

# 抵抗変化型メモリの高信頼化に向けた メモリの解析

久保山 雄太 猪瀬 貴史 前田 一輝 福山 将平 竹内 健  
中央大学理工学部電気電子情報通信工学科

## 1. はじめに

近年, IT 技術の発達によるスマートフォンやタブレット端末などの情報機器の普及に伴い, 扱うデータ量や消費電力も増加している. そこで, フラッシュメモリの代替メモリとして高速かつ低消費電力での書き換えが可能であり, 電源を切ってもデータが保持される不揮発性の抵抗変化型メモリ(Resistive Random Access Memory, ReRAM)が, 次世代不揮発性メモリとして注目されている.

ReRAM は書き換えを多く繰り返すと, データを記憶するメモリセルが不良を起こし, 記憶したデータが破壊されてしまうという問題を抱えている. 本研究では, 書き換えを繰り返した際に不良を起こすメモリセルの挙動について解析を行った.

## 2. 抵抗変化型メモリについて

ReRAM は遷移金属酸化物層を上部電極と下部電極で挟んだシンプルな構造をしている. 上部電極直下に導電性フィラメントを生成する  $Ta_2O_5$  層を配置し, 下部電極直上に酸素リザーバである  $TaO_x$  層を配置した4層構造である. 初期状態において  $Ta_2O_5$  層には導電性フィラメント(Conductive Filament, CF)は存在しないため, フォーミングというプロセスによりフィラメントを生成する[1].

図1にReRAMの動作原理を示す[2]. ReRAMのメモリセルには酸素欠陥を介した電子のホッピング伝導により電流が流れる. 低抵抗化電圧 ( $V_{Set}$ ) をメモリセルの下部電極へ付加回路を経由して印加し, フィラメントを酸素欠陥で満たすことで電流が流れやすい低抵抗状態 (Low Resistance State, LRS) にすることを Set という. 高抵抗化電圧 ( $V_{Reset}$ ) をメモリセルの上部電極へ印加してフィラメント内へ酸素を拡散させ, 酸素欠陥を消滅させることで電流が流れにくい高抵抗状態 (High Resistance State, HRS) にすることを Reset という. 低抵抗と高抵抗の二つの抵抗状態をそれぞれ“1”と“0”に割り当てることでデータを記憶する[3][4].

## 3. 不良メモリセルの解析

本研究では, 書き換えを繰り返し, 電流値を読み出した測定データを基に, 書き換えを繰り返しても不良を起こさないメモリセルと不良を起こすメモリセルそれぞれの挙動について解析を行った. ReRAM は, Set もしくは Reset 動作を行っても十分に低抵抗状態, 高抵抗状態にならずに書き込みが成功しない場合がある. それらを回避し, 十分な

書き込みを実現するためにベリファイという方法がある. ベリファイとは, 書き込みを行った後書き込みが不十分であったメモリセルに再度書き込みを行う手法である. 本研究では, ベリファイを利用する場合としない場合, それぞれの測定結果に対する解析を行った.

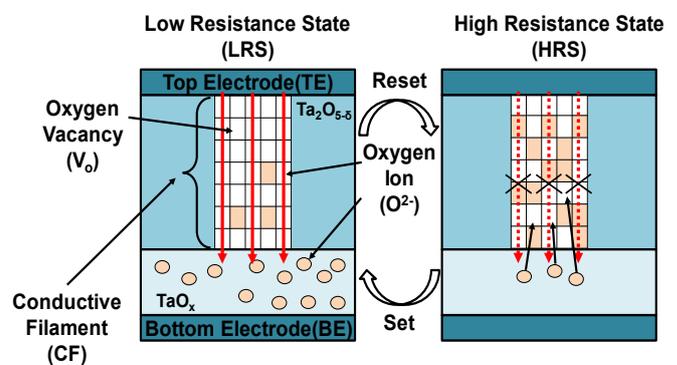


図1 ReRAMの動作原理[2]

## 4. 解析結果

ベリファイの有無によって, 正常に書き換えを行えたメモリセルと不良を起こしたメモリセルの電流値に, 異なる傾向が見られた. ベリファイを実行しなかった際は, 不良を起こしやすいメモリセルの方が, 不良を起こさなかったメモリセルより電流値が低くなる. 一方ベリファイを実行した際は, 不良を起こしやすいメモリセルの方が不良を起こさなかったメモリセルより電流値が高くなる.

## 5. 今後の課題

本研究では, 書き換えを繰り返し任意のところで読み出した電流値を基に, 不良を起こさないメモリセルと不良を起こすメモリセルの特性の比較を行った. 今後の展望として, 書き換え回数の多い, 少ないに依存して, 不良を起こしやすいセルの傾向が見られるかなど, より詳細なメモリセル毎の挙動を解析することが挙げられる.

## 参考文献

- [1] A. Kawahara, *et al.*, *ISSCC*, pp.220-221, 2013
- [2] A. Hayakawa, *et al.*, *IMW*, pp.24-27, 2017
- [3] K. Kawai, *et al.*, *ICICDT*, pp. 1-4, 2014.
- [4] C. Y. Chen, *et al.*, *IEDM*, pp. 99-102, 2016