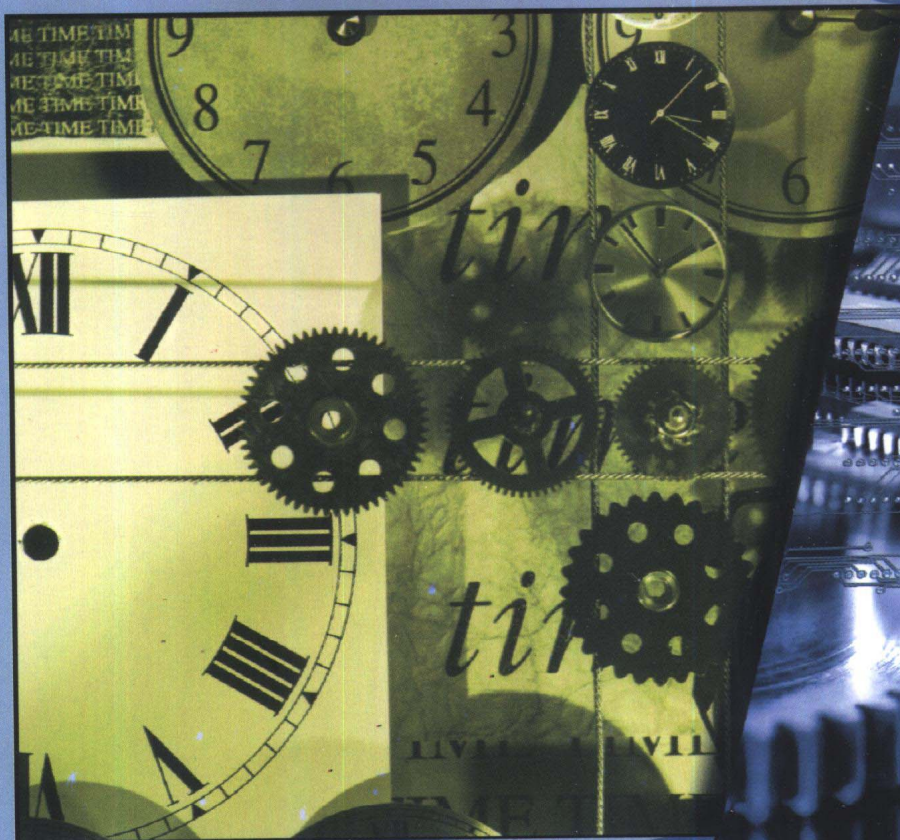


SMT教材系列

表面组装技术基础

吴兆华 周德俭 编

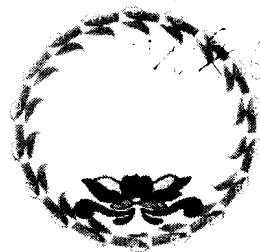


电子器件
表面组装
SMT
电路板
组装工艺

国防工业出版社

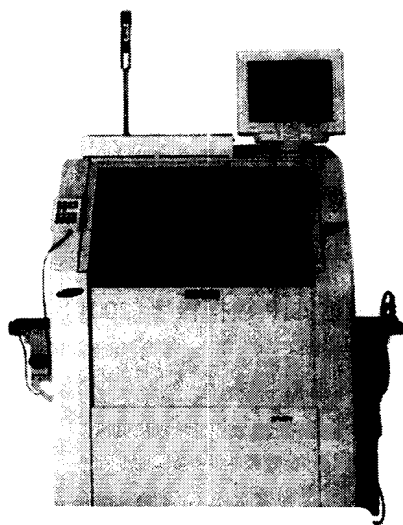
658

SMT教材系列



表面组装技术基础

吴兆华 周德俭 编



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍电子电路表面组装技术(SMT)的基础知识,内容包括:SMT 及其发展、SMT 及 SMT 生产系统的基本组成,表面组装元器件,表面组装印制板,表面组装焊接技术,表面组装涂敷与贴装技术,表面组装材料,表面组装工艺与组装质量检测,SMT 生产系统控制与管理等。全书共 8 章,每章均附有思考题,便于自学和复习思考。

本书可作为高等院校 SMT 专业或专业方向的本科教材和高等职业技术教育教材,也可作为 SMT 的系统性专业技术培训教材和供从事 SMT 的工程技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

表面组装技术基础/吴兆华,周德俭编. —北京:国防工业出版社,2002.1

SMT 教材系列

ISBN 7-118-02669-7

I. 表... II. ①吴...②周... III. 电子电路 - 表面 - 组装 - 教材 IV. TN705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 067018 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15¼ 357 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

电子电路表面组装技术(SMT)在我国正处于高速发展和快速普及化之中,相关专业技术人才的缺乏已对其发展产生了明显的制约作用。为加快人才培养步伐,急 SMT 专业技术人才培养的系统性教学、培训所需,我们在信息产业部电子科学院项目资助下,组织和编写了“SMT 系列教材”。

