

目次

1 適用範囲	1	3.2.1 最終製品の用途	19
1.1 組立と接合の技術	1	3.2.2 性能と信頼性	20
1.2 挿入実装技術	1	3.2.3 生産性を考慮した設計	20
1.3 表面実装技術	1	3.2.3.1 はんだ付と洗浄	20
1.4 関連文書	2	3.2.3.2 プリント回路基板 (PCB)	20
1.4.1 Joint Industry Standards	2	3.2.3.3 部品の選定	21
1.4.2 IPC - Association Connecting Electronics Industries Documents	4	3.2.3.4 リワークと試験を考慮した設計	21
1.4.3 United States Government Documents	10	3.3 パッケージ部品の組立に関する考慮事項	21
1.4.4 American Society of Mechanical Engineers	11	3.3.1 部品の配向	21
1.4.5 ASTM International	11	3.3.2 アクセス性	22
1.4.6 SAE International	12	3.3.3 設計エンベロープ	22
1.4.7 Federal Aviation Regulations (FARs)	12	3.3.4 クリアランス	23
1.4.8 Underwriters Laboratories	12	3.3.5 物理的な支持	23
1.4.9 IEC Standards	12	3.4 自動組立を考慮した設計	23
1.4.10 Independent Distributors of Electronics Association (IDEA)	12	3.4.1 フィデューシヤルマーク	23
1.4.11 Electrostatic Discharge Association	13	3.4.2 自動挿入実装組立	23
2 電子組立品の取扱い	13	3.4.3 自動表面実装組立	23
2.1 定義	13	3.4.4 自動混載実装技術による組立	24
2.1.1 静電気放電(ESD)	13	3.5 挿入実装組立	24
2.1.2 静電気放電に敏感な部品(ESDS)	13	3.5.1 リード構成	24
2.1.3 電氣的オーバーストレス(EOS)	13	3.5.2 リード/ホールの関係	28
2.2 ESDS品目(部品および/または組立品)の取扱い	13	3.5.3 挿入実装用ランドパターン	28
2.2.1 電氣的オーバーストレス(EOS)に起因する損傷の防止	14	3.6 表面実装組立	29
2.2.2 静電気放電(ESD)に起因する損傷の防止	14	3.6.1 プリント基板の基本的機能	29
2.3 物理的な取扱い	15	3.6.2 製造工程許容値	29
2.3.1 はんだ付後の取扱い	15	3.6.3 SMT用ランドパターンの詳細	29
2.4 汚染	15	3.6.4 SMT組立品のプロセス	30
2.5 感湿性部品の処理	15	4 プリント回路基板	32
2.6 組立プロセスにおける非IC電子部品の分類 (ECA/IPC/JEDEC J-STD-075)	16	4.1 一般的な考慮事項	32
3 設計上の考慮事項	19	4.2 設計上の問題点	34
3.1 背景および理論	19	4.2.1 構造	34
3.2 基本的な考慮事項	19	4.2.2 リード付き部品とリードレス部品の比較	34
		4.2.3 CTEに関する問題点	34
		4.3 PCBの材料	34
		4.3.1 熱硬化性ベース樹脂	34
		4.4 非金属製強化(補強)コアで作られたプリント基板	36
		4.5 導体の基材	36

4.5.1	金属はく	36	5.12	Design and Assembly Process Implementation for Flip Chips (IPC-7094)	50
4.5.2	電着銅はく	37	5.13	偽造電子部品および/または偽造メカニカルファスナー	50
4.5.3	圧延アニール処理による銅はく	37	5.13.1	偽造メカニカルファスナー	50
4.5.4	アディティブ回路めっき	37	5.13.2	偽造電子部品	51
4.6	めっきと表面処理	37	6 はんだ付性	52	
4.6.1	無電解銅めっき	37	6.1	はじめに	52
4.6.2	半導電性コーティング	37	6.2	表面固有のはんだ付性	53
4.6.3	電解銅めっき	37	6.3	表面処理	54
4.6.4	金めっき	38	6.3.1	有機表面処理	54
4.6.5	置換銀	41	6.3.2	可溶性(soluble)の仕上げ材	54
4.6.6	置換すず	42	6.3.3	可融性(fusible)の仕上げ	54
4.6.7	水溶性ブリフラックス (OSP)	42	6.3.4	バリア用下地めっき	54
4.6.8	ニッケルめっき	43	6.4	はんだ付性の劣化	54
4.6.9	すず/鉛めっき	44	6.5	加速コンディショニング	56
4.6.10	溶ダコーティング	44	6.6	プリント配線板の「ぐらつき」現象	56
4.6.11	プリント基板のエッジコンタクトに用いるその他の金属コーティング	45	6.7	はんだ付性問題に関するトラブルシューティング	57
4.7	プリント基板の取扱いと保管に関するガイドライン	45	6.8	はんだ付性試験	57
5 電子回路部品	45		6.8.1	IPC J-STD-002	57
5.1	リード/端子部の仕上げ	46	6.8.2	作用力測定	58
5.2	感湿性	46	6.9	IPC J-STD-003	59
5.3	部品	46	6.10	はんだ付性試験におけるフラックス材料の重要性	60
5.3.1	能動部品と受動部品の比較	46	7 組立と接合に用いる材料	61	
5.3.2	ディスクリート部品と集積回路部品の比較	46	7.1	はじめに	61
5.4	挿入実装部品と表面実装部品の比較	46	7.2	はんだ付前の接合対象面の化学汚染	62
5.4.1	挿入実装リード部品	47	7.2.1	金属表面活性化溶液	62
5.4.2	表面実装 - リードレス部品	47	7.2.2	溶ダマスク	63
5.4.3	表面実装 - リード付き部品	47	7.2.3	保護コーティング	63
5.5	電子組立品	47	7.3	はんだ付用フラックス	64
5.6	部品の梱包	47	7.3.1	適切なフラックスの選定	64
5.7	プリント回路基板用コネクタ	47	7.3.2	フラックスのタイプ	64
5.7.1	プリント回路基板用コネクタの選定	47	7.3.3	ロジン/樹脂フラックス (ROまたはRE分類)	65
5.8	ソケット	48	7.3.4	「無洗浄」フラックス	66
5.9	テストポイントとテストジャック	49	7.3.5	有機フラックス (ORの分類)	66
5.10	ボールグリッドアレイ(BGA)の設計および組立プロセスの実施 (IPC-7095)	50	7.3.6	無機フラックス (INの分類)	67
5.10.1	適用範囲	50	7.3.7	酸化防止オイル	67
5.10.2	目的	50	7.4	はんだ	67
5.11	下面電極部品(BTC)の設計および組立プロセスの実施 (IPC-7093)	50			

