

プレーナー型四端子抵抗変化メモリ (ReRAM) を用いたフィラメント物性の解析

Analysis of filament property using a planar ReRAM

鳥取大工¹, TiFREC²

○澤居 優圭¹, 高 相圭¹, 青木 智宏¹, 岸田 悟^{1,2}, 木下 健太郎^{1,2}

Tottori Univ.¹, Tottori Univ. Integrated Frontier Research Center²

°Yusuke Sawai¹, Sang-Gyu Koh¹, Tomohiro Aoki¹, Satoru Kisida^{1,2}, and Kentaro Kinoshita^{1,2}

E-mail: b09t3029@faraday.ele.tottori-u.ac.jp

【序論】抵抗変化メモリ (ReRAM) の抵抗スイッチング効果は酸素欠損で構成された導電性フィラメント (CF) が電圧印加により形成/断裂 (フォーミング・セット/リセット) することで生じると考えられている。従来のキャパシタ構造では、一対の電極間に CF が形成されるのみであったが、酸化物層を共有した複数の電極間に CF を形成することで応用の幅が大きく広がると期待される。我々はこれまでに、原子間力顕微鏡 (AFM) による局所陽極酸化 (LAO) を利用した微細横型 ReRAM 構造を作製し、その抵抗スイッチング特性が外部雰囲気の影響を強く受けることを報告した [1]。本研究では、LAO により一つの酸化物層が四つの電極で共有された横型 ReRAM (四端子 ReRAM) 構造を作製し、CF 間の干渉について調査した。【実験】リフトオフにより SiO_2 (100 nm) / Si (675 μm) 基板上に幅 5 μm , 厚さ 5 nm の Ti ラインが十字に交差するよう形成した。Ti ラインに正バイアスを印加しながら接地された AFM チップを走査することで、局所的に Ti を TiO_x に酸化させ、基板水平方向に $\text{Ti}/\text{TiO}_x/\text{Ti}$ 構造を作製した。図 1(a), (b) に四端子 ReRAM 構造の説明図と AFM 形状像をそれぞれ示す。説明図に示される様に、四つの端子を A, B, C, GND (接地) とし、A-GND 間に抵抗変化を誘起した際の A-B, A-C, A-GND, B-GND, C-GND, B-C の 6 通りの抵抗測定を行った。A-GND, B-C の端子間距離 (メモリ層の厚さ) は約 400 nm である。【結果及び考察】制限電流値 (I_{comp}) を 10^{-9} A から 10^{-5} A まで 1 桁ずつ増加させながら繰り返し電圧を印加することで少しずつフォーミング (初期試料に CF を形成する過程) を進行させ、初期抵抗値 ($R_{\text{ini}} \sim 10^{10} \Omega$) から低抵抗値 ($\sim 10^8 \Omega$) になるまで徐々に CF を成長させた。その際に、各端子間で観測される抵抗値 (R) の推移を図 2 (a) に示す。 I_{comp} を 10^{-9} A から 10^{-5} A まで増加させると、A-GND 間だけでなく、全ての端子間の R は徐々に減少した。しかし CF 成長途中 ($I_{\text{comp}} = 10^{-7}$ A) における R は GND 端子を含む端子の組み合わせ (三角) に比べ、A 端子を含む電極の組み合わせ (四角) の方が大きく減少した。また、図 2(b) に低抵抗状態にある素子を負バイアスでリセットさせた時に各端子間で観測される R を示す。GND 端子を含む組み合わせにおいて抵抗の増加が大きいことが分かる。よって、陽極側で抵抗変化が生じることが示された。 [1] 澤居他, 秋季第 74 回応用物理学会学術講演会, 2013 年 10 月, 18a-D3-10.

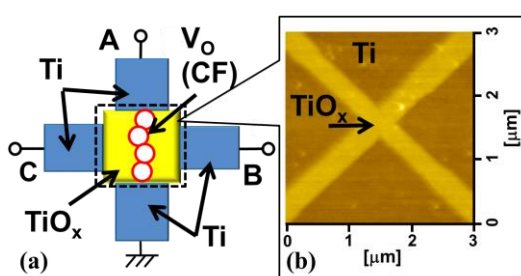


図 1 (a) 四端子 ReRAM 構造の概略図。
(b) 同構造中心部の AFM 形状像

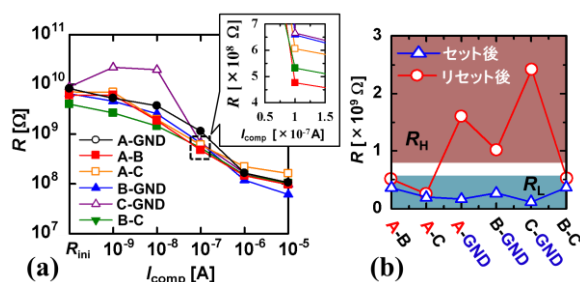


図 2 (a) A-GND 間に徐々に CF を形成した際に観測される各端子間の抵抗推移。 (b) A-GND 間でリセットさせたときの抵抗値の差異。 R_L と R_H はそれぞれ低抵抗と高抵抗を意味する。