

现代电子制造
系列丛书

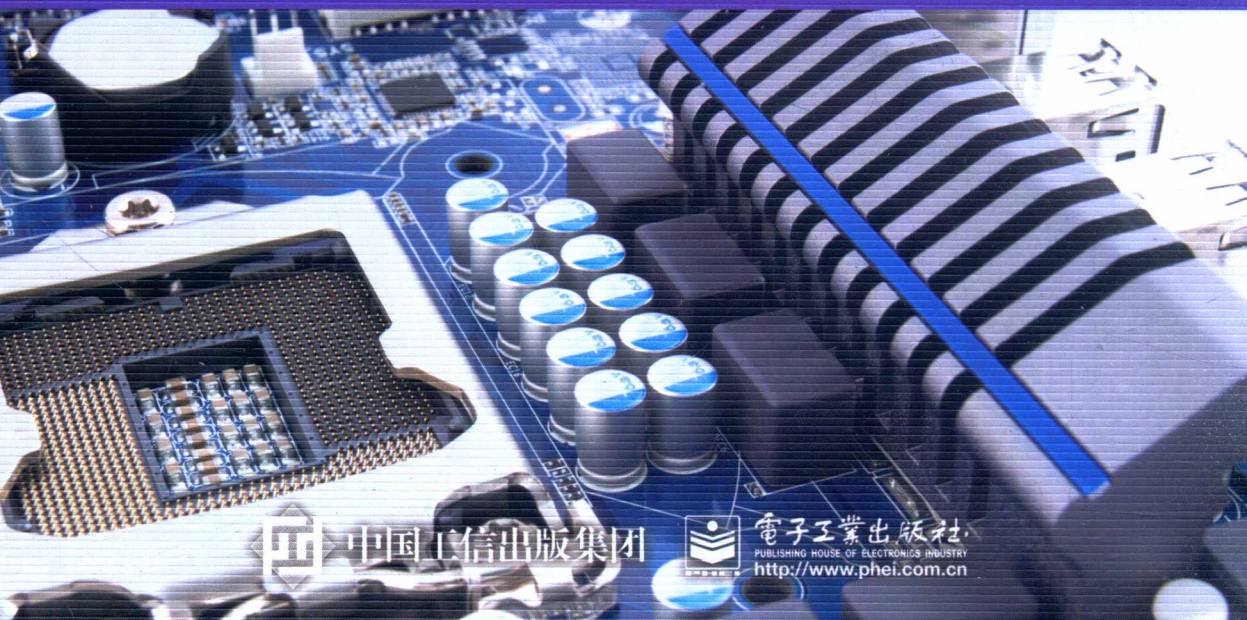
现代电子装联 工艺学

◎ 刘 哲 等编著

Modern
Electronics



Manufacturing



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

现代电子制造系列丛书

现代电子装联工艺学

刘 哲 付红志 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从 PCB、元器件和焊接材料入手，系统讲解了现代电子装联工艺中常见的技术，包括软钎焊、压接、胶接、螺装、分板等工艺技术，对电子装联过程失效和可靠性进行了分析，并站在工艺管理的角度阐述了现代电子装联的工艺管理要求。

本书主要面向从事电子产品组装的一线技术人员、质量管理人员、物料工程人员、失效和可靠性分析人员以及相关管理人员，对从事工艺研究的人员也有一定的参考价值。

本书既可作为中兴通讯电子制造职业技术学院的教材，也可作为相关企业员工系统学习电子产品装联工艺的参考书，还可作为高等院校相关专业的教学用书。

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

现代电子装联工艺学 / 刘哲，付红志编著. —北京：电子工业出版社，2016.1
（现代电子制造系列丛书）

ISBN 978-7-121-27729-0

I. ①现… II. ①刘… ②付… III. ①电子装联—工艺学 IV. ①TN305.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 287240 号

策划编辑：宋 梅

责任编辑：桑 昀

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市京南印刷厂

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：20.75 字数：531.2 千字

版 次：2016 年 1 月第 1 版

印 次：2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：68.00 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 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。

