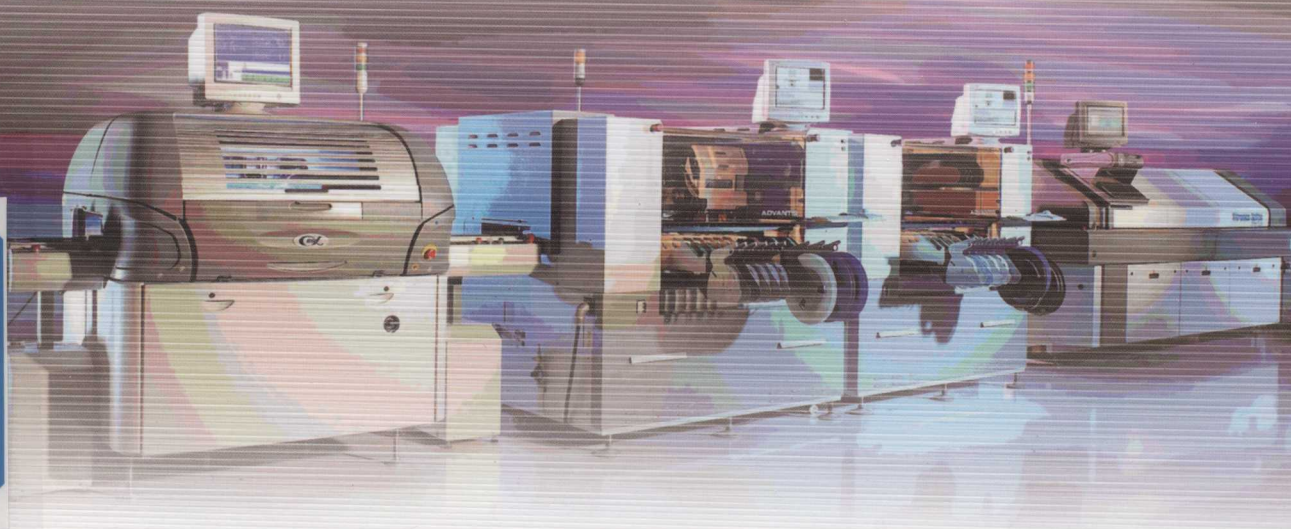


表面组装技术(SMT) 基础与通用工艺

◎ 北京电子学会表面安装技术委员会

顾霭云 张海程 徐 民 等编著
刘利吉 董恩辉 刘 海 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

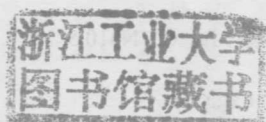
表面组装技术 (SMT)

基础与通用工艺

北京电子学会表面安装技术委员会

顾霭云 张海程 徐 民 杨举岷 王怀军 编著

刘利吉 董恩辉 刘 海 审校



浙江工业大学图书馆



72014117

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍了当前国际上先进的表面组装技术(SMT)生产线和主要设备、基板、元器件、工艺材料等基础知识及表面组装印制电路板可制造性设计(DFM);然后介绍了SMT通用工艺,包括每道工序的工艺流程、操作程序、安全技术操作方法、工艺参数、检验标准、检验方法、缺陷分析等内容;同时结合锡焊(钎焊)机理,重点分析了如何运用焊接理论正确设置再流焊温度曲线,无铅再流焊以及有铅、无铅混装再流焊工艺控制的方法;最后还介绍了当前流行的一些新工艺和新技术。

全书深入浅出,对SMT专业人员,尤其对刚刚介入SMT的从业人员提高SMT基础理论、设计水平,尽快掌握正确的工艺方法,提高工艺能力具有很实用的指导作用;本书每章后都配有思考题,也可作为中等院校先进电子制造SMT专业的教材。

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

表面组装技术(SMT)基础与通用工艺/顾嵩云等编著. —北京:电子工业出版社,2014.1

ISBN 978-7-121-21968-9

I. ①表… II. ①顾… III. ①印刷电路—组装 IV. ①TN410.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第279384号

责任编辑:刘海艳

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:28 字数:809.1千字

印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:3000册 定价:79.00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。

