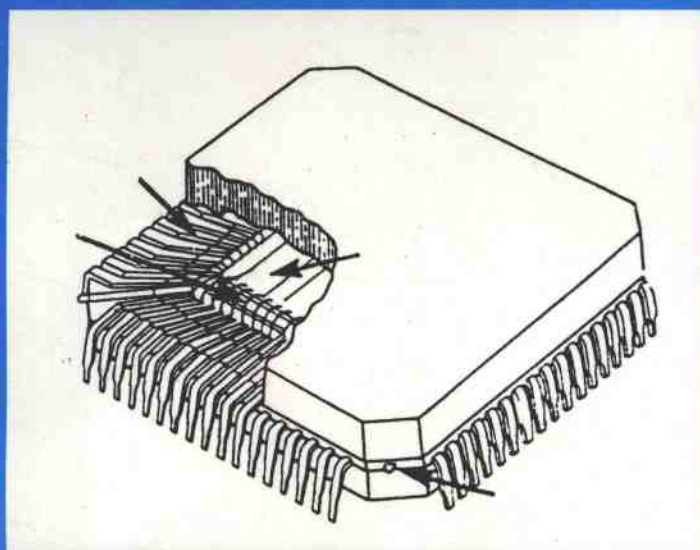


表面组装技术与片式元器件

黄书万 王旭升 李 燕 编 著



电子科技大学出版社

表面组装技术与片式元器件

黄书万 王旭升 李 燕 编著



电子工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了表面组装技术的原理、设计、制造、测试和组装设备及系统,同时介绍了表面组装所用片式元器件和材料的结构、性能、制造及选择原则。全书共12章,第2章~第8章介绍了各类片式元器件及材料,第9章~第12章和第1章介绍表面组装技术。该书取材新颖、内容丰富、理论联系实际,注重基本概念和基本原理的阐述,适宜作教材和技术参考书。

本书是电子材料与元器件专业规划教材,可作为微电子、半导体物理与器件教材,也可作为无线电技术、电子技术等整机专业的教材或教学参考书,对从事元器件、电子类整机的工程技术人员也很适用。

表面组装技术与片式元器件

黄书万 王旭升 李 燕 编著

电子科技大学出版社出版发行

(成都建设北路二段四号) 邮编 610054

西南冶金印刷厂印刷

四川省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 450 千字

版次 1997 年 9 月第一版 印次 1997 年 9 月第一次印刷

印数 1—500 册

ISBN 7—81043—787—9/TN·74

定价: 30.00 元

前 言

本教材系电子工业工科电子类专业教材 1991 年~1995 年编审出版规划,由《电子材料与固体器件》教材编审委员会《电子材料与元件》教材编审小组征稿并推荐出版。

本教材由电子科技大学黄书万任主编,参加编写的有西安电子科技大学王旭升、电子科技大学李燕。电子科技大学相邦朝任主审。

本教材参考学时数为 60~70 学时,编者均按《电子材料与元件》编审组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本书系统地阐述了表面组装技术所用片式元器件和材料的结构、性能、制造工艺及选用原则,系统地介绍了表面组装技术的原理、设计、制造技术、测试及组装设备和系统。该书取材新颖、内容丰富,编者力求理论透彻、概念清楚、文字精炼、理论结合实际。它是一本既有理论依据,又切合实际的专业课教材,既可作为电子材料与元件、微电子技术、半导体物理与器件专业的专业课教材,也可作为电子电路整机专业教材,也可作为电子类的学校、研究所、工厂等部门的培训教材。

本书第 1 章、第 2 章(部分)、第 3 章、第 9 章、第 11 章、第 12 章(部分)由黄书万编写,第 2 章(部分)、第 4 章、第 5 章、第 7 章、第 12 章(部分)由王旭升编写,第 10 章由李燕编写。该书由黄书万统编。相邦朝审阅了本书。

本书在编写过程中曾得到电子科技大学恽正中教授、西安电子科技大学徐毓龙教授以及编审组老师们的支持和热情帮助,他们为本书提出了宝贵意见,在这里表示诚挚的感谢。本书在出版过程中得到了电子科技大学教务处、电子科技大学出版社的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1997 年 6 月

目 录

第一章 绪论

1.1 表面组装技术的定义和内容	1
1.2 表面组装技术与片式元器件发展情况	5
1.3 表面组装器件及表面组装技术的发展趋势	8
1.4 表面组装技术发展与组装设备紧密相关	10
1.5 表面组装技术的特点	11
1.6 表面组装技术对片式元器件的要求	11
1.7 有关表面组装技术和片式元器件常用缩写符号、代号、名称和标记	12

第二章 片式元器件概述

2.1 片式元器件的特点和分类	14
2.1.1 片式元器件的特点	14
2.1.2 片式元器件的分类	15
2.2 片式元器件的材料	16
2.2.1 基片(基板)	16
2.2.2 浆料	16
2.2.3 端电极	18
2.2.4 包封材料	19
2.3 片式元器件的工艺	20
2.3.1 厚膜工艺	20

