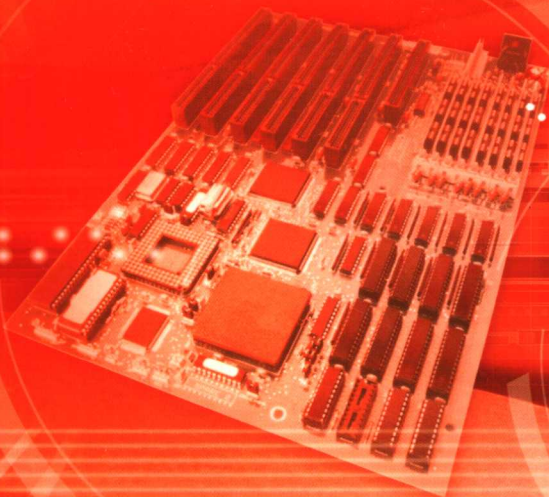




中等职业学校教学用书(电子技术专业)

SMT技术基础与设备

◎ 黄永定 主 编



本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校教学用书（电子技术专业）

SMT 技术基础与设备

主 编 黄永定
副主编 姜立臣
参 编 范国华 刘 冰
崔玉梅 曲立新
主 审 杨文龙

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统论述了表面组装元器件,表面组装材料,表面组装工艺,表面组装质量检测,表面组装设备原理及应用等 SMT 基础内容。

编写中特别强调了生产现场的技能性指导,针对 SMT 产品制造业的技术发展及岗位需求,详细介绍了 SMT 的锡膏印刷、贴片、焊接、清洗等基本技能。

为解决学校实训条件不足的问题和增加学生的感性认识,书中配置了大量的实物图片。本书语言叙述浅显易懂,内容翔实,可作为中等职业学校 SMT 专业或电子制造工艺专业方向的教材;也可作为其他相关专业的辅助教材或 SMT 企业工人的自学参考资料。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案和习题答案),详见前言。

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

SMT 技术基础与设备 / 黄永定主编. —北京:电子工业出版社, 2007.1

中等职业学校教学用书. 电子技术专业

ISBN 7-121-03561-8

I. S… II. 黄… III. 印刷电路—组装—专业学校—教材 IV. TN410.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 142291 号

责任编辑:蔡 葵

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

装 订:

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: 16 字数: 400 千字

印 次: 2007 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 21.80 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,联系电话:(010) 68279077; 邮购电话:(010) 88254888。

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

服务热线:(010) 88258888

中等职业学校教材工作领导小组

组长	陈贤忠	安徽省教育厅厅长
副组长	李雅玲	信息产业部人事司技术干部处处长
	尚志平	山东省教学研究室副主任
	睦 平	江苏省教育厅职社处副处长
	苏渭昌	教育部职业技术教育中心研究所主任
	王传臣	电子工业出版社副社长

组员（排名不分先后）

	唐国庆	湖南省教科院
	张志强	黑龙江省教育厅职成教处
	李 刚	天津市教委职成教处
	王润拽	内蒙古自治区教育厅职成教处
	常晓宝	山西省教育厅职成教处
	刘 晶	河北省教育厅职成教处
	王学进	河南省职业技术教育教学研究室
	刘宏恩	陕西省教育厅职成教处
	吴 蕊	四川省教育厅职成教处
	左其琨	安徽省教育厅职成教处
	陈观诚	福建省职业技术教育中心
	邓 弘	江西省教育厅职成教处
	姜昭慧	湖北省职业技术教育研究中心
	李栋学	广西壮族自治区教育厅职成教处
	杜德昌	山东省教学研究室
	谢宝善	辽宁省基础教育教研培训中心职教部
	安尼瓦尔·吾斯曼	新疆维吾尔自治区教育厅职成教处
秘书长	李 影	电子工业出版社
副秘书长	蔡 葵	电子工业出版社

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言



SMT 是一门包括元器件、材料、设备、工艺以及表面组装电路基板设计与制造的系统性综合技术；是突破了传统的印制电路板通孔插装元器件方式而发展起来的第四代组装方法；也是电子产品有效地实现“短、小、轻、薄”，多功能、高可靠、优质量、低成本的主要手段之一。而且，随着半导体元器件技术、材料技术、电子与信息技术等相关技术的飞速进步，SMT 的应用范围还在不断扩大，其技术也在不断完善和发展之中。用 SMT 组装的电子产品具有体积小、功能全、性能好、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组装中，成为世界电子整机组装技术的主流。近年来，与 SMT 的这种发展现状和趋势相应，与信息产业和电子产品的飞速发展带来的对 SMT 的技术需求相应，我国电子制造业急需大量掌握 SMT 知识的专业技术人才。

