

R-63-ES-01

静電気対策用資材評価技術に関する
研究成果報告書

平成元年3月

財団法人 日本電子部品信頼性センター

序 文

当センターでは、半導体メーカーとシステムメーカーの方々の強いご要請により、昭和59年度から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や機器・システムの破壊現象とメカニズムの解明、並びに標準的な試験方法の確立のための調査研究を実施いたしてまいりました。

その成果は、「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」として皆様にご利用していただいております。

又、昭和62年度からは、半導体デバイスの静電気破壊防止や電子機器の誤動作等の防止に使用される各種静電気対策用材の正しい評価方法の確立のために調査・試験研究を開始いたしました。

こゝに第2年度の調査・試験研究の成果を取り纏めましたので、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希望いたします。

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。

平成元年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

静電気対策用資材評価技術に関する研究成果報告書

目 次

序 文

昭和63年度静電気対策委員会構成表

1. 緒 言	1
2. 帯電防止の概念	3
2.1 静電気の発生、消滅とその制御	3
2.1.1 電荷の発生と消滅	3
2.1.2 電荷の発生、消滅の多様性	6
2.1.3 電荷発生の制御と漏洩の促進	9
2.2 発生電荷の漏洩	10
2.2.1 放 電	10
2.2.2 大地への漏洩	11
2.3 発生電荷の再分布と再結合	11
2.3.1 電荷の発生	11
2.3.2 再結合	12
2.3.3 電荷の再分布	15
2.3.4 静電気放電と電荷の再分布	16
2.3.5 発生電荷の再分布、再結合と電気抵抗	17
2.3.6 静電気放電と電気抵抗	18
3. 測定、評価方法対策資材の変貌	21
3.1 帯電防止対策	21
4. 評価方法	25
4.1 抵抗測定	25
4.1.1 抵抗率測定	25
4.1.2 二端子方法による抵抗測定	27
4.1.3 帯電防止材料における抵抗測定の問題点	28
4.1.4 静電気対策用資材の抵抗測定方法	30
4.2 静電抵抗	31
4.2.1 静電抵抗の定義および測定原理	31

4.2.2	測定装置と測定方法	32
4.2.3	測定例	33
4.3	減衰測定	35
4.3.1	半減期測定方法 (JIS L 1094-1980)	35
(1)	電荷の減衰測定	35
(2)	半減期測定装置の構成	36
(3)	試験方法	37
(4)	測定例	37
4.3.2	Federal Test Method Standard (FTMS) No. 101 C Method 4046	38
(1)	評価基準	38
(2)	測定	39
(3)	測定概要	39
(4)	測定例	39
(A)	減衰測定と表面抵抗率測定	42
a)	フィルムの評価	42
b)	積層フィルムの評価	43
(B)	減衰特性/表面抵抗と摩擦帯電	43
4.3.3	高電圧印加方式	45
(1)	はじめに	45
(2)	測定概要	45
(3)	測定時の注意事項	45
4.4	静電気シールド性能評価	48
4.4.1	静電気シールド型静電気防止袋のシールド性能	48
4.4.2	シールド性能評価試験方法	49
(1)	静電気シールド性能試験方法	49
(2)	加速耐久性試験方法	50
(3)	I C破壊試験方法	50
4.5	電荷測定	51
4.5.1	測定の原理	51
4.5.2	帯電方法	52
4.5.3	半導体デバイスと摩擦静電気	53
(1)	パッケージ帯電モデルによる静電気破壊	53

(2) 摩擦帯電特性	53
(3) パッケージ帯電モデル危険指数	55
5. ケーススタディ	59
5.1 袋材の測定	59
5.1.1 帯電防止袋の素材と評価	59
(1) はじめに	59
(2) 測定方法と結果	59
a) 三端子方法による測定結果の一考察	59
b) リング電極方法による測定結果の一考察	64
(3) 評 価	64
5.1.2 表面抵抗と I C 保護能力	65
(1) 試験方法	65
(2) 試験条件	66
(3) 試料の構造と表面抵抗率	66
(4) 試験結果	66
(5) 評価試験結果の一考察	66
5.2 床材の測定	70
5.2.1 インテリジェントオフィスの床工法と静電気防止	70
(1) オフィスの床材	70
a) アンダーカーペット配線方式	70
(i) 利 点	72
(ii) 欠 点	72
b) フリーアクセスフロアー方式	72
(i) 利 点	73
(ii) 欠 点	73
(2) オフィス床の帯電防止	73
(3) 電磁波障害	75
5.2.2 床仕上げ材の概要	76
(1) 置き敷きマット	77
(2) 張 床	77
(i) カーペットタイプ	77
(ii) 硬質塩ビタイルタイプ	77

