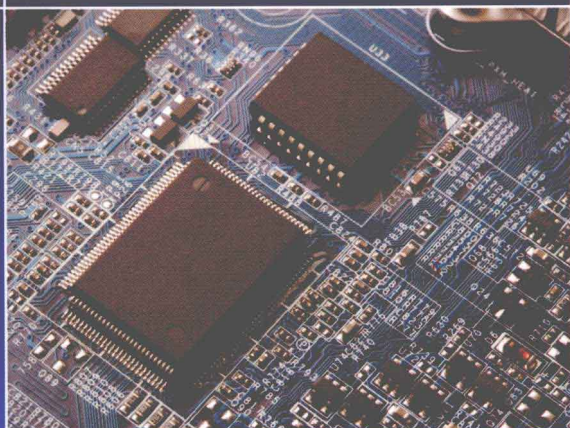


工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材

DUOCENGYINZHIBANZHIZUOGONGYI

# 多层印制板制作工艺



熊建国 莫介云 主 编

万 皓 曾志华 副主编

李 勇 梁建豪 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

工业和信息化部职业教育教学指导委员会“十二五”规划教材

# 多层印制板制作工艺

熊建国 莫介云 主 编

万 皓 曾志华 副主编

李 勇 梁建豪 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书涉及了电子学、机械工程、流体力学、热动力学、化学、物理学、冶金学和光学等相关领域的专业知识,基本涵盖了印制线路板生产的全过程,它不仅包括了印制线路板的制造、组装和检测,还包括了可靠性和质量检验等方面的知识内容。本书分为6章,每章都涵盖了其相关领域的内容,便于阅读理解,每章的内容按照所介绍工艺知识的先后顺序展开。本书适合于该领域的初学者使用,可作为印制线路板企业员工的培训教材,也可作为高职院校的专业课教材。本书还在附录中安排有印制线路板术语的中英文对照简表和印制线路词汇,以便初学者查阅。

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

多层印制板制作工艺/熊建国,莫介云主编. —北京:电子工业出版社,2011.9

工业和信息化部职业教育指导委员会“十二五”规划教材

ISBN 978-7-121-14206-2

I. ①多… II. ①熊… ②莫… III. ①印刷电路板(材料)—生产工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TN41

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第151453号

责任编辑:郭乃明

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

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:9.5 字数:240千字

印 次:2011年9月第1次印刷

印 数:4000册 定价:32.00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](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

印制线路基本概念在上世纪初已有人在专利中提出过,1947年美国航空局和美国标准局发起了首次印制线路技术讨论会,当时列出了26种不同的印制线路制造方法。并归纳为六类:涂料法、喷涂法、化学沉积法、真空蒸发法、模压法和粉压法。当时这些方法都未能实现大规模工业化生产,直到20世纪50年代初期,由于铜箔和层压板的粘合问题得到解决,覆铜层压板性能稳定可靠,并实现了大规模工业化生产,铜箔蚀刻法成为印制板制造技术的主流,一直发展至今。20世纪60年代,孔金属化双面印制和多层印制板实现了大规模生产,70年代大规模集成电路和电子计算机迅速发展,80代表面组装技术和90年代多芯片组装技术的迅速发展推动了印制板生产技术的继续进步,一批新材料、新设备、新测试仪器相继涌现。印制线路生产技术进一步向高密度、细导线、多层、高可靠性、低成本和自动化连续生产的方向发展。

我国从20世纪50年代中期开始了单面印制板的研制。首先应用于半导体收音机中。20世纪60年代自力更生地开发了我国的覆箔板基材,使铜箔蚀刻法成为我国PCB生产的主导工艺。20世纪60年代已能大批量地生产单面板,小批量生产双面金属化孔印制板,并在少数几个单位开始研制多层板。20世纪70年代在国内推广了图形电镀蚀刻法工艺,但由于受到各种干扰,印制线路专用材料和专用设备没有及时跟上,整个生产技术水平落后于国外先进水平。到了20世纪80年代,由于改革开放政策,不仅引进了大量相当于国外80年代水平的单面、双面、多层印制板生产线,而且经过十多年消化、吸收,较快地提高了我国印制线路板生产技术水平。

近年来我国印制线路板的生产工艺在引进国外先进技术的情况下有了快速的发展,然而该行业的教育培训相对落后,尤其是职业教育方面,为了行业发展需要,为企业培养有实践经验和理论水平的人才显得十分重要。这不仅是企业的需要,也是学校的需要。因此广东依顿电子科技有限公司与江西现代职业技术学院合作培养此类专业人才,企业和学校建立校企合作平台,利用工学结合的模式,以就业为导向,本书就是该合作的产物。本书涵盖了印制线路板生产的全过程,它不仅包括了印制线路板的制造、组装和检测,还包括了可靠性和质量检验等方面的知识内容,尽管涉及了电子学、机械工程、流体力学、热动力学、化学、物理学、冶金学和光学等相关领域的专业知识,但本书尽可能做到用通俗易懂的语言讲述印制线路板的相关知识,而舍弃了冗长的理论推导。

