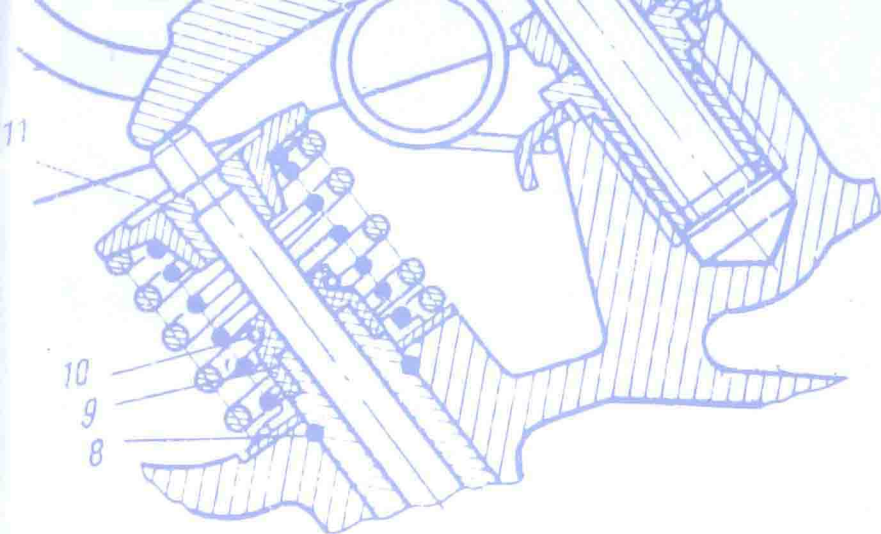
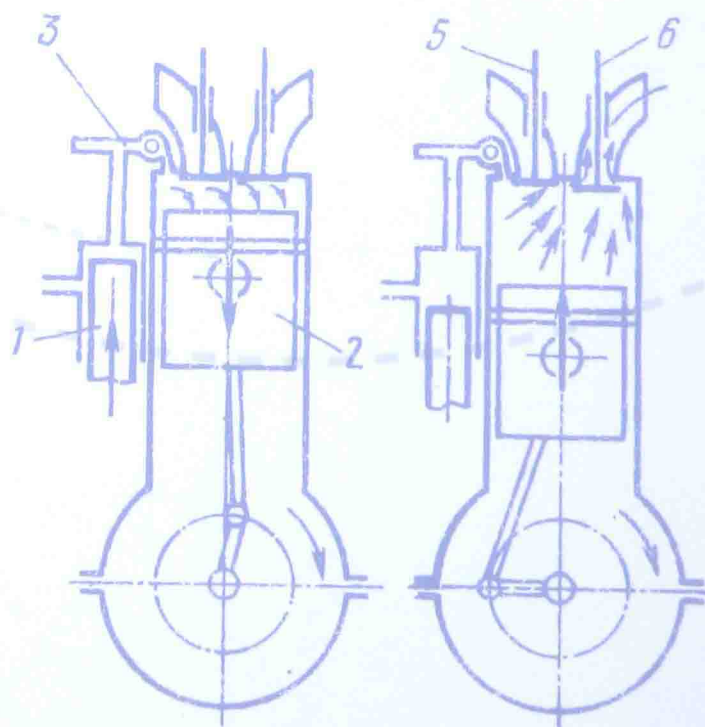




实用表面组装技术

(第4版)

张文典 编著



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

(第4版)

张文典 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry

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 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。

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。

图书在版编目(CIP)数据

实用表面组装技术/张文典编著. —4 版. —北京:电子工业出版社,2015.1

ISBN 978-7-121-25348-5

I. ①实… II. ①张… III. ①SMT 技术 IV. ①TN305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 312699 号

责任编辑:田宏峰

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:三河市皇庄路通装订厂

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:787×1 092 1/16 印张:32.25 字数:825 千字

版 次:2002 年 2 月第 1 版

2015 年 1 月第 4 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:88.00 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。

《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》进行再次修订出版。

《实用表面组装技术》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》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 基础理论知识的兴趣。

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,故在本次修订中结合无铅工艺,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 4 版)》仍保留原书的特点,即坚持理论联系实际,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,并投入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 4 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!

