

TaO_x-ReRAM における書き換え耐久性とプログラム時間のトレードオフ

Endurance and Program Time Trade-off of TaO_x-based ReRAM

○早川 敦奈, 前田 一輝, 竹内 健 (中央大理工)

Atsuna Hayakawa, Kazuki Maeda and Ken Takeuchi (Chuo Univ.)

E-mail: hayakawa@takeuchi-lab.org

1. はじめに

IT 技術の発達により情報機器が急激に普及され、データ量や消費電力の増加、データ書き換え時間の遅延などが問題となっている。この問題の解決へ向け、フラッシュメモリよりも高速且つ低消費電力での書き換えが可能で、電源遮断時もデータが保持される不揮発性の性質をもつ抵抗変化型メモリ (Resistive Random Access Memory, ReRAM) が次世代不揮発性メモリとして近年注目され、研究が活発に行われている[1][2]。本論文では、TaO_x を基とする ReRAM におけるデータ書き換え時のエラー率低減手法を提案し、書き換え耐久性とプログラム時間のトレードオフを示す。

2. ReRAM における書き換え耐久性とプログラム時間のトレードオフ

図 1 に本研究における測定方法を示す。低抵抗状態 (Low Resistance State, LRS) と高抵抗状態 (High Resistance State, HRS) の 2 状態にデータを記憶する ReRAM において、抵抗状態を LRS 化する動作を Set、HRS 化する動作を Reset と呼ぶ。Set と Reset を交互に行い、任意の回数時にメモリセルに流れる電流を読み出す DC Read を行う。また、ベリファイとは書き込みが不十分だった際に、書き込みが完了するまで電圧を印加する手法である。本研究における測定では、ベリファイ動作回数を 0 回と 20 回の 2 つに設定し、電圧 (V_{RESET}) を 3 種類用いて測定を行った。

図 2 に ReRAM の LRS と HRS におけるビットエラー率 (Bit error rate, BER) の書き換え回数 (Set/Reset cycles) 依存性を示す。ベリファイ動作を行わない場合、LRS の BER は書き換え回数が 10 回の際 V_{RESET} に依存し、書き換え回数の増加に伴い BER は減少する。図 2(c) のベリファイ動作を行った場合を見ると、図 2(a) と比べて LRS の BER が低くなっていることが分かる。ベリファイをかけると書き換え回数が 10 回の際には LRS の BER が低い、書き換え回数が増加するにつれて急激に BER は増加する[3]。

図 3(a) にベリファイ動作とエラー訂正符号 (Error-correcting code, ECC) の強度を最適化することによるデータ書き換えプログラムのアルゴリズムを示す。本研究では、書き換え回数が 10^4 回以下の時はベリファイ動作を行うかわりに ECC を弱くし、書き換え回数が 10^4 回以上の時はベリファイ動作を行わずに ECC を強くするというアルゴリズムを提案する。図 3(b) に ReRAM の BER と、ECC のエンコード/デコード時間の関係性を示す。書き換え回数が 10^4 回を超えると、ベリファイ動作を行わないため BER が高くなるため、強い ECC をかける必要がある。そのため、ECC のデコード時間が長くなってしまふ。

3. まとめ

本論文では、ReRAM のエラー率低減とプログラム時間の遅延解消を実現するための手法として、データの書き換え回数に応じて電圧とベリファイ動作回数、さらに ECC の強度を変えるというアルゴリズムを提案した。

謝辞

本研究は JST、CREST の支援 (JPMJCR1532) を受けたものである。サンプル提供と議論して頂いたパナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 安原隆太郎氏、三嶋智史氏に深謝いたします。

瀧下博文氏のご指導、ご協力に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Z. Wei, et al., *IEDM*, pp. 293-296, 2008.
- [2] Y. Tamai et al., *SSDM*, pp.1166-1167, 2008.
- [3] A. Hayakawa et al., *IMW*, pp.1-4, 2017.

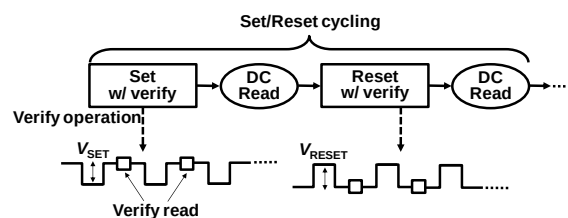


図 1 本研究における測定方法

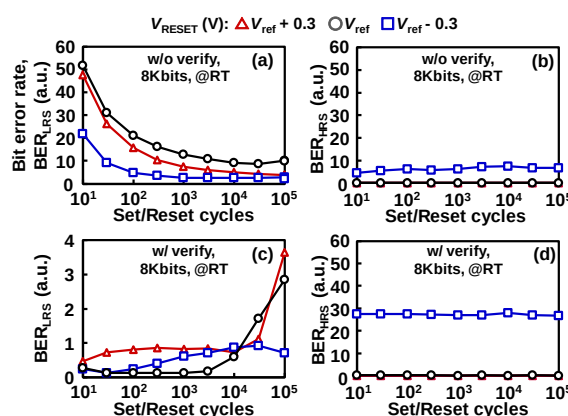


図 2 ReRAM の BER における書き換え回数依存性

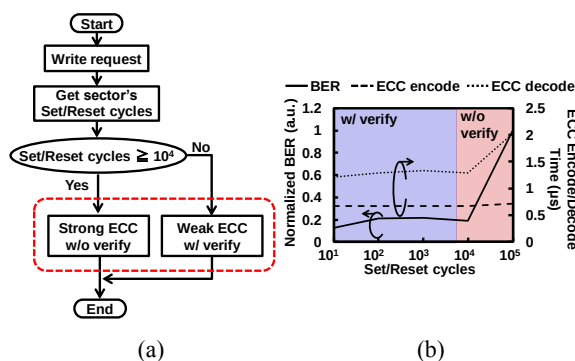


図 3(a) 提案アルゴリズム、(b) ReRAM の BER と ECC のエンコード/デコード時間の関係性