

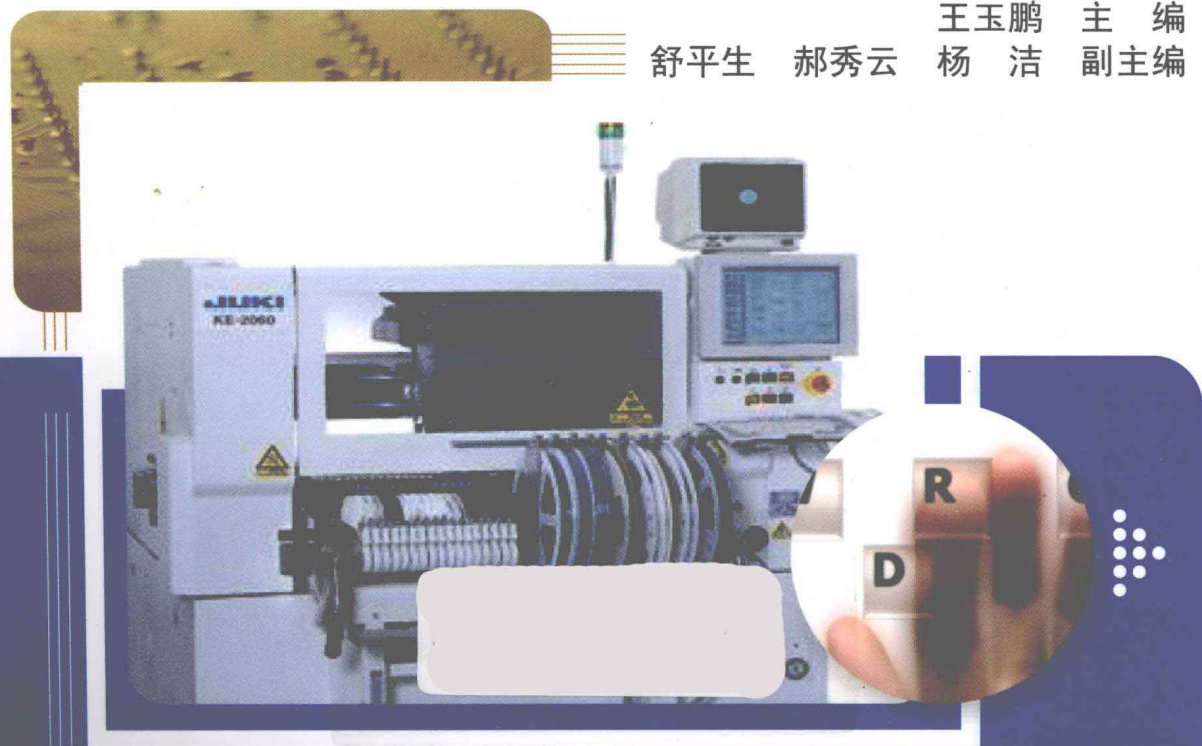


21世纪高职高专**电子信息类**实用规划教材

SMT生产实训

王玉鹏 主 编

舒平生 郝秀云 杨 洁 副主编



 免费赠送电子课件

- 本书按照“以SMT生产工艺为主线，以理论与实践相结合为原则，以SMT岗位职业技能培养为重点”的思路进行编写，使学生的知识、技能、职业素养更贴近职业岗位要求。
- 本书将理论、实践、实训内容融为一体，形成“教、学、做”一体化教材，有利于学生“学中看，看中学；学中干，干中学”。

清华大学出版社

21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材

SMT 生产实训

王玉鹏 主 编

舒平生 郝秀云 杨 洁 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 提 要

本书以 SMT 生产工艺为主线,以“理论知识+实践项目”的方式组织教材内容,主要介绍了 SMT 基本工艺流程、表面组装元器件的种类和特点、焊锡膏的选用方法、模板的制作原理及使用方法、表面组装工艺文件的作用及分类、静电防护知识、5S 管理、表面安装涂覆工艺、表面贴装接工艺、回流焊接工艺、检测工艺、表面组装返修工艺以及 SMT 设备的维护与保养等内容。

本书可作为高等职业院校或中等职业学校 SMT 专业或电子制造工艺专业的教材,也可作为 SMT 专业技术人员与电子产品设计制造工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

SMT 生产实训/王玉鹏主编;舒平生,郝秀云,杨洁副主编.——北京:清华大学出版社,2012

(21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材)

ISBN 978-7-302-29586-0

I. ①S… II. ①王… ②舒… ③郝… ④杨… III. ①印刷电路—生产工艺—高等职业教育—教材
IV. ①TN410.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 177721 号

责任编辑:李春明

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.5

字 数:398 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

产品编号:046884-01

前 言

表面组装技术(SMT)的迅速发展和普及彻底变革了传统电子电路组装的概念,为电子产品的微型化、轻量化创造了组装基础条件,在当代信息产业的发展中起到了独特的作用,成为当代制造电子产品的必不可少的技术之一,是先进电子制造技术中的重要组成部分。目前, SMT 已广泛应用于我国各行各业的电子产品组件和器件的组装中。而且,随着半导体元器件技术、材料技术等相关技术的飞速进步, SMT 的应用面还在不断扩大,其技术还在不断完善和深化发展之中。与这种发展现状和趋势相对应,近年来,我国电子制造业对掌握 SMT 知识的专业技术人员的需求量也越来越大。

