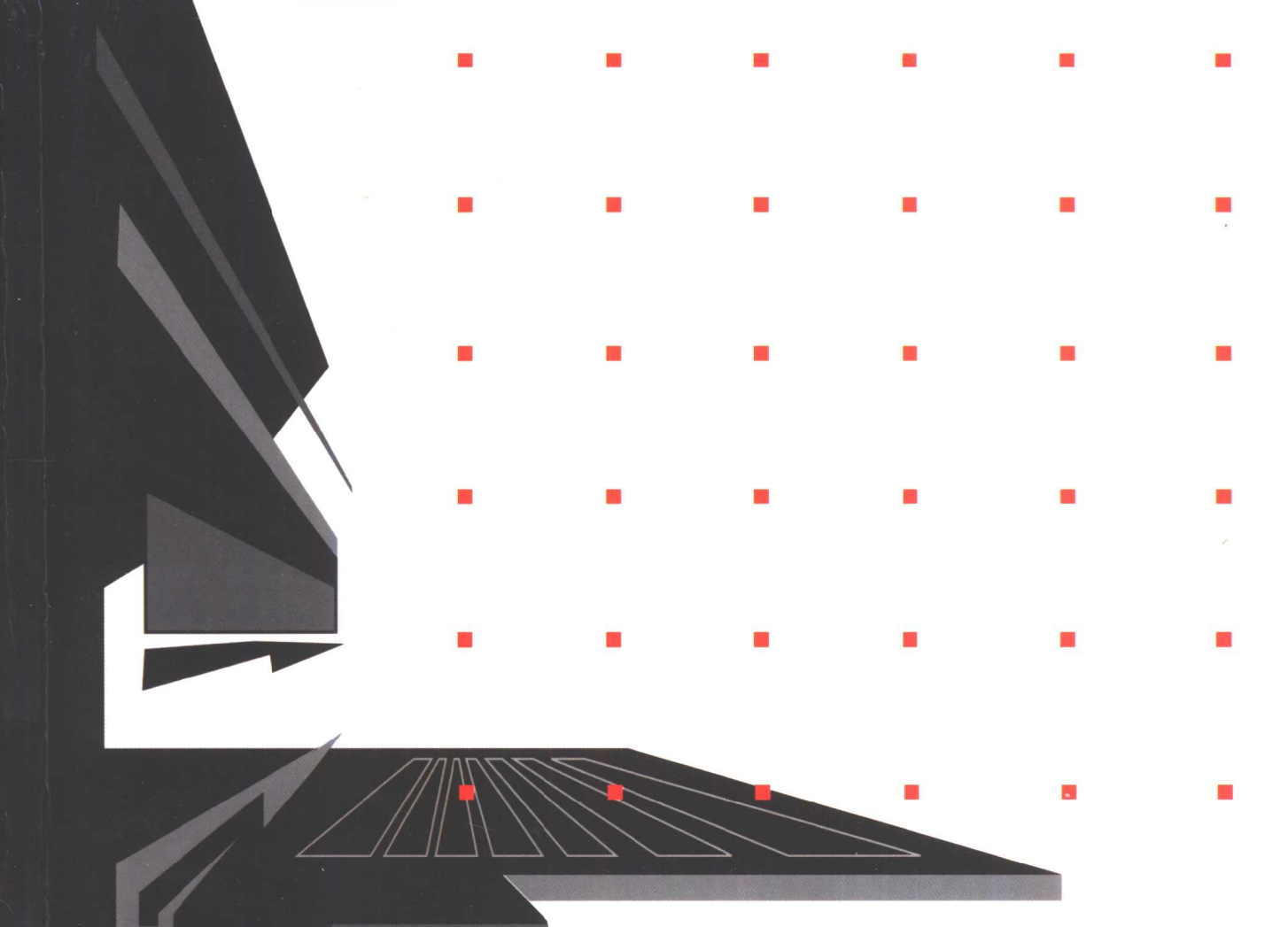
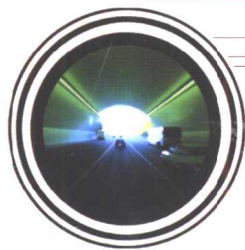