总 序

当前,各种技术的日新月异以及这个时代的各种应用和需求迅速地推动着现代电子制造技术的革命。各门学科,比如,物理学、化学、电子学、行为科学、生物学等的深度融合,提供了现代电子制造技术广阔的发展空间,特别是移动互联网技术的不断升级换代、工业4.0技术推动着现代电子技术的高速发展。同时,现代电子制造技术将会在机遇和挑战中不断变革。比如,人们对环保、生态的需求,随着中国人口老龄化不断加剧,操作工人的短缺和生产的自动化,以及企业对生产效率提高的驱动,将会给现代电子制造技术带来深刻变革。不同的时代特征、运行环境和实现条件,使现代电子制造的发展也必须建立在一个崭新的起点上。这就意味着,在这样一个深刻的、深远的转折时期,电子制造业生态和电子生产制造体系的变革,为增强制造业竞争力提供了难得的机遇。

对于中国这个全球电子产品的生产大国,电子制造技术无疑是非常重要的。而中兴通讯作为中国最大的通信设备上市公司,30年来,其产品经历了从跟随、领先到超越的发展历程,市场经历了从国内起步扩展到国外的发展历程,目前已成为全球领先的通信产品和服务供应商,可以说是中国电子通信产品高速发展的缩影。在中兴通讯成功的因素中,技术创新是制胜法宝,而电子制造技术也是中兴通讯的核心竞争力。

无论是“中国智造”,还是“中国创造”,归根到底都依赖懂技术、肯实干的人才。中兴通讯要不断夯实自身生产制造雄厚的技术优势和特长,以更好地推动和支撑中兴通讯产品创新和技术创新。为此,2013年中兴通讯组建了电子制造职业学院,帮助工程师进修学习新知识和新技术,不断提升工程师的技术能力。为提升学习和培训效果,我们下功夫编写供工程师进修学习的精品教材。为此,公司组织了以樊融融教授为首的教材编写小组,这个小组集中了中兴通讯既有丰富理论又有实践经验的资深的专家队伍,这批专家也可以说是业界级的工程师,这无疑保证了这套教材的水准。

《现代电子制造系列丛书》共分三个系列,分别用于高级班、中级班、初级班,高级班教材有4本,中级班教材有6本,初级班教材有2本。本套丛书基本上覆盖了现代电子制造所有方面的理论、知识、实际问题及其答案,体现了教材的系统性、全面性、实用性,不仅在理论和实际操作上有一定的深度,更在新技术、新应用和新趋势方面有许多突破。

本套丛书的内容也可以说是中兴通讯的核心技术,现在与电子工业出版社联合将此丛书公开出版发行,向社会和业界传播电子制造新技术,使现在和未来从事电子制造技术研究的工程师受益,将造福于中国电子制造整个行业,对推动中国制造提升能力有深远的影响,这无疑体现了“中兴通讯,中国兴旺”的公司愿景和一贯的社会责任。

中兴通讯股份有限公司董事长

前 言

随着电子产品向多功能、微型化、高密度、环保方向发展，电子装联变得越来越重要，如何将现代电子产品可靠、高效、低廉、定制化地完成组装，已经成为现代电子装联的新课题。

现代电子装联是随着封装、印制电路板、组装材料和组装技术共同发展起来的，在这一过程中，我们面临的高密度组装及其可靠性问题必须得到重视，而且基于生产过程的工艺管理为电子装联成功与否提供了保障。

正是基于以上考量，我们根据现代电子装联在新形势下的要求，提出编制针对专业技术人员的系列教材，以满足现代电子装联的各项要求。

本书从工艺的角度出发，系统讲解了涉及器件封装、印制电路板和装联辅料的相关知识，提出了满足现代电子装联的工艺要求，进而讲解了现代电子装联的主流工艺，包括软钎焊、压接、电子胶接、螺装、分板等工艺技术，并在此基础上讲述了现代电子装联的失效分析和可靠性知识，最后站在工艺管理的角度，讲解了在电子装联过程中需要关注的重点。

