【基盤研究（S）】

大区分Ｊ

研究課題名　ミューオン起因ソフトエラー評価基盤技術：実測とシミュレーションに基づく将来予測

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授　橋本（はしもと）　昌宜（まさのり）

研究課題番号：19H05664　研究者番号：80335207
キーワード：ソフトエラー、ミューオン、集積システム、VLSI、信頼性

【研究の背景・目的】

地上に降り注ぐ二次宇宙線粒子によって生じる一過性の誤動作 (ソフトエラー)が集積システムの信頼性を決める最大要因となっている。デバイスの微細化により、ミューオンが中性子に変わってソフトエラーの主要因となるパラダイムシフトが起こり、急速にエラー率が増加する可能性がある。宇宙線ミューオンが集積システムの故障を引き起こす最大の要因となるかを世界に先駆けて見極めることが研究目的である。正確な見極めを実現するため、ミューオン・シリコン間の核反応基礎データを取得するとともに、最先端メモリデバイスのソフトエラー実測データを蓄積する。これらのデータを基に物理現象を正確に再現するシミュレーション技術を確立する。本研究は、予期しない信頼性低下を未然に防ぎ、集積システムに高い信頼性が求められる Society 5.0 の実現に貢献する。

【研究の方法】

本研究ではミューオン起因のソフトエラーを正しく理解・評価する技術を世界に先駆けて確立し、将来デバイスの信頼性動向を明らかにする。基礎物理現象の把握と実測結果の再現性検証によりシミュレーション技術の精度を格段に高める。

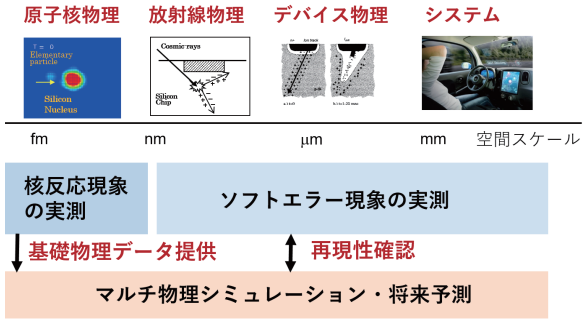

図 1 研究課題の構成

図 1 に研究課題の構成を示す。原子核物理からシステムをカバーする研究者が協力して研究に取り組む。将来予測に適用可能な信頼性の高いシミュレーション体系を構築するため、ミューオンと原子核の反応を実験により取得し、シミュレータ開発に必要な基礎物理データを提供する(課題 1; 担当: 新倉、渡辺、佐藤)。最先端デバイスを用いたソフトエラー評価実験を実施して、エラー率の測定とソフトエラー発生メカニズムの分析に必要な物理現象を把握する(課題 2; 橋本、佐藤、新倉)。原子核物理、放射線物理、デバイス物理にまたがるマルチ物理シミュレーション技術を開発する(課題 3; 担当: 安部、鎌倉、新倉)。課題 1 で得た基礎物理データを原子核物理のシミュレーションに活用する。開発したシミュレーションで、ソフトエラー評価実験結果が再現できるかを確認し、シミュレータの正当性を確認する。これらのシミュレーション技術を用いて、将来の集積デバイスのソフトエラー耐性を評価し、情報システムの信頼性予測を提供する(課題 4; 担当: 橋本、渡辺、安部、鎌倉)。

【期待される成果と意義】

宇宙線ミューオンによるソフトエラーを物理的に正しく理解し、深刻度と対策の緊急度を明らかにする。システム信頼性向上に必要な評価フレームワーク開発し、宇宙線ミューオン対策技術の学術的基盤を世界に提供する。

ミューオンによるソフトエラーが予期せぬ情報システムの信頼性低下を起こすことを未然に防止し、Society 5.0 の実現を阻害する信頼性要因を排除する。ミューオン起因ソフトエラーの世界標準シミュレーション法を提示し、世界的なエラー対策技術の開発を加速させる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・W. Liao, M. Hashimoto, S. Manabe, Y. Watanabe, K. Nakano, H. Sato, T. Kin, K. Hamada, M. Tampo, and Y. Miyake, "Measurement and Mechanism Investigation of Negative and Positive Muon-Induced Upsets in 65-nm Bulk SRAMs," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 65(8), pp. 1734-1741, August 2018.
・S. Manabe, Y. Watanabe, W. Liao, M. Hashimoto, K. Nakano, H. Sato, T. Kin, S. Abe, K. Hamada, M. Tampo, and Y. Miyake, "Negative and Positive Muon-Induced Single Event Upsets in 65-nm UTBB SOI SRAMs," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 65(8), pp. 1742-1749, August 2018.

【研究期間と研究経費】

令和元年度－令和 5 年度
156,300 千円

【ホームページ等】

http://www-ise1.ist.osaka-u.ac.jp/
hasimoto@ist.osaka-u.ac.jp