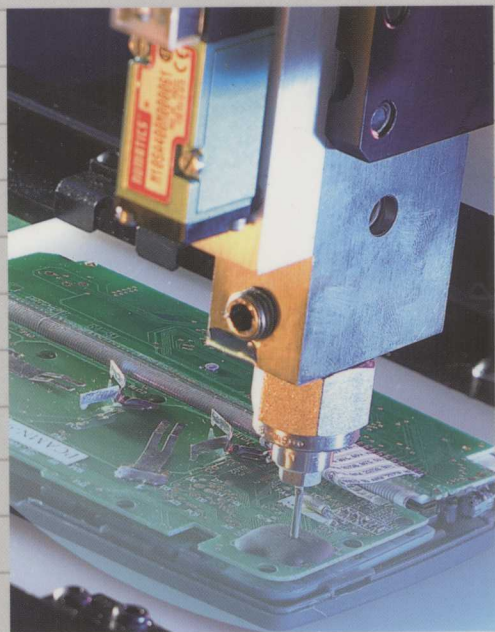


微电子技术系列丛书

表面组装技术(SMT) 通用工艺与无铅工艺实施

顾霭云 罗道军 王瑞庭 编著

刘利吉 董恩辉
张海程 徐 民 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

微电子技术系列丛书

表面组装技术（SMT）通用 工艺与无铅工艺实施

顾霁云 罗道军 王瑞庭 编著

刘利吉 董恩辉 张海程 徐 民 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书比较全面、系统地介绍表面组装技术(SMT)通用工艺和无铅工艺实施。通用工艺规程是企业生产活动中最基础的技术文件。通用工艺的内容包括工艺条件、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,以及静电防护技术和SMT制造中的工艺控制与质量管理等,还介绍通孔元件再流焊、三防涂覆工艺,挠性板、陶瓷基板表面组装工艺,0201、01005、PQFN、倒装芯片(Flip Chip)、COB、晶圆级CSP、晶圆级FC、三维堆叠POP及ACA、ACF与ESC等新工艺和新技术;无铅工艺实施部分通过对锡焊(钎焊)机理的学习,介绍如何运用焊接理论,正确设置再流焊温度曲线、正确实施无铅工艺的过程与方法,讨论过渡阶段有铅、无铅混用应注意的问题,以及焊点可靠性试验与失效分析技术。

全书联系当前SMT与无铅现状,讲解深入浅出,对SMT专业人员,尤其对刚刚介入SMT的从业人员提高焊接理论水平、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,既可作为中高等院校先进电子制造SMT专业教材,也可作为工程师继续教育、技术培训教材与参考资料。

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)通用工艺与无铅工艺实施 / 顾霭云, 罗道军, 王瑞庭编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.10

(微电子技术系列丛书)

ISBN 978-7-121-07255-0

I. 表... II. ①顾... ②罗... ③王... III. 印刷电路—组装—生产工艺 IV. TN41

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第124518号

策划编辑: 刘海艳

责任编辑: 徐萍

印刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 37.25 字数: 1001.2千字

印次: 2008年10月第1次印刷

印数: 4000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。

序

《表面组装技术(SMT)通用工艺与无铅工艺实施》一书作者顾霭云老师为公安部第一研究所副研究员、中国国内资深 SMT 专家。顾老师在国内 SMT 学术会议、刊物、杂志上发表过几十篇论文、文章。她写的《表面组装通用工艺》一书,自 2003 年问世以来深受广大读者的欢迎,被一些大学、高职和中专院校采用,作为重要辅助教材。顾老师在 SMT 培训方面做了大量工作。她受中国电子学会和各省 SMT 社团、大学及 SMT 企业邀请进行培训和讲课数十次,深受 SMT 工作者的好评,为中国 SMT 实业和技术的发展做出了贡献。

《表面组装技术(SMT)通用工艺与无铅工艺实施》一书是顾霭云老师十几年 SMT 工艺实践和经验的总结,具有很强的实用性和可操作性,是广大 SMT 工作者的重要参考书,对大、中专学校而言,是一本不可多得的优秀教科书。

本书对无铅实施进行了重点论述。欧洲和日本等发达国家自 20 世纪末首先对无铅焊接工艺进行研究和实施准备。2006 年 7 月 1 日欧盟开始实施 RoHS 指令。2007 年 3 月 1 日中国政府七部委制定的《电子信息产品污染控制管理办法》开始实施,国家环保总局颁布的《电子废物污染环境防治管理办法》(中国的“WEEE”)于 2008 年 2 月 1 日起施行。中国政府上述两个管理办法的公布施行为中国无铅焊接工艺的实施提供了良好的法律环境。