第三章 片式电阻器

3.1 片式电阻器	24
3.1.1 片式电阻器的分类	24
3.1.2 片式电阻器的基本特性	24
3.2 片式厚膜电阻器	31
3.2.1 厚膜电阻器设计	31
3.2.2 厚膜电阻浆料	39
3.2.3 厚膜电阻的电极	56
3.2.4 厚膜电阻的基体	59
3.2.5 厚膜电阻器的制造工艺	59
3.3 片式薄膜电阻器	62
3.3.1 MELF 电阻器的结构分类和外形尺寸	63

3.2.2 MELF 电阻器的性能	63
3.4 片式电位器	64
3.4.1 片式电位器的分类	64
3.4.2 片式电位器的主要参数	67
3.4.3 片式电阻网络	69

第四章 片式电容器

4.1 片式电容器的种类和结构	73
4.2 片式电容器的基本特性	74
4.2.1 片式电容器的性能参数	74
4.2.2 片式电容器的基本特性	75
4.3 片式电容器的设计	78
4.3.1 片式电容器的设计准则	78
4.3.2 片式电容器的芯子设计	79
4.3.3 片式电容器的电极设计	83
4.4 片式陶瓷电容器	84
4.4.1 片式陶瓷电容器的材料	84
4.4.2 片式多层陶瓷电容器	85
4.4.3 圆柱形片式陶瓷电容器	92
4.5 片式有机薄膜电容器	92
4.5.1 片式有机薄膜电容器材料	94
4.5.2 片式有机薄膜电容器的结构和制造工艺	95
4.5.3 片式有机薄膜电容器的特性	97
4.6 片式可变电容器	99
4.6.1 片式可变电容器的结构	99
4.6.2 片式可变电容器的特性	99
4.7 片式电解电容器	101
4.7.1 片式铝电解电容器	102
4.7.2 片式钽电解电容器	107

第五章 片式电感器

5.1 片式电感器的种类和结构	115
5.2 片式电感器的基本特性	115
5.2.1 电感器的性能参数	115
5.2.2 膜状电感器的设计	116
5.2.3 片式电感器材料	117
5.2.4 片式电感器的表示及性能比较	118
5.3 单片型片式电感器	119
5.3.1 结构特点	119

5.3.2 电气性能	120
5.4 叠层印刷型片式电感器	121
5.4.1 结构特点	121
5.4.2 电气性能	122
5.5 线绕型片式电感器	124
5.5.1 方形线绕电感器	124
5.5.2 圆柱形线绕电感器	126
5.5.3 片式固定线圈	127
5.6 片式可变电感器	128

第六章 片式半导体器件

6.1 片式半导体器件的种类	130
6.2 普通片式晶体管	130
6.2.1 结构特点	130
6.2.2 电气性能	133
6.3 片式二极管	133
6.4 其它片式分立半导体器件	137
6.4.1 片式发光二极管(LED)	137
6.4.2 片式场效应晶体管	137
6.4.3 片式内配电阻晶体管	138
6.4.4 片式可控硅器件	139
6.4.5 片式倒装晶体管	143
6.5 片式集成电路	144
6.5.1 概述	144
6.5.2 小外型封装(SO)集成电路	146
6.5.3 塑料有引线芯片载体(PLCC)集成电路	148
6.5.4 陶瓷无引线芯片载体(LCCC)集成电路	150
6.5.5 扁平四方封装(QFP)集成电路	152
6.5.6 其它封装的片式集成电路	154

第七章 其它片式元器件

7.1 片式敏感元件	155
7.1.1 片式热敏电阻器	155
7.1.2 片式压敏电阻器	157
7.2 片式体波器件	160
7.2.1 片式压电振子	160
7.2.2 片式滤波器	163
7.2.3 片式振荡器	165
7.3 片式连接器	169

7.3.1 片式连接器的设计	169
7.3.2 片式连接器的类型和特性	171
7.4 片式开关	172
7.4.1 片式拨动式开关	172
7.4.2 片式滑动开关	173
7.4.3 片式触觉开关	174
7.4.4 片式旋转开关	174

第八章 表面组装的基板

8.1 概述	176
8.1.1 表面组装技术对基板的要求	176
8.1.2 基板的选择	177
8.1.3 基板的分类	177
8.2 聚合物基板	178
8.2.1 聚合物基板的结构与制备工艺	178
8.2.2 聚合物基板的特性	178
8.3 陶瓷基板	179
8.3.1 陶瓷基板的制备工艺	179
8.3.2 陶瓷基板的特性	181
8.4 金属基板	183
8.4.1 金属基板的结构	183
8.4.2 常用的几种金属基板	183
8.5 多层基板	185
8.5.1 聚合物多层基板	185
8.5.2 金属聚合物多层基板	186
8.5.3 玻璃陶瓷多层基板	186

第九章 表面组装设计

9.1 系统设计	189
9.2 外型、装配和功能设计	189
9.3 元器件所占面积和焊盘图形设计	190
9.3.1 表面组装元器件所占面积设计	190
9.3.2 焊盘图形设计	190
9.4 制造技术的设计	199
9.4.1 工艺可行性设计	199
9.4.2 焊接设计	200
9.4.3 元件的排布和取向设计	201
9.4.4 内封装间隙的设计	201
9.5 寻通孔的设计	206

