

TiO_x抵抗変化層を用いた ReRAM 特性のアニール温度依存性

Effect of annealing treatment upon the electrical properties of TiO_x-based ReRAM devices

池田 翔(電気電子工学科)

Kakeru Ikeda

高機能デバイス研究室 指導教員 相川慎也 准教授

1. 緒言

近年、急速な情報社会の発展に伴い、大容量かつ高速動作可能なメモリデバイスが求められている。そのため、さまざまな次世代型不揮発性メモリが注目され研究が行われている。なかでも、当研究室では、微細化のしやすさと消費電力の低さから抵抗変化メモリ(ReRAM)に注目している。ReRAMは、抗変化層を電極で挟んだシンプルな構造であり、電極材料としてPtがよく用いられている。Ptは高コストであるとともに酸化物抵抗変化層から酸素ガス脱離が生じデバイス特性を劣化させる問題がある⁽¹⁾。この問題に対し、代替金属を用いた研究が進められている。本研究ではWを用いることで低コスト化と酸素ガスの脱離による特性劣化の抑制を図ることを第1の目的とした。

また、抵抗変化層にはHfO₂やZrO₂が用いられているが、HfO₂には動作不安定性、ZrO₂には動作電圧が高いこと(約8V)が指摘されている⁽²⁾⁽³⁾。これに対し、コストの低さとギブス自由エネルギーの低さという観点から動作電圧低下を第2の目的とし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多様な結晶構造を取ることが知られている⁽⁴⁾。そのためデバイス特性への影響が考えられる。

そこで、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、そのアニール温度依存性の評価と動作電圧低下を図ることを目的とする。

2. 実験方法

SiO₂ 1μm付きSi基板を有機洗浄した後、RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて、Ar雰囲気下で下部電極Wと抵抗変化層Ti成膜した。その後、卓上ランプ加熱装置を用いてO₂雰囲気中200℃~400℃の条件で、1時間アニールを行うことでTiO_xを生成した。その後上部電極Wをパターン成膜した。このように作製したW/TiO_x/W ReRAMデバイスを、半導体パラメータアナライザを用いて、±5Vの範囲で電圧掃引を行いI-V測定を行った。

3. 結果および考察

Fig.1に200℃~400℃のアニール温度で作製したReRAMのI-V特性を示す。200℃及び400℃処理を施したデバイスを比較すると、400℃処理のデバイスの方が高い動作電圧であることが確認できる。これは、抵抗変化時に酸素空孔で構成される導電性フィラメント(CF)の破断によって生成される高抵抗のTiO_xの層に由来している⁽⁵⁾。このTiO_x層の厚さが、アニール温度の増加に伴い、酸素とTiの反応が促進され増加したと考えられる。このことから、層の増加によるCF再接続時の電圧が増加したと考えられる。一方で、600℃では絶縁状態を維持し続けた。

Fig.2にI-V測定20回中の抵抗変化挙動サイクル(サイクル数)を示す。200℃及び400℃処理を施したデバイスを比較すると、サイクル数が増加していることが分かった。これは、CFが接続される際にTiO_x層の酸素イオンが電極に流入することに由来する⁽⁶⁾。Fig.1から正と負でそれぞれ動作電圧が異なるため酸素イオンが抵抗変化層にすべて戻るとは考えづらいため測定回数を追うごとに酸素イオンが抵抗変化層から失

われ、測定回数を追うごとにCFが破断しにくくなる。つまり、抵抗変化層がアニール温度の増加に伴い酸素リッチになったことでサイクル数が増加したと考えられる。

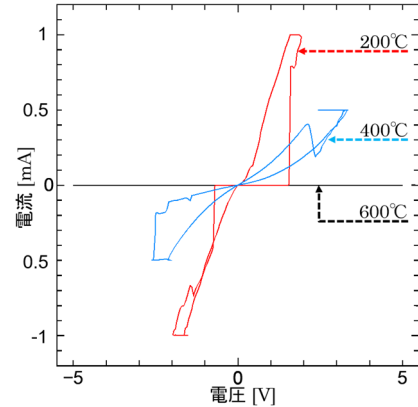


Fig. 1 ReRAMのアニール温度依存I-V特性.

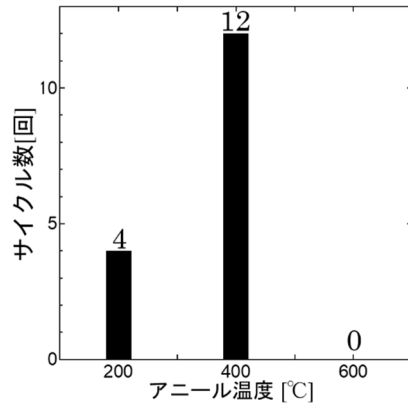


Fig. 2 ReRAMのアニール温度依存サイクル回数.

4. 結論

本研究ではアニール温度を変化させ、W/TiO_x/W構造のReRAMデバイスを作製しI-V特性評価を行った。アニール温度依存の特性結果から、低アニール温度における動作電圧の低下を確認した。また、アニール温度を上げることでTiO_xの酸化が進み、動作電圧の増大、サイクル数の増加といった温度依存性を確認した。電極への酸素イオンの流入が、サイクル数が減少させる可能性について考察した。これを防ぐため新たな層としてTiやSiO₂を電極と抵抗変化層の間に実装していくことで解決していく。

5. 参考文献

- (1) D. Acharyya, *et al.*, *Microelectron Reliab.*, Vol.54, pp.541-560(2014).
- (2) A. Hardtdegen, *et al.*, *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol.65, No.8, pp.3229-3236(2018).
- (3) U. Chand, *et al.*, *IEEE Electron Device Lett.*, Vol.35, No.10, pp.1019-1021(2014).
- (4) N. Martin, *et al.*, *Thin Solid Films*, Vol.300, pp.113-121(1997).
- (5) M. G. Sung, *et al.*, *Solid-State Electronics*, Vol.63, pp.115-118(2011).
- (6) M. A. Alsaiani, *et al.*, *Ceram Int.*, Vol.46., pp.16310-16320(2020).