

格子ランダムウォークに基づく ReRAM 信頼性の数値モデル A Numerical Model of ReRAM Reliability based on Lattice Random Walk

○松田 慎平, 竹内 健 (中央大理工)

○Shinpei Matsuda, Ken Takeuchi (Chuo Univ.)

E-mail: matsuda@takeuchi-lab.org

メインメモリとデータストレージの間のアクセス速度のギャップは、コンピュータの性能の律速する要因となっている。このギャップを埋めるためにストレージクラスメモリ (SCM) と呼ばれる、NAND flash メモリよりも高速な新原理の不揮発性メモリの開発が望まれている。抵抗変化性メモリ (ReRAM) は SCM の有力な候補として活発に開発が行われているが、中でも酸素欠陥 (V_o) フィラメントによる ReRAM は幅広い金属酸化物材料で研究されており、その信頼性に高い関心が持たれている。

ReRAM のフィラメント中の酸素欠陥 (V_o) の挙動が信頼性に与える影響を理解するため、格子上のランダムウォークと、パーコレーション確率の計算に基づいた数値計算モデルによる考察を行った。図 1 に示したのは ReRAM のメモリセル中の V_o フィラメントを、二次元の正方格子でモデル化したもので、白いブロックが伝導要素 (V_o) を表している。このモデルでは、伝導要素である V_o がフィラメント領域の導電パスが形成された状態を ReRAM の低電流状態 (“1”) と見なし、リセット操作によって V_o 密度が低下して導電パスが切断された状態を高抵抗状態 (“0”) と見なす。導電パスが形成されるか否かは、一般にパーコレーション理論に従うと考えられる。

メモリの信頼性には、書き換え耐性とデータ保持の二つがあるが、本講では高温下のデータ保持による ReRAM のメモリセル電流の変化を数値モデルによって考察した。 V_o の拡散を格子上の多粒子ランダムウォークによってモデル化し、各時間におけるメモリセルの電流値を計算した。図 2 (a) に高温下のデータ保持前の低電流状態の V_o フィラメントに対応する数値モデルを、図 2 (b) にデータ保持後の状態の数値モデルを示す。 V_o の拡散によって、(1) V_o が拡散してフィラメントの径が太くなっていること、(2) フィラメント内部の V_o の濃度が低下したことが見て取れる。図 2 (c) に数値モデルから得られるセル電流の時間発展を示す。高温データ保持によって、低抵抗状態の電流は短期的にはふらつきつつ長期的には減少トレンドとなることが示唆された。

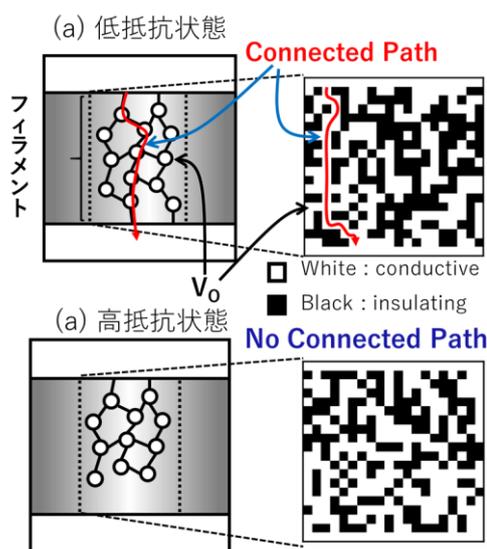


図 1 : ReRAM の V_o フィラメントの数値モデル
(a) 低抵抗状態 (LRS), (b) 高抵抗状態 (HRS)

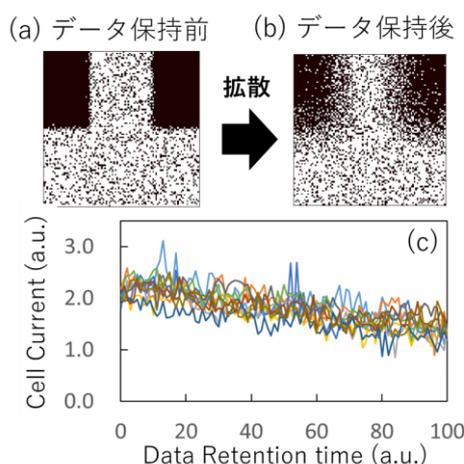


図 2 : データ保持によるセル電流変化の数値モデル
(a) データ保持前, (b) データ保持後のフィラメント
(c) 高温データ保持によるセル電流の変化 (計算)