

Title	デジタル集積回路の耐放射線性評価法に関する研究
Author(s)	上村, 博
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37635
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 大阪大学の博士論文について をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	かみ 上	むら 村	ひろし 博
博士の専攻分野 の 名 称	博	士 (工	学)
学位記番号	第	9994	号
学位授与年月日	平成4年1月22日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
学位論文名	デジタル集積回路の耐放射線性評価法に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 住田 健二	(副査) 教授 岡田 東一	教授 寺田 浩詔 教授 三宅 正宣

論 文 内 容 の 要 旨

デジタルICの耐放射線性を評価する技術を確立するため、素子内の照射損傷機構に基づいたMOSFETの特性劣化モデルを用いて、ICの特性劣化を加速試験で予測する方法を提案し、実験により検証した。

まず、同一製造プロセスの低集積度のデジタルICシリーズにおいて、選択した“基本IC”の照射試験で内部素子の特性劣化式を決定し、回路計算によりICの特性劣化を予測する方法を提案した。汎用理論ICを用いた照射実験によりICを構成するPチャネルとnチャネルMOSFET各々の閾値電圧シフトの経験式を決定し、これを用いてICの直流及び交流特性の変化を予測できることを確認した。

次に、MOSFETの閾値電圧シフトの線形モデルを用いて、高線量率照射実験データから低線量率における特性劣化を予測する方法を提案した。閾値電圧シフトは、ゲート酸化膜中の固定正電荷発生に伴う負方向シフトと回復、ゲート/Si基板界面に発生する界面準位の増加による正方向シフトからなる物理的モデルで表現した。実験で閾値電圧シフトのインパルス応答を決定することにより、回路計算により任意の線量率におけるICの特性劣化を予測できる。汎用理論ICを用いた実験で本方法により低線量率での特性変化を予測できることを確認し、閾値電圧シフトの生成・回路機構のモデルの妥当性を検証した。

さらにLSIに用いられるサダメクロンMOSFETの放射線照射劣化特性を予測するために、LSIで問題となるMOSFETのリーク電流の増加現象を検討し、リーク電流の発生量を予測する線形モデルを提案し、その妥当性を0.8 μ mプロセスMOSFETを用いた実験により検証した。

最後に、閾値電圧シフトとリーク電流の線形モデルのパラメータの温度依存性がアレニウス式で表現できることを実験により明らかにし、通常のICの使用温度範囲で本モデルが適用できることを確認

した。また、閾値電圧シフトの発生項と回復項の活性化エネルギーは、Si 酸化膜中に放射線により正孔が発生した直後の短い時間 ($<0.1 \mu s$) における正孔移動度の活性化エネルギー $0.16 eV$ とほぼ一致した。従って、閾値電圧シフトの発生・回復機構は、ゲート酸化膜中の正孔移動度の温度依存性で律速されていると考えることができ、モデルの妥当性を確認した。

論文審査の結果の要旨

本論文はデジタルICの耐放射線性を評価する技術を確認するため、MOSFETの特性劣化を素子内の照射損傷に基づいたモデルによって表現し、これを実証するため、ICの特性劣化を加速試験で予測する方法を提案し、実験により検証することに成功したもので、その成果の要点は次の通りである。

- (1) 低集積度 CMOS 汎用論理ICの劣化特性を予測するために、“基本ICの照射実験から内部素子の特性劣化を決定し、他のICは回路シミュレーションにより特性劣化を予測する方法を提案し、照射実験により決定したIC内部のMOSFETの閾値電圧シフトの経験式を用いて、ICが機能を喪失するまでの直流特性と伝搬遅延時間の変化を予測できることを確認している。
- (2) さらに経験式の代わりに、MOSFETのゲート酸化膜中と界面の照射損傷機構を基にした閾値電圧シフトの線形モデルを用いて、高線量率照射による加速実験結果から、低線量率におけるCMOS汎用論理ICの特性劣化を線量率によらず予測する方法を提案し、高線量率照射後のアニール実験から求めたIC内部のMOSFETの閾値電圧シフトのインパルス応答を用いて、低線量率におけるIC直流特性の変化を予測できることを確認している。
- (3) LIS用MOSFETの劣化特性を予測するために、閾値電圧シフトモデルのパラメータ決定時に微細な素子で問題となるリーク電流に起因する誤差を軽減する方法と、リーク電流の発生量を予測できる線形モデルとを提案し、実験によりその妥当性を評価した結果、高線量率照射後のアニール実験から求めた閾値電圧シフトとリーク電流のインパルス応答を用いて低線量率でのMOSFETの特性劣化予測が可能であることを確認している。
- (4) また、提案した閾値電圧シフトとリーク電流の線形モデルのパラメータの温度依存性はアレニウス式で表現できることを実験により明らかにし、通常のICの使用温度範囲で本モデルが適用できることを明らかにしている。その結果、高線量率の加速試験で決定したモデルパラメータを用いれば、環境の温度によらない低線量率におけるMOSデバイスの特性劣化予測の可能性が示されている。

以上のように本論文は、デジタルICの耐放射線性を評価する技術を確認するための、極めて実用的な手法を提案、かつその妥当性を実証したのものとして、放射線場における電子回路利用上の問題点の一つの解決策を示唆しており、原子力工学の発展に寄与するところが大きい、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。