

地下実験室における半導体デバイスの ソフトエラー発生率の評価

2021/2/8

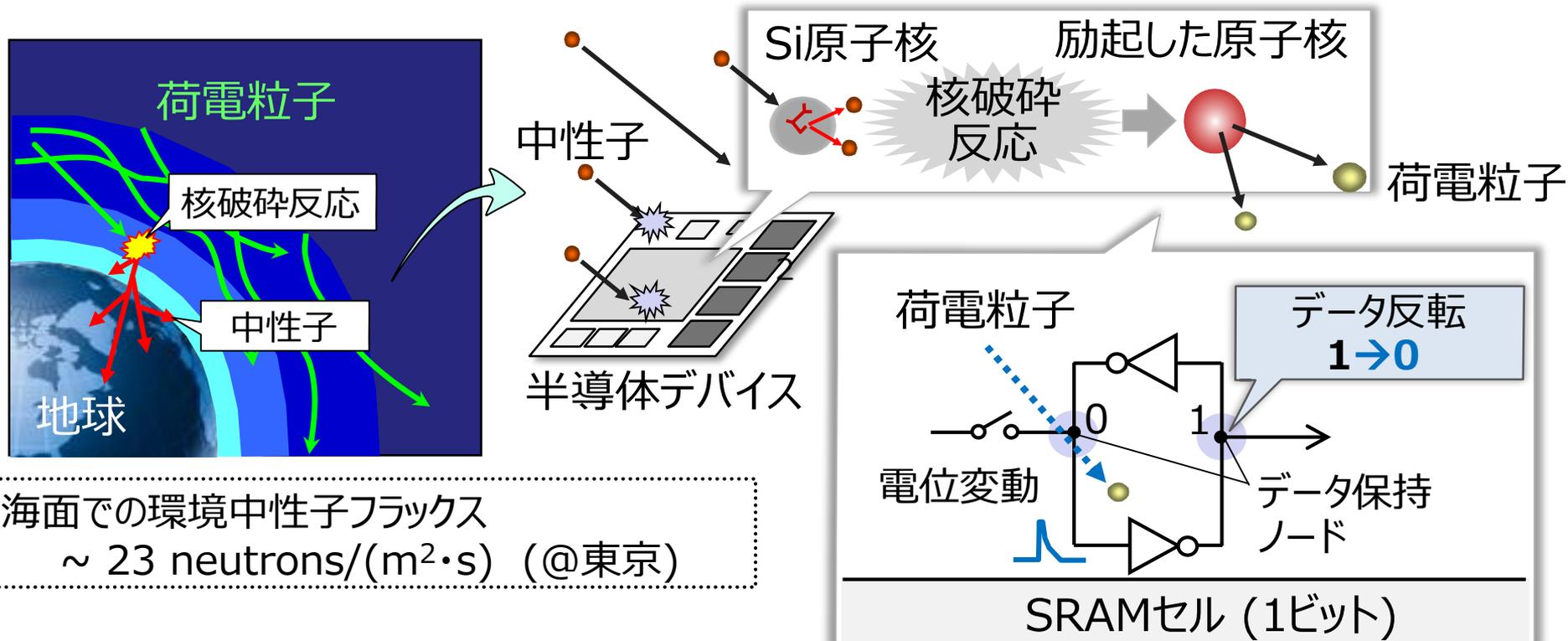
大阪大学 核物理研究センター 共同研究員

株式会社日立製作所 研究開発グループ 生産イノベーションセンタ

○井辻 宏章、上園 巧、新保 健一、鳥羽 忠信

電子システムのソフトウェア

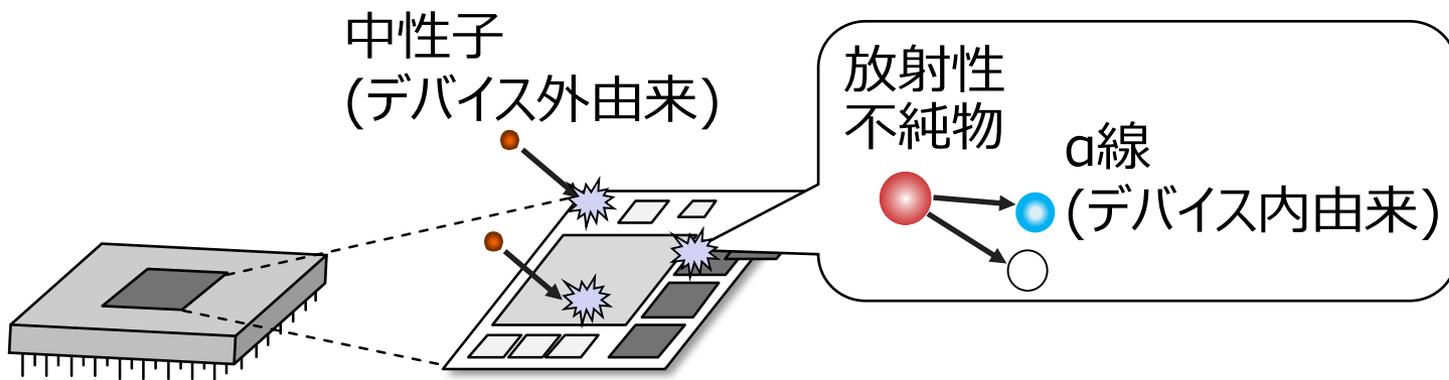
- ◆ 電子システムの安全・高信頼運用には、ソフトウェア対策が重要
- ◆ ソフトエラーは、半導体デバイスで起こる再現性の低い障害
- ◆ 地上環境では、中性子等の放射線によりソフトエラーが発生



ソフトエラー発生率に応じた適切なソフトウェア対策を講じるため、電子システムを構成する半導体デバイスのソフトエラー発生率を把握することが重要

ソフトエラーモニタリング

- ◆ ソフトエラー発生率の特定のため、設置環境でのソフトエラーモニタリングが必須
- ◆ ソフトエラーはデバイス内・外からの放射線により発生する
