

现代电子 装联工程应用

1100问

樊融融
编著



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

014010566

TN305.93
04

现代电子装联工程应用 1100 问

樊融融 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航

C1696970

TN305.93
04

内 容 简 介

本书囊括了现代电子装联工程应用中所涉及的各种专用术语、名词定义；各种物理、化学现象的解释；工艺流程的优化方法、控制特点及效果评估；各种工艺装备的应用特点、使用要求；工艺可靠性及失效分析；各种典型工艺缺陷及故障的表现特征、形成机理、解决措施等。

为方便读者查阅，本书分成焊料、助焊剂、焊膏和焊接；THT及波峰焊接；SMT与再流焊接；现代电子装联工艺过程控制；现代电子装联工艺可靠性；现代PCBA组装中常见的缺陷现象解析；影响电子产品用户服役期工艺可靠性的因素及典型案例解析；PCBA焊点失效分析及工艺可靠性试验等八大技术板块。对其中的所有知识节点和技术单元均一一地以一问一答的形式进行了全面而深入的介绍，构成了一部较为完整的涉及现代电子装联工程技术应用方面的综合性技术读物。

本书可供广大从事电子产品和装备后端制造的工艺工程师、质量工程师、计划及管理工程师、印制板应用工程师、工艺装备管理及维修工程师等人员，在工作中遇到问题时查询，就地为他们提供工程应用中的技术支持和问题的解决方法。

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

现代电子装联工程应用 1100 问 / 樊融融编著. —北京：电子工业出版社，2013.10

ISBN 978-7-121-21611-4

I. ①现… II. ①樊… III. ①电子装联—问题解答 IV. ①TN305.93-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第237161号

广告经营许可证号：京海工商广字第0258号

策划编辑：李 洁

责任编辑：刘真平

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：38.5 字数：1267千字

印 次：2013年10月第1次印刷

定 价：85.00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

目前,电子技术的发展一日千里,电子产品的更新换代更是日新月异。体现在功能上,越来越多且越来越丰富;体现在造型外观上,越来越多样化且越来越时尚。生产这些功能复杂和造型时尚的产品,要靠先进的电子装联技术。近年来,支撑电子产品快速发展和变化的电子装联技术也正经历着深刻的变革。

同时,消费者不断地对产品提出更高的质量要求,生产企业面临前所未有的激烈竞争,越来越关注生产的效率和生产的成本,全社会对电子产品的环保安全提出了新的标准……这些新的挑战和要求对电子装联技术的提升提供了更多的需求和机会。

近十年的电子装联技术工作的发展是历史上最迅速的。

从事电子装联技术工作的人员要始终保持对该技术领域快速发展的准确把握,不断对其理论进行研究,并在实践中不断创新,才能做出“精品”适应客户和企业的需要,为企业创造效益,为客户提供满意的产品。

电子装联技术领域知识面很宽,涉及电气、机械、化学等方面,而且是一门实践性很强的学科,学习起来既复杂深奥,又枯燥乏味,对电子装联技术人员是一种精神、毅力、心理等多方面的考验,一本好的学习参考书和资料无疑对学习效率和效果是非常重要的。

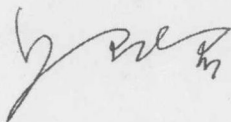
本书极具特色,对电子装联过程中所遇到的各种问题和应用场景进行了具体而详细的描述,集理论性、实践性、趣味性和实用性于一体,图文并茂,并按电子装联专业领域各个知识节点的基本技术要素分门别类,归列为一个一个的问题,以一问一答的形式展现在读者面前,为工程技术人员的学习、资料查询和测评提供了一种非常简便快捷的方式,在同类型的图书中,这是我阅读到的唯一一本。相信各位读者阅读后,无论是对于基础技术理论的准确掌握,还是对现实中某个具体技术难题的精准定位和快速解决,一定都会受益匪浅。

前不久,樊教授将《现代电子装联工程应用 1100 问》的书稿交给我阅读,并嘱我作序。我用了一段时间认真阅读,受益匪浅。看着这份厚重的书稿,我感慨万千。樊教授在中兴通讯十多年如一日,勤恳敬业,任劳任怨,始终站在装联工艺技术的最前沿,辛勤耕耘,勇于探索和创新,使中兴通讯装联工艺技术能力始终处在业界前列,为中兴通讯的技术竞争力做出了重要贡献。同时,樊教授德高望重、乐于奉献,毫无保留地将自己的知识传授给年青一代,培养了一大批年轻有为的装联工艺人才。

现在,樊教授将自己多年的学术以及技术积累,编成本书出版发行,无私贡献于国家的电子信息产业,无疑对我国电子装联技术人才的培养,以及整体电子装联技术水平的提升有着重大的意义。借此机会,我诚挚表达对樊融融教授深深的谢意。

是为序。时在壬辰年秋。

中兴通讯股份有限公司执行副总裁:



前 言

电子装联技术 (Electron Install Couplet Techology, EICT) 研究的对象, 是按照电子装备总体设计的技术要求, 通过一定的互连技术手段 (电气的、机械的、化学的……), 将构成电子装备的各种各样的机械零、部件, 电子元器件、部件和组件等, 在结构和电气上互连成一个具有特定功能的完整系统的全过程。它具体包含了从板级组装互连、机柜组装互连以及它们之间通过线缆互连而构成一个完全满足预期的设计技术要求的完整设备体系的所有工序的集合。

因此, 从广义来讲“电子装联工艺技术”是: 手工安装和手工焊接技术、THT 安装和波峰焊接技术、SMT 安装和再流焊接技术、CMT (Complex Mount Technology) 复合微组装和微焊接技术、背板组装和机柜安装、线缆制造与系统互连, 以及它们所拥有的工艺装备技术等内容的总和。

电子装联技术是一门实践性很强的应用性学科, 系统而准确地掌握其基础技术理论, 在工程应用实践中用心地观察、不断地归纳和总结经验以不断增长实际技能, 这是年轻电子装联技术工作者走向成熟的两个翅膀。只有两个翅膀都很强健, 才有可能攀登上电子制造技术的高峰。

