

審査の結果の要旨

氏名 寧 渉洋

本論文は、「Research on High Performance Program Methods of Resistive Random Access Memories」（和訳：抵抗変化型メモリの高性能書き込み手法に関する研究）と題し、次世代不揮発性メモリの候補である、抵抗変化型メモリ（ReRAM）の書き込み特性の分析と性能向上を目的としている。特に本論文では、抵抗変化型メモリをストレージ・クラス・メモリ（SCM）として用いた場合の、要求仕様、書き込み性能改善手法、様々な種類のReRAMの比較を提供するもので、全8章で構成される。

第1章は、「Introduction, System Requirement of SCM」と題し、コンピュータシステムにおけるSCMの位置づけを述べるとともに、高速不揮発性メモリの必要性を示し、要求仕様を明確にしている。

第2章は、「Physical Models and Program Characteristics of ReRAMs」と題し、様々なReRAMの物理モデルと書き込み性能を比較し、長所と短所を議論している。

第3章は、「Program Stress Reduction on Al_xO_y ReRAM」と題し、Al_xO_y ReRAMにおいて、書き込み電力を17%削減、速度を1.2倍高速化、許容書き換え回数を1.4倍向上する電圧パルス調整手法を提案し、実測にて実証している。またアレイ素子測定で8.5%のビット・エラー・レート（BER）の削減を実証している。

第4章は、「Cell Condition Adaptive Verify-reset on Al_xO_y ReRAM」と題し、Al_xO_y ReRAMにおいて、メモリの書き込み後、その抵抗値が規定に達していない場合に再度書き込みをする、ベリファイ動作を最適化する手法を2種類提案、実測にて実証している。高速に書き込みする手法では、32%の電力削減と、6.7倍の高速化を実証し、書き込み速度と信頼性を両立させる手法では、書き込み電力を31%削減、速度を3.6倍高速化、許容書き換え回数の1.6倍向上を実証した。

第5章は、「Program Pulse Control on NRAM」と題し、カーボン・ナノチューブ・メモリ（NRAM）において、速度を1.23倍高速化する電圧パルス調整手法を提案し、実測にて実証した。また、書き込み電力を40%削減するベリファイ手法を提案した。

第6章は、「BER or Parity Overhead Reduction on NRAM」と題し、NRAMにおいて、新しい誤り訂正手法を提案し、書き換え回数10⁸回において、ビットエラーレート（BER）80%削減を実測にて実証した。また、従来広く使われている誤り訂正符号であるBCH符号と組み合わせることで、パリティ・オーバーヘッドを38%削減できることを実測にて実証した。

第7章は、「Universality of Previous Proposals」と題し、提案した様々な書き込み手法を、様々なReRAMに適応させ、提案手法の汎用性を調査している。

第8章は、「Discussion and Conclusion」と題し、様々なReRAMの性能をまとめるとともに、将来の展望を議論している。

以上のように本論文では、高速かつ大容量な不揮発性メモリとして期待される抵抗変化型メモリにおいて、書き込み性能を改善する手法を提案、実測にて実証するとともに、カーボンナノチューブ、遷移金属酸化物など様々なスイッチング素子に対して提案手法の有効性を検証しており、電子工学の発展に寄与する所が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。