本系列教材包含已完成编写的《表面组装技术基础》、《表面组装工艺技术》两册主要教材,以及计划编写的《SMT 设备原理及其应用》、《SMT 组装系统与管理》、《SMT 组装质量与检测》等教材。各册教材既相互独立,又有相互关联性。前二册介绍了 SMT 的基本技术,全系列教材基本涵盖了 SMT 的所有内容。编写中还注意到了教材的实用参考价值和适用面等问题,教材具有理论联系实际、易于自学等特点。教材每一章均附有思考题,便于自学和复习思考。根据需要选择该系列教材中的部分或全部,可应用于高等院校 SMT 专业或专业方向的本科教育和高等职业技术教育;应用于 SMT 的系统性专业技术培训。也可用其作为器件设计、电路设计等与 SMT 相关的其它专业的辅助教材,以及供从事 SMT 的工程技术人员自学和参考。

本系列教材在编写过程中得到了电子科学研究院、信息产业部电子二所、桂林电子工业学院、北京电子装联公司等单位,以及电子先进制造专业组的各位专家的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

本册教材由吴兆华副教授、周德俭教授编写,信息产业部电子科学研究院李怀霞高级工程师主审。李春泉、黄春跃、邱宝军、易勇强、蔡志刚等人参加了资料收集以及文字和图稿的计算机编排工作。教材中还引用了宣大荣等人编写的相关书籍的部分内容。本教材共 8 章,参考教学学时数为 30~36 学时。

由于时间仓促和水平有限,教材中一定存在着不少谬误,真诚期望同行专家和读者指正。

编 者
2001.9

序 言

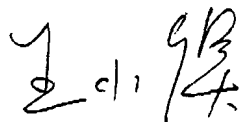
表面组装技术(SMT)是电子先进制造技术的重要组成部分,SMT 的迅速发展和普及,变革了传统电子电路组装的概念,为电子产品的微型化、轻量化创造了基础条件,对于推动当代信息产业的发展起到了独特的作用,成为制造现代电子产品的必不可少的技术之一。目前,SMT 已广泛应用于各行各业的电子产品组件和器件的组装中。而且,随着半导体元器件技术、材料技术、电子与信息技术等相关技术的飞速进步,SMT 的应用面还在不断扩大,其技术也在不断完善和深化发展之中。近年来,与 SMT 的这种发展现状和趋势相应,与信息产业和电子产品的飞速发展带来的对 SMT 的技术需求相应,我国电子制造业急需大量掌握 SMT 知识的专业技术人员。

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,是一门新兴的先进制造技术和综合型工程科学技术。要掌握这样一门综合型工程技术,必须经过系统的专业基础知识和专业知识学习和培训。然而,由于 SMT 之新兴特点,在我国,与之相应的学科、专业建设和教学培训体系建设工作尚刚起步,也缺乏与之相适应的系统性教学、培训教材和学习资料。

为此,信息产业部电子科学研究院以资金项目资助的形式支持《表面组装技术(SMT)基础》、《表面组装工艺技术》、《SMT 设备原理及其应用》、《SMT 组装系统与管理》、《SMT 组装质量与检测》等“SMT 系列教材”的编写工作,其意义重大而又深远。

我们相信,随着本系列教材的陆续出版,它不仅会对我国 SMT 方面的人才培养工作、学科和专业建设工作带来积极的促进作用,还将会对 SMT 在我国普及和发展、对电子先进制造技术的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士
电子科学研究院常务副院长



2001.10

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 SMT 及其发展	1
1.1.1 SMT 的基本概念	1
1.1.2 SMT 的发展	2
1.2 SMT 及 SMT 生产系统的基本组成	3
1.2.1 SMT 的基本组成	3
1.2.2 SMT 生产系统的基本组成	4
1.3 SMT 的优缺点	6
1.3.1 传统通孔插装技术	6
1.3.2 SMT 的优缺点	6
思考题 1	8
第 2 章 表面组装元器件	9
2.1 表面组装元件	9
2.1.1 电阻器	10
2.1.2 电容器	25
2.1.3 电感器	48
2.1.4 其它表面组装元件	51
2.2 表面组装半导体器件	80
2.2.1 封装型半导体器件	80
2.2.2 芯片组装器件	85
2.2.3 其它新型器件	92
2.3 表面组装元器件的包装	95
2.3.1 编带包装	96
2.3.2 其它包装形式	99
2.3.3 包装形式的选择	100
思考题 2	102
第 3 章 表面组装印制板	103
3.1 印制电路板的特点与材料	103
3.1.1 特点	103
3.1.2 基板材料	104
3.2 印制电路板设计	109
3.2.1 基板选择	110

