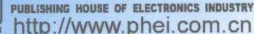




张文典 编著



内容简介

本书共分五章，第一章为绪论，第二章为表面组装技术(SMT)的发展，第三章为表面组装技术(SMT)的工艺，第四章为表面组装技术(SMT)的设备，第五章为表面组装技术(SMT)的测试。

本书可作为高等院校电子类专业及相关专业的教材，也可供从事表面组装技术工作的工程技术人员参考。

实用表面组装技术

本书共分五章，第一章为绪论，第二章为表面组装技术(SMT)的发展，第三章为表面组装技术(SMT)的工艺，第四章为表面组装技术(SMT)的设备，第五章为表面组装技术(SMT)的测试。

本书可作为高等院校电子类专业及相关专业的教材，也可供从事表面组装技术工作的工程技术人员参考。

(第3版)

本书共分五章，第一章为绪论，第二章为表面组装技术(SMT)的发展，第三章为表面组装技术(SMT)的工艺，第四章为表面组装技术(SMT)的设备，第五章为表面组装技术(SMT)的测试。

本书可作为高等院校电子类专业及相关专业的教材，也可供从事表面组装技术工作的工程技术人员参考。

张文典 编著

图书在版编目(CIP)数据

实用表面组装技术/张文典编著. —3版. —北京:电子工业出版社, 2010.10

ISBN 978-7-121-11787-0

I. ①实… II. ①张… III. ①实…

IV. ①实…

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第117870号

责任编辑: 吴 昊 封面设计: 吴 昊 责任印制: 吴 昊

北京: 电子工业出版社, 2010.10

ISBN 978-7-121-11787-0

定价: 49.00元

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

地址: 北京市西城区德胜门内大街2号 邮编: 100088 电话: (010) 88252888

网址: www.eipress.com.cn

内 容 简 介

表面组装技术(SMT)发展已有40多年的历史,现已广泛应用于通信、计算机、家电等行业,并正在向高密度、高性能、高可靠性和低成本的方向发展。

本书较详细地介绍了SMT的相关知识。全书共有18章,其内容包括焊接机理、热传导基本概念、各种辅助材料的特性与评估方法、各种焊接设备的热传导特点和焊接曲线的设定、贴片机验收标准、焊点质量评价与SMA性能测试技术、SMT大生产中的防静电及质量管理等,第3版又新增加了无铅烙铁手工焊的相关内容。

本书内容丰富、实用性强,对SMT行业相关人员的继续教育和工作实践都有很高的参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

著者 张文典

图书在版编目(CIP)数据

实用表面组装技术/张文典编著. —3版. —北京:电子工业出版社,2010.10

ISBN 978-7-121-11787-9

I. ①实… II. ①张… III. ①印刷电路—组装 IV. ①TN410.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第175239号

责任编辑:窦昊 特约编辑:陈宁辉

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:34.75 字数:889千字

印 次:2010年10月第1次印刷

印 数:4000册 定价:69.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

第3版前言

《实用表面组装技术》一书自2002年出版以来,受到了业界的广泛关注,随着SMT技术的飞速发展,如今已进入全面实施无铅技术的新时期,故对《实用表面组装技术》进行再次修改出版。

《实用表面组装技术(第3版)》及时跟踪了当前SMT的新技术,如0201元器件的焊接、通孔元器件的再流焊等,并重点总结了RoHs实施三年来出现的工艺问题,特别是通过元素的结构以及它们在元素周期表中的位置,分析已开发出的无铅焊料部分性能尚达不到锡铅焊料的原因,从理论上回答了“无铅制程中,焊接质量问题为何这么多”这个问题。同时还详细介绍了当今无铅焊料发展的新动态,以及如何选用无铅焊料、如何正确实施无铅工艺,为提高无铅产品的可靠性奠定了基础。这次改版又增补了无铅烙铁手工焊一章,可为电子制造厂家生产一线职工的岗位培训提供参考。

此外,《实用表面组装技术(第3版)》中还就网友曾热烈讨论的有关毛细管中焊料能上升多高的话题做了理论推导,普及相关的基础知识,并可提高读者掌握有关SMT基础理论知识兴趣。

