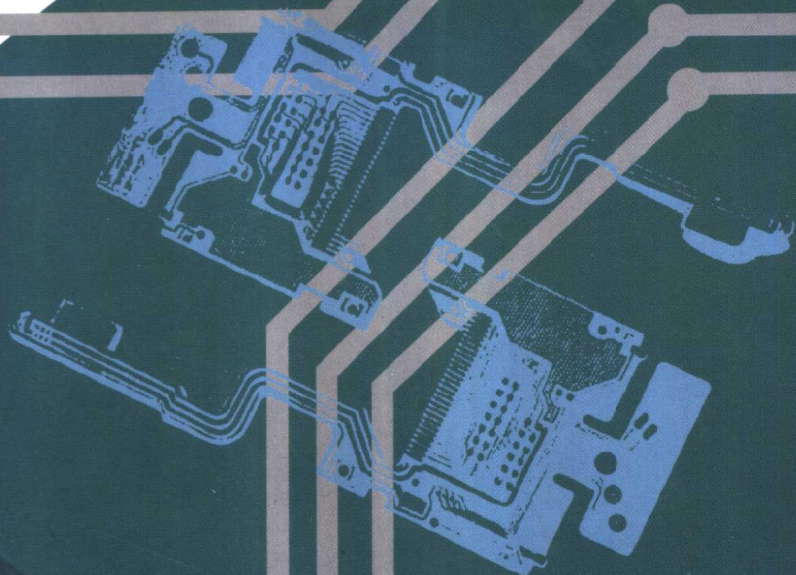


◎ 金鸿 陈森 编著

印制电路技术



化学工业出版社

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

印制电路技术/金鸿,陈森编著. —北京:化学工业出版社, 2003.12
ISBN 7-5025-2159-3

I. 印… II. ①金…②陈… III. 印制电路
IV. TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 116356 号

印制电路技术

金鸿 陈森 编著

责任编辑:王蔚霞

文字编辑:宋薇

责任校对:蒋宇 马凤英

封面设计:于兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 10 字数 265 千字

2003 年 12 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-2159-3/TP·104

定价:25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

从小型作坊式生产，到大规模生产高精密度印制板，我国印制电路板制造才走过了二三十年的历程。印制电路板是计算机、移动电话、程控交换机等电子整机设备的重要部件，它的制造流程包括十几甚至一百多道工序，涉及材料学、电化学、光化学、电子技术、印刷技术、数控技术、计算机应用技术等多门学科和技术。

本书收集了国内外有关印制电路制造的新资料，并在此基础上结合作者精密电子电路技术专业多年的教学经验，经过认真准备后完成了本书的编写工作。书中阐述了印制电路技术的基本概念、原理和工艺，以及最新的印制板制造工艺和技术。涵盖了各类印制板制造所必须掌握的基础知识和实际知识，力求实现科学性、先进性、新颖性和实用性的统一。

本书第一章、第三章、第六章和第十章由金鸿编写，第四章、第七章、第八章、第九章和第十一章由陈森编写，第五章和第十二章由陆群编写，第二章由赵春宝编写，全书由金鸿统稿。在编写过程中，还得到吴颖、郭玉辉、王玫、周志近等的大力支持，王杰做了许多工作，在此表示谢意。

编者在这里还要特别感谢中国印制电路行业协会、南京依利安达电子公司、南京电子工程研究所、昆山沪士国际电子集团、东莞生益电子公司、苏州金像电子公司和江阴翰宇博德公司等单位，他们为本书的编写提供了巨大的帮助和支持。

本书可作为精密电子电路技术、印制电路技术、工业工程和电子类等专业的专业课教材，除此以外，还可以作为企业印制电路从业人员的短期培训教材。

印制电路产业是一个随计算机技术和通讯技术的发展而飞速发展的产业，它不断地涌现出新材料、新设备和新工艺。我们将根据产业的发展动向和需求，定期修订这本书。由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，希望广大读者批评指正。