本书把现代电子装联技术这一系统工程分成了八大技术板块, 并将各板块中构成其知识节点的基本技术要素和工程应用中的技术要点, 一个一个地摘录出来。采取一问一答的描述方式, 让从事现代电子制造的工程技术人员们能以一种非常便捷的工具和方式去掌握它。

该书是一部超级题库, 可以作为测评 (或自测) 从事现代电子产品后端制造技术中各层次的工程技术人员的实际技能水平的判据, 去鼓励他们不断地去攀登提升, 追求更高的技能境界。

本书将电子制造后端工序中所遇到的各种各样的问题, 以及产品在用户服役期中所可能发生的形形色色的故障现象进行了归类, 并列成了一个一个问题, 为从事现场技术服务的工程师们提供一种较简便快捷的方法去对号查找解决问题的办法。

作者受聘于中兴通讯股份有限公司十余年来, 始终得到公司执行副总裁邱未召先生以及他的高级顾问马庆魁先生的热情关怀和鼓励。邱总在日理万机中挤出宝贵的时间亲笔为本书作序, 笔者实感荣幸之至。

在本书的编写过程中, 还得到了公司制造中心主任董海先生、副主任杨建明先生; 公司制造技术研究院主任刘剑锋先生、副主任冯力博士; 制造中心工艺部部长陈宏强先生、林彬先生; 制造技术研究院工艺研究部部长张加民先生等领导的多方位的关怀和帮助, 在此表示衷心的感谢。

同时, 在完成这一书稿的过程中还得到了制造中心和制造技术研究院的邱华盛、刘哲、曾福林、潘华强、付红志、钟宏基、孙磊、辛宝玉、杨卫卫、周杨、冯延鹏、韩念春、牛甲顿等同志的协助, 在此也表示由衷的感谢。

我女儿樊颜博士在本书稿的撰写过程中, 提供了全程的照顾和协助, 在此也表示感谢。

编著者

2012 年 10 月于中兴通讯股份有限公司

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 焊料、助焊剂、焊膏和焊接	(1)
1.1 焊料	(1)
№0001 什么叫焊料?它是如何分类的?	(1)
№0002 为了使原子结合为一个固体,必须施以外力以使这些原子结合到一起。试问这些键合力是如何形成的?	(1)
№0003 什么是金属、合金、金属间化合物、固溶体?	(2)
№0004 日常生活中的许多金属是由许多晶体构成的,这些多晶体金属的多晶体结构取决于哪些因素的影响?	(2)
№0005 什么叫加工硬化现象?电子组装用的普通焊料是否存在加工硬化现象?	(2)
№0006 什么叫溶解硬化现象?它对软钎接连接质量有何重要意义?	(2)
№0007 什么叫焓?什么叫熵?在熔化和凝固过程中焓和熵会发生什么样的转换?	(2)
№0008 什么叫相图?它在焊料冶金领域中有何重要性?	(3)
№0009 相图是如何建立的?	(3)
№0010 为什么 Sn 与熔点更高的 Pb 合成后所得合金的熔点会降低呢?	(4)
№0011 什么叫工程用 SnPb 合金系相图?它有何作用?	(5)
№0012 什么叫共晶 SnPb 合金、共晶组分和共晶温度?共晶组分有哪些特性?	(5)
№0013 长期以来在电子工业焊接工艺中为什么都普遍采用 SnPb 系合金?在 SnPb 系合金中加入铅主要起什么作用?	(5)
№0014 请叙述 SnPb 焊料的主要物理特性。	(6)
№0015 SnPb 合金焊料在低温下应用的物理性能如何?	(7)
№0016 SnPb 合金焊料在高温下应用的物理性能如何?	(7)
№0017 什么叫焊料的蠕变现象?它有何危害?	(7)
№0018 如何根据相图确定合金的最优润湿温度?	(8)
№0019 对长期暴露在严寒环境下工作的电子产品,为了确保其工作可靠性,应如何选择焊料成分?	(8)
№0020 目前市售的锡-铅合金存在哪三种基本的品位等级?如何选用?	(8)
№0021 什么叫无氧焊料?它在应用中有何特点?	(8)
№0022 为什么要配制和使用 Sn36Pb2Ag 焊料?在什么场合下使用?有何特征?	(10)
№0023 对长期暴露在严寒环境下工作的电子产品,为了确保其工作可靠性应如何选择焊料成分?	(10)
№0024 为什么要发展无铅焊料?在焊接中如何预防铅的危害?	(10)
№0025 无铅焊料是如何定义的?	(10)
№0026 为什么说全面实施有铅向无铅的转换是一项复杂的系统工程?	(11)
№0027 为什么说现代电子产品组装无铅化的核心是无铅焊接?	(12)
№0028 如何评价无铅焊料合金应用的性能?	(12)
№0029 实用的无铅焊料合金如何分类?	(12)
№0030 无铅焊料从工业应用角度来看应具备哪些基本要求?	(13)