SMB优化设计仍是国内一些厂家设计人员的薄弱环节,时至今日,尽管有关SMT设备颇为先进,精度也相当高,但在一些工厂仍存在不少焊接缺陷,其中原因之一就是PCB设计尚不符合SMT工艺要求,设计者对SMT工艺过程不够了解,故在本次修改中结合无铅工艺,补充了对PCB设计中有关热设计要求的内容。

总之,《实用表面组装技术(第3版)》仍保留原书的特点,即坚持理论联系实践,既阐述有关的基本理论,又特别重视这些理论在生产中的应用。

如今,随着信息技术的高速发展,SMT越显示出其优越性,各国都非常重视,并投重金用于开发和研究,SMT发展趋势呈现三大主要特征:一是以美国为代表的研究机构,重点是研究高密度封装技术(特别是3D封装技术),大力开发SOC、SIP、PoP芯片,显然这对多功能、小体积的电子产品是非常有用的;二是以德国、瑞士为代表的研究机构,重点是研究SMT绿色环保,并以法规条文的形式强制实施;三是以日本为代表的研究机构,重点是研究SMT大生产技术,强调从设计到装备工艺的每个环节都非常重要并应发挥整体效应。我国尽管已成为一个SMT生产大国,但无论是科研成果还是设备制造,与世界先进国家相比都相差很大。故值此《实用表面组装技术(第3版)》问世之际,祝愿在SMT战线上辛勤耕耘的同行们努力工作,为早日创造出具有中国特色的SMT产业和成果而奋斗!

本书由方芳撰写第2章,翁志德撰写第11章,其余部分由张文典撰写并统编全稿。此外,日本松下电器(上海)、香港美亚、安必昂(上海)、凯能(南京)、泰瑞达(上海)、欧姆龙(上海)等公司提供了翔实资料,本书的插图由陆璠协助绘制,在此一并表示诚挚的感谢!

由于编著者水平有限,书中难免存在缺点和错误,真诚希望广大读者批评指正。

目 录

第1章 概 论	1
1.1 世界各国都重视 SMT 产业	3
1.2 表面组装技术的优点	4
1.3 表面组装和通孔插装技术的比较	5
1.4 表面组装工艺流程	5
1.5 表面组装技术的组成	7
1.6 我国 SMT 技术的基本现状与发展对策	8
1.7 表面组装技术的发展趋势	11
第2章 表面安装元器件	15
2.1 表面安装电阻器和电位器	15
2.1.1 矩形片式电阻器	15
2.1.2 圆柱形固定电阻器	19
2.1.3 小型固定电阻网络	22
2.1.4 片式电位器	24
2.1.5 电子元器件的无铅化标识	26
2.2 表面安装电容器	27
2.2.1 多层片状瓷介电容器	28
2.2.2 特种多层片状瓷介电容器的特性	31
2.2.3 片式固体钽电解电容器	32
2.2.4 圆柱形铝电解电容器	37
2.2.5 云母电容器	40
2.3 电感器	41
2.3.1 片式电感器	41
2.3.2 电感主要特性参数	48
2.4 磁珠	49
2.4.1 片式磁珠	49
2.4.2 多层片式磁珠	51
2.5 其他片式元器件	53
2.5.1 片式多层压敏电阻器	53
2.5.2 片式热敏电阻	54
2.5.3 片式表面波滤波器	55
2.5.4 片式多层 LC 滤波器	56
2.5.5 片式多层延时线	56
2.6 表面安装半导体器件	56
2.6.1 二极管	57
2.6.2 小外形封装晶体管	58

2.6.3	小外形封装集成电路 SOP	60
2.6.4	有引脚塑封芯片载体 (PLCC)	62
2.6.5	方形扁平封装 (QFP)	64
2.6.6	陶瓷芯片载体	65
2.6.7	PQFN	67
2.6.8	BGA (Ball Grid Array)	68
2.6.9	CSP (Chip Scale Package)	72
2.7	裸芯片	75
2.7.1	COB 芯片	76
2.7.2	F·C	76
2.8	塑料封装表面安装元器件使用前的注意事项与保管	76
2.8.1	塑料封装表面安装元器件的储存	77
2.8.2	塑料封装表面安装器件的开封使用	77
2.8.3	已吸湿 SMD 的驱湿烘干	78
2.8.4	剩余 SMD 的保存方法	78
2.9	表面安装元器件的发展趋势	79
第 3 章	表面安装用的印制电路板	82
3.1	基板材料	82
3.1.1	纸基 CCL	82
3.1.2	玻璃布基 CCL	83
3.1.3	复合基 CCL	84
3.1.4	金属基 CCL	86
3.1.5	挠性 CCL	87
3.1.6	陶瓷基板	88
3.1.7	覆铜箔板标准	89
3.1.8	CCL 常用的字符代号	90
3.1.9	CCL 标称厚度	90
3.1.10	铜箔种类与厚度	90
3.1.11	有机类 CCL 与电子产品的匹配性	91
3.2	表面安装印制板	91
3.2.1	SMB 的特征	91
3.2.2	评估 SMB 基材质量的相关参数	92
3.2.3	无铅焊接中 SMB 焊盘的涂镀层	98
3.2.4	阻焊层与字符图	101
3.3	SMB 技术发展趋势	101
3.3.1	采用新型的基材	101
3.3.2	采用新型 SMB 制作工艺	102
第 4 章	SMB 的优化设计	105
4.1	常见的 SMB 设计错误	105
4.2	不良设计原因分析	106