3.2.2 布线设计	111
3.3 印制电路板的制造	120
3.3.1 单面印制板	121
3.3.2 双面印制板	122
3.3.3 多层印制板	124
3.3.4 挠性和刚挠印制板	128
3.3.5 碳膜印制板和银浆贯孔印制板	130
3.3.6 金属芯印制板	131
3.3.7 MCM-L 基板	132
3.3.8 陶瓷基板电路制造技术	133
思考题 3	139
第 4 章 表面组装焊接技术	140
4.1 表面组装焊接技术的原理和特点	140
4.1.1 软钎焊技术及其焊接成形机理	140
4.1.2 表面组装焊接技术特点	144
4.2 表面组装焊接技术	145
4.2.1 波峰焊	145
4.2.2 再流焊	151
4.2.3 免清洗焊接技术	160
思考题 4	162
第 5 章 表面组装涂敷与贴装技术	163
5.1 表面组装涂敷技术	163
5.1.1 焊膏涂敷	163
5.1.2 贴装胶的涂敷	169
5.2 贴装技术	172
5.2.1 贴装方法和原理	172
5.2.2 贴装设备	173
思考题 5	180
第 6 章 表面组装材料	181
6.1 贴装胶	181
6.1.1 贴装胶的化学组成	181
6.1.2 贴装胶的分类	182
6.1.3 表面组装对贴装胶的要求	183
6.1.4 贴装胶的使用	183
6.2 焊膏	184
6.2.1 焊膏的化学组成	184
6.2.2 焊膏的分类	185
6.2.3 表面组装对焊膏的要求	186
6.2.4 焊膏的选用原则	187

6.3 助焊剂	188
6.3.1 助焊剂的化学组成	188
6.3.2 助焊剂的分类	189
6.3.3 助焊剂的特点	190
6.3.4 助焊剂的选用	191
6.4 清洗剂	191
6.4.1 清洗剂的化学组成	192
6.4.2 清洗剂的分类	192
6.4.3 清洗剂的特性	194
6.4.4 清洗方式	194
6.5 其它材料	195
6.5.1 阻焊剂	195
6.5.2 防氧化剂	196
6.5.3 插件胶	196
思考题 6	196
第 7 章 表面组装工艺与组装质量检测	197
7.1 表面组装工艺及设备	197
7.1.1 表面组装工艺的组成	197
7.1.2 表面组装方式及工艺	198
7.1.3 表面组装设备	202
7.2 组装质量检测	204
7.2.1 组件故障与检测方式	204
7.2.2 组装检测	205
7.2.3 组件返修	217
思考题 7	218
第 8 章 SMT 生产系统控制与管理	220
8.1 SMT 生产系统及其控制	220
8.1.1 SMT 生产系统基本组成及其功能特点	220
8.1.2 SMT 生产系统的其它组成形式	222
8.1.3 SMT 生产系统基本控制形式	223
8.2 SMT 产品质量控制与管理	227
8.2.1 质量控制技术的内涵与特点	227
8.2.2 SMT 产品质量控制与管理基本形式	228
8.3 SMT 生产系统的管理体系	230
8.3.1 管理体系的基本组成	230
8.3.2 管理信息系统	230
思考题 8	233
附录:中华人民共和国电子行业标准 表面组装技术术语	234
参考文献	241

第 1 章 概 论

1.1 SMT 及其发展

1.1.1 SMT 的基本概念

电子电路表面组装技术一般是指用自动组装设备将片式化、微型化的无引线或短引线表面组装元件/器件(简称 SMC/SMD, 常称片状元器件)直接贴、焊到印制线路板(PCB)表面或其它基板的表面规定位置上的一种电子装联技术, 又称表面安装技术或表面贴装技术, 简称 SMT(Surface Mounting Technology)。由 SMT 技术组装形成的电子电路模块或组件被称为表面组装组件(SMA)。图 1.1 为表面组装技术示意图。

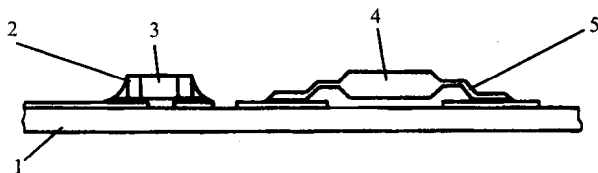


图 1.1 表面组装技术示意图

1—电路基板; 2—金属化端; 3—元件; 4—器件; 5—短引线。

当被组装的 SMC/SMD 引线结构简单、同一 PCB 上 SMC/SMD 个数很少, 或者对 SMA 上的个别 SMC/SMD 进行返修时, 也可以采用借助焊接工具的手工方式, 和借助返修设备的半自动方式进行表面组装。

