

酸化タンタル膜の抵抗スイッチ現象における SET 時間分布に対する RESET 電圧の影響 Effect of RESET voltage on SET switching time of bipolar resistive switching in a tantalum oxide thin film

西 義史^{1,2}, S. メンツェル¹, K. フレック¹, U. ベトガー¹, R. ヴァザー¹

¹アーヘン工科大学 電子工学材料第二研究室, ²株式会社 東芝 研究開発センター

Yoshifumi Nishi^{1,2}, Stephan Menzel¹, Karsten Fleck¹, Ulrich Böttger¹, and Rainer Waser¹

¹IWE2, RWTH Aachen University, ²Corporate R&D Center, Toshiba Corporation

E-mail: yoshifumi.nishi@toshiba.co.jp

遷移金属酸化物膜に見られるバイポーラ型抵抗スイッチ現象は、次世代不揮発メモリやクロスバーロジック等への応用が期待されている。その中で酸化タンタル TaO_x は、繰り返し動作に対する耐性が高く、状態保持時間が長い等、実デバイス応用に必要な高い信頼性を備えており、多くの関心を集めている [1]。

成膜直後の TaO_x は良好な絶縁体であるため、抵抗スイッチ現象を引き起こすためには、スイッチ操作に先立って高電圧を印加し、内部に酸素欠損による伝導パス (フィラメント) を形成する必要がある (フォーミング)。このフィラメントは、電圧印加によって崩壊 (RESET) するが、逆方向の電圧を印加することで再形成 (SET) することができる。これが抵抗スイッチ現象の起源であると考えられている [2]。

一般に、SET に必要な電圧条件はフォーミング条件よりも弱い。このことは、RESET 動作によってフィラメントは完全に消滅するわけではなく、フィラメントの一部が内部に残っており、SET はフィラメント断片の再接続であることを意味している。従って、SET が起こる過程は直前の RESET 条件に大きく依存すると考えられる。

我々は今回、パルス測定技術を用いて、ナノ～マイクロ秒領域における TaO_x 薄膜の SET 現象について、そのスイッチ時間に対する RESET 電圧の影響を統計的に調べた。

本研究で用いた TaO_x 薄膜は、あらかじめ Si 基板上に成膜した Ta 膜の表面を 5 nm ほど酸化することによって得られたものである [3]。 TaO_x 膜の下に残った Ta は下部電極として機能する。 TaO_x 表面には Pt を成膜し、25 μm 角に切り出して上部電極とした。

フォーミング後、セルの上部電極に正電圧の 100 ms パルスを印加して RESET し、続いて負電圧パルスを印加して、SET するまでの様子を観測した [3]。電圧印加後しばらくは低電流プラトー領域が見られるが、ある時点で SET が起こり、数 ns 以内の極めて急激な電流増加が起こる。電圧印加から SET による急激な電流変化までの時間を SET 時間とし、同一セル内で繰り返し測定して SET 時間の統計分布を調

べた。

図 1 は SET 電圧 $V_S = -1.5, -1.4, -1.3, -1.2$ V おける SET 時間分布のワイブルプロットを、異なる RESET 電圧条件 $V_{RS} = 4.0, 3.5, 3.0$ V について比較したものである。実線はクラスタリング分布モデル [5] によるフィッティングカーブである。 $V_{RS} = 4.0$ V の場合は、SET 時間分布は傾き 2 程度の直線になり、ワイブル分布で記述できることが分かる。しかし、 V_{RS} が小さくなるに従って、分布は右方向へ湾曲した形状に変化する。統計解析の結果、この分布形状変化は低電圧 RESET 時の弱いフィラメント切断に伴う、断片形状のばらつきに起因していると考えられる。

[1] Z. Wei, et al., IEDM p.293 (2008). [2] F. Miao, et al., Adv. Mater. 23, 5633 (2011). [3] Y. Nishi, et al, IEEE Electron Device Lett. 35, no.2, 259 (2014). [4] S. Menzel, et al., Adv. Funct. Mater. 21, 4487 (2011). [5] E. Y. Wu, et al., Appl. Phys. Lett. 103, 152907 (2013).

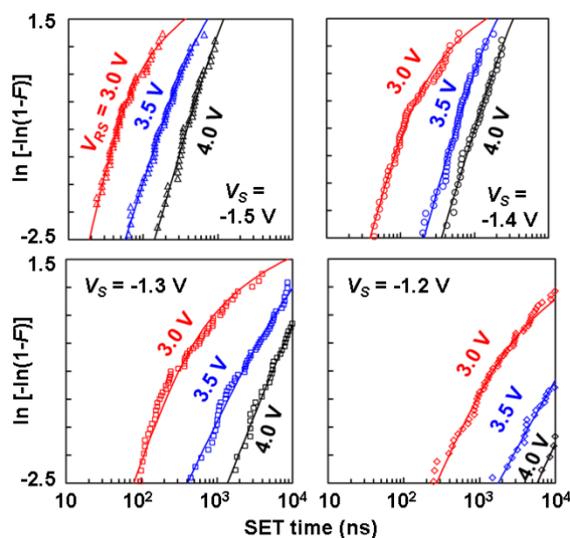


図 1 : Weibull plots of SET time distributions measured with RESET voltages of 3.0, 3.5 and 4.0 V for SET voltage = -1.5 (upper left), -1.4 (upper right), -1.3 (lower left) and -1.2 V (lower right).