

ルチル型 TiO_2 単結晶の酸素空孔分布制御と抵抗変化特性

Resistive switching properties of oxygen vacancy distribution controlled rutile TiO_2

○下谷将人、竹内正太郎、酒井朗

(阪大院基礎工)

○Masato Shimotani, Shotaro Takeuchi, Akira Sakai

(Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ.)

E-mail: sakai@ee.es.osaka-u.ac.jp

背景：抵抗変化を示す TiO_2 は、メモリスタ素子の材料候補として期待されている。メモリスタ素子の動作原理は、外部電圧印加に伴うドーパント分布の遷移による抵抗値の変化である[1]。今後、抵抗変化の多値機能性やシナプスの結合等、メモリスタ素子の機能を拡充していく上で、精密なドーパント分布制御は不可欠である。前回、我々はルチル型 TiO_2 単結晶基板上に 2 端子平面素子構造を作製し、ドーパントである酸素空孔の分布の遷移に起因する電気着色現象が光学顕微鏡によって観察できること、および同領域の結晶内部構造を明らかにした[2]。今回、我々は 4 端子平面型素子の電圧印加による酸素空孔分布の制御を試み、抵抗変化特性との関連性を明らかにした。

実験方法：(100)面方位 TiO_2 単結晶基板を用い、結晶中に酸素空孔を導入するため、真空度 10^{-6} Pa で 700°C 、6 時間の還元熱処理を行った。その後、図 1 のように、基板表面上に Pt 電極を配置した 4 端子平面型素子を作製した。真空プローバー内において、電極 2 と 4 を接地し、電極 1 と 3 に同時に正または負の一定電圧 $V_{1,3}$ を印加した後、電極 2-4 間に電圧 1 V で流れる電流 $I_{2,4}$ を計測した。また、電圧印加および電流計測の各段階で、光学顕微鏡を用いて素子を観察した。

実験結果： $V_{1,3}$ および $I_{2,4}$ の経時変化を図 2 に示す。 $V_{1,3}=+8$ V で 500 秒間印加すると、 $I_{2,4}$ が当初の値よりも増加した。同段階における光学顕微鏡像を図 3 に示す。電極 2-4 間に繋がる暗いコントラスト、すなわち酸素空孔の集積による電気着色現象が確認できる。その後、 $V_{1,3}$ を -1 V から -8 V まで段階的に印加し、 -8 V の電圧印加時間が合計 100 秒間に達すると、 $I_{2,4}$ が減少した。図 4 はその際の光学顕微鏡像であり、図 3 で観察された暗いコントラスト領域が電極 1 と 3 側へ遷移した様子が確認できる。この結果は、電極 2-4 間の酸素空孔集積領域が消失したことを意味しており、負電圧印加による $I_{2,4}$ の減少、すなわち電極 2-4 間の抵抗上昇と対応している。図 2 では、その後、 $V_{1,3}$ として正電圧・負電圧を順次印加することで、 $I_{2,4}$ が増加・減少しており、4 端子素子への電圧印加による酸素空孔分布制御に基づいて素子抵抗値を変化できる可能性が示された。

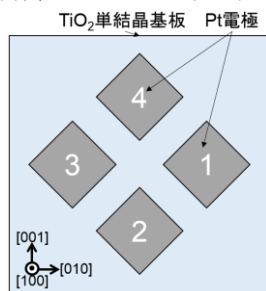


図 1. 作製した 4 端子平面型素子構造の模式図

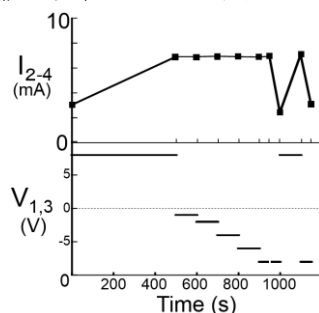


図 2. $V_{1,3}$ および $I_{2,4}$ の経時変化

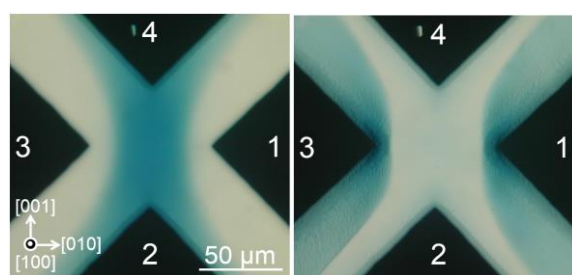


図 3. +8 V、500 秒間印加後の素子の光学顕微鏡像

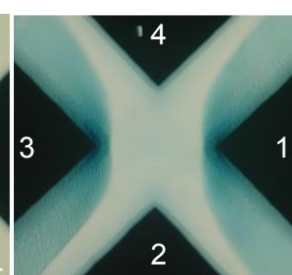


図 4. -8 V、100 秒間印加後の素子の光学顕微鏡像

[1] B. Strukov *et al.*, Nature **453**, 80-83 (2008). [2] 下谷将人ら, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-2H-4 (2015).