编 委 会

主 任：刘利吉

委 员：王怀军 刘 海 刘海涛

张海程 李淑荣 范淳宇

徐 民 顾霭云 董恩辉

序 言

表面安装技术(SMT)在20世纪末曾在世界上被誉为电子生产技术的第三次革命。该技术自20世纪80年代初被小规模地引进中国以来,在我国大地上迅速发展。以SMT主设备贴片机为例,至1999年底为止,中国贴片机的总引进量约为5000台;2000年中国贴片机和年引进量首次突破1000台大关;2007年贴片机引进量首次突破10000台大关;现在中国贴片机的年引进量接近全球贴片机年总产量的近50%。促成中国SMT技术大发展的关键因素是近20年来中国电子信息产品制造业的大发展。2012年我国手机、计算机、彩色电视机产量占全球的比重超过50%,稳居世界第一的位置。中国已成为世界上最重要的电子制造大国。

在上述上好的背景下《表面组装技术(SMT)基础与通用工艺》的正式出版对我国SMT技术的普及和提高必将做出促进和发展。本书主要编著者顾霭云同志为公安部第一研究所高级工程师,从事SMT技术的研究30年,是北京电子学会SMT委员会的资深委员,中国著名的SMT专家之一。顾霭云同志曾多次在国内各SMT刊物、杂志上发表文章,在全国各地举办的SMT培训上授课,深受广大SMT工作者的欢迎。她近30年来在SMT事业上兢兢业业、刻苦钻研,积累了丰富的经验。本书凝聚了她多年的心血和劳动成果。

《表面组装技术(SMT)基础与通用工艺》一书的出版既是主要编著者顾霭云老师的成果,也是北京电子学会SMT委员会广大SMT专家智慧的结晶。在本书编著的过程中,张海程、徐民、杨举岷、王怀军等专家也做出了重要贡献。本人代表北京电子学会SMT委员会表示感谢。我认为本书的出版是对我国SMT事业的发展将做出重要贡献,并希望广大SMT工作者对本书的不足之处提出宝贵的意见。让我们大家共同努力为早日使我国由电子制造大国转变为电子制造强国而做出自己的贡献。

北京电子学会表面安装技术委员会主任 刘利吉

前 言

表面组装技术 (Surface Mount Technology, SMT) 是先进的电子制造技术, 在投资类电子产品、军事装备、安防产品、电力、汽车电子、计算机、通信设备、医疗设备、消费电子产品等几乎所有的电子产品生产中都得到广泛应用。正是 SMT 的普及应用, 使电子产品的功能越来越强、体积越来越小、造价越来越低、更新换代的速度也越来越快。可以说, SMT 为信息化时代的高速发展做出了不可磨灭的贡献。

本书是在 2008 年 10 月出版的《表面组装技术 (SMT) 基础与可制造性设计 (DFM)》和《表面组装技术 (SMT) 通用工艺与无铅工艺实施》两本书的基础上, 根据当前 SMT 的发展重新编写的, 共 21 章。分为上、下两篇: 上篇为“表面组装技术 (SMT) 基础与可制造性设计 (DFM)”, 共 5 章; 下篇为“表面组装技术 (SMT) 通用工艺”, 共 16 章。

第 1 章 表面组装元器件 (SMC/SMD): 介绍常用 SMC/SMD 的封装结构、尺寸、包装方式, 潮湿敏感元器件 (MSD) 的管理、存储、使用要求等。

第 2 章 表面组装印制电路板 (SMB): 主要介绍常用印制电路基板材料, 评估 SMB 基材质量的相关参数, SMT 对印制电路板的要求, 以及无铅 PCB 焊盘涂镀层的选择等。

第 3 章 表面组装工艺材料: 介绍锡铅焊料合金、无铅焊料合金、助焊剂、焊膏、焊锡丝、贴片胶、清洗剂等。

第 4 章 SMT 生产线及主要设备: 介绍当前国际上先进的 SMT 生产线及主要设备。

第 5 章 SMT 印制电路板的可制造性设计 (DFM): 主要介绍 SMT 工艺和设备对设计的要求, 以及可制造性设计审核等内容。

第 6 章 表面组装工艺条件: 介绍 SMT 生产现场的电、气、通风、照明、环境温度、相对湿度、防静电等要求, 以及“SMT 制造中的工艺控制与质量管理”。

第 7 章 典型表面组装方式及其工艺流程。

第 8 章 施加焊膏通用工艺: 重点介绍金属模板印刷焊膏技术。

第 9 章 施加贴片胶通用工艺: 重点介绍点胶工艺。

第 10 章 自动贴装机贴片通用工艺: 介绍贴装工艺要求, 离线和在线编程方法, 自动贴装机贴装原理, 如何提高贴装质量、贴装效率, 贴片故障分析及设备维护等内容。