№0031	在各种候选无铅合金中,为什么都选用锡作为基底金属?	(14)
№0032	请描述 Sn-Ag 系无铅焊料合金的主要特性。	(14)
№0033	请描述 SnCu 系无铅焊料合金的主要特性。	(15)
№0034	请描述 SnAgCu 系无铅焊料合金的主要特性。	(16)
№0035	请说明 SnAgCu 三元合金及 SnAg、SnCu 二元合金的共晶合金的组成成分是什么。 ..	(17)
№0036	请列出 IPC/SPVC 对 SnAgCu 的评估结论。	(17)
№0037	请分析 SAC 焊料合金在升温熔化和降温凝固等过程中所发生的物理性质变化。	(17)
№0038	分别描述 Ag 和 Cu 含量对 SnAgCu 焊料合金的机械性能有何影响。	(18)
№0039	对于 PCBA 组装制造来说, NEMI、JEITA、IDEALS、NCMS 等组织及其他焊料合金材料供应商已经证明了 SnAgCu (SAC) 合金是近、中期推行无铅生产工艺最理想的无铅焊料合金,理由是什么?	(18)
№0040	金属杂质对锡铅焊料的物理性质有什么影响?	(19)
1.2	助焊剂	(19)
№0041	助焊剂在电子组装焊接中有什么作用?	(19)
№0042	请解释被焊母材表面氧化膜的形成规律和机理,它有何危害?	(19)
№0043	请问助焊剂在焊接中能发挥哪些作用?	(20)
№0044	请分析助焊剂除去被焊母材金属表面氧化膜的作用机理。	(21)
№0045	请说明助焊剂在焊接过程中降低液态焊料的表面张力的机理。	(22)
№0046	何谓 Young 定理?它反映了什么样的物理现象?	(22)
№0047	助焊剂应具备哪些技术特性?	(23)
№0048	助焊剂按化学构成方式可分成哪几类?	(23)
№0049	IPC 对助焊剂是如何分类的?	(23)
№0050	有机酸助焊剂有哪些特性?	(25)
№0051	试分析有机卤素助焊剂的特性及其去除氧化物的机理。	(25)
№0052	以胺类物质作为活性剂的助焊剂是如何去除母材金属表面的氧化层的?	(26)
№0053	请分析松香型助焊剂去除母材表面金属氧化膜的作用机理。	(26)
№0054	请分析弱活性松香型 (R) 助焊剂去除母材金属氧化物的机理。	(26)
№0055	美国军标 MIL-F-14256 对中等活性型松香助焊剂 (RMA) 做了哪些非常科学性的规定?	(27)
№0056	在采用活性型松香助焊剂 (RA) 时,你应该妥善处理好哪些涉及产品的安全性问题? ..	(27)
№0057	助焊剂的活性包含哪几个方面的含义?	(27)
№0058	助焊剂的热稳定性在应用中有何重要意义?	(28)
№0059	什么叫助焊剂活性物质的分解温度?	(28)
№0060	什么叫助焊剂活性物质的活化温度?	(28)
№0061	什么叫助焊剂活性物质的去活化温度?	(29)
№0062	对助焊剂安全性的要求主要体现在哪些方面?	(29)
№0063	如何定义免清洗助焊剂?免清洗助焊剂应具备哪些技术特性?	(29)
№0064	为什么要推广免清洗助焊剂?采用了免清洗助焊剂后是否意味着对任何产品在焊接后都可免去清洗工序?	(30)
№0065	何谓水溶性助焊剂?它有哪些特点?在应用中应注意哪些问题?	(30)
№0066	试分析水溶性助焊剂的分类及其应用范围。	(30)

1.3	焊膏	(31)
№0067	什么叫焊膏?请描述焊膏的作用、组成和特性。	(31)
№0068	请分析焊料合金在焊膏中所起的作用。	(31)
№0069	请分析目前在焊膏中所用的焊料合金大致可分成哪几类。	(31)
№0070	在工艺上如何评估目前用于焊膏的无铅焊料合金的应用性能?	(32)
№0071	用于焊膏的焊料合金粉的形状、粒度和表面氧化程度对焊膏性能的影响很大, 请问目前制造焊料粉的方法有哪几种?	(32)
№0072	对焊膏中的焊料合金在物理特性上有哪些要求?其应用范围如何?	(33)
№0073	焊膏中焊料合金粉的形态对焊膏性能有何影响?	(33)
№0074	在应用中如何选择焊膏中焊料合金的颗粒度?	(34)
№0075	在电子组装中如何根据不同焊盘尺寸和元器件引脚间距选择焊膏中焊料合金粉粒度?	(34)
№0076	试分析焊膏中糊状助焊剂的组成及其要求。	(35)
№0077	组成糊状助焊剂中基体材料的作用有哪些?常用作基体材料的有哪些?其作用过程是怎样的?	(35)
№0078	焊膏中基体材料和活性剂相结合在再流焊接过程中可发挥哪些作用?	(35)
№0079	焊膏糊状助焊剂中的活性物质有何作用?发挥这些作用的机理是什么?	(36)
№0080	在焊膏中糊状助焊剂常见的活性物质有哪些?	(37)
№0081	焊膏糊状助焊剂中活性物质应具备哪些化学、物理特性?	(37)
№0082	请运用多相络合催化去膜理论,以及活性金属表面吸附、润湿理论解释助焊剂在焊接过程中的作用机理。	(38)
№0083	焊膏糊状助焊剂中的黏合剂主要起什么作用?如何选择?	(38)
№0084	什么叫焊膏的触变性?焊膏的触变性对确保焊膏印刷质量有何重要意义?	(38)
№0085	焊膏中的溶剂起什么作用?请介绍其组成原则和要求。	(39)
№0086	焊膏的应用特性主要有哪些?	(39)
№0087	请归纳分析焊膏组成成分及特性对焊膏应用特性的影响。	(39)
№0088	请归纳分析无铅焊膏应用的工艺性问题有哪些。	(40)
№0089	选用焊膏时应注意哪些问题?	(41)
№0090	如何评估所选购焊膏综合性能的优劣?	(41)
№0091	广西泰星焊材公司生产的波峰焊接用焊料条有何突出特色?	(41)
№0092	为什么泰星生产的波峰焊接用焊料条纯度高?	(42)
№0093	如何全面评价泰星的波峰焊接用焊料条的焊接效果?	(43)
№0094	如何评价泰星波峰焊接用焊料的抗高温氧化能力和与同类焊料使用中的兼容性?	(44)
№0095	为什么唯特偶的无 VOC 有铅、无铅波峰焊接用助焊剂在大批量生产应用中能长年保持优良的应用效果及稳定性?	(44)
№0096	为什么唯特偶研制的无铅焊膏 LF2000T 能同时兼备温度窗口宽,离子污染程度低,残留物少,润湿能力强,空洞少,抗恶劣环境侵蚀能力强,其综合性能全面优于国外的同类知名品牌?	(44)
№0097	为什么唯特偶的无铅焊膏 LF2000T 在再流焊接中空洞少?	(47)
1.4	焊接	(47)
№0098	钎焊的定义是什么?钎焊是如何分类的?	(47)
№0099	为什么人类应用软钎焊工艺数千年经久不衰,而且未来还将持续下去?	(48)