实用表面组装技术



张文典 编著
林 叶 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

实用表面组装技术

张文典 编著
林 叶 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

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

本书较详细地介绍了 SMT 的相关知识。全书共有十五章,包括焊接机理、SMT 工艺设计的要求、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以及焊接曲线的设定、贴片机验收标准、焊点质量评价与 SMA 性能测试技术、SMT 大产生中的防静电及质量管理。

本书内容丰富、实用性强,对从事 SMT 行业的相关人员的继续教育和工作实践都有很大的参考价值。

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。

图书在版编目(CIP)数据

实用表面组装技术/张文典编著. —北京:电子工业出版社,2002.2

ISBN 7-5053-7373-0

I. 实… II. 张… III. 电子电路—表面—封装工艺 IV. TN705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 093143 号

责任编辑:王 颖 特约编辑:卫 政

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:653 千字

版 次:2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:48.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

前 言

自从无线电发明的那天起,电子组装技术就相伴诞生了,从电子管时期的手工焊接,发展到晶体管时期的波峰焊,直至今天的 SMT,电子组装技术已成为电子信息产业迅速壮大和突飞猛进的主要支柱。而 SMT 作为新一代的组装技术,至今仅有 40 年的历史,但这项技术一问世,就充分显示出强大的生命力,近十年的发展,更是突飞猛进。它的发展大大促进了电子产品的小型化、微型化、多功能和高可靠性,使电子产品水平跃上一个新台阶,并以此推动世界经济滚滚向前。

展望 21 世纪,随着微细超精加工的发展,IC 芯片制造技术的提高,I/O 快速增多,芯片级以及三维组装技术的进一步成熟和广泛采用,电子组装技术将向微组装技术方向迈进,从而迎来了 SMT 和微组装技术相互渗透、共同发展的新时代。

我国 SMT 起步较晚,从 20 世纪 80 年代初起步至今仅 20 年时间,但在引进、消化吸收国外先进技术的过程中,我们已走过了理论探索、批量试验的初级阶段,迈进深化研究和大批量生产应用的新阶段。为了进一步适应 SMT 发展的需要,缩短和世界先进水平的差距,我们特编撰《实用表面组装技术》一书。

本书的主要内容有 SMC/SMD、SMT 工艺对 SMB 设计的要求、焊料与焊锡膏、贴片胶与助焊剂、波峰焊与再流焊技术、焊点质量与 SMA 检测技术、贴片机与贴片机验收标准、SMT 大生产中的防静电以及质量管理。全书侧重突出了各种基本概念和理论,使读者熟悉焊接机理,弄清焊接不仅是简单的实现元器件与 PCB 的互连,还涉及到物理学、化学、金属学、材料力学等相关知识;熟悉流体的流变行为,进一步认识锡膏、贴片胶的特性,为选购与用好它们奠定基础;熟悉热传导的基本概念,弄清各种焊接设备加热的特点,以及热量如何传导给 SMA,以增强对焊接工艺参数“时间”和“温度”的认识;熟悉 IPC-A-610B、ISO-9000 相关的国际标准,为 SMA 验收及 SMT 大生产中的质量管理提供可靠的依据。总之,坚持理论联系实际的原则,既阐述了有关的基本理论,又介绍了这些理论在生产中的应用。这是编者撰写该书的初衷。谨以此献给在电子装配行业辛勤耕耘、为我国电子组装技术的进步做出贡献的同行们。

本书由方芳撰写第 2 章 SMC/SMD,翁志德撰写第 9 章贴片机,其余部分由张文典撰写并统编全稿。熊猫电子集团总工艺师赵根顺先生、连震青先生、深圳《印刷电路与贴装》副总编钟秉刚先生、江苏省 SMT 协会秘书长宣大荣先生参加了审阅工作,并在编写立意方面给予帮助和指导。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)等公司提供了详实资料,本书的插图由陆璎协助绘制,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,殷切希望广大读者批评指正。