表面组装焊接一般采用浸焊或再流焊。若采用浸焊, 先在 PCB 上点涂上或丝网印刷上环氧树脂粘合剂, 将片状元器件定位粘接在上面, 通过加热或紫外线照射固化, 然后在焊料熔槽内浸焊。若采用再流焊则在 PCB 上点涂上或丝网印刷上焊料膏, 然后通过再流焊设备熔化焊料进行焊接。为此, 表面组装过程需借助点涂、印刷、贴片、焊接、清洗、测试等组装设备进行, SMT 包含了表面组装元器件、电路基板、组装设计、组装工艺、组装材料、组装设备、组装测试、组装管理等多项技术, 是一门涉及微电子、精密机械、自动控制、焊接、精细化工、材料、检测、管理等多种专业和多种学科的系统工程。

SMT 是 20 世纪 60 年代中期开发、70 年代获得实际应用的一种新型电子装联技术, 它彻底改变了传统的通孔插装技术, 使电子产品的微型化、轻量化成为可能, 被誉为电子组装技术的一次革命, 是继手工装联、半自动插装、自动插装后的第四代电子装联技术。

SMT 以缩小产品体积、重量, 提高产品可靠性及电气性能, 降低生产成本为目的, 自 80 年代以来得到了飞速发展。当前, SMT 已在计算机、通信、军事、工业自动化、消费类

电子等领域的新一代电子产品中广泛应用,成为电子工业的支柱技术。

1.1.2 SMT的发展

SMT发展至今,已经历了几个阶段。第一阶段(1970年~1975年)以小型化作为主要目标,此时的表面组装元器件主要用于混合集成电路,如石英表和计算器等。第二阶段(1976年~1980年)的主要目标是减小电子产品的单位体积,提高电路功能,产品主要用于摄像机、录像机、电子照相机等。在这段时期内,对表面组装技术进行了大量的研制工作,元器件和组装工艺以及支撑材料渐臻成熟,为SMT的大发展奠定了基础。第三阶段(1980年~1995年)的主要目标是降低成本,大力发展组装设备,表面组装元器件进一步微型化,提高电子产品的性能/价格比。当前,SMT已进入微组装、高密度组装和立体组装技术的新阶段,以及MCM(多芯片组件)、BGA(球型栅格阵列)、CSP(芯片尺寸封装)等新型表面组装元器件的快速发展和大量应用阶段。

表面组装技术的重要基础之一是表面组装元器件,其发展需求和发展程度也主要受SMC/SMD发展水平的制约。为此,SMT的发展史与SMC/SMD的发展史基本是同步的。

20世纪60年代,欧洲飞利浦公司研制出可表面组装的钮扣状微型器件供手表工业使用,这种器件已发展成现在表面组装用的小外形集成电路(SOIC)。它的引线分布在器件两侧,呈鸥翼形,引线的中心距为1.27mm(50mil^①),引线数可多达28针以上。

20世纪70年代初期,日本开始使用方形扁平封装的集成电路(QFP)来制造计算器。QFP的引线分布在器件的四边,呈鸥翼形,引线的中心距仅为1mm(40mil)、0.8mm(33mil)、0.65mm(25mil)或更小,而引线数可达几百针。

美国所研制的塑封有引线芯片载体(PLCC)器件,引线分布在器件的四边,引线中心距一般为1.27mm(50mil),引线呈“J”形。PLCC占用组装面积小,引线不易变形。

对SOIC、QFP、PLCC来说,它们都是塑料外壳,不是全密封器件。显然,在很多场合它们满足不了使用要求。于是为了满足军事需要,美国于20世纪70年代研制出无引线陶瓷芯片载体(LCCC)全密封器件。它以分布在器件四边的金属化焊盘代替引线。由于LCCC无引线地组装在电路中,引进的寄生参数小,噪声和延时特性有明显改善。另外,陶瓷外壳的热阻也比塑料的小,故它适用于高频、高性能和高可靠的电路。但因为它是直接组装在基板表面,没有引线来帮助吸收应力,所以在使用过程中易造成焊点开裂。而且由于使用陶瓷金属化封装,所以LCCC的价格要比其它类型的器件价格高,这样使它的应用受到一定的限制。

该阶段初期SMT的水平以组装引线中心距为1.27mm的SMC/SMD为标志,80年代逐渐进步为可组装0.65mm和0.3mm细引线间距SMC/SMD阶段。进入90年代后,0.3mm细引线间距SMC/SMD的组装技术和组装设备趋向成熟。

SMT的迅速发展,给集成电路器件的进一步微型化、高密度化开辟了应用新天地。90年代,IC发展到了将一个系统做在一个芯片上的新阶段,与之相应的高密度封装的任务就是要将CPU(微处理器)、摄录一体机之类的许多小系统在尽可能小的体积内组装成一个大系统。而要实现更高密度的封装,几十年来主宰、制约电子组装技术发展的芯片小、封装大

