地球観測用小型赤外カメラ（CIRC）用民生半導体部品（9 品種）のシングルイベント評価試験

Evaluation of Single Event Effects on Nine Commercial-off-the-shelf Semiconductor Devices for Space Satellite Compact Infrared Camera

加藤　一成[1)]　松田　純夫[1)]　大矢　次郎[2)]　廣瀬　孝幸[2)]　馬場　信次[2)]

Issei KATO　Sumio MATSUDA　Jiro OHYA　Takayuki HIROSE　Shinji BABA

[1)]三菱電機株式会社鎌倉製作所　[2)]菱栄テクニカ株式会社

地球観測用小型赤外カメラ(CIRC)に搭載予定の民生半導体部品 9 品種について、重イオンビーム照射によるシングルイベント効果の評価試験を行った。この試験結果を受け、当該部品の宇宙機器適用可能性の評価を行う予定である。

キーワード：シングルイベント効果、民生部品、重イオン照射試験

１．目的

三菱電機株式会社は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)から開発委託を受けた地球観測用小型赤外カメラ（CIRC）の開発を進めている。本開発では、地上用として開発された熱型赤外カメラに対し衛星搭載可能性を評価し、従来の量子型赤外カメラでは実現困難な小型・軽量、低コスト、高信頼度の衛星搭載用 IR カメラを短期間で開発し衛星搭載を目指している。CIRC には 9 品種の民生半導体部品の使用を予定しており、その耐放射線性を評価することは宇宙適用性を評価する上でクリティカルである。本試験の目的は、カクテルイオンビームを用いて当該部品のシングルイベント耐性を測定し、その結果をもとに宇宙適用の可能性を評価することである。加えて、将来、多くの民生半導体部品が衛星に搭載されることを見据え、本実験で得られるデータをその基本データとして蓄積する予定である。

２．方法

当該の民生半導体部品 9 品種に対し、所定のバイアス電圧を印加の下、重イオンビームを照射し、シングルイベント効果によるラッチアップ(SEL)現象など、致命度の高い現象が発生するか否かを評価した。想定される最悪条件を模擬するため、供試体の温度は 80℃付近に保持した上で、ビーム照射を実施した。使用したビームは M/Q=5 のカクテルイオンビームであり、最も大きな LET 値をもつ Xe イオンの照射を主に行い、必要に応じて Ar、Ne および Kr イオンの照射も行った。試験に供した部品は、ドライバ/レシーバ、ゲートインバータ、リセット IC、ペルチェドライバ、マルチプレクサ、SSRAM、フラッシュメモリ、アナログ－ディジタルコンバータ（ADC）、ディジタル－アナログコンバータ（DAC）の 9 品種である。本試験で使用したビームのイオン種とそのエネルギー、LET 値を表 1 は、表 1 に示すとおりである。

表 1：本実験で使用したビームのイオン種とそのエネルギーおよびLET値

カクテルイオンビーム M/Q = 5			
L/N	イオン核種	エネルギー [MeV]	LET [MeV/(mg/cm^2)]
1	$^{20}Ne^{4+}$	75	6.3
2	$^{40}Ar^{8+}$	150	15.3
3	$^{84}Kr^{17+}$	322	39.9
4	$^{129}Xe^{23+}$	454	69.2

３．研究成果

本試験により得られた各品種の SEL 発生閾値と発生断面積の結果を表 2 に示す。試験に供した 9 品種のうち、ドライバ/レシーバ、ゲートインバータ、リセット IC、ペルチェドライバ、マルチプレクサの 5 品種については、Xe イオンの照射（LET=69.2 MeV･cm^2/mg）で SEL は発生せず、照射後の動作チェックでも正常に動作することが確認された。SSRAM、フラッシュメモリ、ADC、DAC の 4 品種については、Xe イオンの照射中に SEL が観測され、そのうち DAC は、照射後の動作チェックにおいて動作異常が確認された。他の 3 品種は、動作は正常であった。SEL が観測された 4 品種について、より小さな LET 値を持つ Ar イオンの照射（LET=15.3 MeV･cm^2/mg）を行ったところ、SSRAM とフラッシュメモリについては、SEL は発生しなかったが、ADC および DAC については SEL が観測された。DAC については動作異常も発生した。ADC については、さらに Ne イオンの照射（LET=6.3 MeV･cm^2/mg）も行ったところ、SEL は発生しなかった。動作異常の発生した DAC については、Kr イオンを照射し SEL を 1 回のみ発生させた上で、その影響を確認したところ、デバイス温度の上昇が観測され、その後の動作チェックでも異常が確認された。これら一連の測定結果により、当該 9 品種の民生半導体部品の宇宙適用性評価の重要な指標を得ることができた。

表 2：試験結果のまとめ

デバイス	SEL 発生閾値 [MeV-cm^2/mg]	SEL 発生断面積 [cm^2]
ドライバ/レシーバ	＞ 69.2	＜ 6.3×10^{-6} (@ LET=69.2)
ゲートインバータ		＜ 5.1×10^{-6} (@ LET=69.2)
リセット IC		＜ 5.4×10^{-6} (@ LET=69.2)
TEC ドライバ		＜ 5.3×10^{-6} (@ LET=69.2)
マルチプレクサ		＜ 5.5×10^{-6} (@ LET=69.2)
SSRAM	15.3 - 69.2	1.7×10^{-5} (@ LET=69.2)
フラッシュメモリ		2.3×10^{-6} (@ LET=69.2)
ADC	6.3 - 15.3	1.0×10^{-4} (@ LET=15.3)
DAC	＜ 15.3	2.0×10^{-4} (@ LET=69.2)

４．結論・考察

試験に供した 9 品種のうち、ドライバ/レシーバ、ゲートインバータ、リセット IC、ペルチェドライバ、マルチプレクサの 5 品種は、LET 値で 69.2 MeV･cm^2/mg 以上の SEL 耐性がある。SSRAM およびフラッシュメモリの SEL 発生閾値は 15.3 から 69.2 MeV･cm^2/mg の間にあるが、その発生頻度は十分に低く、SEL が発生しても電源再投入により動作復帰可能である。ADC の SEL 発生閾値は 6.3 から 15.3 MeV･cm^2/mg の間にあり、やや大きな発生頻度を持つものの、電源再投入により動作復帰可能であることを考慮し、許容範囲内である。DAC の SEL 発生閾値は 15.3 MeV･cm^2/mg 以下にあることが分かり、また、その発生頻度は ADC と同程度であった。加えて、SEL 発生後、復帰不可能な動作異常に陥ることから、この結果を CIRC 設計に反映し、SEL による故障を避ける必要がある。

５．引用(参照)文献等

特になし。