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。

作 者

2014 年 12 月

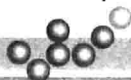
第 1 章 概论	(1)
1.1 世界各国都重视 SMT 产业	(3)
1.2 表面组装技术的优点	(4)
1.3 表面组装和通孔插装技术的比较	(5)
1.4 表面组装工艺流程	(5)
1.5 表面组装技术的组成	(7)
1.6 我国 SMT 技术的基本现状与发展对策	(8)
1.7 表面组装技术的发展趋势	(11)
第 2 章 表面安装元器件	(14)
2.1 表面安装电阻器和电位器	(14)
2.1.1 矩形片式电阻器	(15)
2.1.2 圆柱形固定电阻器	(19)
2.1.3 小型固定电阻网络	(21)
2.1.4 片式电位器	(22)
2.1.5 电子元器件的无铅化标识	(24)
2.2 表面安装电容器	(25)
2.2.1 多层片式瓷介电容器	(25)
2.2.2 特种多层片式瓷介电容器的特性	(28)
2.2.3 片式固体钽电解电容器	(29)
2.2.4 圆柱形铝电解电容器	(33)
2.2.5 云母电容器	(36)
2.3 电感器	(37)
2.3.1 片式电感器	(38)
2.3.2 电感器的主要特性参数	(41)
2.3.3 电感单位与标识	(42)
2.4 磁珠	(42)
2.4.1 片式磁珠	(42)
2.4.2 多层片式磁珠	(43)
2.5 其他片式元器件	(45)
2.6 表面安装半导体器件	(47)
2.6.1 二极管	(48)

2.6.2	小外形封装晶体管	(48)
2.6.3	小外形封装集成电路 SOP	(50)
2.6.4	有引脚塑封芯片载体 (PLCC)	(52)
2.6.5	方形扁平封装 (QFP)	(54)
2.6.6	陶瓷芯片载体	(56)
2.6.7	PQFN	(57)
2.6.8	BGA (Ball Grid Array)	(58)
2.6.9	CSP (Chip Scale Package)	(62)
2.7	裸芯	(63)
2.8	塑料封装表面安装元器件使用前的注意事项与保管	(64)
2.9	表面安装元器件的发展趋势	(66)
第3章	表面安装用的印制电路板	(68)
3.1	基板材料	(68)
3.1.1	纸基 CCL	(69)
3.1.2	玻璃布基 CCL	(69)
3.1.3	复合基 CCL	(69)
3.1.4	金属基 CCL	(71)
3.1.5	挠性 CCL	(72)
3.1.6	高频板	(73)
3.1.7	陶瓷基板	(74)
3.1.8	覆铜箔板标准	(75)
3.1.9	CCL 常用的字符代号	(76)
3.1.10	CCL 标称厚度	(76)
3.1.11	铜箔种类与厚度	(76)
3.2	表面安装印制板	(77)
3.2.1	SMB 的特征	(77)
3.2.2	多层板制造技术简介	(78)
3.2.3	评估 SMB 基材质量的相关参数	(81)
3.2.4	无铅焊接中 SMB 焊盘的涂镀层	(87)
3.2.5	阻焊层与字符图	(90)
3.3	SMB 技术发展趋势	(91)
第4章	SMB 的优化设计	(93)
4.1	常见的 SMB 设计错误	(93)
4.2	不良设计原因分析	(94)
4.3	SMB 的优化设计	(97)
4.3.1	设计的基本原则	(97)
4.3.2	具体设计要求	(100)