(iii) 軟質塩ビシートタイプ	78
(3) 塗床	78
(4) フリーアクセスフローア	78
5.2.3 床材評価方法とデータ相関性	78
(1) はじめに	78
(i) 抵抗率測定	78
(ii) 減衰測定	78
(2) 測定状況	79
(i) 測定場所	79
(ii) 試料	79
(3) 測定結果	79
(4) 測定結果の所見	81
(5) 考察	82
(6) 電荷の移動に関する理論的な背景	85
(7) 測定方法の比較	87
(8) まとめ	87
5.2.4 床材評価における湿度の影響	89
5.2.5 床材現場測定結果について	89
(1) 測定	89
(2) 測定結果	89
5.2.6 床材料の評価例	92
(1) 概要	92
(2) 評価項目	93
(3) 漏洩抵抗、表面漏洩抵抗の測定	93
(4) 測定結果	94
(5) 新設帯電防止床と静電気破壊の減少	94
6. 結 言	97

1. 緒 言

静電気対策用資材の評価法に動的特性の測定を導入し、抵抗および電荷の減すい測定の適用限界を明確にすることを目標に、本委員会は前年度の成果をひきついで発足した。

静電気対策用資材は逐年的に構造が複合材化され、多面的な要求を満たす方向に変化しつつある。そのため、均質を前提として考案された J I S 規格等の絶縁抵抗測定法で得られる測定値は、対策用資材の使用目的を代表する指標としての効力を減じつつある。それで、抵抗測定の不備を補うものとして、電荷の減すい特性が提案され、抵抗値と半減期を併用するようになった。しかし、電荷の減すい特性の方をユーザサイドでは信頼視する傾向が強い。

エレクトロニクスの進歩にともない、現場関係の技術者間で、電荷の減すい特性および抵抗値のみでは相関性の良い評価値が得られないという批判の声が増加し、進歩した評価法または従来法の解釈に関するガイドラインが期待されるようになった。昨年度は、従来法に対する解釈が職種によってどの程度に偏向しているか、従来の評価法では限界がどこに生じるかを調査し、動的特性を導入する必要性を具体的に明示する一手段として、従来法の測定器の手合せ試験を本年度委員会にひきつぐことになった。

手合せ試験の対象は、(1)信頼できる包装用フィルムを試験片とする場合 (2)インテリジェントビル用タイルカーペットの施行前後における試験結果 の2つをケーススタディとしてとりあげ、委員各社立会のもとに実験した。

上記の立会・手合せ試験を委員各位の経験的事項も加味して集団討議するためには、帯電防止の概念・測定時の注意事項・用語の定義・資材と用法の変遷史等が整備される必要がある。それで、本報告書は、ケーススタディを記述するに先だち、上記した概要事項の平均的解釈を I II III IV 章で分担執筆することにした。

ところで、静電気に関する有力な学説・理論・技術等が多数の資料としてすでに刊行されている。しかし、いずれも未完成で、それぞれ長所短所を兼備し、いかなる条件にも耐えられる定説は存在しない。したがって、特定の立脚点から論じると、委員会報告書に類するものは必ず不整合な箇所を露出せざるを得ないのが静電気対策の現状である。本報告書も、分担執筆（ある程度の相互批判はおこなったが）であるがため、章節ごとに若干矛盾した箇所が残された。一般に、静電気対策に関係する技術者は、この種の矛盾に比較のおおらかで、目的に合致するよう補足と取捨選択をおこなう能力の高い人が多い。できうれば、本報告書の至らぬ点を下記の事項に留意して読者各位で補足して載ければ幸である。

(1) 静電気障害は帯電体が何物かと相対運動するとき生じる。一方、静電気の概念または模型

は、静止状態として整理されている。すなわち、速度の意識が欠落している。

(2) 現象を $R \cdot C \cdot V \cdot Q \cdot i$ の等価回路で表示し、その間の定量関係を論じている事項に関しては、 $R \cdot C \cdot V \cdot Q \cdot i$ 等の定義を確認し、その定義にしたがった測定法と評価法が採用されているか否か。ついで、測定法が要求する条件を具えた測定器を使用して数値を求めているか否か。

(3) 事故源となる物理量とその状態を明確に指定し、その物理量と状態を対象とした解析がすすめられているか否か。すなわち、全電流値か電流密度か・電位か電界強度か・帯電総量か電荷密度か・平均値か最大値か等を明確にし、その間の時間的要素すなわち素過程の種類との対応性が明確か否か。

(4) 帯電量には、正電荷量を Q_+ 、負電荷量を Q_- とすると、 $[Q_+ + Q_-]$ 、 $[Q_+] + [Q_-]$ の2つがあるが、いずれを帯電量と称しているのか。

(5) 障害発生の下限值すなわち、 $Q \cdot V \cdot R \cdot C \cdot E \cdot i$ がいくら以下になれば障害が発生しないというデータを潜在的に意識してモデルの適用域を明示しているか否か。

(6) 資材の構成要素・条件・経時性・履歴等について吟味しているか否か。

以上を要約すると、「静電気障害はどの素過程で発生する現象であるかを明確に規定し、その素過程に対応した等価回路で試料の特性を評価することを目標として本報告書はそれに必要な事項を委員各自の経験を加味した比重づけのもとに分担執筆された。したがって、読者各位には応分の補足追加を本書におこない、動的特性を併せて評価されることを期待したい」ということになる。