№0100	软钎焊（软焊接）技术在电子装联工艺中占有何重要地位？	(48)
№0101	为什么金属能用焊料结合起来？请描述其机理。	(48)
№0102	请归纳分析软钎焊技术关联和涉及了哪些学科领域知识。	(48)
№0103	构成软钎焊的基本要素有哪些？它们间是如何相互影响的？	(48)
№0104	什么叫润湿？润湿现象是怎样产生的？	(49)
№0105	试分析产生润湿的条件。	(49)
№0106	在焊接过程中原子间的作用力是如何影响金属间的结合的？	(50)
№0107	熔化金属的凝聚力、附着力是如何形成的？	(50)
№0108	表面自由能是如何形成的？	(50)
№0109	表面张力是如何定义的？它对焊接的润湿过程起着什么样的作用？	(51)
№0110	试述毛细管现象是如何影响焊接的润湿过程的。	(51)
№0111	什么叫金属结晶、晶格常数、空间晶格、平衡间隙？	(51)
№0112	试分析在软钎接连接的润湿过程中，处于热力学平衡状态下的力学状况。	(52)
№0113	何谓接触角？为什么说接触角是表征润湿良好程度和焊点质量的重要判据？	(52)
№0114	何谓反润湿现象？反润湿现象发生的条件及其判断的特征是什么？	(53)
№0115	何谓固着面积？在润湿系统中影响固着面积大小的主要因素有哪些？	(53)
№0116	焊点的可检查性与润湿情况的关系如何？为什么说接触角只表示达到的润湿类型，而不能表示软钎接系统的绝对润湿情况？	(53)
№0117	什么叫扩散？扩散现象在焊接过程有何作用？	(53)
№0118	试述扩散现象是如何分类的。	(53)
№0119	什么叫固相间扩散？	(54)
№0120	什么叫 Fick 定律？它有何作用？	(54)
№0121	什么叫界面层？	(55)
№0122	请描述界面层的金属组织的结合形式。	(55)
№0123	什么叫“金属间化合物”？金属间化合物的生成对焊接过程有何意义？	(56)
№0124	请分析金属间化合物的形成条件。	(57)
№0125	试描述焊接过程中金属学的相互作用是如何形成的。	(58)
№0126	何谓“固溶体”及固溶体型结合？	(58)
№0127	什么叫共晶合金型结合？共晶型结合有什么特点？	(59)
№0128	请分析界面层的结晶和凝固过程。	(59)
№0129	请分析用锡基焊料合金焊接金属 Cu 时，其界面反应的特点及其影响。	(59)
№0130	请分析用 SnPb 焊料合金焊接 Cu 时的界面反应的特点及其影响。	(60)
№0131	请分析用 Sn3.5Ag 焊料合金焊接 Cu 时的界面反应的特点及其影响。	(61)
№0132	请分析用 SnCu 焊料合金焊接 Cu 时的界面反应的特点及其影响。	(61)
№0133	请分析用 SnZn 焊料合金焊接 Cu 时的界面反应的特点及其影响。	(62)
№0134	请分析用 SnAgCu 焊料合金焊接 Cu 的界面反应的特点及其影响。	(62)
№0135	试分析用 SnAgBi 焊料合金焊接 Cu 的界面反应特点及其影响。	(62)
№0136	请分析用 Sn 基焊料合金焊接 Ni 时的界面反应特点及其影响。	(63)
№0137	试分析用锡基焊料焊接 Ni (P) 时，富 P 层及柯肯多尔空洞是如何形成的。	(64)
№0138	请分析用 Sn 基焊料合金焊接 Ni/Au 镀层时的界面反应特点及其影响。	(64)
№0139	请分析用 Sn 基焊料合金焊接 Ni/Pd/Au 镀层时发生的物理、化学现象及其特点。	(64)

№0140	请分析用 Sn 基焊料合金焊接 Fe 基合金时的界面反应特点及其影响。	(65)
№0141	请分析用 Sn 基焊料焊接被 OSP 保护的金属时的物理、化学过程及界面反应特点。	(66)
№0142	请分析构成理想的焊接接头界面结构的主要条件。	(66)
№0143	IMC 过分生长有什么危害? 影响合金层生长的主要因素有哪些?	(66)
№0144	请分析 IMC 的厚度与加热时间之间的依从关系。	(66)
№0145	IMC 厚度的增长与加热温度有何依从关系? 过厚的 IMC 有什么危害?	(67)
№0146	为什么生产时合格的焊点, 在服役过程中(特别是工作环境温度过高时)还会发生失效?	(67)
№0147	焊接中生成的 IMC 厚度与母材表面可焊性镀覆层的种类有无关系?	(68)
№0148	焊接中生成的 IMC 厚度与所用焊料成分有无关系?	(69)
№0149	所用锡基焊料中 Sn 的浓度高低对合金层厚度的生长有何影响?	(69)
№0150	在焊接生产中如何抑制 IMC 厚度过分生长?	(69)
№0151	IMC 对可靠性的影响是如何形成的?	(69)
№0152	IMC 对焊点强度是如何影响的?	(70)
№0153	为确保产品正常运行, IMC 厚度该如何取值?	(70)
№0154	IMC 生长过程形态是如何影响焊点质量的?	(71)
№0155	IMC 的形貌是如何影响焊点可靠性的?	(72)
№0156	焊接时快的冷却速率是如何影响 IMC 的形貌的?	(72)
№0157	当用锡基焊料焊接铜时, 由于工艺不良, 不同的 IMC(如 ϵ 相和 η 相)将发生什么样的转变? 这种转变会带来哪些危害?	(72)
№0158	温度是如何影响焊点可靠性的?	(72)
№0159	IMC 的微组织结构是通过什么途径影响焊点可靠性的?	(73)
№0160	什么叫“金属偏析”? 在电子组装焊接中金属偏析是如何形成的? 有何危害?	(73)
№0161	焊点中金属间化合物的粗细对焊接结合部的可靠性有何影响?	(73)
№0162	什么叫柯肯多尔空洞? 它是如何形成的? 对焊接结合部有何危害?	(73)
№0163	软钎接过程中发生了什么物理、化学行为?	(74)
№0164	为什么保持焊后焊点表面的净度是非常重要的?	(75)
№0165	氯元素的污染对锡铅焊料有何危害?	(75)
№0166	为什么用软焊料构成的焊点, 其接头的机电性能都明显优于纯焊料体?	(76)
№0167	为什么说焊点所施用的焊料量过多是有害的?	(76)
№0168	焊点的接头厚度和钎接温度对焊点的机械强度有何影响?	(76)
№0169	生成金属间化合物的条件是什么?	(77)
№0170	钎接的必要条件有哪些?	(77)
第 2 章 THT 及波峰焊接		(79)
2.1 THT 和手工焊及浸焊		(79)
№0171	什么叫 THT? 它在早、中期电子制造技术的发展过程中起过什么样的作用?	(79)
№0172	在进行 THC/THD 引脚成形时应遵守一些什么规则? 为什么要这样规定?	(79)
№0173	在 PCB 上进行 THC/THD 插件时应遵循一些什么规则?	(80)
№0174	元器件插在 PCB 上后引线折弯和剪切时有哪些要求?	(81)
№0175	如何理解和处理用电烙铁在 PCB 上焊接元器件引脚时的三个重要温度间的相互关系?	(82)
№0176	用电烙铁焊接 PCB 上的元器件引线时如何选择好电烙铁?	(82)