全书共 11 章，第 1 章绪论，第 2 章现代电子装联器件封装，第 3 章印制电路板，第 4 章电子装联用辅料，第 5 章软钎焊接工艺技术，第 6 章压接工艺技术，第 7 章电子胶接工艺技术，第 8 章螺装工艺技术，第 9 章分板工艺技术，第 10 章现代电子装联失效分析及其可靠性，第 11 章电子装联工艺管理。

本书第 1、2、3、5、6、7、8、9 章由刘哲编写，第 4、10、11 章由付红志编写。

本书在编写过程中得到了中兴通讯股份有限公司董事长侯为贵的大力支持、关心和鼓励，并在百忙之中为本系列丛书作序。同时该公司执行副总裁邱未召和高级顾问马庆魁也亲自为本书的按时出版提供了指导与保障。

作为前辈和老师，八十岁高龄的樊融融研究员亲自审核了全书，并为本书提出了很多宝贵的指导、意见和建议。

在本书编写过程中，还得到制造工程研究院刘剑锋院长、工艺研究部石一遑和张加民部长、制造中心董海主任和丁国兴副主任、工艺部汪芸部长的关心和支持，在此向以上领导及同仁一并表示感谢！

作者在完成本书的过程中得了制造工程研究院和制造中心贾忠中、邱华盛、王玉、黄祥彬、孙磊、史建卫、周强、陈达、张广威、王炳林、张作华、杨冀丰、王世堉、梁剑等同事的协助，在此表示由衷的感谢。

本书编写中参考了一些专业书籍和网络上的相关资料，在此对相关作者表示衷心感谢！

编著者

2015 年 12 月

于中兴通讯股份有限公司

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工艺概述	2
1.1.1 什么是工艺	2
1.1.2 如何理解工艺	2
1.1.3 什么是电子装联工艺	2
1.2 电子装联工艺技术的发展	3
1.2.1 发展历程	3
1.2.2 国内外发展状况	4
1.3 电子装联工艺学	6
1.3.1 什么是电子装联工艺学	6
1.3.2 现代电子装联工艺学特点	7
1.3.3 现代电子装联工艺的发展方向	7
思考题 1	8
第 2 章 现代电子装联器件封装	9
2.1 概述	10
2.1.1 封装的基本概念	10
2.1.2 电子封装的三个级别	11
2.2 元器件封装引脚	12
2.2.1 电子元器件引脚(电极)材料及其特性	12
2.2.2 引脚的可焊性涂层	14
2.3 常用元器件引线材料的镀层	24
2.3.1 THT/THD 类元器件引脚材料及镀层结构	24
2.3.2 SMC/SMD 类元器件引脚(电极)用材料及镀层结构	27
2.4 镀层可焊性的储存期试验及试验方法	33
2.4.1 储存期对可焊性的影响	33
2.4.2 加速老化处理试验	34
2.4.3 可焊性试验方法及其标准化	35
2.5 插装元器件	44
2.5.1 插装元器件的形式	44
2.5.2 常见插装元器件方向/极性的识别	44
2.5.3 常用插装元器件在印制电路板上的丝印标识	48
2.5.4 插装元器件的引脚成型	50

2.6	潮湿敏感元器件	54
2.6.1	基本概念	54
2.6.2	MSD 的分类以及 SMT 包装袋分级	56
2.6.3	潮湿敏感性标志	58
2.6.4	MSD 的入库、储存、配送、组装工艺过程管理	59
	思考题 2	64
第 3 章	印制电路板	65
3.1	概述	66
3.1.1	基本概念	66
3.1.2	发展历程	66
3.1.3	印制板的分类	69
3.2	印制电路板制作	70
3.2.1	PCB 构成	70
3.2.2	PCB 加工	71
3.3	现代电子装联过程中常见的 PCB 缺陷	82
3.3.1	装联中的几种常见缺陷	82
3.3.2	检查工具和方法	84
3.3.3	常见缺陷的判定	84
3.4	PCB 的可制造性设计	90
3.4.1	可制造性设计的重要性	90
3.4.2	制造工艺能力	91
3.4.3	可制造性设计过程	92
3.4.4	PCB 电子装联可制造性设计	93
	思考题 3	106
第 4 章	电子装联用辅料	107
4.1	概述	108
4.1.1	电子装联用辅料的作用	108
4.1.2	电子装联用辅料的构成	108
4.2	钎料	108
4.2.1	钎料的定义和分类	108
4.2.2	锡铅钎料的特性和应用	108
4.2.3	无铅钎料的特性和应用	110
4.2.4	钎料中的杂质及其影响	111
4.2.5	钎料的评估和选择	112

