

现代电子制造
系列丛书



现代电子装联 对元器件 及印制板的要求

◎ 王 玉 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

现代电子装联对元器件 及印制板的要求

王 玉 王世埏 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了电子装联技术中大量应用的电子元器件及印制板的主要技术性能和应用特性,包括元器件的分类、元器件的制作过程、元器件的选型要求与验收标准、元器件引脚材料和镀层要求、印制板的选用要求、印制板的表面镀层及可焊性要求、印制板的选型评估方法与印制板在电子组装中的常见问题分析及应对举措等内容。

本书既可作为电子装联职业技术教育的教学用书,也可作为从事电子装联制造的工艺工程师、质量工程师、生产管理工程师的技术参考用书。

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

现代电子装联对元器件及印制板的要求 / 王玉, 王世增编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.1
(现代电子制造系列丛书)

ISBN 978-7-121-27753-5

I. ①现… II. ①王… ②王… III. ①电子装联—元器件—研究②电子装联—印刷电路—研究
IV. ①TN305.93②TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 295004 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 张 京

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

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: 787×1 092 1/16 印张: 16.75 字数: 428.8 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: 49.00 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。

前 言

电子装联技术是电子信息技术与电子制造技术的支撑,是衡量一个国家科技发展水平与综合国力的重要标准,也是推动产品实现小型化、高密化、智能化和高可靠性的重要技术。电子装联是指电子产品或电气产品在制造过程中所采取的电连接和机械连接的工艺过程的总和。电子装联过程就是把电子元器件按照设计要求(装焊图和原理图)准确地装焊到印制板的指定焊盘上,并保证各焊点符合标准规定的物理特性和电特性的要求。

显然,电子装联技术是一门工艺、结构、元件、器件、印制板、焊接辅料等紧密结合的多学科交叉工程技术,涉及多种技术及多种材料,而电子元器件和印制板是电子装联技术涉及的重要材料。一方面,不同企业的工艺条件、生产技术条件千差万别,产品复杂程度和生产类型也不相同,因而对电子元器件和印制板的应用也各具特点,有明显的差异性;另一方面,由于电子元器件和印制板类型不同,其加工时所采用材料的特点和工艺特性也不尽相同。因此,如何规范使用电子元器件和印制板,使所选用的电子元器件和印制板符合自身产品的特性,并具备批量可制造性,是每一个公司需要考虑的问题。

不同产业和不同企业的个性化很突出,对电子元器件和印制板的需求五花八门,而所选用的材料不一定适合各公司的生产条件。在很多情况下,材料的选用就直接决定了所生产产品的可制造性和产品的品质,甚至产品的实现。选择合适的电子元器件和印制电路板,并最终将其应用于产品上,实现产品的批量可制造性,是材料选型的重要目标。

企业对使用由各种电子元器件、原材料、半成品等制造成的电子产品的方法和过程中的重复性事件、工艺共性问题 and 概念进行优化,求得公认和统一便形成了工艺标准。电子元器件和印制板的选型标准是工艺标准的入口环节,通过材料选型工艺规范严格控制影响产品可制造性、产品品质的因素(元器件特性、组装方式、镀层、生产控制、包装等,以及对印制板在原材料评价、电子装联中的质量控制要求、表面镀层要求、关键的 DFM 设计要求,厂家的质量问题等)。在工艺学理论的指导下,制定精细而严密的工艺规范和工艺标准。在材料选型时按照规范要求选用,在材料应用中严格按照规范要求执行,才能保证产品质量,企业才能取得较好的经济效益。

本书是“现代电子制造系列丛书”中的一册,参加编写的人员有王世堉(第 1、2、3、4 章)、梁剑(第 5、6、7 章)、王玉(第 8、9、11 章)、魏新启(第 10、12 章)和赵丽(第 13 章)。

本书由樊融融研究员主审,并得到了中兴通讯制造工程研究院工艺研究部部长张加民、石一遒、技术总工刘哲和工艺专家贾忠中等同事的关心与支持,同时也得到了中兴通讯制造中心工艺部技术总工邱华盛等同志的协助,在此表示由衷的感谢!

