

抵抗変化層に $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ を用いた抵抗変化型メモリ(ReRAM)の アニール条件の探索

Search for annealing conditions for resistance change memory using $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ as resistance change layer

工学院大学 高機能デバイス研究室
結城賢采
指導教員 相川慎也

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：電気電子，不揮発メモリ，抵抗変化型メモリ(ReRAM)，遷移金属酸化物

1. 導入

1980年代に NAND フラッシュメモリが発明されてから今日に至るまで、微細化・高集積化が進められてきた。しかし、近年では微細化の限界が示唆され、メモリを立体的に構築する 3D フラッシュメモリの開発が行われているが、コスト及びデータの書き出し・読み出しの消費電力の増加、データの処理時間などが課題として挙げられている。

こうした課題を解決するために、現在では、強誘電体メモリ(FeRAM)、磁気抵抗変化メモリ(MRAM)、相変化メモリ(PRAM)、抵抗変化型メモリ(ReRAM)等の次世代型不揮発メモリが提案され、研究開発が盛んに行われている。

本研究では、 $\text{Cu}/\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2/\text{Mo}$ 構造の ReRAM においてアニール処理が動作に及ぼす影響と最適な条件の探索を行った。また、その条件を $\text{Pt}/\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2/\text{Pt}$ 構造に適用させ、比較を行った。

2. 実験方法

成膜には、電子ビーム蒸着装置を用いて Si 基板上に下部電極の Mo、抵抗変化層の Zr/SiO_2 を蒸着させ、卓上型ランプ加熱装置を用いて酸素雰囲気下でアニールを施した。この処理を施すことで Zr を ZrO_2 に遷

移させる。温度は、200,400,600[°C]の3通り、時間は1,15,30[min]の3通り。その後、上部電極の Cu を蒸着させ、二端子法により測定した。0[V]→5[V]→-5[V]→0[V]の電圧掃引を1サイクルとし、計15回行った。On/Off比は最大で30回計測できた。また、最適な条件を上部・下部電極が Pt の構造に適用させた。

3. 結果及び考察

200,400,600[°C]の3通りの中で600[°C]でのみ動作が見られた。200,400[°C]ではどの時間でも動作が見られなかった。600[°C]では時間条件が1[min]のときのみ動作が見られなかった。このことから温度条件600[°C]、時間条件15,30[min]のI-V特性を図1に示す。

15[min]では計12回、30[min]では計11回計測された。このときのOn/Off比を図2に示す。

これらのことから時間条件に関わらず200,400[°C]と600[°C]1[min]では、Zrが遷移するための温度及び時間が不十分だったと考える。加えて、600[°C],15[min]と30[min]のOn/Off比を比較すると、15[min]のときが早く計測され始めている。600[°C],30[min]ではアニール処理の時間が過剰であり、必要以上に酸素が供給

されたことで絶縁性が高くなったと考察する。以上のことから、Cu/ZrO₂/SiO₂/Mo 構造の ReRAM において適している条件は温度条件 600[°C]、時間条件 15[min]であると定める。これを上部・下部電極が Pt の構造に適用させ、I-V 特性を図 1 に追記し、On/Off 比を図 3 に示す。

On/Off 比に着目すると、 R_{on} はともにある程度一定に保たれている。しかし、 R_{off} は Cu/Mo 構造がおおよそ 10^3 であるのに対し、Pt/Pt 構造は $10^5 \sim 10^7$ と抵抗値が高い傾向がある。また On/Off 比が計測されたときの電圧を比較してみても Pt/Pt 構造の方が高い傾向がある。Cu/Mo が抵抗変化層に Cu フィラメントを形成する¹⁾のに対し、Pt/Pt 構造は抵抗変化層に酸素空孔フィラメントを形成する。イオン化しやすい Cu を使用することによって抵抗値が低くなり、比較的低電圧で動作するようになったと考える。

4. 結論

抵抗変化層に ZrO₂/SiO₂ を用いた ReRAM の適切なアニール条件の探索を行った。動作には抵抗変化層の酸素濃度、フィラメントの形成プロセスが動作に影響を及ぼし、デバイスとして機能する適切な条件は 600[°C], 15[min] であると考えられる。

今後の展望として、温度・時間条件を細かく設定することでより詳細な条件の探索を行っていく。

5. 参考文献

1) Haifa Zhai, Jizhou Kong, Jien Yang, Jing Xu, Qingran Xu, Hongchen Sun, Aidong Li, Di Wu Resistive Switching Properties and Failure Behaviors of (Pt, Cu)/ Amorphous ZrO₂/Pt Sandwich Structures Journal of

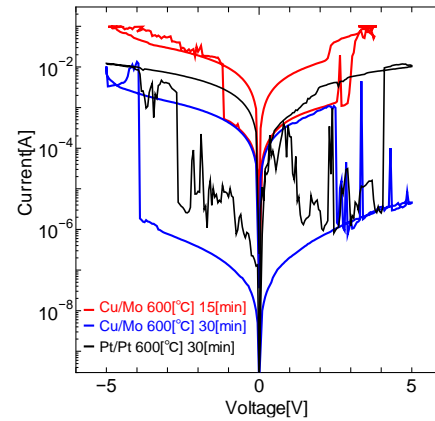


図 1：各電極・条件における I-V 特性

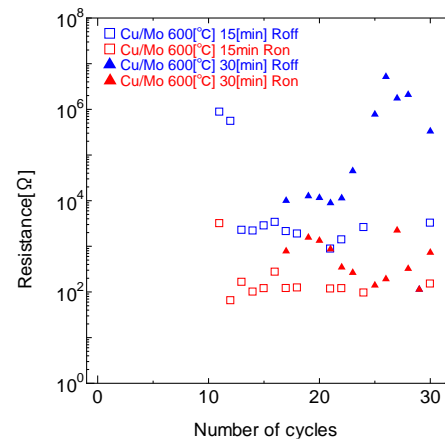


図 2：Cu/Mo 構造の On/Off 比に及ぼす時間条件の比較

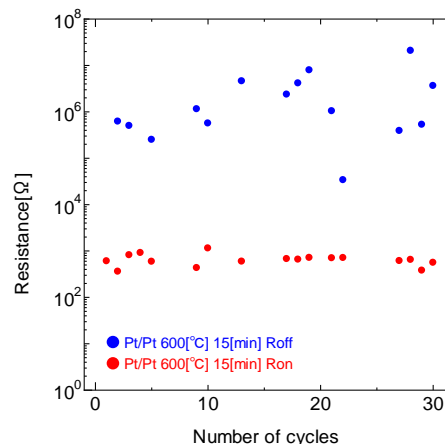


図 3：Pt/Pt 構造における On/Off 比