The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ゲート絶縁膜信頼性に関する研究
Author(s)	宇野, 重康
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43416
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【58】

氏　　名	宇　野　重　康（うの しげやす）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17031　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学　位　論　文　名	**ゲート絶縁膜信頼性に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　谷口　研二 （副査） 教　授　谷野　哲三　　教　授　北山　研一　　教　授　岸野　文郎 教　授　尾浦憲治郎　　教　授　森田　清三

論文内容の要旨

本論文はゲート絶縁膜の劣化によるリーク電流増大現象に関する研究成果をまとめたもので、全体は5章から構成されている。

第1章では、metal-oxide-semiconductor field-effect transistor（MOSFET）の歴史、構造、及び動作原理を概説した後、MOSFETの心臓部であるゲート絶縁膜において見られる各種リーク電流についての現在までの研究報告状況について述べた。また本研究のフレームワーク、及び本論文の構成について述べた。

第2章では、ストレス誘起リーク電流（stress-induced leakage current：SILC）に伴うエネルギー損失量の通過電子総量依存性について論じた。実験により、エネルギー損失量は通過電子総量に依存することが明らかになった。この通過電子総量依存性は絶縁膜中での電荷捕獲によるものではなく、中性トラップを介したトンネル機構が本質的に持つ性質である。考察ではエネルギー損失量の通過電子総量依存性を絶縁膜中での中性トラップ生成の観点から議論し、最後に本研究での実験結果が持つ工学的意義について述べた。

第3章では、絶縁破壊統計性のコンピューターシミュレーションを行った。中性トラップ生成モデルとして絶縁膜・基板界面から指数関数的に減衰するトラップ分布、および既存のトラップ周辺でのトラップ生成が加速される効果を導入した。絶縁破壊統計性の絶縁膜厚依存性のシミュレーション結果を実験結果と比較することにより、既存のトラップ周辺でのトラップ生成が加速される効果を導入することで実験結果をよく説明できることを示した。

第4章では、ストレス誘起リーク電流の突発的な増大現象（pre-breakdown：PreBD）についての詳細な調査を行った。キャリアセパレーション測定法をPreBD発生時のリーク電流伝導特性解析に適用することにより、PreBD時のリークパスを通して生じるリーク電流は、ゲートからの電子電流のみが支配的なものと、それに加え反転層からの正孔電流が同程度生じるものに大別されることが明らかになった。また、ゲートからの電子電流のみが支配的なPreBDの出現頻度が圧倒的に高いことを確認した。特にゲートからの電子電流のみが支配的なPreBDにおいては、電子がリークパス中で受けるエネルギー損失量はストレス誘起リーク電流の場合とは異なり、各PreBDイベント間でも大きく異なる事が明らかになった。以上の実験事実を元に、PreBDは絶縁膜中の大規模な中性トラップクラスター付近でポテンシャル障壁が局所的に大きく変形することに起因する局所リーク現象であるというモデルを提案した。

第5章では、本論文で取り上げる各研究での成果についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

MOSFETで用いられるゲート酸化膜厚は既に5 nmを切っており、ゲート酸化膜を通したリーク電流が信号ノイズの増大、消費電力の増大などの問題を引き起こすことが危惧されている。今後のMOSFETの進化にとってこのようなリーク電流の低減は不可避であり、ゲートリーク電流機構の解明は現在のMOSFET研究での最も重要な課題である。本研究はゲート酸化膜の電気的特性劣化により増加するリーク電流の伝導機構を詳しく解析しており、酸化膜劣化によるゲートリーク電流と、その原因となる電子トラップ生成に関する新しい知見が含まれている。その主要な成果は次の通りである。

(1)ストレス誘起リーク電流に伴う電子のエネルギー損失量をキャリアセパレーション法により詳しく測定し、エネルギー損失量が通過電荷量に依存することを見出している。この通過電荷量依存性が中性トラップを介したトンネル機構に依ることを実験的に明らかにしている。今後の記憶媒体として期待されているフラッシュメモリーの寿命を正確に予測するには、このようなエネルギー損失量の通過電荷量依存性を考慮した厳密なモデルが必要である事を指摘している。

(2)ゲート酸化膜中での不均一な中性トラップの生成と絶縁破壊の統計性との関係をシミュレーションし、トラップ分布の不均一性が絶縁破壊の統計性に与える影響を調べた結果、トラップ周辺では新たなトラップが生成されやすくなっている既存のモデルで実験結果を再現できることを明らかにしている。

(3)PreBD状況下でのゲートリーク電流のキャリアセパレーション測定を行い、リークパスを経由した電流は、ゲートからの電子電流のみが支配的なものと、それに加え反転層からの正孔電流が同程度生じるものに大別されることを見出している。特に電子電流のみが支配的なPreBDにおいては、電子が被るエネルギー損失量は各PreBDイベント間で大きく異なる事を確認している。PreBDはフラッシュメモリーのデータ保持特性を劣化させる異常SILC現象との関連が指摘されており、本論文で検討された物理モデルは異常SILC現象の理解を深め、その低減手法を探る上での基礎理論を与える。

以上のように、本論文は電気的ストレスによるゲートリーク電流増大現象、およびその原因となる電子トラップ生成の物理を数多く解明している。これらの知見はゲート酸化膜信頼性向上に関する有益な基礎理論を提供しており、電子工学ならびにMOS型集積回路の信頼性向上に貢献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。