

SiO_x/TiO_x/SiO_x構造の抵抗変化素子を用いた 1C1R 回路の作製と評価

Fabrication and Characterization of 1C1R array using SiO_x/TiO_x/SiO_x resistive change cell

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

中村光我

指導教員 相川慎也 研究協力者 岩澤侑司, 牧島唯斗

ビッグデータ化に伴い、膨大なデータの高速通信が必要とされる中、高速動作、集積化が容易なメモリデバイスとして ReRAM が注目されている。キャパシタとの直列 1C1R 回路が提案されているが、実デバイスの報告は限定的である。本研究では SiO_x/TiO_x/SiO_x 構造の抵抗変化素子を用いて 1C1R 回路を試作し、特性を評価する。

キーワード：抵抗変化型メモリ, ReRAM, 1C1R

1. 緒言

近年の情報社会の発展による情報量の増加に伴い、占有面積、データの書き換えや読み出しにかかる電力の増加、そしてデータアクセスに要する時間が課題となっている[1]。このような課題を踏まえ、動作速度が速く集積化が容易な抵抗変化メモリ(ReRAM)が最適である。

ReRAM を集積するにあたり、初期案として ReRAM の上下を平行な金属線で挟んだクロスバー・アレイが提案されてきた。しかしこの構成では意図しないスニーク電流が発生し、余分なエネルギー消費やターゲットセルへの書き込み動作が失敗する欠点がある[2]。スニーク電流を除去するために、1つのメモリセルに対して1つのトランジスタを組み合わせた 1T1R 型が提案された[3]。この構成によりスニーク電流の除去は可能となったが、一方で高抵抗状態から低抵抗状態、または低抵抗状態から高抵抗状態に切り替える際に必要となるエネルギーが 1.17nJ[4]であるのに対して、現在使用される DRAM の書き込み動作で必要とされるエネルギーは約 0.2-0.4pJ となる。これらを比較した際に 1T1R 型は高い値を要求するという新たな課題が生まれた。

この課題を解決するために ReRAM の高速性と低消費電力性を活用するメモリ構造として、キャパシタ

と組み合わせた 1C1R 型が提案されている[5]。しかし ReRAM デバイスを用いた報告は未だない。

本研究では、これまでに開発してきた SiO_x/TiO_x/SiO_x 構造の抵抗変化素子を用いて 1C1R 構造を作製し、その電気特性を評価した。

2. 実験方法

最初に、アセトン/IPA で超音波洗浄した Si 基板上に RF マグネトロンスパッタ装置を用いて Ti を 5 nm 成膜し接着層とした。そののちに W を 50 nm 成膜して下部電極とした。次に酸素リサーバー層成膜のため、RF マグネトロンスパッタ装置を用いて SiO_x を 15 nm 成膜し、卓上ランプ加熱装置を用いて加熱した。加熱条件は酸素雰囲気下で 300 °C, 10 分とした。続いて抵抗変化層成膜のため、再び RF マグネトロンスパッタ装置を用いて Ti を 20 nm 成膜した後、卓上ランプ加熱装置を用いて加熱した。加熱条件は 300°C 10 分とした。その後 RF マグネトロンスパッタ装置で SiO_x を 15 nm 成膜して酸素リサーバー層とし、W を 50 nm 成膜して上部電極として、図 1 に示す通りの ReRAM を作成した。

作製後、まず Fig. 1 に示す通り ReRAM の下部電極と銅版を銀ペーストで接着しコンタクトを取った。その後半導体パラメータアナライザを用いて室温、大

気圧化で $0\text{ V} \rightarrow +5\text{ V} \rightarrow 0\text{ V} \rightarrow -5\text{ V} \rightarrow 0\text{ V}$ の順に電圧を掃引し、電流-電圧 (I - V) 特性を評価した。

次に Fig. 2 に示すように Fig. 1 の回路にキャパシタ $C(67\ \mu\text{F})$ を挿入した 1C1R 回路を作成し、通常の I - V 特性と同じ条件で I - V 特性を評価した。

