

R-61-ES-01

半導体デバイスの静電気破壊
現象とその評価方法に関する
ガイドライン

昭和62年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター

序 文

半導体の微細加工技術の進歩により、LSIなどの半導体デバイスの性能は、著るしく高性能化しております。

しかしながら、これらの半導体デバイスは、一般に静電気などの過電圧に極めて弱く、正しい静電気の保護対策をしない場合には、折角の高性能化した機能を破壊したり、劣化を起し、信頼性の確保に支障があると聞いております。

そこで、当センターでは、昭和59年度から3年間小型自動車等機械振興資金の補助を受けて、静電気による半導体デバイスの劣化・破壊現象並びにメカニズムの解明とその標準的な試験方法の確立のために調査・試験研究を実施いたしました。

ここに本年度の成果を取り纏め、ガイドラインを作成いたしました。本ガイドラインが広く関係各方面のご参考となり、活用されることを心から期待いたします。

尚、本事業を遂行するにあたり、当センターで組織いたしました、「静電気対策委員会」村崎憲雄委員長を始め、委員の皆様の多大のご尽力に対し厚くお礼申し上げます。

昭和62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

目 次

序 文

昭和61年度静電気対策委員会構成表

1. 序 言	1
2. 静電気放電の一般論	5
2.1 試験装置が意味する静電気現象	5
2.2 放電電極が放電に及ぼす影響	5
2.3 電源側からみた放電空間のインピーダンスと負荷インピーダンス	8
2.4 帯電現象を支配する環境因子	9
2.5 静的静電気と動的静電気	11
3. 半導体デバイスの特性進歩と静電気放電 (ESD) 破壊問題の歴史の変遷	15
3.1 年表的に見た半導体デバイスESD事件事例と対策例	15
3.2 半導体デバイス製品群の市場変遷と静電気問題	15
3.3 半導体デバイスの設計動向と静電気問題	17
3.4 静電気耐性試験法とその耐性数値に対する注意	18
4. 静電気耐性試験の背景	21
4.1 静電気耐性試験の分担範囲と性格	21
4.2 作業環境とデバイスの静電気耐性	24
4.2.1 静電気による事故は何故おきるか	25
4.2.2 静電気対策とコスト	29
4.2.3 今後の問題点	30
5. 静電気耐性試験方法	33
5.1 静電気耐性試験方法の提案	33
5.2 H. B. Mの適用例	35
5.3 M. Mの適用例	37
5.4 C. D. M (C. P. M) の適用例	39
5.5 半導体デバイスの静電気耐性試験法の注意点	42
5.5.1 コンデンサー放電法	42
5.5.2 デバイス帯電モデル試験法	43
6. 静電気対策の基本形	47
6.1 デバイス破壊現象とその保護対策	47
6.1.1 概 要	47
6.1.2 シリコンデバイス	47

6.1.3	化合物半導体デバイス	63
6.1.4	破壊モデルの変化	67
6.2	電子機器メーカーでの対策	69
6.2.1	概要	69
6.2.2	作業の流れと静電気対策	69
6.2.3	静電気対策の要点	70
6.2.4	取扱い上の対策事例	76
6.3	半導体デバイスの取り扱い上のESD防止対策に関するガイドのIEC規格動向	90
7.	今後の課題	93
7.1	実装方法と静電気破壊現象との関係	93
7.1.1	ICカード	93
7.1.2	TAB	94
7.1.3	チップ販売	96
7.2.	IECとPubl. 801-2改定審議の経過(電子機器・システムのESD評価)	96
7.2.1	概要	96
7.2.2	技術的問題点の要約	97
7.2.3	技術問題の概要	97
7.2.4	技術問題の解決に向けて	103
7.2.5	まとめ	105
8.	静電気破壊対策と評価に関するQ&A	109
8.1	半導体デバイスの静電気破壊現象	109
8.1.1	破壊現象に関して(Q1~Q3)	109
8.1.2	破壊現象の評価について(Q4~Q7)	110
8.1.3	潜在故障及びスクリーニングに関して(Q8~Q10)	111
8.2	静電気耐性評価方法	112
8.2.1	CPM (Charged Package Model) CDM (Charged Device Model) 法に関して(Q11~Q23)	112
8.3	電子機器のESD評価方法(Q24~Q29)	116
8.4	半導体デバイスの取扱上の注意及び事故例	118
8.4.1	取扱上の注意及び静電気対策に関して(Q30~Q38)	118
8.4.2	事故事例に関して(Q39~Q40)	121
8.5	入門書紹介(Q41)	123
9.	結 言	125

1. 序 言

新規のデバイスが公開されるごとに、静電気耐性評価に関する資料が内外の有力機関から逐次提案されてきたが、いずれも現場に生じる静電気損傷との相関性に問題を有する。これが、ガイドライン化された評価法が要望される理由である。本委員会は、このような要望を充たすべく、昭和59年から活動を開始し、昭和60年3月、昭和61年3月に各年度ごとの成果を報告書として刊行した。本年度、委員会を終了するにあたり、前報では触れ得なかった懸案事項を整理するとともに、ガイドライン化に必要な静電気に関する前段事項もあわせて解説することにした。