编著者

目 录

前 言

第1章 概论	(1)
1.1 表面组装技术的优点	(3)
1.2 表面组装和通孔插装技术的比较	(4)
1.3 表面组装的工艺流程	(4)
1.4 表面组装技术的组成	(7)
1.5 我国 SMT 技术的基本现状与发展对策	(8)
1.6 表面组装技术的发展趋势	(9)
1.6.1 芯片级组装技术	(9)
1.6.2 多芯片模块(MCM)技术	(10)
1.6.3 三维立体组装技术	(11)
1.6.4 三维立体封装实现后做什么	(11)
第2章 表面安装元器件	(13)
2.1 表面安装电阻器和电位器	(13)
2.1.1 矩形片式电阻器	(13)
2.1.2 圆柱形固定电阻器	(17)
2.1.3 小型固定电阻网络	(20)
2.1.4 片式电位器	(22)
2.2 表面安装电容器	(24)
2.2.1 多层片状瓷介电容器	(25)
2.2.2 特种多层片状瓷介电容器的特性	(28)
2.2.3 钽电解电容器	(30)
2.2.4 铝电解电容器	(38)
2.2.5 云母电容器	(41)
2.3 电感器	(43)
2.3.1 绕线形片式电感器	(43)
2.3.2 多层形片式电感器	(46)
2.4 磁珠	(51)
2.4.1 片式磁珠(Chip Bead)	(51)
2.4.2 多层片式磁珠	(53)
2.5 其他片式元件	(55)
2.5.1 片式多层压敏电阻器	(55)
2.5.2 片式热敏电阻	(56)
2.5.3 片式表面波滤波器	(57)
2.5.4 片式多层 LC 滤波器	(58)

2.5.5 片式多层延时线	(58)
2.6 表面安装半导体器件	(58)
2.6.1 二极管	(59)
2.6.2 小外形封装晶体管	(60)
2.6.3 小外形封装集成电路 SOP	(62)
2.6.4 有引脚塑封芯片载体(PLCC)	(64)
2.6.5 方形扁平封装(QFP)	(66)
2.6.6 陶瓷芯片载体	(68)
2.6.7 BGA(Ball Grid Array)	(69)
2.6.8 CSP(Chip Scale Package)	(73)
2.7 裸芯片(Bare Chip)	(76)
2.7.1 COB 芯片	(77)
2.7.2 F·C	(77)
2.8 塑料封装表面安装器件的保管	(77)
2.8.1 塑料封装表面安装器件的储存	(78)
2.8.2 塑料封装表面安装器件的开封使用	(78)
2.8.3 已吸湿 SMD 的驱湿烘干	(79)
2.8.4 剩余 SMD 的保存方法	(79)
2.9 表面安装元器件的发展趋势	(80)
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 环氧玻璃布基 CCL	(84)
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	(91)
3.1.11 有机类 CCL 与电子产品的匹配性	(91)
3.1.12 高性能玻璃布基覆铜板发展趋势	(91)
3.2 表面安装印制板(SMB)	(93)
3.2.1 SMB 的特征	(93)
3.2.2 评估 SMB 基材质量的相关参数	(94)
3.3 SMT 工艺对 SMB 设计的要求	(97)
3.3.1 总体设计原则	(97)
3.3.2 具体设计要求	(98)
第4章 焊接机理与可焊性测试	(114)

4.1 焊接机理	(114)
4.1.1 焊料的润湿与润湿力	(114)
4.1.2 表面张力与润湿力	(115)
4.1.3 润湿程度与润湿角 θ	(117)
4.1.4 润湿程度的目测评估	(118)
4.1.5 毛细现象及其在焊接中的作用	(118)
4.1.6 扩散作用和金属间化合物	(119)
4.2 可焊性测试	(121)
4.2.1 边缘浸渍法	(122)
4.2.2 湿润平衡法	(124)
4.2.3 焊球法	(128)
4.2.4 可焊性测试方法的其他用途	(131)
4.2.5 加速老化处理	(131)
4.2.6 元器件的耐焊接热能力	(132)
4.2.7 片式元器件的保管	(134)
第5章 助焊剂	(135)
5.1 常见金属表面的氧化层	(135)
5.1.1 铜表面的氧化层	(136)
5.1.2 锡/铅表面的氧化层	(136)
5.2 焊剂的分类	(137)
5.2.1 按焊剂状态分类	(137)
5.2.2 按活性剂特性分类	(137)
5.2.3 按焊剂中固体含量分类	(138)
5.2.4 按传统的化学成分分类	(138)
5.3 常见的四种类型焊剂	(138)
5.3.1 松香型焊剂	(138)
5.3.2 水溶性焊剂	(141)
5.3.3 低固含量免清洗焊剂/无 VOC 焊剂	(142)
5.3.4 有机耐热预焊剂(OSP)	(144)
5.4 焊剂的评价	(145)
5.4.1 工艺性能	(145)
5.4.2 理化指标	(145)
5.5 助焊剂的使用原则及发展方向	(146)
5.5.1 使用原则	(146)
5.5.2 助焊剂的发展方向	(147)
第6章 锡铅焊料合金	(148)
6.1 电子产品焊接对焊料的要求	(148)
6.2 锡铅焊料	(148)
6.2.1 锡的物理和化学性质	(150)
6.2.2 铅的物理和化学性质	(151)