4.3	电子装联用助焊剂	112
4.3.1	助焊剂的分类	112
4.3.2	按助焊剂活性分类	113
4.3.3	按 JST-D-004 分类	113
4.3.4	助焊剂的作用及作用机理	113
4.3.5	在焊接中如何评估和选择助焊剂	116
4.4	再流焊接用焊膏	117
4.4.1	定义和特性	117
4.4.2	焊膏中常用的钎料合金成分及其种类	118
4.4.3	焊膏中糊状助焊剂各组成部分的作用及作用机理	118
4.4.4	焊膏的应用特性	120
4.4.5	如何选择和评估焊膏	120
4.5	电子胶水	122
4.5.1	电子胶水的种类和特性	122
4.5.2	电子胶水选择时应注意的问题	122
4.5.3	常用电子胶水	122
4.6	其他类电子装联辅料	124
4.6.1	金手指保护胶纸	124
4.6.2	耐高温胶纸	124
4.6.3	清洗剂	124
	思考题 4	124
第 5 章 软钎焊接工艺技术		125
5.1	软钎焊接理论	126
5.1.1	什么是软钎焊	126
5.1.2	软钎焊接机理	127
5.2	手工焊接工艺	129
5.2.1	手工焊接用工具和材料	129
5.2.2	手工焊接工艺	132
5.2.3	手工焊接注意事项	138
5.3	波峰焊焊接工艺	139
5.3.1	波峰焊焊接机理	139
5.3.2	波峰焊焊接工艺参数	142
5.3.3	波峰焊焊接工艺窗口的调制	147
5.3.4	故障模式、原理和解决方法	147
5.4	选择性波峰焊焊接工艺	156
5.4.1	工艺原理	156
5.4.2	工艺参数	158
5.4.3	选择性波峰焊焊接工艺窗口调制	161
5.4.4	选择性波峰焊焊接故障模式、原理和解决方法	164

5.5	再流焊接工艺	172
5.5.1	再流焊接机理	172
5.5.2	主要工艺参数	173
5.5.3	再流焊接工艺参数的调制	174
5.5.4	再流焊接故障模式、原理和解决方法	177
5.6	其他焊接工艺	183
5.6.1	气相回流焊接工艺	183
5.6.2	压焊工艺	183
5.6.3	激光焊接工艺	183
	思考题 5	184
第 6 章 压接工艺技术		185
6.1	压接概念	186
6.1.1	什么是压接连接	186
6.1.2	压接工艺的应用和压接端子的特点	186
6.2	压接机理	187
6.3	压接设备及工装	189
6.3.1	压接方式分类及设备	189
6.3.2	压接工装	191
6.4	压接设计工艺性要求	192
6.4.1	单板上压接连接器周围元器件布局要求	192
6.4.2	常用压接元器件的安装孔径和焊盘尺寸	193
6.4.3	背板设计要求	193
6.4.4	常见压接元器件设计检查	195
6.5	压接操作通用要求	195
6.5.1	半自动压接单点通用要求	195
6.5.2	全自动压接单点通用要求	196
6.6	压接工艺过程控制	199
6.6.1	压接工艺过程控制的意义	199
6.6.2	影响压接的主要工艺参数	199
6.6.3	常见压接不良	201
6.6.4	压接不良的检查方法	202
6.6.5	压接工艺过程控制	203
6.6.6	对压接件的控制	203
	思考题 6	204
第 7 章 电子胶接工艺技术		205
7.1	电子胶及其黏结理论	206
7.1.1	电子胶的作用	206
7.1.2	电子装配中的胶黏剂分类	206
7.1.3	黏结理论	207