SMT 包含表面组装元器件、电路板、组装材料、组装设计、组装工艺、组装设备、组装质量检验与测试、组装系统控制与管理等多项技术,是一门新兴的综合型工程科学技术。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。

南京信息职业技术学院为满足 SMT 方面的人才需求,率先在高职院校开设 SMT 专业,为社会培养 SMT 新型人才。SMT 专业教研室的教师总结多年的教学经验和实践体会,编写了本书。

本书在编写过程中力求体现以下特色。

- 本书按照“以 SMT 生产工艺为主线,以理论与实践相结合为原则,以 SMT 岗位职业技能培养为重点”的思路进行编写,使学生的知识(应知)、技能(应会)、情感态度(职业素养)更贴近职业岗位要求。
- 本书内容突出 SMT 新标准,将 IPC 标准(《IPC9850 表面贴装设备性能检测方法》、《IPC7721 电子组装件的返工标准》、《IPC-A-610D 电子组件的可接受性条件》等)融入到教材中,贴近企业,便于学生考取相应职业资格证书。
- 本书将理论、实践、实训内容融为一体,形成“教、学、做”一体化的教材,有利于学生“学中看,看中学,学中干,干中学”。
- 本书通过一个混装(既有表面组装又有通孔插装)电子产品在生产线的全过程组装生产,训练学生 SMT 方面的实践操作技能。

本书由南京信息职业技术学院王玉鹏任主编,舒平生、郝秀云、杨洁任副主编,余日新、朱桂兵、彭琛、赵雄明参与了编写。其中王玉鹏编写第 1~4 章、第 9 章及附录,舒平生编写第 5 章,郝秀云编写第 6 章和第 13 章,杨洁编写第 7 章,余日新编写第 8 章,彭琛编写第 10 章,赵雄明编写第 11 章,朱桂兵编写第 12 章,全书由舒平生负责统稿。

在编写本书的过程中,得到了江苏南极星科技有限公司的大力支持,江苏南极星科技有限公司的胡毓晓和稽玉琴参与了部分章节的编写,潘健美参与了文稿的计算机录入工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平、经验有限,书中难免存在错误及不妥之处,敬请读者在阅读与使用过程中提出宝贵意见,以便及时改正。

编 者

目 录

第 1 章 SMT 基本工艺流程	1	4.4 各类模板的比较	40
1.1 SMT 的定义	2	4.5 模板的后处理	41
1.2 SMT 的特点	2	4.6 模板的开口设计	41
1.3 SMT 的组成	3	4.7 模板的使用	43
1.4 SMT 的基本工艺流程	4	4.8 模板的清洗	43
本章小结	6	4.9 影响模板品质的因素	44
思考与练习	6	本章小结	44
第 2 章 表面组装元器件	7	思考与练习	44
2.1 常见的贴片元器件	8	第 5 章 表面组装工艺文件	47
2.2 贴片元器件的分类	20	5.1 工艺文件的定义	48
2.3 贴片元器件符号归类	22	5.2 工艺文件的作用	48
2.4 贴片元器件料盘的读法	22	5.3 工艺文件的分类	48
2.5 贴片芯片干燥通用工艺	23	5.4 SMT 电调谐调频收音机组装的 工艺文件	49
2.6 贴片芯片烘烤通用工艺	24	本章小结	55
2.7 实训所用的插装元器件简介	24	思考与练习	55
本章小结	29	第 6 章 静电防护	57
思考与练习	30	6.1 静电的概念	58
第 3 章 焊锡膏	31	6.2 静电的产生	58
3.1 焊锡膏的组成	32	6.3 人体静电的产生	59
3.2 焊锡膏的分类	32	6.4 静电的危害	60
3.3 焊锡膏应具备的条件	32	6.5 静电的防护原理	60
3.4 焊锡膏检验项目要求	33	6.6 静电的各项防护措施	61
3.5 焊锡膏的保存、使用及环境要求	33	6.7 ESD 的防护物品	63
3.6 焊锡膏的选择方法	34	6.8 静电测试工具的使用	64
3.7 影响焊锡膏印刷性能的各种因素	35	6.9 防静电符号	65
3.8 表面贴装对焊锡膏的特性要求	36	6.10 ESD 每日 10 项自检的步骤	66
本章小结	36	本章小结	67
思考与练习	36	思考与练习	67
第 4 章 模板	37	第 7 章 5S 管理	69
4.1 初识 SMT 模板	38	7.1 5S 的概念	70
4.2 模板的演变	38	7.2 5S 之间的关系	71
4.3 模板的制作工艺	38	7.3 5S 的作用	71



