

小型衛星搭載機器における民生電子部品の耐放射線性評価

Evaluation of radiation tolerance of COTS device for Small Satellite

富田 一正¹⁾ 原田 次郎¹⁾ 菅井 光信¹⁾ 明石 健二¹⁾
大島 武²⁾ 佐藤 真一郎²⁾

Kazumasa TOMITA, Jiro HARADA, Mitsunobu SUGAI, Kenji AKASHI
Takeshi OHSHIMA, Shinobu ONODA, Takahiro MAKINO

¹⁾株式会社エイ・イー・エス ²⁾量子科学技術研究開発機構

(概要)

2020年度は、試料としてP-ch MOSFETを選定し、重粒子線照射試験(以下、試験とする)を実施した。選定した試料は小型人工衛星及びその関連機器の開発のため、宇宙環境で使用することを目的として選定した民生電子部品である。当該部品のシングルイベント(SEE: Single Event Effect)耐性の確認を目的として試験を実施したが、照射量計測に使用する半導体検出器の試験中の故障により、SEE耐性の確認まで至らなかった。本報告書では、予定していた試験の概要及び評価方法について報告する。

キーワード: 民生電子部品、小型人工衛星、重粒子、シングルイベント

1. 目的

近年、小型人工衛星の開発が盛んになり、衛星搭載機器の低コスト化、小型化及び高機能化が要求されている。これらの要求を満たすため、民生電子部品の使用が望まれている。しかしながら、一般的に民生電子部品は宇宙環境下での使用を考慮して設計されておらず、耐放射線性は不明である。そこで、民生電子部品の宇宙環境における動作状況、劣化状況を放射線試験により確認し、宇宙への適合性を把握する必要がある。

放射線の電子部品への影響は、トータルドーズ(TID: Total Ionization Dose)とシングルイベント効果(SEE: Single Event Effect)の2パターンに大きく分けられる。TIDは β 線、 γ 線、陽子線により発生する電子部品の性能劣化であり、SEEは重粒子、陽子の入射により引き起こされる機能障害である。

本研究において、民生電子部品の使用を想定している小型人工衛星は運用期間が1年と短いため、TIDによる影響は少ないと考える。一方、SEEは1度の発生で電子部品そのものや周辺回路を破壊する可能性がある。本研究は、様々な民生電子部品の試験を行い、宇宙環境における耐放射線性の評価を行うことを目的としている。

2. 試験の概要

試験の試料の概要を表1に示す。低いゲート電圧で使用できること、オン抵抗が小さいことから、低電圧動作回路のコンポーネントでも使用可能である。

表1 試料一覧(2020年度)

試料	用途	主な仕様	照射線種	測定項目	試料数
P-ch MOSFET	衛星搭載機器電源入力部及び供給部でスイッチとして使用	極性: P-ch ドレイン・ソース間電圧(V_{DS}): -40V ゲート・ソース間電圧(V_{GS}): +10V/-20V ドレイン電流: -90A(DC) 許容損失: 180W ゲート閾値電圧: -2.0~-1.0V 動作温度範囲: -55~+175°C	N Ne Ar K	SEGR(Single Event Gate Rapture)	3

試験は、AVF サイクロトロン リアルタイムビームモニター照射チャンバー (LD1) にてカクテルビーム (N、Ne、Ar、K の 4 線種) を使用した。本試験のブロック図を図 1 に示す。照射室内に電源とコントロール用 PC、データロガーを設置し、LAN 接続した測定室の PC からリモートデスクトップでコントロール、監視することができる。また、試料 3 個の電源系統は個別とし、それぞれ ON/OFF が可能なコンフィギュレーションである。

