

ZrO_x系 ReRAM における SiO_x 中間層の役割

Role of SiO_x interlayer in ZrO_x-based resistive random access memory

當山 啓斗 (電気システム工学科)

Keito Touyama

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

1. イントロダクション

高度化する情報社会に大容量かつ低消費電力な不揮発性メモリの開発が求められている。不揮発性メモリは PRAM、FeRAM、NOR Flash など挙げられるが、その中でも低消費電力で動作し、応答速度も速い ReRAM が注目されている。

ReRAM は金属電極の間に絶縁膜を挟むシンプルな構造であり高密度にすることができ、大容量化が期待できる。パルス電圧を印加することで、素子は高抵抗状態 (High resistances state: HRS) と低抵抗状態 (Low resistance state: LRS) との間を可逆的に遷移する。そして HRS、LRS をそれぞれデータの「0」、「1」に対応させることで、メモリとして用いることができる。ここで理想的な ReRAM の IV 特性を図 1 に示す。作製直後の状態から電圧をかけたとき、フィラメントが形成され、その後正あるいは負の電圧を印加することで HRS または LRS の状態になる。この時フィラメント形成時の電圧よりも低い電圧でセット・リセットがかかる。

ReRAM はシンプルな構造をしているが、片方の電極に Pt などの貴金属を用いることが多い。その理由として、ReRAM は電圧をかけることにより導電性パスを形成し、絶縁膜と電極の界面で酸素イオンや金属イオンが移動する。貴金属は界面で移動する酸素イオンや金属イオンと結合しにくい性質を持つためである。そこで、酸素空孔や金属イオンをブロックする層を用いる事で、貴金属を使用しない ReRAM が期待できる。本研究は貴金属を用いず、電極に Cu と Mo を使用し絶縁膜には ZrO_x を、ブロック層には SiO_x を用いた ReRAM の製作を試みた。

2. ReRAM の作製および評価方法

図 2 に作製した ReRAM の断面模式図を示す。作製手順として、まず Si 基板をアセトン、IPA に浸して 3 分間超音波洗浄をした。その後 UV 照射で基板表面を 4 分間クリーニングした。その後電子ビーム蒸着装置にて Mo を 50nm 蒸着し下部電極とした。次に SiO₂ タブレットをもちいて、SiO_x 層を 10nm 蒸着し、そのまま大気暴露せず Zr を 25nm 連続成膜した。Zr は蒸着後、卓上型ランプ加熱装置 (MILA-3000) を用いて酸素雰囲気にて 600°C、30 分でアニールを施し ZrO_x とした。上部電極はシャドウマスクを用いて Cu を 50nm パターン蒸着した。また、比較対象として SiO_x 層を用いない ReRAM を作製した [図 2 (b)]。

作製した ReRAM を Keysight B2900A Quick IV メジャメントソフトウェアにて IV 特性を測定した。電圧印加は、0V からスタートし、まず+方向にスweepさせた後、0V に戻した。次に-方向にスweepさせ 0V まで戻した。こ

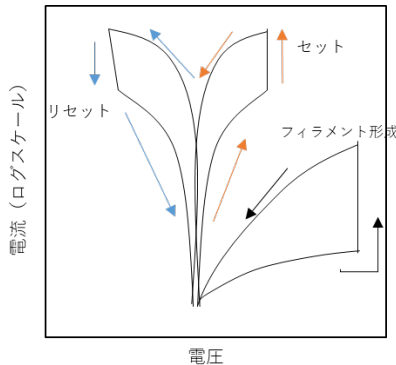


図 1 理想的な ReRAM の IV 特性

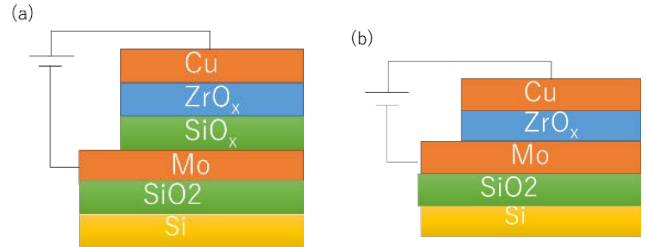


図 2 作製した ReRAM の断面模式図：
(a)Cu/ZrO_x/SiO_x/Mo 構造, (b)Cu/ZrO_x/Mo 構造

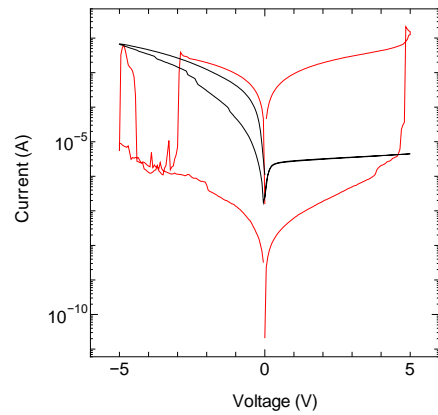


図 3 作製した ReRAM の IV 特性 (黒: SiO_x 層なし、赤: SiO_x 層あり)

れを 1 サイクルとし、1 つのデバイスに対し 10 回以上繰り返し測定を行った。

3. 結果および考察

図 3 に作製した ReRAM の IV 特性を示す。赤線は SiO_x 層のある ReRAM であり、+5 および -5V 付近で 3 桁程度の急激な電流値の変化が見られた。これはセットおよびリセットの挙動に対応しており、ReRAM として優れた動作をしていることが確認できた。黒線は SiO_x 層のない ReRAM であり、セットおよびリセットに対応する挙動が見られなかった。このことから SiO_x は抵抗変化層と接触する金属界面で発生する酸素イオンの移動をブロックする役割を担い、作製した ReRAM においてセット・リセットに関わる重要な役割を持っていることが分かった。SiO_x 層がある場合、-3V 付近で LRS から HRS に変化しているにもかかわらず、-5V 付近で再度 LRS になっているのは、SiO_x の膜厚が最適ではなかったため、酸素イオンがフィラメント内に侵入して HRS へ状態変化したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、貴金属を用いない ZrO_x 系 ReRAM を作製した。Mo と ZrO_x の間に SiO_x 層を挟むことで、HRS および LRS 間の電流値が 3 桁程度の ReRAM に特徴的なスイッチング特性を示すことが確認できた。今後の課題として SiO_x ブロック層の役割をより明確にするため、膜厚の最適化およびアニール条件の検討を行う。

参考文献

[1]二宮健生, 酸化物の材料設計と信頼性モデリングに基づく抵抗変化型メモリの量産化, 名古屋大学, 2016, 博士論文