

〔英〕C. R. 德雷珀 编

印制电路和电子部件的生产

科学出版社

印制电路和电子部件的生产

〔英〕C. R. 德雷珀 编

冯昌鑫 张继山 译

陈崇莲 李世豪 张秀岐 校

科学出版社

1981

内 容 简 介

本书由英国金属涂覆协会印制电路组的主席 T. L. 霍顿邀请印制电路和电子部件生产部门一些公认的权威人士分章合著。全书共分二十章。除第一章概括介绍电子工业中所用的基材、涂覆层及其生产方法外,其余各章分为三个部分。第一部分主要介绍印制电路的设计、腐蚀和化学切削工艺,较详细地叙述了平面印制电路的制造方法、制造工艺,以及印制电路的机械加工方法、金属化孔互连技术等。第二部分主要叙述金属涂覆工艺在电子工业中的应用。第三部分主要介绍元件的手工和机械装配,印制电路的双金属层的腐蚀机理及预防,电子部件的防护工艺及防护层的修理;比较详细地叙述了印制电路及涂覆层的有关技术条件、质量检验等有关问题。最后一章简要叙述了印制电路和互连技术的发展方向。

本书可供从事印制电路生产与使用、电子装置的设计与装配的科技人员阅读,也可供大专院校有关专业的师生参考。

C. R. Draper (Ed.)

THE PRODUCTION OF PRINTED CIRCUITS AND ELECTRONICS ASSEMBLIES

Robert Draper Ltd., 1969

印制电路和电子部件的生产

[英] C. R. 德雷珀 编

冯昌鑫 张继山 译

陈崇莲 李世豪 张秀岐 校

责任编辑 张建荣

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 9 月第 一 版 开本: 850 × 1168 1/32

1981 年 9 月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 0001—6,400 字数: 349,000

统一书号: 15031·352

本社书号: 2236·15—7

定价: 2.50 元

译 者 的 话

现代工业的发展，对电子工业提出了越来越高的要求——向各方面提供体积小、重量轻、可靠性高的先进电子设备。正确的设计、性能优越的材料和元器件，以及先进的工艺加工技术等，是保证满足这些要求的基础。

就印制电路而言，从宇宙飞行器及其运载工具的通讯、控制系统，计算机和雷达的数据处理系统，各种科研仪器设备中的电子系统，到工业、家庭用的电视机，民用收音机等等都离不开印制电路。印制电路及其电子部件已经成为电子工业的一种极为重要的基础部件。随着电子技术的飞跃发展，特别是大规模、超大规模集成电路的投入使用，对装配和完成互连这些集成电路所用的印制电路的要求将会越来越高。要求最大限度地提高元器件的装配密度，在有限的面积之内布设数量庞大的互连导线，印制电路的设计者必须采用最小尺寸的孔径、线宽、间距和焊盘；在高频和超高频领域还要求具有特定阻抗的印制电路；而且要能在各种恶劣的环境条件下长期可靠地工作。这就迫使印制电路及与此有关的工作者去研制新的材料，采用先进的设计技术和先进的工艺加工、防护涂覆、检测、装配等技术。否则，在生产中就可能出现成品率低、设备工作时的可靠性差等各种困难的问题，而达不到预期的目的。

本书由英国金属涂覆协会印制电路组的主席 T. L. 霍顿邀请印制电路及电子部件生产部门一些公认的权威人士分章合著，内容切合实际。书中论述了各种加工方法的优缺点，出现问题的原因、机理及解决办法；也介绍了一些新的技术，列出了若干有参考价值的图片、设计数据和工艺溶液的配方。章末还附有若干参考文献。译者认为，迄今为止，此书仍是一本内容丰富、颇有参考价值的著作。

根据我国使用公制系统的习惯,为了方便读者参考,译者已将原书中的英制尺寸换算为公制尺寸。全书除个别地方作了必要的删节外,其余按原文译出,望读者批判地阅读和参考。

由于译者水平有限,译文中必有不妥甚至谬误之处,诚恳欢迎读者批评指正。

前 言

毫无疑问,印制电路的出现,将被看作是二十世纪科学技术的重大进展之一。没有印制电路,第二次世界大战后,电子工业的许多领域——从简单的晶体管收音机到复杂的计算机系统——就不会有今天这样快的发展,其程度恐怕也是微乎其微的,并将会延缓现代技术的发展。

