課題番号　２００９Ｂ―Ｃ０１

民生電子部品の耐放射線試験

Examination of resistance to radiation of public welfare electronic parts

垣見 征孝[1)]　佐々木　直樹[1)]　中尾　哲也[1)]　山田 守[1)]　後藤 洋司[1)]
大島 武[2)]　平尾 敏雄[2)]　小野田　忍[2)]
Yukitaka KAKIMI, Naoki SASAKI, Tetsuya NAKAO, Mamoru YAMADA, Youji GOTO, Takeshi OHSHIMA, Toshio HIRAO, Shinobu ONODA
[1)]株式会社エイ・イー・エス　[2)]日本原子力研究開発機構

小型人工衛星（質量 100kg 以下程度）の開発現場では、開発コストを抑えるため民生部品の使用が望まれている。そこで民生電子部品の宇宙環境における動作状況、劣化状況を重粒子照射試験により把握し、部品の宇宙への適合性を探った。

キーワード：民生電子部品、重粒子、放射線試験、シングルイベント

１．概要

小型人工衛星の開発現場では、高価な宇宙用部品ではなく、一般的な民生部品を使用し、短期開発、低コスト開発が求められている。そこで民生電子部品の宇宙環境における動作状況、劣化状況を試験により把握し、部品の宇宙への適合性を探り、宇宙環境に弱い電子部品を宇宙環境に適用するための方法を研究することを目的とした。

我々は 2008 年度より、施設共用制度のもと、小型衛星での使用を想定したレギュレータや通信ドライバ等の民生電子部品の重粒子線照射試験を行い、シングルイベントに関し、宇宙環境への適合性評価を行ってきた。その結果、シングルイベントの発生頻度は、500year/event 以上であり、民生電子部品の宇宙環境での使用の可能性について良い結果を得ることができた。本稿では、2009 年度に行った FeRAM（強誘電体メモリ）、MPU（マイクロプロセッサ）の試験結果について報告する。

２．方法

照射試験は、AVF サイクロトロン 散乱ビーム照射試験装置を用いて実施した。使用した線種は、$^{15}N^{3+}$、$^{20}Ne^{4+}$、$^{40}Ar^{8+}$、$^{84}Kr^{17+}$である。

試料は、予めパッケージをデキャップしておき、内部の半導体素子を露出した状態としている。FeRAM についての評価は、SEL（Single Event Latch-up）と SEU（Single Event Up-set）の発生頻度に関して、MPU についての評価は、SEL と、内部レジスタ、内部 FlashROM における SEU の発生頻度に関して行った。発生頻度の算出には、CREME96 を用いている。想定している軌道条件は、高度 700km、衛星構体は 2mm 厚アルミニウム、運用期間 1 年である。

３．研究成果

2009 年度は 2 回の照射試験を実施した。

FeRAM の試験では、同ロットの試料 3 つに対し同時に照射を行い、デバイスの消費電流より SEL を監視し、SEU の発生は別途搭載した監視用マイコンにより監視した。また、SEU に関しては全ビットが 1 と 0 の 2 通り

の状態について行った。以下に結果を示す。

①SEL 耐性

SEL の発生は、Kr でのみ確認された。この時の有効総フルエンスは 10^5count/cm^2 であり、その発生頻度は概算として 3000year/event であると見積もられ、SEL への耐性は非常に高いと推定できる。

②SEU 耐性

本試験では、SEU の発生は確認されなかった。SEU への耐性は非常に高いと推定できる。

③その他

Ar、Kr において FeRAM と SEU 監視用マイコン間で通信異常を確認した。異常動作は電源のリセットにより正常復帰した。異常動作の発生頻度は 1000year/event である。

上記の結果から、試験に用いた FeRAM は SEL、SEU に対し、高い耐性を持っていると考えられる。ただし、実際の使用においては、異常動作時の対策としてリセット回路の実装等の工夫が必要である。

MPU の試験は、試料は１つとし、消費電流により SEL の監視を行っている。SEU については、MPU に実装したプログラムにより内部レジスタの状態を常時モニタ PC へ送信し、監視を行った。また、照射終了後、FlashROM の読み出しを行い、FlashROM での SEU の有無を確認した。レジスタ、FlashROM の空き領域にはそれぞれ、予め 0 と 1 が半分ずつ書き込まれている。現在までに取得できているデータは、N、Ne、Ar についてである。結果を表 3-1 に示す。

表 3-1：MPU 結果

	Fluence Rate [count/cm^2/s]	SEL	SEU @Register	SEU @FlashROM
$^{15}N^{3+}$	1449	0	3	0
$^{20}Ne^{4+}$	1242	4	4	0
$^{40}Ar^{8+}$	2329	4	―	0

４．結論・考察

FeRAM の、シングルイベント発生頻度は 3000year/event 以上であり、放射線への耐性は高いという結果を得ることができた。また、MPU については、さらに照射試験を実施し、評価を行う予定である。

今後、使用を検討している民生電子部品について、引き続き照射試験を実施し、小型衛星やその搭載機器の開発への利用を積極的に進めていきたい。

なお、試料は全て民生電子部品であり、当然、これらの部品は宇宙環境を考えて作られた物ではない。これらの結果は軌道上に持って行った場合に予測される発生確率であり、この結果が部品の優劣を表すものではないことを付記しておく。