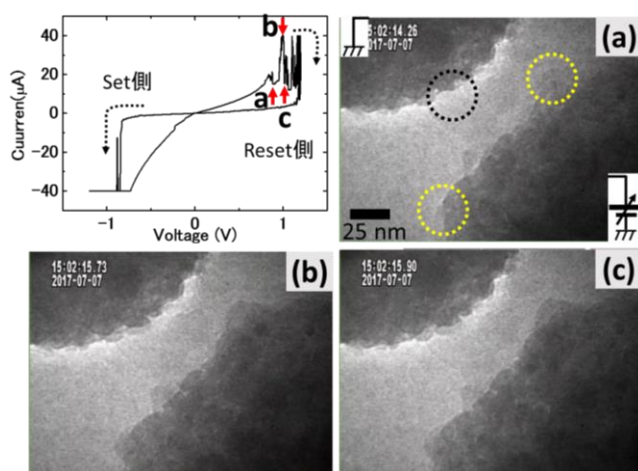


Fig. 2 *I-V* characteristics and (a)-(c) corresponding TEM images. Dashed circles represent the spots where structure change was observed with abrupt resistive switch.