6.2.3	锡铅合金的物理性能	(151)
6.2.4	铅在焊料中的作用	(152)
6.2.5	锡铅焊料中的杂质	(153)
6.2.6	液态锡铅焊料的易氧化性	(154)
6.2.7	浸析现象	(154)
6.2.8	锡铅焊料的力学性能	(155)
6.2.9	高强度焊料合金	(156)
6.2.10	锡铅合金相图与特性曲线	(157)
6.2.11	国内外常用锡铅焊料的牌号和成分	(158)
6.2.12	焊锡丝	(159)
6.2.13	锡铅焊料的防氧化	(160)
6.2.14	无铅焊料	(160)
第7章	焊锡膏与印刷技术	(164)
7.1	焊锡膏	(164)
7.1.1	流变学基本概念与焊膏的流变行为	(164)
7.1.2	焊料粉的制造	(167)
7.1.3	糊状焊剂	(169)
7.1.4	焊锡膏的分类及标识	(169)
7.1.5	几种常见的焊锡膏	(170)
7.1.6	焊锡膏的评价	(171)
7.2	焊锡膏的印刷技术	(175)
7.2.1	模板/钢板	(175)
7.2.2	模板窗口尺寸与 QFP 引脚中心距之间的关系	(178)
7.2.3	印刷机简介	(179)
7.2.4	焊膏印刷原理与影响印刷质量的因素	(179)
7.2.5	焊膏印刷过程	(181)
7.2.6	印刷机工艺参数的调节与影响	(182)
7.2.7	新概念的捷流印刷工艺	(184)
7.2.8	焊膏印刷的缺陷、产生原因及对策	(186)
7.3	国外焊锡膏的发展动向	(187)
第8章	贴片胶与涂布技术	(188)
8.1	贴片胶	(188)
8.1.1	贴片胶的工艺要求	(188)
8.1.2	环氧型贴片胶	(190)
8.1.3	丙烯酸类贴片胶	(191)
8.1.4	如何选用不同类型的贴片胶	(192)
8.1.5	贴片胶的流变行为	(193)
8.1.6	影响黏度的相关因素	(194)
8.1.7	黏结的基本原理	(195)
8.1.8	贴片胶的力学行为	(196)

8.1.9 贴片胶的评估	(197)
8.2 贴片胶的应用	(200)
8.2.1 常见的贴片胶涂布方法	(200)
8.2.2 影响胶点质量的因素	(202)
8.2.3 工艺参数优化设定	(204)
8.2.4 点胶工艺中常见的缺陷	(206)
8.2.5 贴片胶的固化	(206)
8.2.6 使用贴片胶的注意事项	(207)
8.3 点胶一波峰焊工艺中常见的缺陷与解决方法	(208)
8.4 小结	(209)
第9章 贴片技术与贴片机	(210)
9.1 贴片机的结构与特性	(210)
9.1.1 机架	(210)
9.1.2 传送机构与支撑台	(211)
9.1.3 X, Y 与 Z/ θ 伺服, 定位系统	(213)
9.1.4 光学对中系统	(218)
9.1.5 贴片头	(221)
9.1.6 供料器	(223)
9.1.7 传感器	(227)
9.1.8 计算机控制系统	(229)
9.2 贴片机的技术参数	(230)
9.2.1 基本参数	(230)
9.2.2 贴片机技术参数的解析	(231)
9.3 贴片机的分类与典型机型介绍	(236)
9.3.1 贴片机的分类	(236)
9.3.2 典型贴片机介绍	(237)
9.4 贴片机的选型与验收	(246)
9.4.1 贴片机的选型	(246)
9.4.2 贴片机的验收	(247)
9.5 贴片机发展趋势	(251)
第10章 波峰焊接技术与设备	(252)
10.1 传热学的基本概念	(252)
10.1.1 传导导热	(253)
10.1.2 对流导热	(254)
10.1.3 辐射导热	(255)
10.1.4 汽化热与相变传热	(256)
10.1.5 焊接过程中的热匹配	(256)
10.2 波峰焊技术	(256)
10.2.1 波峰焊机	(257)
10.2.2 助焊剂的涂布	(258)