7.4.1	はんだ合金の選定	67	7.11.8	部品にすずめっきが施されているかどうかを見分ける方法	104
7.4.2	経済性	68	7.11.9	部品のリード/端子部の仕上げに存在する(あるいは存在しない)可能性がある、さまざまな金属を検出するための試験	104
7.4.3	プロセスと応用	69	7.11.10	エネルギー分散分光法 (EDS:Energy Dispersive Spectroscopy)	104
7.4.4	はんだに関する規格書(仕様書)	69			
7.5	低温はんだ合金	70	8 部品実装		107
7.5.1	用途	70	8.1	組立分類	107
7.5.2	合金の形態と技術	72	8.1.1	生産可能性(生産性)レベル	107
7.5.3	ウェーブソルダーリング	72	8.1.2	プリント回路基板組立品のタイプ	107
7.5.4	特殊な用途での検討事項	73	8.2	一般ガイドライン	108
7.6	従来のはんだ合金	73	8.2.1	設計オプションと考慮事項	108
7.6.1	高温はんだ付用フラックス	74	8.2.2	組立に関する考慮事項	109
7.6.2	高温での被覆剥きとすずめっき	74	8.3	実装構造に用いられるその他の材料と考慮事項	112
7.7	鉛フリーはんだ合金	75	8.3.1	ヒートシンク	112
7.8	ソルダペースト	88	8.3.2	スペーサ	112
7.8.1	ソルダペースト合金	88	8.3.3	部品リードスプレッド	113
7.8.2	ソルダペーストの特性を評価するための試験方法	89	8.3.4	熱伝導性絶縁材	113
7.8.3	ソルダペーストの供給	89	8.4	組立設計サイクル	113
7.9	はんだブリフォーム	89	8.5	配置に関するガイドライン	114
7.9.1	はんだブリフォーム合金	90	8.5.1	構造形式と工程順序(プロセスシーケンス)..	114
7.9.2	はんだブリフォームの設計	90	8.5.2	自動組立	115
7.9.3	ブリフォームの加熱	91	8.6	部品特性、スルーホール(挿入実装)	116
7.10	接着材料	91	8.6.1	アキシシャルリードディスクリート部品	116
7.10.1	エポキシ系接着剤	91	8.6.2	ラジアルリードディスクリート部品	116
7.10.2	シリコン系接着剤	92	8.6.3	デュアルインラインパッケージ	117
7.10.3	ポリウレタン系	92	8.6.4	シングルインラインパッケージ	117
7.10.4	アクリル系接着剤	92	8.6.5	リボンリード部品	117
7.10.5	シアノアクリレート系	93	8.6.6	ピングリッドアレイ	118
7.10.6	導電性接着剤	93	8.6.7	挿入実装コネクタ	119
7.10.7	表面実装用接着剤	94	8.6.8	挿入実装ソケット	120
7.10.8	熱伝導性接着剤	94	8.7	組立シーケンス、スルーホール(挿入実装)..	121
7.10.9	硬化状態の検証	94	8.7.1	工程ステップ	121
7.10.10	出来映えの検証	94	8.7.2	部品の配置	131
7.11	すずウィスカ	94	8.7.3	垂直方向の実装	132
7.11.1	要旨	94	8.7.4	混載実装技術	135
7.11.2	RoHS対応仕上げへの移行に関する一般的ガイドライン	95	8.7.5	手動による技術	135
7.11.3	電子部品のリード/端子の仕上げ	99	8.7.6	自動化技術	135
7.11.4	分離コネクタ	101	8.8	一時的なマスキングに関するガイドライン	138
7.11.5	バスバー	102			
7.11.6	ヒートシンク	103			
7.11.7	プリント回路基板 (PCB)	103			

