

第 80 回応用物理学会春季学術講演会に参加して

小 牧 秀 和
Hidekazu KOMAKI
電子情報学科 4 年

1. はじめに

私は 2019 年 9 月 18 日から 21 日にかけて開催された第 80 回応用物理学会秋季学術講演会に参加し、「湿式、乾式成膜による Ta₂O₅ 薄膜を用いた抵抗変化型素子の作製と比較」という題目でポスター講演を行った。

2. 背景

不揮発性メモリの一種である抵抗変化型メモリ (ReRAM: Resistive Random Access Memory) は、金属酸化物を電極で挟み込んだ構造をしており、電極間に電圧を印加すると金属酸化物の抵抗値が変化する現象を利用したメモリである。その単純な構造から高集積化が可能であり、動作速度もピコ秒オーダーでの動作報告があるなど、現行のフラッシュメモリに置き換わる記憶媒体として注目されている。

現在、金属酸化物層の成膜には ALD (Atomic Layer Deposition) 法やスパッタリング法などのドライプロセスが主流であるが、これらは真空中での成膜が主であり、環境を整備するために多額のコストを要する。一方、スピコート法、ディップコート法などのウェットプロセスは真空装置を必要としないため大気中での成膜が可能である。また、一度に大量の基板への成膜ができ、コスト面でドライプロセスより優れている。

そこで本研究では、ドライ、ウェットプロセスによりそれぞれ成膜した Ta₂O₅ 薄膜を用いて 2 種類の抵抗変化素子を作製し、評価・比較を行った。

また、ReRAM の電気伝導メカニズムを考察するため、それぞれ特性データより解析を行った。

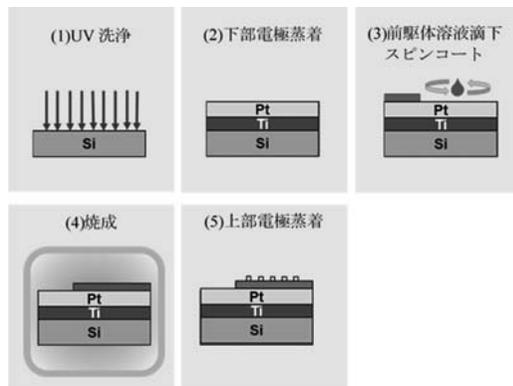
3. 実験方法

Fig. 1 に作製図を示す。始めに Si 基板を UV 洗浄し、下部電極として Pt/Ti をそれぞれ RF スパッタリングにより成膜した。次に下部電極を露出させる部分を保護した。

ここでプロセスを分け、ドライプロセスでは反応性 RF スパッタリング法を用いて Ta₂O₅ 薄膜の成膜を行った。成膜条件はターゲットを Ta₂O₅、チャンバー圧力を 3 Pa、放電及び反応ガスを Ar : O₂ = 9 : 1 [sccm]、RF 電力を 100 W、成膜時間を 30 min とした。

ウェットプロセスでは調製した前駆体溶液を滴下滴下、スピコート (3000 rpm_30 sec) したのち電気炉で 600°C_1 h. 焼成を行い、非晶質の Ta₂O₅ 薄膜を得た。

最後に直径 500 μm の Al 円形電極パターンを抵抗加熱蒸着により成膜した。



作製した試料は半導体デバイスパラメータアナライザ (Keysight B1500A) を用いて I-V 特性測定を行い、ドライ、ウェットプロセスで特性を比較した。

4. 測定結果

4.1 I-V ヒステリシス特性

I-V ヒステリシス特性の結果を Fig. 2 に図示す

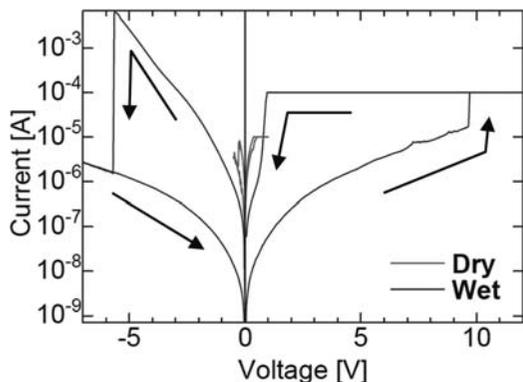
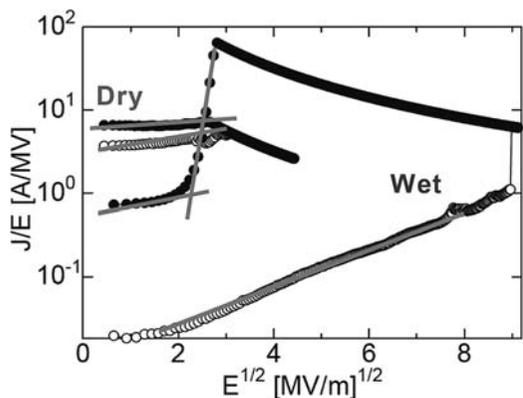
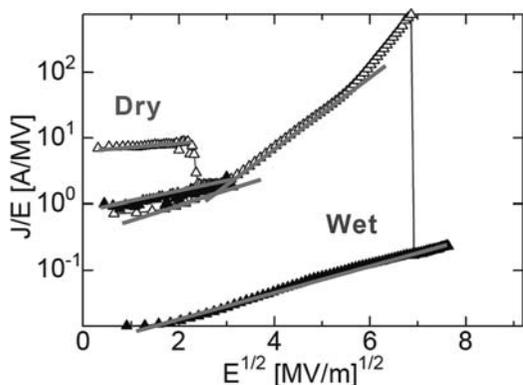


Fig. 2 I-V ヒステリシス特性



(a) は正バイアス印加時



(b) は負バイアス印加時

Fig. 3 P-F プロット

る。電流制限は正バイアスにおいてドライ成膜の素子は $50 \mu\text{A}$ 、ウェット成膜の素子は $100 \mu\text{A}$ とした。両素子とも抵抗変化動作を確認することができ、ドライ成膜の素子がウェット成膜の素子に比べ約 1/10 の駆動電圧で動作することがわかった。

4.2 Poole-Frenkel 伝導機構の調査

Poole-Frenkel (PF) 伝導機構は、絶縁体中で電気伝導を妨げるエネルギー障壁が電界によって低下し、そこへ熱エネルギーが加わることにより電子が伝導帯に放出されて起こる現象である。これは横軸に $E^{1/2}$ を、縦軸に $\ln(J/E)$ をとった P-F プロットにおいて正の勾配が見られるとき発生が示唆される。

特性データの P-F プロットを Fig. 3 に図示する。Fig. 3 (a) は正バイアス印加時、(b) は負バイアス印加時である。両素子とも Set, Reset において正の勾配が見られ、前述の通り PF 伝導が発生していることが示唆されている。

5. まとめ

ウェット・ドライ両プロセスで成膜した Ta_2O_5 薄膜を用いて抵抗変化素子を作製し、特性の比較及び伝導機構の考察を行った。

今回の解析で PF 伝導の発生が示唆されたが、PF 伝導は温度により変化する性質も持つため、同定には更に条件を変化させた解析が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導頂いた番 貴彦先生、山本伸一先生に心より感謝いたします。そして、日頃の研究においてご協力していただき、活発な議論をしていただいた山本・番研究室の同級生、先輩方に御礼申し上げます。