

R-12-ES-01

平成12年度

静電気研究委員会研究成果報告書

平成13年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター

序 文

昭和59年度に、半導体デバイスメーカー及び機器・システムメーカーの信頼性を担当されている方々からの強い要請により、「静電気対策委員会」を当センターに設置いたしました。

以来、「静電気研究委員会」と名称は変わりましたが、静電気放電に敏感な半導体デバイスや機器・システムなどに対する静電気対策の調査・試験研究を行ってまいりました。

一方、国際的にも、IECにおいて1995年10月のダーバン総会で、静電気対策に関する国際規格作成を担当する第101専門委員会(TC 101/静電気)の新設が決議されました。我が国もこのTC 101にPメンバーとして参加することになり、その国内審議を当センターが担当することになりました。これも、静電気対策委員会からの実績が高く評価されたものと認識しております。

平成12年度は、主に最新半導体デバイス製造における静電気対策、電子デバイス・電子機器製造現場における静電気対策としてのイオナイザの活用ガイド、抵抗値による静電気管理に着目し、内外文献調査を中心として最近の技術動向を調査することを目標に活動してまいりました。ここに、その報告書を取りまとめましたので、広く関連業界の方々及びIEC TC 101における国際規格審議などにご活用頂ければ幸いに存じます。

終わりに、本報告書の作成、取りまとめにご尽力頂きました静電気研究委員会の村崎 憲雄委員長を始め、委員の皆様には厚くお礼申し上げます。

平成13年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター

理事長 佐々木 元

平成12年度静電気研究委員会研究成果報告書

目次

序文

平成12年度静電気研究委員会構成表

1. 序言	1
2. 静電気対策の見直し	3
2.1 帯電量と放電量	3
2.2 抵抗と静電気	3
2.3 静電気対策における各種指標の連携	4
2.4 ESDのベクトル化	4
3. 半導体デバイス製造における静電気対策	6
3.1 ESD保護素子の種類と設計パラメータ	6
3.1.1 ESD保護素子の電気的特性	7
3.1.2 ESD保護素子のI-V特性	7
3.1.3 ESD保護素子の種類	8
3.1.4 ESD保護素子	10
3.1.4.1 MOSトランジスタ	10
3.1.4.2 保護抵抗	14
3.1.4.3 PNダイオード/寄生vertical PNP	16
3.2 サリサイドプロセス関連の静電気破壊現象	18
3.2.1 pn接合破壊現象	18
3.2.2 次世代デバイス構造(SOI)におけるサリサイドプロセスのESD耐性	19
3.2.3 まとめ	23
3.3 静電気破壊とスナップバック特性およびTLP測定方法	24
3.3.1 はじめに	24
3.3.2 スナップバック測定系について	24
3.3.3 スナップバック特性について	25
3.3.4 観測波形の分析方法例	26
3.3.5 SB特性の利用方法について	27
3.4 保護回路設計・ESD現象解析におけるシミュレーション技術	28
3.4.1 背景	28
3.4.2 チップレベルの回路シミュレーション文献紹介	28
3.4.3 多次元シミュレーターによる熱解析シミュレーションの紹介	35
3.4.4 まとめ	37
3.5 デバイス帯電(CDM)と破壊メカニズム	38
3.5.1 デバイスの帯電	38
3.5.2 デバイスの放電	39
3.5.3 放電時のダイ内の動作	40

4.	イオナイザの活用ガイド	48
4.1	イオナイザ概要	48
4.1.1	イオナイザの歴史的背景	48
4.1.2	静電気対策におけるイオナイザの位置づけ	48
4.2	電子デバイスの静電気障害	48
4.2.1	帯電電荷による清浄空間での塵埃汚染	49
4.2.2	電子デバイスの静電気放電（ESD）による破壊	49
4.2.3	静電気放電による誤動作	49
4.3	イオナイザの原理	50
4.3.1	イオンの生成方式	50
4.3.2	各イオン生成方式の原理	50
4.3.3	コロナ放電式イオナイザの安全性	53
4.3.4	軟X線式および紫外線式イオナイザの特徴	56
4.4	コロナ放電式イオナイザの種類	58
4.4.1	イオン発生方式別分類	58
4.4.2	用途別分類	65
4.5	イオナイザの評価方法	67
4.5.1	評価の目的と必要性	67
4.5.2	評価方法と装置の概要	67
4.5.3	特性評価項目	70
4.6	評価基準	71
4.6.1	イオナイザの試験機器	71
4.6.2	イオナイザの特定要項	73
4.6.3	室内イオナイザ	74
4.6.4	層流フードイオナイザ	76
4.6.5	作業面イオナイザ	77
4.6.6	圧縮ガスイオナイザ	79
4.6.7	イオナイザの保守	80
4.7	イオナイザの設置および保守管理	80
4.7.1	イオナイザの設置	80
4.7.2	イオナイザの保守管理の必要性	82
4.7.3	コロナ放電電極の清掃	83
4.7.4	コロナ放電電極の定期的交換	84
4.7.5	電極の清掃と交換での注意	84
4.7.6	定期的なイオナイザの点検	84
4.7.7	簡便な特性評価装置の利用	85
5.	静電気対策における抵抗値管理と測定方法	88
5.1	電子業界における電圧による工程管理	88
5.2	対策用資材の抵抗測定値による管理と測定方法	88
5.2.1	はじめに	88
5.2.2	静電気の帯電現象	89