7.4 如何实施 5S.....	72	10.5 回流焊炉的结构	158
7.5 实施 5S 的主要手段.....	73	10.6 劲拓 NS-800 回流焊炉的操作方法...	161
7.6 5S 规范表.....	73	10.7 回流焊炉参数设定指南	171
本章小结	75	10.8 回流焊炉的应用实例	172
思考与练习	75	10.9 回流焊接工艺的常见问题及 解决措施	173
第 8 章 表面组装印刷工艺	77	本章小结	178
8.1 表面组装印刷工艺的目的	78	思考与练习	179
8.2 表面组装印刷工艺的基本过程.....	78	第 11 章 表面组装检测工艺	181
8.3 表面组装印刷工艺使用的设备	80	11.1 表面组装检测工艺的目的	182
8.4 日立 NP-04LP 印刷机的技术参数.....	80	11.2 表面组装检测工艺使用的设备	182
8.5 日立 NP-04LP 印刷机的结构.....	81	11.3 表面组装检测标准	184
8.6 日立 NP-04LP 印刷机的操作方法.....	84	本章小结	193
8.7 日立 NP-04LP 印刷机参数设定指南.....	96	思考与练习	193
8.8 日立 NP-04LP 印刷机的应用实例.....	98	第 12 章 表面组装返修工艺	195
8.9 表面组装印刷工艺的常见问题及 解决措施.....	101	12.1 表面组装返修工艺的目的	196
本章小结	103	12.2 表面组装返修工艺使用的设备	196
思考与练习	103	12.3 各类元器件的返修方法	206
第 9 章 表面贴装工艺	105	本章小结	208
9.1 表面贴装工艺的目的	106	思考与练习	208
9.2 表面贴装工艺的基本过程	106	第 13 章 SMT 设备的维护与保养	209
9.3 表面贴装工艺使用的设备	107	13.1 SMT 设备维护与保养的目的	210
9.4 JUKI KE-2060 贴片机的技术参数	107	13.2 SMT 设备维护与保养计划	210
9.5 JUKI KE-2060 贴片机的结构	108	13.3 印刷机的维护与保养	210
9.6 JUKI KE-2060 贴片机的操作方法	115	13.4 贴片机的维护与保养	211
9.7 JUKI KE-2060 贴片机的编程	129	13.5 回流焊炉的维护与保养	212
9.8 JUKI KE-2060 贴片机的应用实例	147	本章小结	213
9.9 表面贴装工艺的常见问题及解决 措施	149	思考与练习	213
本章小结	154	附录 A 实训项目简介	215
思考与练习	154	附录 B SMT 中英文专业术语	229
第 10 章 回流焊接工艺	155	附录 C IPC 标准简介	249
10.1 回流焊接工艺的目的	156	参考文献	255
10.2 回流焊接工艺的基本过程	156		
10.3 回流焊接工艺使用的设备	157		
10.4 回流焊炉的技术参数	157		



第 1 章

SMT 基本工艺流程

教学导航

教学目标

- 掌握 SMT 的定义
- 掌握 SMT 的特点
- 了解 SMT 的组成
- 掌握 SMT 的基本工艺流程

知识点

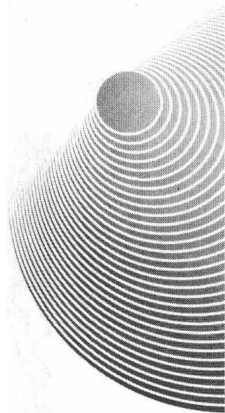
- SMT 的定义
- SMT 的特点
- SMT 的组成
- SMT 的基本工艺流程

难点与重点

- SMT 的特点
- 单面混合组装流程
- 双面混合组装流程

学习方法

- 结合 SMT 实训工厂中的生产线进行学习
- 针对特定产品，练习编制相应的工艺流程



1.1 SMT 的定义

SMT 是英文 Surface Mounting Technology 的缩写，其中文意思是表面组装技术。它是相对于传统的 THT(Through-Hole Technology，通孔插装技术)而发展起来的一种新的组装技术，如图 1-1 所示。