9.6	焊接掩模设计	206
9.7	修理和清洁设计	208
9.8	测试设计	208

第十章 表面组装的设备和系统

10.1	贴装机的结构	210
10.2	SMD 贴装机的基本性能	213
10.3	贴装机的分类	221
10.4	贴片机设计的基础	228
10.5	进料系统	238

第十一章 表面组装工艺

11.1	概述	247
11.2	组装工艺流程	248
11.3	表面组装印制电路板的制造	248
11.3.1	小孔钻削	248
11.3.2	小孔金属化	249
11.3.3	埋孔、盲孔和真空层压技术	252
11.3.4	精细线条的制备	253
11.3.5	涂覆阻焊剂膜	253
11.3.6	焊料涂覆、热风整平(HAL)	254
11.3.7	质量检测	254
11.4	涂敷胶粘剂	255
11.5	涂布焊膏	258
11.6	贴装技术	262
11.7	焊接技术	263
11.8	清洁技术	268

第十二章 表面组装用材料

12.1	导体浆料	270
12.1.1	导体浆料的分类和组成	270
12.1.2	常用的导体浆料	272
12.2	焊接材料	275
12.2.1	焊料	275
12.2.2	焊剂	275
12.2.3	焊膏	278
12.3	绝缘与包封材料	279
12.3.1	一般要求	279
12.3.2	交叉与多层布线介质	280

12.3.3 封装材料.....	280
12.4 其它材料.....	281
12.4.1 粘结剂.....	281
12.4.2 阻焊剂.....	283
12.4.3 清洗剂.....	283
参考文献.....	286

第一章 绪 论

1.1 表面组装技术的定义和内容

表面组装技术,又称表面安装技术或表面贴装技术,用 SMT (Surface Mounting Technology) 表示。它是将片式元器件安装在印刷电路板或其它基板表面上,通过波峰焊、再流焊等方法焊接的一种新型的组装技术。

采用表面组装技术,可使电子产品小型化、薄型化、提高装配密度和装配速度,提高产品的质量,降低产品的成本。

表面组装技术包括片式元器件的设计、制造和选用,基板的选择,表面组装方案的制定和设计,印制线路板的设计与制造,粘结剂的点涂,焊膏印刷,片式元器件贴放,贴装部件的焊接,贴装部件的清洗,部件质量的检验和性能测试,部件的返修等。表面组装技术的内容详见图 1-1 所示。

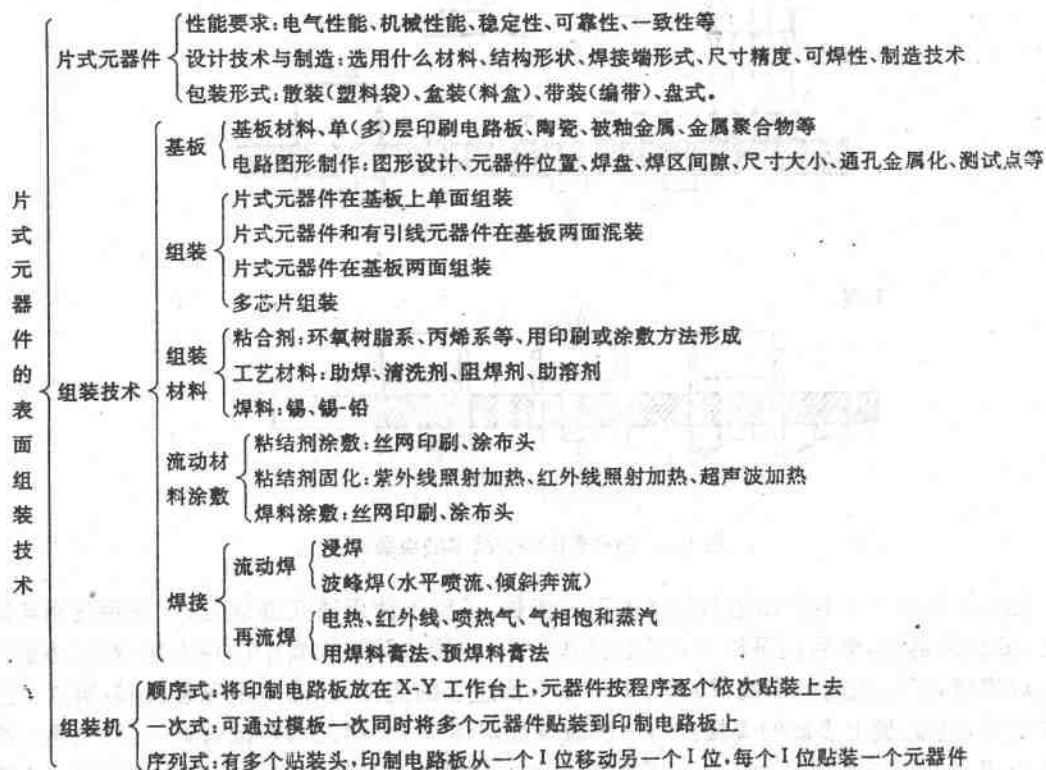


图 1-1 表面组装技术的内容

表面组装的类型根据有源器件和无源元件在基板上贴装的情况一般分为三种类型,如图 1-2 所示。I 型表面组装件,又称全 SMT 组装,即在印制板上只含有表面组装元器件,可