№0177	金属化孔的焊接要求及焊接中应注意的事项有哪些?	(83)
№0178	什么叫 PCB 浸焊工艺? 它有何特点?	(83)
2.2	PCB 的波峰焊接设备技术	(83)
№0179	什么叫波峰焊接? 采用波峰焊接工艺有哪些优点?	(83)
№0180	波峰焊法与手工烙铁焊法在形成焊点的物理化学过程方面有何本质差别?	(83)
№0181	目前电子工业生产中所用波峰焊接设备系统是如何分类的? 各有何特点?	(84)
№0182	何谓一次波峰焊接系统? 请描述其适用范围及特点。	(85)
№0183	何谓二次波峰焊接系统? 请描述其适用范围及特点。	(85)
№0184	波峰焊接设备系统的基本组成及其作用如何?	(86)
№0185	什么叫焊料波峰发生器? 设计焊料波峰发生器时要关注哪些因素? 其发展历程有何特点?	(87)
№0186	焊料波峰发生器采用的动力技术主要有哪些类型? 各有何特点?	(87)
№0187	焊料波峰发生器动力技术的主要作用和要求是什么?	(88)
№0188	请列举历史上机械泵式焊料波峰发生器最具特色的三种结构。	(88)
№0189	机械泵式焊料波峰发生器在工作中存在哪些不足?	(89)
№0190	什么叫液态金属电磁泵? 设计上它有何特点?	(89)
№0191	在工程应用中液态金属电磁泵通常可分为几大类? 请列举其代表机型。	(89)
№0192	单相交流感应式液态金属电磁泵焊料波峰发生器动力技术是哪个国家最先研制成功的? 它的最大特点是什么?	(90)
№0193	传导式液态金属电磁泵焊料波峰发生器存在哪些不足?	(91)
№0194	与机械泵式及传导液态金属电磁泵式等焊料波峰发生器技术相比, 单相感应式液态金属电磁泵式焊料波峰发生器技术上有哪些优势?	(91)
№0195	在焊料波峰发生器中设置焊料波峰整流结构有何作用?	(92)
№0196	在波峰焊接设备中常见的焊料波峰整流结构有哪几种形式?	(92)
№0197	在焊料波峰发生器中采用的焊料波峰高度调控技术常见的有哪几种?	(93)
№0198	在波峰焊接设备焊料波峰发生器中为什么要设置焊料波形调节器?	(93)
№0199	在波峰焊接设备焊料波峰发生器中常见的焊料波形调控结构有哪几种?	(93)
№0200	在波峰焊接设备系统中对助焊剂涂覆系统有哪些技术要求?	(94)
№0201	在波峰焊接设备系统中常用的助焊剂涂覆方式可分成哪些类型?	(94)
№0202	泡沫波峰涂覆法的适用范围和主要特点如何?	(95)
№0203	助焊剂泡沫波峰涂覆系统的结构工作原理如何? 主要控制参数及优缺点有哪些?	(95)
№0204	采用喷雾涂覆方式有什么优点? 最常用的是哪几种方法?	(96)
№0205	助焊剂直接喷雾方式的特点和适用范围如何?	(96)
№0206	请说明直接喷雾方式的基本结构组成及其优缺点。	(97)
№0207	请分析旋筛喷雾涂覆方式的适应范围及特点。	(97)
№0208	说明旋筛喷雾方式的基本结构组成及其优缺点。	(98)
№0209	请分析超声喷雾涂覆方式的特点和开发应用超声喷雾涂覆方式的必要性。	(98)
№0210	预热系统在波峰焊接工艺中有何作用?	(99)
№0211	在波峰焊接工艺中对预热系统有哪些基本技术要求?	(99)
№0212	在波峰焊接工艺中预热系统是如何分类的?	(99)
№0213	在波峰焊接工艺中常用的预热方式有哪三种? 各有何特点?	(100)

