

## 序文

本書は、静電気に敏感なデバイスを始めて取り扱う人にも、長年、取り扱ってきた人にも、すぐに役に立つような実用的なESD管理技術を平易な文書で、わかりやすく記述したものです。

第1章は、静電気の基礎とその具体的な測定方法や測定例、第2章は、静電気に敏感なデバイスとして、半導体の具体的な破壊とその測定、第3章は、ESDが発生した後の障害として、EMIについての世界的な標準類の動向やその影響と測定、第4章は、米国の著名なESD専門コンサルタント、スティーブ・ハルペリン氏の四半世紀前の文献を、本旨を変えることなく、現代風にアレンジしました。この文献は、それ以後の米国ESD関連標準類に大きな影響を与えたもので、現在でも多方面で基礎的な文献として使用されています。ここでは、ESD管理とは何かという問題について解説をしています。第5章は、さまざまなESD対策資材を、財団法人日本電子部品信頼性センターの発行していた静電気対策資材の解説・指針や、(株)プラスチック・エージに長年筆者が寄稿した文献を引用して解説したもので、第4章を具体的に実施するためのものです。

静電気対策や管理方法を具体的に記述した本は、我が国では、非常に少ないのですが、IECなどで静電気管理が標準化されたことにより、今後は増加してくると思います。本書は、その意味で、先駆けとなればよいと考えております。

なお本書は、2004年4月に工業調査会から出版されたものに、若干の修正を行い森北出版より継続発行することになったものです。

2011年9月

二澤 正行

編 者 二澤 正行 (にさわ まさゆき)

---

執筆者一覧

二澤 正行 (にさわ まさゆき)

松本 雅俊 (まつもと まさとし) ルネサスエレクトロニクス株式会社

渡辺 毅 (わたなべ たけし) ルネサスエレクトロニクス株式会社

村上 俊郎 (むらかみ としお) 村上商事株式会社

---

序文	.....	i
略語一覧	.....	ix
序章	.....	1

## 第1章

## 静電気について

1. 静電気の発生とその原因	.....	8
2. 物質の電気的な特性	.....	10
実際の静電気の発生と帯電	.....	11
3. 静電気の基礎	.....	14
電流と電圧	.....	14
電荷量と電場強度	.....	16
電気力線	.....	18
静電容量	.....	18
4. 実際の電荷量測定	.....	19
摩擦帯電特性	.....	22
一般包装材料の測定	.....	22
マガジンの測定	.....	23
5. 電荷測定による評価	.....	23
測定方法の現状と問題点	.....	23
ファラディカップを使用した電荷測定上の問題点	.....	24
デバイスの除電	.....	27
6. 抵抗と抵抗率	.....	29
抵抗測定	.....	32
層構造を持つ物質の抵抗測定	.....	36
7. 抵抗測定の問題点	.....	39
帯電防止物質	.....	39
施工後の床抵抗測定	.....	39
8. 電荷減衰	.....	42

減衰特性評価と測定試験の概要 .....	45
減衰測定と表面抵抗率測定 .....	47

第2章

## 電気・電子業界における ESD の問題

1. 半導体デバイスの破壊モデル .....	56
半導体デバイスへの放電現象 .....	58
半導体デバイスからの放電現象 .....	59
2. 電子デバイスの損傷 .....	60
非回復性不良 .....	60
回復性不良 .....	62
3. 半導体デバイスの静電気敏感性区分 .....	64
4. 半導体デバイスの ESD 試験方法 .....	66
人体モデル (HBM) 試験方法 .....	66
マシンモデル (MM) 試験方法 .....	69
デバイス帯電モデル (CDM) 試験方法 .....	70
ESD 試験方法の問題点 .....	72

第3章

## 静電気による EMI 障害

1. EMC (EMI、EMS) とは？ .....	78
電磁波の周波数とノイズ .....	78
2. EMC 規格動向 .....	80
EMI 規格 .....	80
イミュニティ (EMS) 規格 .....	82
3. 半導体 EMC .....	82
規格化の動き .....	83
半導体工場における ESD による EMI 障害 .....	90
4. ESD イミュニティ試験方法 .....	91
IEC 61000-4-2 ESD 試験 .....	91
ESD 発生器の取扱い .....	95

試験手順 .....	98
5. ESD現象とEMI .....	100
EMIロケータ .....	101

## 第4章

# 静電気管理入門

1. 静電気管理とは .....	104
産業分類別の静電気管理上における問題 .....	105
電子工業界が認識すべき問題 .....	108
2. 生産分析 .....	110
静電気障害による損失 .....	110
生産分析の必要性 .....	112
生産分析の組み立て方 .....	113
さまざまな企業での静電気障害 .....	117
生産設備／工程管理評価のために .....	119
評価を行うために .....	120
設計／計画／評価（生産準備） .....	121
生産工程における問題 .....	124
3. 業界の問題と生産現場評価 .....	125
生産段階での問題 .....	125
物流段階での問題 .....	127
生産現場の諸段階 .....	128
計画、設計段階の生産現場評価 .....	129
購買部門の機能 .....	132
4. 生き物としての工場の評価 .....	134
静電気管理区域の区分 .....	134
環境の評価 .....	137
主要生産機器 .....	142
5. 人間の要因評価 .....	144
人体が発生する電荷 .....	144
衣服が発生する電荷 .....	146
対策の実施手順 .....	147

6. 材料評価	150
導電性	150
静電気減衰特性	153
電磁誘導または起電妨害	153
電磁パルス	154
腐食性と二次汚染	155
材料の分類	156
7. 包装・輸送の段階	156
8. 保守・修理の段階	159
実施主体者	161

第5章

## 生産環境要因の評価

1. 生産環境を構成するもの	164
2. ESD 保護区域	165
静電気管理の中でのEPAの位置づけ	166
EPAの管理レベル	167
EPAの決定、構築	169
3. 接地	172
4. リストストラップ	174
リストストラップの構造	177
リストストラップの選択	180
システム試験	181
リストストラップモニター	184
5. 床	186
床の種類	187
6. 床と履物	189
履物の種類	190
ESD 管理用靴の試験	192
維持と管理	192
接地機器類での問題点	193
7. 作業表面	194

作業表面の目的と選択の要素	194
作業表面の分類と評価	197
作業表面材料の分類	199
<b>8. 作業者と衣服</b>	202
衣類の分類	204
<b>9. 椅子</b>	207
椅子の静電気特性評価方法	208
<b>10. 帯電防止剤</b>	209
帯電防止剤とは？	210
帯電防止剤の構造	211
帯電防止剤の分類	212
塗布型帯電防止剤	214
練り込み型帯電防止剤	229
導電性素材	230
帯電防止剤の選択	234
<b>11. 評価例</b>	240
比較試験	240
洗浄	243
処理表面の物理的強度	247
塗布型帯電防止剤の処理方法	250
<b>12. イオナイザー</b>	256
イオナイザーの概要	257
電子デバイスの静電気障害	259
イオナイザーの原理	261
コロナ放電式イオナイザーの安全性	264
軟×線式および紫外線式イオナイザーの特徴	266
コロナ放電式イオナイザーの種類	267
イオナイザーの評価方法	269
評価基準	275
保守管理	284
簡便な特性評価装置の利用	288
<b>13. ESD 保護包装</b>	289
ESD 保護袋の概要	289

ESD 保護包装とは？ .....	294
ESD 保護包装材料の区分 .....	295
ESD 保護包装材の選択 .....	303
ESD 保護包装材（DIP スティック） .....	307
<b>引用文献／参考文献</b> .....	<b>316</b>
<b>索引</b> .....	<b>322</b>