以是单面组装,也可以是双面组装。Ⅰ型表面组装件,又称为全混合组装件,既采用了SMT,又采用插装技术,可以是单面组装,或双面组装,一般是基板上表面为片式元器件和插装件,而基板底面为片式元件。Ⅱ型表面组装件,又称为分面混合组装,也是同时采用SMT和插装技术的一种混合表面组装件,但印制板的上表面为插装元器件,印制板底面为片式元器件,如电阻器、电容器及晶体管等。换句话说,即印制板的上表面为插装,底面为片式元器件的组装。

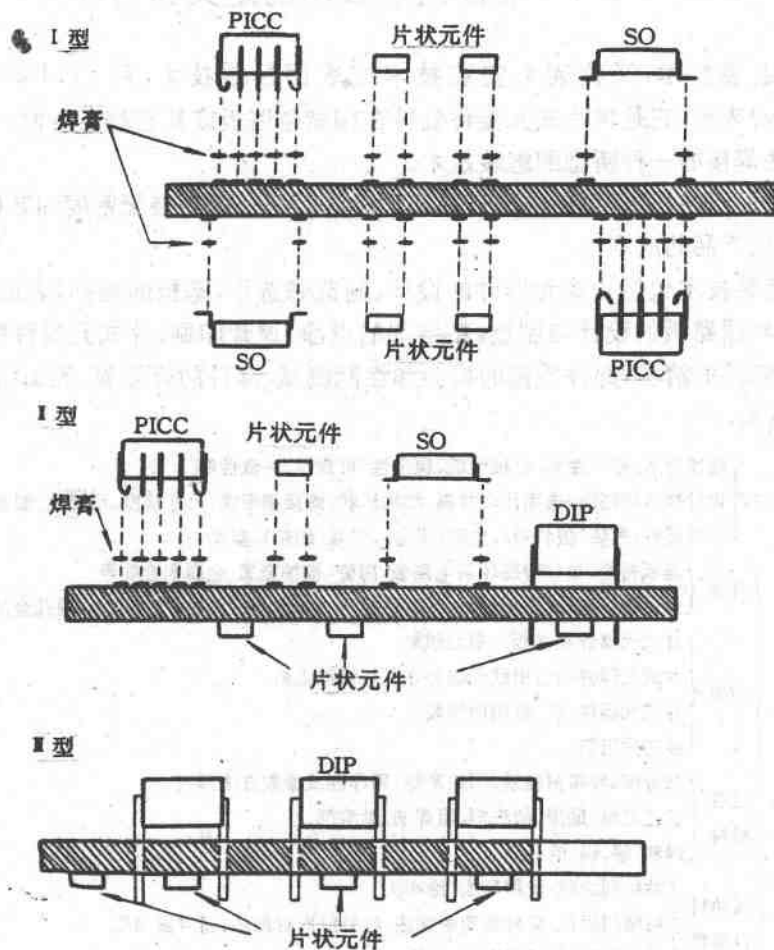


图 1-2 三种表面组装技术的组装件

图 1-3 示出了Ⅰ型表面组装技术的工艺流程。Ⅰ型不使用通孔插装元件。先用丝网印刷焊膏、安放元器件,然后在再流焊炉或红外焊炉中,先预热除去焊膏中的挥发物,然后将组件再流焊焊接,用清洗剂消除残留的焊剂。对于双面组装的组件,还需将电路板翻转,重复上述工艺流程。电路板上表面的焊接点再一次被再流焊焊一次。第二次再流焊时,元件由第一次再流焊焊过的焊膏表面张力定位。通常第一次再流焊的焊膏的熔点比第二次再流焊的焊膏熔点约高一些,因此在组件翻转后,进行第二次再流焊焊接时元件不会脱落。

Ⅱ型SMT的工艺流程如图 1-4 所示。首先利用已有的通孔插装设备将通孔插装元器件自动插入并打弯。然后,把组件翻转,涂上胶粘剂,这时已打弯的元器件不会脱落。用贴装机放置表面组装元器件,在再流焊炉或红外炉中将粘胶剂固化,然后再将组件翻转过来,用波

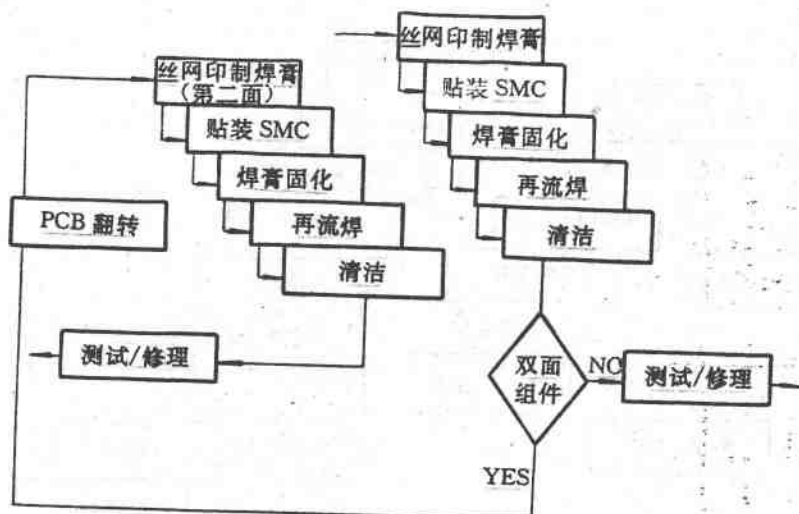


图 1-3 I 型 SMT 的典型工艺流程

峰焊将带引线元件和表面组装元件同时加以焊接。在波峰焊的过程中，印制线路板底面上的分立元件用胶粘剂定位，如果不使用自动插装机，引线也未打弯，则工艺流程和上述相反。首先涂布胶粘剂，放置片式表面组装元件，胶粘剂固化，然后将组件翻转，用手工方式把全部通孔插装元件插入，最后将两面的元件用波峰焊焊接、清洗、测试和封装。

