

高累積線量における ELT の耐放射線評価と放射線劣化モデルの検討

Radiation Hardness Evaluation and Radiation Degradation Model of ELT

東京工業大学 [○]吉田僚一郎, 木村有佐, 安藤幹, 大島佑太, 鍋屋信介, 平川颯二, 岩瀬正幸, 小笠原宗博, 依田孝, 石原昇, 伊藤浩之

Tokyo Institute of Technology, [○]Ryoichiro Yoshida, Arisa Kimura, Motoki Ando, Yuta Oshima, Shinsuke Nabeya, Kenji Hirakawa, Masayuki Iwase, Munehiro Ogasawara, Takashi Yoda, Noboru Ishihara, and Hiroyuki Ito

E-mail: paper@lsi.pi.titech.ac.jp

1. はじめに

放射線が長期間照射される環境 (宇宙, 原子力) では, MOSFET は TID 効果 (Total Ionizing Dose effect) により特性が劣化する[1]. 今回我々は, TID 効果の対策の 1 つとして知られている ELT (Enclosed Layout Transistor)[2]を設計・試作し 100 Mrad までの高累積線量の放射線影響評価を行った. また実測値から ELT の特性劣化を表現できる回路シミュレーションモデルを検討した.

2. ELT の耐放射線特性

図 1 に MOSFET のレイアウトパターンを示す. 電離作用を持つ放射線が照射されると, ゲートおよび素子間分離部 (STI) の酸化膜で正孔トラップ, および界面準位への電荷トラップが生じ, MOSFET の電圧電流特性が変化してしまう [3]. 図 1 (b) に示す ELT では, 環状のゲートを用いてドレインでソースを囲ったレイアウトになるため, STI 酸化膜の影響を受けない構成となっている.

この効果を確認する為, 0.18 μ m CMOS 集積回路技術により MOSFET 評価用チップを設計試作し, Co60 を線源とするガンマ線を線量率 0.37 Mrad/h (Si) で TID 100 Mrad まで照射した.

図 2 に評価結果を示す. 通常レイアウトの MOSFET (STD) ではオン電流は大きく変化し, 1 Mrad 近辺で最大値をとっているが, ELT では認められない. これは ELT 構成の効果によるものと考えられる. しかし, 10Mrad 以上の領域においては, ゲート酸化膜での影響によりオン電流が減少している.

3. ELT における放射線影響モデル

100 Mrad までの ELT の特性劣化特性を回路設計に反映させるため, 特性モデリングを行った. 図 4 に回路シミュレータモデル図を示す. ゲート酸化膜での電荷トラップの影響として, しきい値電圧のシフトおよび少数キャリアの移動度の減少を放射線照射量に依存するパラメータとして回路シミュレータに組み込んだ.

図 3 に 100 Mrad 照射時の電流電圧特性の実測結果とシミュレーション結果を示す. この時のシミュレーションではしきい値電圧のシフト量および移動の減少量として, nMOS: -9.2 mV, -7.6%, を考慮した. その結果, 両者の良好な一致を得た. この結果から TID の影響は, しきい値電圧のシフトおよび少数キャリアの移動度の減少を考慮することにより表現できることを明らかにした.

4. 結論

ELT の放射線特性を測定し, 回路設計のための特性劣化モデルの検討を行った. その結果, しきい値変動と少数キャリアの移動度の劣化を組み込むことで特性劣化を表現できることを明らかにした.

5. 参考文献

[1] 大島 他, 応用物理学会春季学術講演会, 10p-W934-9, 2019 年 3 月. [2] G. Anelli, IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 46, no. 6, pp. 1690-1696(1999). [3]. H. J. Barnaby, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 53, no. 6, pp. 3103-3121, 2006.

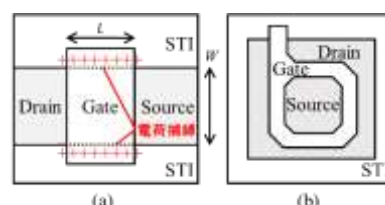


図 1 (a) 通常の MOSFET (STD) (b) ELT の上面図

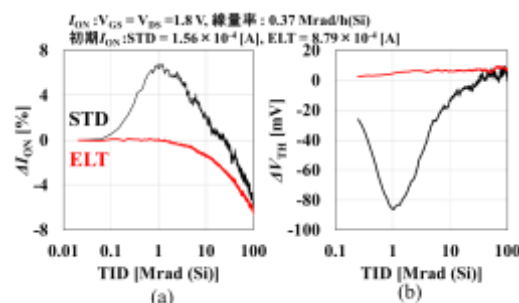


図 2 測定結果 (a)オン電流変動率 (b)Vth 変動量

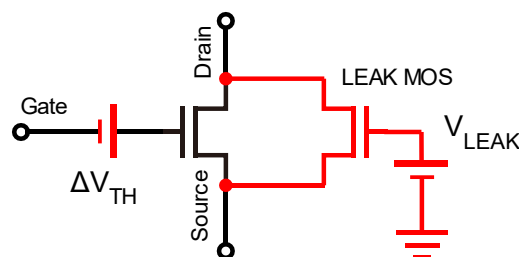


図 3 回路シミュレータモデル図

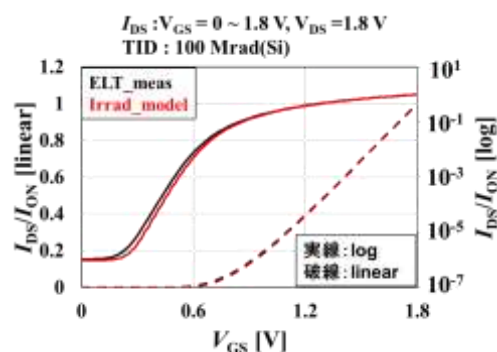


図 4 ELT の実測とモデル比較