801	4.2.1 设计人员对 SMT 工艺不了解	106
801	4.2.2 缺乏本企业的可制造性设计规范	108
801	4.2.3 忽视工艺人员参与	109
051	4.3 SMB 的优化设计	109
051	4.3.1 设计的基本原则	109
151	4.3.2 具体设计要求	113
	第 5 章 焊接机理与可焊性测试	135
551	5.1 焊接机理	135
551	5.1.1 锡的亲和性	135
551	5.1.2 焊接部位的冶金反应	136
551	5.1.3 润湿与润湿力	136
551	5.1.4 扩散与金属间化合物	137
551	5.1.5 锡铜界面合金层	138
551	5.1.6 表面张力与润湿力	140
551	5.1.7 润湿程度与润湿角	142
551	5.1.8 润湿程度的目测评估	143
551	5.1.9 毛细现象及其在焊接中的作用	144
181	5.1.10 实现良好焊接的条件	145
181	5.2 可焊性测试	145
581	5.2.1 边缘浸渍法	146
581	5.2.2 湿润平衡法	147
581	5.2.3 焊球法	151
581	5.2.4 可焊性测试方法的其他用途	153
581	5.2.5 加速老化处理	154
581	5.2.6 元器件的耐焊接热能力	154
581	5.2.7 片式元器件的保管	156
	第 6 章 助焊剂	157
581	6.1 常见金属表面的氧化层	157
881	6.1.1 铜表面的氧化层	158
881	6.1.2 锡/铅表面的氧化层	158
981	6.2 焊剂的分类	159
101	6.2.1 按焊剂状态分类	159
501	6.2.2 按活性剂特性分类	159
501	6.2.3 按焊剂中固体含量分类	160
901	6.2.4 按传统的化学成分分类	160
901	6.3 常见的焊剂	160
105	6.3.1 松香型焊剂	161
505	6.3.2 水溶性焊剂	163
505	6.3.3 低固含量免清洗焊剂/无 VOC 焊剂	164
505	6.3.4 有机焊接保护剂(OSP/HT-OSP)	166

6.4	焊剂的评价	168
6.4.1	工艺性能	168
6.4.2	理化指标	169
6.5	助焊剂的使用原则及发展方向	170
6.5.1	使用原则	170
6.5.2	助焊剂发展方向	171
第7章 锡铅焊料合金		172
7.1	电子产品焊接对焊料的要求	172
7.2	锡铅焊料	172
7.2.1	锡的物理和化学性质	174
7.2.2	铅的物理和化学性质	175
7.2.3	锡铅合金的物理性能	175
7.2.4	铅在焊料中的作用	177
7.2.5	锡铅焊料中的杂质	177
7.2.6	液态锡铅焊料的易氧化性	178
7.2.7	浸析现象	179
7.2.8	锡铅焊料的力学性能	179
7.2.9	高强度焊料合金	181
7.2.10	锡铅合金相图与特性曲线	181
7.2.11	国内外常用锡铅焊料的牌号和成分	183
7.2.12	焊锡丝	184
7.2.13	锡铅焊料的防氧化	185
第8章 无铅焊料合金		186
8.1	铅的危害以及无铅焊料的兴起	186
8.2	无铅焊料应具备的条件	187
8.3	电子产品无铅化的概念	187
8.3.1	无铅焊料	187
8.3.2	RoHS 符合的电子产品	187
8.4	几种实用的无铅焊料	188
8.4.1	Sn-Ag 系合金	188
8.4.2	Sn-Ag-Cu 系合金	189
8.4.3	Sn-Zn 系合金	191
8.4.4	Sn-Bi 系合金	194
8.4.5	Sn-Cu 合金	196
8.5	无铅焊料的性能评估	199
8.5.1	无铅焊点焊接界面的组织结构	199
8.5.2	无铅焊料与锡铅焊料的比较	201
8.6	无铅焊料尚存在的缺点	202
8.7	无铅焊料为什么存在这么多缺陷	204
8.7.1	焊料成分与元素周期表	204