8.9	表面実装.....	138	9.8	はんだ供給	160
8.9.1	組立の階層	138	9.9	手はんだ付	160
8.9.2	手作業による組立技術.....	145	9.9.1	熱伝達に関する考慮事項	161
8.9.3	自動組立技術	145	9.10	温度制御 - 部品と基板の熱に関する考慮事項	162
9	はんだ付	147	9.10.1	ヒートシンク	162
9.1	はじめに	147	9.11	こて先の選定	162
9.1.1	ぬれのプロセス	147	9.11.1	こて先の素材	162
9.1.2	ぬれ性とはんだ付性	147	9.11.2	はんだこてのこて先の選定	162
9.1.3	はんだ	148	9.11.3	形状/物理的構成	162
9.2	はんだ合金	148	9.11.4	こて先のメンテナンス	163
9.2.1	はんだによる結合の構造	148	9.11.5	はんだこてステーションのメンテナンス	163
9.2.2	金属間化合物の成長速度	149	9.11.6	こて先の寿命を延ばす	163
9.2.3	はんだ合金の物性(物理的特性)に影響を与える要因	149	9.12	手はんだ付-はんだ付用工具/機器	164
9.2.4	ひずみ速度の影響	150	9.13	端子部のはんだ付	165
9.2.5	「粒度(粒子サイズ)」の影響	152	9.13.1	フレア形フランジ接続部品	165
9.2.6	鉛フリーによるはんだ付: プロセスに関する考慮事項:	154	9.13.2	シャンク(端子脚部)の不連続部分	165
9.3	金の除去	156	9.13.3	フレア形フランジの角度	165
9.3.1	金を除去する理由	156	9.13.4	端子の取付け	165
9.4	はんだの純度	157	9.13.5	一般要求事項	166
9.4.1	試験実施の理由	157	9.14	端子へのはんだ付	166
9.4.2	試験頻度	157	9.14.1	タレット端子とフック型端子	166
9.4.3	銅	157	9.14.2	二股端子と穴あき端子	166
9.4.4	金	157	9.14.3	カップ端子および中空円筒形端子のはんだ付	167
9.4.5	カドミウム	157	9.15	めっき無しホール	167
9.4.6	亜鉛	158	9.16	めっきスルーホール (PTH)	167
9.4.7	アルミニウム	158	9.17	ホールの垂直方向の充填率	167
9.4.8	アンチモン	158	9.18	PTHに実装する部品 - はんだの状態	168
9.4.9	鉄	158	9.18.1	リード曲げ部のはんだ	168
9.4.10	ヒ素	158	9.18.2	はんだ内のメニスカス	168
9.4.11	ビスマス	158	9.18.3	リードのない2面間(インターフェイシャル)の接続 - ビア	168
9.4.12	銀	158	9.18.4	はんだ吸い上がり穴の妨害	168
9.4.13	ニッケル	159	9.19	はんだ付装置	169
9.4.14	はんだボットの汚染	159	9.19.1	ウェーブソルダーリング	169
9.4.15	はんだプロセスにおける汚染の影響	159	9.19.2	装置コントロール	169
9.4.16	汚染問題の解決	159	9.19.3	フラックスの塗布方法	169
9.5	すずの枯渇	159	9.19.4	発泡(フォーム)式	169
9.6	はんだ付プロセス	159	9.19.5	ウェーブ式	169
9.7	手作業によるはんだ付/手はんだ付	159	9.19.6	ブラシ式	170
9.7.1	フラックス塗布	159	9.19.7	スプレー式	170

9.19.8	予熱.....	170
9.19.9	ソルダウェーブ	170
9.19.10	パラボリックウェーブ	170
9.19.11	双方向広帯域ウェーブ	170
9.19.12	非対称(サポート付き)ウェーブ	171
9.19.13	特殊な対応例	171
9.19.14	プリント基板用コンベア	171
9.19.15	パレットコンベア	171
9.19.16	フィンガーコンベア	171
9.19.17	その他のコンベア	171
9.19.18	コンベアによる制御	171
9.19.19	不活性雰囲気	171
9.19.20	準備液	172
9.19.21	装置に関する考慮事項	173
9.19.22	設計上の考慮事項	173
9.19.23	工程管理	173
9.19.24	メンテナンス	173
9.19.25	はんだドロスの再生と回収	175
9.19.26	トレーニング	175
9.19.27	安全性	175
9.20	フローウェルミニポット	175
9.21	固定式(静的)はんだポット	176
9.22	セレクトティブ溶ダリング	176
9.22.1	主要なプロセス要素	176
9.22.2	プロセスで得られる成果	176
9.22.3	プロセスの最適化と制御	176
9.23	リフロー溶ダリング	176
9.23.1	試験用組立品	177
9.23.2	熱電対の取付け	177
9.23.3	ベースラインプロファイル	178
9.23.4	ピンインペースト	183
9.23.5	表面実装リードの押さえつけ	183
9.24	その他のリフロー溶ダリングの工法	183
9.24.1	ホットバーリフロー溶ダリング-抵抗 「ホットバー」 はんだ付/パルス溶ダリング	183
9.24.2	レーザーリフロー溶ダリング	184
9.24.3	ベーパーフェーズ(気相)溶ダリング	186
9.24.4	IR溶ダリング	188
9.24.5	IRを用いたリフロースタンプ	188
9.24.6	MVCの温度決定	193
9.24.7	空気/大気の質	194
9.24.8	モニタリングとコントロール(制御)	194
9.24.9	プロフィール作成用装置	194
9.24.10	温度制御	194
9.24.11	不活性雰囲気でオペレーション	194
9.24.12	無洗浄による工程処理	194
9.24.13	ベア銅による工程処理	195
9.24.14	不活性雰囲気の制御	195
9.24.15	機械の選定	195
9.24.16	コンベアタイプ	195
9.24.17	波長	196
9.24.18	長手方向の工程温度のプロフィール	196
9.24.19	基板短辺側(ルール幅方向)の温度プロ ファイル	196
9.24.20	その他の懸念事項	197
9.24.21	その設備でジョブを実行できるか?	197
9.24.22	IR工程管理の重要パラメータ	197
9.25	SMT	197
9.25.1	表面実装組立品に関する要求事項	197
9.25.2	高電圧または高出力の用途	197
9.25.3	品質保証(目視検査)	197
9.26	工程検証検査	198
9.26.1	拡大鏡と照明	198
9.26.2	抜き取り検査 - 工程管理	198
9.26.3	統計的工程管理(SPC) - IPC-9191を参照 のこと。	198
9.3	参考文献	198
10	その他の組立/接合法	199
10.1	ワイヤーボンディング(チップ & ワイヤー)	199
10.1.1	熱圧着(TC)ボンディング	199
10.1.2	超音波ボンディング	200
10.1.3	サーモゾニック(TS)ボンディング	202
10.1.4	ワイヤーボンディング工法の選択	202
10.2	TAB (Tape Automated Bonding)	203
10.2.1	ILB (Inner Lead Bonding)	204
10.2.2	OLB (Outer Lead Bonding)	204
10.3	ポリマーボンディング	205
10.3.1	接着剤による部品実装	205
10.3.2	異方性接着剤によるアウトリードボンデ ィング	205
10.3.3	熱伝導性接着剤によるボンディング	205
10.3.4	接着剤塗布	206
10.3.5	硬化	207