编著者

目 录

第 1 章 现代电子装联对元器件及印制板的要求	1
1.1 电子装联中元器件及印制板的应用	2
1.2 电子装联材料的常见要求	2
1.2.1 常见电子元器件的要求	2
1.2.2 常见印制板的要求	2
思考题	2
第 2 章 电子装联常用元器件	3
2.1 概述	4
2.2 常用电子元器件的分类及特点	8
2.2.1 片式元器件	8
2.2.2 IC 元器件	9
2.2.3 连接器类	11
2.2.4 电感及变压器类	17
2.2.5 插件元器件类	18
2.3 常用电子元器件的制造过程	19
2.3.1 片式元器件的制造过程	19
2.3.2 IC 元器件的制造过程	21
2.3.3 连接器类的制造过程	24
2.3.4 电感变压器类的制造过程	25
2.3.5 插件元器件类的制造过程	29
2.4 常用电子元器件的应用	31
2.4.1 片式元器件的应用	31
2.4.2 IC 元器件的应用	38
2.4.3 连接器类的应用	47
2.4.4 电感及变压器的应用	47
2.4.5 插件元器件类的应用	48
2.5 各类电子元器件的常见问题	52
2.5.1 片式元器件的常见问题	52
2.5.2 IC 类元器件的常见问题	56
2.5.3 连接器类的常见问题	62
2.5.4 电感变压器类的常见问题	64
2.5.5 插件元器件类的常见问题	68
思考题	72

第3章 电子元器件的选型要求	73
3.1 概述	74
3.1.1 电子元器件工艺选型的目的	74
3.1.2 电子元器件工艺选型内容	74
3.2 工艺选型要求	74
3.2.1 设备能力对元器件的工艺选型要求	74
3.2.2 贴片方向对元器件的工艺选型要求	75
3.2.3 尺寸方面的工艺选型要求	75
3.2.4 元器件镀层的选用原则	77
3.2.5 耐温方面的选用原则	79
3.2.6 兼容性要求	81
3.3 测试方法	81
3.3.1 工艺测试的目的	81
3.3.2 焊点可靠性测试方法	82
思考题	86
第4章 电子元器件常用引脚（电极）材料及可焊性镀层要求	87
4.1 元器件引脚材料和可焊性镀层的选用原则	88
4.1.1 元器件引脚（电极）材料的选用原则	88
4.1.2 元器件可焊性镀层的选用原则	88
4.2 电子元器件引脚（电极）材料	89
4.2.1 电子元器件引脚（电极）材料类型	89
4.2.2 电子元器件引脚（电极）材料的特点及应用范围	90
4.3 电子元器件常用可焊性镀层	92
4.3.1 电子元器件引脚可焊性镀层类型	92
4.3.2 电子元器件引脚可焊性镀层的特点及应用范围	93
4.3.3 可焊性镀层的抗腐蚀性比较	95
4.4 元器件引脚的可焊性试验及其试验标准	95
4.4.1 元器件可焊性测试前处理	96
4.4.2 元器件引脚的可焊性试验	98
4.4.3 元器件引脚可焊性测试标准	103
思考题	103
第5章 电子元器件防潮要求	105
5.1 潮湿敏感元器件简介	106
5.1.1 什么是潮湿敏感元器件	106
5.1.2 潮湿敏感元器件的分级和分类	106
5.2 潮湿敏感元器件的选型及验收	108
5.2.1 潮湿敏感元器件的选型要求	108

5.2.2	潮湿敏感元器件的包装分级要求	108
5.3	潮湿敏感元器件的常见失效	109
5.4	潮湿敏感元器件的操作管理	111
5.4.1	潮湿敏感元器件的入库验收	111
5.4.2	潮湿敏感元器件的存储要求	112
5.4.3	潮湿敏感元器件的烘烤要求	113
5.4.4	潮湿敏感元器件的上线使用要求	114
	思考题	115
第 6 章	电子元器件防静电要求	117
6.1	静电	118
6.1.1	静电的产生	118
6.1.2	静电释放造成的破坏	118
6.1.3	静电的控制方法及控制原理	119
6.2	静电敏感元器件简介	121
6.2.1	静电敏感元器件的概念	121
6.2.2	常见静电敏感元器件的分级和分类	121
6.3	静电敏感元器件的选型及验收	123
6.3.1	元器件选型的静电等级要求	123
6.3.2	产品设计要求	123
6.4	静电敏感元器件的操作管理	123
6.4.1	静电敏感元器件的入库验收	123
6.4.2	静电敏感元器件的存储要求	124
6.4.3	静电敏感元器件的操作	124
	思考题	126
第 7 章	电子元器件包装要求	127
7.1	插件元器件的包装要求	128
7.1.1	插件波峰元器件的包装要求	128
7.1.2	插件通孔回流焊元器件的包装要求	129
7.2	贴片元器件的包装要求	129
7.2.1	贴片元器件包装形式要求	129
7.2.2	贴片元器件包装质量要求	130
7.2.3	载带标准尺寸	132
7.2.4	编带包装其他要求	135
7.2.5	贴片元器件料带质量测试方法	135
7.3	压接元器件的包装要求	136
7.3.1	压接元器件包装形式要求	136
7.3.2	压接连接器包装质量要求	136
	思考题	137

