

Title	電流ストレスにより生じるシリコン熱酸化膜劣化現象と劣化機構に関する研究
Author(s)	榊原, 清彦
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42937">https://hdl.handle.net/11094/42937</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名	さかき ばら きよ ひこ 榊 原 清 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 9 2 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 1 年 9 月 2 2 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	電流ストレスにより生じるシリコン熱酸化膜劣化現象と劣化機構に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 谷 口 研 二 (副査) 教 授 濱 口 智 尋 教 授 吉 野 勝 美 教 授 尾 浦 憲 治 郎 教 授 森 田 清 三 教 授 西 原 浩

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、シリコン MOS デバイスに用いられるシリコン熱酸化膜に電流ストレスを与えた際に生じる酸化膜劣化現象と劣化機構に関する研究をまとめたものである。

本文は以下の 8 章で構成されている。

第 1 章では、シリコン熱酸化膜の劣化現象・劣化機構に関するこれまでの研究について概観している。ここでは本研究の背景と問題点を明確にし、研究の目的および意義を明らかにしている。

第 2 章では、比較的膜厚の厚い酸化膜(約 10 nm)にて観測される非正常なストレス誘起リーク電流に着目し、電流成分の分類とトラップモデルの提案を行っている。非正常なストレス誘起リーク電流は、ストレスの種類に関わらず、5 つの電流成分に分類できることを見いだしている。

第 3 章では、非正常で繰り返しの電界スキャンに対して再現性を有するストレス誘起リーク電流の振る舞いを定量的に解析している。数値シミュレーションの結果、伝導機構に関与したトラップのトラップエネルギーレベル・捕獲断面積・トラップ空間密度分布を明らかにしている。

第 4 章では、非正常で再現性を有するストレス誘起リーク電流の伝導機構に関与した中性トラップの生成機構と空間密度分布について解析を行っている。中性トラップには 2 種類の生成機構が存在することを見いだしている。

第 5 章では、中性トラップ生成特性の解析に基づき、酸化膜の絶縁破壊機構の解析を行っている。トラップ間での電子トンネリングによる電子電流経路の形成が酸化膜絶縁破壊と深く関わっており、トラップ生成特性の解析により、酸化膜内部に形成される電流経路中で最もトラップ間距離が長い臨界トラップ対での電流レベルがある臨界値に達したとき、酸化膜絶縁破壊が引き起こされることを見いだしている。本研究の解析により、酸化膜絶縁破壊の電界強度依存性・酸化膜厚依存性を中性トラップ生成特性の観点から解明している。

第 6 章では、本研究の絶縁破壊モデルを用いて、酸化膜絶縁破壊の温度依存性について解析を行っている。中性トラップ生成特性の温度依存性を調べた結果、系の温度に依らず、臨界トラップ対での電子トンネリング確率がある臨界値に達することで酸化膜絶縁破壊が引き起こされることを見いだしている。

第7章では、酸化膜中において、近接したトラップ間での電子トンネリングによって電子電流経路が形成されることを定量的に証明している。微小面積領域でのストレス誘起リーク電流の振る舞いをFN電流式近似すると、FNパラメータA、B間に統計的な相関関係が現れる。これらパラメータ間の統計性は、酸化膜絶縁破壊モデルで着目した臨界トラップ対での電子トンネリング電流の振る舞いから、定量的に導出できることを見いだしている。

第8章では、得られた知見を総括し、本研究の結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

半導体素子の微細化には酸化膜の薄膜化が必須であり、酸化膜の劣化現象はデバイス寿命を律速する重要な要因となっている。デバイスの高集積化を進めるには、酸化膜の劣化機構を解明し、高信頼性を有する酸化膜を形成する必要がある。酸化膜の劣化現象に関しては、酸化膜中に生成されたトラップによると考えられているが、その詳細についてはまだ十分に解明されていない。

本論文では、非定常なストレス誘起リーク電流の振る舞いに着目しトラップモデルの提案と、数値シミュレーションによる伝導機構・トラップモデルの検証を行っている。そして、ストレス誘起リーク電流現象の解析のみならず、酸化膜の絶縁破壊現象の解明にも言及している。更に、トラップ間での電子トンネリングによって電子伝導経路が形成されることを証明している。この研究の内容には独創性と、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) 本研究ではフォノン散乱を介したトラップへの電子トンネリング現象を数値シミュレーションすることにより、トラップエネルギーレベル・捕獲断面積・空間密度分布を明らかにしている。
- (2) (1)の伝導モデルに基づき、酸化膜中に生成されたトラップ空間密度分布を評価する手法を提案し、トラップ生成特性の解析を行っている。この結果、トラップ生成には酸化膜中に注入されたホールが深く関わっていることを立証している。
- (3) (1)の伝導モデル及び(2)のトラップ生成特性の解析に基づき、酸化膜内部の臨界トラップ対間での電子トンネリング確率がある臨界値に達すると酸化膜の絶縁破壊が引き起こされることを見いだしている。
- (4) 微小面積領域でのストレス誘起リーク電流をFN電流式近似するとパラメータに統計性が現れることが知られている。(1)の伝導モデルから、その統計性が導出できることを見だし、(3)で仮定したトラップ間の電子トンネリングによる電子伝導経路の形成を立証している。

以上のように、本論文は、酸化膜の劣化現象・劣化機構に多くの知見をもたらし、今後の半導体素子の微細化において重要となる酸化膜信頼性の問題に対して有益な情報を提供するもので、半導体工学・電子工学の発展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。