

TiO_x系 ReRAM 特性におけるアニール温度の影響

Influence of annealing temperature on electrical properties of TiO_x-based ReRAM

工学院大 °(B)池田 翔, 大沢 遼輝, 相川 慎也

Kogakuin Univ., °Kakeru Ikeda, Haruki Osawa and Shinya Aikawa

E-mail: aikawa@cc.kogakuin.ac.jp

次世代メモリデバイスの1つとして注目されている ReRAM は、電極として Pt を用いているものが多い。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知られている⁽¹⁾。これに対し、代替材料として、W や Mo, TiN が検討されている。また、抵抗変化層としては HfO₂ 系や ZrO₂ 系が報告されているが、それぞれ、動作不安定性や動作電圧が高いこと(約 8V)が指摘されている⁽²⁾⁽³⁾。近年、低コスト性とギブス自由エネルギーの低さという観点から、低電圧駆動可能な TiO_x 系材料が抵抗変化層として用いられている。しかしながら、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、処理条件によって ReRAM 特性に大きな影響を及ぼすことが考えられる。これらの点を踏まえ、本研究では電極として W を用いることで低コスト化と酸素ガス脱離による特性劣化の抑制を図るとともに、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ことを目的とする。さらに、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を評価する。

SiO₂/Si 基板を洗浄した後、RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、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 200~600°C 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 I-V 測定を行った。

Fig.1 に 200~600°C のアニール温度で作製した ReRAM の I-V 特性を示す。200°C および 400°C 処理を施したデバイスを比較すると、400°C 処理のデバイスの方が高い動作電圧であることがわかる。これは、抵抗変化時に酸素空孔(V_o⁺)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 層は、アニール温度の上昇とともに厚くなる。したがって、400°C 処理では CF 再接続時の電圧が増加したと考えられる。また、200°C および 400°C 処理を施したデバイスの繰り返し測定では、400°C 処理のデバイスにおいてサイクル数が顕著に増加した。これは、CF が接続される際に TiO_x 層の酸素イオン(O⁻)が電極に流入することに由来する⁽⁶⁾。一方、600°C 処理では絶縁状態となった。

Fig.2 に示すように、正電圧印加時と負電圧のそれぞれでは、それぞれ動作電圧が違うため(O⁻)が抵抗変化層にすべて戻るとは考えづらい。よって測定回数を追うごとに(O⁻)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。サイクル数をより向上させるため、酸素リザーバー層の挿入を検討しており、当日議論を行う。

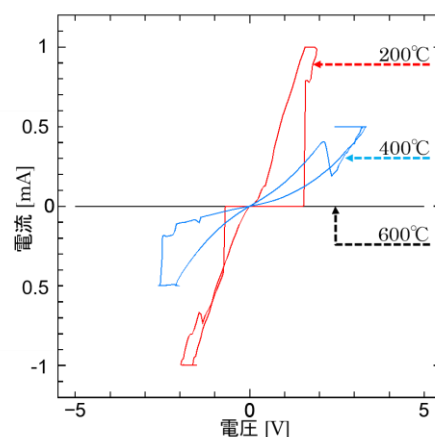


Fig.1 作製した ReRAM のアニール温度依存 I-V 特性

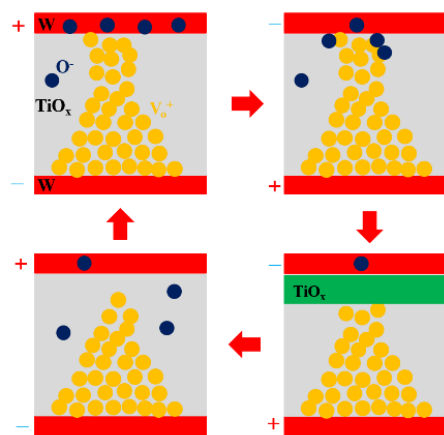


Fig.2 電極間でのイオン挙動モデル

⁽¹⁾D. Acharyya, *et al.*, Microelectron. Reliab., Vol.54, pp.541-560(2014).

⁽²⁾E. Ambrosi, *et al.*, Faraday Discuss., Vol.213, pp.87-98(2019).

⁽³⁾H. Zhai, *et al.*, J. Mater. Sci. Technol., Vol.32, pp.676-680(2016).

⁽⁴⁾N. Martin, *et al.*, Thin Solid Films, Vol.300, pp.113-121(1997).

⁽⁵⁾M. G. Sung, *et al.*, Solid-State Electron., Vol.63, pp.115-118(2011).

⁽⁶⁾M. A. Alsaiani, *et al.*, Ceram Int., Vol.46., pp.16310-16320(2020).