第 11 章 再流焊通用工艺: 介绍再流焊原理, 实时温度曲线的测试方法, 正确分析与优化再流焊温度曲线, 双面回流焊工艺控制, 常见再流焊缺陷分析、预防和解决措施。

第 12 章 通孔插装元件再流焊工艺 (PIHR) 介绍。

第 13 章 波峰焊通用工艺: 介绍波峰焊原理、工艺参数控制要点、波峰焊质量控制方法、波峰焊常见焊接缺陷分析及预防对策。

第 14 章 手工焊、修板和返修工艺。

第 15 章 表面组装板焊后清洗工艺。

第 16 章 表面组装检验 (检测) 工艺: 介绍来料检测、工序检测、表面组装板检测、自动光学检测 (AOI)、自动 X 射线检测 (AXI)、IPC-A-610E 简介等内容。

第 17 章 电子组装件三防涂覆工艺: 重点介绍电子组装件新型防护技术——选择性涂覆工艺。

第 18 章 运用焊接理论正确设置再流焊温度曲线。

第 19 章 无铅焊接可靠性讨论及无铅再流焊工艺控制。

第 20 章 有铅、无铅混装再流焊工艺控制。

第 21 章 其他工艺和新技术介绍：介绍 0201、01005 的印刷与贴装技术，PQFN 的印刷、贴装与返修工艺，倒装芯片（Flip Chip）、晶圆级 CSP、CSP 的底部填充工艺，COB 技术，晶圆级 FC、WLP 芯片的直接贴装技术，三维堆叠 POP（Package On Package）技术，ACA、ACF 与 ESC 技术，挠性印制电路板（FPC）的应用与发展，LED（Light Emitting Diode 发光二极管）贴装技术的迅速发展，PCBA 无焊压入式连接技术，以及无焊料电子装配工艺——Occam 倒序互连工艺。

附录 A 列出了 SMT 常用缩略语、术语等内容。

本书是由北京电子学会表面安装技术委员会组织多位业内专家共同策划的。

本书由顾霭云主要执笔，参加编写的还有张海程、徐民、杨举岷、王怀军、刘利吉、董恩辉、刘海、尹道均、季伟、刘海涛、陆淑慧、王豫明、季琳、刘海静。

本书在策划和写作过程中，北京电子学会表面安装技术（SMT）委员会主任刘利吉给予了很大的支持和鼓励；日本松下电器（北京）、德国西门子（北京）、香港科电与兴华科仪（北京）、美国环球仪器（北京）、北京安吉信达（日本日立）、英国 DEK、瑞典 MYDATA 公司上海代表处、日本欧姆龙、东莞神州视觉（AOI）、北京星河（ICT）、美国 OK（北京）、德国 ERSa、美国 KIC、北京埃森恒信等公司提供了相关资料，在此一并表示衷心感谢！

本书的编写过程中参考并引用了许多国内外媒体出版发行的文献和业内技术讲座资料中的一些图表等数据资料，其中大多数已列入参考文献，仍有一些找不到原作者与出处，在此向所有本书引用资料的原作者表示感谢！

由于编著者水平有限，书中难免存在差错和不足之处，真诚希望广大读者批评指正。

编著者

目 录

上篇 表面组装技术 (SMT) 基础与可制造性设计 (DFM)