^① 1mil=0.001英寸=0.0254mm。

这一芯片与封装的矛盾就显得尤为突出。70年代流行的双列直插式封装(DIP),芯片面积/封装面积约为1:80;80年代出现的芯片载体封装尺寸大幅度减小,以208 I/O四面引脚扁平封装(QFP)为例,其芯片面积/封装面积约为1:7.8,仍然有七、八倍之差。

80年代后期开发的多芯片组件(MCM)技术,将多个裸芯片不加封装,直接装于同一基板并封装于同一壳体内,它与一般SMT相比,面积减小了3~6倍,重量减轻了3倍以上。特别是从电气性能方面考虑,芯片经封装必然伴随配线和电气连接的延伸。为此,MCM裸芯片封装还有信号延误改善、结温下降、可靠性改进等一系列优点,是实现高密度、微型化较理想的组装技术。但是,MCM要求质量确实可靠的裸芯片(KGD: Known Good Die),而要对各种形状、大小以及焊脚数不同、功能不同的裸芯片进行试验及老化筛选是极困难的,这样会由于KGD的难以保障而导致MCM成品率低、成本高。

为此,CSP以其芯片面积与封装面积接近相等、可进行与常规封装IC相同的处理和试验、可进行老化筛选、制造成本低等特点,从90年代初期脱颖而出。1994年,日本各制造公司已有各种各样的CSP方案提出,1996年开始,已有小批量产品出现。

另一方面,IC集成度的增大使得同一SMD的输入/输出数也即引线数大增,为适应这种需求,将引线有规则分布在SMD整个贴装表面而成栅格阵列型的SMD也从90年代开始发展并很快得以普及应用,其典型产品为球形栅格阵列(BGA)器件。

现阶段SMT与SMC/SMD的发展相适应,在发展和完善引线间距0.3mm及其以下的超细间距组装技术的同时,正在发展和完善BGA、CSP等新型器件的组装技术。

由此可见,表面贴装元器件的不断缩小和变化,促进了组装技术的不断发展,而组装技术在提高组装密度的同时又向元器件提出了新的技术要求和齐套性要求。可以说二者是相互依存,相互促进而发展的。

作为第四代电子装联技术的SMT,已经在现代电子产品,特别是在尖端科技电子设备、军用电子设备的微型化、轻量化、高性能、高可靠性发展中发挥了极其重要的作用。为了适应更高密度、多层互连和立体组装的要求,目前SMT已处于微组装技术(MPT)新阶段。

MPT是在高密度、多层互连的PCB上,用微型焊接和封装工艺将微型元器件(主要是高集成度IC)通过高密度组装、立体组装等组装方法进行组装,形成高密度、高速度和高可靠性的主体结构微电子产品(组件、部件、子系统或系统)。这种技术是当今微电子技术的重要组成部分,特别是在尖端高科技领域更具有十分重要的意义。在航天、航空、雷达、导航、电子干扰系统、抗干扰系统、通信、巨型计算机、敌我识别电子装备等方面都具有非常重要的应用前景。

1.2 SMT及SMT生产系统的基本组成

1.2.1 SMT的基本组成

SMT是一项复杂的系统工程,如图1.2所示,它主要包含表面组装元器件、基板、材料、组装工艺、组装设计、检测技术、组装和检测设备、控制和管理等技术。其技术范畴涉及到诸多学科。

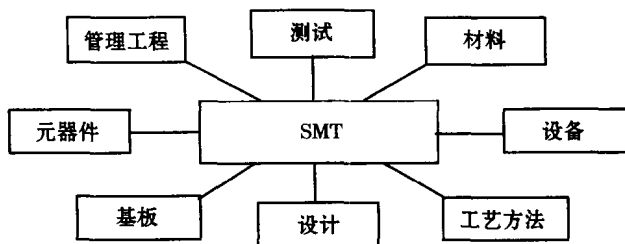


图 1.2 SMT 基本组成

下面列出 SMT 的主要组成部分：

- (1) 表面组装元器件 {
 - 设计——结构尺寸、端子形式、耐焊接热等。
 - 制造——各种元器件的制造技术。
 - 包装——编带式、棒式、散装等。
- (2) 电路基板——单(多)层 PCB、陶瓷、瓷釉金属板等。
- (3) 组装设计——电设计、热设计、元器件布局、基板图形布线设计等。
- (4) 组装工艺 {
 - 组装材料——粘接剂、焊料、焊剂、清洗剂等。
 - 组装技术——涂敷技术、贴装技术、焊接技术、清洗技术、检测技术等。
 - 组装设备——涂敷设备、贴装机、焊接机、清洗机、测试设备等。

目前,表面组装元器件的品种规格尚不齐全,因此在表面组装组件(SMA)中有时仍需要采用部分通孔插装元器件。所以,一般所说的表面组装组件中往往是插装件和贴装件兼有的,全部采用 SMC/SMD 的只是一小部分。插装件和贴装件兼有的组装称之为混合组装,全部采用 SMC/SMD 的组装称之为全表面组装。