第 8 章 电子装联常用印制板 139

8.1 概述 140

8.2 现代高密度组装用覆铜板的选用 140

8.2.1 覆铜板材料选择的基本要求 140

8.2.2 无铅焊接中的覆铜板特别规范 141

8.3 覆铜板的生产工艺及原理 142

8.3.1 覆铜板生产的五大工序 142

8.3.2 原材料、工艺过程对覆铜板主要性能的影响 144

8.3.3 多层印制板用 PP 144

8.3.4 覆铜板的分类 146

8.4 与覆铜板材料相关的标准 150

8.4.1 国内外主要标准组织 150

8.4.2 各类 PCB 基板材料品种在国内外主要标准中的型号 151

8.5 PCB 表面涂覆工艺 152

8.5.1 电镀锡铅合金 152

8.5.2 电镀锡及锡基合金 153

8.5.3 热风整平 153

8.5.4 电镀 Ni 154

8.5.5 电镀 Au 155

8.5.6 有机助焊保护膜 156

8.5.7 化学镀镍、化学镀金 156

8.5.8 化学镀镍 156

8.5.9 化学镀金 157

8.5.10 化学镀锡 158

8.5.11 化学镀银 158

8.5.12 化学浸钯 158

8.6 阻焊油墨的特性及分类 159

思考题 161

第 9 章 印制板的设计要求 163

9.1 基材的选择 164

9.1.1 普通 FR-4 基材 164

9.1.2 中 T_g FR-4 基材 165

9.1.3 高 T_g FR-4 基材 166

9.1.4 高性能、高速板材 167

9.1.5 射频材料 167

9.1.6 微波材料 168

9.1.7 高速、高频板材芯板和半固化片 168

9.2 叠层的设计 169

9.3 拼板设计及工艺	173
9.3.1 拼板的含义	173
9.3.2 拼板的作用及意义	173
9.3.3 拼板的设计	175
9.3.4 拼板方式及设计要求	177
9.3.5 分板工艺及设备	179
思考题	182
第 10 章 印制电路板的加工及验收要求	183
10.1 概述	184
10.2 印制电路板的加工	184
10.2.1 印制电路板的构成及加工流程	184
10.2.2 印制电路板的加工工艺	186
10.3 印制电路板的工艺要求目的	200
10.4 印制电路板的工艺要求内容	201
10.4.1 设备能力对印制电路板的工艺选型要求	201
10.4.2 工艺设计对印制电路板的工艺选型要求	202
10.4.3 对印制电路板外形的要求	202
10.4.4 对印制电路板厚度的要求	203
10.4.5 对印制电路板线路设计的要求	203
10.4.6 焊接质量对印制电路板的工艺选型要求	204
10.5 印制电路板的验收要求	205
10.5.1 无铅/无卤 PCB 的要求	205
10.5.2 印制电路板用材料品质的要求	206
10.5.3 印制电路板加工尺寸公差要求	206
10.5.4 印制电路板的外观要求	208
10.5.5 电子装联对印制电路板的要求	210
10.5.6 包装要求	213
10.5.7 品质保证要求	216
思考题	217
第 11 章 印制板常用镀层及可焊性镀层要求	219
11.1 概述	220
11.2 PCB 常用镀层材料	220
11.2.1 PCB 常见镀层材料的类型及其特点	220
11.2.2 PCB 常见镀层应用范围及反应机理	222
11.3 PCB 常用可焊性镀层要求	224
思考题	225