第 1 章 表面组装元器件 (SMC/SMD)	(3)
1.1 对 SMC/SMD 的基本要求及无铅焊接对元器件的要求	(3)
1.2 SMC 的封装命名及标称	(4)
1.3 SMD 的封装命名	(5)
1.4 SMC/SMD 的焊端结构	(6)
1.5 SMC/SMD 的包装类型	(7)
1.6 SMC/SMD 与静电敏感元器件 (SSD) 的运输、存储、使用要求	(8)
1.7 湿度敏感器件 (MSD) 的管理、存储、使用要求	(9)
1.8 SMC/SMD 方向发展	(10)
思考题	(12)
第 2 章 表面组装印制电路板 (SMB)	(14)
2.1 印制电路板	(14)
2.1.1 印制电路板的定义和作用	(14)
2.1.2 常用印制电路板的基板材料	(14)
2.1.3 评估 PCB 基材质量的相关参数	(15)
2.2 SMT 对表面组装印制电路的一些要求	(16)
2.2.1 SMT 对印制电路板的总体要求	(16)
2.2.2 表面组装 PCB 材料的选择	(17)
2.2.3 无铅焊接用 FR-4 特性	(17)
2.3 PCB 焊盘表面涂 (镀) 层及无铅 PCB 焊盘涂镀层的选择	(17)
2.3.1 PCB 焊盘表面涂 (镀) 层	(17)
2.3.2 无铅 PCB 焊盘涂镀层的选择	(19)
2.4 当前国际先进印制电路板及其制造技术的发展动向	(21)
思考题	(22)
第 3 章 表面组装工艺材料	(23)
3.1 锡铅焊料合金	(24)
3.1.1 锡的基本物理和化学特性	(24)
3.1.2 铅的基本物理和化学特性	(26)
3.1.3 63Sn-37Pb 锡铅共晶合金的基本特性	(26)
3.1.4 铅在焊料中的作用	(27)
3.1.5 锡铅合金中的杂质及其影响	(27)
3.2 无铅焊料合金	(28)

3.2.1 对无铅焊料合金的要求	(28)
3.2.2 目前最有可能替代 Sn-Pb 焊料的合金材料	(29)
3.2.3 目前应用最多的无铅焊料合金	(32)
3.2.4 Sn-Ag-Cu 系焊料的最佳成分	(33)
3.2.5 继续研究更理想的无铅焊料	(33)
3.3 助焊剂	(33)
3.3.1 对助焊剂物理和化学特性的要求	(33)
3.3.2 助焊剂的分类和组成	(34)
3.3.3 助焊剂的作用	(36)
3.3.4 四类常用助焊剂	(37)
3.3.5 助焊剂的选择	(38)
3.3.6 无铅助焊剂的特点、问题与对策	(39)
3.4 焊膏	(39)
3.4.1 焊膏的技术要求	(39)
3.4.2 焊膏的分类	(40)
3.4.3 焊膏的组成	(40)
3.4.4 影响焊膏特性的主要参数	(42)
3.4.5 焊膏的选择	(44)
3.4.6 焊膏的检测与评估	(45)
3.4.7 焊膏的发展动态	(46)
3.5 焊料棒和丝状焊料	(46)
3.6 贴片胶(粘结剂)	(47)
3.6.1 常用贴片胶	(47)
3.6.2 贴片胶的选择方法	(47)
3.6.3 贴片胶的存储、使用工艺要求	(48)
3.7 清洗剂	(48)
3.7.1 对清洗剂的要求	(48)
3.7.2 清洗剂的种类	(49)
3.7.3 有机溶剂清洗剂的性能要求	(49)
3.7.4 清洗效果的评价方法与标准	(49)
思考题	(50)
第4章 SMT 生产线及主要设备	(51)
4.1 SMT 生产线	(51)
4.2 印刷机	(52)
4.3 点胶机	(54)
4.4 贴装机	(55)
4.4.1 贴装机的分类	(55)
4.4.2 贴装机的基本结构	(57)
4.4.3 贴装头	(58)
4.4.4 X、Y 与 Z/ θ 的传动定位(伺服)系统	(60)

4.4.5 贴装机对中定位系统	(61)
4.4.6 传感器	(63)
4.4.7 送料器	(64)
4.4.8 吸嘴	(66)
4.4.9 贴装机的主要易损件	(66)
4.4.10 贴装机的主要技术指标	(67)
4.4.11 贴装机的的发展方向	(68)
4.5 再流焊炉	(69)
4.5.1 再流焊炉的分类	(69)
4.5.2 全热风再流焊炉的基本结构与性能	(70)
4.5.3 再流焊炉的主要技术指标	(72)
4.5.4 再流焊炉的发展方向	(73)
4.5.5 气相再流焊(VPS)炉的新发展	(73)
4.6 波峰焊机	(74)
4.6.1 波峰焊机的种类	(74)
4.6.2 双波峰焊机的基本结构	(74)
4.6.3 波峰焊机的主要技术参数	(76)
4.6.4 波峰焊机的发展方向及无铅焊接对波峰焊设备的要求	(77)
4.6.5 选择性波峰焊机	(77)
4.7 检测设备	(79)
4.7.1 自动光学检查设备(AOI)	(80)
4.7.2 自动X射线检查设备(AXI)	(82)
4.7.3 在线测试设备	(84)
4.7.4 功能测试设备	(85)
4.7.5 锡膏检查设备(SPI)	(85)
4.7.6 三次元影像测量仪	(86)
4.8 手工焊接与返修设备	(87)
4.8.1 电烙铁	(87)
4.8.2 焊接机器人和非接触式焊接机器人	(90)
4.8.3 SMD 返修系统	(90)
4.8.4 手工贴片工具	(92)
4.9 清洗设备	(93)
4.9.1 超声清洗设备	(93)
4.9.2 气相清洗设备	(93)
4.9.3 水清洗设备	(94)
4.10 选择性涂覆设备	(94)
4.11 其他辅助设备	(95)
思考题	(95)
第5章 SMT 印制电路板的可制造性设计(DFM)	(97)
5.1 不良设计在 SMT 生产中的危害	(97)