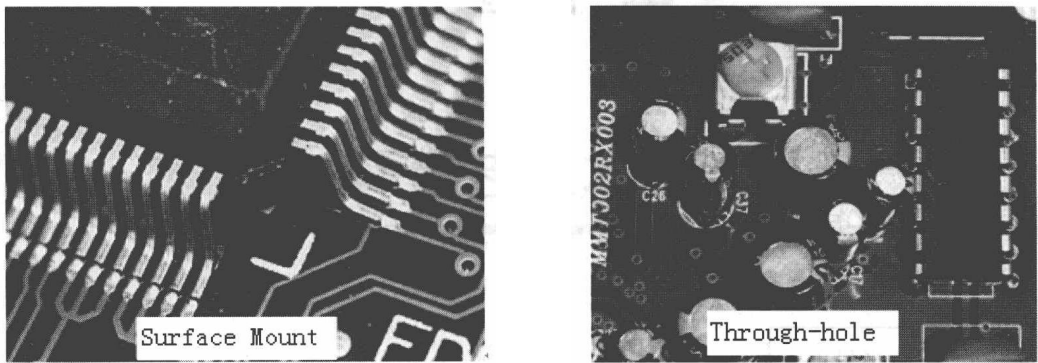


图 1-1 SMT 和 THT 组装图

1.2 SMT 的特点

SMT 具有下列特点：

- 高密度；
- 高可靠；
- 低成本；
- 小型化；
- 生产的自动化。

SMT(表面组装技术)和 THT(通孔插装技术)的特点对比如表 1-1 所示。

表 1-1 THT 和 SMT 的特点对比

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, 片式电阻、电容
基板	2.54mm 网格 0.8~0.9mm 通孔	1.27 mm 网格或更细 0.5 mm 网格或更细
焊接方法	波峰焊	回流焊
面积	大	小，缩小比约 1：3~1：10
组装方法	穿孔插入	表面组装
自动化程度	自动插件机	自动贴片机，效率高

1.3 SMT 的组成

SMT 的组成如图 1-2 所示。

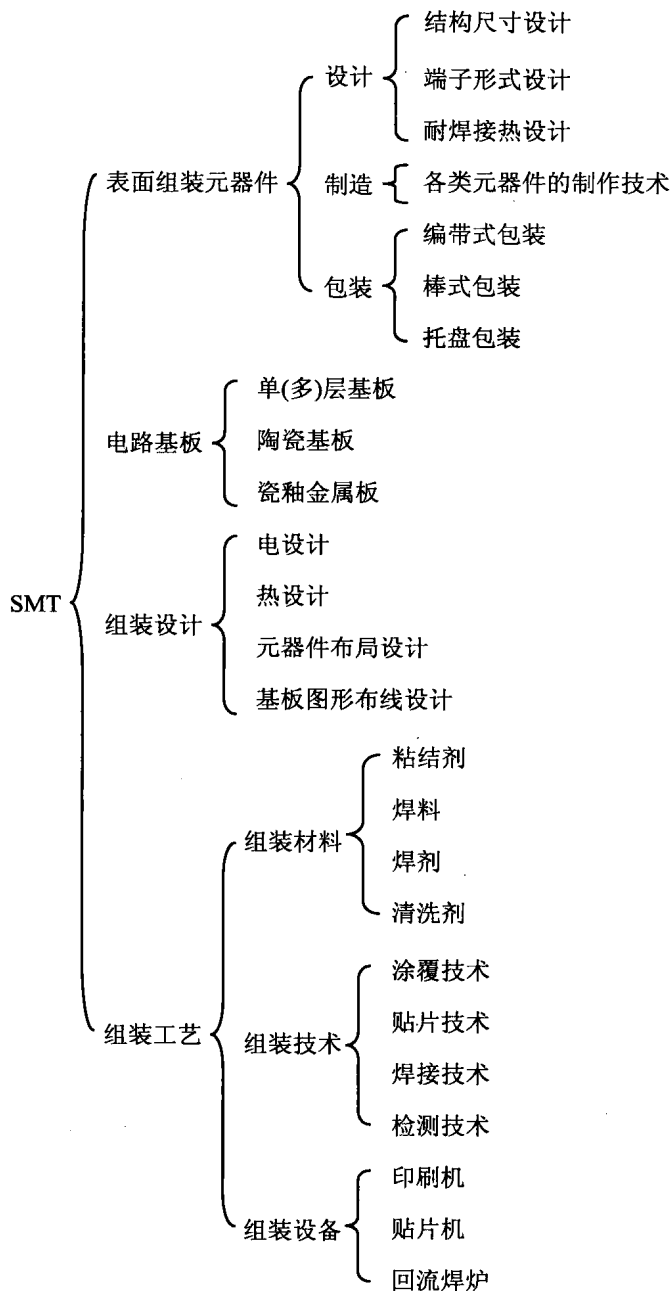


图 1-2 SMT 的组成

1.4 SMT 的基本工艺流程

1. 单面全表面组装流程

单面全表面组装的特点和适用场合如下。

- 所有元器件均放在 PCB 的一面，组装密度高。
- 主要用于元器件数量多，但种类不多的电路中。
- 可以减少印刷焊锡膏和回流焊的次数，缩短生产周期，降低成本。