第 5 章 焊接机理与可焊性测试	(125)
5.1 焊接机理	(126)
5.1.1 锡的亲和性	(126)
5.1.2 焊接部位的冶金反应	(126)
5.1.3 润湿与润湿力	(127)
5.1.4 扩散与金属间化合物	(128)
5.1.5 锡铜界面合金层	(129)
5.1.6 不同焊盘涂层形成的 IMC	(131)
5.1.7 表面张力与润湿力	(132)
5.1.8 润湿程度与润湿角	(134)
5.1.9 润湿程度的目测评估	(135)
5.1.10 毛细现象及其在焊接中的作用	(136)
5.1.11 实现良好焊接的条件	(137)
5.2 可焊性测试	(137)
5.2.1 边缘浸渍法	(138)
5.2.2 湿润平衡法	(139)
5.2.3 焊球法	(143)
5.2.4 可焊性测试方法的其他用途	(144)
5.2.5 加速老化处理	(145)
5.2.6 元器件的耐焊接热能力	(146)
5.2.7 片式元器件的保管	(147)
第 6 章 助焊剂	(148)
6.1 常见金属表面的氧化层	(149)
6.2 焊剂的分类	(150)
6.3 常见的焊剂	(151)
6.3.1 松香型焊剂	(151)
6.3.2 水溶性焊剂	(154)
6.3.3 低固含量免清洗焊剂/无 VOC 焊剂	(155)
6.3.4 有机焊接保护剂 (OSP/HT-OSP)	(157)
6.4 焊剂的评价	(158)
6.5 助焊剂的使用原则及发展方向	(160)
第 7 章 锡铅焊料合金	(162)
7.1 电子产品焊接对焊料的要求	(162)
7.2 锡铅焊料	(163)
7.2.1 锡的物理和化学性质	(164)
7.2.2 铅的物理和化学性质	(165)
7.2.3 锡铅合金的物理性能	(165)
7.2.4 铅在焊料中的作用	(167)

7.2.5	锡铅焊料中的杂质	(167)
7.2.6	液态锡铅焊料的易氧化性	(168)
7.2.7	浸析现象	(169)
7.2.8	锡铅焊料的力学性能	(169)
7.2.9	高强度焊料合金	(171)
7.2.10	锡铅合金相图与特性曲线	(171)
7.2.11	国内外常用锡铅焊料的牌号和成分	(173)
7.2.12	焊锡丝	(174)
7.2.13	锡铅焊料的防氧化	(174)
第8章	无铅焊料合金	(176)
8.1	铅的危害以及无铅焊料的兴起	(176)
8.2	无铅焊料应具备的条件	(177)
8.3	电子产品无铅化的概念	(177)
8.4	几种实用的无铅焊料	(178)
8.4.1	SnAg 系合金	(178)
8.4.2	SnAgCu 系合金	(179)
8.4.3	SnZn 系合金	(181)
8.4.4	SnBi 系合金	(183)
8.4.5	SnCu 合金	(186)
8.5	无铅焊料与锡铅焊料的比较	(190)
8.6	无铅焊料尚存在的缺点	(192)
8.7	无铅焊料为什么存在这么多缺陷	(194)
8.7.1	焊料成分与元素周期表	(194)
8.7.2	Sn 和 Pb 是同主族元素	(195)
8.7.3	任何元素都无法代替铅	(195)
8.7.4	金属化合物的存在是无铅焊点性能变差的根源	(196)
8.8	无铅焊料的发展趋势	(197)
8.8.1	使用低 Ag 含量的 SAC 焊料	(197)
8.8.2	使用添加微量元素的 SAC 焊料	(197)
8.8.3	改进助焊剂	(199)
8.9	无铅焊料的性能评估	(199)
8.9.1	无铅焊料的熔化温度	(200)
8.9.2	无铅焊料的可焊性	(200)
8.9.3	无铅焊料的表面张力	(202)
8.9.4	导电/导热性能	(203)
8.9.5	抗氧化性/腐蚀性	(203)
8.9.6	无铅焊料的力学性能	(204)
8.9.7	高速冲击测试暴露出 SAC 焊点的脆性	(208)
8.10	铅含量对无铅焊接的影响	(212)