北京电子学会表面安装技术委员会于 2000 年 12 月 18 日在北京首次组织了无铅焊接技术现场交流会,自 2001 年至 2008 年,每年的学术年会均把无铅焊接作为学术交流的重点。无铅焊接是一个系统工程,其内容既包括元器件、PCB 板、结构件、焊料、辅料、包装等无铅实施,也包括印刷、贴片、焊接(波峰焊和回流焊)、检测等工艺。目前我国 SMT 工作者在无铅焊接工艺实施方面已掌握基本技术,取得可喜的进步,但在无铅焊接系统工程的许多方面,如无铅焊接的可靠性验证和检测方面,还有待于进一步研究和探讨。相信本书的出版必定有助于无铅焊接的实施。

由于出书过程紧迫、参考资料不够充分等原因,本书可能会有一些不足和待改进之处,希望全国广大 SMT 专家和工作者给予批评与指正,以便于顾霭云老师和北京电子学会 SMT 委员会能在今后与电子工业出版社同仁一道写出和出版更多、更好的 SMT 参考书。

希望中国广大 SMT 工作者共同努力,进一步提高我国 SMT 技术水平,为把中国由世界电子制造大国向电子制造强国转变做出自己的贡献!

北京电子学会表面安装技术(SMT)委员会主任

刘利吉

2008 年 9 月 16 日

前 言

表面组装技术 (SMT, Surface Mount Technology) 是先进的电子制造技术, 是无须对印制电路板钻插装孔、直接将表面贴装微型元器件贴焊到印制电路板 (PCB) 或其他基板表面规定位置的先进电子装联技术。与传统的通孔插装技术比较, SMT 有如下特点: 结构紧凑、组装密度高、体积小、质量小; 高频特性好; 抗振动冲击性能好, 有利于提高可靠性; 工序简单, 焊接缺陷极少; 适合自动化生产, 生产效率高、劳动强度低; 降低生产成本。SMT 在投资类电子产品、军事装备领域、安防领域、电力、汽车电子、计算机、通信设备、彩电、录像机、摄像机及袖珍式高档多波段收音机、随身听、传呼机、手机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。据飞利浦公司预测, 到 2010 年全球范围插装元器件的使用率将下降到 10%, SMC/SMD 将上升到 90% 左右。SMT 是电子装联技术的发展方向, 已成为世界电子整机组装技术的主流。

随着电子产品多功能、小型化、无铅化的需要, 近年来 SMT 工艺技术有了很大的改进、创新和发展。例如, 通孔元件再流焊工艺 (paste-in-hole)、选择性波峰焊、三维堆叠 POP (Package On Package) 技术等越来越多地被应用。

近一个世纪以来, 由于过度的资源开发和工业发展, 造成了严重的环境污染。为了保护人类的生存环境, 掀起了“绿色制造”浪潮。绿色制造不仅要解决生产过程的污染和资源浪费问题, 更重要的是要为社会提供在全寿命周期内没有污染、节约资源的各类产品。10 年前为了保护臭氧层, 《蒙特利尔议定书》规定了停止生产和使用氟氯化碳化合物 (CFCs) 等消耗臭氧层物质 (ODS) 的时间 (发达国家于 1996 年停止使用, 发展中国家 2010 年全部停止使用), 电子制造中通过采用免清洗技术、非 ODS 溶剂清洗、水洗和半水清洗技术, 已经基本实现了替代或逐步淘汰 ODS 物质的目标; 之后又提出在助焊剂中采用无挥发性有机化合物 (无 VOC 类) 溶剂, 如无铅波峰焊采用“水基溶剂助焊剂”; 2003 年欧盟的两个指令——ROHS (关于在电子电气设备中限制使用 Pb、Hg、Cd、六价 Cr、多溴联苯 PBB、多溴联苯醚 PBDE 6 项有害物质指令) 和 WEEE (关于报废电子电气设备指令), 使全球又掀起了“无铅制造”浪潮。我国响应 ROHS 制定的《电子信息产品污染控制管理办法》已于 2006 年 2 月 28 日正式颁布, 2007 年 3 月 1 日施行。