金 鸿

2003 年 9 月于南京

目 录

第一章 印制电路概论	1
第一节 印制电路基本概念	3
一、印制电路的作用	3
二、印制电路板的分类	6
三、印制电路产业特点	10
四、印制电路生产水平	10
第二节 印制电路制造工艺	12
一、加成法工艺	13
二、减成法工艺	14
第三节 印制电路历史	15
一、早期的印制电路技术	15
二、现代印制电路技术的发展	16
三、中国印制电路的发展	17
第四节 印制电路的发展动向	17
一、行业发展动向	18
二、技术发展动向	18
第五节 其他类型印制板	26
一、柔性印制板	26
二、刚柔性印制板	28
三、导电胶印制板	29
四、载芯片印制板	29
五、金属基印制板	30
六、抗电磁波干扰印制板	31
七、陶瓷印制板	31
八、单面多层印制板	32
九、模压印制板	32
十、多重布线印制板	32

十一、平面电阻印制板	33
十二、积层式多层印制电路板	35
第二章 印制板用基板材料	37
第一节 概述	37
一、印制板用基板材料的作用和发展历史	37
二、基板材料的分类与标准	38
第二节 覆铜箔层压板的主要原材料	41
一、铜箔	41
二、浸渍绝缘纸	43
三、玻纤布	44
四、高分子树脂	45
第三节 纸基覆铜板	45
一、概述	45
二、酚醛纸基覆铜板的性能	46
第四节 环氧玻纤布覆铜板	48
一、概述	48
二、环氧玻纤布覆铜板的新技术	49
三、半固化片的生产及品质控制	51
第五节 复合基覆铜板	53
一、CEM-1 覆铜板	53
二、CEM-3 覆铜板	54
第六节 几种高性能覆铜板	56
一、聚四氟乙烯 (PTFE) 玻纤布覆铜板	56
二、PPE 玻纤布覆铜板	57
三、BT 树脂玻纤布覆铜板	58
第三章 光绘与制版	59
第一节 制作照相底图	59
第二节 光绘数据格式	61
一、光绘机	61
二、光绘数据格式	67
第三节 制版工艺	78
一、计算机辅助制造处理技术	78
二、光绘工艺	80

三、暗房处理技术	86
第四章 印制电路板机械加工	93
第一节 概述	93
一、印制电路板机械加工的特点	93
二、印制板机械加工的分类	93
三、印制板孔加工的方法及特点	94
四、印制板外形加工的方法及特点	96
第二节 数控钻	97
一、数控钻床	97
二、钻头	98
三、上下垫板	104
四、钻孔工艺参数	107
五、印制板钻孔的质量缺陷分析	108
第三节 数控铣	111
一、数控铣的定位	113
二、定位销	114
三、铣削技术	115
四、铣刀	118
第四节 激光钻孔	120
一、YAG 激光钻孔	120
二、二氧化碳激光钻孔	121
第五章 印制电路化学工艺	125
第一节 化学沉铜	125
第二节 电镀铜	126
一、常规酸性硫酸铜镀液	126
二、电镀铜的电极反应	127
三、镀液中各种成分的作用	127
四、工艺参数的影响	129
第三节 电镀 Sn/Pb 合金	131
一、主要成分的作用	131
二、工艺参数的影响	133
第四节 电镀镍金	135
一、低氯化物硫酸盐镀镍工艺	135

二、低氰化物镀金	138
第五节 蚀刻工艺	139
一、蚀刻的基本概念	139
二、酸性氯化铜蚀刻液	141
三、碱性氯化铜蚀刻液	144
第六章 印制电路光致成像工艺	147
第一节 光致抗蚀干膜及光致成像	147
一、干膜的结构和种类	147
二、光致成像	149
三、贴膜常见故障及解决方法	155
四、湿法贴膜工艺	155
第二节 液体光致抗蚀剂	157
一、普通液体光致抗蚀剂	157
二、内层滚涂工艺	160
三、电沉积液体光致抗蚀剂	163
第七章 丝网印刷工艺	166
第一节 丝网准备	166
一、丝网的一般知识	166
二、网框准备	170
三、绷网	172
第二节 感光制版	174
一、直接法感光制模版	174
二、间接法感光制模版	175
三、直间接法感光制模版	177
第三节 印料	178
一、抗蚀印料	178
二、字符印料	181
三、导电印料	181
四、印料性能	182
五、印料使用要求	183
第四节 丝网印刷工艺	183
一、准备工作	183
二、丝网印刷操作工艺	185

