

Ti₀x 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
Ti₀x 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になっている。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ふ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 Hf₀x や Zr₀x 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 Ti₀x に着目した。

しかし、Ti はアニールで酸化させ Ti₀x 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 Ti₀x を得るアニール条件探索を行う。最終的に、W/Ti₀x/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ャリング装置でクリーニングを行った。次に、RF マグネットロンスパッタリング装置を用いて、Si 基板上に、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°C、400°C 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 Ti₀x 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。

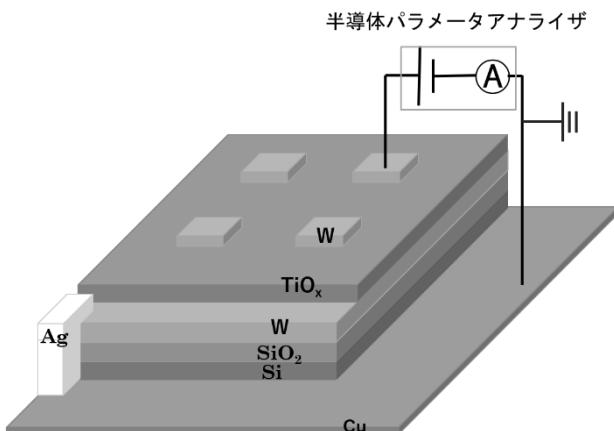


図 1 本研究のデバイス構成及び測定時概略図

3. 結果・考察

200°C、400°C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。

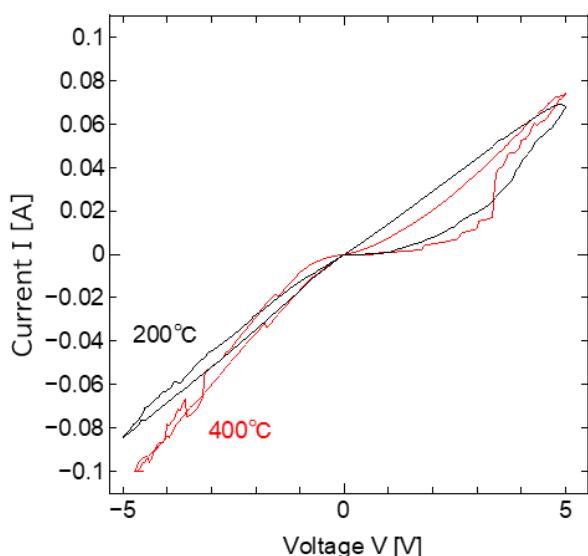


図 2 200°C、400°Cでのアニールにおける I-V 特性

図2から、正バイアス時において200°Cでアニールを行ったサンプルの特性に比べ、400°C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°C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°C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°C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、これから的研究では 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)