10.3.6	ヒートシンクの材料と処理	207	11.11	清浄度試験	227
10.3.7	接着剤の試験と評価	210	11.11.1	残留ロジン	227
10.4	機械的な圧力接続	212	11.11.2	イオン性清浄度試験 (ROSE)	227
10.4.1	無はんだによる、バックプレーンコンタクトの 終端処理	212	11.11.3	SIR試験	230
10.4.2	無はんだ(ワイヤー)ラッピング	213	11.11.4	表面の有機汚染物質	230
10.4.3	導電性エラストマーによる圧力接続	217	11.11.5	その他の残さ試験	230
11	清浄度に関する要件	219	11.11.6	紫外可視分光法	230
11.1	定義	220	11.11.7	抽出に基づく試験に関する一般的な注意 事項	231
11.1.1	溶解力(Solvency)	220	11.11.8	その他の汚染物質	231
11.1.2	溶媒の安定性(Solvent Stability)	220	11.11.9	その他の分析試験	231
11.1.3	薄液膜の乾燥過程の特性(Film Drying Characteristics)	220	11.11.10	無洗浄組立品の清浄度試験	233
11.1.4	汚れの容量(Soil Capacity)	220	11.12	洗浄に関するその他のガイダンス	234
11.1.5	表面張力または溶媒のぬれ	220	12	コンフォーマルコーティング	234
11.2	洗浄に関する歴史的視点	221	12.1	コンフォーマルコーティングの機能	234
11.3	毒性	221	12.2	コンフォーマルコーティングに関する 仕様書	234
11.4	超音波洗浄	222	12.3	コンフォーマルコーティングの種類	235
11.5	洗浄の形態	222	12.4	認定コンフォーマルコーティングの検索 方法	235
11.5.1	水性洗浄	222	12.5	利点と欠点	235
11.5.2	半水性洗浄	223	12.6	保管とシェルフライフ(保存期限)	236
11.5.3	溶媒洗浄	223	12.7	表面の準備	236
11.6	洗浄剤に関する考慮事項	223	12.8	塗布方法	237
11.6.1	溶媒のタイプ	223	12.9	硬化方法	237
11.6.2	洗浄剤の適合性	224	12.10	工程管理	238
11.6.3	ベントホール付き部品	224	12.11	コーティングの欠陥	239
11.7	洗浄剤の供給に関する考慮事項	224	12.12	コーティングのリワーク	239
11.7.1	インライン洗浄	224	13	ポッティングと封止	240
11.7.2	バッチ洗浄	224	13.1	はじめに	240
11.7.3	中間洗浄またはスポット洗浄	224	13.2	目的	240
11.7.4	蒸気脱脂	224	13.3	適用範囲	240
11.7.5	超音波洗浄	224	13.4	用語および定義	240
11.7.6	洗浄プロセスの開発	225	13.4.1	接着促進(Adhesion Promotion)	240
11.7.7	部品下部の汚染物質除去	225	13.4.2	密着(接着)不良(Adhesion Failure)	240
11.8	洗浄に関する要件	225	13.4.3	異方性(Anisotropic)	240
11.8.1	はんだ付前の清浄度要件	225	13.4.4	ARUR	241
11.8.2	はんだ付後の洗浄	225	13.4.5	架橋(Cross-Linking)	241
11.8.3	粒子状物質	225	13.4.6	硬化(Cure)	241
11.9	清浄度の検証	226	13.4.7	デラミネーション(Delamination)	241
11.9.1	目視検査	226			
11.10	はんだ付後の清浄度の識別子	226			