8.7.2	Sn 和 Pb 是同主族元素	205
8.7.3	任何元素都无法代替铅	205
8.8	无铅焊料的发展趋势	207
8.8.1	使用低 Ag 含量的 SAC 焊料	207
8.8.2	使用添加微量元素的 SAC 焊料	207
8.8.3	改进助焊剂	208
8.9	无铅焊料的性能评估	209
8.9.1	无铅焊料的熔化温度	209
8.9.2	无铅焊料的可焊性	210
8.9.3	无铅焊料的表面张力	211
8.9.4	导电/导热性能	212
8.9.5	抗氧化性/腐蚀性	212
8.9.6	无铅焊料的力学性能	213
8.9.7	高速冲击测试暴露出 SAC 焊点的脆性	217
8.10	铅含量对无铅焊接的影响	221
8.11	无铅焊接中焊点的可靠性问题	224
8.11.1	影响无铅焊点的可靠性的因素	225
8.11.2	无铅焊点可靠性测试方法	227
8.11.3	提高焊点可靠性的办法	229
8.12	加速无铅化转换进程	230
8.12.1	无铅技术的总体状况	230
8.12.2	如何实现无铅化制造	231
第 9 章 焊锡膏与印刷技术		234
9.1	焊锡膏	234
9.1.1	流变学基本概念与焊锡膏的流变行为	234
9.1.2	焊料粉的制造	237
9.1.3	糊状焊剂	238
9.1.4	焊锡膏的分类及标识	239
9.1.5	几种常见的焊锡膏	240
9.1.6	焊锡膏的评价	242
9.2	焊锡膏的印刷技术	246
9.2.1	模板/钢板	246
9.2.2	模板窗口形状和尺寸设计	248
9.2.3	印刷机简介	251
9.2.4	焊锡膏印刷机理与影响印刷质量的因素	252
9.2.5	焊锡膏印刷过程	253
9.2.6	印刷机工艺参数的调节与影响	255
9.2.7	新概念的捷流印刷工艺	257
9.2.8	焊膏喷印技术	258
9.2.9	焊锡膏印刷的缺陷、产生原因及对策	259

9.3 国外焊锡膏发展动向	260
第10章 贴片胶与涂布技术	262
10.1 贴片胶	262
10.1.1 贴片胶的工艺要求	262
10.1.2 环氧型贴片胶	263
10.1.3 丙烯酸类贴片胶	265
10.1.4 如何选用不同类型的贴片胶	266
10.1.5 贴片胶的流变行为	266
10.1.6 影响黏度的相关因素	267
10.1.7 黏结的基本原理	268
10.1.8 贴片胶的力学行为	270
10.1.9 贴片胶的评估	271
10.2 贴片胶的应用	274
10.2.1 常见的贴片胶涂布方法	274
10.2.2 影响胶点质量的因素	276
10.2.3 工艺参数优化设定	279
10.2.4 点胶工艺中常见的缺陷	280
10.2.5 贴片胶的固化	280
10.2.6 使用贴片胶的注意事项	281
10.3 点胶一波峰焊工艺中常见的缺陷与解决方法	282
10.4 贴片胶的发展趋势	283
10.5 小结	284
第11章 贴片技术与贴片机	285
11.1 贴片机的结构与特性	285
11.1.1 机架	286
11.1.2 传送机构与支撑台	286
11.1.3 X-Y与Z/ θ 伺服及定位系统	288
11.1.4 光学对中系统	292
11.1.5 贴片头	295
11.1.6 供料器	298
11.1.7 传感器	301
11.1.8 计算机控制系统	303
11.2 贴片机的技术参数	304
11.2.1 基本参数	304
11.2.2 贴片机技术参数的解析	305
11.3 贴片机的分类与典型机型介绍	310
11.3.1 贴片机的分类	310
11.3.2 典型贴片机介绍	313
11.4 贴片机的选型与验收	320
11.4.1 贴片机的选型	320