当前的“无铅焊接技术”比“非 ODS 清洗技术”和“无 VOC”难度大得多。从有铅产品转到无铅产品是个复杂的过程, 目前常用的无铅合金与传统的 Sn-Pb 共晶合金比较, 熔点高, 工艺窗口小, 浸润性差, 因此工艺难度大, 容易产生可靠性问题。无铅不只是焊接材料 (无铅合金、助焊剂) 问题, 还涉及设计、元器件、PCB、设备、工艺、可靠性、成本等方面的挑战。因此, 如何顺利实现从有铅向无铅的过渡是电子制造业界十分关心的问题。

本书结合当前我国 SMT 的发展形势及无铅化进程的需要, 包含两部分内容。第一部分“表面组装技术 (SMT) 通用工艺”共 14 章, 第 1 章表面组装工艺条件, 介绍 SMT 生产设备和 SMT 工艺对生产现场的电、气、通风、照明、环境温度、相对湿度、空气清洁度、防静电等的要求, 重点介绍“SMT 制造中的静电防护技术”和“SMT 制造中的工艺控制与质量管理”; 第 2 章典型表面组装方式及其工艺流程; 第 3 章施加焊膏通用工艺, 重点介绍金属模板印刷焊膏技术; 第

4 章施加贴片胶通用工艺, 重点介绍点胶(滴涂)工艺; 第 5 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 6 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, 通孔插装元件再流焊等内容; 第 7 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 8 章手工焊、修板和返修工艺; 第 9 章清洗工艺, 主要介绍清洗机理和各种清洗工艺; 第 10 章表面组装检验(测)工艺, 介绍来料检测、工序检测及表面组装板检测、自动光学检测(AOI), 并简要介绍美国电子装联协会《电子组装件验收标准 IPC-A-610D》的部分内容; 第 11 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——选择性涂覆工艺的原理、关键工艺参数, 分析选择性涂覆的一些常见工艺问题及其解决方法; 第 12 章挠性板表面组装工艺, 介绍挠性印制板的分类、组成材料、制造工艺, 挠性板的表面组装焊接、焊接载板治具、焊接加工中的运输和清洗; 第 13 章陶瓷基板表面组装工艺, 介绍用于表面组装的陶瓷基板的功能、主要性能参数和常用的陶瓷基板种类, 在陶瓷电路基板上进行表面组装的常用方法; 第 14 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。第二部分无铅工艺实施共 7 章, 第 15 章介绍无铅焊接概况和现状; 第 16 章通过对锡焊(钎焊)机理的学习, 介绍如何运用焊接理论正确设置再流焊温度曲线; 第 17 章通过对有铅焊接与无铅焊接的比较, 较全面地分析无铅焊接的特点、无铅焊接存在的主要问题和应对措施; 第 18 章介绍正确实施无铅工艺的过程与方法; 第 19 章焊点可靠性试验与失效分析技术; 第 20 章讨论无铅焊接可靠性及过渡阶段有铅、无铅混用应注意的问题; 第 21 章介绍无铅生产物料管理。附录 A 为 IEC-TC91 电子装联及其相关无铅标准, 附录 B 是与 SMT 相关的部分 IPC 标准目录。

本书邀请清华一伟创力 SMT 实验室主任王豫明撰写第 4 章, 深圳苹果电脑 OEM Process Manager 王红撰写第 14 章中的“COB 技术”, 北京电通纬创公司副总经理张海程撰写第 12 章, 北京七星华创公司总工程师王瑞庭撰写第 13 章, 中国赛宝实验室主任罗道军撰写第 19 章; 中国电子技术标准化研究所 IEC TC91 中国归口负责人刘筠撰写附录 A, 中国电子技术标准化研究所童晓明提供附录 B。

本书在策划和写作过程中, 北京 SMT 专委会主任刘利吉给予很大的支持和鼓励; 罗道军、王瑞庭、王豫明、张海程、王红、刘筠、童晓明等同志, 在百忙中撰写相关章节的内容, 在第 19 章节的写作中, 贺光辉协助准备了部分案例, 王职坚协助制作了部分图表; 电子工业出版社编辑刘海艳、徐萍为本书付出了辛勤的劳动。在本书即将出版之际, 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 SMT/SMD 发展迅速, 再加上编者水平有限, 书中差错和不足之处在所难免, 欢迎广大读者批评指正。

