

2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：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
英文：Soft-error-rate estimation for semiconductor device at underground laboratory

研究代表者 中野貴志（大阪大学核物理研究センター）
参加研究者 梅原さおり、長崎文彦、荻原政男、小柳隆行、東亮太、鳥羽忠信、新保健一、上菌巧、井辻宏章（大阪大学核物理研究センター）

研究成果概要

本研究では、電子回路の安定性・信頼性に影響を与える高集積回路のソフトエラー発生率の評価を、地下実験室で行うことを目的とする。

近年、半導体デバイスを用いた電子回路の安定性・信頼性は、環境放射線によるソフトエラー発生率に大きく依存する。ソフトエラーとは、メモリやロジック回路に起こる一時的な誤作動で、これは、放射線が半導体デバイスに入射することで起こる。このソフトエラーは、ハードエラーとは異なり、デバイスの再起動やデータの上書きによって回復してしまう故障である。そのため、症状の再現が難しく、これがソフトエラーの対処の難しさの原因となっている。したがって、デバイスのソフトエラー発生が、中性子、 μ 粒子、 α 線のどの環境放射線によるか（図 1 参照）を調べることは重要である。

本研究では、 μ 粒子が少ない神岡宇宙素粒子研究施設にてソフトエラー率を調査することで、ソフトエラーの原因調査を行う。本年は、そのために下記 1) ～ 3) を行った。それぞれについて詳細に示す。

1) 本ソフトエラー実験装置を神岡施設に設置した場合の発生率評価：ソフトエラー実験装置を神岡施設実験室 D に設置し、ソフトエラー率の測定を行った。設置したソフト

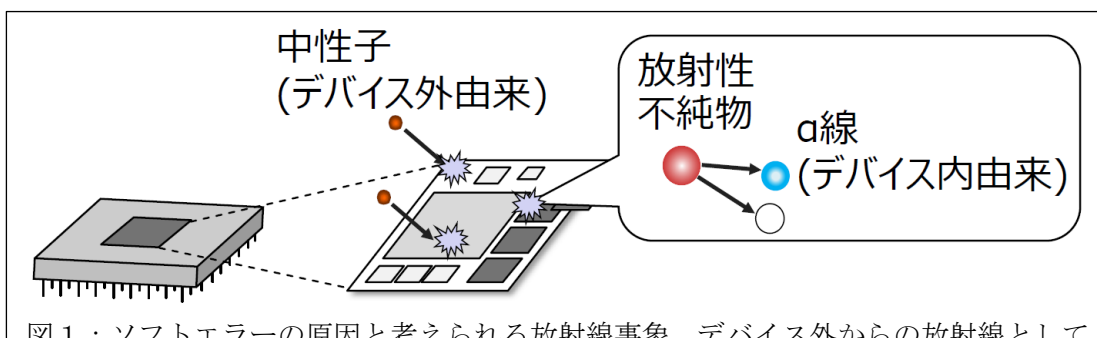


図 1：ソフトエラーの原因と考えられる放射線事象。デバイス外からの放射線としては、ミューオン、高エネルギー中性子、低エネルギー中性子（熱中性子）が、デバイス内からの放射線としては、アルファ線が考えられる。神岡施設におけるソフトエラー測定では、熱中性子・アルファ線によるソフトエラー発生率の評価を目指す。

エラーモニタリング実験装置は、1200 個の半導体デバイスを用いた装置となっている。本年度は主にデータ解析を行った。

2) 本ソフトウェア実験装置を神岡施設に設置し、かつ、熱中性子を低減させるために熱中性子遮蔽シートで囲んだ場合の発生率評価：ソフトウェアモニタリング装置は、前項で使用した装置と同じである。本年度は主にデータ解析を行った。

1) と 2) のデータ解析の結果、神岡でのソフトウェア発生率の原因の 98%は、アルファ線もしくは測定系の不安定性等、であると見積もられた (図 2)。

3) デバイスへのアルファ線照射試験：神岡でのソフトウェア原因を調べるため、ソフトウェア測定装置に用いている半導体デバイスにアルファ線を照射し、ソフトウェア耐性試験を行った。照射試験の結果、神岡施設における発生エラーの 48%がアルファ線を起因としたソフトウェア、52%は、それ以外の測定系の不安定性が原因と見積もられた。

4) 新規ソフトウェア測定装置の製造：3) の結果をもとに、神岡に新規に α 線に対して耐性の高いソフトウェア測定デバイスの構築を進めた。この新デバイスは、現在神岡施設に設置している半導体デバイスと比較すると、アルファ線に対するソフトウェア断面積が 1 桁以上低いという特徴があり、アルファ線の影響を相対的に低減されると期待できる。本デバイス

を用いて、地上実験室においてソフトウェア率の長期継続測定を行ったところ、ソフトウェア事象を複数回観測できており長期運用にも問題ないことを確認できた。

今後、この 4) の装置を用いて、地上実験室でのソフトウェア率測定を進めた後、本装置を神岡施設に持ち込み、地下におけるソフトウェア発生率測定を開始する予定である。

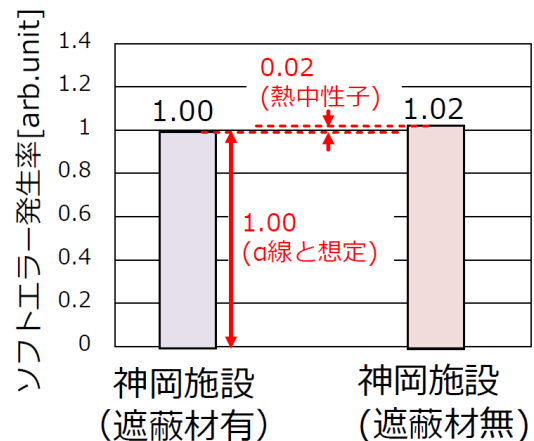
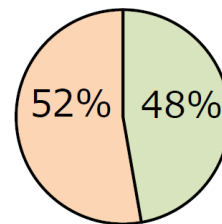


図 2 : 神岡で行ったソフトウェア発生率の比較。熱中性子遮蔽材ありとなしで比較している。結果、発生ソフトウェアの 98%が、アルファ線もしくは測定系の不安定性等、であると見積もられた。

- α 線 (照射試験で推定)
- その他(不明)



神岡施設(遮蔽材有)のソフトウェア内訳

図 3 : 神岡施設において中性子遮蔽材を使用した際のソフトウェア発生原因の内訳。48%がアルファ線によるソフトウェア発生、52%が、測定系の不安定性が原因だと見積もられた。