 - デバイス内 → 主にα線がソフトエラーの原因で、発生率は環境に依存しない
 - デバイス外 → 主に高エネルギー中性子、低エネルギー中性子(熱中性子)がソフトエラーの原因で、発生率は環境に依存する
- ◆ 地上の計測では、遮蔽が難しい高エネルギー中性子と、熱中性子、α線によるソフトエラーが混在するため、ソフトエラーの要因弁別は困難である
- ◆ 神岡施設では、高エネルギー中性子のフラックスが地上と比べ5桁小さく、熱中性子を遮蔽すれば、α線によるソフトエラー発生率を特定可能だと予想した



ソフトエラーモニタリング装置を開発し、神岡施設でソフトエラー発生率を計測することにより、ソフトエラーの要因弁別を行った

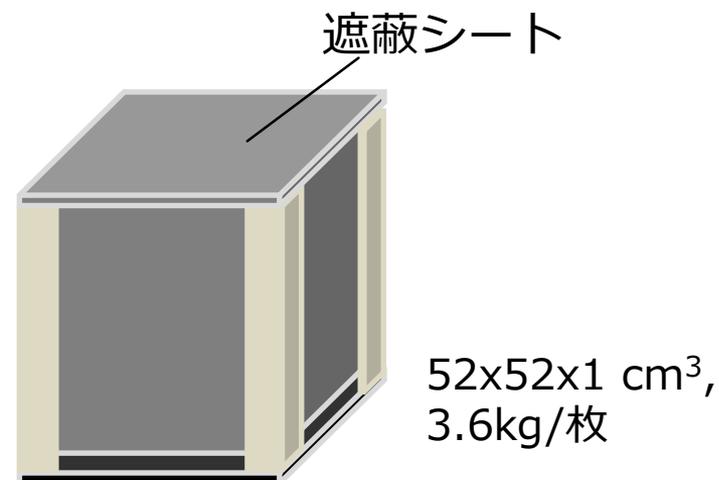
実験内容 (1/2)

実験概要

- ◆ 熱中性子を遮蔽すればα線のみによるソフトエラーをモニタリングできると想定し、ソフトエラーモニタリングシステムを神岡施設に設置して計測した
- ◆ 熱中性子の寄与を明確化するため、ソフトエラーモニタリングシステムを遮蔽用筐体で覆った時/覆ってない時の2条件で計測した