8.11 无铅焊接中焊点的可靠性问题	(215)
8.11.1 影响无铅焊点的可靠性的因素	(216)
8.11.2 无铅焊点可靠性测试方法	(218)
8.11.3 提高焊点可靠性的办法	(219)
8.12 无铅化进程评估	(221)
第 9 章 焊锡膏与印刷技术	(222)
9.1 焊锡膏	(222)
9.1.1 流变学基本概念与焊锡膏的流变行为	(222)
9.1.2 焊料粉的制造	(225)
9.1.3 糊状焊剂	(226)
9.1.4 焊锡膏的分类及标识	(227)
9.1.5 几种常见的焊锡膏	(228)
9.1.6 焊锡膏的评价	(231)
9.2 焊锡膏的印刷技术	(234)
9.2.1 模板/钢板	(234)
9.2.2 模板窗口形状和尺寸设计	(236)
9.2.3 印刷机简介	(239)
9.2.4 焊锡膏印刷机理与影响印刷质量的因素	(239)
9.2.5 焊锡膏印刷过程	(241)
9.2.6 印刷机工艺参数的调节与影响	(242)
9.2.7 新概念的捷流印刷工艺	(244)
9.2.8 焊锡膏喷印技术	(245)
9.2.9 焊锡膏印刷的缺陷、产生原因及对策	(246)
9.3 国外焊锡膏发展动向	(247)
第 10 章 贴片胶与涂布技术	(248)
10.1 贴片胶	(248)
10.1.1 贴片胶的工艺要求	(248)
10.1.2 环氧型贴片胶	(249)
10.1.3 丙烯酸类贴片胶	(251)
10.1.4 如何选用不同类型的贴片胶	(252)
10.1.5 贴片胶的流变行为	(252)
10.1.6 影响黏度的相关因素	(253)
10.1.7 黏结的基本原理	(254)
10.1.8 贴片胶的力学行为	(255)
10.1.9 贴片胶的评估	(256)
10.2 贴片胶的应用	(259)
10.2.1 常见的贴片胶涂布方法	(259)
10.2.2 影响胶点质量的因素	(260)
10.2.3 工艺参数优化设定	(263)



10.2.4	点胶工艺中常见的缺陷	(264)
10.2.5	贴片胶的固化	(264)
10.2.6	使用贴片胶的注意事项	(265)
10.3	点胶-波峰焊工艺中常见的缺陷与解决方法	(266)
10.4	贴片胶的发展趋势	(267)
10.5	小结	(268)
第 11 章	贴片技术与贴片机	(269)
11.1	贴片机的结构与特性	(269)
11.1.1	机架	(270)
11.1.2	PCB 传送机构与支撑台	(270)
11.1.3	X-Y 与 Z/ θ 伺服及定位系统	(272)
11.1.4	光学对中系统	(276)
11.1.5	贴片头	(279)
11.1.6	供料器	(281)
11.1.7	传感器	(285)
11.1.8	计算机控制系统	(286)
11.2	贴片机的技术参数	(287)
11.2.1	基本参数	(287)
11.2.2	贴片机技术参数的解析	(288)
11.3	贴片机的分类与典型机型介绍	(293)
11.3.1	贴片机的分类	(293)
11.3.2	典型贴片机介绍	(294)
11.4	贴片机的选型与验收	(300)
11.4.1	贴片机的选型	(300)
11.4.2	贴片机的验收	(301)
第 12 章	波峰焊接技术与设备	(304)
12.1	传热学基本概念	(304)
12.1.1	传导导热	(305)
12.1.2	对流导热	(306)
12.1.3	辐射导热	(307)
12.1.4	汽化热与相变传热	(308)
12.1.5	焊接过程中的热匹配	(308)
12.2	波峰焊技术	(309)
12.2.1	波峰焊机	(309)
12.2.2	助焊剂的涂布	(311)
12.2.3	正确控制焊剂密度	(312)
12.2.4	焊剂的烘干(预热)	(313)
12.2.5	波峰焊机中常见的预热方法	(313)
12.2.6	SMA 预热温度测试	(313)