104	11.4.2 贴片机的验收	321
504	11.5 贴片机发展趋势	324
第 12 章 波峰焊接技术与设备		326
104	12.1 传热学基本概念	326
104	12.1.1 传导导热	327
204	12.1.2 对流导热	328
204	12.1.3 辐射导热	329
304	12.1.4 汽化热与相变传热	329
504	12.1.5 焊接过程中的热匹配	330
504	12.2 波峰焊技术	330
504	12.2.1 波峰焊机	331
804	12.2.2 助焊剂的涂布	332
114	12.2.3 正确控制焊剂密度	335
114	12.2.4 焊剂的烘干(预热)	335
114	12.2.5 波峰焊机中常见的预热方法	335
114	12.2.6 SMA 预热温度测试	336
114	12.2.7 波峰焊工艺曲线解析	336
114	12.2.8 SMT 生产中的混装工艺	340
114	12.2.9 波峰焊机的改进与发展	341
114	12.2.10 无铅波峰焊接工艺技术与设备	344
114	12.2.11 选择性波峰焊	348
114	12.2.12 波峰焊机的评估与选购注意事项	349
114	12.2.13 波峰焊接中常见的焊接缺陷	351
第 13 章 再流焊		354
104	13.1 红外再流焊	354
104	13.1.1 红外再流焊炉的演变	354
154	13.1.2 再流焊炉的基本结构	358
154	13.1.3 红外再流焊焊接温度曲线	360
154	13.1.4 再流焊温度曲线的监控	368
154	13.1.5 通孔再流焊/混装再流焊	370
154	13.1.6 BGA 的焊接	375
154	13.1.7 锡铅焊料焊接无铅 BGA 的峰值温度如何定	377
154	13.1.8 PoP 器件焊接	379
154	13.1.9 无铅再流焊工艺与再流焊炉	381
154	13.1.10 无铅焊点为何表面粗糙无光泽	387
154	13.1.11 无铅再流焊工艺中常见的问题与对策	388
154	13.1.12 使用 0201 元器件手机主板的焊接技术	391
154	13.1.13 如何做好 CSP 和 BGA 底部填充胶	394
154	13.1.14 再流焊炉的选用原则	396
254	13.2 汽相再流焊	401

13.2.1	VPS 的优缺点	401
13.2.2	汽相焊的热转换介质	402
13.2.3	汽相焊设备	403
13.3	激光再流焊	404
13.3.1	原理和特点	404
13.3.2	激光再流焊设备	405
13.4	各种再流焊方法及性能对比	405
13.5	焊接与环境问题	406
第 14 章 无铅焊接用电烙铁及其焊接工艺		407
14.1	电烙铁的结构	407
14.1.1	烙铁头	407
14.1.2	影响烙铁头热传导效率的因素	408
14.1.3	烙铁头腐蚀机理分析	411
14.1.4	烙铁头失效原因及处理办法	411
14.2	电烙铁的加热器与控温方法	413
14.2.1	电烙铁的加热器	413
14.2.2	电烙铁温度控制方法	413
14.2.3	居里温度与 Smart Heat 技术	415
14.2.4	电烙铁的特性与参数	416
14.2.5	无铅焊接对电烙铁的要求	417
14.2.6	使用电烙铁应注意的问题	417
14.3	烙铁无铅焊接工艺	418
14.3.1	做好焊接前的准备工作	418
14.3.2	电烙铁的操作方法	418
14.4	手工焊接温度曲线及其热能量传导	420
14.4.1	手工焊接温度曲线	420
14.4.2	热能量传导	421
14.4.3	目测法评估电烙铁温度	423
14.4.4	锡丝直径选用	424
14.4.5	如何做好手工电烙铁无铅焊	424
第 15 章 焊接质量评估与检测		428
15.1	连接性测试	428
15.1.1	人工目测检验 (加辅助放大镜)	428
15.1.2	自动光学检查 (AOI)	441
15.1.3	激光/红外线组合式检测系统	447
15.1.4	X 射线检测仪	448
15.2	在线测试	453
15.2.1	模拟器件式在线测试技术	454
15.2.2	向量法测试技术	455
15.2.3	边界扫描测试技术 (Boundary Scan Test)	455