要掌握这样一门综合型工程技术，必须经过系统的基础知识和专业知识的学习和培训。然而，由于 SMT 技术在我国刚刚兴起，与之相应的学科、专业建设和教学培训体系建设工作才刚刚起步，也缺乏与之相适应的系统性教学和培训教材。

近年来许多中等职业技术学校的机电专业、电子技术应用专业陆续开设了与 SMT 相关的课程，为满足 SMT 专业技术人才培养的系统性教学所需，解决适合中等职业技术教育的 SMT 教材的缺乏问题，我们尝试编写了这本《SMT 技术基础与设备》。

本教材针对 SMT 产品制造业的技术发展及岗位需求，详细介绍了 SMT 工艺中的锡膏印刷、贴片、焊接、清洗等技能型人才应该掌握的基本知识，特别强调了生产现场的技能性指导。为解决学校实训条件不足的问题，增加学生的感性认识，书中配置了大量的实物图片。本教材可作为中等职业技术学校电子技术应用、家电维修、机电等专业的电子工艺课程教材；也可供从事 SMT 产业的工程技术人员自学和参考。第 13 章为选学内容。

本教材由吉林信息工程学校黄永定任主编，姜立臣任副主编。其中黄永定编写第 1 章至第 3 章，姜立臣编写第 4、5 章，范国华编写第 6、7 章，刘冰编写第 8、9 章，本溪电子工业学校崔玉梅编写第 10 章至第 12 章，集安二中曲立新编写第 13 章。广东省电子技术学校杨文龙老师担任本书主审。

本教材在编写过程中参考了大量有关 SMT 技术方面的资料和杂志，同时也得到了清华大学基础工业训练中心 SMT 工艺教研室主任王天曦教授等专家的大力协助，在此一并表示感谢。

由于编者水平、经验有限，错误与不当之处在所难免，真诚地希望读者在阅读与使用本教材的过程中提出宝贵意见。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录职业技术网（www.zyjs.net）、华信教育资源网（<http://www.huaxin.edu.cn>）下载或与电子工业出版社联系，我们将免费提供。E-mail: hxedu@phei.com.cn

编 者
2006 年 11 月



读者意见反馈表

书名: SMT 技术基础与设备

主编: 黄永定

责任编辑: 蔡葵

感谢您关注本书! 烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学, 十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作, 请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录, 或者寄送相关样书。

个人资料

姓名_____年龄_____联系电话_____ (办) _____ (宅) _____ (手机)
学校_____专业_____职称/职务_____
通信地址_____邮编_____E-mail_____

您校开设课程的情况为:

本校是否开设相关专业的课程 ☐ 是, 课程名称为_____ ☐ 否

您所讲授的课程是_____课时_____

所用教材_____出版单位_____印刷册数_____

本书可否作为您校的教材?

☐ 是, 会用于_____课程教学 ☐ 否

影响您选定教材的因素 (可复选):

☐ 内容 ☐ 作者 ☐ 封面设计 ☐ 教材页码 ☐ 价格 ☐ 出版社

☐ 是否获奖 ☐ 上级要求 ☐ 广告 ☐ 其他_____

您对本书质量满意的方面有 (可复选):

☐ 内容 ☐ 封面设计 ☐ 价格 ☐ 版式设计 ☐ 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进?

☐ 内容 ☐ 篇幅结构 ☐ 封面设计 ☐ 增加配套教材 ☐ 价格

可详细填写: _____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息?