13.4.8	デュロメータ(Durometer).....	241	13.7.4	電氣的.....	246
13.4.9	EMC.....	241	13.7.5	封止剤の塗布範囲.....	247
13.4.10	充填剤(Filler).....	241	13.7.6	マスキング.....	247
13.4.11	ゲル化時間(Gel Time).....	241	13.7.7	図面&設計に関するガイドライン.....	247
13.4.12	ガラス転移温度/Tg(Glass Transition TemperatureTg).....	241	13.7.8	リワーク性/リペア性.....	248
13.4.13	ハイブリッド(Hybrid).....	241	13.8	原材料の特性.....	248
13.4.14	疎水性/疎油性封止剤(Hydrophobic- Oleophobic Encapsulations).....	241	13.8.1	粘度.....	248
13.4.15	阻害(Inhibition).....	241	13.8.2	粘度 vs. レオロジー.....	248
13.4.16	ミーリング(Mealing).....	241	13.8.3	粘度に対する温度の影響.....	248
13.4.17	モノマー(Monomer).....	241	13.8.4	表面特性.....	248
13.4.18	マルチレイヤリング(Multi-Layering).....	241	13.9	適合性.....	248
13.4.19	オリゴマー(Oligomer).....	241	13.9.1	工程材料との適合性.....	248
13.4.20	フォトレジスト(Photoresist).....	241	13.9.2	阻害(Inhibition).....	250
13.4.21	ポリマー(Polymer).....	241	13.10	密着性.....	251
13.4.22	重合化/ポリマー化(Polymerization).....	241	13.10.1	ソルダマスク/サブストレート.....	251
13.4.23	ポリシロキサン(Polysiloxane).....	241	13.10.2	部品.....	251
13.4.24	ポットライフ(Pot Life).....	241	13.10.3	表面処理(仕上げ).....	252
13.4.25	下地処理(Priming).....	242	13.10.4	清浄度.....	252
13.4.26	シャドーイング(Shadowing).....	242	13.10.5	層間の密着性.....	252
13.4.27	収縮(Shrinkage).....	242	13.11	適合性/性能の評価方法.....	252
13.4.28	分光学/分光法(Spectroscopy).....	242	13.12	処理工程.....	253
13.4.29	ストリッピング/被覆むき(Stripping).....	242	13.12.1	清浄度.....	253
13.4.30	表面張力(Surface Tension).....	242	13.13	処理環境.....	254
13.4.31	移動効率(Transfer Efficiency).....	242	13.13.1	サブストレートの準備.....	254
13.4.32	ぬれ(Wetting).....	242	13.13.2	下地処理.....	254
13.4.33	ヤング率(Young's Modulus).....	242	13.13.3	プラズマ処理.....	255
13.5	環境、労働安全衛生に関する考慮事項.....	242	13.13.4	メカニカルエッチング.....	255
13.5.1	排出物.....	242	13.13.5	マスキング.....	255
13.5.2	有害廃棄物の処理.....	242	13.13.6	手作業 vs. 自動によるマスキング.....	256
13.5.3	国家による法規制.....	242	13.13.7	推奨適用範囲.....	257
13.6	封止のタイプ.....	242	13.13.8	適用(塗布)方法.....	257
13.6.1	アクリル系.....	243	13.13.9	硬化メカニズム.....	257
13.6.2	エポキシ系.....	243	13.13.10	硬化プロセスに関する考慮事項.....	258
13.6.3	シリコーン系.....	243	13.13.11	封止剤適用プロセスのモニタリング.....	258
13.6.4	ポリウレタン系 & ポリサルファイド系.....	243	13.13.12	検査時のガイドライン.....	259
13.6.5	UV/溶媒による硬化.....	243	13.13.13	工程処理に関する考慮事項 (EH&S: 環境、 労働安全衛生の観点から).....	259
13.7	封止適用を考慮した設計.....	244	13.14	封止剤の特性.....	259
13.7.1	設計哲学.....	244	13.14.1	外観/色調.....	260
13.7.2	PCB.....	244	13.14.2	誘電特性.....	260
13.7.3	部品.....	245	13.14.3	熱特性.....	260
			13.14.4	可燃性.....	261

13.14.5	柔軟性.....	261
13.14.6	耐摩耗性.....	262
13.14.7	加水分解安定性.....	262
13.14.8	透過性.....	262
13.14.9	化学的適合性と耐薬品性.....	262
13.14.10	紫外線(UV)安定性.....	263
13.14.11	耐放射線性.....	263
13.14.12	アウトガス.....	264
13.15	リワークとリペア.....	264
13.15.1	除去工法.....	264
13.15.2	剥離後の洗浄.....	266
13.15.3	再封止.....	266
13.15.4	リワークとリペアに関する考慮事項 (EH&S：環境、労働安全衛生の観点から).....	266
13.16	最終使用環境.....	267
13.16.1	屋外環境.....	267
13.16.2	車載関連.....	268
13.16.3	アビオニクス環境.....	268
13.16.4	宇宙環境.....	269
13.16.5	医療環境.....	269
13.16.6	地熱環境.....	269
13.16.7	核生物化学戦(NBC戦)の環境.....	269
13.17	長期的信頼性と試験.....	269
13.17.1	故障メカニズム.....	269
13.17.2	加速試験.....	271
13.18	文献目録.....	271

14	リワークとリペア	272
14.1	一般情報と共通手順	272
14.1.1	適用範囲	272
14.1.2	目的	272
14.1.3	背景	272
14.1.4	用語および定義	272
14.1.5	適用性、管理および許容性	274
14.1.6	基本的な考慮事項	274
14.1.7	ワークステーション、工具、材料および工程 ..	274
14.1.9	鉛フリー	279
14.2	電子組立品の取扱い - この文書の2項を 参照のこと。	280
14.3	清掃/洗浄 - この文書の11項を参照のこと。 ..	280
14.4	コーティングの除去	280