№0214	PCB 夹送系统的作用和技术要求有哪些？	(100)
№0215	常见传送系统的结构类型有哪些？	(101)
№0216	请分析框架式夹送系统的特点及其应用范围。	(101)
№0217	在波峰焊接设备中常见的框架拖动方式有哪几种形式？它们各有何特色？	(101)
№0218	请分析爪式夹送系统的结构特点和适用范围。	(102)
№0219	请说明在波峰焊接设备中设置冷却系统的作用及其技术要求。	(102)
№0220	请归纳波峰焊接设备中电气控制系统的作用及其主要技术要求。	(102)
№0221	请归纳波峰焊接设备中电气控制系统各主要控制单元的控制目标范围和精度要求。	(102)
№0222	无铅波峰焊接与有铅波峰焊接有何不同的技术特点？	(103)
№0223	为什么无铅波峰焊接的助焊剂涂覆系统要尽可能采用超声喷雾技术？	(104)
№0224	为什么无铅波峰焊接中要采用较长的红外、热风复合预热区？	(104)
№0225	为什么在无铅波峰焊接工艺中，要尽可能采用快速冷却（如循环冷风）系统？	(104)
№0226	作为波峰焊接选配件的热风刀有什么作用？	(105)
№0227	在高密度波峰焊接工艺中采用热风刀系统可获得什么好处？	(106)
№0228	热风刀断桥连的机理是什么？	(106)
№0229	如何正确评价一台波峰焊接设备系统性能的优劣？	(106)
№0230	波峰焊接设备验收有时要关注的基本原则和注意事项有哪些？	(107)
№0231	波峰焊接设备验收中如何定义并测定波峰宽度？	(107)
№0232	波峰焊接设备验收中如何定义并测定波峰的平整性？	(108)
№0233	波峰焊接设备验收中如何定义并测定波峰的稳定性？	(108)
№0234	波峰焊接设备验收中如何定义并测定夹送速度的精度和稳定性？	(109)
№0235	波峰焊接设备验收中如何定义并测定焊料槽温度的均匀性和稳定性？	(109)
2.3 波峰焊接的物理化学过程		(109)
№0236	波峰焊接属于何种冶金连接形式？采用此工艺的最大特点是什么？	(109)
№0237	在波峰焊接中润湿温度是否就等于焊料槽的温度？为什么？	(109)
№0238	波峰焊接中影响焊点加热过程的主要因素是什么？	(110)
№0239	在有铅波峰焊接工艺中最常选用哪些成分的锡铅合金作为焊料？	(110)
№0240	在无铅波峰焊接工艺中如何选择无铅合金焊料？	(110)
№0241	何谓液态焊料的表面张力？表面张力是如何形成的？	(111)
№0242	什么叫液体表面张力系数？它表示了什么样的物理含义？	(111)
№0243	液体表面张力的方向是如何确定的？弯曲液面的表面张力作用及其所形成的压力状况如何？	(111)
№0244	液体在固体表面的润湿现象是如何形成的？润湿和不润湿现象表现在附着层内的作用力有何不同？	(112)
№0245	为什么说接触角是液体在固体表面润湿程度的量度？你如何理解？	(112)
№0246	何谓焊料液体的黏滞性？它对波峰焊料流体流速的稳定有何意义？	(112)
№0247	焊料波峰动力学理论对波峰焊接技术的发展有何重要作用？	(113)
№0248	如何理解 PCB 在经过焊料波峰时焊料流体速度的演变规律及边界层的形成？	(113)
№0249	如何理解波峰焊接过程中焊料流体附面层的形成对波峰焊接质量的影响？	(114)
№0250	图 2.66 所示为某焊料波峰喷嘴截面示意图，它在应用中是如何实现调节波速达到焊接所需要的状态的？	(114)

№0251	如何理解 PCB 通过双向宽平波时表面张力的作用和影响?	(115)
№0252	如何正确理解 PCB 在波峰焊接过程中所发生的物理化学过程?	(116)
№0253	你认为在波峰焊接中获得无拉尖焊点的充分和必要条件是什么?	(117)
№0254	在波峰焊接中如何确定 PCB 进入波峰的倾角? 你认为倾角取多大范围为好?	(117)
№0255	波峰高度和波峰压力对波峰焊接效果有何影响?	(118)
№0256	何谓焊料槽的焊料循环系数? 其取值过大或过小对焊料槽的整体性能有何影响?	(118)
№0257	焊料波峰形状的设计对波峰焊接效果有何影响?	(118)
№0258	请分析双向宽平波的设计特点及其应用范围。	(119)
№0259	请分析不对称的双向宽平波的设计特点及其应用范围。	(119)
№0260	Z 形波有何设计特点?	(119)
№0261	请结合图 2.76 分析λ形波的设计指导思想及其优缺点。	(119)
№0262	用于表面组装件 (SMA) 波峰焊接的波形设计有何特点?	(120)
№0263	什么叫空心波? 空心波的特点、应用范围及优缺点如何?	(120)
№0264	请分析旋转波的技术特点及其应用范围。	(121)
№0265	请描述振荡波的技术特点及其在波峰焊接过程中的作用原理。	(121)
№0266	请分析Ω波的技术特点及其适用范围。	(121)
№0267	电磁振动波与Ω波均属振动波, 但它们在形成原理上有什么不同?	(122)
№0268	在 SMA 波峰焊接中采用双波峰发生器设计的指导思想是什么?	(123)
№0269	采用“紊乱波-宽平波”焊料波峰发生器焊接 SMA 时的作用原理是什么?	(123)
№0270	采用“空心波-宽平波”焊料波峰发生器焊接 SMA 时的作用原理是什么?	(123)
№0271	你认为采取哪些措施有利于稳定焊料波峰?	(124)
№0272	波峰焊接中当 PCB 进入波峰的入口点 (A) 时发生了哪些热、力学现象?	(124)
№0273	波峰焊接中当 PCB 进入波峰的热交换和焊料供给区 (A-B) 时发生了哪些热、力学现象?	(124)
№0274	波峰焊接中当 PCB 退出波峰的出口点 (B) 时发生了哪些热、力学现象?	(125)
№0275	波峰焊接中当 PCB 脱离波峰后发生了哪些热、力学现象?	(125)
№0276	单波峰焊接机型在波峰焊接过程中的温度特性及其影响因素有哪些?	(126)
№0277	双波峰焊接机型在波峰焊接过程中的温度特性及其影响因素有哪些?	(126)
№0278	试分析在某些特殊应用场合下在波峰上采取渗油的作用机理。	(127)
2.4	PCB 安装设计的波峰焊接 DFM 要求	(127)
№0279	现代电子装联波峰焊接有哪些技术特征?	(127)
№0280	什么叫 DFM? 它对确保产品正常生产有何重要意义?	(127)
№0281	良好的 PCBA 的 DFM 是获得高性价比的电子产品的极重要的一环, 作为一个成熟的从事 PCBA 设计和制造的工程师应如何理解上述说法?	(127)
№0282	与 THT 波峰焊接相比, SMT 的安装结构给波峰焊接带来了哪些新的问题?	(128)
№0283	在进行片式阻容元件及晶体管的排放设计时如何考虑其对波峰焊接效果的影响?	(128)
№0284	在进行双列封装器件 (DIP) 的排放设计时如何考虑其对波峰焊接效果的影响? 设置工艺导流盘起什么作用? 设置时要遵循一些什么要求?	(128)
№0285	在进行双四边封装器件 (QFP) 的排放设计时如何考虑其对波峰焊接效果的影响?	(129)
№0286	在 PCBA 元器件安装布局设计中应如何避开 PCB 板面高应力区的影响?	(129)
№0287	从降低波峰焊接缺陷率角度看元器件安装布局设计应遵循哪些 DFM 准则?	(130)