感谢您的配合, 请将该反馈表寄至以下地址。如果需要了解更详细的信息或有著作计划, 请与我们直接联系。

通信地址: 北京市万寿路 173 信箱 中等职业教育教材事业部

邮编: 100036

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

E-mail: ve@phei.com.cn

电话: 010-88254600; 88254591

目 录



第1章 SMT 与 SMT 工艺	(1)
1.1 SMT 的发展	(1)
1.1.1 表面组装技术的发展简史	(1)
1.1.2 我国 SMT 技术的现状与发展	(2)
1.1.3 SMT 技术发展的意义	(3)
1.2 表面组装技术的优越性	(3)
1.2.1 SMT 和通孔插装技术 (THT) 的比较	(3)
1.2.2 SMT 的优点	(4)
1.3 表面组装技术的组成	(5)
1.4 表面组装工艺	(6)
1.4.1 SMT 工艺的两类基本工艺流程	(6)
1.4.2 SMT 工艺的元器件组装方式	(6)
1.4.3 SMT 生产系统的基本组成	(9)
思考与练习题	(10)
第2章 表面组装元器件	(11)
2.1 表面组装元器件的特点和种类	(11)
2.1.1 表面组装元器件的特点	(11)
2.1.2 表面组装元器件的种类	(12)
2.2 表面组装电阻器	(12)
2.2.1 普通表面组装电阻器	(12)
2.2.2 SMC 电阻排 (电阻网络)	(15)
2.2.3 SMC 电位器	(16)
2.3 表面组装电容器	(18)
2.3.1 SMC 多层陶瓷电容器	(18)
2.3.2 SMC 电解电容器	(18)
2.3.3 SMC 云母电容器	(19)
2.4 表面组装电感器	(20)
2.4.1 绕线型表面组装电感器	(21)
2.4.2 多层型 SMC 电感器	(21)
2.4.3 卷绕型 SMC 电感器	(22)
2.5 其他表面组装元件	(23)
2.5.1 片式滤波器	(23)
2.5.2 片式振荡器	(25)
2.6 表面组装分立器件	(26)
2.6.1 SMD 分立器件的外形	(26)

2.6.2	二极管	(26)
2.6.3	小外形塑封晶体管 (SOT)	(27)
2.7	表面组装集成电路	(28)
2.7.1	表面组装集成器件的发展过程	(28)
2.7.2	表面组装集成电路的封装方式	(29)
2.8	表面组装元器件的包装方式与使用要求	(33)
2.8.1	表面组装元器件的包装	(33)
2.8.2	对表面组装元器件的基本要求	(34)
2.8.3	使用 SMT 元器件的注意事项	(35)
2.8.4	表面组装元器件的选择	(36)
2.9	集成电路封装的发展	(36)
2.9.1	封装比的概念	(36)
2.9.2	封装形式的发展趋势	(37)
	思考与练习题	(40)
第 3 章	表面组装印制板的设计与制造	(41)
3.1	SMB 的特点与基板材料	(41)
3.1.1	SMB 的特点	(41)
3.1.2	基板材料	(42)
3.1.3	PCB 基材质量参数	(44)
3.1.4	铜箔种类与厚度	(47)
3.1.5	CCL 常用的字符代号	(47)
3.2	表面组装印制板的设计	(48)
3.2.1	表面组装印制板设计的基本原则	(48)
3.2.2	常见的 PCB 设计错误及原因	(50)
3.3	SMB 的具体设计要求	(51)
3.3.1	整体设计	(51)
3.3.2	SMC/SMD 焊盘设计	(55)
3.3.3	元器件方向的设计	(60)
3.3.4	焊盘与导线连接的设计	(61)
3.4	印制电路板的制造	(63)
3.4.1	单面印制板的制造	(63)
3.4.2	双面印制板的制造	(64)
3.4.3	多层印制板的制造	(68)
3.4.4	PCB 质量验收	(72)
	思考与练习题	(73)
第 4 章	焊锡膏及印刷技术	(74)
4.1	焊锡膏	(74)
4.1.1	焊锡膏的化学组成	(74)
4.1.2	焊锡膏的分类	(75)
4.1.3	表面组装对焊锡膏的要求	(76)