目 录

第一部分 表面组装 (SMT) 通用工艺

第 1 章 表面组装工艺条件	(2)
1.1 厂房承重能力、振动、噪声及防火防爆要求	(2)
1.2 电源	(2)
1.3 气源	(2)
1.4 排风、烟气排放及废弃物处理	(3)
1.5 照明	(3)
1.6 工作环境	(3)
1.7 SMT 制造中的静电防护技术	(3)
1.7.1 防静电基础知识	(4)
1.7.2 国际静电防护协会推荐的 6 个原则	(14)
1.7.3 高密度组装对防静电的新要求	(14)
1.7.4 IPC 推荐的电子组装件操作的习惯做法	(15)
1.7.5 具有 ESD 危害的不正确做法举例	(17)
1.7.6 手工焊接中防静电的一般要求和防静电措施	(17)
1.7.7 ESD 防护相关标准与我国 ESD 防护的现状	(19)
1.8 对 SMT 生产线设备、仪器、工具的要求	(19)
1.9 SMT 制造中的工艺控制与质量管理	(19)
1.9.1 SMT 制造中的工艺控制	(20)
1.9.2 SMT 制造中的质量管理	(26)
1.9.3 SPC 和六西格玛质量管理理念简介	(30)
思考题	(47)
第 2 章 典型表面组装方式及其工艺流程	(49)
2.1 表面组装技术的组装类型	(49)
2.2 典型表面组装方式	(50)
2.3 纯表面组装工艺流程	(50)
2.4 表面组装和插装混装工艺流程	(51)
2.5 工艺流程的设计原则	(51)
2.6 选择表面组装工艺流程应考虑的因素	(52)
2.7 表面组装工艺的发展	(52)
思考题	(53)
第 3 章 施加焊膏通用工艺	(55)
3.1 施加焊膏技术要求	(55)

3.2	表面组装工艺材料焊膏的选择和正确使用	(56)
3.3	施加焊膏的方法和各种方法的适用范围	(57)
3.4	印刷焊膏的原理	(58)
3.5	全自动与半自动印刷机金属模板印刷焊膏工艺	(59)
3.6	印刷机安全操作规程及设备维护	(65)
3.7	影响印刷质量的主要因素	(66)
3.8	提高印刷质量的措施	(72)
3.9	印刷焊膏的主要缺陷与不良品的判定和调整方法	(73)
3.10	采用简易印刷工装手工印刷焊膏工艺介绍	(74)
3.11	手动点胶机滴涂焊膏工艺介绍	(77)
3.12	PROFLOW DIREKT——焊膏印刷新技术介绍	(78)
3.13	SMT 不锈钢激光模板制作外协程序及工艺要求	(79)
	思考题	(84)
第 4 章	施加贴片胶通用工艺	(85)
4.1	施加贴片胶的技术要求	(85)
4.2	表面组装工艺材料——贴片胶	(86)
4.3	施加贴片胶的方法和工艺参数的控制	(86)
4.3.1	针式转印法	(86)
4.3.2	印刷法	(86)
4.3.3	压力注射法 (分配器滴涂法)	(90)
4.4	施加贴片胶的工艺流程	(95)
4.5	贴片胶固化	(95)
4.5.1	热固化	(96)
4.5.2	光固化	(96)
4.6	施加贴片胶检验	(97)
4.7	清洗	(97)
4.8	返修	(98)
4.9	点胶中常见的缺陷与解决方法	(98)
	思考题	(100)
第 5 章	自动贴装机贴片通用工艺	(101)
5.1	贴装元器件的工艺要求	(101)
5.2	自动贴装机的贴装过程和工艺流程	(103)
5.3	贴装前准备	(105)
5.4	开机	(105)
5.5	编程	(106)
5.5.1	编程基础知识	(106)
5.5.2	贴片程序优化原则及编程工艺注意事项	(112)
5.5.3	离线编程	(113)
5.5.4	在线编程	(115)
5.6	安装供料器	(117)

