

R-30-M-01

平成30年度

基板・モジュール静電気対策検討委員会  
調査報告書

平成31年3月

一般財団法人 日本電子部品信頼性センター



## 目 次

1. まえがき .....	1
2. 基板・モジュールレベルの静電気損傷現象とその評価、対策検討.....	2
2.1 はじめに.....	2
2.2 基板・モジュールレベルの位置付け.....	2
2.3 取扱いによる各 ESD Model と評価試験方法.....	3
2.3.1 外部帯電物体からの ESD Model.....	3
2.3.2 電場(界)誘導による内部破壊 ESD Model .....	7
2.3.3 静電気帯電した対象物からの静電気放出する ESD Model.....	8
2.4 基板・モジュールレベルの ESD 現象.....	12
2.4.1 基板・モジュールレベルの組立工程における ESD 現象と Mechanism.....	12
2.4.1.1 CBE (Charged Board Event) における ESD Model .....	12
2.4.1.2 CCE (Charged Cable Event) における ESD Model.....	16
2.4.2 CBE 発生防止のための工程管理手法.....	16
3. モジュールの ESD 損傷事例と ESD 試験方法 .....	19
3.1 はじめに .....	19
3.2 モジュール品の ESD 損傷事例.....	19
3.2.1 事例 1：デュアルオペアンプ[2].....	19
3.2.1.1 サンプルと故障状況 .....	19
3.2.1.2 CBE シミュレーションのための評価ボード.....	20
3.2.1.3 評価ボードによる CBE シミュレーション結果.....	21
3.2.1.4 PCB パワープレーンの面積効果.....	22
3.2.1.5 対策 .....	23
3.2.1.6 結果の考察 .....	23
3.2.2 事例 2：DSP 集積回路[2] .....	25
3.2.2.1 サンプルと故障状況 .....	25
3.2.2.2 故障解析結果 .....	25
3.2.2.3 製品ボードの CBM シミュレーション.....	26
3.2.2.4 製品ボードの CBE シミュレーション結果.....	27
3.2.2.5 PCB の電源プレーンにはんだ付けされた多数の IC 電源ピンの効果 .....	27
3.2.2.6 対策 .....	28
3.2.2.7 結果の考察 .....	28
3.2.2.8 結論 .....	30
3.2.3 事例 3：CDM 状の損傷による顧客での故障[7].....	31
3.2.3.1 サンプルと故障状況 .....	31
3.2.3.2 ボード帯電イベント (CBE) テスト.....	32
3.3 ボード帯電イベント試験 <sup>10)</sup> .....	34
3.3.1 ボード帯電イベント試験の例.....	34
3.3.2 帯電ボードイベントの試験結果.....	36
3.4 ボード帯電イベント (CBE) 故障の識別と軽減化.....	37
3.5 まとめ .....	38
4. 基板実装・製品組立工程における静電気測定手法.....	39
4.1 はじめに .....	39
4.2 ESD による破壊モデル.....	40

4.3	半導体デバイスの不良解析 .....	40
4.4	静電気測定手法の検討 .....	41
4.5	静電気測定手法の課題と解決方法.....	41
4.5.1	電荷量から電圧への変換 .....	41
4.5.2	連続的な電荷量測定 .....	42
4.6	測定及び改善事例 .....	42
4.7	まとめ .....	43
5.	基板・モジュール品の静電破壊の再現実験.....	44
5.1	はじめに .....	44
5.2	組立工程の ESD 管理.....	44
5.2.1	工程設計における ESD 管理.....	44
5.2.2	組立工程の ESD 故障事例について .....	44
5.3	基板・モジュール品の静電気実験.....	45
5.3.1	デバイスの帯電電荷量の測定手法.....	45
5.3.2	雷撃によるプリント基板の破壊実験.....	47
5.3.3	CBE (Charged Board Event) のシミュレーション .....	50
5.4	まとめ .....	52
6	System Level での ESD Immunity 耐性に対する基板・モジュールレベル静電気対策.....	54
6.1	電源 ON 状態 System への ESD 流入による Immunity 耐性評価(表 6.1 参照) .....	54
6.2	基板・モジュールレベルでの ESD Immunity 設計(SEED 設計)課題のまとめ.....	58
6.3	2018 年度当委員会活動概要と 2019 年度当委員会の活動目標.....	59
7.	まとめ .....	60
付録 A	電子機器組み立て工程における ESD 管理の最適化に関する論文紹介 .....	61
A.1	はじめに .....	61
A.2	ESD 破壊のメカニズム .....	61
A.2.1	ESD の発生 .....	61
A.2.2	放電電流波形と ESD 破壊 .....	62
A.3	ESD のレベル別、モデル別の評価と対策 .....	66
A.3.1	コンポーネントレベルの ESD .....	66
A.3.2	システムレベルの ESD .....	68
A.3.3	基板・モジュールレベルの ESD .....	69
A.4	電子機器組み立て工程における ESD リスクの検証 .....	71
A.4.1	HBM 及び CDM の保証耐圧と市場データの相関.....	72
A.4.2	電子機器組み立て工程における電氣的故障の分類.....	74
A.4.3	電子機器組立における工程別の ESD 発生リスクの検証 .....	74
A.5	電子機器組み立て工程における先進的な ESD 管理方法 .....	86
A.5.1	リスク分析の手順.....	86
A.5.2	ターゲットとする工程の分析.....	87
A.5.3	ESD のモニタリング方法 .....	89
A.5.4	組立工程における ESD 敏感性試験とシミュレーション .....	95
A.5.5	工程での日常管理と是正処置.....	98
A.5.6	ESD の可視化技術 .....	99
A.6	ディスカッション .....	103
A.7	まとめ .....	104