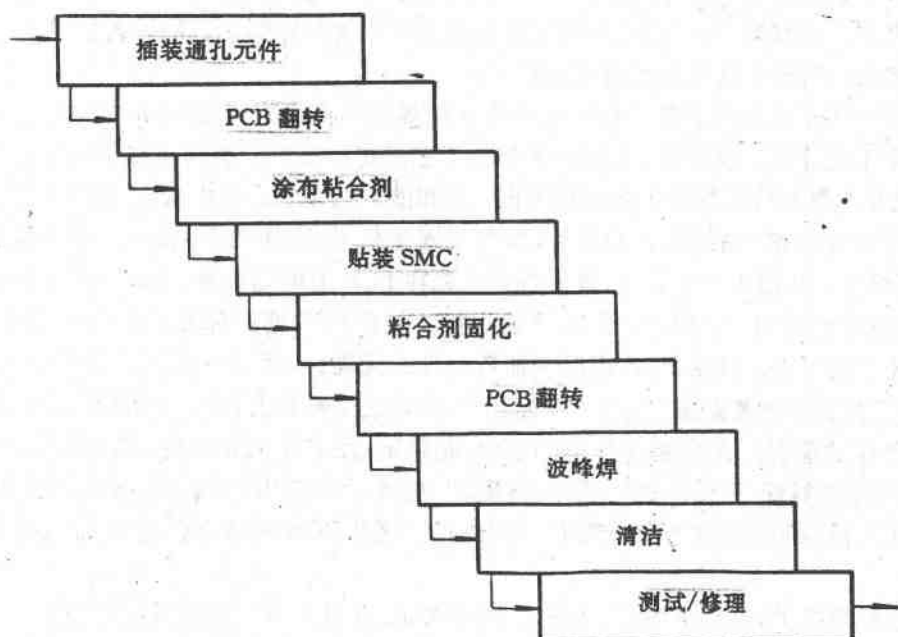


图 1-4 II 型表面组装典型工艺流程

II 型 SMT 的工艺流程如图 1-5 所示，它包括 I 型和 II 型的制作工艺。它的工艺步骤最

多,是最难制作的组件。它的工艺流程为Ⅰ型工艺流程后,紧接着经过Ⅱ型的工艺流程。

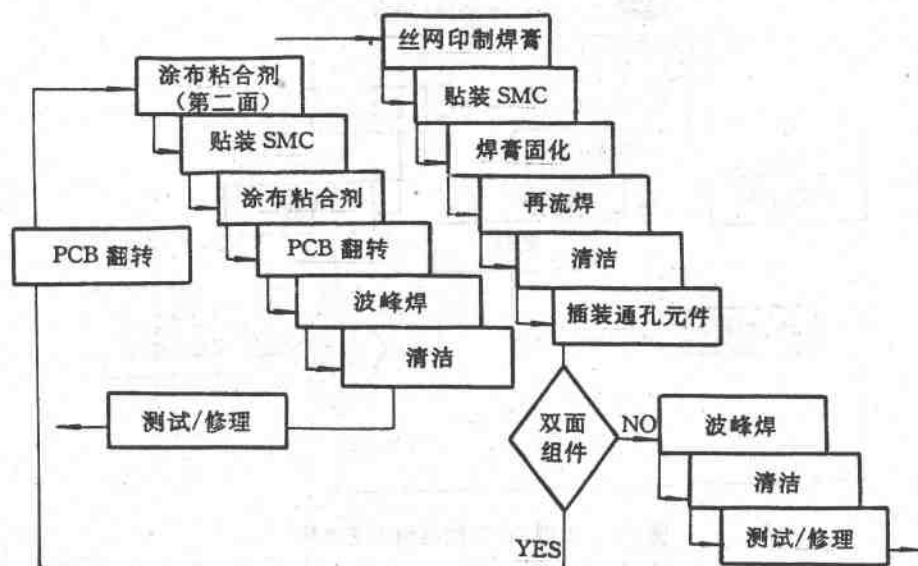


图 1-5 I 型表面组装典型工艺流程

不同类型的表面组装件有不同的表面组装工艺,在整个工艺过程中,贴装和焊接是关键

的工艺。贴装工艺主要靠自动化的贴片机来完成,要求印制电路板的焊盘设计和制造精度高、片式元器件尺寸精度高、贴片时能准确无误地把片式元器件贴到规定的焊盘位置上,要完成这一点一般是由机械手按预先编好的程序来进行。