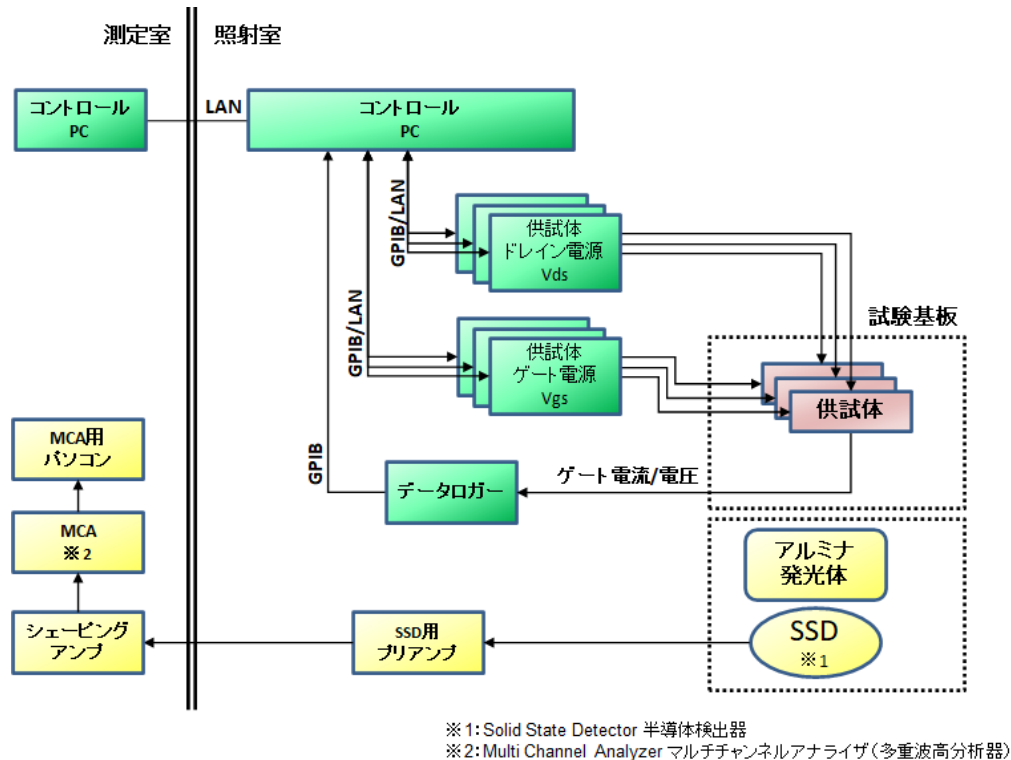


図 1 試験系のブロック図

3. 評価方法

本試験では、SEGR の発生有無を評価することとした。ビーム照射中に試料のゲート電流をモニターすることで、SEGR の発生を測定する。SEGR 判定閾値は、試験前に測定した通常動作時のゲート電流の 10 倍とし、照射中のゲート電流が閾値以上に増加した場合に SEGR 発生と判断し、発生回数をカウントする。また、SEGR が発生した場合は、試料の電源をリセットし、正常復帰が可能か確認することとした。

SEE 発生頻度は、試験により得られた反転断面積、LET (Linear Energy Transfer) 閾値と CREME96 (Cosmic Ray Effects on Micro-Electronics (1996 Revision)) を用いて計算した軌道上の粒子フラックスより算出する。発生頻度の算出は SEE の発生状況により、①もしくは②の手法を適用する。

①ワイブル関数によるフィッティングを行う解析：

ワイブル関数により LET と反転断面積の関係を求め、軌道上の粒子フラックスから発生頻度を算出する。

②ワースト解析：

SEE の発生した線種の次に LET の大きい線種で 1 回 SEE が発生したと仮定し反転断面積を求め、軌道上の粒子フラックスから発生頻度を算出する。全線種で SEE が発生しなかった場合は、最も LET の大きい線種で 1 回 SEE が発生したと仮定する。

本研究で民生電子部品の使用を想定している小型人工衛星の軌道条件は、高度 700km、軌道

課題番号 2020A-C03
利用区分 成果公開(産業・実用化)

傾斜角 98 度、衛星構体は 2mm 厚アルミニウム、運用期間 1 年である。算出した SEE 発生頻度と想定運用期間を比較し、民生電子部品の耐放射線性を評価する計画とした。