

Title	大規模集積回路における微細化 MOSFET の高信頼化に関する研究
Author(s)	三橋, 順一
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44712
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	三橋 順一
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18242 号
学位授与年月日	平成 16 年 1 月 23 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	大規模集積回路における微細化 MOSFET の高信頼化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 森田 瑞穂
	(副査) 教授 芳井 熊安 教授 片岡 俊彦 教授 安武 潔 教授 山内 和人 教授 広瀬喜久治 教授 青野 正和 教授 遠藤 勝義

論文内容の要旨

大規模集積回路は、加工技術の進歩に伴い、スケールリング則にしたがって微細化が進められてきた。当然、その主要構成要素である MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) の構造全体も微細化されてきた。この論文では、この微細化された MOSFET の高信頼化に関する研究をまとめたものである。

まず、スケールリング則に従って浅くなっていくソース・ドレイン接合の信頼性を評価した。接合特性の経時劣化(一定電圧印加状態でのリーク電流の増大) : TDJD (Time Dependent Junction Degradation) 評価技術を開発し、評価手法として標準化させた。

次に、シリコン酸化膜の経時破壊現象 TDDB (Time Dependent Dielectric Breakdown) を詳細に解明した。また、プラズマ p-SiN パッシベーション膜形成および酸化膜のアニールという外部要因が TDDB 特性にどのように影響するかを研究した。p-SiN 膜を形成後、380℃以上の温度でアニールすると、TDDB 特性が大きく劣化することがわかった。p-SiN 膜のアニールにより N-H 結合が解離し、生成された水素が酸化膜/シリコン界面にドリフトしていき、そこで三価のシリコンを形成して、酸化膜を劣化させると結論づけた。この結果により、アニール温度の低温化が定着した。

次に、LDD (Lightly Doped Drain) 構造の欠点である n-層による電流駆動能力の低下を抑えるために、回転斜めイオン注入法によるゲート/n-オーバーラップ構造 MOSFET を開発し、二次元デバイスシミュレータを使って、その特性および信頼性を詳細に研究した。

特に、ホットキャリア効果に対して、p-SiN 膜の機械的応力が強く影響していることを突きとめた。p-SiN 膜が存在することにより、ホットキャリア寿命が劣化することを直接 MOSFET に圧縮応力を印加することで、実験的にはじめて明らかにした。また、水素アニール後に SiN 膜を形成した場合には、そのアニール時間に比例してホットキャリア寿命は短くなった。SiN 膜がない場合は、水素アニール時間依存性は示さなかった。この結果から、SiN 膜中の水素がホットキャリア効果を助長するが、SiN 膜が酸化膜に及ぼす応力がこの水素効果をさらに助長していることが明らかになった。

さらに、これらの研究をもとに、1M ビット SRAM (Static Random Access Memory) から採用された薄膜トランジスタ TFT (Thin Film Transistor) におけるホットキャリア効果の研究、特にプラズマ水素化の効果の検証、に発展させた。

また、DRAM (Dynamic Random Access Memory) のメモリキャパシタとしての酸化膜/窒化膜/再酸化膜 (3層) 積層構造を開発し、その信頼性を TDDB 特性中心に詳細に研究し、それぞれの層の役割を明らかにすると共に、高信頼化のメカニズムを解明した。SRAM、DRAM において、ここで研究開発した構造、プロセスが採用された。

論文審査の結果の要旨

大規模集積回路の高集積化、高密度化要求に対応するため、MOSFET の微細化が進められている。しかし、微細化による電界強度の増大および機械的応力の増大によって、信頼性上の種々の問題点、課題が発生しており、高信頼化を図ることが、大規模集積回路の発展に不可欠となってきている。本論文は、MOSFET の微細化に伴う信頼性上の種々の課題に対して信頼性の解析評価を行い、高信頼度を維持するためのプロセス改良や新規デバイス構造を開発してきた成果をとりまとめたもので、その主な成果は次の通りである。

(1) 浅いソース・ドレイン接合特性の経時劣化 (TDJD) を評価する新しい手法を開発し、特性劣化に最も敏感な構造を明らかにしている。この手法は、接合特性評価方法として標準化されている。

(2) シリコン酸化膜の経時破壊 (TDDB) 現象をゲート酸化膜の信頼性評価方法として確立し、TDDB 現象の基本メカニズムを解明している。

(3) パッシベーション膜としてプラズマシリコン窒化膜を形成後、380°C以上の温度でアニールすると、シリコン酸化膜の TDDB 特性が大きく劣化することを明らかにし、劣化メカニズムモデルを提案している。この成果により、アニール温度の低温化が定着している。

(4) 回転斜めイオン注入法によるゲート/ n^- オーバーラップ構造 MOSFET を開発し、この構造が高いホットキャリア耐性を有することを明らかにしている。

(5) シリコン窒化膜中の水素がホットキャリア効果を助長し、シリコン窒化膜がシリコン酸化膜に及ぼす応力が水素の影響をさらに助長していることを初めて明らかにしている。

(6) 薄膜トランジスタ (TFT) におけるホットキャリア効果を発光解析技術を用いて定量的に評価する手法を提案し、劣化メカニズムを解明するとともにホットキャリア発生に対するプラズマ水素化プロセスの効果を明らかにしている。このプロセスは、SRAM において採用されている。

(7) メモリキャパシタとしてシリコン酸化膜/窒化膜/再酸化膜積層構造を開発し、高誘電率を有し、かつ高信頼性を示すことを明らかにしている。この構造は、DRAM において採用されている。

以上のように、本論文は、大規模集積回路における微細化 MOSFET の信頼性評価解析により高信頼性デバイス構造や高信頼性プロセスを開発し、これまで解明が不十分であった微細化 MOSFET の信頼性に関する多くの知見を与えており、半導体工学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。