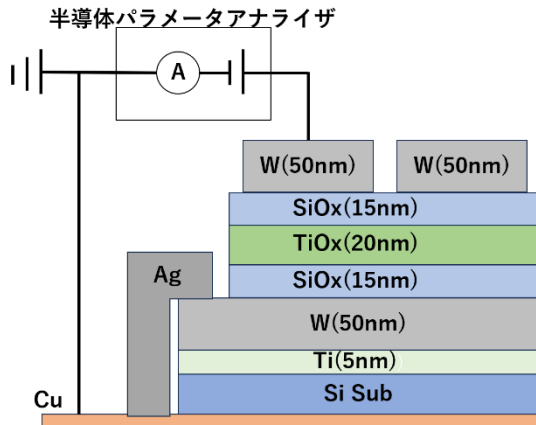


Fig. 1 作成した ReRAM デバイスの構成及び I - V 特性測定概略図

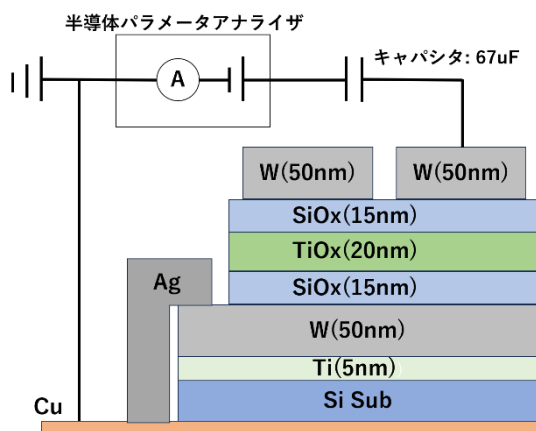


Fig. 2 作製した 1C1R 回路の I - V 測定概略図

3. 結果・考察

作製したデバイスと 1C1R 回路における I - V 特性を Fig. 3 に示す。デバイスと 1C1R 回路のいずれも $+2.8\text{ V}$ で低抵抗状態から高抵抗状態へ急峻に抵抗が変化した (RESET)。また負方向ではどちらも同様に、 -3.7 V で高抵抗状態から低抵抗状態へ急峻に抵抗が変化した。SET, RESET は酸素空孔フィラメントの形成と破断に起因すると考える。電界で移

動した酸素空孔がフィラメントを形成することで SET し、これが逆電界により破断することで RESET する。1C1R ではデバイス同様の電圧で抵抗変化したが、その ON/OFF 比はデバイスの半分である。これは度重なる電界印加によりフィラメントが不安定化したために、抵抗の変化が小さくなってしまったものと考えられる。

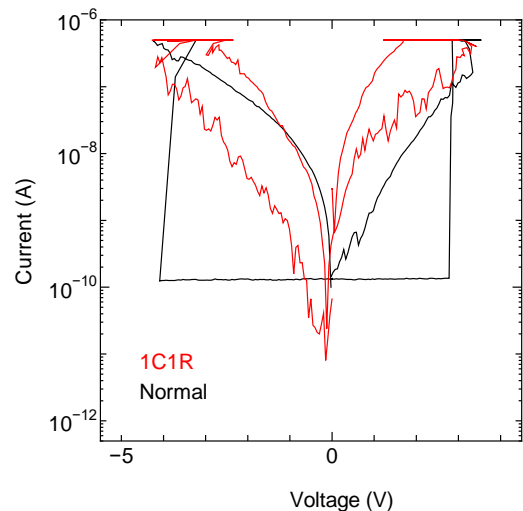


Fig. 3 作製した SiOx/TiOx/SiOx 構造の抵抗変化素子の I - V 特性

4. 結論

本研究では、SiOx/TiOx/SiOx 構造の抵抗変化素子を用いて 1C1R 型を作成し、 I - V 特性を評価した。作成したデバイスと回路は、それぞれ同様の抵抗変化を示した。したがって本研究で作製した抵抗変化素子は、1C1R 回路に応用できることが示唆された。

5. 参考文献

- [1] A. Alshaya, *et al.*, MWSCAS., pp.341-345 (2023).
- [2] H. Li, *et al.*, Adv. Intell. Syst., Vol. 3, pp.2100017 (2021).
- [3] H. Nikam, *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices., Vol.69, pp.1743-1751 (2022).
- [4] A. Alshaya, *et al.*, J. Phys. Conf. Ser., 2613 (2023).
- [5] A. Alshaya, *et al.*, ICM., pp.121-124 (2022).