

ZrO_x/CuO/ZrO_x スタック型抵抗変化型メモリのアニール処理依存性

Annealing Process Dependence of ZrO_x/CuO/ZrO_x Stacked Resistive Switching Memory

浪花 大暉 (電気電子工学科)

Daiki Naniwa

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

1. 緒言

現在の不揮発性メモリの中心であるフラッシュメモリは微細化や性能向上化において限界に達しつつある。そのため、次世代の不揮発性メモリの研究が活発に行われている。その中でも、抵抗変化型メモリ (ReRAM) は高集積化に優れていること、高速動作が可能であることから、新たな不揮発性メモリとして注目を集めている。

しかし、ReRAM はその動作原理が未だに完全には解明されていない。現在判明している動作メカニズムとしては、フィラメントモデルが挙げられる。Liu らは、ReRAM の抵抗変化層に金属イオンをドーピングすることでこのフィラメント形成によるスイッチング性能が向上することを報告している¹⁾。

そこで本研究では抵抗変化層の ZrO_x に Cu ドープした積層構造 ReRAM のアニール依存性を検討するために、アニール温度およびアニール時間を変えて素子を作製した。また作製した素子に対して電流-電圧(I-V)測定を行い、特性を評価した。

2. 実験方法

作成した素子は、Si 基板上の Cu/ZrO_x/CuO/ZrO_x/Pt:Si/Ti 積層構造 (図 1) である。まず、Si 基板上に Ti および下部電極となる Pt を電子ビーム (EB) 蒸着装置を用いて蒸着した。その後、下部電極上に抵抗変化層となる Zr と Cu をそれぞれ EB 蒸着装置を用いて 10nm ずつ Zr/Cu/Zr となるよう蒸着した。抵抗変化層の Zr と Cu は蒸着後に、卓上ランプ加熱装置を用いて酸化アニールを施し、ZrO_x/CuO/ZrO_x とした。上部電極は、EB 蒸着装置にて Cu を 50nm 蒸着した。作製した試料の電流-電圧 (I-V) 特性は 2 端子測定法により測定した。この際、0V→5V→0V→-5V→0V の順に電圧掃引を行い、コンプライアンス電流は 0.1A とした。

3. 結果および考察

卓上ランプ加熱装置を用いて 200°C、400°C、600°C でそれぞれ 30 分アニールした際の I-V 特性を図 2 に示す。

200°Cアニールにおいて、1V 付近で急峻な電流上昇 (SET) が見られるが、その後の挙動は不安定であった。対して 400°C、600°Cアニールを施した素子は、約 2.2V で SET 動作を行い、その後の動作も安定している。これは高温のアニールにより金属 Zr が酸化し ZrO_x

となり、ZrO_x中の酸素空孔がイオンを伝導することでフィラメント形成を促していると考えられる。また、200°C、400°Cに比べて 600°Cアニールの方が抵抗値が高くなっていることが分かる。これはより高温でアニールを施すことにより、抵抗変化層中の Zr と Cu の酸化が促進し、より高抵抗な ZrO_x、CuO に変化するためだと考えられる。加えて RESET 動作に関しても、ZrO_xの占有率の高い 600°Cアニールを施した素子の方が優れた特性を示した。これは、ZrO_xの影響により素子表面付近でのフィラメント破断が増加したためだと考えられる。

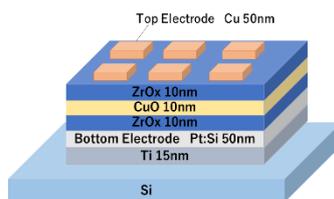


図 1 作製素子の概略図

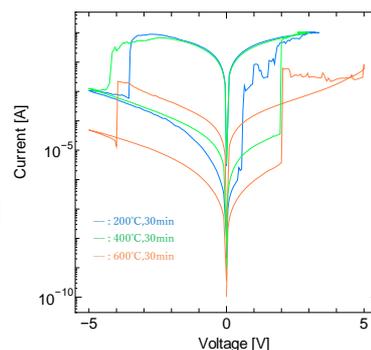


図 2 アニール温度による素子の I-V 特性

4. まとめ

本実験では、抵抗変化層に金属をドーピングした素子へのアニール依存性を調査するため ZrO_x/CuO/ZrO_x 積層構造を持つ ReRAM を作製した。アニール条件の変更によって 10³A 程度の電流比や 10⁻³A 程度の低い動作電圧を得ることが出来た。

加えて、安定した SET,RESET 動作など ReRAM 性能の向上を確認することが出来た。今後の課題として、EDX のよる元素解析なども取り入れ、多角的な観点からより詳細な動作メカニズムの解明を進めていく必要がある。

5. 参考文献

[1] M.Liu, Q.Liu, S.Long and W.Guan, Proceeding of 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Paris, 2010, pp.1-4, Doi:10.1109/ISCAS.2010.5537156