10.2.3	正确控制焊剂密度	(260)
10.2.4	焊剂的烘干(预热)	(261)
10.2.5	波峰焊机中常见的预热方法	(261)
10.2.6	SMA 预热温度的测试	(262)
10.2.7	波峰焊工艺曲线解析	(262)
10.2.8	SMT 生产中的混装工艺	(266)
10.2.9	波峰焊机的改进与发展	(267)
10.2.10	波峰焊机的评估与选购注意事项	(271)
10.2.11	波峰焊接中常见的焊接缺陷	(273)
第 11 章	再流焊	(275)
11.1	红外再流焊	(275)
11.1.1	红外再流焊炉的演变	(275)
11.1.2	再流炉的基本结构与焊接温度曲线的调整	(278)
11.1.3	温度曲线测试方法与温度曲线控制	(281)
11.1.4	通孔再流焊(Pin-In-Hole Reflow 简称 PIHR)	(282)
11.1.5	无铅锡膏再流焊的注意事项	(285)
11.1.6	Flip Chip 再流焊技术	(286)
11.1.7	再流焊炉的选用原则	(287)
11.2	汽相再流焊	(291)
11.2.1	VPS 的优缺点	(292)
11.2.2	汽相焊的热转换介质	(292)
11.2.3	汽相焊的设备	(293)
11.3	激光再流焊	(295)
11.3.1	原理和特点	(295)
11.3.2	激光再流焊设备	(296)
11.4	各种再流焊方法及性能对比	(296)
11.5	工艺中常见的焊接质量分析	(297)
11.6	焊接与环境问题	(297)
第 12 章	焊接质量评估与检测	(298)
12.1	连接性测试	(298)
12.1.1	人工目测检验(加辅助放大镜)	(298)
12.1.2	自动光学检查(AOI)	(312)
12.1.3	激光/红外线组合式检测系统	(318)
12.1.4	X 射线检测仪	(318)
12.2	在线测试	(320)
12.2.1	模拟器件在线测试技术	(321)
12.2.2	向量法测试技术	(322)
12.2.3	边界扫描技术	(323)
12.2.4	非向量测试(Vectorless Test)技术	(325)
12.2.5	飞针式测试仪	(327)

12.2.6	在线测试仪的功能	(329)
12.2.7	针床制造与测量	(331)
12.3	功能测试	(332)
12.3.1	特征分析(SA)测试技术	(332)
12.3.2	复合测试仪	(332)
12.4	电气测试所面临的挑战	(332)
12.5	SMT生产中常见的质量缺陷及解决办法	(333)
12.5.1	立碑现象的产生与解决办法	(333)
12.5.2	再流焊中锡珠生成原因与解决办法	(334)
12.5.3	焊接后印制板阻焊膜起泡的原因与解决方法	(335)
12.5.4	印制板组件焊接后PCB基板上起泡的原因与解决办法	(336)
12.5.5	芯吸现象	(337)
12.5.6	片式元器件开裂	(337)
12.5.7	焊点不光亮/残留物多	(337)
12.5.8	PCB扭曲	(337)
12.5.9	桥连	(338)
12.5.10	IC引脚焊接后开路/虚焊	(339)
12.5.11	其他常见焊接缺陷	(339)
12.6	SMA的维修	(340)
12.6.1	维修设备	(340)
12.6.2	维修过程	(341)
第13章	清洗与清洗剂	(343)
13.1	污染物的种类	(343)
13.1.1	极性污染物	(343)
13.1.2	非极性污染物	(343)
13.1.3	粒状污染物	(344)
13.2	清洗机理	(345)
13.3	几种常见的清洗工艺	(345)
13.3.1	溶剂清洗与CFC对臭氧层的破坏作用	(345)
13.3.2	溶剂选择原则与CFC替代品	(347)
13.3.3	CFC的代用品	(348)
13.3.4	溶剂法清洗工艺流程	(350)
13.3.5	皂化法水清洗	(351)
13.3.6	半水清洗	(352)
13.3.7	半水清洗工艺流程图	(354)
13.3.8	净水清洗法	(355)
13.3.9	各种清洗工艺方案的评估	(355)
13.4	清洗的质量标准	(356)
13.4.1	Mil-P-28809标准	(356)
13.4.2	国内有关清洁度的标准	(357)