5.2 国内 SMT 印制电路板设计中普遍存在的问题及解决措施	(98)
5.2.1 SMT 印制电路板设计中的常见问题举例	(98)
5.2.2 消除不良设计、实现 DFM 的措施	(101)
5.3 编制本企业可制造性设计规范文件	(101)
5.4 PCB 设计包含的内容及可制造性设计实施程序	(101)
5.5 SMT 工艺对设计的要求	(105)
5.5.1 表面贴装元器件 (SMC/SMD) 焊盘设计	(106)
5.5.2 通孔插装元器件 (THC) 焊盘设计	(126)
5.5.3 布线设计	(128)
5.5.4 焊盘与印制导线连接的设置	(129)
5.5.5 导通孔的设置	(130)
5.5.6 测试孔和测试盘设计——可测试性设计 DFT (Design for Testability)	(131)
5.5.7 阻焊、丝网的设置	(133)
5.5.8 元器件整体布局设置	(133)
5.5.9 再流焊与波峰焊贴片元件的排列方向设计	(135)
5.5.10 元器件最小间距设计	(137)
5.5.11 模板设计	(137)
5.6 SMT 设备对设计的要求	(140)
5.6.1 PCB 外形、尺寸设计	(140)
5.6.2 PCB 定位孔和夹持边的设置	(141)
5.6.3 基准标志 (Mark) 设计	(142)
5.6.4 拼板设计	(143)
5.6.5 PCB 设计的输出文件	(144)
5.7 印制电路板可靠性设计	(145)
5.7.1 散热设计简介	(145)
5.7.2 电磁兼容性 (高频及抗电磁干扰) 设计简介	(146)
5.8 无铅产品 PCB 设计	(148)
5.9 PCB 可加工性设计	(149)
5.10 SMT 产品设计评审和印制电路板可制造性设计审核	(149)
5.10.1 SMT 产品设计评审	(149)
5.10.2 SMT 印制电路板可制造性设计审核	(150)
5.11 IPC-7351《表面贴装设计和焊盘图形标准通用要求》简介	(154)
思考题	(158)

下篇 表面组装技术 (SMT) 通用工艺

第 6 章 表面组装工艺条件	(161)
6.1 厂房承重能力、振动、噪声及防火防爆要求	(161)
6.2 电源、气源、排风、烟气排放及废弃物处理、照明、工作环境	(161)
6.3 SMT 制造中的静电防护技术	(162)

