

FD-SOI プロセスにおける重イオン起因ソフトエラーの角度依存性の評価

Evaluation of Heavy-ion-induced Soft Error dependence on incident angle in FD-SOI Processes

小林 和淑¹⁾

Kazutoshi KOBAYASHI

古田 潤²⁾

Jun FURUTA

¹⁾ 京都工芸繊維大学

(概要) 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た。重イオンの照射角度を変更して測定を行い、入射角度を0度から60度に変更すると、エラー率が約15倍増加する結果となった。

キーワード：集積回路、ソフトエラー、FD-SOI プロセス、角度依存性

1. 目的

本研究の目的は FD-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。FD-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[1]。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する。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。トランジスタ間距離を変更した提案する耐放射線フリップフロップでは角度依存性が抑制されることを確認する[2]。同時に pMOS, nMOS それぞれのソフトエラー発生数を確認するために、nMOS のみに放射線耐性を持たせた回路構造を作成し、ソフトエラー率の比較を行う測定を行う[3]。

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。Kr イオン(230 MeV)、Ar イオン(107 MeV)の照射を行い、照射した粒子数はそれぞれ約11億個と6億個(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

トランジスタ間距離を離れたフリップフロップでは放射線耐性が向上し、照射角度45度ではKrイオンでもエラーが生じない結果となった。しかし60度の照射角度ではトランジスタ間距離を離すことでエラー率を1/8程度に抑えられるものの、エラーは生じる結果となった。今後はトランジスタ間距離だけでなく、拡散領域を分割するなどの対策をデバイスシミュレーションを用いて評価し、より効果的な手法の検討を行う。また通常のトランジスタ間距離の耐放射線フリップフロップでは、入射角度を0度から60度に変更すると、エラー率が約15倍増加する結果となった。実環境では様々な角度から放射線が入射するため、正しくソフトエラー率を計算するためには垂直入射だけでなく、角度依存性を測定することが不可欠であるといえる。また nMOS のみにソフトエラー耐性構造を付与した場合、フリップフロップのエラー率が1/9以下に低減することを確認した。9割以上のエラーが nMOS を通過した放射線により生じることを確認した。

4. 引用(参照)文献等

- [1] A. Makiyama et. al., “Hardness-by-design approach for 0.15 μ m fully depleted CMOS/SOI digital logic devices with enhanced SEU/SET immunity”, IEEE Tran. Nucl. Sci., vol. 52, no. 6, pp. 2524-2530
- [2] 丸岡晴喜 他, 「FDSOI に適したスタック構造におけるソフトエラー対策手法の提案・評価と微細化による影響の評価」、電子情報通信学会 信学技報, vol. 117, no. 455, VLD2017-103, pp. 85-90, 2018
- [3] K. Yamada et. al., “Sensitivity to Soft Errors of NMOS and PMOS Transistors Evaluated by Latches with Stacking Structures in a 65 nm FDSOI Process”, IEEE International Reliability Physics Symposium, pp. P-SE. 3-1-5, 2018