13.5	清洗效果的评价方法	(358)
13.5.1	目测法	(358)
13.5.2	溶剂萃取液测试法	(358)
13.5.3	表面绝缘电阻(SIR)测试法	(358)
13.6	SMA 清洗总体方案设计	(360)
13.7	表面安装印制板组件(SMA)的清洗问题	(361)
13.8	有利于 SMA 清洗的条件	(361)
13.9	免清洗发展的探讨	(362)
第 14 章	电子产品组装中的静电防护技术	(363)
14.1	静电及其危害	(363)
14.1.1	静电的产生	(363)
14.1.2	静电的力学效应	(364)
14.1.3	静电放电效应	(365)
14.1.4	静电感应	(365)
14.1.5	静电放电对电子工业的危害	(365)
14.1.6	静电敏感器件及其分类	(366)
14.1.7	电子产品生产环境中的静电源	(367)
14.2	静电防护	(368)
14.2.1	静电防护原理	(369)
14.2.2	静电防护方法	(369)
14.2.3	常用静电防护器材	(370)
14.2.4	静电测量仪器	(371)
14.3	电子整机作业过程中的静电防护	(372)
14.3.1	手机生产线内的防静电设施	(372)
14.3.2	生产过程的防静电	(373)
14.3.3	SSD 的存储	(373)
14.3.4	其他部门的防静电要求	(373)
第 15 章	SMT 生产中的质量管理	(375)
15.1	ISO-9000 系列标准是 SMT 生产中质量管理的最好选择	(375)
15.2	符合 ISO-9000 标准的 SMT 生产质量管理体系	(376)
15.2.1	中心的质量指标	(376)
15.2.2	质量保证体系的内涵	(376)
15.2.3	SMT 产品设计	(376)
15.2.4	外购件及外协件的管理	(377)
15.2.5	生产管理	(377)
15.2.6	质量检验	(384)
15.2.7	图纸文件管理	(386)
15.2.8	包装、储存及交货	(386)
15.2.9	降低成本	(386)
15.2.10	人员培训	(386)

15.3 统计技术在 ISO-9000 族标准质量管理中的作用	(387)
15.3.1 调查表	(387)
15.3.2 分层图	(388)
15.3.3 头脑风暴法	(388)
15.3.4 因果图	(388)
15.3.5 流程图	(388)
15.3.6 树图	(389)
15.3.7 控制图	(389)
15.3.8 直方图	(389)
15.3.9 排列图	(390)
15.3.10 散布图	(390)
15.3.11 过程能力指数	(391)
参考文献	(392)

第 1 章 概 论

自从无线电技术发明的那天起,电子装联技术就相伴诞生了。但在电子管时代,人们仅用手工铬铁焊接电子线路,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,20 世纪 40 年代,晶体管的诞生,高分子聚合物的出现,以及印制电路板的研制成功,人们开始尝试将晶体管以及通孔元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。20 世纪 50 年代,英国人研制出世界上第一台波峰焊接机,人们将晶体管一类通孔元件插装在印制电路板上,采用波峰焊接技术实现了通孔组件的装联后,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,它对全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,在电子表行业中,为了实现电子表的微型化,人们开发出了无引线电子元件,并将其直接焊接到印制板的表面,实现了电子表微型化的目的,这就是今天称之为“表面组装技术”的雏形。

表面组装技术,英文称之为“Surface Mount Technology”,简称 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路装联技术,所用的印制电路板无需钻插装孔。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联。进入 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,并迅速在电子行业推广,很快推出 SMT 专用焊料(焊锡膏)和专用设备(贴片机、再流焊炉、印刷机)以及各种片式元器件,极大地丰富了 SMT 的内涵,也为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。20 世纪 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被广泛地应用于各个领域的电子产品装联中。航空、航天、通信、计算机、医疗电子、汽车、办公自动化、家用电器等行业,真可谓哪里有电子产品,哪里就有 SMT。到了 20 世纪 90 年代,SMT 相关产业更是发生了惊人的变化,片式阻容元件自 20 世纪 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%,见表 1.1。

