

Ga ベース液体金属合金の表面酸化膜制御による抵抗変化素子への応用

Application to Resistive Switching Device by

Oxide Skin Control of Ga-based Liquid Metal Alloy

龍谷大理工,[○]西郷 太輔, 小牧 秀和, 馬場 稔也, 番 貴彦, 山本 伸一Ryukoku Univ.,[○]T. Saigo, H. Komaki, T. Banba, T. Ban, S.-I. Yamamoto

E-mail : shin@mail.ryukoku.ac.jp

はじめに

近年、常温で液体の金属は、その形状の自由度から新たな材料として注目されている。代表的な Ga-In-Sn 合金に対して、Al, Hf 等を添加すると、ギブスエネルギーの変化量の差によって表面に添加した金属の酸化物を得られることが発表された[1]。Fig. 1 に金属酸化物のギブスエネルギーの一覧を示す。本研究では、Ga-In-Sn 合金に対して、Ta を添加することで表面に Ta₂O₅ 膜を形成し、酸化物を含む Metal Insulator Metal : MIM 構造における抵抗変化素子の動作実証を目的とした。

実験方法

素子の作製方法を以下に示す。はじめに SiO₂/Si 基板上に、フォトリソグラフィにより 10 μm 角の島状のレジストを形成後、下から順に、密着層 Al(10 nm)/ 電極 Au(10 nm)/ 絶縁層前駆体 Al(80 nm)を抵抗加熱蒸着を用いて成膜した。リフトオフにより、断面が露出したホールを作製し、UV オゾンによる酸化雰囲気下で 60 分間 Al を酸化させた。次に、絶縁膜として自己組織化単分子膜(OPA-SAM)を Al 酸化膜に選択形成した。最後に、Ta 添加 Ga-In-Sn 合金を滴下し、真空引きにより脱泡を行った。これにより、Au 電極断面と液滴酸化膜と Ga-In-Sn の MIM 構造を作製した。また、Ga-In-Sn と Au の界面の酸化膜で抵抗変化が起こることを確認するために、絶縁膜である SAM/AlO_x の絶縁性評価を行った。その後、絶縁破壊した両素子の絶縁膜を EDS により比較した。

実験結果

Fig. 2 に I-V 特性を示す。なお電流値は絶対値で対数により表示している。陽極を Ta 添加 Ga-In-Sn とし、+1.2 V まで掃引した後、+1.2 V から -1.2 V まで逆掃引を行い、-1.2 V から 0 V まで

掃引した。Fig. 2 より、+0.85 V 印加時に低抵抗化が確認され、また、-0.6 V から -1.1 V にかけて高抵抗化している。また、SAM/AlO_x の絶縁性を評価した結果、5.0 V の絶縁破壊電圧を確認している。絶縁破壊後の両素子の EDS 測定結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3(a)より、SAM/AlO_x 絶縁膜における絶縁破壊後は、Al 膜への Ga, In, Sn の拡散が見られる。これに対して、Fig. 3(b)の Ta 添加 Ga-In-Sn 酸化膜が Au と接触している構造の素子においては Al 膜への Ga, In, Sn の拡散は確認されなかった。よって、今回観測された抵抗変化は、Au と Ta 添加 Ga-In-Sn 金属の界面で起こったといえる。また、その界面には、Ta を添加したことにより、ギブスエネルギーの一番小さな Ta₂O₅ 膜が形成されていると考えられる。以上より、Ta 添加 Ga-In-Sn を用いた抵抗変化素子の動作実証に成功した。

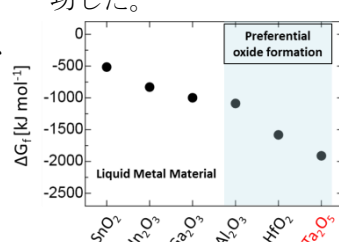


Fig. 1 Gibbs free energy of formation for selected metal oxides.

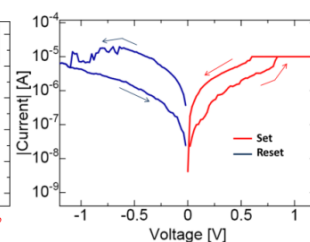
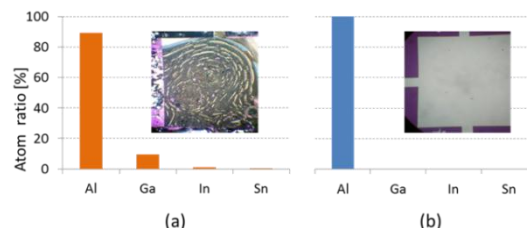


Fig. 2 I-V Characteristic of resistive switching device.

Fig. 3 Elemental analysis of (a) the SAM/AlO_x device and (b) the Au contacted device.

[1]Ali Zavabeti, Jian Zhen Ou, Benjamin J. Carey, et al., *Science* **358** (6361),pp 332-335, (2017).