当艾斯勒(Eisler)宣称他发明了印制电路时,大西洋两岸议论纷纷,众说不一。但他的确可以说,他的工作推动了印制电路的发展、从而为现代技术的发展作出了重大贡献。至于印制电路是否是艾斯勒发明的,我认为,是也罢,不是也罢。反正,英国印制电路始建于1950年他第一篇专利完成不久。而且,从那以后,英国印制电路工业确实有了迅速的发展。

事虽如此,可令人莫解的是,直到1964年秋,英国才采取一些初步措施,把一些热心从事印制电路制造的人组织起来,成立了一个松散的协会。之后,几经变迁。在金属涂覆协会(Institute of Metal Finishing)的支持赞助下,建立了印制电路小组(Printed Circuit Group)。该小组至今已有五年的历史,每年5—9月,每月举行一次技术会议。还召开了一系列年度技术座谈会。讨论内容涉及从照相底图到成品检验等各个方面。

印制电路小组的活动,使人们开扩了眼界。组员们感到,若能共同出一本关于印制电路制造问题的书(这本书既能用做印制电路生产技术手册,又能体现出印制电路工艺各方面的水平),将能更好地为印制电路工业服务。恰好就在这时,C. R. 德雷珀来找该小组洽谈,请求帮助找些权威人士合著一本有关与上述一些组员提出的内容相近的印制电路制造方面的书。作为洽谈的结果,就产生了目前读者看到的这本书。

这本书一写起来,胃口越来越大.到写成时,其内容范围竟比当初设想时宽得多.我看这没有什么不好.显然,该书涉及面如此之广,不是哪一位作者能单独担当得了的,而必须由各个方面的公认的权威人士分章合著,从而使全书的份量和价值得到提高.或许因为印制电路工业还比较年轻,关于其制造各个方面的文献还很少,希望本书能起到抛砖引玉的作用.

英国金属涂覆协会印制电路组

主席 T. L. 霍顿

目 录

第一章 电子工业中使用的基材和涂覆层.....	1
1. 层压基材—纸增强材料—布增强材料—树脂粘合剂—玻璃布 层压板—其它材料—陶瓷基材	1
2. 其它基材—电阻基材—电容基材	11
3. 涂覆层和保护涂覆—金属涂覆—转换涂覆—有机表面涂覆— 密封	13
4. 涂覆层的生产方法—电镀—真空金属化—阳极氧化—其它的 涂覆方法	19

第一部分 印制电路

第二章 印制电路的设计.....	23
设计目的	23
设计阶段	24
1. 设计的第一阶段: 决定印制板的尺寸、形状、材料等	24
2. 设计的第二阶段: 布设元件和导体	26
3. 设计的第三阶段: 制备照相底图—主要材料和方法—刀刻 和光刻制图技术—照相技术—用光束来生产照相底版	31
第三章 腐蚀和化学切削.....	38
1. 光敏抗蚀剂—光敏抗蚀剂的类型—优越性—应用	38
2. 化学切削(光化学腐蚀)—腐蚀系数—分步重复法—腐蚀和印 制—优缺点	42
3. 腐蚀剂和腐蚀系统—三氯化铁—过硫酸铵—铬酸、硫酸腐蚀剂 —碱性腐蚀剂—无粉腐蚀法—其它腐蚀系统	48
4. 腐蚀用的抗蚀剂—石版印刷用抗蚀剂—金属抗蚀层— 丝网印刷抗蚀油墨	52
第四章 印制电路的机械加工.....	58
1. 一次冲孔和落料方法——冲模上孔位置的标定—冲孔—落料	

一板子冲好外形后的卸除—多级冲模—密集冲孔—冲模操作—锯和剪切—冲制用定位孔—最后的冲孔和落料—冷冲层压板	59
2. 一次落料和钻模钻孔方法	78
3. 仿型铣	83
4. 目视钻孔和手工加工外形	84
第五章 平面印制电路	86
1. 平面电路的生产—腐蚀图形压入法—腐蚀图形填平法—金属箔转移法—机械加工和树脂浇注法—触片模压法—沉积金属填平空腔法	87
2. 平面印制电路使用的材料—绝缘基材—导电材料	97
3. 润滑	100
第六章 金属化孔互连技术	103
1. 钻孔	104
2. 喷镀的金属化孔互连技术	106
3. 电镀的金属化孔互连技术: 铜还原方法—钻孔后的清洁处理—预处理—腐蚀溶液的成分—化学沉铜—电镀—层压板的相容性试验—铜还原工艺的化学原理—孔金属化出现的问题	107
4. 板面电镀和图形电镀—板面电镀—图形电镀	115
5. 电镀铜—常见的电镀问题—电镀层的孔隙率测试—板子在印制图形之前的清洁处理	118
6. 照相—印制图形的方法—丝网漏印—光化学法—光抗蚀剂的应用—光抗蚀剂的类型—光抗蚀剂的新发展(干膜抗蚀剂) ...	123
7. 金属化孔的测试	130
第七章 多层印制电路	133
1. 互连技术—第一种方法: 接线柱互连技术—第二种方法: 余隙孔技术—第三种方法: 电镀的金属化孔互连技术	134
2. 设计多层印制电路需要考虑的问题—机械设计人员需要考虑的问题—制图室和设计部门需要考虑的问题—生产车间需要考虑的问题—电气设计师需要考虑的问题	145
3. 压机设计—压板加热—温度和压力控制—压板闭模速度—压板	150

