課題番号　2013A—C18

プロトン照射による小型衛星用オンボードコンピュータのシングルイベント試験

Assessment of Single Event Effects on Microprocessors for Nano Satellite at 65MeV Proton Irradiation

増井博一 [1)]，モハメド・イブラヒム [1)]，奥村裕太 [1)]，冨岡孝裕 [1)]，趙孟佑 [1)]，佐藤真一郎 [2)]，兼谷聡 [2)]

Hirokazu Masui [1)], Mohamed Ibrahim [1)], Yuta Okumura[1)], Takahiro Tomioka[1)] and Mengu Cho[1)]

[2)]Shinichiro Sato, [2)]Satoshi Kaneya

1）九州工業大学，2)日本原子力機構

１）Kyushu Institute of Technology，２）Japan Atomic Energy Agency

（概要）

COTS 品で構成される衛星に搭載されるマイクロプロセッサー(H8, FPGA)に 65MeV のプロトンを照射し，発生する Single Event Effect の観測を行った．H8 マイコンでは Single Event Latch up(SEL)と Single Event Upset(SEU)の発生確率を算出した．FPGA では SEL は発生せずに SEU のみが発生した．H8 で得られた発生確率から宇宙空間での SEL 発生確率を予測した．

キーワード：

Single Event Effect，民生品部品，マイクロプロセッサー

１．目的

本研究では SEE 現象の解明，素子の選定，SEE 発生時にも安定した運用を可能とするようなシステム構築を目的とする．また，今後の超小型人工衛星の開発の高効率化を目的として機能や素子ごとに必要とされる試験項目の選定方法を提案し，低コスト，高効率な超小型人工衛星用放射線試験方法を確立する．

２．方法

実際に宇宙空間での使用実績があるマイクロプロセッサーにビームを照射して，発生確率を求めた．また，現在宇宙での積極的な使用が始まっている FPGA(Field Programmable Gate Array)を使用した，より高機能，高信頼性の OBC への照射試験を行った．これらのマイクロプロセッサーについて 65 MeV のプロトンビーム照射を行い SEE の発生を検討した．また，ビームのフラックスを変更し，発生確率の違いを検証した．ビームフラックスの条件は $1x10^6$ から $5x10^7$ particles/cm^2/s である．またフルエンスは 1 サンプルについて $2x10^{11}$ particles/m^2 である．

３．結果及び考察

H8 マイコンでは 24 回の SEL と 11 回の SEU を観測した．実験により得られた SEL の発生確率を元に，宇宙空間での発生回数を予測すると年間に 39.6 回という値を得た．実際に同型のマイクロプロセッサーを搭載した鳳龍弐号でも SEL が発生している事が予測されているが [1)]，その回数は少なくとも年間 3 回程度であり，予測値と実測値には大きな違いが見られた．軌道上では H8 マイコンは衛星中央に搭載され構体がシールドの役割を果たしており，マルチスペクトルのビームが照射される事となる．正確な値の算出には衛星の構造を考慮する必要があると考えられ，実験方法について再考する必要があると考えられた．また，FPGA については 2 フラックスの条件で SEU の確率を求めた．結果として，使用した FPGA については SEE 反応断面積として $7.13x10^{-14}$ cm^2/bit という値を得た．これは NASA などによって行われている実験 [2)]と比較的良い一致を示している．

４．引用(参照)文献等

1) M. Cho et al., Test and Verification of Nanosatellite HORYU-II and Orbital Anomaly Investigation, Aerospace Technology, Vol.12, pp.17-24, 2013.

2) Quinn, H.;et al.; , "Static Proton and Heavy Ion Testing of the Xilinx Virtex-5 Device," Radiation Effects Data Workshop, 2007 IEEE , pp.177-184, 23-27 July 2007.