12.2.7	波峰焊工艺曲线解析	(314)
12.2.8	SMT 生产中的混装工艺	(317)
12.2.9	波峰焊机的改进与发展	(318)
12.2.10	无铅波峰焊接工艺技术与设备	(320)
12.2.11	选择性波峰焊	(324)
12.2.12	波峰焊机的评估与选购注意事项	(325)
12.2.13	波峰焊接中常见的焊接缺陷	(327)
第 13 章	再流焊	(329)
13.1	红外再流焊	(329)
13.1.1	红外再流焊炉的演变	(329)
13.1.2	再流焊炉的基本结构	(333)
13.1.3	红外再流焊焊接温度曲线	(334)
13.1.4	再流焊温度曲线的监控	(341)
13.1.5	通孔再流焊/混装再流焊	(344)
13.1.6	BGA 的焊接	(349)
13.1.7	锡铅焊料焊接无铅 BGA 的峰值温度如何定	(350)
13.1.8	PoP 器件焊接	(352)
13.1.9	无铅再流焊工艺与再流焊炉	(354)
13.1.10	无铅焊点为何表面粗糙无光泽	(360)
13.1.11	无铅再流焊工艺中常见的问题与对策	(361)
13.1.12	使用 0201 元器件手机主板的焊接技术	(364)
13.1.13	如何做好 CSP 和 BGA 底部填充胶	(367)
13.1.14	再流焊炉的选用原则	(369)
13.2	汽相再流焊	(373)
13.2.1	VPS 的优缺点	(374)
13.2.2	汽相焊的热转换介质	(374)
13.2.3	汽相焊设备	(375)
13.3	激光再流焊	(377)
13.3.1	原理和特点	(377)
13.3.2	激光再流焊设备	(378)
13.4	各种再流焊方法及性能对比	(378)
13.5	焊接与环境问题	(378)
第 14 章	无铅焊接用电烙铁及其焊接工艺	(380)
14.1	电烙铁的结构	(380)
14.1.1	烙铁头	(380)
14.1.2	影响烙铁头热传导效率的因素	(381)
14.1.3	烙铁头腐蚀机理分析	(384)
14.1.4	烙铁头失效原因及处理办法	(384)
14.2	电烙铁的加热器与控温方法	(386)



14.2.1	电烙铁的加热器	(386)
14.2.2	电烙铁温度控制方法	(386)
14.2.3	居里温度与 Smart Heat 技术	(388)
14.2.4	电烙铁的特性与参数	(389)
14.2.5	无铅焊接对电烙铁的要求	(390)
14.2.6	使用电烙铁应注意的问题	(390)
14.3	烙铁无铅焊接工艺	(391)
14.3.1	做好焊接前的准备工作	(391)
14.3.2	电烙铁的操作方法	(391)
14.4	手工焊接温度曲线及其热能量传导	(393)
14.4.1	手工焊接温度曲线	(393)
14.4.2	热能量传导	(394)
14.4.3	目测法评估电烙铁温度	(396)
14.4.4	锡丝直径选用	(397)
14.4.5	如何做好手工电烙铁的无铅焊接	(397)
第 15 章 焊接质量评估与检测		(401)
15.1	连接性测试	(401)
15.1.1	人工目测检验 (加辅助放大镜)	(401)
15.1.2	自动光学检查 (AOI)	(413)
15.1.3	激光/红外线组合式检测系统	(418)
15.1.4	X 射线检测仪	(419)
15.2	在线测试	(424)
15.2.1	模拟器件式在线测试技术	(425)
15.2.2	向量法测试技术	(426)
15.2.3	边界扫描测试技术 (Boundary Scan Test)	(426)
15.2.4	非向量测试技术	(427)
15.2.5	飞针式测试仪	(430)
15.2.6	在线测试仪的功能	(431)
15.2.7	针床制造与测量	(433)
15.3	功能测试	(434)
15.4	电气测试所面临的挑战	(435)
15.5	SMT 生产常见质量缺陷及解决办法	(435)
15.6	SMA 的维修	(444)
15.6.1	维修设备	(444)
15.6.2	维修过程	(445)
第 16 章 清洗与清洗剂		(447)
16.1	污染物的种类和清洗处理	(447)
16.1.1	污染物的种类	(447)
16.1.2	清洗机理	(449)