4.2	焊锡膏印刷的漏印模板	(77)
4.2.1	漏印模板的结构与制造	(77)
4.2.2	模板窗口形状和尺寸设计	(79)
4.3	焊锡膏印刷机	(81)
4.3.1	焊锡膏印刷机的种类	(81)
4.3.2	漏印模板印刷法的基本原理	(83)
4.4	焊锡膏的印刷工艺流程	(84)
4.4.1	印刷前准备工作	(84)
4.4.2	调整印刷机工作参数	(84)
4.4.3	印刷焊锡膏	(85)
4.4.4	印刷质量检验	(85)
4.4.5	结束	(85)
4.5	印刷机的工艺参数	(85)
4.5.1	工艺参数的调节	(86)
4.5.2	焊锡膏印刷的缺陷、产生原因及对策	(88)
	思考与练习题	(89)
第5章	贴装胶与涂布技术	(90)
5.1	贴装胶的分类	(90)
5.1.1	贴装胶的类型与组分	(90)
5.1.2	不同类型贴装胶的选用	(93)
5.1.3	包装	(93)
5.2	贴装胶的应用	(93)
5.2.1	表面组装对贴装胶的要求	(93)
5.2.2	贴装胶的涂敷方法	(94)
5.3	贴装胶涂布工艺	(96)
5.3.1	装配流程中的贴装胶涂布工序	(96)
5.3.2	涂布贴装胶的工艺参数设定	(96)
5.3.3	使用贴装胶的注意事项	(98)
5.3.4	点胶工艺中常见的缺陷与解决方法	(99)
5.4	贴装胶涂布设备简介	(100)
5.4.1	全自动点胶机	(100)
5.4.2	手动点胶机	(101)
	思考与练习题	(102)
第6章	SMT贴片工艺和贴片机	(103)
6.1	自动贴片机的结构与技术指标	(103)
6.1.1	自动贴片机的分类	(103)
6.1.2	自动贴片机的主要结构	(105)
6.1.3	贴片机的主要技术指标	(107)
6.2	贴片机的的工作方式与贴片质量要求	(109)
6.2.1	贴片机的的工作方式	(109)

6.2.2	对贴片质量的要求	(110)
6.2.3	贴片质量分析	(112)
6.3	手工贴装 SMT 元器件	(113)
	思考与练习题	(114)
第 7 章	焊接工艺原理与波峰焊	(115)
7.1	电子产品焊接工艺原理和特点	(115)
7.1.1	锡焊原理	(115)
7.1.2	焊接材料	(117)
7.1.3	表面组装焊接技术特点	(120)
7.2	表面组装的自动焊接技术	(121)
7.3	波峰焊与波峰焊机	(122)
7.3.1	波峰焊机结构及工作原理	(123)
7.3.2	波峰焊的工艺因素调整	(124)
7.4	几种新型波峰焊机	(125)
7.4.1	斜坡式波峰焊机	(125)
7.4.2	高波峰焊机	(126)
7.4.3	电磁泵喷射波峰焊机	(126)
7.4.4	双波峰焊机	(126)
7.4.5	选择性波峰焊设备	(127)
7.4.6	波峰焊的温度曲线及工艺参数控制	(127)
7.5	波峰焊质量缺陷及解决办法	(129)
	思考与练习题	(130)
第 8 章	再流焊与再流焊设备	(132)
8.1	再流焊工作原理	(132)
8.1.1	再流焊工艺概述	(132)
8.1.2	再流焊工艺的特点	(133)
8.1.3	再流焊工艺的焊接温度曲线	(133)
8.1.4	再流焊的工艺要求	(134)
8.2	再流焊炉的主要结构和工作方式	(134)
8.3	再流焊种类及加热方法	(135)
8.3.1	红外热风再流焊	(135)
8.3.2	气相再流焊	(136)
8.3.3	激光再流焊	(139)
8.4	通孔再流焊工艺	(139)
8.4.1	通孔红外再流焊工艺流程	(140)
8.4.2	通孔元件焊盘上锡膏的涂布	(141)
8.4.3	再流焊接	(142)
8.5	各种再流焊设备及工艺性能比较	(143)
8.5.1	再流焊设备的主要技术指标	(143)
8.5.2	各种再流焊工艺主要加热方法的优缺点	(143)

