

# 耐放射線集積回路の重イオンビーム照射測定

京都工芸繊維大・電子システム工学：丸岡 晴喜、一二三 潤、古田 潤、小林 和淑

## 1. はじめに

近年、集積回路の微細化によりトランジスタの低電力動作・高性能化が進んでいる。一方、微細化に伴い集積回路の信頼性の低下が注目されている[1]。信頼性低下の要因として放射性起因の一時故障（ソフトエラー）が挙げられる。1つの誤動作が人命につながる医療機器・自動車の制御回路は対策が必須である。本研究では、低消費電力でかつソフトエラーに強靱なフリップフロップ（FF）を提案し、Ne、Ar および Kr イオン照射によりソフトエラー耐性を評価した。LSI の角度を変化させて重イオンビームを照射しソフトエラー耐性を評価した。

## 2. 実験およびセットアップ

提案した耐放射線回路を図1に示す。提案回路は低消費電力 FF[2]と高いソフトエラー耐性を有するスタック構造[3]を組み合わせた。一般的な FF と提案回路を搭載した LSI を 65nm SOI プロセスで試作した。試作した LSI に Ne、Ar および Kr イオンを 30 秒間照射した。実測の概略を図2に示す。測定対象の LSI はチャンバ内に設置され、FF の値を書き込み・読み出しを行うケーブルはチャンバを介して外部の LSI テスタと繋がっている。重イオンビームの照射後、ソフトエラーにより一部の FF の保持値が反転する。読み出した保持値と初期値を比較し反転した FF を検出した。ソフトエラー耐性と角度依存性の評価は LSI をチルト方向に変化させて Ar イオンを 30 秒間照射した。実験は TIARA の AVF サイクロトロン加速器と第3重イオン室の JAXA 所有のシングルイベント評価チャンバを用いて実施した。

## 3. 結果と考察

提案回路に重イオンを垂直照射した場合のソフトエラー率（SER: Soft Error Rate）を図3に示す。一般的な FF と比べて提案回路は SER を 1/10 以下に抑えることができ、一般的な FF と比べ低消費電力でかつ高いソフトエラー耐性を有することを確認した。LSI をチルト方向に回転させた場合の SER を図4に示す。トランジスタがゲートの長辺を軸として回転する向きをチルトと定義する。SER の増加率で比較すると一般的な FF と比べて提案回路はチルト方向の角度による SER の増加率が 5 倍以上大きい。今後は LSI をチルト方向だけでなくピッチ方向に回転させた場合のソフトエラー耐性を検証する予定である。

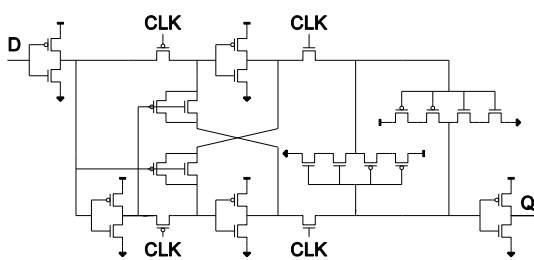


図1. 耐放射線回路

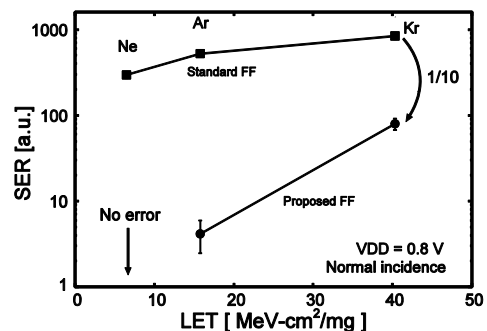


図3. 垂直照射時の耐放射線回路の SER

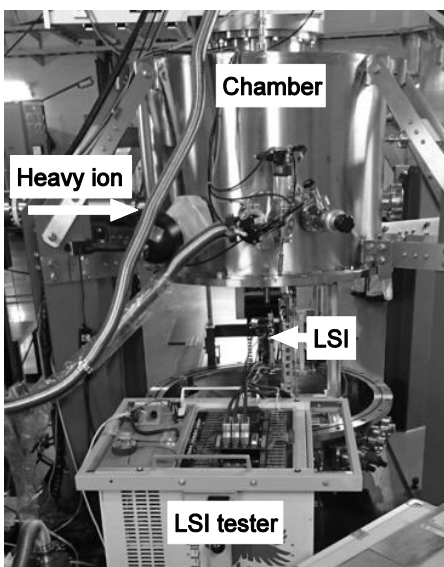


図2. 重イオンビーム照射測定のセットアップ

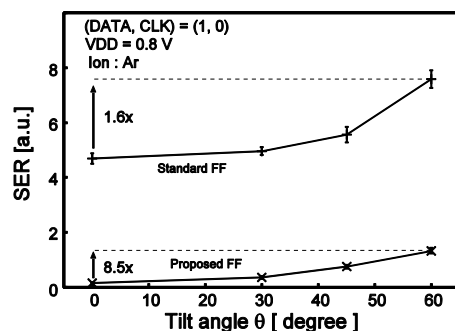


図4. SER とチルト方向の角度依存性

## 参考文献

- [1] N. Seifert *et al.*, IRPS, 2008, pp.181-186
- [2] C. K. Teh *et al.*, ISSCC, 2011, pp.338-340
- [3] A. Makihara *et al.*, Transactions on Nuclear Science, 2005, pp.2524-2530