第 12 章 印制板选型评估方法	227
12.1 概述	228
12.2 覆铜板选型评估要求	228
12.2.1 覆铜板常用类型	229
12.2.2 印制板选材要求	229
12.3 印制板选型评估要求	229
12.3.1 印制板表面离子污染	229
12.3.2 可焊性测试	230
12.3.3 表面绝缘电阻测试	231
12.3.4 印制板抗剥离强度测试	232
12.3.5 通断测试	232
12.3.6 阻焊层附着力测试	233
12.3.7 介质耐压测试	234
12.3.8 热冲击测试	234
12.3.9 耐溶剂测试	234
12.3.10 镀层附着力测试	235
12.3.11 切片制作要求	235
12.3.12 热应力测试	235
12.3.13 回流实验	236
12.3.14 IST 测试	236
思考题	238
第 13 章 印制板组装中的常见问题	239
13.1 概述	240
13.2 印制板翘曲变形	240
13.2.1 翘曲的外观特征	240
13.2.2 翘曲的产生机理	241
13.2.3 翘曲的预防措施	241
13.2.4 PCB 变形对 SMT 及组装的影响	242
13.3 PCB 表面处理缺陷	243
13.3.1 化金黑盘问题	243
13.3.2 镀银 PCB 贾凡尼问题	244
13.4 白斑/微裂	245
13.5 起泡/分层	246
13.6 CAF	248
13.6.1 CAF 的外观特征	248
13.6.2 CAF 的产生机理	248
13.6.3 CAF 的预防措施	249
13.7 孔壁裂纹	249

13.7.1 孔壁裂纹的外观特征 249

13.7.2 孔壁裂纹的产生机理 250

13.7.3 孔壁裂纹的预防措施 250

思考题 250

参考文献 251

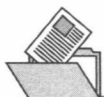
跋 253

第1章 现代电子装联对元器件及印制板的要求



本章要点

- 📁 电子装联中元器件及印制板的应用
- 📁 电子装联材料的常见要求



1.1 电子装联中元器件及印制板的应用

电子装联是指电子或电气产品在生产过程中所采用的电连接和装配的工艺过程。它是电子信息技术与电子行业的支撑，是衡量一个国家综合国力和科技水平的重要标志之一，也是电子产品实现小型化、轻型化、智能化和高可靠性的关键技术。

电子装联的过程就是把电子元器件（包含无源器件，有源器件，接插件等）按照设计要求准确地装联到 PCB 指定焊盘上，并保障各焊点符合规定的物理特性和电特性要求。

1.2 电子装联材料的常见要求

1.2.1 常见电子元器件的要求

鉴于电子元器件在电子装联中的重要地位，在进行电子元器件选用时，至少要遵循以下准则。

- ① 元器件的技术条件、技术性能、质量等级等均应满足产品的要求。
- ② 优先选用实践证明质量稳定、可靠性高、有发展前途的标准元器件，不允许选用淘汰和禁选的元器件。
- ③ 应选用成熟、可靠的元器件，禁止选用不成熟或未正式使用的产品。

1.2.2 常见印制板的要求

印制板作为电子产品最主要的部件，是电子设备的基础，选择和应用优良可靠的印制板是保证设备具有高性能、高可靠性的基础，因此在应用时须满足以下基本要求。

- ① 印制板制造厂商的选择：挑选一个或几个通过质量认证的有信誉的生产厂家，最终产品设计方需要与印制板厂家共同开发双方认可的验收规范。
- ② 印制板是定制件，在电子产品的最初设计阶段，需要根据所选取的厂家的能力设计出能批量生产的印制板。
- ③ 印制板设计用的基板材料必须满足工业界普遍认可的技术标准，这样在印制板制作阶段，既能满足印制板厂家的制造要求，又能确保材料的交付，最终确保印制板的质量与交付。

思考题

- 1. 元器件的选用应遵循什么原则？
- 2. 印制板是定制件，在应用时必须满足哪些基本要求？

第2章 电子装联常用元器件



本章要点

-  概述
-  常用电子元器件的分类及特点
-  常用电子元器件的制造过程
-  常用电子元器件的应用
-  各类电子元器件的常见问题



2.1 概 述

电子装联常见的电子元器件从大的类别上可分为电子元件和电子器件。电子元件是小型的机器、仪器的组成部分，其本身常由若干零件构成，可以在同类产品中通用。

在加工时没改变原材料分子成分的产品称为元件，元件不需要能源，它包括：电阻器、电容器、电感器（又称被动元件 **Passive Components**），如二极管、电阻器、连接器、插座、链接电缆等。