7.2	保护类胶黏剂	209
7.2.1	概述	209
7.2.2	灌封胶	209
7.2.3	COB 包封胶	209
7.2.4	底部填充胶	210
7.2.5	敷型涂覆	210
7.3	表面贴装用胶黏剂	211
7.4	导电胶、导热胶	212
7.4.1	各向同性导电胶	212
7.4.2	各向异性导电胶	213
7.4.3	导热胶	213
7.5	用于 LCD 制造中的胶黏剂	214
7.5.1	LCD 的发展	214
7.5.2	电子胶在 LCD 制造过程中的应用	215
7.6	其他通用黏结类胶黏剂的应用领域	216
	思考题 7	218
第 8 章	螺装工艺技术	219
8.1	螺装基础知识	220
8.1.1	螺装工艺概述	220
8.1.2	影响螺装的主要因素	220
8.2	螺装技术要求	222
8.3	螺装工艺原理	222
8.4	螺装工具——电批	225
8.4.1	电批分类	225
8.4.2	电批使用	226
8.4.3	电批操作注意事项	228
8.4.4	电批扭矩设定和校验	228
8.5	螺装工艺参数	229
8.6	螺装故障模式、原因和解决方法	230
8.6.1	螺柱爆裂	230
8.6.2	螺钉歪斜	230
8.6.3	螺钉头花或螺钉头缺失	231
8.6.4	打滑丝	231
8.6.5	锁不到位	231
8.6.6	顶白、起泡	232
8.6.7	螺钉头脱漆	232
8.6.8	批头不良	232
8.6.9	螺钉使用一段时间或经过高温后断裂	232

8.6.10	螺牙打花现象	232
8.6.11	螺钉生锈现象	233
8.6.12	漏打螺钉问题	233
8.6.13	电批扭矩不稳定问题	233
8.6.14	批头滑出损坏产品表面	234
8.6.15	螺钉拧不紧问题: 安装不到位	234
8.6.16	漏气、缝隙或接触不良、螺钉安装不到位	234
思考题 8		234
第 9 章 分板工艺技术		235
9.1	概述	236
9.2	分板工艺类型及选用根据	237
9.3	分板工艺	238
9.3.1	V-CUT 分板	238
9.3.2	铣刀式分板	247
思考题 9		260
第 10 章 现代电子装联失效分析及其可靠性		261
10.1	概述	262
10.2	失效分析	262
10.2.1	失效分析简介	262
10.2.2	常用手段及标准	264
10.2.3	焊接缺陷失效分析谱	269
10.2.4	失效分析应用举例	271
10.3	电子装联可靠性	273
10.3.1	可靠性	273
10.3.2	电子装联可靠性	276
10.4	焊接工艺可靠性提升	283
10.4.1	固有可靠性影响因素	283
10.4.2	焊接工艺使用可靠性影响因素	287
10.4.3	常见焊接缺陷分析及对策	289
10.5	其他装联工艺失效及其可靠性	293
10.5.1	压接工艺	293
10.5.2	螺装工艺	294
10.5.3	分板工艺	296
10.5.4	三防涂覆工艺	297
思考题 10		298
第 11 章 电子装联工艺管理		299
11.1	工艺管理概述	300
11.1.1	工艺管理定位	300

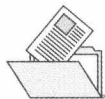
11.1.2	工艺管理内涵	300
11.2	工序质量控制	301
11.2.1	工序定义	301
11.2.2	关键工序	301
11.2.3	工序管理	302
11.3	工艺标准化	303
11.3.1	标准化内容	303
11.3.2	工艺文件编制	304
11.3.3	工艺文件控制	304
11.4	工艺执行与纪律	306
11.4.1	工艺纪律要求	306
11.4.2	监督与考核	306
11.5	其他管理方法介绍	306
11.5.1	定置管理	307
11.5.2	目视管理	308
	思考题 11	310
	参考资料	311
	参考文献	315
	跋	317