8.5.3	SMT 焊接设备与工艺性能比较	(144)
8.6	电路板的焊接检测设备	(144)
8.6.1	自动光学检测 (AOI)	(145)
8.6.2	X 射线检测 (AXI)	(146)
8.7	再流焊质量缺陷及解决办法	(146)
8.7.1	“立碑”现象	(147)
8.7.2	锡珠	(148)
8.7.3	芯吸现象	(150)
8.7.4	桥连	(150)
8.8	再流焊与波峰焊均会出现的焊接缺陷	(151)
8.8.1	SMA 焊接后 PCB 基板上起泡	(151)
8.8.2	片式元器件开裂	(152)
8.8.3	焊点不光亮 / 残留物多	(152)
8.8.4	PCB 扭曲	(152)
8.8.5	IC 引脚焊接后开路或虚焊	(153)
	思考与练习题	(154)
第 9 章	SMA 在线测试、返修及手工焊接实训	(155)
9.1	SMT 组件在线测试技术	(155)
9.1.1	针床式在线测试技术	(155)
9.1.2	飞针式在线测试技术	(156)
9.2	SMA 组件的返修技术	(157)
9.2.1	返修的基本方法	(157)
9.2.2	SMT 电路板维修工作站	(160)
9.2.3	BGA,CSP 集成电路的修复性植球	(160)
9.3	实训 1——SMT 的手工焊接与拆焊	(163)
9.3.1	实训目的	(163)
9.3.2	实训器材	(163)
9.3.3	实训指导 1——手工焊接 SMT 元器件的要求与条件	(163)
9.3.4	实训指导 2——SMT 元器件手工焊接与拆焊工艺	(166)
9.4	实训 2——SMT 电调谐调频 (FM) 收音机组装	(170)
9.4.1	实训目的	(170)
9.4.2	实训场地要求与实训器材	(170)
9.4.3	实训步骤及要求	(172)
9.4.4	调试及总装	(175)
9.4.5	实训报告	(176)
	附: 实训产品工作原理简介	(176)
	思考与练习题	(177)
第 10 章	清洗工艺与清洗剂	(178)
10.1	清洗的作用与分类	(178)
10.1.1	清洗的主要作用	(178)

10.1.2	清洗技术方法分类	(178)
10.1.3	污染物类型	(179)
10.2	清洗剂	(179)
10.2.1	清洗剂的化学组成	(179)
10.2.2	清洗剂的选择	(180)
10.3	清洗技术	(180)
10.3.1	批量式溶剂清洗技术	(180)
10.3.2	连续式溶剂清洗技术	(182)
10.3.3	水清洗工艺技术	(182)
10.3.4	超声波清洗	(185)
10.4	免清洗焊接技术	(185)
	思考与练习题	(186)
第 11 章	SMT 的静电防护技术	(187)
11.1	静电及其危害	(187)
11.1.1	静电的产生	(187)
11.1.2	静电放电 (ESD) 对电子工业的危害	(188)
11.2	静电防护	(189)
11.2.1	静电防护原理	(189)
11.2.2	静电防护方法	(189)
11.2.3	导体带静电的消除	(190)
11.2.4	非导体带静电的消除	(190)
11.2.5	工艺控制法	(191)
11.3	常用静电防护器材	(191)
11.3.1	人体静电防护系统	(191)
11.3.2	防静电地坪	(191)
11.3.3	防静电操作系统	(192)
11.4	SMT 制程中的静电防护	(192)
11.4.1	生产线内的防静电设施	(192)
11.4.2	生产过程的防静电	(193)
11.4.3	SSD 的存储	(193)
11.4.4	其他部门的防静电要求	(194)
	思考与练习题	(194)
第 12 章	SMT 产品质量控制与管理	(195)
12.1	依据 ISO—9000 系列标准做好 SMT 生产中的质量管理	(195)
12.2	质量控制的内涵与特点	(196)
12.2.1	质量与质量控制的内涵	(196)
12.2.2	质量保证体系	(196)
12.2.3	SMT 产品质量控制的特点	(196)
12.2.4	SMT 产品质量控制基本策略	(197)
12.3	生产质量管理体系的建立	(197)

12.3.1	总体质量目标	(197)
12.3.2	SMT 产品设计	(198)
12.3.3	外购件及外协件的管理	(198)
12.3.4	生产管理	(199)
12.3.5	质量检验	(205)
12.3.6	图纸文件管理	(206)
12.3.7	包装、储存及交货	(206)
12.3.8	人员培训	(207)
12.3.9	统计技术在 ISO—9000 系列标准质量管理中的作用	(207)
	思考与练习题	(208)
※第 13 章	SMT 的无铅工艺制程	(209)
13.1	无铅焊料	(209)
13.1.1	铅的危害及“铅禁”的提出	(209)
13.1.2	无铅焊料的定义	(211)
13.2	无铅焊料的研发	(212)
13.2.1	几种实用的无铅焊料	(212)
13.2.2	无铅焊料引发的新课题	(215)
13.3	无铅波峰焊工艺与设备	(216)
13.3.1	无铅焊料的选择	(217)
13.3.2	无铅波峰焊工艺对波峰焊机的要求	(217)
13.3.3	无铅波峰焊接工艺对生产要素的影响	(218)
13.3.4	焊接质量与生产管理	(219)
13.3.5	传统的波峰焊机如何改造以适用于无铅工艺	(220)
13.4	无铅再流焊与再流焊工艺中的问题与对策	(220)
13.4.1	无铅再流焊工艺要素	(220)
13.4.2	无铅再流焊工艺中常见的问题与对策	(224)
13.5	无铅手工焊接	(226)
13.6	无铅化转换进程的探讨	(229)
13.6.1	无铅转换进程的艰巨性	(229)
13.6.2	无铅技术的总体状况	(231)
13.6.3	如何实现 SMT 无铅化制造	(231)
附录	本书专业英语词汇	(233)
	参考文献	(237)