表面组装技术所组装的元器件主要靠波峰焊和再流焊来焊接,不同的组装方式采用不同的焊接工艺流程。反过来,采用什么焊接工艺决定什么样的表面组装设计和元器件的排布。有关波峰焊和再流焊的工艺流程见图 1-6 和图 1-7。从图 1-6 中看出,波峰焊工艺首先在 PCB 上网印粘结剂,贴装片式元器件,紫外线固化粘牢,翻转 180°,在另一面上插装引线元器件,再焊接。从图 1-7 中看出,再流焊工艺先在 PCB 上网印焊膏,在同一面上贴装片式元器件,不需要翻转 180°,插装元器件,再流焊接。前者 PCB 两面都装了元器件,后者 PCB 的一面上了元器件。如果 PCB 正反两面皆有片式元器件,而有一面上又有引线元器件,其 SMT 的工艺过程就复杂多了。图 1-8 示出了 PCB 正反两面有片式元器件,而反面上又有引线元器件的情况。在组装过程中,先网印粘结剂、贴装片式元器件、固化粘牢,PCB 翻转 180°,再网印焊料膏,贴装片式元器件,再流焊。然后再插装引线元器件,预热,用波峰焊将正面的片式元器件和反面的引线元器件一起焊接。这种 PCB 两面混合组装,兼有两种焊接工艺。

对波峰焊来讲,有水平喷流(两波)和倾斜喷流(片波)。采用波峰焊能够把片式元器件焊牢,不会产生气泡,能焊接极小的元器件,适合高密度的 PCB,在 0.2mm 间距时也不会产生桥接,焊接时使 PCB 与焊料接触面积减少,PCB 吸热量小,这样可减少元器件因高热而损坏。波峰焊效率高,适宜于焊接带引线的大批量的元器件。它的不足之处是对片式元器件会产生热应力,焊接精度较差。