4. 压制周期的类型—低压树脂系统—高压树脂系统—低压低温周期—各种压制周期的一般说明—提高生产率的一些说明	155
5. 预浸材料—预浸材料的类型—预浸材料测试—使用预浸材料的注意事项—预浸材料的存放条件—预浸材料的一般说明—预浸材料的玻璃布选择	159
6. 覆铜箔层压板—覆铜箔层压板的稳定性—多层印制板内层铜箔的选择—弯曲和扭曲问题	166
7. 凹蚀处理	170
8. 钻孔	172
9. 孔金属化	174
10. 测试	174
11. 软性印制电路—优点—缺点	176

第二部分 金属涂覆工艺的其它应用

第八章 化学镀	179
1. 化学置换法(浸镀法)—浸镀程序—浸锡—浸银—浸金—浸铂、浸钯、浸铑、浸钌	179
2. 自身催化沉积法(化学镀)	183
化学镀镍	185
化学镀铜	188
其它金属的化学镀	188
结论	188
第九章 电镀	190
电镀的目的	190
电镀的应用	191
电镀的方法	194
一些电镀涂覆层及其特性	194
镀金—镀金程序—电镀金的用途—金电镀层的测试	194
镀银—银迁移现象—镀银及其用途—银变色	199
镀钯	202
镀铑	204
镀铂	205

镀锌	205
镀镭	206
镀铅-锡	206
镀锡-镍	206
锌、镉、铜、锡和镍的电镀	207
塑料电镀—电镀工艺—腐蚀—化学镀铜和镀镍	207
第十章 其它表面处理——化学处理、阳极处理、真空沉积	212
1. 抛光、粗化和腐蚀	212
铝—铝的化学抛光—铝的电抛光—霜纹处理、粗化处理和腐 蚀	213
铜和铜合金—铜的化学抛光—铜的电抛光—粗化和腐蚀	216
镍、铁及其合金—化学抛光和电抛光—粗化和腐蚀	220
2. 铝的阳极氧化生膜处理—硫酸阳极氧化—铬酸阳极氧化—硼 酸阳极氧化—典型的阳极氧化程序—阳极氧化的着色	222
3. 着色涂覆、转换涂覆和钝化	226
铝—低电阻铬酸盐膜—黑色涂覆层	226
镉和锌—铬酸盐的转换涂覆—磷酸盐处理—化学染色	228
铜和铜合金	230
铁和钢	232
镁	233
镍和不锈钢	233
银	234
锡和铅锡	235
钛	235
4. 真空淀积和溅射	236
第十一章 磁涂覆层材料	239
硬磁涂覆层材料—电镀涂覆层—化学沉积涂覆层	240
软磁涂覆层材料	242
结论	243
第十二章 连接技术(内连接与外连接)	244
印制板插座	244
插座技术规范	245

接点排列	246
接点尾部的接线柱	247
印制板的厚度	249
接点间距	249
接点	250
接点镀层	250
接点设计	252
接线柱和印制板上的空心铆钉	253
绕接	254
绕接接线柱	255
熔焊连接—电阻焊—钎焊—平行开口焊	256
第十三章 焊接与可焊涂覆层	258
1. 被焊表面的准备工作—用磨料砂光表面—暂时保护法	259
2. 可焊性涂覆层	261
3. 防焊层	266
4. 焊剂—腐蚀性焊剂—半腐蚀性焊剂—无腐蚀性焊剂—焊剂的使用 方法	266
5. 合金焊料	270
6. 连接点的设计方案	274
7. 焊接方法—浸焊—波峰焊(群焊)—烙铁焊—预装焊—再流焊 —焊料膏	274
8. 焊接后的处理	278
9. 检验	279
10. 可焊性测试	280

第 三 部 分

第十四章 元件装配	286
对元件的要求	286
印制板的标准化	288
元件装配的一般要求	289
装配时对元件的准备工作	290
手工装配	291
机器装配	292

