

民生用 FPGA Virtex 5 と外部メモリ用 SDRAM の放射線耐性評価

Radiation Damage test for Virtex-5 FPGA

田中利樹¹⁾ 山田良透²⁾ 永目諭一郎³⁾ 塚田和明³⁾ 佐藤哲也³⁾ 光岡真一³⁾ 西尾勝久³⁾

Toshiki TANAKA Yoshiyuki YAMADA Yuichiro NAGAME Kazuaki TUKADA Tetsuya K. SATO Shinichi

MITSUOKA Katsuhisa NISHIO

¹⁾ 東京大学 ²⁾ 京都大学 ³⁾ 原子力機構

人工衛星に搭載予定の FPGA の軌道上放射線耐性の評価を、原子力研究所のタンデム加速器施設を用いて行った。タンデム加速器で高エネルギーまで加速した Ni イオンを用いることで、シリコンダイ越しにデバイス回路面に照射を行い、FPGA の軌道上放射線耐性の評価を行った。

キーワード：タンデム加速器，放射線耐性，FPGA

1. 目的 本実験の目的は人工衛星に搭載するFPGAの宇宙放射線による誤動作頻度を評価することである。軌道上では宇宙放射線の影響により電子デバイスが誤動作を起こす現象が確認されている¹⁾。人工衛星が軌道上でミッションを遂行するためには、搭載する電子デバイスが宇宙放射線により軌道上で誤動作を起こす頻度を評価し、対策しなければならない。

2. 方法 宇宙放射線による誤動作頻度の推定は、デバイスに入射した放射線のエネルギーとその時のデバイス誤作動頻度の関係を獲得し、得られた関係に軌道上での放射線エネルギースペクトルを適用することで行う。宇宙放射線を構成する荷電粒子がデバイスに入射した場合、荷電粒子のエネルギーに応じてデバイスが誤動作する確率は変化する。実験設備により複数のエネルギーの荷電粒子をデバイスに入射し、各エネルギーにおけるデバイスの誤動作確率を獲得する。獲得した相関関係に対し、軌道上でデバイスが受ける放射線エネルギースペクトルを適用することでデバイスの軌道上での誤動作頻度を推定する。本実験では入射荷電粒子としてタンデム加速器によって高エネルギーまで加速した Ni イオンを用いた。高エネルギーに加速したイオンを用いることで、部品内のシリコンダイ越しで回路面に荷電粒子の照射を行うことができる。Ni イオンがシリコンダイを通過した後のエネルギーの評価には、イオン注入シミュレーションソフト SRIM を用いて計算を行った。

3. 研究成果 本試験により荷電粒子の入射エネルギーと FPGA の誤動作頻度の関係を獲得した。さらに獲得した関係に、軌道上で FPGA が受ける放射線エネルギースペクトルを適用し、FPGA の軌道上誤動作頻度を計算したところ、約 10 日間に 1 回の頻度で FPGA が停止するという結果が得られた。得られた結果を用いて人工衛星の設計を検討することで、宇宙放射線に対してより強固な人工衛星システムを構築した。

4. 結論・考察 人工衛星に搭載する電子部品の放射線耐性は非常に重要な問題である。さらに、昨今電子部品の集積化が進むにつれて電子部品の放射線耐性が低くなる傾向にあり、放射線耐性に関する問題は衛星開発においてさらに重要な問題となることが予測される。本実験の結果は同 FPGA を搭載する他の衛星においても非常に有意義となると考えられる。

5. 引用(参照)文献等

[1] Holmes-Siedle, A.G., & Adams, Len (1993), Handbook of Radiation Effects, Oxford Science Publications