

28nm FDSOIにおけるSETパルス幅の電圧依存性の評価

Evaluation of Voltage Dependence of SET Pulse Width of 28-nm Fully-Depleted Silicon-on-Insulator (FDSOI)

曽根崎詠二¹
Eiji Sonezaki

張魁元¹
Kuiyuan Zhang

古田潤¹
Jun Furuta

小林和淑¹
Kazutoshi Kobayashi

京都工芸繊維大学¹
Kyoto Institute of Technology

1 概要

近年、プロセスの微細化や高集積化により消費電力の増加が問題になっている。低消費電力の実現には、低電圧化が最も効果的であるが、同時に信頼性の低下を引き起こす。本稿では、デバイスシミュレーションを用いてソフトエラーの原因の一つである放射線起因一過性パルス (Single Event Transient : SET) のパルス幅の電圧依存性について評価した。

2 はじめに

ソフトエラーとはトランジスタに放射線が通過または衝突することで電子正孔対が生成され、引き起こされる一過性のエラーである。ソフトエラーは、放射線の衝突箇所によって分類される。FF やラッチに直接放射線が衝突してデータが反転するエラーと組み合わせ回路部に放射線が衝突して発生したエラーパルス (SET パルス) が FF やラッチに取り込まれることでデータが反転するエラーがある。

3 SET パルス幅評価方法

精度良くパルス幅を取得する手段としてデバイスシミュレーションがよく用いられる [1]。本稿でもデバイスシミュレーションを用いて SET パルス幅の電圧依存性を評価した。評価対象はインバータとし、プロセスは 28nm FDSOI とする。FDSOI はチャンネルに追加で不純物をドーピングする必要がなく、特性ばらつきを抑えやすい。また、 s ファクターを改良することによりしきい値電圧を低く設定してもリーク電流低く抑えられるので、電圧動作に適したデバイス構造である。図 1 はデバイスシミュレーション上に作成した nMOS トランジスタモデルである。FDSOI のセンシティブエリアはゲート直下のみであるため、LET=50-70MeV-cm²/mg の重イオンをゲート上部から垂直に照射した。図 2 は電圧 1.0V で LET=70MeV-cm²/mg の重イオンを照射したときに発生した SET パルスの例である。ここではパルス幅を V_{out} が $V_{dd}/2$ を下回った後再び $V_{dd}/2$ を上回るまでの時間としている。

4 シミュレーション結果と考察

表 3 に電圧を 1.0V-0.6V まで 0.1V ずつ下げて重イオンを照射したときに発生した SET パルス幅を示す。LET の大きさにかかわらず電圧が低下するに伴い、発生する SET パルス幅が線形に増加した。例えば電圧 0.6V で動作する nMOS トランジスタに LET=70MeV-cm²/mg の重イオンに照射した場合に発生したパルス幅は電圧

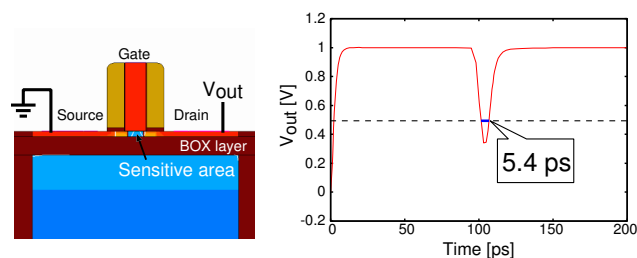


図 1 デバイスモデル

図 2 取得パルス例

1.0V の場合の 2.2 倍になった。これは電圧の低下により SET が発生する最小電荷量が減少したからである。

電圧 0.6V で発生したパルス幅は LET=70MeV-cm²/mg の重イオンでも 12ps 程度であった。実測では 28nm プロセスの 1x インバータの遅延時間が 10ps 程度であった。そのためほとんどの SET パルスは組み合わせ回路を通過する時に消滅またはパルス幅の減衰により FF やラッチに取り込まれにくくなる。宇宙では LET=40MeV-cm²/mg 以下の低 LET の放射線は高密度は存在するが、本稿でシミュレーションした 50-70MeV-cm²/mg の高 LET の放射線は照射確率が低い。したがって、宇宙空間より発生する放射線の LET が低い地上では、低電圧動作でも SET によるソフトエラーの影響を考えなくて良い。

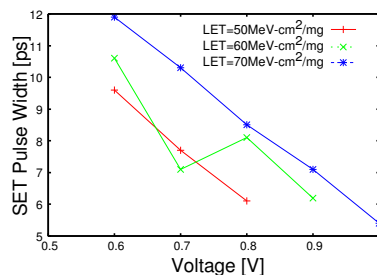


図 3 SET パルス幅の電圧依存性

5 結論

電源電圧を 1.0V から 0.6V まで 0.1V ずつ下げてインバータで発生する SET パルス幅の電圧依存性を評価した。電圧の減少に伴って発生するパルス幅が線形に増加したが、発生するパルス幅が小さく、地上では 28nmFDSOI プロセスにおいて低電圧動作での SET の影響はほとんどない。

謝辞

本研究は STARC との協力で行われた。

参考文献 [1] IRPS, 2012, pp. SE.3.1-SE.3.6