印制板专用元件	296
第十五章 双金属的腐蚀作用——专供印制板装配时参考...	299
双金属腐蚀的机理	299
外部环境条件	300
内部环境条件	301
电极区域效应	301
电动势的估算和容许的电偶	302
一般的设计要求	303
装配印制板应注意的问题	304
第十六章 电子部件的防护工艺	306
密封外壳防护法	306
1. 印制板及其有关组件的防护工艺一对防护材料的要求	308
单面涂覆	309
密封—硅树脂密封—保形涂覆—整体包埋法—泡沫塑料	311
2. 接点和插座及其有关的材料和防护工艺—密封外壳的效果— 生锈问题—使用的金属材料与电镀层	321
3. 结构部分的防护工艺—转换涂覆—金属涂覆层—有机涂覆材 料—镁合金	325
第十七章 质量检验	332
实验室设备—实验室人员—检验项目	332
1. 电镀层检验—显微切片检验—B. N. F. 库仑镀层测厚仪—涡流 镀层测厚仪— β 射线反向散射测厚仪—磁性测厚仪—平均厚 度—孔隙率—附着力—在环境条件下的保护能力—硬度	335
2. 涂料表面检验—抗刮痕检验—弯曲试验—抗冲击性试验—纵 横切割的附着力试验—粘结垫片试验—硬度试验—冷凝条件 下的湿度试验	343
3. 印制电路的检验—金属化孔	346
4. 射线照相检验	353
5. 环境试验—设备—温度测量和记录—湿热试验—腐蚀性大气 试验—热循环、热冲击、高温试验—振动试验—机械冲击试验 —机械寿命试验	356
6. 质量检验的抽样方法—合格质量水平—样品的提取—抽样方	

案一检验水平—产品出厂的平均质量—有限质量保证	366
第十八章 防护层的修理	371
清洗	372
修理受损坏的外表面涂覆层	374
修理内表面涂覆层	375
接点表面的修理	375
涂覆层的修理	378
密封部件的修理	380
第十九章 技术条件	382
第一部分: 印制电路的技术条件	382
技术条件的目的	382
使用技术条件的说明	384
基底材料的技术条件	385
覆箔材料的技术条件—英国国家文件和技术条件—将来的国 家文件—国际的覆箔材料文件	386
印制板的技术条件—多层板—其它技术条件和建议—印制板 的文件总结	390
基本网格	393
附录 印制电路有关技术条件和文件	394
第二部分: 金属涂覆的技术条件	395
预处理	397
英国电镀技术条件	398
美国电镀技术条件	399
电镀技术条件的相互关系	400
涂料和涂料涂覆的技术条件	402
第三部分: 关于检验电子零件质量标准的一般要求技术 条件 BS 9000 的说明	402
第二十章 印制电路和互连技术的发展方向	405
1 以有机材料作为基底材料的印制电路—多层印制板—软性印 制电路—印制微波电路	406
2 以无机材料为基底的印制电路	411
3 印制电路与厚膜或薄膜电路的混合	413

第一章 电子工业中使用的基材和涂覆层

W. 麦克劳德·罗斯

本章概括介绍电子工业及其有关工业使用的材料。由于材料制备工艺的迅速发展,金属、非金属基材层出不穷,对金属沉积工作者的工艺技巧提出了更高的要求。每天都可以发现这些材料有了新的出路。基于普通电路的微小型化和固体电路的出现,产生了一种新的工艺。为获得导电图形、电阻器、电容器、其它器件以及为满足元件、封装器件的抗腐蚀性和装饰性要求,广泛使用金属涂覆、金属沉积、金属去除、印制、转换涂覆和扩散技术。为明瞭其中的困难,有必要对材料和涂覆层以及这些涂覆层的生产方法进行详细的叙述。

1. 层压基材

层压工艺产品在电子工业及其有关工业中用作绝缘体,更确切地说,是用作印制电路的基材。因为金属涂覆工艺能最巧妙地用于印制电路工艺中,所以主要讨论印制电路用的层压基材。本节所讨论的层压基材是由纤维薄片浸渍有机树脂通过热压而成的。增强的纤维材料通常是纸和布,这些有机和无机增强材料,对最终层压产品的物理、化学和机械性能都有很大的影响。

纸增强材料

首先考虑纤维素纸。常用的有四种纸——牛皮纸、亚硫酸盐纸、 α 纤维素纸、棉布或破布纸。牛皮纸、亚硫酸盐纸是用软木制造的,例如,松木用氢氧化钠、碳酸钠、硫酸钠、亚硫酸钠处理。这