14.4.1	コーティングの除去、コンフォーマルコーティングの識別	280
14.4.2	コーティングの除去、溶媒工法.....	281
14.4.3	コーティングの除去、剥離工法.....	282
14.4.4	コーティングの除去、加熱工法.....	282
14.4.5	コーティングの除去、グランド/スクレイプ工法.....	283
14.4.6	コーティングの除去、マイクロブラスト工法 ...	283
14.5	コンフォーマルコーティングの再塗布	283
14.5.1	コーティングの再塗布、ソルダレジスト.....	283
14.5.2	コーティングの再塗布、コンフォーマルコーティング/封止剤.....	284
14.6	コンディショニング - ベーキングと予備加熱.....	284
14.7	エポキシの混合と取扱い.....	284
14.8	記号/マーキング.....	285
14.8.1	捺印工法.....	285
14.8.2	手書き.....	285
14.8.3	ステンシル工法.....	285
14.9	チップ(こて先)の手入れとメンテナンス.....	285
14.10	IPC-7711 リワーク手順.....	286
14.11	IPC-7721 改造およびリペア.....	288

図2-1	J-STD-075に記載する工程フロー図.....	17
図3-1	基板の境界線と実装のアクセス性を考慮した 部品の配向.....	22
図3-2	コーティングされないプリント基板の クリアランス.....	23
図3-3	リードの端末処理.....	24
図3-4	クリンチした挿入実装リード.....	26
図3-5	DIP(デュアルインラインパッケージ)のリード 曲げ部.....	26
図3-6	リード成形と応力緩和用リード曲げ部.....	27
図3-7	部品実装構成.....	27
図3-8	スタaggerド配列されためっきスルーホールへ のフラットパック部品の挿入実装.....	29
図3-9	修正ファンアウトランド、mm [in].....	30
図3-10	カスタム製グリッドによるファンアウトランドパ ターン.....	30
図3-11	ガルウィングリード付きフラットパック部品の 表面実装.....	31

図3-12	(平面)表面実装する場合のフラットバック 部品のリード成形.....	31	図8-3	スタaggerド配列のホールパターンに実装 される“MO”フラットバックの外形図 (単位はインチのみ表示).....	110
図3-13	表面実装するフラットリボンリードの特性	31	図8-4	表面実装用途の部品の改造	110
図3-14	つぶし加工された丸径リード	32	図8-5	表面実装用に改造されたDIP部品	110
図4-1	HASL処理を施した表面のトポロジー比較....	45	図8-6	混載実装組立品	111
図5-1	ワンピースタイプのプリント回路基板用 コネクタ	48	図8-7	クリップ実装された部品	112
図5-2	エッジボードコンタクトが付いたプリント回路 基板	48	図8-8	ストラップによる固定	112
図5-3	典型的なベローズ型コンタクトが付いたワン ピースタイプのコネクタ	48	図8-9	一般的なスペーサ	113
図5-4	典型的な音叉型コンタクトが付いたワンピー スタイプのコネクタ	48	図8-10	スペーサを使ったトランジスタの実装.....	113
図5-5	典型的なカンチレバー型コンタクトが付 いたワンピースタイプのコネクタ	48	図8-11	複数のリードスプレッド	113
図5-6	典型的なワンピースタイプコネクタの読み出 し構成.....	49	図8-12	熱伝導性絶縁材	113
図5-7	典型的なツーピースタイプのブレード& フォーク型コンタクト	49	図8-13	片面の表面実装組立、リフローのみ	114
図5-8	典型的なゼロ挿入力(ZIF)のピングリッドア レイソケット.....	49	図8-14	片面の表面実装組立、浸漬のみ	114
図5-9	典型的なプリント基板用テストポイント	49	図8-15	混載実装技術による組立、両面実装、リフロー のみ	114
図6-1	Sn/Pbはんだにおける特定元素の溶解.....	55	図8-16	混載実装技術による組立、両面実装、リフロー と浸漬	115
図6-2	金属間化合物の成長速度	55	図8-17	混載実装技術による組立、両面実装、リフロ ーと手動	115
図6-3	Sn/Pb表面処理の比較:酸化した場合と 酸化していない場合	56	図8-18	混載実装技術による組立、両面実装、浸漬 のみ	115
図6-4	ウェットテイングバランス試験の概略図.....	58	図8-19	パネル組立用ツーリングホール	116
図6-5	ウェットテイングバランス曲線.....	59	図8-20	パネル組立用ツーリングホール	116
図7-1	すず鉛の位相図	68	図8-21	テープ固定されたアキシャルリード部品	116
図7-2	すずの同素体結晶構造;(左)正方晶系の β-すず、(右)立方晶系の -すず	69	図8-22	極性があるアキシャルリード部品(典型的な 極性マークが付いている).....	116
図7-3	すずペストの変態 (Sweatmanらの調査より)...	70	図8-23	16リードDIP部品	117
図7-4	やに入り糸はんだに含まれるフラックスの 比較	76	図8-24	フラットバックの外形図.....	118
図7-5	はんだ合金の凝固の例:青色ライン - 共晶、 赤色ライン - 非共晶	76	図8-25	一般的なリボンリードタイプディスクリート デバイスの外形図(フラットリード)	118
図7-6	はんだ合金の破壊靱性試験の結果	77	図8-26	ピングリッドアレイ	119
図7-7	はんだ合金の落下衝撃試験の結果8.....	77	図8-27	I/O密度 vs. リード数(寸法単位はすべて インチ表示)	119
図7-8	すずウィスカの画像(NASA)	105	図8-28	プレスフィットコンタクト(圧入接点)が付 いたコネクタ	119
図7-9	すずウィスカ - ウィスカによって引き起こされた 実際の問題事例	105	図8-29	表面実装用クリップキャリアソケット	120
図7-10	すずウィスカのその他の問題事例	106	図8-30	ソケットはんだコンタクトの断面図.....	120
図8-1	タイプ1のプリント基板組立品	107	図8-31	部品実装シーケンス	122
図8-2	タイプ2のプリント基板組立品	108	図8-32	サーマルシャント.....	123
			図8-33	終端処理の例	123
			図8-34	クリンチパターン	125
			図8-35	セミクリンチしたリード	125

