

Cu/Ta₂O₅/Pt 素子における Cu フィラメント形成過程の活性化障壁測定

The Activation Energy for the Switch-ON Process of a Cu/Ta₂O₅/Pt Device

早大先進理工¹、物材機構²、○(B)重岡祐貴¹、長谷川剛¹、鶴岡徹²

Waseda Univ¹、NIMS²、○(B)Yuki Shigeoka¹、Tsuyoshi Hasegawa¹、Tohru Tsuruoka²

E-mail:syuki_shigeokag@ruri.waseda.jp

はじめに：金属イオンの拡散とその酸化・還元反応を利用して金属酸化物中における金属フィラメントの形成と消滅を制御して動作する「原子スイッチ」は、次世代不揮発性メモリや脳型コンピュータにおけるシナプス動作素子として期待されている[1]。そのスイッチオン動作では、1) 活性電極から金属酸化物層への金属イオンの供給、2) 金属酸化物層中の金属イオンの拡散、3) 対向電極との界面における金属核形成、4) 活性電極に向かうフィラメント成長が起こる[2]。本実験では、フォーミング過程におけるスイッチオン時間の温度依存性を測定することで、律速過程の同定とその活性化障壁を求めることを目的とした。

実験：電子線ビーム蒸着装置を用いて SiO₂ 基板上に下部電極となる Pt (20nm)/Ti (5nm) 層、金属酸化物層である Ta₂O₅ (10nm) 層、上部電極となる Cu (20nm) 層を形成した。さらに、Cu 層の上に保護膜として Pt 層を形成した。この際、メタルマスクを用いて、素子部のサイズが 50μm × 50μm となるクロスバー型の素子構造を作製した。作製直後の素子に対して、真空中で一定電圧 (900mV) を印加することでスイッチオンとなるまでの時間を、313K、333K、353K の各温度で測定した。

結果と考察：図 1 に、各温度におけるスイッチオン時間の平均値を示す。最小二乗法を用いて近似曲線を求め、アレニウスの理論式から活性化エネルギーを計算した結果、約 1.15eV となった。

1 回目のスイッチオン動作（フォーミング過程）であることから、金属イオンの拡散が律速過程となっており、得られた活性化障壁は Ta₂O₅ 層におけるイオン拡散に対するものであると想像される。しかしながら、本結果のみでは同定が難しいことも事実であり、今後、2 回目以降のスイッチング動作における活性化障壁や膜厚依存性を測定することで、律速過程の同定を進めていく予定である。これらの検討結果を含めて、当日は発表を行う予定である。

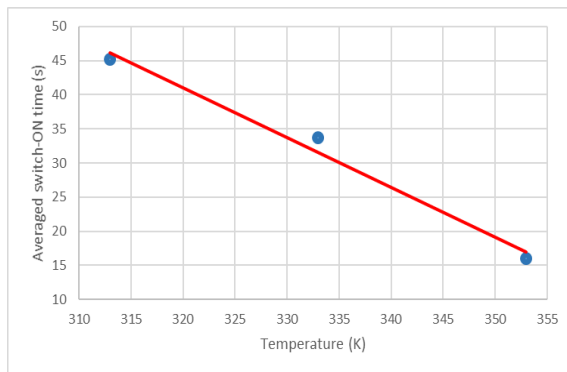


Fig.1 Temperature dependence of switch-ON time.

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金・新学術領域研究 (JP16H00972) の支援を受けて行われた。

参考文献：

[1] T. Hasegawa et al., Adv. Mater., 24, 252-267 (2012).

[2] T. Tsuruoka et al., Nanotechnology, 22, 254013 (2011).