第八章 多层印制电路制造技术	188
第一节 多层板材料	189
一、半固化片概述	189
二、半固化片的主要性能指标	190
三、半固化片的贮存与剪切	191
四、半固化片来料品质控制	191
第二节 定位系统	194
一、多层板的定位	194
二、多层板的翘曲度	197
第三节 多层板层压	202
一、多层板的内层处理	202
二、多层板的叠片	204
三、多层板的层压	207
第四节 凹蚀	209
一、高锰酸钾去钻污	209
二、等离子去钻污	210
三、浓硫酸去钻污	211
四、铬酸去钻污	212
五、小结	213
第九章 印制电路可焊性处理	215
第一节 热风整平	216
一、热风整平工艺	216
二、热风整平的优缺点	219
三、热风整平常见故障及解决办法	220
第二节 有机可焊性保护剂	221
一、工艺过程	221
二、OSP 组成和影响因素	222
三、OSP 膜的优点	224
第三节 化学镀镍金	225
一、化学镀镍金工艺流程	225
二、化学镀镍金工艺	225
第四节 化学镀钯	228
第十章 柔性电路制造技术	232

第一节 柔性电路	232
一、柔性电路的优点	232
二、柔性电路的功能	233
第二节 柔性电路材料	236
一、绝缘基材	236
二、黏结片	237
三、铜箔	238
四、覆盖层	238
五、增强板	239
第三节 双面柔性印制板制造工艺	239
一、开料	239
二、钻导通孔	240
三、孔金属化	244
四、铜箔表面的清洗	245
五、抗蚀剂的涂布	245
六、导电图形的形成	246
七、蚀刻、抗蚀剂的剥离	248
八、覆盖膜的加工	249
九、端子表面电镀	253
十、外形和孔加工	255
十一、增强板的加工	256
十二、检查	258
十三、包装	259
第四节 多层刚柔性印制板的制造	260
一、内层成像与蚀刻	261
二、内层覆盖层的加工	261
三、刚性部分的内层蚀刻	262
四、半固化片上的窗口加工	262
五、层压	263
六、通孔的加工	264
七、去钻污	264
八、孔金属化	266
九、外层的蚀刻与涂覆	266

十、外形加工	266
第十一章 高密度印制板 (HDI) 制造技术	268
第一节 HDI 的由来及特点	268
一、HDI 的由来	268
二、HDI 的定义	268
三、HDI 的优点	269
四、HDI 所存在的问题	271
五、湿法金属化的半加成制程	272
六、细线成像技术的突飞猛进	273
第二节 HDI 的工艺流程	273
一、感光树脂图像转移法	273
二、非感光树脂型的图像转移技术	274
三、B ² it 技术	274
第三节 HDI 的材料和工艺	276
一、覆树脂铜箔	276
二、脉冲电镀技术	277
第十二章 电路板生产废水处理技术	284
第一节 印制电路板生产中的三废	284
一、印制板生产环境管理和污染控制的原则	284
二、印制电路板生产工序中的三废	285
第二节 电路板生产废水处理技术	286
一、化学沉淀法的基本原理	286
二、印制电路板生产废液的回收技术	289
三、单面印制板生产废水处理工艺	292
四、双面印制板 (含多层印制板) 生产废水处理工艺	294
五、废气和泥渣处理	297
附录 印制电路技术英中文词汇对照表	298
参考文献	304

第一章 印制电路概论

20 世纪的 40 年代, 英国人 Paul Eisler 博士及其助手, 第一个采用了印制电路板制造整机——收音机, 并率先提出了印制电路板的概念。经过几十年的研究和生产实践, 印制电路产业获得了很大的发展, 1995 年全世界印制电路板 (PCB) 产值超过了 240 亿美元。据最新统计资料表明, 到 21 世纪初, 全世界印制电路生产总值约为 400 亿美元。