第1章 绪 论



本章要点

- 📁 工艺概述
- 📁 电子装联工艺技术的发展
- 📁 电子装联工艺学



1.1 工艺概述

1.1.1 什么是工艺

工艺是生产者利用生产设备和生产工具对各种原材料、半成品进行加工或处理，使之最后成为符合技术要求的产品的艺术（程序、方法、技术），它是人类在生产劳动中不断积累起来的并经过总结的操作经验和技能。工艺直接体现在以下两个方面：

(1) 方法——主要是产品加工所涉及的技术，这可以从其英文“Technology”表现出来。

(2) 过程——产品加工是按照工艺要求顺序进行的，英文用“Process”表示。

由此可见，只要有生产制造，就存在工艺。

1.1.2 如何理解工艺

工艺起源于人们的操作经验和手工技能，最初的工艺来自于人们的手工操作技能，这些技能的升华，使得大量生产成为可能；因此，工艺工作的出发点就是为了提高劳动效率，生产优良产品以及增加生产利润。

工艺的研究内容包括材料、装备、方法、人力和管理等部分。

(1) 材料：主要指加工对象的原材料和作为加工技术实现中所必需的工艺材料（如PCBA焊接焊料、助焊剂等）两个方面，它是整个工艺乃至整个工业的源头，即“制作材料者制作技术”。把特定的材料加工成最终产品必然涉及对其加工特性（工艺性）、加工方法等问题的研究。

(2) 装备：主要包括产品生产加工所用到的机器设备、工装模具、仪器仪表等，是工艺得以实现的硬件基础。

(3) 方法：工艺的软件基础，是工艺的核心和灵魂，通常以概念、原理、思想、技术要求、单点或通用或专用技术等形式存在并对材料的利用和加工、装备的操作与控制、设计要求或指南，是利用设备硬件将材料有机结合并顺利组织生产实施的纽带。

上述三个部分构成了工艺的主要组成部分，无论是对其深入研究还是对现有技术的有效应用，工艺在各行各业都发挥着重要作用。因此，工艺包含了“硬件”和“软件”两个部分，是“硬件”和“软件”的有机结合。

1.1.3 什么是电子装联工艺

电子装联包括“装”和“联”两个基本功能。“装”表示安装，主要包括电器元器件的安装（如THT插装、SMT贴装等）以及结构零部件的安装（如螺装、铆接和胶接等）；“联”表示互连，是把电器元器件连成电流通路的过程。完成该过程的工艺手段主要有焊接、压接、导电胶接等，主要特点是形成的结合点大多具有电流导通的功能。



在电子装备中,电子装联工艺指的是“在电、磁、光、静电、温度等效应和环境介质中任何两点(或多点)之间的电气连通技术,即由电子、光电子器件、基板、导线、连接器等零部件,在电磁介质环境中经布局布线联合制成承制所设定的电气模型的工程实体的制造技术”。

由此可见,在现代电子产品的设计、开发、生产中,电子装联工艺的作用发生了根本性的变化,它是总体方案设计人员、企业的决策者实现产品功能指标的前提和依赖。电子装联工艺可靠性已成为电子设备可靠性的主要关注点之一,电子装联工艺是现代电子设备设计和制造的基础技术。

现代电子装联工艺服务于整机,服务于生产,为电子装备的小型化、轻量化、多功能化及高可靠性以及批量生产提供了可靠的技术保障。现代电子装联工艺是一项系统工程,它涉及产品从设计、研制到生产的各个环节。电路设计与电子装联工艺是一种互为依存的关系:先进电子装联工艺为电路设计提供可靠的技术保障,同时先进电子装联工艺又要求电路设计更先进、更规范化、更标准化、更具有生产工艺性。没有先进电子装联工艺作为可靠的技术保障,电路设计不管多么先进也无法实现其战术技术指标。同样,没有先进的、规范化、标准化、具有生产性、工艺性的电路设计,先进电子装联工艺就失去了发挥其作用的平台。

此外,每一项工艺的实施都需要具备一定素质和技能的人才和严谨的管理环境,才能够顺利进行。人才培养和管理制度建设也成为工艺工作的重要内容,是发挥工艺作用的前提和保障。