1.2.2 SMT 生产系统的基本组成

由表面涂敷设备、贴装机、焊接机、清洗机、测试设备等表面组装设备形成的 SMT 生产系统习惯上称为 SMT 生产线。根据组装对象、组装工艺和组装方式不同,SMT 的生产线有多种组线方式。

图 1.3 所示为 SMT 生产线的最基本组成,一般用于 PCB 单面组装 SMC/SMD 的表

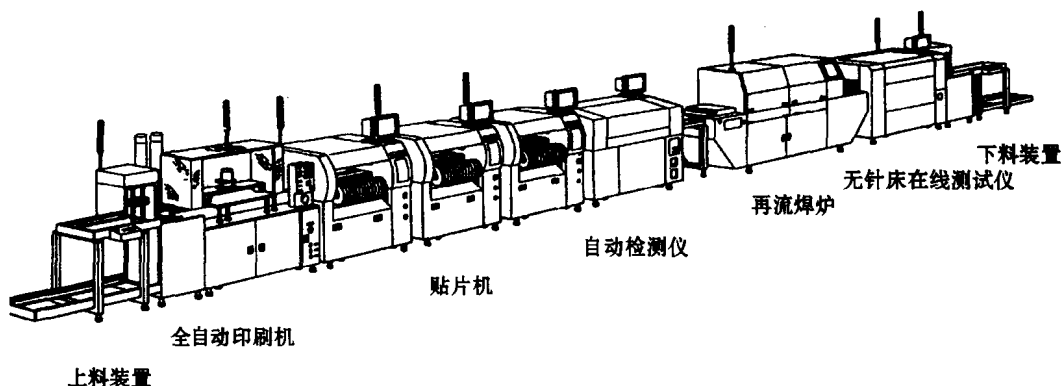


图 1.3 SMT 生产线基本组成示例

面组装场合,也称之为单线形式。图 1.4 所示为在 PCB 双面组装 SMC/SMD 的双线组线形式。当插装件和贴装件兼有时,还需在图 1.3 和图 1.4 所示生产线基础上附加插装件组装线和相应设备。当采用的是非免清洗组装工艺时,还需附加焊后清洗设备。图 1.5 示意的是配有送料小车、以计算机进行控制和管理的 SMT 产品集成组装系统,它是 SMT 产品自动组装生产的高级组织形式。