工序：备料 ⇨ 印刷焊锡膏 ⇨ 贴装元器件 ⇨ 回流焊接 ⇨ 清洗 ⇨ 检测。

单面全表面组装流程图如图 1-3 所示。

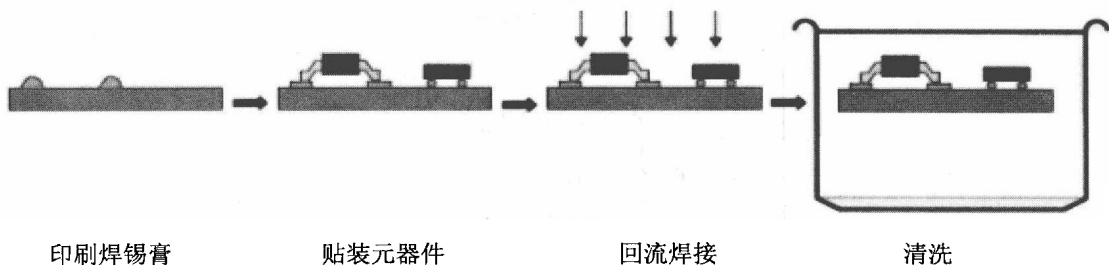


图 1-3 单面全表面组装流程图

2. 双面全表面组装流程

双面全表面组装的特点和适用场合如下。

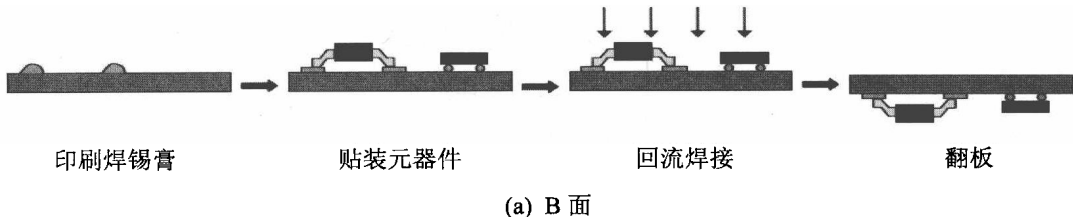
- A 面布有大型 IC 器件。
- B 面以片式组件为主。
- 充分利用 PCB 空间，实现安装面积最小化，工艺控制复杂，要求严格。
- 常用于密集型或超小型电子产品，如手机。

工序：备料 ⇨ 印刷焊锡膏 ⇨ 贴装元器件 ⇨ 回流焊接 ⇨ 翻板 ⇨ 印刷焊锡膏 ⇨ 贴装元器件 ⇨ 回流焊接 ⇨ 清洗 ⇨ 检测。

双面全表面组装流程图如图 1-4 所示。

(1) 通常先做 B 面，如图 1-4(a)所示。

(2) 再做 A 面，如图 1-4(b)所示。



(a) B 面

图 1-4 双面全表面组装流程图

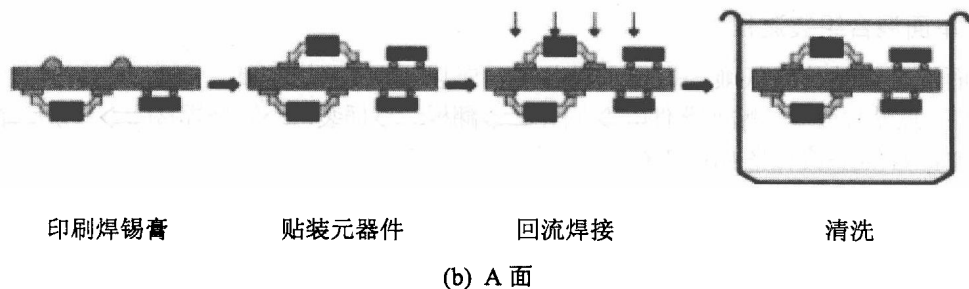


图 1-4 (续图)

3. 双面混合组装流程

双面混合组装多用于消费类电子产品的组装。

工序: 备料 $\Rightarrow$ 印刷焊锡膏(顶面) $\Rightarrow$ 贴装元器件 $\Rightarrow$ 回流焊接 $\Rightarrow$ 翻板 $\Rightarrow$ 点贴片胶(底面) $\Rightarrow$ 贴装元器件 $\Rightarrow$ 固化 $\Rightarrow$ 翻板 $\Rightarrow$ 插装元器件 $\Rightarrow$ 波峰焊接 $\Rightarrow$ 清洗 $\Rightarrow$ 检测。