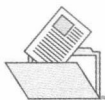
正是由于工艺的基础作用以及它所涉及的众多科学领域,因此,以加工制造工艺为研究对象的各种工艺学(如电机工艺学、半导体工艺学等)也就应运而生,形成了一个专门的学科领域。

1.2 电子装联工艺技术的发展

1.2.1 发展历程

20世纪40年代,伴随着晶体管的诞生、高分子聚合物的出现以及印制电路板的研制成功,以无线电产品为代表的电子产品开始问世,同时伴随着产品实现的工艺技术便应运而生。在电子管时代,人们仅仅用手工焊接的方式完成晶体管收音机的生产。20世纪50年代,随着英国人推出第一台波峰焊焊接设备,电子产品大规模自动化焊接得到了推动。

20世纪60年代为实现电子表和军用通信产品的微型化,开始出现无引脚电子元器件,表面贴装技术(Surface Mount Technology, SMT)的雏形开始显现。20世纪70年代,日本为发展消费类电子产品,开发了SMT专用焊膏,同时贴片机、再流焊炉、印刷机和各种片式器件先后推出,极大地促进了SMT的发展。20世纪80年代,SMT日趋成熟,表面贴装元器件性能和价格大幅下降,SMT技术逐渐走向成熟。20世纪90年代,SMT更是发生了惊人变化,片式器件越来越小,IC封装进一步高度集成,几乎所有电子产品开始采用表面贴装技术来实现装联。



进入 21 世纪以来,随着器件的进一步小型化和多功能化,SMT 技术走向全面成熟阶段,人们对手机、智能终端为代表的产品的需求成为新一轮驱动力。为支撑这些需求,COB(板载芯片)、MCM(多芯片模块)、WSL(晶圆级封装)、3D 组装、TSV(硅通孔技术)、SIP(系统级封装)等新技术被不断开发出来并走向成熟,使得微组装技术得到了蓬勃的发展。

电子设备中的装联工艺,过去一般统称电装和电子装联,多指在电的效应和环境介质中点与点之间的连接关系;近几年业内甚至有一种倾向,把含义十分广泛,内容十分丰富的电子装联技术狭隘地概括在板级电路的“SMT”内。

谈到电子装联工艺,人们往往只注意电子装备的基本部件——印制电路板组装件的可制造性设计,这是可以理解的;因为毕竟在印制电路板组装件中包含了很多丰富的内容。目前,THT、SMT 是其中主要研究、设计内容。但从事工程任务的电路设计师和电装工艺师们都十分清楚,电子装联技术,绝不单纯地局限于印制电路板组装件,它包含了更多的内涵。从某种程度上讲,常规印制电路板组装件(即板级电路的 THT、SMT)相对而言还比较好办,因为这类板级电路的可制造性设计还有相对先进的装联设备和设计软件作为技术支撑;但对于作为构成电路设计重要组成部分的整机/单元模块,高、低频传输线,高频、超高频、微波电路印制电路板组装件,板级电路、整机/单元模块的 EMC,板级电路模块及整机/单元模块的 MPT 设计,无论是国内或国外都是有待进一步解决。

由此可见,电子装联工艺是伴随着电子产品的发展而不断进步的,电子产品的小型化、多功能、高度集成等要求促进了电子装联工艺的不断进步,成为其名副其实的推动力。

同时,支撑电子装联工艺的其他技术也在不断出现,压接技术(Press Fit)、压焊技术、激光焊接技术、气相焊接技术、选择性焊接技术等新的装联工艺的出现,不同程度地满足了电子产品装联的需要,丰富了电子装联工艺的内涵。

1.2.2 国内外发展状况

1. 国外发展状况

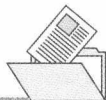
从国外的情况来看,随着电子装备向集成化、系统化、轻小型化、高可靠方面的进一步发展,对现代电子装联工艺提出了新的要求,导致技术难度进一步增加。

美国从战略发展的角度考虑,大力发展电子装联工艺。例如,在休斯公司成立了电子装联工艺科研开发和生产制造的专门机构,快速形成低成本制造的工程化能力,极大地促进了该项技术的发展。推动了多芯片组装和立体组装技术的研发和应用,美国新一代战斗机 F-22 的研制过程中,大量采用立体组装技术,使战斗机的通信导航敌我识别系统(CNI)分散的设备集成在 3 个设备中,实现了综合化的 ICNIA 技术。