6.3.1 防静电基础知识	(163)
6.3.2 国际静电防护协会推荐的 6 个原则	(170)
6.3.3 高密度组装对防静电的新要求	(170)
6.3.4 IPC 推荐的电子组件件操作的习惯做法	(170)
6.3.5 手工焊接中防静电的一般要求和防静电措施	(171)
6.4 对 SMT 生产线设备、仪器、工具的要求	(172)
6.5 SMT 制造中的工艺控制与质量管理	(173)
6.5.1 SMT 制造中的工艺控制	(173)
6.5.2 SMT 制造中的质量管理	(176)
6.5.3 SPC 和六西格玛质量管理理念简介	(177)
思考题	(178)
第 7 章 典型表面组装方式及其工艺流程	(179)
7.1 典型表面组装方式	(179)
7.2 纯表面组装工艺流程	(180)
7.3 表面组装和插装混装工艺流程	(180)
7.4 工艺流程的设计原则	(181)
7.5 选择表面组装工艺流程应考虑的因素	(181)
7.6 表面组装工艺的发展	(181)
思考题	(182)
第 8 章 施加焊膏通用工艺	(183)
8.1 施加焊膏技术要求	(183)
8.2 焊膏的选择和正确使用	(184)
8.3 施加焊膏的方法	(184)
8.4 印刷焊膏的原理	(185)
8.5 印刷机金属模板印刷焊膏工艺	(186)
8.6 影响印刷质量的主要因素	(189)
8.7 印刷焊膏的主要缺陷与不良品的判定和调整方法	(194)
8.8 印刷机安全操作规程及设备维护	(195)
8.9 手动滴涂焊膏工艺介绍	(195)
8.10 SMT 不锈钢激光模板制作外协程序及工艺要求	(196)
思考题	(199)
第 9 章 施加贴片胶通用工艺	(200)
9.1 施加贴片胶的技术要求	(200)
9.2 施加贴片胶的方法和工艺参数的控制	(201)
9.2.1 针式转印法	(201)
9.2.2 印刷法	(201)
9.2.3 压力注射法	(203)
9.3 施加贴片胶的工艺流程	(206)
9.4 贴片胶固化	(206)
9.4.1 热固化	(206)

9.4.2 光固化	(207)
9.5 施加贴片胶检验、清洗、返修	(207)
9.6 点胶中常见的缺陷与解决方法	(208)
思考题	(209)
第 10 章 自动贴装机贴片通用工艺	(210)
10.1 贴装元器件的工艺要求	(210)
10.2 全自动贴装机贴片工艺流程	(212)
10.3 贴装前准备	(213)
10.4 开机	(213)
10.5 编程	(213)
10.5.1 离线编程	(215)
10.5.2 在线编程	(217)
10.6 安装供料器	(219)
10.7 做基准标志 (Mark) 和元器件的视觉图像	(219)
10.8 首件试贴并检验	(221)
10.9 根据首件试贴和检验结果调整程序或重做视觉图像	(221)
10.10 连续贴装生产	(222)
10.11 检验	(222)
10.12 转再流焊工序	(223)
10.13 提高自动贴装机的贴装效率	(223)
10.14 生产线多台贴片机的任务平衡	(223)
10.15 贴片故障分析及排除方法	(224)
10.16 贴装机的设备维护和安全操作规程	(227)
10.17 手工贴装工艺介绍	(230)
思考题	(231)
第 11 章 再流焊通用工艺	(232)
11.1 再流焊的工艺目的和原理	(232)
11.2 再流焊的工艺要求	(233)
11.3 再流焊的工艺流程	(233)
11.4 焊接前准备	(234)
11.5 开炉	(234)
11.6 编程 (设置温度、速度等参数) 或调程序	(234)
11.7 测试实时温度曲线	(235)
11.7.1 温度曲线测量、分析系统	(235)
11.7.2 实时温度曲线的测试方法和步骤	(236)
11.7.3 BGA/CSP、QFN 实时温度曲线的测试方法	(237)
11.8 正确设置、分析与优化再流焊温度曲线	(238)
11.8.1 设置最佳 (理想) 的温度曲线	(238)
11.8.2 正确分析与优化再流焊温度曲线	(238)
11.9 首件表面组装板焊接与检测	(240)

11.10	连续焊接	(240)
11.11	检测	(241)
11.12	停炉	(241)
11.13	注意事项与紧急情况处理	(241)
11.14	再流焊炉的安全操作规程	(242)
11.15	双面再流焊工艺控制	(242)
11.16	双面贴装 BGA 工艺	(243)
11.17	常见再流焊焊接缺陷、原因分析及预防和解决措施	(244)
11.17.1	再流焊的工艺特点	(244)
11.17.2	影响再流焊质量的原因分析	(244)
11.17.3	SMT 再流焊中常见的焊接缺陷分析与预防对策	(246)
11.18	再流焊炉的设备维护	(254)
	思考题	(254)
第 12 章	通孔插装元件再流焊工艺 (PIHR) 介绍	(256)
12.1	通孔插装元件再流焊工艺的优点及应用	(256)
12.2	通孔插装元件再流焊工艺对设备的特殊要求	(257)
12.3	通孔插装元件再流焊工艺对元件的要求	(257)
12.4	通孔插装元件焊膏量的计算	(257)
12.5	通孔插装元件的焊盘设计	(258)
12.6	通孔插装元件的模板设计	(258)
12.7	施加焊膏工艺	(259)
12.8	插装工艺	(263)
12.9	再流焊工艺	(263)
12.10	焊点检测	(264)
	思考题	(264)
第 13 章	波峰焊通用工艺	(265)
13.1	波峰焊原理	(265)
13.2	波峰焊工艺对元器件和印制板的基本要求	(268)
13.3	波峰焊的设备、工具及工艺材料	(269)
13.3.1	设备、工具	(269)
13.3.2	工艺材料	(269)
13.4	波峰焊的工艺流程和操作步骤	(270)
13.5	波峰焊工艺参数控制要点	(272)
13.6	无铅波峰焊工艺控制	(275)
13.7	无铅波峰焊必须预防和控制 Pb 污染	(277)
13.8	波峰焊机安全技术操作规程	(277)
13.9	影响波峰焊质量的因素与波峰焊常见焊接缺陷分析及预防对策	(278)
13.9.1	影响波峰焊质量的因素	(278)
13.9.2	波峰焊常见焊接缺陷的原因分析及预防对策	(279)
	思考题	(287)