种纸结实,吸水性不一,有吸水性比较低的和中等的。用牛皮纸制得的层压材料,其内层剪切强度低,并且深受高温度的影响。亚硫酸盐纸密实,所以机械强度比较高。 α 纤维素纸是用氢氧化钠加压蒸煮木质纤维素而得的洁净纤维素制成的。这些纸对树脂都有比较高的吸收能力,所以电性能比较好,吸水性比较低,内层剪切强度也比较高,但是降低了抗张强度和挠曲强度。棉布或破布纸是用废棉布或棉毛制成的。这种纸系高纯度纸,虽然比 α 纤维素纸贵,但是,电性能最好。

显然,这些纸的特性取决于纤维素的分子特性及其接受树脂的能力大小。为了改善纸的吸水性和耐温性能,已经进行了各种试验,近年来最成功的办法是发展乙酰化纸。通过乙酰化作用生产的纸,由于封闭了纤维素的亲水基团,所以大大降低了纸的吸水率,据称,吸水率可降低50%,而且介电性能更稳定;由于吸水性降低,也提高了尺寸稳定性。

所用的其它纸或建议使用的其它材料,是以聚酰亚胺、聚酯、石棉、云母、玻璃、陶瓷为基础。只要仔细选择树脂的成分,就能使这些纸层压材料具有较高的耐温性能、抗潮性能和极为优越的电性能。由于这些材料价格比较高,所以只限于特殊的用途。

布增强材料

机械强度要求比较高的层压材料,就得使用布作为增强材料。棉布和亚麻布广泛用来作为纯机械用途的增强材料,但是在这种材料中由于布纤维成为吸水的通路通到材料的边缘,所以材料固有的吸水性高,不能用来作为电性层压材料的增强材料。为了获得具有良好电性能、易机械加工、机械性能比纤维素好的材料,而用合成织物,如尼龙、聚酯、丙烯酸织物作为增强材料,但是,这些材料有些在比较高的温度时,产生蠕变和扭曲,介电性能的稳定性也比非有机增强材料差。高温层压材料则使用石棉或其它非有机织物作为增强材料,但是,使用最广泛的非有机织物增强材料还是玻璃布。

英国的检验标准 BS3396 说明, 可选用的织物是很多的, 只是型号、编织强度、玻璃成分不同而已。普通编织玻璃几乎普遍用于制造层压板; E 型玻璃固定用于电性层压材料, 限定玻璃的碱金属氧化物的含量不能超过 1%, E 型玻璃比高碱玻璃受潮湿的影响小; 本质上玻璃与有机树脂是矛盾的, 为了促进粘合, 必须经过处理, 通过漂洗、浸蚀和热处理很容易除去编织工艺中的润滑剂。然后再用分子生膜工艺进行处理。英国使用的两种主要的分子生膜处理是基于甲基丙烯酸氯化铬及乙烯基三氯硅烷的 T5(伏兰)。分子生膜工艺既能防止潮气对玻璃布的污染, 又能帮助玻璃布迅速和均匀地润湿树脂。这种处理工艺能保证良好而稳定的物理、机械性能。由玻璃布增强材料所获得的这种极好的组合特性, 使人确信这种材料会在相当长的时间里得到广泛使用。

树脂粘合剂

虽然层压材料的增强是很重要的, 但是显而易见的是, 用来把布粘合在一起的树脂将决定能否实现填料的全部特性。如今使用的主要树脂有: 酚醛树脂、三聚氰胺树脂、环氧树脂和有机硅树脂。其它树脂有着特定的用途; 在软性电路和低损耗电路中, 可以在加或不加增强材料的条件下使用热塑性树脂, 如聚乙烯、线性聚酯和氟化聚合物等。

酚醛树脂

印制电路使用的大多数层压材料是酚醛树脂和纸制造的。层压用的酚醛树脂使用氨水催化可溶性酚醛树脂。因为纯酚醛树脂是靠牺牲电性能而提供比较高的机械强度, 所以, 最好是选用基于间位的甲酚树脂; 浸渍漆可用纯甲酚树脂或把甲酚与苯酚混合使用来制备, 以获得均匀的特性。要浸渍纸, 用水或水-乙醇溶剂是理想的, 为此, 要使用具有过量甲醛的低分子量聚合物。3-二甲酚磷酸盐或软性树脂是基于油改性酚醛或甲酚, 二者合并使用以降低原料的脆性和改善易冲切加工性; 添加润滑剂, 例如硬酯酸盐是