# Ag/$HfO_2$/Pt 接合型原子スイッチ動作の電圧, $HfO_2$ 膜厚, 温度依存性測定

## Voltage, $HfO_2$-thickness and Temperature Dependence of a Ag/$HfO_2$/Pt Gapless-type Atomic Switch

早大先進理工　○(B)和田 直也，長谷川 剛
Waseda Univ. , °(B)Naoya Wada, Tsuyoshi Hasegawa
E-mail: nao_santi07@akane.waseda.jp

**はじめに：**2 つの金属電極で金属酸化物層を挟んだ素子構造をもつ接合型原子スイッチは、電圧印加による金属酸化物層内での金属イオンの拡散と金属/酸化物層界面における酸化還元反応の制御により動作し、半導体に代わる次世代メモリ素子やシナプス動作素子としての利用が期待されている。特に今後の人工知能への応用を考えていく上では、電圧印加によりアナログ的に複数の抵抗状態を制御出来るか否かが重要になってくる。本研究で対象とした Ag/$HfO_2$/Pt 接合型原子スイッチでは忘却曲線に類似した抵抗変化の再現や電圧パルス印加によっての長期増強、長期抑圧の実現などがすでに行われている[1]。そこで本研究では、Ag/$HfO_2$/Pt 素子での Forming、SET 動作の電圧、$HfO_2$ 膜厚、温度依存性の測定を通して動作特性の詳細を明らかにすることでアナログ的な抵抗変化の制御を目指している。

**実験：**$SiO_2$ 基板上に電子ビーム蒸着装置を用いて、下部電極として Pt(20 nm)/Ti(5 nm)を、上部電極として Pt(20 nm)/Ag(30 nm)を積層した。また金属酸化物層の $HfO_2$(15 nm、22.5 nm、30 nm)は Ar と $O_2$ ガスを導入した RF スパッタ装置を用いて蒸着した。蒸着の際にメタルマスクを用いてクロスポイントが 50 μm×50 μm のクロスバー構造を作製した。素子の動作特性測定は、半導体パラメトリックアナライザ 4155C を用いて室温、大気中で行った。ただし温度依存性の実験のみ真空中で温度を制御した上で行った。

**結果と考察：**図 1 に、真空中、室温(300 K)下で上部電極に 1.7 V の一定電圧を印加した時の抵抗の時間変化を示す。初期抵抗の$10^{12}$ Ω程度から Forming までの間に$10^{10}$、$10^{8}$ Ω程度の安定した抵抗状態を取っているように見える。また図 2 に、真空中で 1.7 V の電圧印加を 300 K、315 K、330 K の条件下でそれぞれ行った際の Forming 時間を示す。このグラフの傾きから活性化障壁は約 0.9 eV と求められた。$Ta_2O_5$ 中における $Ag^+$拡散の活性化障壁は約 0.4 eV であり、$HfO_2$ 層では $Ag^+$の拡散が起こりにくいためにフィラメントの成長を途中で止め得る可能性がある。このほか当日は $HfO_2$ 素子での電圧、膜厚依存性も含めて議論する。

参考文献　[1] L. Chen et al. Electronics 2018, 7, 80; doi:10.3390/electronics7060080.

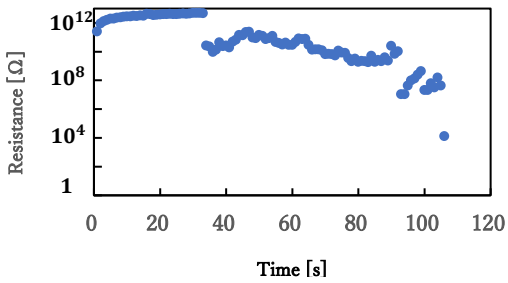


Fig. 1. Change in resistance when 1.7 V was applied to a Ag/$HfO_2$/Pt device.

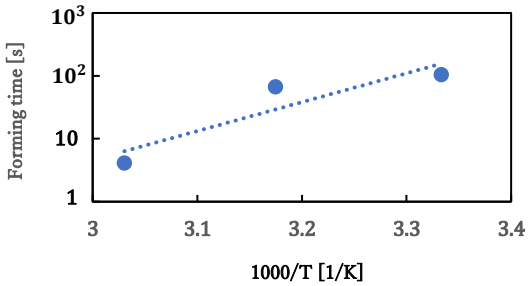


Fig. 2. Temperature dependence of a Forming time. ($HfO_2$ thickness : 30 nm)

© 2019年 応用物理学会