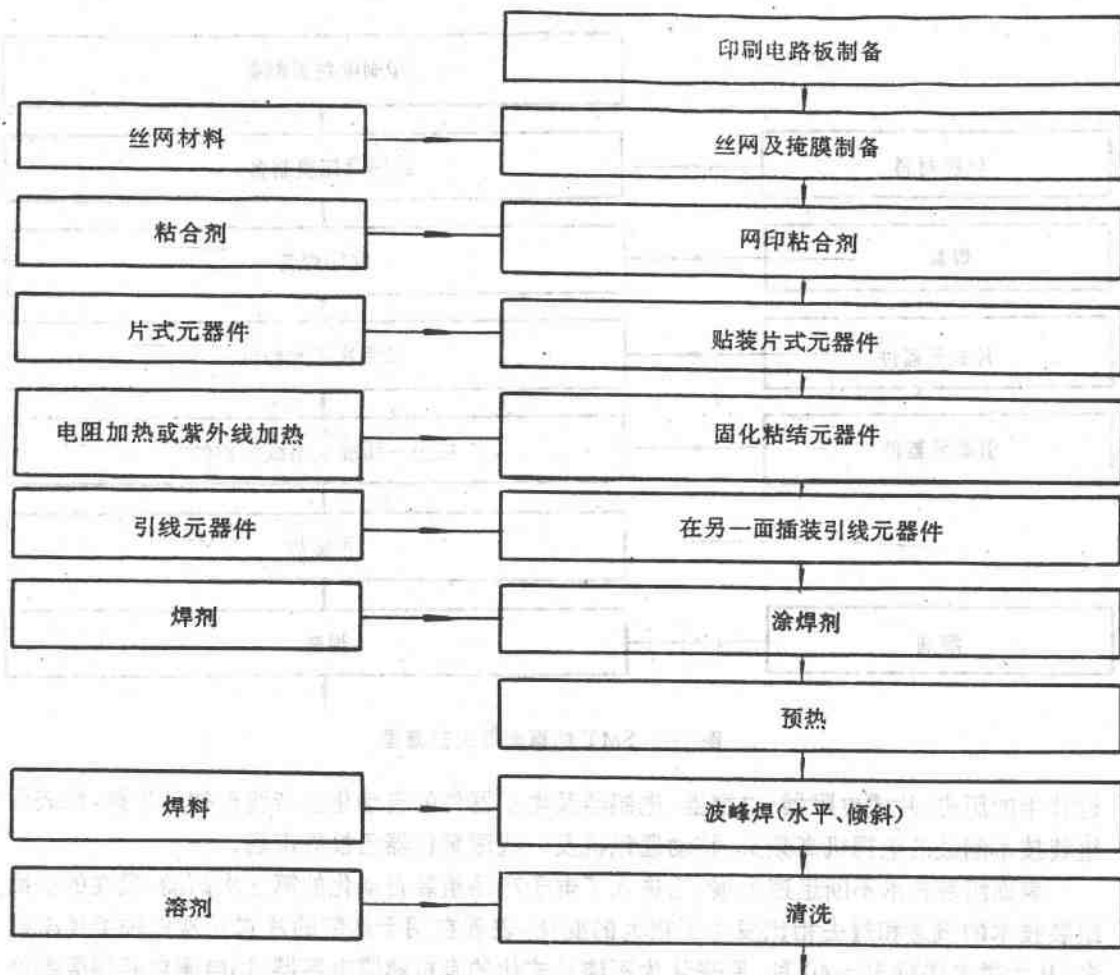


图 1-6 SMT 的波峰焊工艺流程

再流焊主要有红外再流焊、汽相再流焊。这种焊接的主要优点：焊接温度均匀且精度高，不氧化，可以焊接任意形状的元器件，特别适宜于片式表面组装芯片和元器件的焊接。

1.2 表面组装技术与片式元器件发展情况

片式元器件作为混合集成电路外贴件在 60 年代就开始应用了，如用于制作 IBM 电子计算机、宇航和工业电子设备，至今已有 30 多年的历史。70 年代后期消费类电子产品向小型、薄型、多功能方面发展，表面组装技术得到了迅速的发展。国际上 SMT 和片式元器件的发展经历了三个阶段：70 年代中期，主要以小型化为目标，片式元器件主要用于混合集成电路、石英表和计算器。70 年代后期主要发展目标是提高电子产品的性能，片式元器件主要用于摄像机、随身听立体声收录机、电子照相机等。在此期间，表面组装设备、组装工艺以及所需的材料逐渐成熟，从而形成了表面组装技术这一新型的技术。80 年代以后，主要目标是降低成本，提高产品的性能与价格比，大力发展自动高效率的生产工艺，使表面组装技术在国际上成为电子产品组装技术的主流。

在此同时，世界各国都有不同程度的发展，我国对片式元器件的研制、生产和使用已有

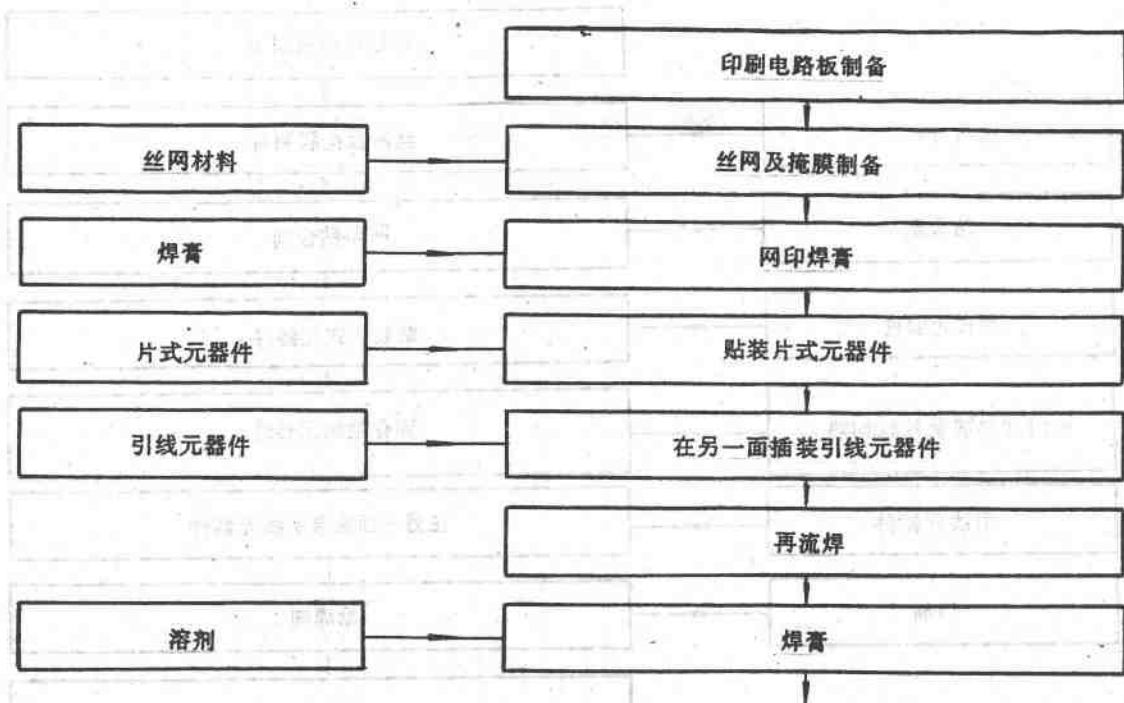


图 1-7 SMT 的再流焊工艺流程

近廿年的历史。片式电阻器、电容器、电感器及电子器件的自动化生产线已初具规模，用表面组装技术制造的电视机高频头、移动通讯机及一些测量仪器已投放市场。

表面组装技术不断迅速发展，已进入了电子产品组装自动化的第三次高潮，现在的表面组装技术的概念和过去相比发生了很大的变化，表现在用于贴装的片式元器件种类越来越多，从大类来讲就 30~40 种。原来认为不能片式化的有机薄膜电容器、铝电解电容器等卷绕型的电容器，现在也能片式化了。从产量方面来看，世界各国的产量都以很快的速度增大，1986 年日本片式元器件产量已占元器件总量的 47%，美国只有 6%，90 年代美国已超过 50%。因此片式元器件在元器件中扮演主角的时代即将到来。以用得最多的阻容元器件为例，日本 1986 年固定电阻器和固定电容器片式化使用化率占 33% 和 46%，1990 年占 65% 和 70%，1992 年电阻器为 76%，多层陶瓷电容器占 75%，钽电容器占 67.9%，小型大容量多层陶瓷电容器占 80%。

