

Title	自然界中性子線によるSRAMのシングル・イベント・アプセットに関する研究
Author(s)	有田, 豊
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45044
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	あり た ゆたか 有 田 豊
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 18805 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	自然界中性子線による SRAM のシングル・イベント・アプセットに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 高井 幹夫 (副査) 教授 奥山 雅則 教授 岡本 博明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、著者が三菱電機 ULSI 研究所及び大阪大学大学院基礎工学研究科社会人ドクターコースにおいて行ってきたスタティック型ランダムアクセスメモリ (SRAM) に於ける自然界中性子線によるシングル・イベント・アプセット現象 (SEU) に関する一連の研究をまとめたものである。近年の半導体プロセス技術の向上とともに、半導体集積回路の高密度化が益々進んでいる。しかしながら、集積度の向上に伴い、メモリセルに蓄えられる電荷量が減少するに伴い SEU が問題となってきた。特に低セル容量のスタティック RAM (SRAM) において深刻である。中性子線による SEU は中性子線のエネルギーの違いにより発生メカニズムが異なるが、それぞれの発生原因が自然界中性子線環境下でどのように影響しているか、その度合いを明確にし、その対策が必要であり、また、短時間に SEU 率を評価する方法が必要である。しかしながら、実デバイスによる十分なデータがなく、また、中性子線ビーム照射による加速評価も個別に行われているものの、総合的に検討されたものがない。そこで、大量のデバイスを用いた自然界の中性子線環境下での実装評価を行い、同じデバイスにより各種中性子線ビームを照射することで、自然界で発生している SEU 現象を明確にした。本研究により、実装状態で動作中のエラーには従来から問題となっていたパッケージ材料から放出される α 線によるソフトエラーが相当量含まれていることが判明した。中性子による SEU には 3 つのモードがあるが、このうち熱中性子と BPSG 膜中のボロンとの反応による SEU が 60% 以上と高い比率であることが判明した。また、中速エネルギー中性子と Si の弾性散乱による SEU が高速中性子による SEU の 1/4 程度の寄与率であることが判明した。熱中性子から 10 MeV 程度までの高速中性子の加速評価の方法としては、 ^{252}Cf により可能であることを証明し、また、核反応シュミレータを使うことで、SEU 率の予測が可能であることを証明した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

近年の半導体プロセス技術の向上とともに、半導体集積回路の高密度化が進み、メモリセルに蓄えられる電荷量が減少し、放射線に起因するシングルイベントアプセット (SEU) が問題となっている。特に低セル容量のスタティック型ランダムアクセスメモリ (SRAM) では、放射線による誤動作が深刻な問題となっている。

本論文は、同一 SRAM に対する自然界中性子線と各種中性子線ビーム照射による SEU 現象に関する一連の研究をまとめたものである。

中性子線による SEU は中性子線のエネルギーの違いにより発生メカニズムが異なるため、自然界では地理的条件による SEU 特性の違いを明らかにし、中性子線源および中性子加速器による加速試験を同一 SRAM で行い、各エネルギー域での SEU 特性の違いを明らかにしている。

とくに、SRAM での SEU には 3 つのモードがあり、熱中性子と BPSG 膜中のボロンとの反応による SEU が 60% 以上と高い比率であることを明らかにしている。また、中速エネルギー中性子と Si の弾性散乱による SEU が高速中性子による SEU の 1/4 程度の寄与率であり、その他が高エネルギー中性子による核分裂によることを明らかにしている。さらにパッケージ材料から放出される α 線によるソフトエラーが全体の 25 パーセント程度存在することも明らかにしている。

また、熱中性子から 10 MeV 程度までの高速中性子の加速評価が、 ^{252}Cf 線源を使用することにより可能であることを証明し、核反応シュミレータを使うことで、SEU 率の予測が可能であることを示している。

さらに、デバイス構造により SEU を防ぐための耐性構造を明確にし、現状の 1/10 の SEU 発生確率にするための設計指針を明らかにしている。

以上のように、本論文は中性子線に起因する SEU を中心に、SRAM の SEU を総合的に調べ、これまで不明であった中性子線 SEU の割合を初めて明らかにするばかりでなく、その耐性構造の指針をも明らかにしているため、次世代の SRAM 開発に大きく寄与するものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。