図8-36	リード直径 vs. 曲げ半径	126	図8-68	デュアルインラインパッケージ用グリップ工具136	136
図8-37	曲げ部の構成	127	図8-69	トランジスタ組立用工具	136
図8-38	単純なオフセット形状にプリフォームされ たリード	127	図8-70	テーピング仕様(単位はインチのみ表示)	137
図8-39	ディンプル形状にプリフォームされたリード .	127	図8-71	DIPのクリアランス	137
図8-40	複合リード成形の例	127	図8-72	DIPのレイアウト:横と縦の配列	137
図8-41	応力緩和が施されたリード	128	図8-73	DIP用スライドマガジン	138
図8-42	TOキャンタイプ部品のリード成形	128	図8-74	ブリッジなし	139
図8-43	ディンプル形状にプリフォームされたリード .	128	図8-75	表面実装用のリード成形	139
図8-44	クリンチリードで実装するキャンタイプ部品 (リード数12本)の一般的な実装パターン	128	図8-76	リードレスタイプA(リード付きタイプB)への リード取付け基準	140
図8-45	機械的実装 - リード成形	128	図8-77	SO-16パッケージの設計図と一般的な寸法	140
図8-46	シングルインラインの部品	129	図8-78	一般的なSOTパッケージ	141
図8-47	リード構成(組立後)	129	図8-79	表面実装用に改造されたDIP部品	141
図8-48	ヒートシンクフレームに取り付けられた弾性ス ペーサ	129	図8-80	SIPタイプ部品のガルウィングリード	141
図8-49	スタagger配列のホールパターンへの実装 (フラットパック部品の外形図)	130	図8-81	表面実装用レセプタクル	142
図8-50	部品の実装 - リード成形	130	図8-82	表面実装用コネクタ	142
図8-51	クリンチなしのリードで部品実装されたスルー ホール	130	図8-83	表面実装用Dサブコネクタ	142
図8-52	クリンチありのリードと外接ランドで部品実装 されたスルーホール	130	図8-84	ボックスコンタクト付き表面実装用コネクタ ...	142
図8-53	オフセットランドで部品実装されたスルーホ ール	130	図8-85	リードレスグリッドアレイのソケット	142
図8-54	導体をまたいで実装された部品	131	図8-86	表面実装チップキャリアのソケット	142
図8-55	接続部品のクリアランス	132	図8-87	高速回路用ソケット	143
図8-56	部品のアライメント	132	図8-88	スクリューダウンカバー	143
図8-57	部品のアライメント	132	図8-89	圧力実装されたソケット	143
図8-58	ラジアルリード部品の水平方向の実装	133	図8-90	推奨される実装配向	146
図8-59	ヒートシンク付きラジアルリード部品の水平 方向の実装	133	図9-1	はんだによる結合の構造	148
図8-60	TO部品の水平方向の実装	133	図9-2	温度の関数としての特性変化	150
図8-61	垂直方向に実装されたアキシヤルリード部品	133	図9-3	時間と温度による応力緩和	151
図8-62	垂直方向に実装されたラジアルリード部品 .	134	図9-4	接合部の故障を引き起こした円筒状変形 ...	151
図8-63	垂直方向に実装された部品のコーティング (被膜)メニスカス	134	図9-5	ひずみ速度による特性の変化	151
図8-64	ラジアル部品の実装(めっき無しホールの 場合)	134	図9-6	繰り返しせん断ひずみの範囲 (本図の提供: J.P. Clech)	151
図8-65	オフセットリードによるキャン部品の実装	134	図9-7	はんだ接合部の粒度構造(はんだ付時), 提供: Nicholas Gollmer, ITT Automotive, USA	152
図8-66	オフセットリードによるキャン部品の実装	134	図9-8	はんだ接合部の粒度構造(加速サイクル後), 提供: Nicholas Gollmer, ITT Automotive, USA	152
図8-67	弾性スタンドオフ上に実装されたメタルパワ ーパッケージトランジスタ	134	図9-9	はんだ接合部の粒度構造 (フィールド故障後), 提供: Nicholas Gollmer, ITT Automotive, USA	152
			図9-10	リフロー中の鉛フリーペースト/鉛フリーはんだボ ールにおける微細構造形成の模式図 (本図 の提供: Dr. Polina Snugovsky, Celestica)	153