15.2.4	非向量测试技术	457
15.2.5	飞针式测试仪	460
15.2.6	在线测试仪的功能	461
15.2.7	针床制造与测量	463
15.3	功能测试	464
15.3.1	特征分析 (SA) 测试技术	464
15.3.2	复合测试仪	464
15.4	电气测试所面临的挑战	465
15.5	SMT 生产常见质量缺陷及解决办法	465
15.5.1	立碑现象的产生与解决办法	465
15.5.2	再流焊中锡珠生成原因与解决办法	467
15.5.3	焊接后印制板阻焊膜起泡的原因与解决方法	469
15.5.4	印制板组件焊接后 PCB 基板上起泡的原因与解决办法	469
15.5.5	芯吸现象	469
15.5.6	片式元器件开裂	470
15.5.7	焊点不光亮/残留物多	470
15.5.8	PCB 扭曲	470
15.5.9	桥连	471
15.5.10	IC 引脚焊接后开路/虚焊	471
15.5.11	BGA 焊接缺陷	472
15.5.12	其他常见焊接缺陷	473
15.5.13	无铅锡膏中常出现的质量缺陷及其解决方法	474
15.6	SMA 的维修	476
15.6.1	维修设备	476
15.6.2	维修过程	477
第 16 章	清洗与清洗剂	479
16.1	污染物的种类和清洗处理	479
16.1.1	污染物的种类	479
16.1.2	清洗机理	481
16.2	清洗溶剂	481
16.2.1	选择溶剂的方法	481
16.2.2	清洗溶剂的分类	483
16.2.3	早期的非水系清洗剂	484
16.2.4	氟利昂的代替品	485
16.2.5	水系清洗剂	487
16.2.6	半水系清洗	487
16.3	典型的清洗工艺流程	489
16.3.1	非水清洗工艺流程	489
16.3.2	水清洗工艺流程	491
16.3.3	半水清洗流程	492

16.3.4	免清洗技术	493
16.4	清洗条件对清洗的影响	494
16.4.1	温度对清洗的影响	494
16.4.2	时间对清洗的影响	494
16.4.3	机械力对清洗的影响	494
16.4.4	抖动、摇动、搅动对清洗的影响	494
16.5	各种清洗工艺方案的评估	495
16.6	清洗的质量标准	496
16.6.1	MIL-P-28809 标准	496
16.6.2	国内有关清洁度的标准	497
16.7	清洗效果的评价方法	497
16.7.1	目测法	497
16.7.2	溶剂萃取液测试法	497
16.7.3	表面绝缘电阻 (SIR) 测试法	498
16.8	SMA 清洗总体方案设计	499
16.9	表面安装印制板主件 (SMA) 清洗中的问题	500
16.9.1	PCB 清洗后的白色残留物	500
16.9.2	元器件底部清洗问题	501
16.10	有利于 SMA 的清洗的条件	501
16.11	免清洗发展的探讨	502
第 17 章 电子产品组装中的静电防护技术		503
17.1	静电及其危害	503
17.1.1	什么是静电	503
17.1.2	静电的产生	503
17.1.3	静电的力学效应	504
17.1.4	静电放电效应	505
17.1.5	静电感应	505
17.1.6	静电放电对电子工业的危害	505
17.1.7	静电敏感器件及其分类	507
17.1.8	电子产品生产环境中的静电源	508
17.2	静电防护	510
17.2.1	静电防护原理	510
17.2.2	静电防护方法	510
17.2.3	电子产品装联场地的防静电接地	511
17.2.4	常用静电防护器材	513
17.2.5	静电测量仪器	514
17.3	电子整机作业过程中的静电防护	515
17.3.1	手机生产线内的防静电设施	515
17.3.2	生产过程的防静电	516
17.3.3	SSD 的存储	516
17.3.4	其他部门的防静电要求	516

