

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	デバイスシミュレーションを用いた半導体材料の電子素子に与える宇宙荷電重粒子の影響に関する研究
Title(English)	Device-Simulation-Based Study of Space Heavy Ions Effects on Semiconductor Material Electronic Devices
著者(和文)	丸明史
Author(English)	Akifumi Maru
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12088号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉本 護,舟窪 浩,中村 一隆,松田 晃史,和田 裕之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12088号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	丸 明史	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	吉本 護	教授	和田 裕之	准教授
	審査員	舟窪 浩	教授		
		中村 一隆	准教授		
松田 晃史		講師			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Device-Simulation-Based Study of Space Heavy Ions Effects on Semiconductor Material Electronic Devices”(デバイスシミュレーションを用いた半導体材料の電子素子に与える宇宙荷電重粒子の影響に関する研究)と題し、英文で全7章より構成されている。

第1章“General Introduction”では、本研究の背景として宇宙機に使用される部品と宇宙放射線環境、電子部品の微細化の傾向および人工衛星の放射線による軌道上不具合事例に触れ、半導体電子部品の放射線対策の重要性と微細デバイス特有の放射線影響「チャージシェアリング現象」の対策重要性を示し、本研究の目的及び意義を明らかにしている。

第2章“Radiation Environment in-Orbit”では、宇宙放射線環境について詳細に説明し、宇宙放射線の種類と人工衛星の軌道によって電子部品が受ける放射線の種類が異なることを説明している。

第3章“Radiation Effects on Semiconductor Material Electronic Devices”では、半導体電子部品における各種放射線影響について発生メカニズムや影響を受けやすいデバイスなど詳細に解説している。本論文で着目したチャージシェアリング現象についても本章でメカニズムを解説している。

第4章“Charge Sharing Induced SEU Simulation by Using the Device Simulator”では、本論文で使用したデバイスシミュレータについて、シミュレーションの原理を説明し、本研究で構築したデバイスシミュレーションモデルを示している。単純なメモリ回路をデバイスシミュレータ上で直接構築し、デバイスシミュレータで過渡解析を実施し、荷電重粒子の入射を想定した電荷をシミュレータで注入した際、回路でSingle Event Upset (SEU)が再現できることを示している。また、メモリ回路のOFF状態トランジスタと電荷注入の中心位置との間の距離を変えたシミュレーションを実施し、本研究で設定した条件下でチャージシェアリングの影響範囲が電荷注入の中心位置から半径2.3 $\mu\text{m}$ の円内であることを見出している。

第5章“Experimental Verification of the Device Simulation Model Validity”では、デバイスシミュレーションモデルのメモリ回路と同じ製造プロセスで作製された試験回路の放射線試験について、使用した加速器施設、試験条件、試験方法および試験結果・解析結果を示している。放射線試験時に記録したエラー発生アドレスの情報から、SEUが発生したメモリセルの物理的配置を解析し、単発の放射線入射によって複数のメモリセルが同時に判定している箇所(Multi Cell Upset (MCU))を特定している。MCUに含まれるメモリセルの個数(2メモリセル)と、1つのメモリセルのレイアウト面積情報を用いてチャージシェアリングの影響範囲を実験的に見積もっている。その結果、4章で示したデバイスシミュレーションによるチャージシェアリングの影響範囲とほぼ同等であることを明らかにし、本研究で確立したデバイスシミュレーション手法の妥当性が示されている。

第6章“Suggestion of Charge Sharing Tolerant Memory Circuit Based on the Device Simulation Result”では、4章で示したデバイスシミュレーションによるチャージシェアリング影響範囲の見積り結果を従来の放射線対策回路であるError Correction Code (ECC)アルゴリズム適用回路や3重冗長多数決回路(Triple Modular Redundancy 回路)に適用することで耐チャージシェアリング回路化することが可能であることを示し、本研究の手法を用いた耐チャージシェアリングメモリ回路を提言している。

第7章“General Conclusions”では、本研究で得られた成果を総括している。  
以上を要するに本論文は、近年の微細トランジスタで宇宙用の耐放射線回路を設計するために必須となるチャージシェアリング影響範囲をデバイスシミュレータ単独で精度よく見積もる新たな手法について、実試験回路の放射線試験結果と比較検証することで確立しており、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。