

第 69 回応用物理学会春季学術講演会に参加して

永井 慈
Meguru NAGAI

電子情報学専攻修士課程 1年

1. はじめに

私は 2022 年 3 月 22 日から 26 日に青山学院大学相模原キャンパスにて開催された「第 69 回応用物理学会春季学術講演会」に参加した。この講演会において、私は「Ga 系液体金属合金の表面酸化膜転写と抵抗変化型素子への応用」というタイトルでポスター発表を行った。

2. 研究背景

液体金属合金は表面に極薄で均一な金属酸化膜を形成する。酸化膜を液体金属合金から転写することで、数 nm の金属酸化膜を大気下で成膜できる。しかし、論文などで現在主流である液体金属を基板で押しつぶす転写方法では一部の金属には液体金属が多く残留するため電極材料などが制限される。そこで、本研究では PDMS を用いて液体金属合金を残留させないよう表面酸化膜を剥離し、金属薄膜上に転写した。また、酸化膜を用いた抵抗変化型素子の動作実証を行った。

3. 実験方法

PTFE ビーカー内に Ga を 1 g 投入し、ホットプレート上に乗せ、80℃ で加熱し融解させた。In を 0.313 g と Sn を 0.146 g で投入し、重量比 68.5 : 21.5 : 10.0 の割合で Ga-In-Sn 液体金属合金を作製した。図 1 に液体金属合金の表面酸化膜転写方を示す。作製した Ga-In-Sn をスコッチテープに 7~9 mm×1.5 cm 程に切り、その上に液体金属合金を着滴し幅 1 cm×1 mm 程に広げて、PDMS 上にテープで液体金属合金を滑らせた。PDMS 疎水性を示すため、液体金属が残らずに酸化膜だけを PDMS 上

に転写することができた。その後、PDMS を UV 洗浄を行った基板に対して押し付けることで、酸化膜を基板へと転写することが出来た。

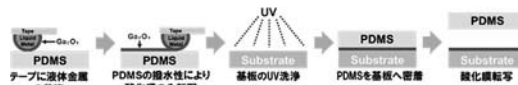


図 1 PDMS を用いた液体金属合金の表面酸化膜転写法

4. 実験結果

4.1 転写した表面酸化膜の観察

図 2 に UV 洗浄前後で基板に転写される酸化膜の面積を確認した。基板に転写する際、UV 洗浄を行い表面改質することで転写されやすさが変わることが分かった。

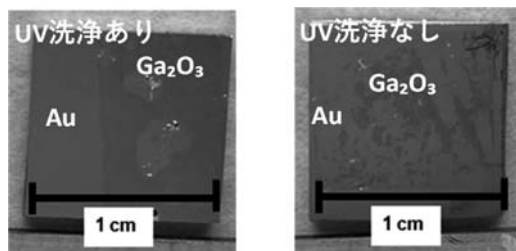


図 2 UV 洗浄による基板への表面酸化膜の転写されやすさの変化

次に、転写した表面酸化膜を光学顕微鏡と AFM を用いて観察した。図 3 に Au 上に転写した表面酸化膜の光学顕微鏡像と AFM 像を示す。光学顕微鏡像から Au 上に酸化膜が転写できたこと、液体金属の粒子が付着していないことが分かり、PDMS を用いることで液体金属の残留をなくして転写できていることが確認できた。また、AFM で観察し酸化膜の膜厚を測定したところ、厚さは 7.1 nm ほどであることが分かった。また、薄膜は多層化することで様々な性質を表すため、その端掛けとして表面酸化膜の積層化も行った。図 4 に示すように表面酸化膜の多層化に成功し、2 層の膜厚は 14 nm ほどであった。

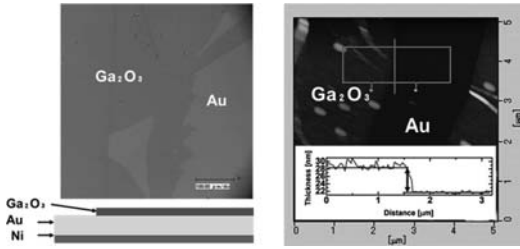


図3 Au/Ni 薄膜上に転写した表面酸化膜の光学顕微鏡像と AFM 像

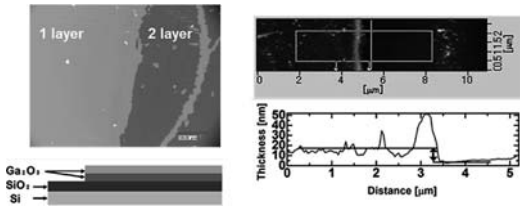


図4 2層に積層した表面酸化膜の光学顕微鏡像と AFM 像

4.2 表面酸化膜を用いた抵抗変化型素子

最後に表面酸化膜の応用例として抵抗変化型素子を作製し動作実証を行った。図5に素子作製手順を示す。表面酸化膜を転写した PDMS を、抵抗加熱蒸着を用いて蒸着した下部電極 Au/Ni に密着させ、絶縁体層となる表面酸化膜を再転写した。その後、抵抗加熱蒸着を用いて上部電極となる Al を蒸着して Al/Ga₂O₃/Au/Ni の抵抗変化型素子を作製した。作製した抵抗変化型素子の動作を半導体パラメータアナライザーを用いて評価した。結果を図6に示す。この素子では +1.5 V 付近で低抵抗状態に遷移する SET 動作を、-1 V 付近で高抵抗状態に遷移

する RESET 動作を示した。また、この素子では繰り返しの動作が確認されなかった。これは、絶縁体層となる表面酸化膜が数 nm と薄いため絶縁破壊が起こりやすくなっていたからだと考えられる。

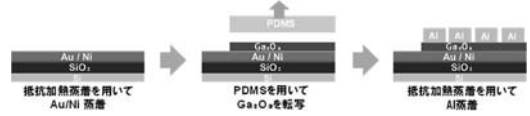


図5 表面酸化膜を用いた抵抗変化型素子の作製手順

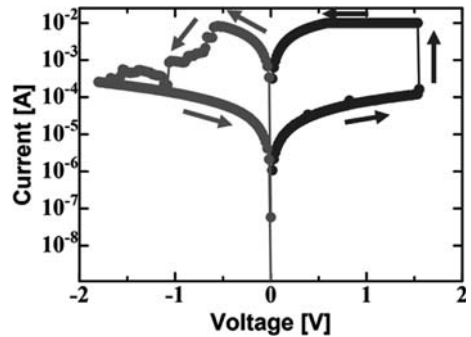


図6 作製した抵抗変化型素子の動作実証

5. おわりに

今回の発表にあたり、ご指導頂きました山本伸一教授に心より感謝いたします。また、様々なことで質問、議論をさせて頂いた山本研究室に所属している院生の先輩方、同級生の方々に御礼申し上げます。