表 1.1 片式阻容元件的发展情况

时间	1975 年	1979 年	1985 年	1991 年	1995 年
产品型号	3216	2012	1608	1005	0603
外形					
尺寸 (mm)	$3.2 \times 1.6 \times 1.2$	$2.0 \times 1.2 \times 1.2$	$1.6 \times 0.8 \times 0.8$	$1.0 \times 0.5 \times 0.5$	$0.6 \times 0.3 \times 0.3$

(续表)

时间	1975 年	1979 年	1985 年	1991 年	1995 年
体积 (mm ³)	6.14	2.88	1.02	0.25	0.054
商品	录像机	早期手机	微型摄像机	改进后的手机	DVD 手机



图 1.1 21 世纪阻容元件

片式元件的发展还可以从 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 和 0.4mm。如今 IC 封装形式又以崭新的面貌出现在人们面前,继 PLCC 和 QFP 之后又出现了 BGA、CSP 和 FC 等,令人目不暇接。21 世纪阻容元件如图 1.1 所示。IC 封装电路的趋势如图 1.2 所示。与元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 多层,板面上线宽已从 0.2~0.3mm 缩小到 0.15mm、0.10mm,甚至到 0.05mm。

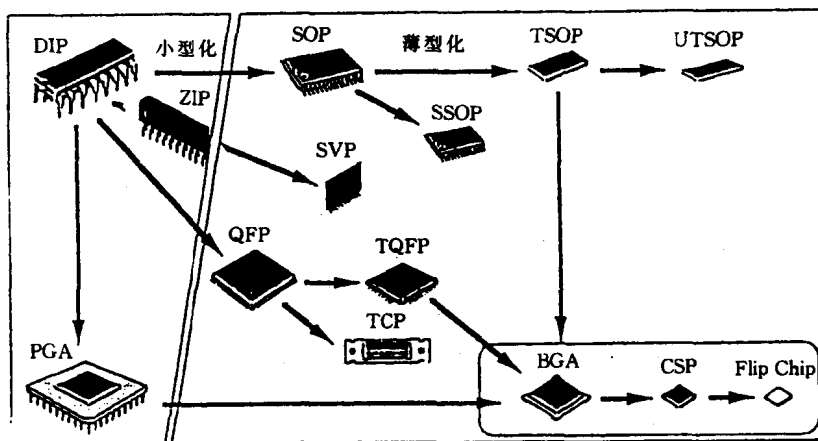


图 1.2 IC 封装电路的发展趋势

如今人们所见到的电子产品,无论是外形尺寸还是重量更是大幅度减小。以手提摄像机为例,20 世纪 90 年代初体积为 2500 mm³,重 2.5kg,到了 1999 年,体积仅为 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 万元之多,到了 20 世纪 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,能适应通孔元件再流焊且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,但却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。因此,把它称之为装联技术的“第二次革命”是当之无愧的。

SMT 技术为什么能发展这么快,它的优点何在? 现介绍如下。

1.1 表面组装技术的优点

1. 组装密度高

片式元器件比传统穿孔元件所占面积和重量都大为减少。一般来说,采用 SMT 可使电子产品体积缩小 60%,重量减轻 75%。通孔安装技术元器件,它们按 2.54mm 网格安装元件,而 SMT 组装元件网格从 1.27mm 发展到了目前的 0.63mm 网格,个别达 0.5mm 网格的安装元件,密度更高。例如一个 64 引脚的 DIP 集成块,它的组装面积为 $25\text{mm} \times 75\text{mm}$,而同样引脚采用引线间距为 0.63mm 的方形扁平封装集成块(QFP),它的组装面积为 $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ 。

2. 可靠性高

由于片式元器件的可靠性高,器件小而轻,故抗震动能力强,自动化生产程度高。贴装可靠性高,一般不良焊点率小于百万分之十,比通孔插元件波峰焊接技术低一个数量级,用 SMT 组装的电子产品平均无故障时间(MTBF)为 25 万小时,目前几乎有 90% 的电子产品采用 SMT 工艺。

