

イオン移動制御に基づく TaO_x へのアナログ的/確率論的抵抗変化機能の 選択的誘起と抵抗変化過程の直接観察

Selectively Induced Analog and Stochastic Resistive Switching in TaO_x and Their Direct Observations by C-AFM

北大院情報¹, 東工大フロ研², 北大電子研³

○福地 厚¹, 片瀬 貴義², 太田 裕道³, 有田 正志¹, 高橋 庸夫¹

Faculty of IST, Hokkaido Univ.¹, MSL, Tokyo Tech.², RIES, Hokkaido Univ.³,

○Atsushi Fukuchi¹, Takayoshi Katase², Hiromichi Ohta³, Masashi Arita¹, and Yasuo Takahashi¹

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

TaO_xをはじめとするアモルファス金属酸化物では、材料組成や電圧印加条件に応じてアナログ型や確率型等と呼ばれる様々な抵抗変化現象が発現する事が知られており、アナログ/確率的ニューラルネットワークのハードウェア再現に向けた有望な材料系として、近年活発な研究開発が展開されている。一方でアモルファス酸化物が示す抵抗変化現象では、その詳細な物理機構が現在までに明らかとなっていないために、従来、所望の抵抗変化機能をデバイスとして選択的に得る事は困難であった。本研究では導電性原子間力顕微鏡(C-AFM)法による原子平坦アモルファス TaO_x 薄膜の詳細な表面観察を通じて、TaO_x においてはイオン移動方向の制御によりアナログ型と確率型の抵抗変化動作を明瞭に切り替え可能である事を見出したので、本講演において報告する。

本研究における C-AFM 計測の測定配置を図 1 に示す。この測定配置において、それぞれ+2.5 V と-3.0 V のパルス電圧列の印加により測定した電流-時間特性が図 2(a)と図 2(c)である。Ta イオンが C-AFM 探針側に蓄積される+2.5 V では連続的なアナログ型のリセット現象が発現するのに対し、O イオンが探針側へと蓄積される-3.0 V では系統的な抵抗変化は発生せず、繰り返しの電圧印加の中で急峻な高抵抗化が確率的に発生する事が明らかとなった。抵抗変化後の TaO_x 膜の C-AFM 観察からは、この確率的な抵抗変化の発生後にのみ膜内にはナノ粒子状の析出物が発生する事が観測された(図 2(b,d))。組成分析からの析出部分の組成式は TaO₂ であると示されており、TaO_x における確率的抵抗変化機能には、準安定 TaO₂ 相の析出が重要に寄与する事が示唆された。

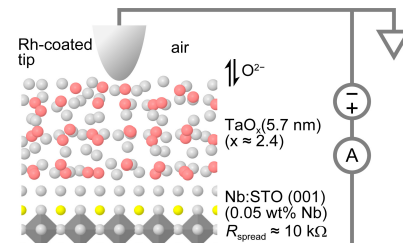


Fig. 1. Schematic illustration of the experimental setup for our C-AFM measurements of TaO_x(5.7 nm)/Nb:STO (001) thin films having atomically flat surfaces.

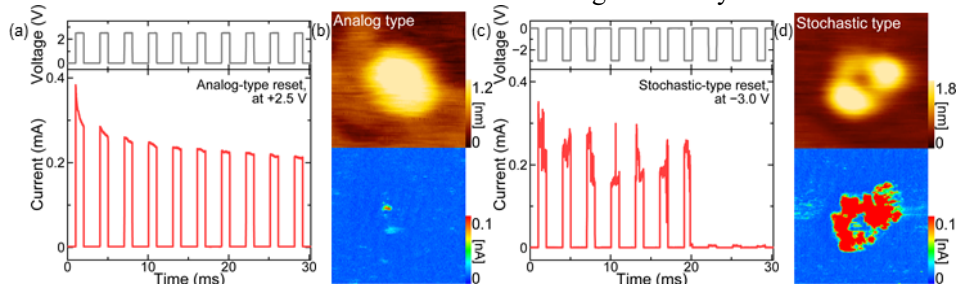


Fig. 2. Current-time characteristics of a TaO_x(5.7 nm)/Nb:STO (001) thin film measured under pulsed voltage stresses of (a) +2.5 V (in analog mode) and (b) -3.0 V (in stochastic mode) by C-AFM. (top) Topographic and (bottom) current C-AFM images of the TaO_x thin film observed after the (b) analog- and (d) stochastic-type reset phenomenon. The scan size is 200 × 200 nm².