5.7	做基准标志 (Mark) 和元器件的视觉图像	(118)
5.8	首件试贴并检验	(120)
5.9	根据首件试贴和检验结果调整程序或重做视觉图像	(121)
5.10	连续贴装生产	(121)
5.11	检验	(122)
5.12	转再流焊工序	(122)
5.13	提高自动贴装机的贴装效率	(122)
5.14	生产线多台贴片机的任务平衡	(123)
5.15	贴片故障分析及排除方法	(123)
5.16	贴装机的设备维护和安全操作规程	(126)
5.17	手工贴装工艺介绍	(130)
	思考题	(131)
第6章	再流焊通用工艺	(133)
6.1	再流焊的工艺目的和原理	(134)
6.2	再流焊的工艺要求	(134)
6.3	再流焊的工艺流程	(135)
6.4	焊接前准备	(135)
6.5	开炉	(136)
6.6	编程 (设置温度、速度等参数) 或调程序	(136)
6.7	测试实时温度曲线	(137)
6.7.1	温度曲线测量、分析系统	(137)
6.7.2	实时温度曲线的测试方法和步骤	(142)
6.7.3	BGA/CSP、QFN 实时温度曲线的测试方法	(143)
6.8	正确分析与优化再流焊温度曲线	(145)
6.8.1	理想的温度曲线	(146)
6.8.2	正确分析与优化再流焊温度曲线	(146)
6.9	首件表面组装板焊接与检测	(149)
6.10	连续焊接	(149)
6.11	检测	(150)
6.12	停炉	(150)
6.13	注意事项与紧急情况处理	(150)
6.14	再流焊炉的安全操作规程	(151)
6.15	双面回流焊工艺控制	(151)
6.16	双面贴装 BGA 工艺	(153)
6.17	常见再流焊焊接缺陷、原因分析及预防和解决措施	(153)
6.17.1	再流焊的工艺特点	(153)
6.17.2	影响再流焊质量的原因分析	(155)
6.17.3	SMT 再流焊中常见的焊接缺陷分析与预防对策	(158)
6.18	再流焊炉的设备维护	(168)
6.19	通孔插装元件 (THC) 再流焊工艺介绍	(168)

6.19.1	通孔元件再流焊工艺的优、缺点及应用	(169)
6.19.2	通孔元件再流焊工艺对设备的特殊要求	(170)
6.19.3	通孔元件再流焊工艺对元件的要求	(171)
6.19.4	通孔元件焊膏量的计算	(172)
6.19.5	通孔元件的焊盘设计	(172)
6.19.6	通孔元件的模板设计	(173)
6.19.7	施加焊膏工艺	(174)
6.19.8	插装工艺	(179)
6.19.9	再流焊工艺	(179)
6.19.10	焊点检测	(181)
	思考题	(181)
第7章	波峰焊通用工艺	(183)
7.1	波峰焊原理	(183)
7.2	波峰焊工艺对元器件和印制板的基本要求	(187)
7.3	波峰焊的设备、工具及工艺材料	(188)
7.3.1	设备、工具	(188)
7.3.2	工艺材料	(188)
7.4	波峰焊的工艺流程和操作步骤	(190)
7.5	波峰焊工艺参数控制要点	(192)
7.6	波峰焊质量控制方法	(197)
7.7	波峰焊机安全技术操作规程	(198)
7.8	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	(199)
7.8.1	影响波峰焊质量的因素	(199)
7.8.2	波峰焊常见焊接缺陷的原因分析及预防对策	(201)
	思考题	(211)
第8章	手工焊、修板和返修工艺	(212)
8.1	手工焊接基础知识	(213)
8.2	表面贴装元器件 (SMC/SMD) 手工焊工艺	(219)
8.2.1	两个端头无引线片式元件的手工焊接方法	(220)
8.2.2	翼形引脚元件的手工焊接方法	(221)
8.2.3	J形引脚元件的手工焊接方法	(222)
8.3	表面贴装元器件修板与返修工艺	(223)
8.3.1	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	(225)
8.3.2	Chip 元件吊桥、元件移位的修整	(225)
8.3.3	三焊端的电位器、SOT、SOP、SOJ 移位的返修	(226)
8.3.4	QFP 和 PLCC 表面组装器件移位的返修	(227)
8.3.5	BGA 的返修和置球工艺	(228)
8.4	无铅手工焊接和返修技术	(234)
8.5	手工焊接、返修质量的评估和缺陷的判断	(235)
	思考题	(235)