在加工时改变了原材料分子结构的产品称为器件，而器件又进一步分为主动器件和分立器件。主动器件的主要特点是自身消耗电能，需要外借电源；分立器件主要分为双极性晶体管、场效应晶体管、晶闸管、半导体电阻电容等，详细分类如图 2.1 所示。

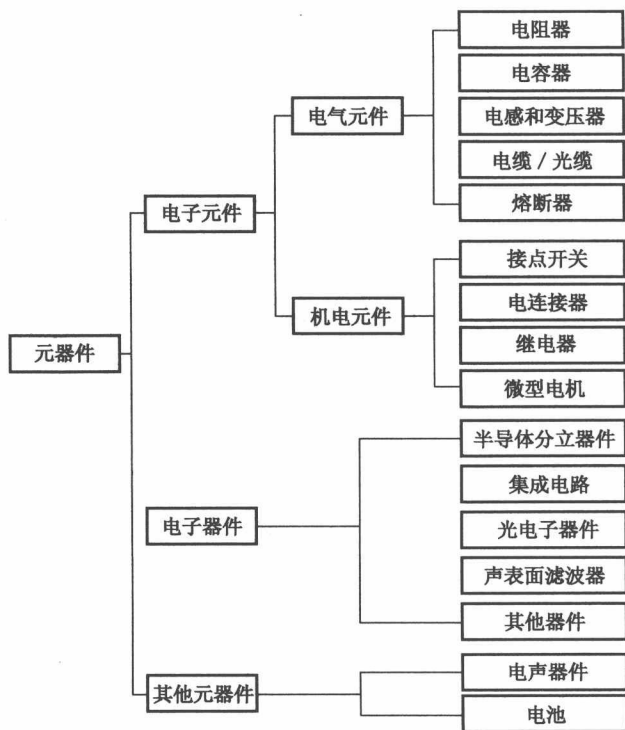


图 2.1 元器件分类图

按照 IPC 标准，SMT 元器件按照其端子形状主要分为：片式元器件（仅底部端子）、矩形或方形片式元器件（1、3 或 5 面端子）、圆柱体帽形端子、城堡形端子、扁平鸥翼形端子、圆形或扁圆鸥翼形引线、J 形引线、垛形/I 形链接、扁平焊片引线、底部端子元器件（BTC）、具有底部散热面端子的元器件、平头柱链接、特殊 SMT 端子、表面贴装连接器。

这里对封装形式进一步整理分类，如表 2.1 所示。

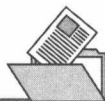
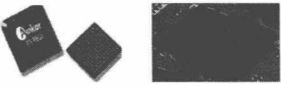


表 2.1 元器件分类表

封装大类	封装小类	引脚类型	示例
片式元器件 (Chip)	0201/0402/0603 等	矩形或方形端片式元器件 1、3 或 5 面端子	
	排容-排阻-排感 (ChipArray)	城堡形端子	
	MELF	圆柱体帽形端子	
	Molded Body	内弯 L 形带状引线	
	SOD	仅底部端子	
	SMB	内弯 L 形带状引线	
	LED	仅底部端子或城堡形焊盘	
	铝电解电容 (AEC)		
IC 类	PBGA	表面贴装面阵列	
	CBGA	表面贴装面阵列	
	TBGA	表面贴装面阵列	
	热增强 BGA	表面贴装面阵列	
	QFN	底部端子元器件 (BTC)	
	QFP	鸥翼形引线	
	SOP	鸥翼形引线	
	SON	底部端子元器件 (BTC)	



续表

封装大类	封装小类	引脚类型	示 例
	LGA	底部端子元器件 (BTC)	
	POP	表面贴装面阵列	
	SOT 143	具有底部散热面端子元器件	
	SOJ	J 形引线	
	PLCC	J 形引线	
	LCC	城堡形端子	
	晶体 (Crystal)	仅底部端子或城堡形端子	
	谐振器 (Oscillator)	城堡形端子	
	TO	具有底部散热面端子元器件	
	异型封装	无	以上封装以外的均标识为异型封装
连接器 (SMT)	翼型引脚 (Gull Wing Tlead)	鸥翼形引线	
	BGA 型 (SolderBall)	表面贴装面阵列	
	挂锡型 (SolderCharge)	表面贴装面阵列	
	半锡球 (SGA)	表面贴装面阵列	
	柱状阵列管脚	表面贴装面阵列	
	J 型引脚 (PLCC)	J 形引线	