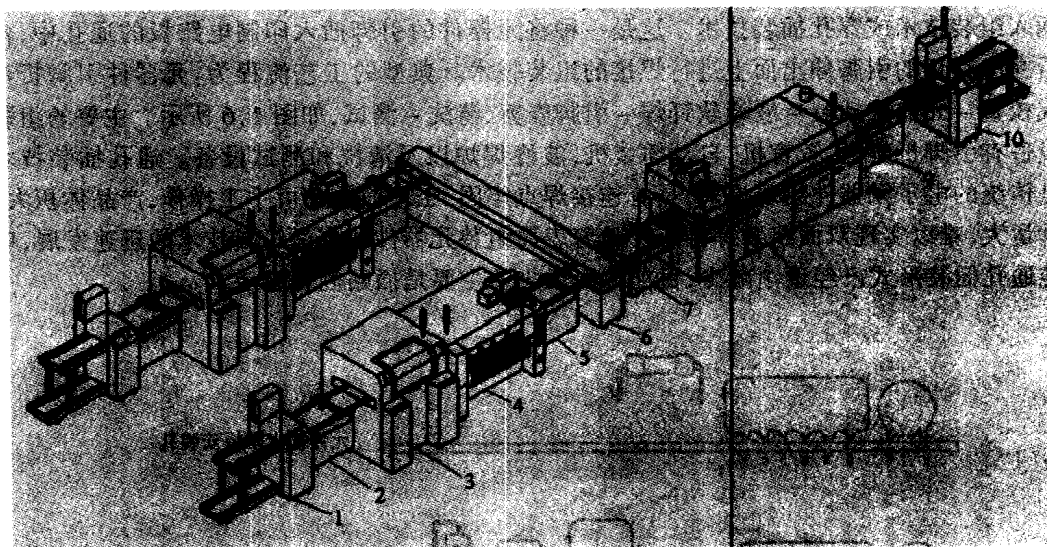


图 1.4 SMT 双面组装生产线

1—上料装置; 2(5,6,7,9)—PCB 传输装置; 3—印刷机; 4—贴片机; 8—再流焊炉; 10—下料装置。

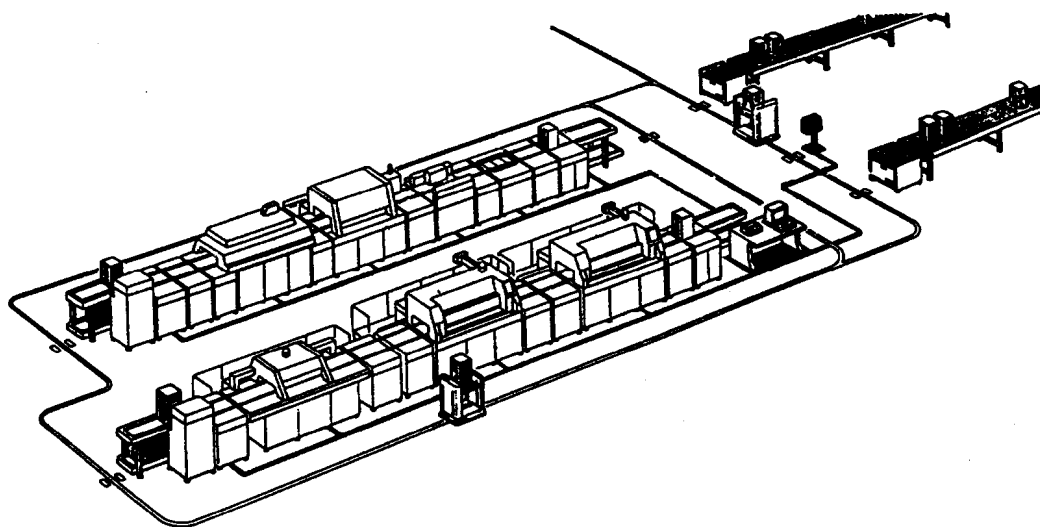


图 1.5 SMT 产品集成组装系统

1.3 SMT 的优缺点

1.3.1 传统通孔插装技术

通孔插装技术亦称通孔组装技术(THT; Through Hole Packaging Technology)、穿孔插入组装技术或穿孔插装技术。这是一种将元器件的引脚插入印制电路板的通孔中,然后在电路板的引脚伸出面上进行焊接的组装技术。典型的工艺流程为:元器件引脚折弯或校直-元器件插装-波峰软钎焊-引脚修剪、清洗-测试,如图 1.6 所示。主要的组装设备有引脚折弯机、校直机,自动插装机,波峰焊炉以及清洗和测试设备。通孔插装技术是传统的电子元器件组装方式,具有连接焊点牢固,工艺简单并可手工操作,产品体积大、重量大,难以实现双面组装等特点。随着表面组装元器件和表面组装技术的迅速发展,单纯通孔插装形式已经逐渐减少,目前取而代之的主要是插贴混合组装。

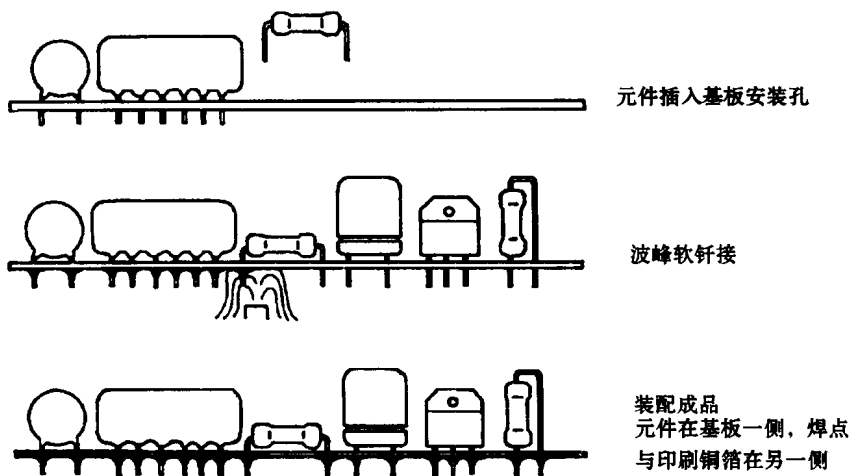


图 1.6 THT 流程图

1.3.2 SMT 的优缺点

与通孔插装技术比较,SMT 的优缺点简述如下。

1. 组装密度高,体积小,重量轻

由于 SMC、SMD 的体积、重量只有传统插装元器件的 1/10 左右,而且贴装时不受引线间距、通孔间距的限制,并可在基板的两面进行贴装或与有引线元器件混合组装,从而可大大提高电子产品的组装密度,见表 1.1。

由于在大多数情况下是 SMT 与 THT 的混合应用,因此,电子产品的体积缩小、重量减轻到什么程度,取决于 SMC、SMD 与传统的通孔插装器件(DIP 双列直插封装)所选用的数量。而 PCB 板面的节省、重量的下降则完全依据 SMC、SMD 替代 DIP 的百分率。一

表 1.1 组装密度的比较

组装形式		组装密度(只/cm ³)
通孔组装		2~4
表面 组 装	单面表面组装	3~6
	单面混合组装	4~8
	双面混合组装	5~9
	双面表面组装	6~12