第 14 章 手工焊、修板和返修工艺	(288)
14.1 手工焊接基础知识	(288)
14.2 表面贴装元器件 (SMC/SMD) 手工焊工艺	(291)
14.2.1 两个端头无引线片式元件的手工焊接方法	(292)
14.2.2 翼形引脚元件的手工焊接方法	(293)
14.2.3 J 形引脚元件的手工焊接方法	(294)
14.3 表面贴装元器件修板与返修工艺	(294)
14.3.1 虚焊、桥接、拉尖、不润湿、焊料量少、焊膏未熔化等焊点缺陷的修整	(295)
14.3.2 Chip 元件立碑、元件移位的修整	(295)
14.3.3 三焊端的电位器、SOT、SOP、SOJ 移位的返修	(296)
14.3.4 QFP 和 PLCC 表面组装器件移位的返修	(297)
14.3.5 BGA 的返修和置球工艺	(297)
14.4 无铅手工焊接和返修技术	(302)
14.5 手工焊接、返修质量的评估和缺陷的判断	(303)
思考题	(303)
第 15 章 表面组装板焊后清洗工艺	(304)
15.1 清洗机理	(305)
15.2 表面组装板焊后有机溶剂清洗工艺	(306)
15.2.1 超声波清洗	(306)
15.2.2 气相清洗	(308)
15.3 非 ODS 清洗介绍	(309)
15.3.1 免清洗技术	(309)
15.3.2 有机溶剂清洗	(311)
15.3.3 水洗技术	(311)
15.3.4 半水清洗技术	(311)
15.4 水清洗和半水清洗的清洗过程	(311)
15.5 无铅焊后清洗	(312)
15.6 清洗后的检验	(312)
思考题	(313)
第 16 章 表面组装检验 (检测) 工艺	(314)
16.1 组装前的检验 (或称来料检测)	(314)
16.1.1 表面组装元器件 (SMC/SMD) 检验	(315)
16.1.2 印制电路板 (PCB) 检验	(315)
16.1.3 工艺材料检验	(315)
16.2 工序检验 (检测)	(316)
16.2.1 印刷焊膏工序检验	(316)
16.2.2 贴装工序检验 (包括机器贴装和手工贴装)	(317)
16.2.3 再流焊工序检验 (焊后检验)	(317)
16.2.4 清洗工序检验	(318)
16.3 表面组装板检验	(318)