第 18 章 SMT 生产中的质量管理	518
18.1 ISO-9000 系列标准是 SMT 生产中质量管理的最好选择	518
18.2 建立符合 ISO-9000 标准的 SMT 生产质量管理体系	519
18.2.1 中心的质量目标	519
18.2.2 质量保证体系的内涵	519
18.2.3 SMT 产品设计	519
18.2.4 外购件及外协件的管理	520
18.2.5 生产管理	521
18.2.6 质量检验	527
18.2.7 图纸文件管理	529
18.2.8 包装、储存及交货	529
18.2.9 降低成本	529
18.2.10 人员培训	529
18.3 统计技术在 ISO-9000 系列标准质量管理中的作用	530
18.3.1 调查表	530
18.3.2 分层图	531
18.3.3 头脑风暴法	531
18.3.4 因果图	531
18.3.5 流程图	531
18.3.6 树图	532
18.3.7 控制图	532
18.3.8 直方图	532
18.3.9 排列图	533
18.3.10 散布图	533
18.3.11 过程能力指数	534
18.4 SMT 生产线管理中的具体做法	535
18.4.1 以“5S”理念做好生产线管理	535
18.4.2 处理质量波动用“PDCA 循环”法	536
18.4.3 处理质量事故用“两图一表”法	537
18.4.4 做事留有痕迹, 处理问题要闭环操作	537
参考文献	539

第1章 概 论

自从发明无线电的那天起，电子组装技术就相伴诞生了。但在电子管时代，人们仅用手工铬铁焊接电子产品，电子管收音机是当时的主要产品。新兴学科的兴起，犹如一石激起千层浪，随着 20 世纪 40 年代晶体管诞生，高分子聚合物出现，以及印制电路板研制成功，人们开始尝试将晶体管以及通孔元器件直接焊接在印制板上，使电子产品结构变得紧凑、体积开始缩小。到了 50 年代，英国人研制出世界上第一台波峰焊接机，在人们将晶体管一类通孔元器件插在印制电路板上后，采用波峰焊接技术实现了通孔组件的装联，半导体收音机、黑白电视机迅速在世界各地普及流行。波峰焊接技术的出现开辟了电子产品大规模工业化生产的新纪元，它对世界电子工业生产技术发展的贡献是无法估量的。

20 世纪 60 年代，在电子表行业以及军用通信中，为了实现电子表和军用通信产品的微型化，人们开发出无引线电子元器件，并被直接焊接到印制板的表面，从而达到了电子表微型化的目的，这就是今天称为“表面组装技术”的雏形。

表面组装技术，英文称为“Surface Mount Technology”，简称为 SMT，它是将表面贴装元器件（无引脚或短引脚的元器件）贴、焊到印制电路板表面规定位置上的电子装联技术，所用的印制电路板无须钻插装孔。具体地说，就是首先在印制电路板焊盘上涂布焊锡膏，再将表面贴装元器件准确地放到涂有焊锡膏的焊盘上，通过加热印制电路板直至焊锡膏熔化，冷却后便实现了元器件与印制电路之间的互连。20 世纪 70 年代，以发展消费类产品著称的日本电子行业敏锐地发现了 SMT 的先进性，迅速在电子行业推广开来，并很快推出 SMT 专用焊料（焊锡膏）、专用设备，如贴片机、再流焊炉、印刷机以及各种片式元器件等，极大地丰富了 SMT 的内涵，也为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。80 年代，SMT 生产技术日趋完善，用于表面安装技术的元器件大量生产，价格大幅度下降，各种技术性能好、价格低的设备纷纷面世。用 SMT 组装的电子产品具有体积小、性能好、功能全、价位低的综合优势，故 SMT 作为新一代电子装联技术已广泛地应用于各个领域的电子产品装联中，如航空、航天、通信、计算机、医疗电子、汽车、照相机、办公自动化、家用电器行业，真可谓哪里有电子产品哪里就有 SMT。到了 90 年代，SMT 相关产业更是发生了惊人的变化：片式阻容元器件自 70 年代工业化生产以来，尺寸从最初的 $3.2\text{mm} \times 1.6\text{mm} \times 1.2\text{mm}$ 已发展到现在的 $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ ，体积从最初的 6.14mm^3 发展到现在的 0.014mm^3 ，其体积缩小到原来的 0.88%，如表 1.1 和图 1.1 所示。

表 1.1 片式阻容元器件的发展情况

时间/年	1975	1979	1985	1991	1995	2000
产品型号	3216	2012	1608	1005	0603	0402
尺寸/mm	$3.2 \times 1.6 \times 1.2$	$2.0 \times 1.2 \times 1.2$	$1.6 \times 0.8 \times 0.8$	$1.0 \times 0.5 \times 0.5$	$0.6 \times 0.3 \times 0.3$	$0.4 \times 0.2 \times 0.2$
体积/ mm^3	6.14	2.88	1.02	0.25	0.054	0.16
商品	录像机	早期手机	微型摄像机	改进后的手机	DVD、手机	MCM、手机