片式元器件逐渐朝着小型化和规范化方向发展，1983 年前后，阻容片式元器件以 3216 型 (3.2mm×1.6mm) 扁平型为主，随着贴片机和片式元器件的进步，其尺寸逐渐减小，出现了如 2125 (2.0mm×1.25mm) 型、2010 (2.0mm×Φ1.0mm) 型、1608 (1.6mm×0.8mm) 型、1508 (1.5mm×0.8mm) 型和 1005 (1.0mm×0.5mm) 型。目前正在研制 0.8mm×0.4mm、0.5mm×0.25mm、0.4mm×0.2mm 的小型化片式元器件。其形状方面有矩形、圆筒形和异形。矩形 (又称方形) 元件大部分都是长方形和扁平形，两端是由一层导电的材料形成电极。典型的元器件有片式电阻器、叠片式陶瓷电容器、片式叠层电感器。还有带金属电极的塑模器件，如片式钽电解电容器和片式薄膜电容器。圆筒形片式元器件，看上去与一般元器件差不多，只是没有引线，其电极，一种是厚膜电极，另一种是金属帽电极，称为金属电极无引线端面键合元器件，用 MELF 表示。异形片式元器件，如线绕片式电感器、片式铝电解电容器、

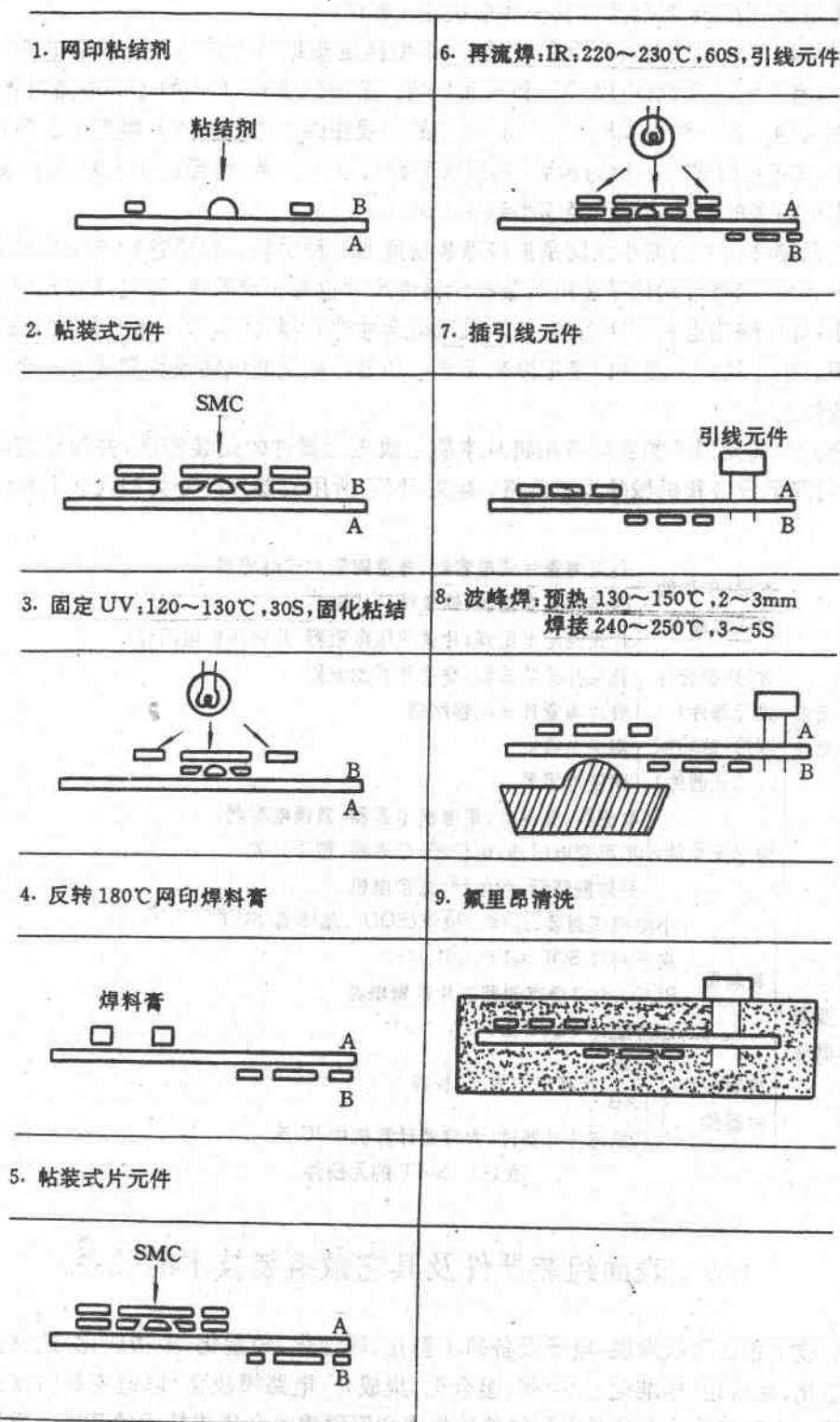


图 1-8 PCB 两面混合组装元器件的焊接工艺