ソフトエラーモニタリングシステム



遮蔽用筐体

遮蔽用筐体有りの時(α線が寄与)と、無しの時(熱中性子+α線が寄与)のソフトエラー発生率の差分を取ることで熱中性子の寄与を明確化

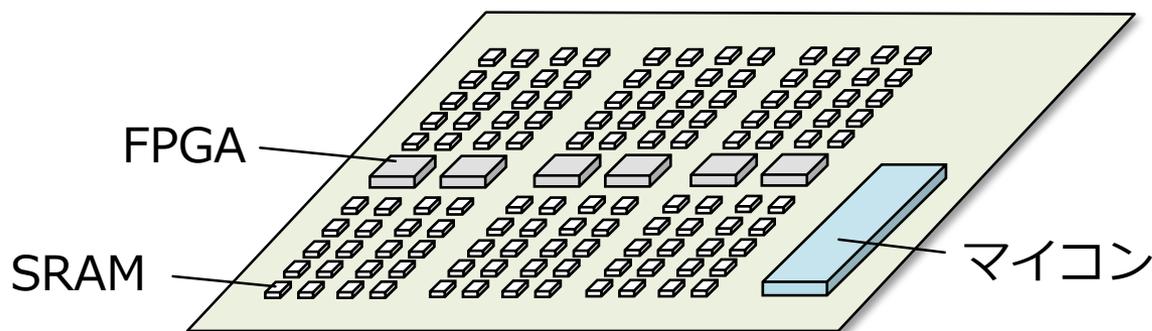
実験内容 (2/2)

実験期間

1. '18/9/6 ~ '19/1/28 (遮蔽シート無)
2. '19/2/1 ~ '19/6/13 (遮蔽シート有)

実験条件

- ◆ モニタリング用のデバイスはSRAM*(4Mb, 120個/基板, 計10基板)
- ◆ 制御回路(FPGA**/マイコン)は放射線耐性が高いデバイスを使用
- ◆ 遮蔽シートは厚さ1cmのシリコンゴム系中性子遮蔽材(ボロンタイプ)で、熱中性子の透過率は $1/10^3$



ソフトウェアモニタリングシステムの基板

FPGA :
SRAMのリード/ライト制御

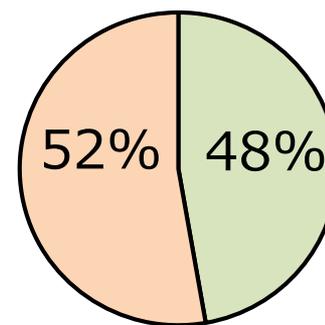
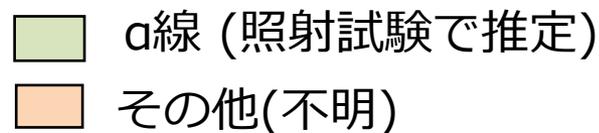
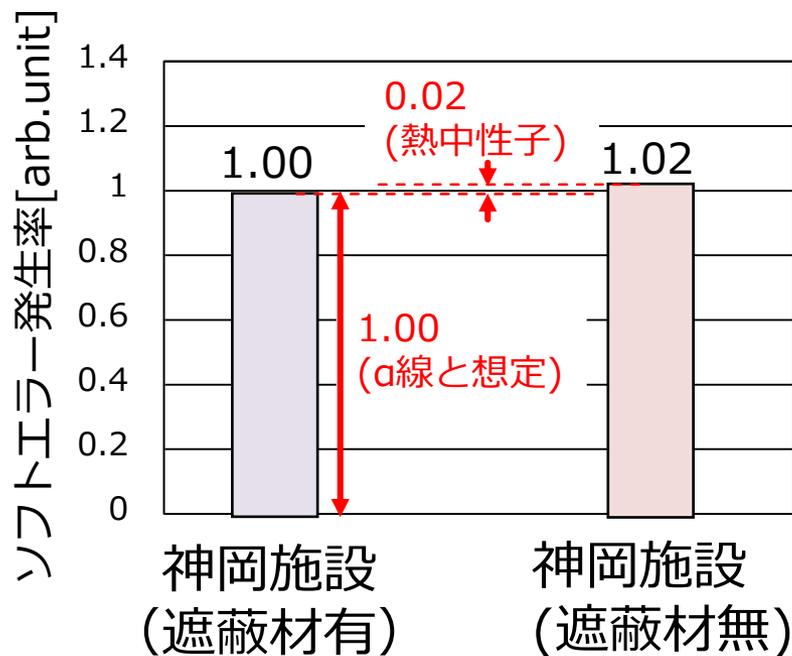
マイコン :
FPGAを含む全体制御

* Static Random Access Memory

** Field-Programmable Gate Array

ソフトウェアモニタリングの結果

- ◆ 神岡施設でのモニタリングにより、熱中性子のソフトウェア発生率への寄与は2%程度で、98%程度がα線の寄与であることを示唆する結果が得られた
- ◆ α線照射試験を追加で実施し、α線の寄与率の妥当性を確認したところ、原因不明のソフトウェアが発生していることが判明した
- ◆ 測定系・デバイスの不安定性が原因と予想し、20年度に別のSRAMデバイス(高放射線、α線耐性)の測定予定だったが、COVID-19のため実施できず
⇒ 採択されれば、21年度に本実験を行う予定



神岡施設(遮蔽材有)のソフトウェア内訳