英国考林斯公司在 20 世纪 90 年代中期研制的航空电台中也采用了立体组装技术。2000 年马可尼公司在航天电子研究中采用了三维互联结构。

欧洲以瑞典的生产技术研究所和德国的 IZM 研究所为中心,联合法国的国家级 Letea 研究所、挪威的国家级研究所以及一些大学积极研究电路组装技术。

日本在电子信息产业协会(JEITA)的组织下,制订和规划电子装联工艺的发展并提出预测目标,其中日本超尖端电子技术开发中心(ASET)和安装工学研究所(IMSI)承



担了重要的技术开发工作。日本的一些公司也在军方支持下建立了专业工程研究中心,针对日本的国防装备特点及预测目标进行电子装联工艺研究。

普遍预测 21 世纪的前十年将迎来电子装联的 3D 叠层立体组装时代,其代表性的产品将是系统级封装(System In a Package, SIP)。与第一代封装相比,封装效率提高 60%~80%,体积减小至 1/1000,性能提高 10 倍,成本降低 90%,可靠性增加 10 倍。

与此同时,国外电子装联的相关技术也获得了迅速的发展。

20 世纪 80 年代以来电子信息设备向着高性能、高度集成和高可靠性方向发展,使得 21 世纪的表面组装技术向纵深发展;其中最引人注目的有:

1) 无源元器件的小型微型化和无源封装

20 世纪 90 年代末出现的 0201 片式元器件,其尺寸仅为 0402 的 1/3。无源元器件小型微型化的同时,其使用量迅速增加,导致片式元器件在 PCB 组件上的贴装成了组装工艺的“瓶颈”,解决该问题的有效方法是实现无源片式元器件的集成无源封装。

2) 有源器件的大型化和多端子化

21 世纪初期,BGA、CSP 和晶片式封装将继续扩大使用,其中产量最大的是 PBGA,其端子数已达 1848 个;多芯片组件将进入应用;芯片级 3D 组装、系统级芯片(SOC)和 MCM 的系统级封装(MCM/SIP)也将蓬勃发展。

无源元器件的小型微型化和无源封装,有源器件的大型化和多端子化及芯片级 3D 组装、系统级芯片(SOC)和 MCM 的系统级封装(MCM/SIP)的蓬勃发展使得第三代表面组装工艺技术向着高密度、高精细和高可靠性和多样化方向发展。

以 BGA/CSP 器件为代表的第二代 SMT 将在 21 世纪前十年的板级电路组装中占据支配地位,以倒装片的应用为主的第三代 SMT 将逐渐完善和推广应用。

在板级电路的设计和组装方面,国内外正在研究开发基于 Web 的板级电路 CAD/CAPP/CAM/CAT 设计、制造、测试一体化技术。美国 Tecnomatic Unicam 公司已经开发出应用于板级电路的设计、组装、组装测试、质量监控、物料追踪管理及虚拟工厂等贯穿整个生产流程的 eMPOWER 模块集成应用软件;在板级电路二维设计和组装方面以色列 VALOR 公司 DFM 软件是一个包括 CAD 设计(DFM)、电路板检查和工程制造(CAM)、装配检查和新产品导入(NPI)的软件系统;从而实现了基于 Web 的板级电路 CAD/CAPP/CAM/CAT 一体化技术。

2. 国内发展现状

现在我们再介绍一下国内电子制造业电子装联的发展现状。

1) 器件级电子装联工艺

目前国内器件级电子装联工艺十分落后,SMD 元器件生产尚只能达 0402 (1.0 mm×0.5 mm) 生产水平,BGA、CSP、Flip-chip、LGA 等新型器件的生产能力尚未形成,研制能力也很弱,相关研究工作尚刚刚起步;高密度封装技术、多芯片组件(MCM)、无源集成技术及 SIP 封装技术在国内基本上还属于空白状态;由此,工业和信息化部已把元器件和集成电