第 9 章 表面组装板焊后清洗工艺	(236)
9.1 清洗机理	(238)
9.2 表面组装板焊后清洗的传统有机溶剂清洗工艺	(240)
9.2.1 超声波清洗	(240)
9.2.2 汽相清洗	(243)
9.3 非 ODS 清洗介绍	(244)
9.3.1 免清洗技术	(245)
9.3.2 有机溶剂清洗	(248)
9.3.3 水洗技术	(249)
9.3.4 半水清洗技术	(250)
9.4 水清洗和半水清洗的清洗过程	(251)
9.5 水清洗常见故障的产生原因及解决措施	(254)
9.6 水清洗的安全性与环境要求	(256)
9.7 清洗后的检验	(256)
9.8 电子产品清洗工艺设计	(257)
思考题	(260)
第 10 章 表面组装检验 (检测) 工艺	(261)
10.1 组装前的检验 (或称来料检测)	(262)
10.1.1 表面组装元器件 (SMC/SMD) 检验	(263)
10.1.2 印制电路板 (PCB) 检验	(264)
10.1.3 工艺材料检验	(264)
10.2 工序检验 (检测)	(265)
10.2.1 印刷焊膏工序检验	(265)
10.2.2 贴装工序检验 (包括机器贴装和手工贴装)	(266)
10.2.3 再流焊工序检验 (焊后检验)	(268)
10.2.4 清洗工序检验	(269)
10.3 表面组装板检验	(269)
10.4 自动光学检测 (AOI)	(272)
10.4.1 AOI 在 SMT 中的作用	(272)
10.4.2 AOI 编程	(274)
10.4.3 AOI 自动检测操作规程	(274)
10.5 自动 X 射线检测	(276)
10.5.1 X 射线评估和判断 BGA、CSP 焊点缺陷的标准	(277)
10.5.2 X 射线检测 BGA、CSP 焊点图像的评估和判断及其他应用	(278)
10.6 美国电子装联协会《电子组装件验收标准 IPC-A-610D》简介	(281)
10.6.1 IPC-A-610 概述	(281)
10.6.2 IPC-A-610D 简介	(283)
10.6.3 相关文件和适用的相关文件	(286)
10.6.4 IPC-A-610D 第 5 章 焊接 (Soldering) 内容介绍	(286)
10.6.5 IPC-A-610D 第 7 章 通孔工艺 (Through-Hole Technology) 内容介绍	(289)

10.6.6 IPC-A-610D 第 8 章 表面组装件 (Surface Mount Assemblies) 内容介绍	(289)
思考题	(295)
第 11 章 电子组装件三防涂覆工艺	(297)
11.1 环境对电子设备的影响	(297)
11.2 三防设计的基本概念	(298)
11.3 三防涂覆材料	(299)
11.4 电子组装件新型防护技术--选择性涂覆工艺	(302)
11.4.1 工艺流程	(302)
11.4.2 选择性涂覆工艺	(304)
11.4.3 印制电路板和组装件敷形涂覆的质量检测	(306)
11.4.4 军用电子设备三防工艺和环境试验标准目录	(309)
思考题	(309)
第 12 章 挠性印制电路板的表面组装工艺	(311)
12.1 挠性印制电路板的定义和应用	(311)
12.2 挠性印制电路板的组成材料及其优缺点	(312)
12.3 挠性印制电路板的分类	(314)
12.4 挠性印制电路板的制造工艺	(316)
12.5 挠性板的表面组装技术	(316)
12.5.1 挠性板焊接载板治具	(316)
12.5.2 挠性板在印刷、贴装、焊接、传送运输和清洗过程中应注意的问题	(318)
思考题	(320)
第 13 章 陶瓷基板表面组装工艺	(321)
13.1 陶瓷基板	(321)
13.1.1 陶瓷基板的功能	(321)
13.1.2 陶瓷基板的表面特性	(322)
13.1.3 氧化铝基板	(323)
13.2 组装工艺	(327)
13.2.1 引言	(327)
13.2.2 芯片和基板的贴装	(328)
13.2.3 互连	(337)
思考题	(348)
第 14 章 其他工艺和新技术介绍	(349)
14.1 0201、01005 的印刷与贴装技术	(350)
14.1.1 0201、01005 的焊膏印刷技术	(351)
14.1.2 0201、01005 的贴装技术	(353)
14.2 PQFN 的印刷、贴装与返修工艺	(356)
14.2.1 PQFN 的印刷和贴装	(356)
14.2.2 PQFN 的返修工艺	(358)
14.3 COB 技术	(359)

