

薄膜 BOX 層 FD-SOI プロセスにおけるソフトエラーの 重イオン入射角度依存性評価

Evaluations of Incident Angular-dependence of Heavy-ion-induced
Soft Error Rates on Thin-BOX FD-SOI Processes

小林 和淑¹⁾ 古田 潤¹⁾
Kazutoshi Kobayashi Jun Furuta

¹⁾京都工芸繊維大学

(概要)

65nm と 28nm の FD-SOI プロセスを用いて設計した耐放射線フリップフロップに重イオンを照射し、その一時故障率(ソフトエラー率)を測定した。提案する耐放射線フリップフロップは対策なしのフリップフロップと比較して 10 倍以上の耐性を持つものの、重イオンの照射角度を 60 度まで変化させると耐性の向上率が低下することを確認した。

キーワード:

集積回路、ソフトエラー、FD-SOI プロセス、部分多重化回路

1. 目的

本研究の目的は SOI プロセスで設計した耐放射線フリップフロップに重イオンを照射し、放射線によって引き起こされる一時的なエラーに対して高い耐性を持つことを確認することである。放射線が回路を通過すると電子正孔対を生成するため、回路の保持データが生じた電荷によって反転し、回路の誤動作、ソフトエラーとなる。SOI プロセスでは放射線によって生じた電荷の収集を抑制するため、放射線起因のエラーに強く、放射線の多い宇宙用途などに応用が期待されている。本研究では提案する耐放射線フリップフロップの重イオンによるエラー率を測定し、従来回路との比較を行う。重イオンの照射角度を変更して測定を行い、入射角度によるエラー率の変化を取得する。

2. 実施方法

65nm プロセスで設計した提案する耐放射線フリップフロップに重イオンを一定数照射し、照射後にフリップフロップが保持している値を読み出し、重イオンによって保持値の反転した個数を数えることでソフトエラー率を測定する。重イオン照射では AVF サイクロトロンのカクテル5を用いた。Ne イオン(75 MeV)と Kr イオン(322 MeV)、Ar イオン(150 MeV)の照射を行い、照射した粒子数はそれぞれ約 10^8 (ion/cm²)である。測定には JAXA 所有のシングルイベント耐性評価チャンバーを利用し、照射角度の制御はチャンバー内の照射対象を回転させることで行った。

3. 結果及び考察、今後の展開等

提案フリップフロップのソフトエラー耐性は通常のフリップフロップと比較して約 10 倍以上高い結果となった。特に LET の低い Ne イオンでは耐性の向上率が高く、100 倍以上となった。一方で提案フリップフロップは重イオンの照射角度に強い依存性を持ち、垂直方向と 60 度の照射角度では耐性に 8.5 倍の差が生じた。この原因として照射角度 60 度では提案フリップフロップの部分的に多重化したトランジスタの両方を重イオンが通過する可能性が増加し、エラーが生じやすくなっていると推測される[1]。今後は多重化したトランジスタの配置を変更した回路を設計し、角度依存性が改善されることを確認する。

4. 引用(参照)文献等

[1] J. S. Kauppila, T. D. Loveless, R. C. Quinn, J. A. Maharrey, M. L. Alles, M. W. McCurdy, R. A. Reed, B. L. Bhuvu, L. W. Massengill, and K. Lilja, "Utilizing device stacking for area efficient hardened SOI flipflop designs," in IEEE Int. Rel. Physics Symp., Jun. 2014, pp. SE.4.1– SE.4.7