第1章 SMT 与 SMT 工艺



SMT 是英文“Surface Mount Technology”的简称,在我国电子行业标准中称之为表面组装技术。20 世纪 70 年代,以发展消费类产品著称的日本电子行业首先将 SMT 在电子制造业中推广开来,并很快推出 SMT 专用焊料和专用设备,为 SMT 的发展奠定了坚实的基础。

SMT 在投资类电子产品、军事装备领域、计算机、通信设备、彩电调谐器、录像机、数码相机、数码摄像机、袖珍式高档多波段收音机、MP3、传呼机和手机等几乎所有的电子产品的生产中都被得到广泛应用。

SMT 是一门包括元器件、材料、设备、工艺以及表面组装电路板设计与制造的系统性综合技术;是突破了传统的印制电路板通孔插装元器件方式而发展起来的第四代组装方法;也是电子产品有效地实现“短、小、轻、薄”,多功能、高可靠、优质量、低成本的主要手段之一。作为新一代电子装联技术, SMT 已广泛地应用于各个领域的电子产品组装中,成为世界电子整机组装技术的主流。

1.1 SMT 的发展

1.1.1 表面组装技术的发展简史

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件,并被直接焊接到印制板的表面,从而实现电子表的微型化,这就是今天称之为“表面组装技术”的雏形。

从 60 年代至今, SMT 的发展历经了三个阶段。

第一阶段的主要技术目标是把小型化的片状元件应用在混合电路(我国称为厚膜电路)的生产制造中。从这个角度来说, SMT 对集成电路的制造工艺和技术发展做出了重大的贡献。同时, SMT 开始大量使用在民用的石英电子表和电子计算器等产品中。

1975 年以后, SMT 的发展进入第二阶段,为促使电子产品迅速小型化、多功能化, SMT 技术开始广泛用于摄像机、耳机式收音机和电子照相机等产品中;同时,用于表面组装的自动化设备大量研制开发出来,片状元件的安装工艺和支撑材料也已经成熟,为 SMT 的高速发展打下了基础。

1986 年, SMT 的发展进入第三阶段,主要目标是降低成本,进一步改善电子产品的性能价格比。随着 SMT 技术的成熟及工艺可靠性的提高,应用在军事和投资类(汽车、计算机、通信设备、工业设备)领域的电子产品迅速发展,同时大量涌现的自动化表面装配设备及工艺手段,使片式元器件在印制电路板(Printed Circuit Board, 简称 PCB)上的使用量高速增长,加速了电子产品总成本的下降。

目前, SMT 技术正在沿着以下趋势发展。



(1) 如今 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四方形扁平封装 (Quad Flat Package, 简称 QFP) 快速地向球栅阵列式封装形式过渡, 球状栅格阵列 (Ball Grid Array, 简称 BGA), 芯片尺寸封装 (Chip Size Package, 简称 CSP) 将成为封装技术的主流, 随着 F·C 底层填料的开发成功, F·C 器件也将进入实用阶段。这意味着球栅阵列技术将开始取代周围引脚表面贴装器件, 就像表面贴装元件取代通孔元件一样, 叠层芯片 SOC, SIP 器件将会被广泛使用。

(2) 与球栅阵列式器件相配套的是 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, 特别是积成法制造 (BUM) 的 PCB 技术每年以 17% 速度增长, 用 BUM 制造的 PCB, 其 CTE 可达到 $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 这意味着与片式元件的 CTE 同等级别, BUM 法制造的 PCB 将有力地支撑 F·C 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。这种新理念体现在如下几个方面: 无铅焊料开发成功, 日本企业已经在部分消费类产品中使用; PCB 制造的过程中不再使用数种因焚化而产生致癌物质的阻燃剂; 在焊剂使用中, 无 VOC 焊剂的应用也已经提到议事日程上来。