双面混合组装流程图如图 1-5 所示。

(1) 先做 A 面, 如图 1-5(a)所示。

(2) 再做 B 面, 如图 1-5(b)所示。

(3) 插装通孔元器件后再过波峰焊, 如图 1-5(c)所示。

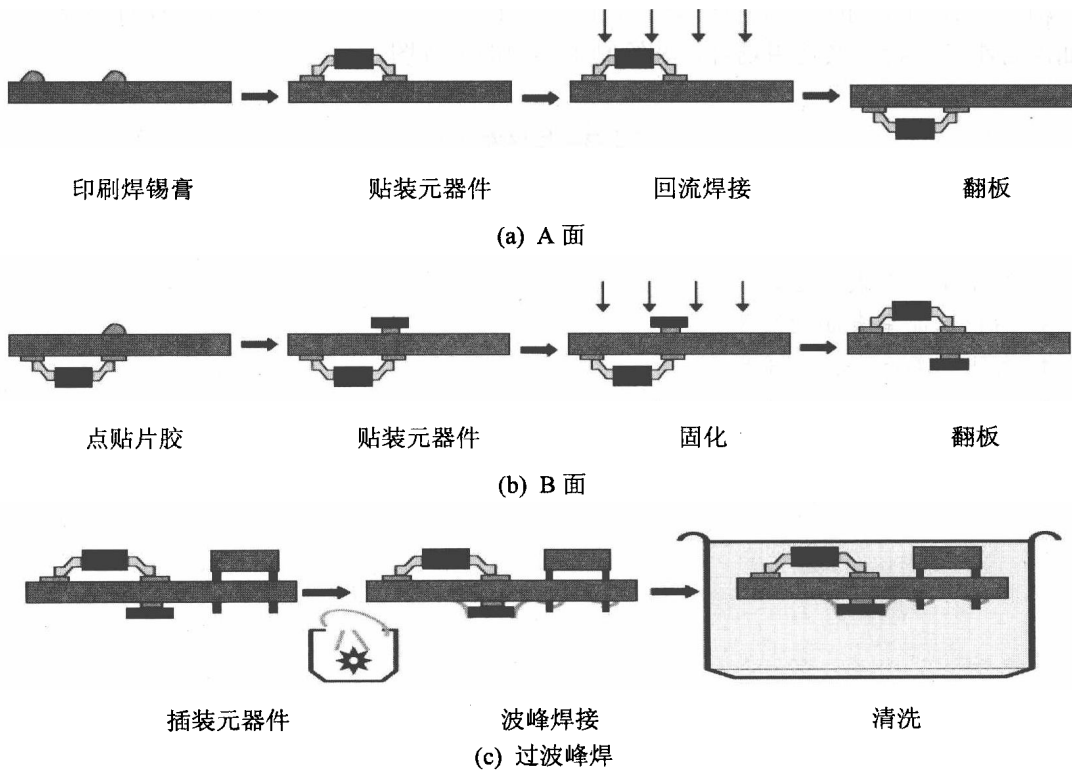


图 1-5 双面混合组装流程图



4. 单面混合组装流程

单面混合组装价格低廉,但要求设备多,难以实现高密度组装。

工序:点贴片胶→贴元器件→固化→翻板→插装→波峰焊接→清洗→固化。

单面混合组装流程图如图 1-6 所示。

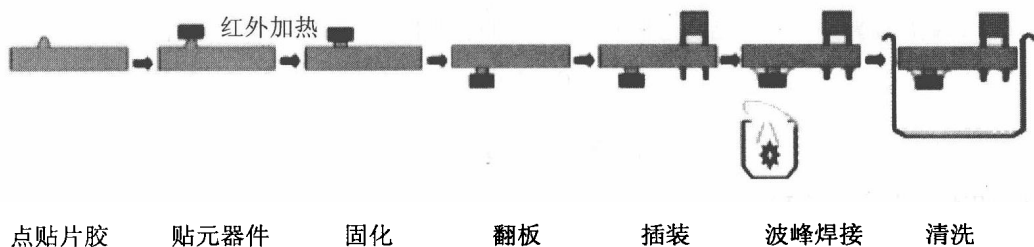


图 1-6 单面混合组装流程图

本章小结

本章介绍了 SMT(表面组装技术)的定义,分析了 SMT 和 THT(通孔插装技术)各自的特点,阐明了 SMT 的组成,最后介绍了单面全表面组装、双面全表面组装、双面混合组装和单面混合组装的特点及适用场合,并绘制了相应的流程图。

思考与练习

1. 什么是 SMT? SMT 与 THT 相比有何特点?
2. 写出单面全表面组装流程。
3. 写出双面全表面组装流程。
4. 写出双面混合组装流程。
5. 写出单面混合组装流程。

第 2 章

表面组装元器件

教学导航

教学目标

- 掌握贴片元件公制、英制尺寸转换的方法
- 掌握贴片元件的命名方法
- 了解贴片元件的封装形式
- 掌握 SMT 器件各种封装形式的特点
- 了解常见插装元器件的特点

知识点

- 贴片元件公制、英制尺寸的转换
- SOT、PLCC、QFP、BGA 等封装形式的特点
- 贴片元器件的分类
- 贴片元器件符号归类
- 贴片芯片干燥通用工艺
- 贴片芯片烘烤通用工艺
- 插装元器件

