

論文内容の要旨

博士論文題目

Highly Reliable Memory Architectures Using Combination
of In-Field Self-Repair, ECC and Aging Test

氏名 Gian Paolo Topico Mayuga

(論文内容の要旨)

Embedded memory is occupying the most area in System-on-Chips (SoCs). It contributes to SoCs to have greater features, but at the expense of taking up the most area. The continuous scaling of nano-device technology makes memory more susceptible to errors. Aging-induced faults, as well as soft errors, manifest in field, which is a concern as causes of errors. Hence, reliability of memory is crucial to overall reliability of SoCs.

In-field test and repair, as well as Error Correction Codes (ECC), can be used to maintain reliability, and recently, these methods are used together to form a combined approach, wherein uncorrectable words are repaired, while correctable words are left to the ECC. In order to enhance reliability, a novel in-field repair strategy that repairs uncorrectable words, and possibly correctable words, for an ECC-based memory architecture is proposed. It executes an adaptive reconfiguration method that ensures fresh memory words are always used until spare words run out. To further enhance the reliability of memory, a more sophisticated test that can identify not only faulty memory cells, but aged ones as well, is used. A novel aging-aware in-field repair strategy that adaptively assigns aged and faulty words to functional repair or correction based on their vulnerabilities is proposed. Experimental results of both strategies demonstrate enhancement of reliability, and the hardware overhead contributions are small.

(論文審査結果の要旨)

平成 28 年 7 月 29 日に開催した公聴会の結果を参考に平成 28 年 9 月 5 日に本博士論文の審査を行った。以下のとおり、本博士論文は、提案者が独立した研究者として研究活動を続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

本博士論文では、半導体メモリの信頼性を向上させるため、以下の 2 つの手法を提案している。

1. 自己テスト・自己修復と誤り訂正符号 (ECC) をアダプティブに組み合わせる手法を提案した。従来、自己テスト・自己修復はハードウェアの故障による永久故障の修復に、ECC は、ソフトエラーなど一時的なエラーの出力を訂正するために用いられてきた。提案手法では、メモリ全体の故障状況に応じて、ハードウェア故障を修復と訂正でアダプティブに対処することでメモリの信頼性を向上させることに成功した。
2. 自己テストに劣化検知テストを導入し、メモリセルの劣化状態を考慮することで、メモリの信頼性をさらに向上させる手法を提案した。1 で提案した手法では、メモリセルの状態を、正常と故障とで区別していたが、本手法では、劣化検知テストを導入することで、マージンが十分でない劣化状態のセルを識別し、マージンが十分なセルに優先して修復の対象とすることで、メモリの信頼性をさらに向上させることに成功した。

システム・オン・チップに占める組み込みメモリの割合は年々増加し、メモリの信頼性が半導体チップの信頼性に対し支配的となっている。本博士論文は、半導体チップの信頼性向上に大きく貢献する実用的な内容であると評価できる。よって、本論文は、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。