(4) 0201 元件的使用将对印刷机、贴片机、再流焊炉技术以及检测技术提出更高要求。模块化、高速、高精度贴片机, 以及能连线使用的 AOI 和 AXI 将成为设备制造方向。

(5) 如今导电胶的电阻已做到小于 0.001Ω , 综合性能明显提高, 冷连接工艺已初露端倪。

(6) SMT 生产线的管理已实现计算机和无线网络管理, 做到实时工艺参数采集和传送。不仅是质量上支持 6Sigma 标准, 而且向无人化管理迈进。

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、发展直至成熟的路程, 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。近几年来, 美国、欧洲、日本等国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。

1.1.2 我国 SMT 技术的现状与发展

我国 SMT 的应用起步于 20 世纪 80 年代初期, 最初从美、日等国成套引进了 SMT 生产线, 用于彩电调谐器生产。随后应用于录像机、摄像机及袖珍式高档多波段收音机、随身听等电器的生产中, 近几年在计算机、通信设备、航空航天电子产品中也逐渐得到广泛应用。

在 SMT 大生产方面, 一方面得益于我国东南沿海地区电子工业的高速发展, 大量引进和购置各种 SMT 生产线, 我国电信产业巨子, 如华为、中兴、东方、大唐和巨龙等公司称雄当地, 大大促进了 SMT 事业的迅速发展。目前国内自行设计的电子产品, 片式化率达到 80% 以上, 在大型 PCB 贴片, COB 技术, 双面再流焊, 通孔再流焊, 激光焊以及 MCM 方面都能达到国际同类水平。另一方面, 国外知名电子制造企业, 如旭电、伟创力、四海等纷纷来华办厂从事电子制造。近年来, 我国 SMT 呈现快速发展的态势, 20 世纪 90 年代初国内 SMT 生产线还不足百十条, 而如今每年进口贴片机就达三四千台。人们选购贴片机的普遍要求是高速和高精度, 以适应大定单的需求, 越来越多的电子产品标上“采用 SMT 工艺”。目前中国已成为世界电子制造的中心, 特别是加入 WTO 后, 国外资金、技术大量涌入, 现代信息产业的核心技术——芯片制造业也进入我国, Intel、三星、中国台湾的台积电、联电等都大量投资, 以上海中芯国际和宏力为代表的半导体工厂的建设也受到了国际的特别关注。2002 年, 几乎每周都有跨国公司在我国设立研发中心, 飞利浦、松下陆续把各自的司令部——



大中华总部、亚太总部搬到中国。

经过 20 年持续增长,尤其是 2000 年到 2004 年连续 5 年的超高速增长,中国已经成为世界第一的 SMT 产业大国,预计这一地位 10 年不会改变。从 2005 年起,中国的 SMT 产业进入调整转型期,这个调整转型期是中国由 SMT 大国走向 SMT 强国的关键阶段。我国 SMT 的发展前景是非常广阔的。

1.1.3 SMT 技术发展的意义

SMT 从狭义上讲,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。

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巨大的物质财富,又给人们带来物质生活的享受。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。

1.2 表面组装技术的优越性

1.2.1 SMT 和通孔插装技术 (THT) 的比较

SMT 工艺技术的特点可以通过其与传统通孔插装技术 (THT) 的差别比较来体现。从组装工艺技术的角度分析,SMT 和 THT 的根本区别是“贴”和“插”。二者的差别还体现在基板、元器件、组件形态、焊点形态和组装工艺方法等方面。

电子电路装联技术的发展主要受元器件类型的支配,之所以出现“插”和“贴”这两种截然不同的电路模块组装技术,是由于采用了外形结构和引脚形式完全不同的两种类型的电子元器件。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) 技术的根本区别,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 (焊锡膏) 涂放在焊盘上,贴装元件后一次加热而完成焊接过程,元件与焊点在 PCB 的同一面;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,元件与焊点分别在 PCB 的两面。

THT 与 SMT 的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 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, LCCC, PLCC, QFP, BGA, CSR 尺寸比 DIP 要小许多倍片式电阻、电容
基板	印制电路板采用 2.54mm 网格设计,通孔孔径为 0.8~0.9mm	印制电路板采用 1.27mm 网格或更细设计,通孔孔径为 $\phi 0.3 \sim 0.5$ mm,布线密度要高 2 倍以上。
焊接方法	波峰焊	再流焊