16.4 自动光学检测 (AOI)	(319)
16.4.1 AOI 在 SMT 中的作用	(319)
16.4.2 AOI 编程	(320)
16.5 自动 X 射线检测 (AXI)	(320)
16.5.1 X 射线评估和判断 BGA、CSP 焊点缺陷的标准	(320)
16.5.2 X 射线检测 BGA、CSP 焊点图像的评估和判断及其他应用	(321)
16.6 美国电子装联协会《电子组装件验收标准 IPC-A-610E》简介	(323)
16.6.1 IPC-A-610 概述	(324)
16.6.2 IPC-A-610E 简介	(325)
思考题	(326)
第 17 章 电子组装件三防涂覆工艺	(327)
17.1 环境对电子设备的影响	(327)
17.2 三防设计的基本概念	(327)
17.3 三防涂覆材料	(328)
17.4 电子组装件新型防护技术——选择性涂覆工艺	(330)
17.4.1 工艺流程	(330)
17.4.2 选择性涂覆工艺	(331)
17.4.3 印制电路板和组装件敷形涂覆的质量检测	(333)
思考题	(335)
第 18 章 运用焊接理论正确设置无铅再流焊温度曲线	(336)
18.1 概述	(336)
18.2 锡焊 (钎焊) 机理	(337)
18.2.1 钎焊过程中助焊剂与金属表面 (母材)、熔融焊料之间的相互作用	(337)
18.2.2 熔融焊料与焊件 (母材) 表面之间的反应	(338)
18.2.3 钎缝的金相组织	(343)
18.3 焊点强度、连接可靠性分析	(344)
18.4 如何获得理想的界面组织	(345)
18.5 无铅焊接机理	(345)
18.6 Sn-Ag-Cu 焊料与不同材料的金属焊接时的界面反应和钎缝组织	(347)
18.6.1 无铅焊料合金、元器件焊端镀层材料、PCB 焊盘表面镀层三要素	(347)
18.6.2 焊料合金元素与各种金属电极焊接后在界面形成的化合物	(348)
18.6.3 Sn 系焊料与 Ni/Au (ENIG) 焊盘焊接的界面反应和钎缝组织	(348)
18.6.4 Sn 系焊料与 42 号合金钢 (Fe-42Ni 合金) 焊接的界面反应和钎缝组织	(349)
18.7 运用焊接理论正确设置无铅再流焊温度曲线	(350)
18.7.1 以焊接理论为指导、分析再流焊的焊接机理	(350)
18.7.2 影响钎缝 (金属间结合层) 质量与厚度的因素	(351)
18.7.3 运用焊接理论正确设置无铅再流焊温度曲线	(353)
18.7.4 几种典型的温度曲线	(357)
思考题	(359)
第 19 章 无铅焊接可靠性讨论及无铅再流焊工艺控制	(360)

19.1 无铅焊接可靠性讨论	(360)
19.2 无铅再流焊的特点及对策	(364)
19.3 如何正确实施无铅工艺	(365)
19.4 无铅再流焊工艺控制	(371)
19.4.1 三种无铅再流焊温度曲线	(372)
19.4.2 无铅再流焊工艺控制	(372)
思考题	(376)
第 20 章 有铅、无铅混装再流焊工艺控制	(377)
20.1 有铅、无铅混装制程分析	(377)
20.1.1 再流焊工艺中无铅焊料与有铅元件混装	(377)
20.1.2 再流焊工艺中有铅焊料与无铅元件混装	(380)
20.1.3 再流焊工艺中有铅焊料焊接有铅和无铅元器件的混装工艺	(381)
20.2 有铅焊料与有铅、无铅元件混装工艺必须考虑相容性问题	(382)
20.2.1 材料相容性	(382)
20.2.2 工艺相容性	(383)
20.2.3 设计相容性	(383)
20.3 有铅焊料与有铅、无铅元件混装工艺质量控制方案的建议	(384)
思考题	(387)
第 21 章 其他工艺和新技术介绍	(388)
21.1 0201、01005 的印刷与贴装技术	(388)
21.1.1 0201、01005 的焊膏印刷技术	(388)
21.1.2 0201、01005 的贴装技术	(389)
21.2 PQFN 的印刷、贴装与返修工艺	(391)
21.2.1 PQFN 的印刷和贴装	(391)
21.2.2 PQFN 的返修工艺	(393)
21.3 COB 技术	(393)
21.4 倒装芯片 FC (Flip Chip) 与晶圆级 CSP (WL-CSP)、WLP (Wafer Level Processing) 的组装技术	(396)
21.5 倒装芯片 (Flip Chip)、晶圆级 CSP 和 CSP 底部填充工艺	(400)
21.6 三维堆叠 POP (Package On Package) 技术	(404)
21.7 ACA、ACF 与 ESC 技术	(408)
21.7.1 ACA、ACF 技术	(408)
21.7.2 ESC 技术	(410)
21.8 FPC 的应用与发展	(410)
21.9 LED 应用的迅速发展	(412)
21.10 PCBA 无焊压入式连接技术	(413)
21.11 无焊料电子装配工艺——Occam 倒序互连工艺介绍	(418)
思考题	(420)
附录 A SMT 常用缩略语、术语、金属元素中英文名称及物理性能表	(421)
参考文献	(428)