№0288	在混合安装 (MMT) 中最适合于波峰焊接的安装形态是哪几种?	(130)
№0289	为了有效地抑制 SMC/SMD 波峰焊接中的桥连现象, 应如何选择它们相互间的安装间距?	(131)
№0290	不适当的阻焊掩膜设计将导致哪些缺陷?	(132)
№0291	从波峰焊接工艺性考虑, 阻焊掩膜的设计应遵守哪些原则?	(132)
№0292	为提高贴装速度和预防 PCB 变形, 在 PCBA 上进行元器件排放设计应注意哪些问题?	(133)
№0293	为了确保波峰焊接效果, 在进行 PCB 排版与布局设计时应妥善处理哪些问题?	(133)
№0294	在进行 SMC/SMD 排放位置设计时可采取哪些措施来抑制阴影效应的影响?	(133)
№0295	为了减少桥连, 应如何选择 SIP、DIP 等封装形式的 IC 插座焊盘在 PCB 上的排列走向?	(134)
№0296	为减少桥连的发生, 相邻导体之间的最小安全间距为多少? 桥连的发生率与相邻导体的宽度有什么关系?	(134)
№0297	为了减少元器件的热损坏, 在排布元器件时要遵循哪些原则?	(135)
№0298	PCB 图形设计中为什么必须遵守基本格子的约定? 目前世界上存在着哪两种基本格子类型?	(135)
№0299	在电源线、地线及导通孔的图形设计中如何考虑焊接的工艺性?	(135)
№0300	对采用波峰焊接的 PCB 四周边缘, 为什么必须留出无元器件及无铜箔的工艺区?	(136)
№0301	采用拼板结构时应注意哪些问题?	(136)
№0302	在进行测试焊盘的设置时应关注哪些因素?	(137)
№0303	PCBA 设计完毕后, 还应进行哪些方面的热工分析?	(137)
№0304	从波峰焊接角度看大面积铜箔应如何处理? 为什么要这样处理?	(137)
№0305	导线线形设计主要包括哪些内容? 从波峰焊接工艺性角度出发, 在设计中应遵守哪些约定?	(137)
№0306	PCB 布线的取向对波峰焊接效果有什么影响?	(138)
№0307	在处理盘、线图对圆角和热工特性的影响时应考虑哪些问题?	(139)
№0308	从波峰焊接工艺性来看在设计焊盘与导线的连接中应遵循哪些约定?	(140)
№0309	在进行 PCB 波峰焊接直线密集型焊盘图形设计时应遵循什么原则?	(140)
№0310	从波峰焊接的工艺性出发, 焊盘形状的设计应遵循哪些基本原则?	(140)
№0311	焊盘与孔不同心在波峰焊接时会产生哪些焊接缺陷?	(141)
№0312	在 THT 安装方式中焊盘孔径与元器件引线直径之间的间隙应取多大为宜? 过大或过小会带来哪些弊端?	(141)
№0313	在 THT 波峰焊接中何谓焊料浸润高度? 其形成过程受哪些因素的影响?	(142)
№0314	在 THT 安装中焊盘直径与孔直径之间的最适宜的配合关系是多大? 过大或过小在波峰焊接中会带来哪些焊接缺陷?	(142)
№0315	从波峰焊接工艺性来看 SMT 的 PCB 图形和安装设计与 THT 方式相比有何不同?	(143)
№0316	IPC-7351 标准中有关无源元器件 PCB 焊盘图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(143)
№0317	IPC-7351 标准中有关扁平封装 IC/PCB 焊盘图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(143)
№0318	IPC-7351 标准中有关小外形封装器件扁平封装 SOIC/PCB 焊盘图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(143)