3. 高频特性好

由于片式元器件贴装牢固,器件通常为无引线或短引线,降低了寄生电感和寄生电容的影响,提高了电路的高频特性。采用 SMC 及 SMD 设计的电路最高频率达 3GHz,而采用通孔元件仅为 500MHz。采用 SMT 也可缩短传输延迟时间,可用于时钟频率为 16MHz 以上的电路。若使用多芯片模块 MCM 技术,计算机工作站的高端时钟频率可达 100MHz,由寄生电抗引起的附加功耗可降低 2 至 3 倍。

4. 降低成本

①印制板使用面积减小,面积为采用通孔技术面积的 1/12,若采用 CSP 安装,则其面积还可大幅度下降;②印制板上钻孔数量减少,节约返修费用;③频率特性提高,减少了电路调试费用;④片式元器件体积小、重量轻,减少了包装、运输和储存费用;⑤片式之器件(SMC/SMD)发展快,成本迅速下降,一个片式电阻已同通孔电阻价格相当,约 0.3 美分,合 2 分人民币。

5. 便于自动化生产

目前穿孔安装印制板要实现完全自动化,还需扩大 40% 原印制板面积,这样才能使自动插件的插装头将元件插入,若没有足够的空间间隙,将碰坏零件。而自动贴片机采用真空吸嘴吸放元件,真空吸嘴小于元件外形,可提高安装密度。事实上小元件及细间距 QFP 器件均采用自动贴片机进行生产,以实现全线自动化生产。

当然,SMT 大生产中也存在一些问题,如:①元器件上的标称数值看不清,维修工作困难;②维修调换器件困难,并需专用工具;③元器件与印制板之间热膨胀系数(CTE)一致性差。随着专用拆装设备及新型的低膨胀系数印制板的出现,它们已不再成为阻碍 SMT 深入发展的障碍。

1.2 表面组装和通孔插装技术的比较

电子电路装联技术的发展主要受元器件类型的支配,俗话说,一代元器件,一代组装工艺。由于SMT生产中采用“无引线或短引线”的元器件,故从组装工艺角度分析,表面组装和通孔插装(THT)技术的主要区别一是所用元器件、PCB的外形不完全相同;二是前者是“贴装”,即将元器件贴装在PCB焊盘表面,而后者则是“插装”,即将长引脚元器件插入PCB焊盘孔内。前者是预先将焊料——锡膏涂放在焊盘上,贴装元件后一次加热而完成焊接过程,而后者是通过波峰焊机利用熔融的焊料流,实现升温与焊接。现列表比较如下(见表1.2)。

表 1.2 THT 与 SMT 的区别

类型	THT	SMT
元器件	双列直插或 DIP 针阵列 PGA 有引线电阻、电容	SOIC, SOT, SSOIC, LCCC, PLCC, QFP, PQFP 尺寸比 DIP 要小许多倍 片式电阻、电容
基板	印制电路板, 2.54mm 网格, $\phi 0.8\text{mm} \sim 0.9\text{mm}$ 通孔	印制电路板, 1.27mm 网或更细, 导电孔仅在层与层互联调用($\phi 0.3\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$), 布线密度要高 2 倍以上, 厚膜电路、薄膜电路, 0.5mm 网格或更细
焊接方法	波峰焊	再流焊, 预先将焊锡膏印在焊盘上
面积	大	小, 缩小比约 1:3~1:10
组装方法	穿孔插入	表面安装(贴装)
自动化程度	自动插装机	自动贴片机, 生产效率高

1.3 表面组装的工艺流程

SMT 工艺有两类最基本的工艺流程,一类是锡膏一再流焊工艺,另一类是贴片一波峰焊工艺。在实际生产中,应根据所用元器件和生产装备的类型以及产品的需求,选择单独进行或者重复、混合使用,以满足不同产品生产的需要。现将基本的工艺流程图示如下:

(1)锡膏一再流焊工艺,如图 1.3 所示。该工艺流程的特点是简单、快捷,有利于产品体积的减小。

(2)贴片一波峰焊工艺,如图 1.4 所示。该工艺流程的特点是利用双面板空间,电子产品的体积可以进一步减小,且仍使用通孔元件,价格低廉。但设备要求增多,波峰焊过程中缺陷较多,难以实现高密度组装。