难点与重点

- 对贴片元器件的命名的理解
- 元器件第一引脚的识别方法
- QFP、BGA 等封装形式的特点
- 贴片芯片干燥通用工艺

学习方法

- 结合各种贴片元器件的实物来理解各类元器件的特点
- 到元器件生产厂家网站查询各种元器件的参数和特性



2.1 常见的贴片元器件

1. CHIP 元件

CHIP 元件一般指贴片电阻和贴片电容。

1) 电阻、电容的发展过程

由插件的物料转变为贴片的物料，电阻、电容在外形上发生了很大的变化。电阻、电容的演变如图 2-1 所示。

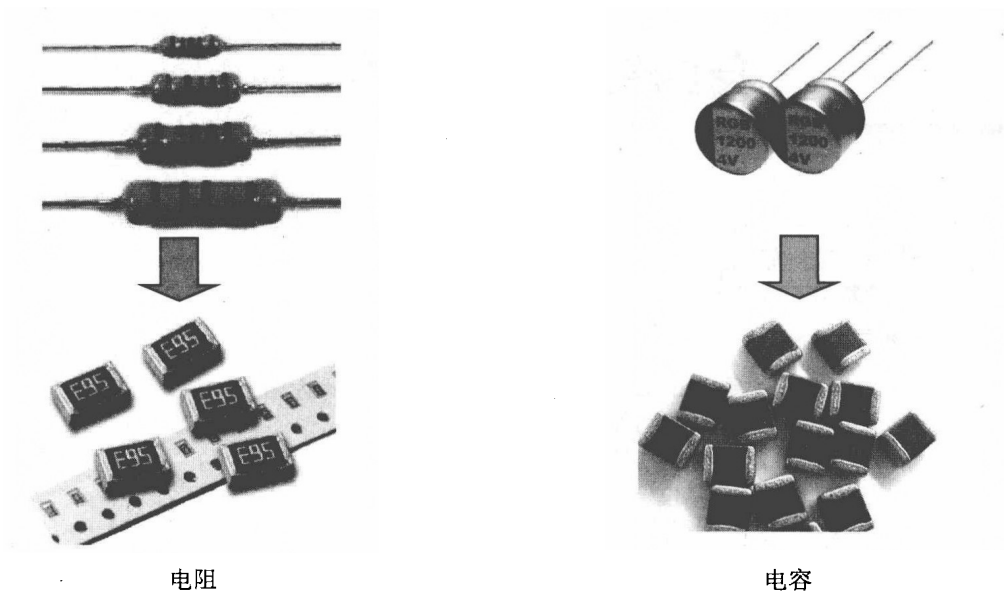


图 2-1 电阻、电容的演变

2) CHIP 元件的封装

(1) 贴片电阻。

贴片电阻的结构如图 2-2 所示。

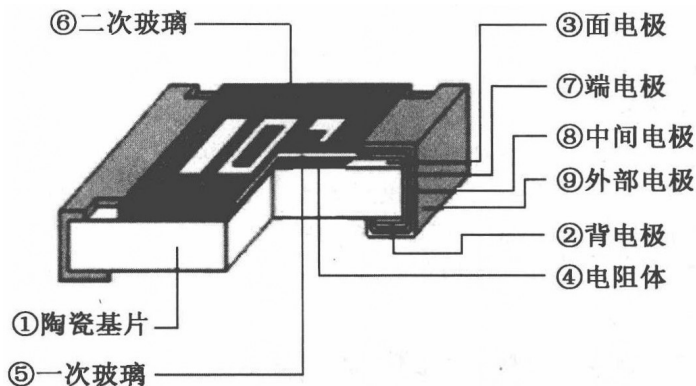


图 2-2 贴片电阻的结构

贴片电阻以尺寸的 4 位数编号命名封装。美国用英制，日本用公制，我国两种都使用。贴片电阻的尺寸如图 2-3 所示，其公制和英制尺寸转换表如表 2-1 所示。

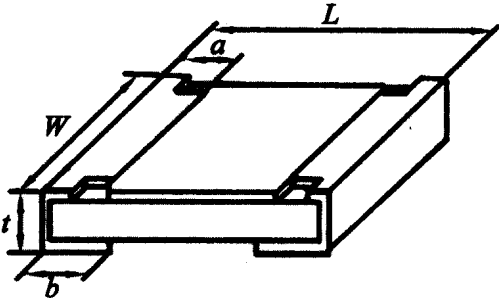


图 2-3 贴片电阻的尺寸

表 2-1 贴片电阻的公制和英制尺寸转换表

封装代码		尺寸(L×W)	
英制	公制	英制(in×in)	公制(mm×mm)
0402	1005	0.04×0.02	1.0×0.5
0504	1210	0.05×0.04	1.2×1.0
0603	1508	0.06×0.03	1.5×0.8
0805	2012	0.08×0.05	2.0×1.2
1005	2512	0.10×0.05	2.5×1.2
1206	3216	0.12×0.06	3.2×1.6
1210	3225	0.12×0.10	3.2×2.5
1812	4532	0.18×0.12	4.5×3.2
2225	5664	0.22×0.25	5.6×6.4

贴片电阻各个厂家的命名方法如表 2-2 和表 2-3 所示。

表 2-2 国巨公司常规贴片电阻命名方法

	XXXX	X	X	X	XX	XXXX	L
RC	封装				编带大小	阻值	终端类型 L=无铅
	0201	精度		温度系数	07=7 英寸	例如: 5R6	
	0402	F=1%	包装	=参见规格	10=10 英寸	56R	
	0603	J=5%	R=纸编带	说明书	13=13 英寸	560R	
	0805					56K	

例如，RC0402FR-0756RL 表示封装 0402 精度 1%，纸编带包装 7 英寸，56Ω 无铅产品

表 2-3 风华公司常规贴片电阻命名方法

	X	XX	X	XXXX	X	X
R	额定功率	封装	温度系数	阻值标识	精度	包装
	C=常规功率	01=0201	W=200 ppm	例如: 5R6	D=0.5%	T=编带包装
	S=提升功率	02=0402	U=400 ppm	5601	F=1%	B=塑料盒包装
		03=0603	K=100 ppm	562	J=5%	C=塑料袋散装
		05=0805	L=250 ppm	1004		
		06=1206				