随着信息产业的飞速发展, 极大地刺激了印制电路的大规模生产, 其应用范围由早期的收音机、电视机、电唱机, 扩大到随身听、摄像机、个人电脑、笔记本电脑、电子交换机、移动电话等产品。

根据印制电路在商品上的使用量, 可大致分成如下三大类。

① 信息类 约占 50%, 例如微型计算机、计算机辅助设计和制造系统、笔记本电脑 (NOTEBOOK)、桌上型电脑 (DESK-

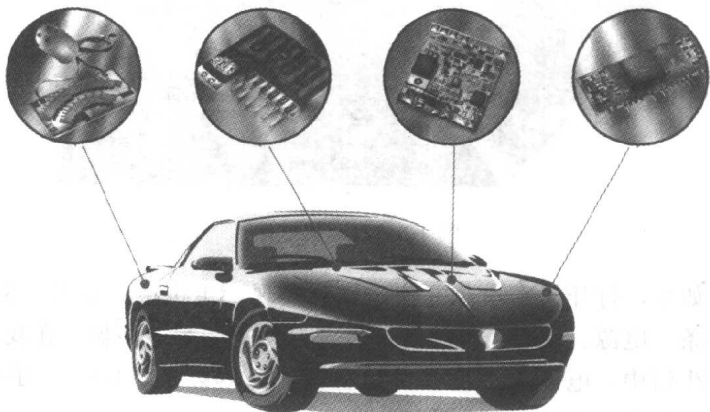


图 1-1 汽车控制系统

TOP)、汽车控制系统(见图 1-1)等。

② 通讯类 约占 34%，例如蓝牙卡板、移动电话、通讯网路系统、互联网、局域网、调制解调器等。其中移动电话主板如图 1-2 所示。

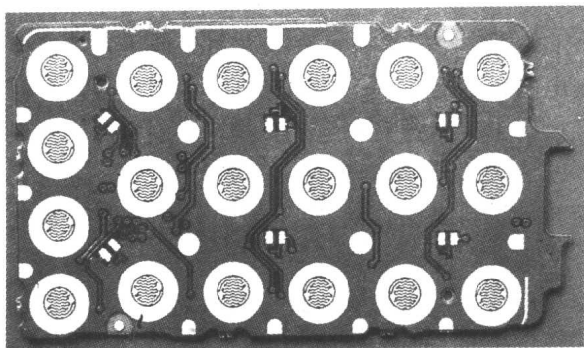


图 1-2 移动电话主板

③ 消费性 约占 16%，例如电动玩具、电视机、收录音机、录放像机、打印机、复印机等。打印机电路如图 1-3 所示。

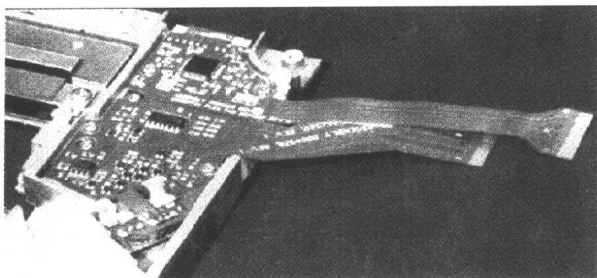


图 1-3 打印机电路

如今，打开任意一台电脑，就会发现，主机板、显卡、网卡、内存条、电源、硬盘、光驱等部件都要使用印制电路板。在我们的日常生活中，电冰箱、洗衣机、空调、家庭影院、DVD、手机等各种电器总离不开印制电路板。在工业、农业、科研、航天、航空等一切需要自动化和电气化的地方，也都少不了印制电路板。可以