3年間にわたる委員会活動で明らかになったことは、現在汎用されている各種の評価法を一本化するには、歴史的経過から派生する問題に制約されて、ガイドライン化の可能な部門と不可能な部門とが共存するという点である。たとえば、耐性評価を必要とする関係者は、デバイスメーカー・システムメーカー・エンドユーザの各部門に広く分布し、それぞれが評価値を違った目的に使用している。また、一つのデバイスメーカー内でも、デバイスの設計資料として耐性値を参考にする技術者と、製造工程・出荷工程の損傷防止資料として使用する技術者と、営業用資料として使用する技術者とが存在し、それぞれが個別の評価意識で試験結果を使用している。システムメーカーでも、システムの設計資料・システム製造工程の管理・資材選定資料・製品納入用というように、評価意識が変わってくる。同様のことは、エンドユーザとメンテナンス業務にも生じる。このように、同じ評価値でも使用する立場によって評価の目的が分岐するという点に加えて、過去10年間に生じたデバイスの急速な進歩は、関係者相互の緊密な情報交流を遅延させ、ガイドライン化不可能の領域を拡大してきた。

本委員会は、上記の課題に対処すべく、今年度は、デバイスメーカー・システムメーカー・エンドユーザが静電気損傷に対する技術的責任をどのような線引思想のもとに分担すべきであるかを提案し、静電気に関する用語が統一され、耐性値についての物理的意味が同一次元で使用されるならば、ガイドライン的な耐性評価法が提案できるという結論に達した。今回は、以上のような経過を踏まえ、代表的な耐性試験法を複数提案し、使用目的に応じてそれらの中から2つを採用することを提案することにした。ただし、採用決定する試験法を誤ると、評価の意味を失うので、事例を併記して理解を高めるよう配慮するとともに、現場事情に適用しやすいようハンドリングに関する注意事項も併記し、前記線引思想を補強した。

以上の経過は、静電気耐性に関する技術的現状の追認であり、将来にわたって不変というものではない。むしろ、線引思想と耐性の物理的意味が関係技術者によって規格化の方向に進路づけられたことが、本委員会の最大の成果と称しうる。

デバイス技術と環境構成要素とが今後も高度化される以上、2～3種類の代表的と称される試験装置で、産業界で生じている静電気損傷事故のすべてに対応することは不可能である。しかし、本委員会が推奨するものを基礎公式とするならば、現場に生じる損傷事例はこの公式をどのように応用して近似解を判断するかということに通じる。すなわち、試験装置の誤った選択を生じないためには何に注意すべきか、という現場知識が必要となる。本委員会は、この点を重視し、数値表示された耐性値は代表的な試験に対する測定値であって、必ずしも現場の損傷事故を保証するための数値ではないことを理解して戴けるよう、各所に事例をあげて整理した。また、いわゆる数値の独り歩きと称される誤解がデバイスメーカー・システムメーカー・エンドユーザの間に生じている原因を解消すべく、事例をあげてこれらに対処するようにした。これが、本委員会の第二の成果である。すなわち、静電気耐性とは、デバイスまたはシステムの機能表示で使用されている信頼性とはその意味が異なるということに関係者に理解して戴くことに重点をおいて報告書を作成した。

以上のような提案と整理を兼ねた報告書には、損傷事故に関する各社の原因別調査データが必要となる。そこで、委員各社にお願いしてこれらを3年間にわたって集積し、それらをもとにして、「線引きとデータの独り歩き防止」を目標に最終報告書を作成することになった。しかし、具体的な事例とメーカー名と対応させることは別の問題につながる恐れがある。本書で使用された事例は、日本国内の平均的事象として把握して戴き、現場状況に応じ、これらのうちの2つを採用することを委員会として提案し、補強意見が各位から積極的に提案されることを期待することにした。なお、補強意見が今後積極的に提案されること、新規のデバイスとシステムの出現に本報告が応用的に拡張されることを予想し、「デバイスの進歩にともなう EOS・ESD 問題の歴史的変遷」の項を報告書中に設けることにした。

EOS・ESD 問題の歴史的変遷に関しては、すでにいくつかの資料が公刊されている。本委員会では、委員所属の各社の経験を照合して各種資料に取捨選択と追加を加え、国内メーカーの平均値的変遷として整理した。したがって、すでにこの種の資料を執筆された方からみると、特に強調すべき事項の欠落・冗長にすぎるとの批評もありうるが、国内メーカーの平均値としての変遷という点を評価して戴ければ幸いである。また、「データの独り歩き」という誤解を防ぐためには、静電気放電に関する基礎的事項に関し、委員会としての定義づけも同様に必要である。本報告書では、「静電気放電」の項を設け、電極の質による放電の変化・環境要素による帯電状態の変化等についても事例をあげて注意を喚起することにした。ただし、この問題を詳述することは本委員会の直接の目的ではないので、必要最小限度に記載するとどめた。しかし、耐性向上と評価には、正確な静電気現象の理解が必要で、デバイスメーカー・システムメーカー・エンドユーザが同じ静電気放電モデルを採用して戴けることを目標に整理した。

実際問題として、デバイスの損傷は、システム中でも生じる。したがって、デバイスの耐性はシ