般,采用 SMT 后可使电子产品的体积缩小 40% 以上,重量减轻 60% 以上。

2. 电性能优异

由于 SMC/SMD 采用无引线或短引线的元器件,减少了引线分布特性影响,而且在 PCB 表面贴焊牢固,因此大大降低了寄生电容和引线间的寄生电感,并在很大程度上减少了电磁干扰和射频干扰,改善了高频性能。另外,由于 SMC/SMD 的自身噪音小、去耦效果好、信号传输时的延时值小,故在高频、高性能的电子产品中 SMT 可发挥良好的作用。

3. 可靠性高,抗振性能强

由于 SMC/SMD 小而轻,其端电极直接平贴在印制板上,消除了元器件与印制板之间的二次互连,从而减少了因连接而引起的故障。另外,由于直接贴装具有良好的耐机械冲击和耐振动能力,所以,一般 SMT 的焊点缺陷率比 THT 至少低一个数量级。

4. 生产率高,易于实现自动化

由于通孔插装元器件的引线有多种多样,故自动插装时需用多种插装机,而且每一台机器都需要调整准备时间。SMT 则用一台取放机配置不同的上料架和取放头,就基本可以安装大多数类型的 SMC/SMD,因此大大减少了调整准备时间和维修工作量。另外,SMC/SMD 外形规则,小而轻,贴装机的自动吸装系统利用真空吸头吸取元器件,既可提高组装密度,又易于实现自动化。

5. 成本降低

由于 SMT 可以使 PCB 的布线密度增加、钻孔数目减少、孔径变细、PCB 面积缩小、同功能的 PCB 层数减少,这就使制造 PCB 的成本降低;无引线或短引线的 SMC/SMD 则可节省引线材料;而剪线、打弯工序的省略,则减少了设备、人力的费用;频率特性的提高,减少了射频调试费用;电子产品的体积缩小,重量减轻,降低了整机成本;贴焊可靠性的提高,减少了二次焊接,可靠性好,并使返修成本降低。一般,电子设备采用 SMT 后,可使产品总成本降低 30% 以上。

但 SMT 技术也尚有一些待提高和解决的问题,如 SMC/SMD 的品种、规格至今还不齐全;有些 SMC/SMD 的产量不大,故价格比通孔插装元器件要高;在国际上,目前尚无 SMC/SMD 的统一标准。另外,SMT 用的元器件是直接焊接在 PCB 表面上的,受热后由于元器件与基板的热膨胀系数(CTE)不一致,易引起焊处开裂;采用 SMT 的 PCB 单位面积功能强,功率密度大,散热问题复杂;PCB 布线密,间距小,易造成信号交叉耦合。此外,还有塑封器件的吸潮问题等等。

思考题 1

- (1) SMT 的作用和主要应用范围?
- (2) SMT 与 THT 的主要差别及各自的优缺点?
- (3) 目前 SMT 已发展到什么阶段?
- (4) SMT 主要由哪些技术组成?
- (5) SMT 生产线主要组成设备有哪些? 主要组成形式有哪几种?

第 2 章 表面组装元器件

2.1 表面组装元件

电子元件的小型化、制造与安装自动化,是电子工业发展的需求和多年来追求的目标。表面组装元件(SMC)就是为满足这一需求而产生的。

SMC 又称为片式元件,是为混合集成电路而推出的外贴元件,常组装在混合集成电路的基板上。最早使用的片式元件是无引线矩形片式电阻器和多层瓷介电容器。

20 世纪 80 年代初,片式元件的结构除矩形片状外,还出现了圆柱形、立方体和异形结构,例如无引线圆柱形电阻器等。这样,片式元件就超越了“片状”的概念而被称为表面组装元件。

片式元件的主要特点是:微型化、无引线(或扁平、短小引线),适合在印制板上进行表面组装。当然,无论是无引线或短引线片式元件,其所有的焊点一般都应处于同一平面上。

片式元件按其功能可分成无源、有源和机电三类。常用无源片式元件的分类及主要特征如表 2.1 所示。

表 2.1 无源表面组装元件的分类及主要特征

名 称	外形尺寸/mm 长×宽×高	主要特性	常用包装方式
矩形片式元件	片式电阻器	1.6×0.8×0.45	(1/16)W
		2.0×1.25×0.50	(1/10)W
		3.2×1.6×0.60	(1/8)W
		3.2×2.5×0.60	(1/4)W
		4.5×3.2×0.60	(1/2)W
	片式多层瓷介电容器	±1%~±10% 2.2Ω~10MΩ	
	片式钽电容器	25V 50V ^{0.5} pF~1.5μF	
	片式电感器	4~35V,0.1~100μF	
	热敏电阻器	0.047~33μH	
	压敏电阻器	1.0~150kΩ	
	磁 珠	22~270V	
	磁 珠	Z=7~125Ω	