说，在现代社会中印制电路板无所不在。

印制电路的设计是电子设计的精品，印制电路的制造是现代制造技术的典范。

第一节 印制电路基本概念

一、印制电路的作用

印制电路是指在绝缘基材上，按预定设计，制成印制线路、印制元件或由两者结合而成的导电图形，计算机 CPU 电路如图 1-4 所示。

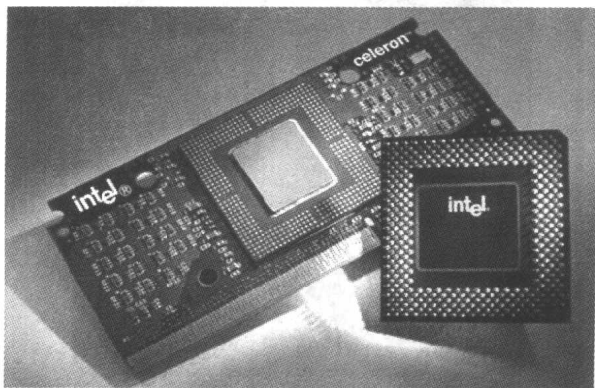


图 1-4 计算机 CPU 电路

在绝缘基材上，提供元器件之间电气连接的导电图形，称为印制线路，不包括印制元件。

印制电路或者印制线路的成品板称为印制电路板或者印制线路板，亦称印制板，英文名称是 Printed Circuit Board（也有称 Printed Wiring Board），缩写是 PCB（PWB）。印制电路板是电子工业的重要部件之一。几乎每种电子设备，小到电子手表、计算器，大到计算机、通讯电子设备、军用武器系统，只要有集成电路等电子元器件，为了电气互连，都要使用印制板。在较大型的电子产品研究过程中，最基本的成功因素是该产品的印制板的设计、文件编制和制造。印制板的设计和制造质量直接影响到整个产品的质量和成本，甚至影响到商业竞争的成败。

印制电路板的基板一般是由绝缘、隔热、并不容易弯曲的材质所制作成。在表面可以看到的细小线路材料是铜箔，原本铜箔是覆盖在整个板子上的，而在制造过程中部分铜箔被蚀刻掉，留下来的铜箔就变成网格状的细小线路。这些线路被称做导线（Conductor Pattern），用来提供印制电路板上元器件的电路连接。印制电路板如图 1-5 所示。

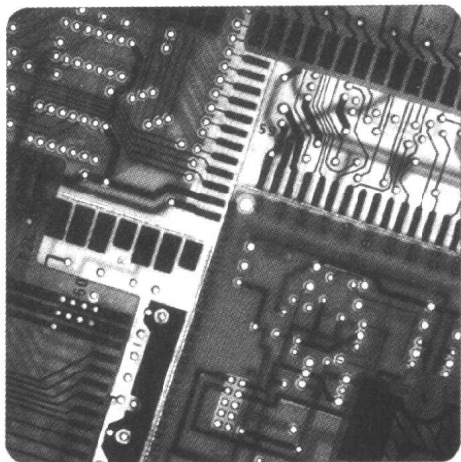


图 1-5 印制电路板

为了将元器件固定在印制电路板上，可将管脚直接焊在焊盘上。焊盘用于固定元器件引脚或引出连线、测试线等，焊盘有圆形、矩形等多种形状。在最基本的印制电路板（单面板）上，元器件都集中在其中一面，导线则都集中在另一面。这么一来就需要在板子上打洞，这样管脚才能穿过板子到另一面，所以元器件的管脚是焊接在另一面上的。因此，印制电路板的正反面分别被称为元器件面（Component Side）与焊接面（Solder Side），如图 1-6 和图 1-7 所示。

如果要将两块印制电路板相互连接，一般都会用到金手指（Gold Finger）的边接头（Edge Connector）。使连接器（Connector）弹片之间连接，进行压迫接触而导电互连。通常连接时，将