№0319	IPC-7351 标准中有关四边扁平封装器件 (QFP) IC/PCB 焊盘图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(144)
№0320	IPC-7351 标准中有关其他器件 IC/PCB 焊盘图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(144)
№0321	IPC-7351 标准中有关焊盘与印制导线的配合图形设计的波峰焊接工艺性要求有哪些规定?	(144)
2.5	波峰焊接工艺窗口设计及其工艺过程控制	(145)
№0322	请写出影响波峰焊接效果的四要素的具体内容并按影响的权重将其排序。	(145)
№0323	为什么把基体金属的可焊性列为影响波峰焊接效果的第一要素?	(145)
№0324	波峰焊接设备是通过哪些因素来影响波峰焊接效果的?	(145)
№0325	在实践中我们经常遇到在使用完全相同的工艺参数和焊接辅料时, 在不同的机型上得到的竟是两个不同的焊接效果, 请问为什么会是这样的?	(145)
№0326	波峰焊接过程中 PCB 与焊料波峰之间发生了哪些相互作用?	(145)
№0327	何谓波峰焊接过程中的 PCB 与焊料波峰间的平行度? 如何测量它?	(146)
№0328	如何测量波峰焊接过程中的 PCB 与焊料波峰间的波峰阔度?	(146)
№0329	何谓波峰焊接过程中的 PCB 浸入深度及驻留时间? 如何测量?	(147)
№0330	焊料波峰形状是如何影响驻留时间 (焊接时间) 的?	(147)
№0331	波峰焊接通常是由哪几个基本子过程组成的? 波峰焊接工艺的优化最关键的是优化哪几个参数?	(148)
№0332	如何优化波峰焊接 PCB 的驻留时间 (焊接时间)?	(148)
№0333	如何优化波峰焊接中 PCB 的浸入深度?	(148)
№0334	在波峰焊接过程中优化助焊剂的涂覆质量及预热的温度和时间有何好处?	(148)
№0335	无铅波峰焊接的工艺性问题与有铅焊接有哪些不同?	(149)
№0336	SMA 波峰焊接工艺存在哪些特殊性?	(149)
№0337	SMA 波峰焊接中气泡遮蔽效应是如何形成的?	(149)
№0338	SMA 波峰焊接中阴影效应是如何形成的?	(150)
№0339	请分析 SMC/SMD 的焊接特性和安装设计中应注意的事项。	(150)
№0340	在 SMA 波峰焊接中如何选择贴片粘胶?	(151)
№0341	最常用的 SMA 波峰焊接所采用的双波峰组合有哪几种?	(151)
№0342	试分析正确进行波峰焊接工艺窗口设计的重要性, 与波峰焊接相关的窗口工艺参数主要有哪些?	(152)
№0343	为什么 PCB 上机焊接之前通常要进行烘干处理? 烘干的温度和时间的窗口是多少?	(152)
№0344	某年的春天, 在某产品生产焊接中发现有较严重的曝板现象, PCB 供货方给出的处理措施是在 170℃ 的温度下烘烤 5h, 你认为这样处置对吗? 为什么?	(152)
№0345	SMA 波峰焊接中助焊剂涂覆要特别关注哪些問題? 涂覆量窗中通常控制在什么范围?	(152)
№0346	在波峰焊接预热中要特别关注哪些問題? 为什么?	(153)
№0347	在波峰焊接中当使用松香基助焊剂时如何选择预热温度窗口?	(153)
№0348	在波峰焊接中当使用免清洗助焊剂时如何选择预热参数窗口?	(154)
№0349	在 SMA 和无铅波峰焊接中如何选择预热参数窗口?	(154)
№0350	影响焊接温度的主要因素有哪些?	(155)
№0351	在采用 Sn37Pb 焊料进行波峰焊接时, 最佳的焊接温度为多少?	(155)

№0352	请给出波峰焊接中温度-时间曲线自动测试仪描绘出的温度-时间曲线的基本形状。 …	(155)
№0353	如何确定波峰焊接温度的优化范围? …	(156)
№0354	如何选择波峰焊接中的夹送速度? …	(156)
№0355	如何选择波峰焊接中的夹送倾角? …	(157)
№0356	在波峰焊接中波峰过高或过低对波峰焊接效果将带来什么样的不利影响? 适宜的窗口宽度是多少? …	(157)
№0357	什么叫压波深度? 如何确定压波深度的窗口范围? …	(158)
№0358	选择波峰焊接的冷却方式要考虑哪些因素的影响? …	(158)
№0359	强调波峰焊接工艺过程控制有何意义? …	(158)
№0360	为什么说波峰焊接工艺过程必须受控? …	(159)
№0361	对 PCB 可焊性的监控应关注哪些方面? …	(159)
№0362	什么叫波峰焊接设备的工序能力系数 (C_{pk})? 对 C_{pk} 如何监控? …	(159)
№0363	如何监控助焊剂的涂覆质量? …	(159)
№0364	在波峰焊接中如何实施对波峰焊接温度曲线的监控? …	(160)
№0365	如何选择波峰焊接用焊料合金? …	(161)
№0366	焊料中常见的金属杂质的成分有哪些? 它们对焊接性能有哪些影响? …	(161)
№0367	什么叫回收利用的焊料? 波峰焊接中使用这种品位的焊料存在哪些隐患? …	(161)
№0368	波峰焊接中焊料槽杂质污染的主要来源及其危害有哪些? …	(162)
№0369	防止有铅波峰焊接中焊料槽污染主要有哪些对策? …	(162)
№0370	防止无铅波峰焊接中焊料槽污染主要有哪些对策? …	(163)
№0371	在无铅波峰焊接中如何抑制 Cu 的积累? …	(164)
№0372	波峰焊接工艺中的净化技术包括哪些内容? 其主要任务是什么? …	(164)
№0373	波峰焊接前的净化工作对确保波峰焊接效果有何重要意义? …	(165)
№0374	波峰焊接后采取净化技术的意义和目的是什么? 你在工作中曾遭遇过哪些教训? …	(165)
№0375	在波峰焊接 (特别是无铅波峰焊接) 中采用氮气保护的目的是什么? 如何评估其经济性? …	(165)
№0376	PCB 波峰焊接后常用的清洗方法有哪些? …	(165)
第 3 章 SMT 与再流焊接 …		(166)
3.1 SMT …		(166)
№0377	什么叫 SMT? 为什么 SMT 一经问世便得到了电子产业界的普遍接受、认同及推广应用? …	(166)
№0378	产品采用 SMT 后, 能使产品获得哪些优势? …	(166)
№0379	什么叫表面安装组件 (SMA)? 请描述表面安装组件生产线的基本工艺过程及基本设备配置。 …	(166)
№0380	作为 SMA 生产线关键工序的焊膏印刷的工艺要素有哪些? …	(167)
№0381	对作为 SMA 生产线的关键工序的搭载 SMC/SMD 的贴装机的基本技术要求有哪些? …	(167)
№0382	请描述 SMA 的主要生产线线体类型。 …	(168)
№0383	适合于高密度组装的 SMT 生产线型有哪几种方案? 各有何优缺点? …	(168)
3.2 再流焊接技术 …		(169)
№0384	什么叫再流焊? 它有何特征? …	(169)
№0385	请描述再流焊接的物理、化学过程以及过程中应关注的问题。 …	(170)