片式元器件的发展还可以从 IC 外形封装尺寸的演变过程来看，IC 引脚中心距已从最初的 1.27mm 快速过渡到 0.65mm、0.5mm、0.4mm，如今 IC 封装形式又以崭新的面貌出

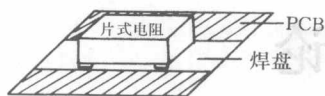


图 1.1 片式元器件发展趋势

现在人们面前，继 PLCC、QFP 之后又出现了 BGA、CSP、FC 等，令人目不暇接。IC 封装电路的发展趋势如图 1.2 所示。与元器件相匹配的印制板也从早期的双面板发展为多层板，最多可达 50 层之多，板面上线宽已从 0.2~0.3mm 缩小到 0.15mm、0.1mm，甚至到 0.05mm。

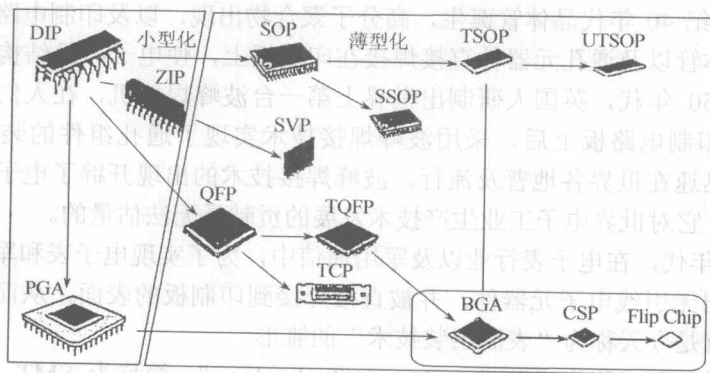


图 1.2 IC 封装电路的发展趋势

如今人们所见到的电子产品，无论外形尺寸还是质量都大幅度减小。以手提摄像机为例，20 世纪 90 年代初为 2500mm³，重 2.5kg，到了 1999 年，仅为 500mm³，重 500g。再如手提式电话，20 世纪 90 年代初重 400g，每台售价达 2 万元之高，平常不用时只能放在台子上，还美称为“大哥大”，当时是“大款”的象征。到了 90 年代末，仅重 57g，价格降至 2 千元上下。

用于 SMT 大生产的主要设备——贴片机也从早期的低速（1 秒/片）、机械对中，发展为高速（0.06 秒/片）、光学对中，并向多功能、柔性连接模块化方向发展；再流焊炉也由最初的热板式加热发展为氮气热风红外式加热，能适应通孔元器件再流焊的带局部强制冷却的再流焊炉也已经实用化，再流焊的不良焊点率已下降到百万分之十以下，几乎接近无缺陷焊接。

SMT 技术作为新一代的装联技术，仅有 40 多年的历史，但这项技术刚问世就充分显示出其强大的生命力，它以非凡的速度走完了从诞生、完善直至成熟的路程，迈入了大范围工业应用的旺盛期。如今无论是投资类电子产品还是民用类电子产品，均有它的身影。

从狭义上讲，SMT 是将表面元器件贴装到 PCB 上，经过整体加热实现电子元器件互连，但从广义上讲，它包含片式元器件、表面组装设备、表面组装工艺，通常人们把表面组装设备称为“硬件”，表面组装工艺称为“软件”，而电子元器件既是 SMT 的基础，又是 SMT 发展的动力，它推动 SMT 专用设备和装联工艺不断更新和深化。支持信息产业的关键技术正是芯片技术和组装技术。芯片技术决定其电子产品的性能，是信息产业的核心，世界上芯片技术的龙头正是信息技术高度发达的美国，近十年来的高速发展支持美国经济持续发展。组装技术即大生产技术，它把先进的信息技术转化为实际的可供人们使用的电子产品，其过程既给社会带来了巨大的物质财富，又给人们带来了物质生活的享受，如今各种数字化的电子产品琳琅满目，使人应接不暇。因此从广义上来讲，SMT 技术和信息产业是相互依存、相互发展的，SMT 已成为信息产业强有力的基础。