16.2	清洗剂	(450)
16.2.1	选择清洗剂的方法	(450)
16.2.2	清洗剂的分类	(452)
16.2.3	早期的非水系清洗剂	(452)
16.2.4	氟利昂的代替品	(453)
16.2.5	水系清洗剂	(455)
16.2.6	半水系清洗剂	(455)
16.3	典型的清洗工艺流程	(457)
16.3.1	非水清洗工艺流程	(457)
16.3.2	水清洗工艺流程	(459)
16.3.3	半水清洗流程	(460)
16.3.4	免清洗技术	(461)
16.4	清洗条件对清洗的影响	(461)
16.5	各种清洗工艺方案的评估	(462)
16.6	清洗的质量标准	(463)
16.6.1	MIL-P-28809 标准	(463)
16.6.2	国内有关清洁度的标准	(464)
16.7	清洗效果的评价方法	(465)
16.7.1	目测法	(465)
16.7.2	溶剂萃取液测试法	(465)
16.7.3	表面绝缘电阻 (SIR) 测试法	(465)
16.8	SMA 清洗总体方案设计	(467)
16.9	表面安装印制板主件 (SMA) 清洗中的问题	(467)
16.10	有利于 SMA 的清洗的条件	(469)
16.11	免清洗发展的探讨	(469)
第 17 章	电子产品组装中的静电防护技术	(470)
17.1	静电及其危害	(470)
17.1.1	什么是静电	(470)
17.1.2	静电的产生	(470)
17.1.3	静电的力学效应	(471)
17.1.4	静电放电效应	(472)
17.1.5	静电感应	(472)
17.1.6	静电放电对电子工业的危害	(472)
17.1.7	静电敏感元器件及其分类	(474)
17.1.8	电子产品生产环境中的静电源	(475)
17.2	静电防护	(477)
17.2.1	静电防护原理	(477)
17.2.2	静电防护方法	(477)
17.2.3	电子产品装联场地的防静电接地	(478)

17.2.4 常用静电防护器材	(479)
17.2.5 静电测量仪器	(480)
17.3 电子整机作业过程中的静电防护	(481)
第 18 章 SMT 生产中的质量管理	(483)
18.1 ISO 9000 系列标准是 SMT 生产中质量管理的最好选择	(483)
18.2 建立符合 ISO 9000 标准的 SMT 生产质量管理体系	(484)
18.2.1 中心的质量目标	(484)
18.2.2 质量保证体系的内涵	(484)
18.2.3 SMT 产品设计	(485)
18.2.4 外购件及外协件的管理	(485)
18.2.5 生产管理	(486)
18.2.6 质量检验	(492)
18.2.7 图纸文件管理	(493)
18.2.8 包装、储存及交货	(494)
18.2.9 降低成本	(494)
18.2.10 人员培训	(494)
18.3 统计技术在 ISO 9000 系列标准质量管理中的作用	(494)
18.4 SMT 生产线管理中的具体做法	(499)
参考文献	(502)

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和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,英国研制出了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装在印制电路板上后,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,人们开发出了无引线电子元器件,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,它是指将表面贴装元器件(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,并很快推出了 SMT 专用焊料(焊锡膏)、专用设备,如贴片机、再流焊炉、印刷机和各种片式元器件等,极大地丰富了 SMT 的内涵,也为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。

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 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 6.14 mm^3 发展到现在的 0.014 mm^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	0.016
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

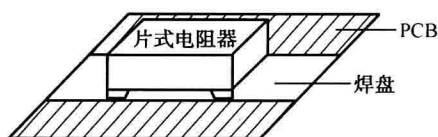


图 1-1 片式元器件发展趋势

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 1.27 mm 快速过渡到 0.65 mm 、 0.5 mm 、 0.4 mm , 如今 IC 封装形式又以崭新的面貌出现在人们面前, 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。