例如, RC03L5601FT 表示常规功率, 封装 0603, 250 ppm, 5.6k Ω , 精度 1%, 编带包装

(2) 贴片电容。

① 片式多层陶瓷电容(MLCC)。

通常我们所说的贴片电容是指片式多层陶瓷电容(Multilayer Ceramic Capacitors, MLCC), 又称为独石电容, 如图 2-4 所示。其特点如下。

- 具有小体积、大容量、Q 值高、高可靠和耐高温等优点。
- 具有容量误差较大、温度系数很高等缺点。
- 一般用在噪声旁路、滤波器、积分电路、振荡电路中。
- 常规贴片电容按材料分: 有 COG(NPO)、X7R、Y5V。
- 常见引脚封装有: 0201、0402、0603、0805、1206、1210、1812、2010。
- 片式多层陶瓷电容(MLCC)是由平行的陶瓷材料和电极材料层叠而成, 其基本结构如图 2-5 所示。

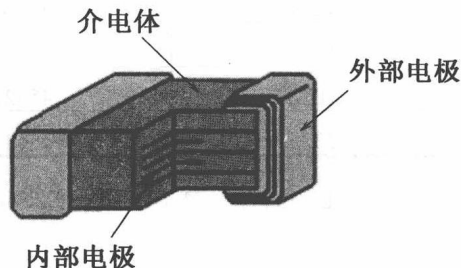
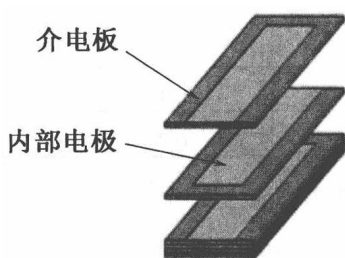


图 2-4 MLCC

图 2-5 片式多层陶瓷电容基本结构

② 贴片钽电解电容器。贴片钽电解电容器如图 2-6 所示, 其优缺点如下。

- 体积小。由于钽电容采用了颗粒很细的钽粉, 而且钽氧化膜的介电常数 ϵ 比铝氧化膜的介电常数高, 因此钽电容单位体积内的电容量大。
- 使用温度范围宽, 耐高温。由于钽电容内部没有电解液, 很适合在高温下工作。一般钽电解电容器都能能在 -50~100℃ 的温度下正常工作, 虽然铝电解电容也能在这个范围内工作, 但电性能远远不如钽电容。
- 寿命长、绝缘电阻高、漏电流小。钽电容中钽氧化膜介质不仅耐腐蚀, 而且长时间工作能保持良好的性能。
- 容量误差小。

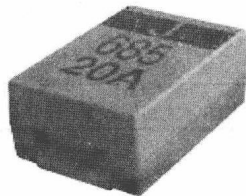


图 2-6 贴片钽电解电容器

- 等效串联电阻(ESR)小, 高频性能好。
 - 缺点: 耐电压不够高, 电流小。
- (3) 阻容组件标称值识别方法。阻容组件标称值的具体识别方法如表 2-4 所示。

表 2-4 阻容组件标称值识别方法

电 阻		电 容	
标印值	电阻值	标印值	电阻值
2R2	2.2 Ω	0R5	0.5pF
5R6	5.6 Ω	010	1 pF
102	1k Ω	110	11 pF
682	6800 Ω	471	470 pF
333	33k Ω	332	3300 pF
104	100k Ω	223	22000 pF
564	560k Ω	513	51000 pF

(4) 矩形贴片组件的发展趋势有以下几点。

- 不断微型化。
- 新的革新技术可能出现。
- 日本领先微型化。
- 0201 封装已经成熟, 现在正向 01005 方向发展。

3) 其他形式的封装

(1) MELF 金属端柱形封装。

MELF 是 Metal Electrode Face Bonded 的缩写, 金属端柱形封装的外形如图 2-7 所示。它常用于电阻和二极管的封装, 也可用于电容的封装。

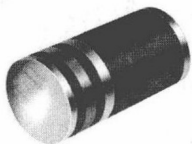


图 2-7 金属端柱形封装

二极管的封装名为 SOD80、SOD87 等。

常用尺寸: 2mm×1.25mm(Mini-melf)、3.5mm×1.4mm(Mini-melf)、5.9mm×2.2mm(Mini-melf)。

优点: 便宜、高压、高温、能做低电阻值(0.1 Ω)、准确度较好。

缺点: 组装时可能会滚动, 标准化不够完整。

(2) 电阻排封装形式。

电阻排封装形式采用 LCCC(Leadless Ceramic Chip Carrier, 无引线陶瓷芯片载体)式多端接点, 如图 2-8 所示。端点间距 p 一般为 0.8mm 和 1.27mm, 外型采用标准矩形件 0603、0805、1206 尺寸, 如图 2-9(a)所示; 也有采用新的 SIP(Single In-line Package, 单列直插封装)不固定长度封装的, 如图 2-9(b)所示; 也可采用和 SOIC(Small Outline Integrated Circuit, 小外形集成电路)相同的封装, 如图 2-9(c)所示。