5.2.2.1	静電気の発生	89
5.2.2.2	静電気の帯電と緩和の関係	89
5.2.2.3	相対湿度と抵抗値の関係	92
5.3	抵抗測定の方法	93
5.4	抵抗測定と静電気対策の関係	94
5.5	電圧減衰方法と抵抗測定による静電気対策効果の評価	95
5.6	まとめ	95
6.	レチクルの ESD 損傷に係わる問題	96
6.1	はじめに	96
6.2	論文内容	96
7.	静電気放電対策に関する規格の比較	109
7.1	はじめに	109
7.2	対策用資材の管理方法	109
7.3	品質責任、適合性監査	110
8.	結言	116
付録		
	LCD 製造における静電気課題と対策（温故知新）	117

1. 序言

CDM・CPMの重要性が認識されるにしたがい、デバイスの静電気耐性と称する指標の物理的意味は何かという質問が発せられるようになってきた。また、静電気対策に関する信頼性の高い情報が要求されるようになってきた。委員会はこれらの期待に応えるべく、デバイスについては、保護素子の種類とそれらの設計に関する問題点についての最近の情報を紹介し、ESDによる破壊のメカニズムについてユーザーの理解を得ることを目的として本年度の報告書を作成することにした。また、従来のESD対策と今後のESD対策との相違が生じる背景を検討し、今後の資とすることにした。

ところで、イオナイザーと静電気対策用資材に関する情報は多年の経験にもとづいて整理されてきた。しかし、これらの資料はHBM・MMを障害源として検討しているため、CDM・CPMとの相関性を求めることが難しい。また、これら情報の質を保証する基準が日本国内には存在しない。他の分野と同様に外国頼みの状況にある。この状況を脱却するためには、イオナイザーの特性評価試験の実際と、イオナイザー使用上の注意と保守管理に関する信頼性の高い情報や、製造現場における静電気を管理するための管理電圧の実施例・資材の抵抗値管理の実状等の公開が必要となる。委員会として可能な限りこれらを本年度の報告書に採録し、海外の規格の比較表を交えて各位の御検討を戴くことにした。CDM・CPMとはデバイスまたはパッケージに蓄積された電荷が放電する場合、誘導によってデバイスに放電が生じる場合、外部静電気によってデバイスまたはパッケージが充電される場合等をモデル化したもので、現象は従来から発生していた。しかし、現在のような極限に近い微細化されたデバイスでなければ障害発生因としてCDMは作用しなかった。ということは、今後微細化がさらにすすむと、別種の破壊モデルが必要ということが約束されたことになる。何が原因でどこが従来のものと異なるかという視点から対策を検討することが不可欠の項目として今後は追加しなければならない。

HBM・MMでは、デバイスのひとつの端子から他の端子までのダイ中のいくつかの素子を通して外部の静電気による放電電流が流れる状態を想定している。CDM・CPMでは、デバイスまたはパッケージの帯電がひとつの端子を通じて外部に放出または外部の電荷が充電される状態を想定している。したがって、端子に流れる電流は測定器で測定することはできるが、各素子にどのような電流・電圧が生じているかを実測することができない。回路構成から考えて、種々の場合をシミュレーションした結果と、モデルによる耐性試験を行った結果とを照合し、総合的に耐性を判断するという手法が耐性増加のために採用されている。すなわち、ここでおこなわれていることは判断であって、事実を決定しているということではない。決定には何らかの責任がともなうという社会通念のもとに上記の耐性を評価すると、静電気耐性と現在称されているものは、デバイスメーカーが自社製品の開発用指針として決定したもので、ユーザーに対して物理的根拠を明確にした文字通りの意味での静電気耐性をあらわす指標ではない。ユーザーに必要な情報と必要な分析結果とおもわれるので提供するが、どれが良いか・何を基準にすべきかというような指導的な表

示をおこなっているつもりはないということである。したがって、RCJ 会報 Vol.27・No.3, Sep2000 p16 に記載されている三洋電機(株)品質管理 Vol.37, No6 「IC 静電気放電試験法の開発および C-MOSIC の評価」のように、各社ごとの耐性値が異なるのは当然で、これを不審と感じるのはメーカーが称している静電気耐性の意味に過剰な期待を寄せていることになる。測定器・イオナイザー・対策用資材にもこれと同類の事項は散見される。また、関係業界間の静電気という用語の概念の相違から生じる意志交流に関する問題の解決が今後の課題である。

以上のような状況に鑑み、「静電気対策の見直し」と称する項目とレクチルの ESD 損傷に係わる問題とを報告書に新設し、関係各位の積極的参加を期待することにした。