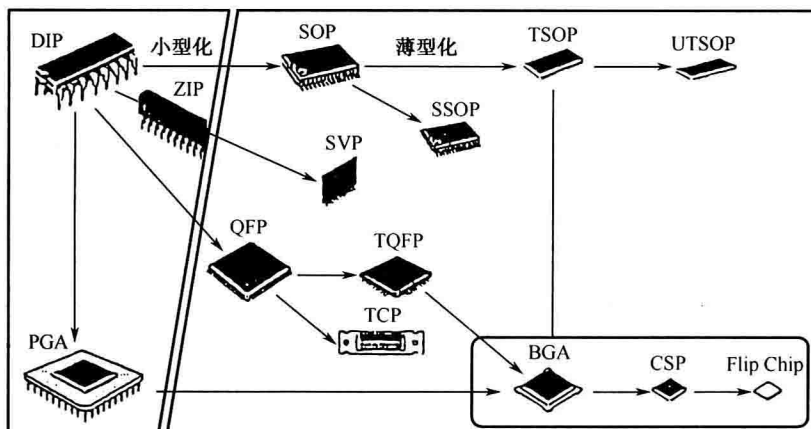


图 1-2 IC 封装电路的发展趋势

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, 板面上的线宽已从 $0.2\sim 0.3\text{ mm}$ 缩小到 0.15 mm 、 0.1 mm , 甚至到 0.05 mm 。

如今人们所见到的电子产品, 无论外形尺寸还是质量都已大幅度减小。以手机为例, 20 世纪 90 年代初重 400 g , 每台售价达 20 000 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 57 g , 价格降至 2 000 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，它推动了 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，近十年来芯片技术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。

1.1 世界各国都重视 SMT 产业

近几年来，美国、欧洲、日本等都纷纷建立了涉及技术开发、生产制造的国家级研究机构，以从事 SMT 方面的研究与开发。例如，美国半导体协会（SIA）每年发布的规格书已在世界电子组装技术发展中起到重要的指导作用。近期它在发布的规划书中，十分引人注目地提出的三维立体安装技术形态将成为今后安装技术发展趋势的预测，这意味着 SIP（System In Package）及 SOC（System-On-Chip）等系统模块技术将有更快的发展。在欧洲，以瑞典的生产技术研究所（IVF）和德国 IEM 研究所牵头的研究机构，从事组装技术绿色化的研究，包括无铅焊料、无 VOC 焊剂、PCB 制造中限用阻燃剂的绿色化制造技术，并制定明确的使用时间表以体现其决心和信心。在日本，日本电子信息技术产业协会（JEITA）等多个学术团体，将“组装技术”提升到“从电路设计到电子部件、安装设备及关联工艺技术最优化的综合结果”，并在这个基础上成立电子系统集成联络协议会，不同专业协会相互沟通、相互协调，以战略眼光制订本国的发展计划。这些世界级研究机构的动向也为 21 世纪 SMT 的发展趋势指出了明确的方向。

（1）IC 光刻技术已进入纳米时代，伴随着 I/O 端子数的增多，器件的封装形式也将由 QFP 快速地向球栅阵列式封装形式过渡，BGA、CSP 将成为封装技术的主流。随着 FC 底层填料的开发成功，FC 元器件也将进入实用化阶段。这意味着球栅阵列技术将开始取代周围引脚表面贴装元器件，就像表面贴装组件取代通孔元器件一样，叠层芯片（Stacked Chip）SOC、SIP 元器件将会被广泛使用。

（2）与球栅阵式器件相配套的是 PCB 技术，包括基材的制造技术也将出现更新，如今高 T_g、低 CTE 的基材不断推出，特别积成法制造（BUM）的 PCB 技术以每年 17% 速度增长，用 BUM 制造的 PCB，其 CTE 可达到 $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，这意味着与片式元器件的 CTE 具有同等级别，BUM 制造的 PCB 将有力支撑 FC 的实际应用。

（3）随着人们环保意识的提高，绿色化生产已成为大生产技术的新理念。欧盟有关电气与电子设备中废料的法令（WEED Directive），包括含铅焊料的禁止已于 2006 年 7 月 1 日生效，意味着全世界电子产品组装将进入无铅化时代。

（4）0201 元器件的使用将对印刷机、贴片机、再流焊炉技术和检测技术提出更高的要求，