付録 B アセンブリラインにおける CDM に対する ESD 管理 .....	108
B.1 製造工程における CDM 対策の基本 .....	108
B.1.1 はじめに .....	108
B.1.2 CDM 保護の基本的考え方 .....	110
B.1.3 プロセスとの関連でのリスク分析 .....	111
B.1.3.1 理論的アプローチ .....	111
B.1.3.2 現場で例 .....	114
B.1.3.2.1 自動化された半導体試験での CDM 故障 .....	114
B.1.3.2.2 手動の半導体試験における CDM 類似故障 .....	115
B.1.3.2.3 自動化管理ユニットのアセンブリラインにおける CBE (Charged Board Event) 故障 .....	116
B.1.3.2.4 携帯電話製造ラインにおける CBE (Charged Board Event) 故障 .....	116
B.1.4 結論 .....	117
B.2 製造工程における CDM 対策の応用例 .....	118
B.2.1 はじめに .....	118
B.2.2 プロセスの重要な経路の定義 .....	118
B.2.3 移行ポイントでの測定 .....	120
B.2.4 プロセス能力及び移行解析の実施 .....	121
B.2.4.1 スクリーニング作業プロセスの評価 .....	122
B.2.4.2 持ち上げ/配置 (SMT) : フィーダ分析 .....	123
B.2.4.3 持ち上げ/配置 (SMT) 分析 .....	124
B.2.4.3.1 等価な電界測定に関する考察 .....	125
B.2.4.3.2 自動化装置内の絶縁導体 .....	127
B.2.4.3.3 CPM 測定オプション .....	127
B.2.4.3.4 CDM に等価な電圧に関する考察 .....	128
B.2.4.3.5 ボード挿入 .....	129
B.2.4.3.6 リフロー後集荷用コンベイヤー .....	130
B.2.4.4 その他のプロセス能力及び移行解析の例 .....	130
B.2.4.4.1 故障モデルの種類の変更 .....	130
B.2.5 結論 .....	132
付録 C 表面電位計とクーロンメータを用いた電子デバイスの静電気測定 .....	133
C.1 はじめに .....	133
C.2 帯電電位の測定と測定器の使用上の注意事項 .....	133
C.2.1 電圧検出タイプの表面電位計 .....	133
C.2.1.1 D.C.フィードバック方式 .....	133
C.2.1.2 A.C.フィードバック方式 .....	134
C.2.2 電界検出タイプの表面電位計 .....	135
C.3 表面電位計の使用上の注意事項 .....	136
C.4 クーロンメータでの電荷量測定について .....	145
C.4.1 ファラデーケージの電荷量測定 .....	145
C.4.2 接触方式電荷量測定器 (クーロンメータ) の電荷量測定 .....	147
C.4.2.1 .....	147
接触方式電荷量測定器の電荷量測定事例 .....	147
C.5 まとめ .....	152

付録-D ESD 試験規格の変遷 (HBM/MM/CDM) .....	153
D.1 はじめに .....	153
D.2 HBM ESD 試験規格の場合 .....	154
D.3 MM ESD 試験規格の場合 .....	158
D.4 CDM ESD 試験規格の場合 .....	161

## 1. まえがき

一般財団法人日本電子部品信頼性センター（RCJ）では、基板・モジュールの静電気対策を検討する委員会を2017年度に設置し、現在まで文献調査、技術的吟味、検証等を中心に研究調査活動をしてきました。

本委員会設置、研究調査活動実施の背景は、以下の通りです。

アセンブリ品やモジュールでの多くのESD故障は、プリント配線板（ボード）レベルで発生しているという証拠が増えており、この種の故障は、帯電ボードイベント（CBE）と呼ばれています。しかし、ESD対策は、アセンブリ品やモジュールそれぞれに対応した固有の対策が必要で、共通の対策手法が無い状況です。また、回路及びアセンブリ品のESD耐性評価方法も未確立です。

また、IC及びその他のESD敏感性部品を実装したアセンブリ品やモジュールが不良になると、単体のICが不良になる場合に比べ、コスト上の損失が大きくなるので、不良発生を抑えるESD管理が重要です。

このような状況から、アセンブリ品やモジュール製造業者を主な対象に、RCJ内にESD対策検討委員会の設置し、検討することにし、委員会活動を実施して参りました。まだ活動目的の完了を果たしておりませんが、2017年度、2018年度に検討、分析しました結果をH30年度報告書としてまとめました。