

反応性スパッタ法により作製した TiO_x 系 ReRAM の電気特性評価

Evaluation of TiO_x ReRAM fabricated by reactive sputtering

北大・院情報, ○福本 泰士, 勝村 玲音, 福地 厚, 有田 正志, 高橋 庸夫
Hokkaido Univ., ○T.Fukumoto, R.Katsumura, A.Tsurumaki-Fukuchi, M.Arita, Y.Takahashi
E-mail:taiji2910@eis.hokudai.ac.jp

背景

酸化チタンは単純酸化物および複酸化物の状態電子デバイスに広く応用されており、電圧印加により抵抗値が可逆的に変化する抵抗変化メモリ(ReRAM)はその応用例の 1 つである。近年では脳の情報処理機能を模倣した脳型 ReRAM チップの開発にも用いられており、興味深いメモリである。応用のためには、酸化状態の制御された TiO_x 薄膜を再現性良く作製する必要がある。本研究においては、反応性スパッタ法に注目し、スパッタガス中の酸素濃度が TiO_x 薄膜の電気特性に与える影響について調べた。

試料作製

TiO_x の成膜には、金属 Ti の RF 反応性スパッタ法を用いた (Canon-Anelva E-200S-H, 100 W, 室温)。基板はターゲットの上方 95mm におかれた SiO_2/Si であり、純 Ar と $\text{Ar-O}_2(9.6\%)$ との混合比を変化させることにより種々の TiO_x 薄膜を作製した。成膜速度測定、XPS による状態分析と XRD による構造評価を行った。また、膜面内、膜面垂直方向の抵抗率特性、および ReRAM デバイス ($\text{Pt}/\text{TiO}_x(50\text{ nm})/\text{Pt}$, $100 \times 100 \mu\text{m}^2$) のスイッチ特性を評価した。

実験結果とまとめ

スパッタガス中の酸素濃度による成膜速度変化を Fig.1 に示す。酸素濃度の増加に伴い成膜速度が徐々に増加するが、1.5%~1.8%において急激に減少した。この変化は他材料と比べて急激であった。この境界濃度は装置の真空リークの度合いにより変化した (バッチ 1~3) が、この事からも良好な再現性実現のためには酸素量の厳密な制御が必要であることがわかる。また、すべてのバッチで境界濃度を境に金属光沢が消失した。以下、バッチ 1 の成膜条件で作製した膜の評価を行う。酸素濃度に対応する XPS 測定結果スペクトルを Fig.2 に示す。0% O_2 では、明確な Ti^0 のピークが観測できる。1.5% O_2 では Ti^0 が消失しているが、弱いながらも Ti^{3+} のピークが見られ、 TiO_x 中に Ti_2O_3 の存在が予想される。それに対して 1.6% O_2 以上の試料では Ti^0 , Ti^{3+} のピークが消失し、完全に TiO_2 となっているとわかる。また XRD 測定によると、0% O_2 試料ではブラッグピークが観察されたが、1.5% O_2 以上の試料では確認されず、アモルファス酸化物になっていると考えられる。電気抵抗率の測定結果を Fig.3 に示す。酸素濃度の増加に伴って電気抵抗率が増え、境界濃度では 9 桁以上増加して絶縁体となった。酸素濃度増加により TiO_x の酸化度は増大し、絶縁性が増したものと考えられる。ReRAM デバイスの Forming 動作を Fig.4 に示す。抵抗変化前の電流変化に注目すると、1.6% O_2 ReRAM では電流が多く流れて、3.0% O_2 の試料では電流値が小さく、また Forming 電圧も大きい。この違いは TiO_x 薄膜内の酸化度の違いに起因すると考えられる。境界濃度近辺の酸素量を詳細に制御することにより、抵抗値、スイッチ電圧などの ReRAM 特性制御を期待できる。

謝辞：本研究の一部は科研費 (15H01706, 16H0433906, 16K18073) の支援を受けて実施されたものである

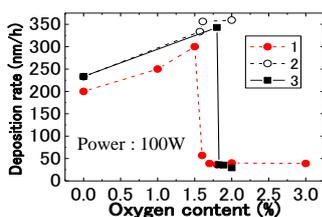


Fig.1 Deposition rate

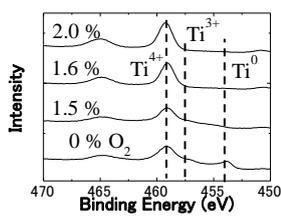


Fig.2 XPS spectra

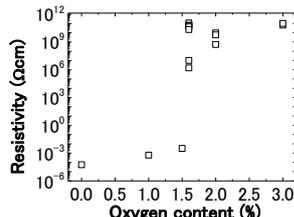


Fig.3 Resistivity

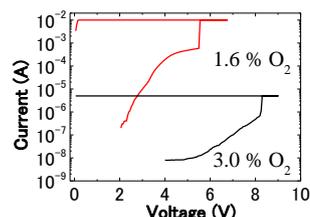


Fig.4 I-V switching