

TiO_x 抵抗変化層を用いた ReRAM のアニール温度依存性

Characterization of Annealing Treatment in ReRAM Device Using TiO_x Resistive Switching Layer

池田 翔

指導教員 相川 慎也 准教授

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

キーワード：ReRAM, アニール, 次世代型不揮発性メモリ

1. 緒言

近年、急速なデータ進行に伴いメモリデバイスの大容量化、高速化、低コスト化が急務の課題となっている。

しかし、現在のメモリデバイスはトランジスタ構造で構成されるためは微細化限界による大容量化とともに高速化による作成コスト増大が問題となっている。そこで、次世代型不揮発性メモリの1つとして、抵抗変化型メモリ(ReRAM)が注目されている。⁽¹⁾ReRAMは、抵抗変化層を電極で挟んだシンプルな構造であり、電圧掃引によって抵抗変化層内に導電性フィラメントが接続、破断することで抵抗変化するメモリデバイスである。そのシンプルな構造から微細化がしやすく、また低消費電力かつ高速動作が可能な特徴を併せ持っている。

しかしながら、ReRAMは電極層の一方貴金属Ptを用いているため、高コストになってしまうことが課題として挙げられている。この問題に対し、代替金属を用いた研究が進められており、当研究室では、これまで金属イオンになりにくいMoに注目してきた。Moは酸化温度が低く、抵抗変化層の酸化プロセスで電極も酸化してしまいデバイス全体の電気抵抗が上昇してしまう新たな課題に直面した。

一方で、抵抗変化層には、HfやZrからなるHfO_xやZrO_xがよく用いられており、Hfには動作の不安定さが指摘されており、Zrには酸化還元エネルギーの高さから動作電圧が高いことが指摘されている。⁽²⁾⁽³⁾

これに対し、我々は動作安定性と酸化還元反応エネルギーの低さという観点からTiO_xに着目した。

しかし、Tiはアニールで酸化させTiO_xを生成する際、そのアニール温度によって結晶構造が異なり、デバイス特性に影響を及ぼすことが知られているに変化することが知られている。⁽⁴⁾

そこで、本研究ではMoと同様な高融点材料であるWを電極として採用するとともに、Tiのアニール温度を検討することで所望特性のTiO_xを得るアニール条件探索を行う。最終的に、W/TiO_x/W構造のReRAMデバイスを作製し、その電気特性のアニール温度依存性を評価することを目的とする。

2. 実験方法

まず、1μmのSiO₂付きSi基板表面をアセトン、IPAを用いて超音波洗浄を行い、さらに反応性イオンエッチング装置でクリーニングを行った。次に、RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて、Si基板の上に、Ar雰囲気下で下部電極Wを50nm、Tiを10nm成膜蒸着した。その後、O₂雰囲気中200℃、400℃の条件で、卓上ランプ加熱装置を用いて1時間アニールを行うことでTiO_xを生成した。この上からフォトレジストでパターニングを施し、上部電極Wを50nm成膜蒸着した。

その後、銅板に銀ペーストを用いて下部電極と接続し図1に示すような構成のReRAMデバイスを作製した。最後に、半導体パラメータアナライザを用いて-5Vから5Vの範囲で電圧掃引を行い、I-V特

性測定を行った。

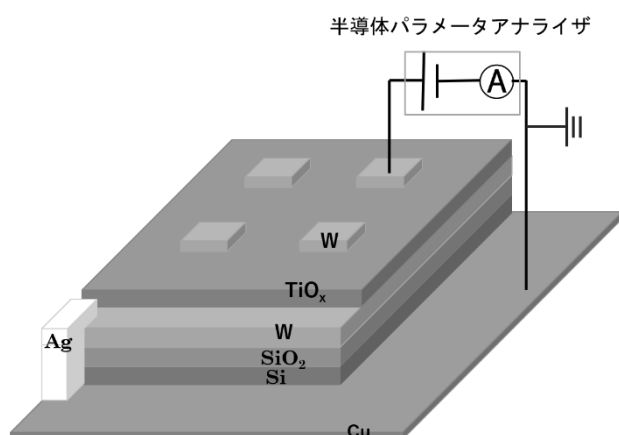


図1 本研究のデバイス構成及び測定時概略図

3. 結果・考察

200℃、400℃の各アニール条件下で作製した ReRAM の I-V 特性を図2に示す。

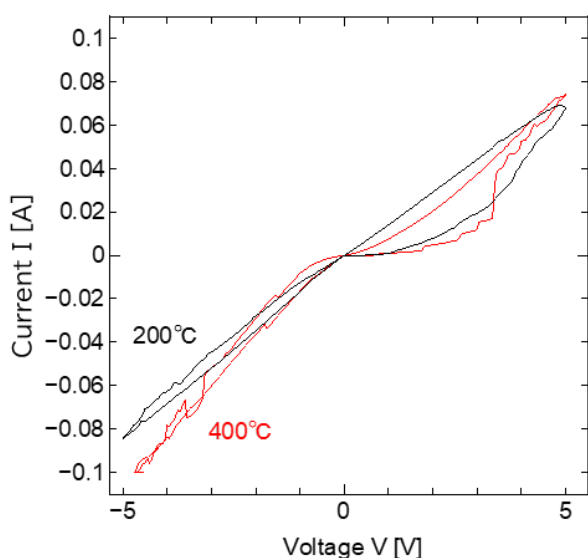


図2 200℃、400℃でのアニールにおける I-V 特性

図2から、正バイアス時において200℃でアニールを行ったサンプルの特性に比べ、400℃でアニールを行ったサンプルの方がわずかに高抵抗と低抵抗の比(抵抗比)が大きいことが分かった。

さらに、正バイアス時においては、200℃のサンプルでは徐々に電流が増加しているのに対して、400℃のサンプルでは約3V付近で電流値が0.02A程急激に上がっていることや、負バイアス時において-3V程で0.01A程急激に電流が下がっている

ことが確認できた。

これは、400℃まで温度を上げTiをより酸化させることでTiO_xの無バイアス時の抵抗値を上げたこと、かつバイアス印加時の酸素空孔、および酸素イオンがTiO_x内に増加したことで、正バイアス印加時TiO_x内に酸素イオン及び酸素空孔濃度に勾配を生み、酸素空孔による導電性フィラメントを生成した結果、負バイアスを印加した際に酸素空孔と酸素イオンが補償効果を起こしフィラメントが破断した結果と考えることができる。

4. 結論

本研究ではアニール温度を変更させ、W/TiO_x/Wの特性を確認し、アニール温度を上げることでTiO_xの酸化が進み、バイアス印加時に抵抗変化層にて導電性フィラメントの接続と破断が行われ、結果抵抗比が上昇することが分かった。

しかし、負バイアス時の抵抗比が正バイアス時のものと比べ小さいということや、2回目以降のI-V測定にて同じような抵抗変化を起こさないといった課題が残ったことから、これからの研究ではTiO_xの膜厚依存性なども確認し課題解決に努めていく。

5. 参考文献

- (1) Hehe Zhang, et al., ACS Appl. Mater. Interfaces, p.29766-29778 (2018)
- (2) A. Hardtdegen, et al., IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.65, No.8, p.3229-3236 (2018)
- (3) Umersh Chand, et al., IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, Vol.35, NO.10, p.1019-1021 (2014)
- (4) Nicolas Martin, et al., Thin Solid Films 300, p.113-121 (1997)