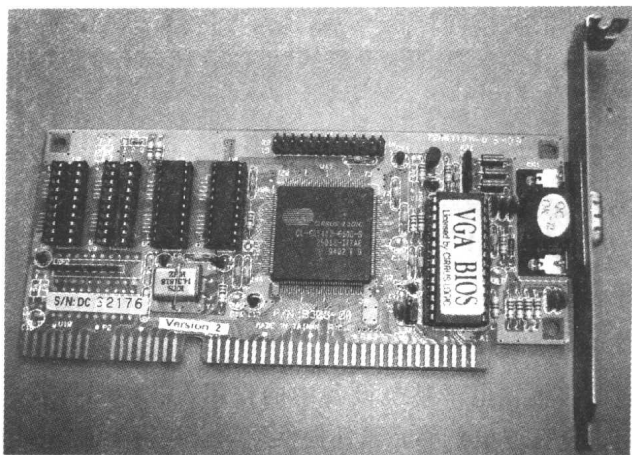


图 1-6 印制电路的元器件面

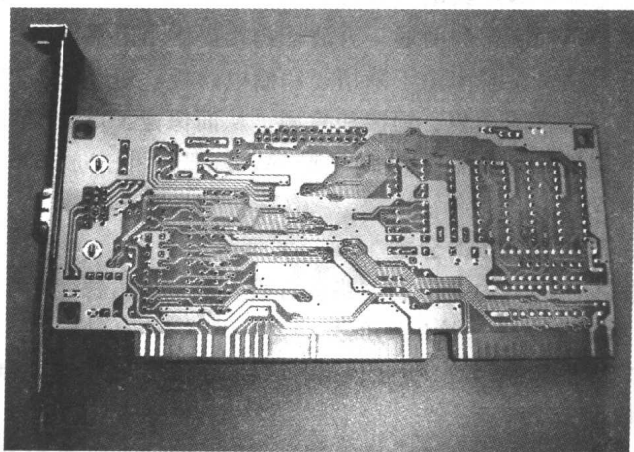


图 1-7 印制电路的焊接面

其中一片印制电路上的金手指插进另一片印制电路上合适的插槽上（一般叫做扩充槽 Slot）。由于金导电性好，在低温和高温下不会被直接氧化，不会生锈，而且电镀加工也非常容易，外观也好看，故电子工业的接口表面几乎都要选择电镀金。在计算机中，图形显示卡、声卡、网卡或是其他类似的界面卡，都是借助金手指（见图

1-8) 来与主机板连接的。

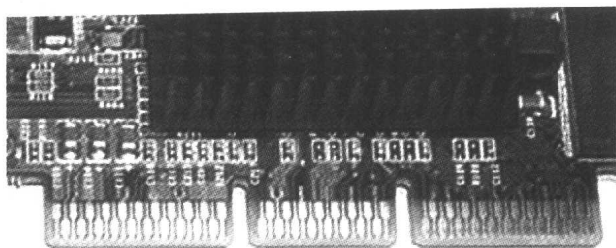


图 1-8 金手指

印制电路板在电子整机设备中的作用有：为晶体管、集成电路、电阻、电容、电感等元器件提供了固定和装配的机械支撑；实现晶体管、集成电路、电阻、电容、电感等元件之间的布线和电气连接、电绝缘来满足其电气特性；为电子装配工艺中元件的检查、维修提供了识别字符和图形，为波峰焊接提供了阻焊图形。

在电子整机设备中由于采用了印制电路板，避免了人工接线的差错，实现了自动插装、焊接和检测。从而保证了电子整机产品的质量和可靠性，还提高了劳动生产率，降低了生产成本，方便了维修。

二、印制电路板的分类

根据不同的目的，印制电路板有很多种分类方法。

1. 根据印制板基材强度分类

(1) 刚性印制板 (Rigid Printed Board) 用刚性基材制成的印制板，如图 1-9 所示。

(2) 柔性印制板 (Flexible Printed Board) 用柔性基材制成的印制板，又称软性印制板，如图 1-10 所示。

(3) 刚柔性印制板 (Flex-rigid Print Board) 利用柔性基材，并在不同区域与刚性基材结合制成的印制板，如图 1-11 所示。

2. 根据印制板导电图形制作方法分类

(1) 减成法印制板 (Subtractive Board) 采用减成法工艺制作的印制电路板。