14.4 倒装芯片 FC (Flip Chip) 与晶圆级 CSP (WL-CSP)、WLP (Wafer Level Processing) 的组装技术	(366)
14.5 倒装芯片 (Flip Chip)、晶圆级 CSP 和 CSP 底部填充工艺	(374)
14.6 三维堆叠 POP (Package On Package) 技术	(383)
14.7 ACA、ACF 与 ESC 技术	(389)
14.7.1 导电胶的种类及应用	(389)
14.7.2 ACA、ACF 技术	(391)
14.7.3 ESC 技术	(394)
14.8 无焊料电子装配工艺--Occam 倒序互连工艺介绍	(395)
思考题	(401)

第二部分 无铅工艺实施

第 15 章 无铅焊接概况	(404)
15.1 无铅简介	(404)
15.1.1 实施无铅的必要性	(404)
15.1.2 ROHS 指令与 WEEE 指令	(406)
15.1.3 无铅的定义和标识	(409)
15.2 无铅焊接的现状	(411)
15.3 无铅焊料合金	(413)
15.3.1 对无铅焊料合金的要求	(413)
15.3.2 目前最有可能替代 Sn/Pb 焊料的合金材料	(414)
15.3.3 Sn-Ag 共晶合金	(414)
15.3.4 Sn-Ag-Cu 三元合金	(415)
15.3.5 Sn-Cu 系焊料合金	(416)
15.3.6 Sn-Zn 系焊料合金	(416)
15.3.7 Sn-Bi 系焊料合金	(417)
15.3.8 Sn-In 和 Sn-Sb 系合金	(418)
15.3.9 目前应用最多的无铅焊料合金	(418)
15.3.10 关于 Sn-Ag-Cu 系焊料的最佳成分	(419)
15.3.11 继续攻克研究更理想的无铅焊料	(420)
15.4 无铅对助焊剂的要求	(421)
15.5 无铅对 PCB 的要求	(422)
15.6 无铅对元器件的要求	(424)
思考题	(426)
第 16 章 运用焊接理论正确设置再流焊温度曲线	(427)
16.1 电子装联技术中的焊接技术——软钎焊技术	(428)
16.2 焊接 (钎焊) 机理	(429)
16.2.1 焊接过程中助焊剂与金属表面 (母材)、熔融焊料之间的相互作用	(429)
16.2.2 熔融焊料与焊件 (母材) 表面之间的反应	(431)

16.2.3	钎缝的金相组织	(436)
16.3	焊点强度、连接可靠性分析	(437)
16.4	如何获得理想的界面组织	(439)
16.5	无铅焊接机理	(439)
16.6	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	(441)
16.6.1	无铅焊料、元器件焊端镀层材料、PCB 焊盘表面镀层三要素	(442)
16.6.2	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	(443)
16.6.3	Sn 系焊料与 Ni/Au (ENIG) 焊盘焊接的界面反应和钎缝组织	(443)
16.6.4	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	(444)
16.7	无铅焊接材料的相容性	(445)
16.8	运用焊接理论正确设置无铅再流焊温度曲线	(445)
16.8.1	以焊接理论为指导、分析再流焊的焊接机理	(446)
16.8.2	影响钎缝 (金属间结合层) 质量与厚度的因素	(446)
16.8.3	运用焊接理论正确设置无铅再流焊温度曲线	(449)
16.8.4	几种典型的温度曲线	(454)
	思考题	(457)
第 17 章	无铅焊接的特点、应对措施及如何建立符合 ROHS 的无铅生产线	(459)
17.1	无铅工艺与有铅工艺比较	(459)
17.2	无铅焊接的特点	(460)
17.2.1	从再流焊温度曲线分析无铅再流焊的特点及对策	(461)
17.2.2	无铅波峰焊特点及对策	(464)
17.3	无铅焊接对设备的要求	(468)
17.4	如何建立无铅回流焊生产线	(469)
17.5	如何建立无铅波峰焊生产线	(470)
17.5.1	无铅波峰焊机的评估	(470)
17.5.2	预防和控制 Pb 污染、Cu 污染和 Fe 污染	(471)
	思考题	(472)
第 18 章	无铅工艺实施	(474)
18.1	确定组装方式及工艺流程	(474)
18.2	选择无铅元器件	(476)
18.3	选择无铅 PCB 材料及焊盘涂镀层	(478)
18.4	选择无铅焊接材料 (包括合金和助焊剂)	(481)
18.5	无铅产品 PCB 设计	(484)
18.6	无铅印刷工艺	(485)
18.7	无铅贴装工艺	(486)
18.8	无铅再流焊工艺控制	(487)
18.8.1	三种无铅再流焊温度曲线	(487)
18.8.2	无铅再流焊工艺控制	(488)
18.9	无铅波峰焊工艺控制	(493)
18.10	无铅焊点外观检测	(494)