図9-11	鉛フリーBGAの微細構造; 左 - リフロー時, 右 - 熱サイクル後 (提供: Rockwell Collins).....	153
図9-12	はんだ合金の微細構造の違い: 左 - すず鉛はんだ合金, 右 - SAC305はんだ合金 (提供: Rockwell Collins).....	153
図9-13	鉛フリーはんだ合金/部品の表面処理における非互換性の例 (参考: D. Hillman and R. Wilcox, "JCAA/JG-PP Lead-free Solder Testing for High Reliability Applications: -55 C to +125 C Thermal Cycle Testing", SMTAI Conference, 2006).....	154
図9-14	左: はんだ接合部の不均一な微細構造, 右: はんだ接合部の不完全なリフロー(ヘッドオンフロー) (提供: Rockwell Collins).....	155
図9-15	鉛フリーはんだ付プロセスの非互換性による部品の劣化 (提供: Rockwell Collins (左), Bob Willis Electronic Presentation Service (右)).....	156
図9-16	鉛フリーはんだ合金によるウェーブ溶ダ装置の破損(参考写真: "Pb-free Technology and the Necessary Changes in Soldering Process and Machine Technology", H. Schlessmann, APEX 2002 Conference Proceedings).....	156
図9-17	鉛フリーはんだ付プロセスによる銅の侵食(食われ) (提供: 日本スペリア).....	156
図9-18	鉛フリーのはんだ付におけるこて先の損傷(提供: 白光).....	163
図9-19	こて先の熱プロファイル.....	164
図9-20	適切に巻き付けられたワイヤー.....	166
図9-21	端子へのはんだ付.....	166
図9-22	はんだカップ(許容可能な例).....	167
図9-23	ウェーブ溶ダリングの問題点と解決策に関する参照チャート.....	174
図9-24	すず鉛によるリフロー溶ダリングの代表的な熱プロファイル.....	189
図9-25	一般的なRMAタイプフラックスの熱プロファイル.....	190
図9-26	一般的なOAタイプフラックスの熱プロファイル.....	191
図9-27	一般的な「無洗浄」フラックスの熱プロファイル.....	191
図9-28	「反応型雰囲気」の装置におけるフラックスの熱プロファイル:	192
図9-29	基板短辺側の温度プロファイル.....	196
図10-1	ワイヤーボンディングの変数.....	200

図10-2	熱圧着ワイヤーボンディングの機械的構造.....	200
図10-3	超音波ワイヤーボンディングの機械的構造 ...	201
図10-4	無はんだ(ワイヤー)ラッピング	214

表

表2-1	一般的な静電気発生源	15
表2-2	一般的な静電圧の生成.....	15
表2-3	電子組立品の取扱いに関する一般的なルール	15
表2-4	Wave Solder PSL Classification(ウェーブはんだのPSL分類)	18
表2-5	Reflow Solder PSL Classification(リフローはんだのPSL分類)	18
表2-6	PSLの3番目の文字	19
表3-1	集積回路パッケージング技術の比較	22
表4-1	PCBの一般材料特性.....	33
表4-2	プラスチックラミネート仕様のクロスリファレンス.....	35
表4-3	金属はくの特性.....	36
表4-4	表面処理とコーティングに関する要求事項...	39
表4-5	金めっきの用途.....	40
表4-6	ENIGによる表面処理の利点と欠点.....	40
表4-7	ENIG/EGによる表面処理の利点と制限事項	41
表4-8	ENEPIGによる表面処理の利点と欠点	41
表4-9	置換銀による表面処理の利点と欠点	42
表4-10	置換すずによる表面処理の利点と欠点	42
表4-11	OSPによる表面処理の利点と制限事項.....	43
表6-1	一般的な表面処理(仕上げ)材のはんだ付性.....	53
表6-2	フラックスの組成.....	60
表7-1	汚染物質のタイプ	62
表7-2	フラックスの識別系統1.....	65
表7-3	はんだ合金とその融点	68
表7-4	合金の特性	69
表7-5	インジウム系のはんだ合金.....	71
表7-6	ビスマス系はんだ合金.....	72
表7-7	従来のはんだ合金.....	73
表7-8	鉛フリーはんだ合金.....	75
表7-9	鉛フリーはんだ合金とその溶融温度	76
表7-10	Hewlett Packardが提案するPbフリーはんだ合金の試験プロトコル	78

表7-11	はんだ粉末のサイズ(粒径)(J-STD-005).....	88	表10-1	ワイヤーボンディング技術*	202
表7-12	すずウィスカの緩和	95	表10-2	一般的な物体のK値 (ワット/メートル- C)	206
表7-13	部品の鉛フリー仕上げ (すずウィスカ 試験要件).....	100	表10-3	パワーデバイスをヒートシンクに実装する 工法	208
表7-14	分離コネクタ終端部の仕上げにおけるウ ィスカのリスク評価(情報提供：iNEMI).....	102	表10-4	熱伝導性(サーマル)グリースとその特性	208
表7-15	バスバー - すずウィスカに関する懸念事項	103	表10-5	圧縮性パッドの物理的特性	209
表7-16	ヒートシンクの仕上げとすずウィスカ	103	表10-6	電気絶縁性エポキシ樹脂/アクリル系樹脂の 性能特性	210
表7-17	プリント回路基板	104	表10-7	標準的な接合材料評価試験方法	210
表8-1	リードのクリンチ長さ	125	表10-8	接合材料評価のための代替試験方法	210
表9-1	亜共晶SnPbはんだの金属間化合物と 拡散定数	149	表10-9	無はんだ(ワイヤー)ラップの巻き数	214
表9-2	鉛フリーはんだの一般的な物性値	150	表10-10	無はんだ(ワイヤー)ラップのストリップフォ ース	215
表9-3	ラップせん断強度PSI (Pa)に与える温度の 影響	150	表10-11	無はんだラップのワイヤー/端子サイズの 関係	215
表9-4	はんだ槽汚染物質の上限	158	表10-12	エラストマー製コネクタのトラブルシューテ ィングガイド	219
表9-5	はんだ付プロセスの比較	160	表12-1	コンフォーマルコーティング材料の比較	236
表9-6	手はんだ付用工具	161	表13-1	材料の適合性	251
表9-7	めっき無しホール部品のリード、最低許容 条件1.4	168	表13-2	自動車産業での温度分類	268
表9-8	めっきスルーホールの部品リード、最低許容 条件に関する注記	168	表14-1	コンフォーマルコーティングの特性	280
表9-9	ベーパーフェーズソルダーリングにおける 問題点と解決策	187	表14-2	除去工法	280