

R-10-RS-01

平成10年度

故障物理研究委員会 成果報告書

— 最新フラッシュメモリ技術及び
LSI加工応用マイクロマシン技術の信頼性 —

平成11年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター

平成10年度故障物理研究委員会報告書
－最新フラッシュメモリ技術及びLSI加工応用マイクロマシン技術の信頼性－

目 次

まえがき	1
第I部 最新フラッシュメモリ技術の信頼性	
第1章 フラッシュメモリの位置付け	2
1.1 不揮発性メモリのアイデア	2
1.2 浮遊ゲート素子におけるフラッシュメモリ	4
1.3 電子の注入と抜き取り方法と酸化膜信頼性	5
1.3.1 電子注入(プログラム)	5
1.3.2 電子抜き取り(消去)	6
1.4 強誘電体メモリ	8
1.4.1 強誘電体メモリ構造と動作	8
1.4.2 強誘電体膜材料	10
1.4.3 強誘電体膜信頼性	10
第2章 フラッシュメモリ技術の概要	13
2.1 フラッシュメモリのセル構造と動作	13
2.1.1 メモリセルの構造	13
2.1.2 メモリセルの動作	14
2.2 フラッシュメモリの回路構成と電気的特性	17
2.2.1 メモリICの基本構造と動作	17
2.2.2 メモリICの電気的特性	19
2.3 フラッシュメモリの故障モードと故障要因	20
2.3.1 概要	20
2.3.2 故障モードとその要因	21
第3章 フラッシュメモリデバイス技術	29
3.1 用途と要求仕様	29
3.2 フラッシュメモリのセル構造とセルアレイ技術	30
3.2.1 セル構造技術	30
3.2.2 書込み、消去動作方式	32
3.2.3 セルアレイ方式	34
3.2.4 製品化技術	36
3.3 高集積化技術	37
3.3.1 メモリセル縮小化技術	39
3.3.2 周辺回路縮小化技術	43
3.4 高信頼化技術	46
3.4.1 プロセス技術	46
3.4.2 回路技術	47
3.5 多値技術	50
3.5.1 多値技術の必要性	50
3.5.2 多値技術の動向	50
3.5.3 多値化の問題点	54
第4章 フラッシュメモリプロセス技術	56
4.1 酸化膜欠陥の起源	57
4.2 シリコン表面処理	60

4.3	極薄酸化膜形成技術	64
4.4	層間膜及びパシベーション膜形成技術	68
4.4.1	ゲートリテンションへの影響	69
4.4.2	エンデュランスへの影響	80
4.5	走査型プローブ顕微鏡を使った微視的な解析・評価手法	83
4.5.1	SPMを使ったゲート酸化膜関連の評価概要	83
4.5.2	原子間力顕微鏡(AFM)の構成略図	84
4.5.3	酸化膜の評価への応用	84
4.6	まとめ	87
第5章	フラッシュメモリ用酸化膜の劣化機構	90
5.1	酸化膜中トラップの起源と性質	90
5.1.1	電荷トラップ準位の起源となるシリコン酸化膜構造欠陥	90
5.1.2	電荷トラップ準位のエネルギー深さの評価	91
5.1.3	電気ストレス下での電荷トラップ準位生成	93
5.1.4	まとめ、今後の課題	95
5.2	SILC発生機構	97
5.2.1	SILC現象の特徴	97
5.2.2	SILC発生機構	100
5.2.3	SILCの伝導機構	104
第6章	トンネル酸化膜の薄膜化限界と信頼性	109
6.1	ゲート酸化膜の従来の問題点	109
6.2	フラッシュメモリの大容量化を阻害する要因	110
6.3	ロジックLSIのゲート酸化膜厚限界	110
6.4	DRAM用ゲート酸化膜厚限界	112
6.5	フラッシュメモリのトンネル酸化膜限界	112
6.6	今後の対応策	114
6.7	まとめ	115
第II部 LSI加工応用マイクロマシン技術の信頼性		
1.	マイクロマシンの動向	121
1.1	マイクロマシンとLSI	121
1.2	マイクロマシン技術の概要	122
2.	光学変調器(REMO)の信頼性	125
2.1	REMOの概要	125
2.2	機械的信頼性	127
2.3	電氣的信頼性	128
2.4	加湿雰囲気中での腐食	130
2.5	結論	132
3.	DMDの信頼性	133
3.1	構造	133
3.2	特異な故障メカニズム	134
3.3	耐環境性	138
3.4	寿命の証明と信頼性予測	138
あとがき		140
平成10年度	故障物理研究委員会構成表	141

序 文

近年、半導体の微細加工技術や多層金属配線技術等の開発が益々向上し、半導体集積回路の高集積化・高機能化・高性能化・高速化・低消費電力化が著しく進展し、新たな需要分野を喚起しております。

このような技術により集積されたULSIの信頼性を確保するためには、ULSIの設計・製造プロセスの開発段階で信頼性を作り込むことが重要な手法になってきました。そのためには、各種故障モード及び故障機構を解明し、対策を立てていく必要があります。そのため、半導体故障物理の研究が益々重要視されるようになってまいりました。

このような背景において、当センターでは、かねてより半導体メーカー、研究所、大学などから故障物理の専門家にお集まりいただき、研究会を組織して、最新半導体デバイスで問題となる信頼性問題について調査・研究を進めてまいりました。本年は、特にフラッシュメモリに関わる信頼性の問題、さらには最近注目されつつあるLSIの微細加工技術を応用したマイクロマシン技術の信頼性に着目し、内外の文献調査及び解析を進めてまいりました。

ここに、平成10年度の成果を取りまとめました。フラッシュメモリ技術については最終的な報告です。マイクロマシン技術については調査・解析の途中段階で必ずしも十分にまとめられておりませんが、本報告書が広く関係方面のご参考になり、活用されることを期待致します。

なお、本事業の遂行に当たり、「半導体故障物理研究委員会」の木村 忠正委員長を始め、委員の皆様のご多大なご尽力に対し、深謝致します。

平成11年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター
理事長 高木 昇