18.11	无铅手工焊接和返修	(495)
18.12	无铅焊后清洗	(497)
18.13	高可靠性产品(或有条件的情况下)要做可靠性试验检测	(498)
18.14	对无铅产品进行质量评估、确保符合 ROHS	(498)
18.15	无铅工艺实施过程总结	(499)
	思考题	(500)
第 19 章	焊点可靠性试验与失效分析技术	(502)
19.1	焊点可靠性概论	(502)
19.1.1	研究焊点可靠性的意义	(502)
19.1.2	可靠性基本概念	(502)
19.1.3	可靠性试验概述	(503)
19.1.4	确保可靠性的基本工作内容	(504)
19.1.5	影响焊点可靠性的主要环境应力	(505)
19.1.6	焊点的主要失效模式	(506)
19.1.7	焊点主要失效机理	(506)
19.2	焊点的可靠性试验方法	(507)
19.2.1	可靠性试验的基本内容	(507)
19.2.2	焊点的可靠性试验标准	(508)
19.2.3	焊点的失效判据与失效率分布	(508)
19.2.4	主要的可靠性试验方法	(508)
19.2.5	无铅焊点可靠性试验的方案设计	(518)
19.3	焊点的失效分析技术	(520)
19.3.1	焊点的形成过程与影响因素	(521)
19.3.2	导致焊点缺陷的主要原因与机理分析	(521)
19.3.3	焊点失效分析的基本流程	(522)
19.3.4	焊点失效分析技术	(523)
19.3.5	焊点失效分析案例	(532)
	思考题	(537)
第 20 章	无铅焊接可靠性讨论及过渡阶段有铅、无铅混用应注意的问题	(539)
20.1	关于过渡时期无铅焊接可靠性的讨论	(539)
20.2	过渡阶段有铅、无铅混用制程分析	(545)
20.2.1	再流焊工艺中无铅焊料与有铅元件混用	(545)
20.2.2	再流焊工艺中有铅焊料与无铅元件混用	(549)
20.2.3	无铅波峰焊必须预防和控制 Pb 污染	(550)
20.3	过渡阶段有铅、无铅混用必须注意材料的相容性	(551)
20.4	过渡阶段有铅和无铅混用问题的应对措施	(552)
	思考题	(555)
第 21 章	无铅生产物料管理	(557)
21.1	加强对上游供应商的管理	(557)
21.2	建立无铅物料管理制度与措施	(557)

21.3	无铅元器件、PCB、焊接材料的评估与认证	(560)
21.3.1	无铅元器件的检测与评估	(561)
21.3.2	无铅 PCB 的检测与评估	(563)
21.3.3	无铅助焊剂的检测与评估	(564)
21.3.4	无铅焊膏的检测与评估	(566)
21.3.5	无铅焊料棒的检测与评估	(566)
21.3.6	无铅焊锡丝的检测与评估	(566)
	思考题	(568)
附录 A	IEC/TC91 电子装联及其相关无铅标准	(569)
附录 B	与 SMT 相关的部分 IPC 标准目录	(574)
	参考文献	(576)

第一部分 表面组装 (SMT) 通用工艺

通用工艺又称为典型工艺,是根据工艺内容的通用性、成熟性和先进性并结合本单位的设备条件和产品特点而提出的工艺课题,是按照具体工艺内容编写的。通用工艺的内容包括工艺条件、工艺流程、操作程序、安全技术操作方法、工艺参数、检验标准和检验方法等。

通用工艺是指导工人操作的最基本的技术文件。

通用工艺规程是企业生产活动中最基础的技术文件。严格按照通用工艺规定的操作程序和质量控制程序进行操作,对提高生产效率、提高产品质量具有十分重要的意义。

表面组装通用工艺包括施加焊膏、施加贴片胶、贴装元器件、再流焊、波峰焊、手工焊与返修、清洗、检验和测试、电子组装件三防涂覆工艺、挠性板表面组装工艺、陶瓷基板表面组装工艺。另外,在第6章表面组装工艺条件中较重点地介绍了SMT制造中的静电防护技术和SMT制造中的工艺控制与质量管理。第19章还介绍了以下新工艺和新技术: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。