

超平坦 a -TaO_x 薄膜を用いた抵抗変化メモリ動作における 導電性フィラメントの直接観察

Observation of Filamentary Conducting Channels in Resistive Switching Operation Using Atomically Flat Films of a -TaO_x

北大院情報¹, 北大電子研² [○]福地 厚¹, 有田 正志¹, 片瀬 貴義², 太田 裕道², 高橋 庸夫¹

Graduate School of IST, Hokkaido Univ.¹, RIES, Hokkaido Univ.²,

[○]Atsushi Tsurumaki-Fukuchi¹, Masashi Arita¹, Takayoshi Katase², Hiromichi Ohta²,
and Yasuo Takahashi¹

E-mail: a.fukuchi@ist.hokudai.ac.jp

次世代不揮発メモリとして知られる抵抗変化メモリの実用化開発を背景に、その基礎原理である金属酸化物の欠陥移動現象に注目が集められている。酸化物による抵抗変化メモリでは一般に、電場による酸素欠陥の移動に伴う導電性フィラメントの形成/破断を基に抵抗変化が発現すると考えられており、動作機構の解明と素子特性の向上に向けて、材料内の欠陥移動の評価が盛んに試みられている。一方でそのサイズが極めて微小であるために、抵抗変化の発生源である導電性フィラメントの形成を直接的に観測した報告はこれまで無く、その特性評価の実現が待たれている。この問題を解決するために我々は、代表的な抵抗変化材料である TaO_x を用いて、試料不均一性の影響が少なくフィラメントの形成・観察に適した、原子レベルで平坦なアモルファス薄膜を PLD 法により新たに作製し、導電性 AFM による抵抗変化動作の局所評価を実施した。

作製したアモルファス TaO_x(a -TaO_x)膜(厚さ: 10 nm)の表面を Fig. 1(a)に示す。膜表面には Sr(Ti,Nb)O₃ (001)基板の 1 単位格子高さステップが維持されており、 a -TaO_x 膜は原子的に平坦である事が分かる。AFM 探針により測定した電流-電圧特性では、抵抗変化の発生を示す明確なヒステリシスを見る事が出来た[Fig. 1(b)]。+2.5V の電圧を印加し低抵抗状態にスイッチした後の膜表面が Fig. 1(c)である。電圧印加箇所を中心とした~50 nm の領域に、~0.5 nm の微小な隆起が発生している。この変形部分では~10 nm 径の導電性フィラメントの形成が観測されたとともに、フィラメント周囲の抵抗は初期状態よりも上昇している事が分かった[Fig. 1(d)]。この結果は、酸化物の抵抗変化において素子面内方向の欠陥移動が主導的な役割を持つ事を強く示唆するものである。

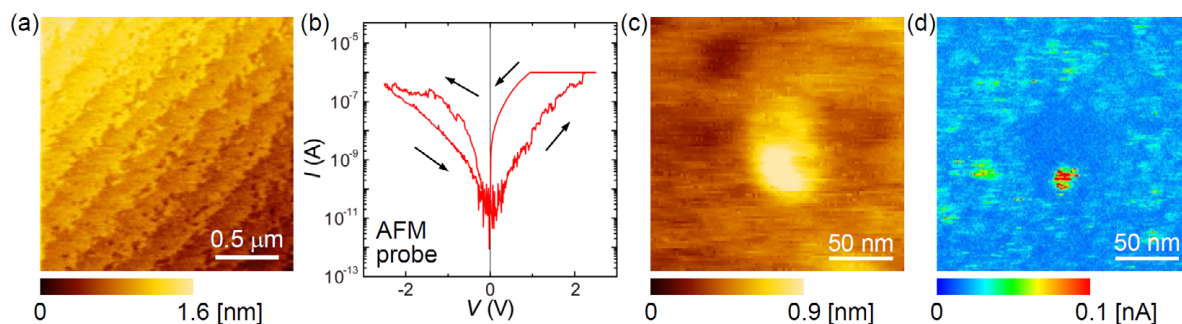


Figure 1. (a) AFM topography image of an as-prepared film of a -TaO_x/Sr(Ti,Nb)O₃ (001). (b) DC I - V characteristics of an a -TaO_x film measured with an AFM probe. (c) AFM topography and (d) AFM current images of an a -TaO_x film after resistive switching to the low-resistance state.