本书分为6章,每章都涵盖了其相关领域的内容,便于阅读理解,每章的内容按照所介绍工艺知识的先后顺序展开,本书适合于该领域的初学者使用,可作为印制线路板企业的培训教材,也可作为高职院校的专业课教材。本书还在附录中安排有印制线路板术语的中英文对照简表和印制线路词汇,以便初学者查阅。

本书的编写得到了广东依顿电子科技有限公司与江西现代职业技术学院的领导以及广大技术人员和教师的大力协助,在此表示衷心的感谢,由于编者水平有限,书中有不当之处,希望广大读者提出宝贵意见,编者不胜感激。

编 者

# 编审委员会

主 任：刘 华      唐润光      梁兆忠

副主任：黄海哨      苏世明      莫介云

委 员（按姓氏笔画排序）

万 皓      卢晓丹      何文昌

陈慕君      罗锋华      莫介云

徐宏彬      曾志华      梁建豪

熊建国

# 目 录

|                      |      |
|----------------------|------|
| 第 1 章 绪论             | (1)  |
| 1.1 印制线路的基本知识        | (1)  |
| 1.1.1 初步认识印制线路       | (1)  |
| 1.1.2 印制线路板制造技术发展历史  | (1)  |
| 1.1.3 印制线路板的种类及制造工艺  | (2)  |
| 1.1.4 印制线路制造行业术语     | (5)  |
| 1.2 印制线路的发展          | (7)  |
| 习题                   | (9)  |
| 第 2 章 覆铜板            | (10) |
| 2.1 覆铜板的介电层          | (10) |
| 2.1.1 树脂 (Resin)     | (10) |
| 2.1.2 玻璃纤维           | (15) |
| 2.2 覆铜板的铜箔           | (16) |
| 2.2.1 传统铜箔           | (16) |
| 2.2.2 新型铜箔及其发展方向     | (17) |
| 2.3 多层板用半固化片 (P.P 片) | (18) |
| 2.3.1 半固化片性能指标       | (18) |
| 2.3.2 半固化片的特性与选择     | (20) |
| 2.3.3 半固化片的存储特性      | (21) |
| 2.3.4 半固化片的新技术、新品种发展 | (21) |
| 习题                   | (21) |
| 第 3 章 生产前的准备工作       | (22) |
| 3.1 有关 PCB 板名词的定义    | (22) |
| 3.2 生产前的准备流程         | (23) |
| 3.2.1 客户必须提供的数据      | (23) |
| 3.2.2 资料审查           | (23) |
| 3.2.3 开始生产前的设计       | (24) |
| 3.3 印制线路光绘工艺         | (25) |
| 3.3.1 光绘的数据格式        | (25) |
| 3.3.2 光绘工艺           | (33) |
| 3.2.3 暗房处理技术         | (36) |
| 习题                   | (40) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第 4 章 多层印制板的制造工艺</b>       | (41)  |
| 4.1 内层制作工艺与检验                 | (41)  |
| 4.1.1 内层制作过程                  | (41)  |
| 4.1.2 内层检测                    | (49)  |
| 4.2 层压工艺                      | (49)  |
| 4.2.1 层压流程                    | (50)  |
| 4.2.2 各制作过程说明                 | (50)  |
| 4.3 数控钻孔工艺                    | (59)  |
| 4.4 镀通孔工艺(孔金属化)               | (65)  |
| 4.4.1 孔金属化制造流程                | (65)  |
| 4.4.2 厚化铜                     | (71)  |
| 4.4.3 直接电镀(Direct-plating)    | (72)  |
| 4.5 外层制作工艺                    | (73)  |
| 4.6 二次铜工艺(线路镀铜、图形电镀)          | (79)  |
| 4.7 蚀刻工艺                      | (88)  |
| 4.8 外层检查                      | (91)  |
| 4.9 盲/埋孔工艺                    | (92)  |
| 习题                            | (93)  |
| <b>第 5 章 多层印制板表面涂覆工艺</b>      | (95)  |
| 5.1 阻焊工艺                      | (95)  |
| 5.2 金手指及喷锡工艺                  | (101) |
| 5.3 其他焊盘表面处理工艺(护铜剂 OSP, 化学镍金) | (107) |
| 习题                            | (112) |
| <b>第 6 章 多层印制板的成形、最后检验和包装</b> | (113) |
| 6.1 成形工艺                      | (113) |
| 6.2 导电性能测试                    | (118) |
| 6.3 最终检验                      | (121) |
| 6.3.1 检查项目                    | (121) |
| 6.3.2 相关标准                    | (123) |
| 6.4 包装工艺                      | (123) |
| 习题                            | (125) |
| <b>附录 A 印制线路板术语中英对照简表</b>     | (126) |
| <b>附录 B 印制线路词汇</b>            | (135) |
| <b>参考文献</b>                   | (145) |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 印制线路的基本知识

### 1.1.1 初步认识印制线路

PCB 是印制线路板的英文 (Printed Circuit Board) 简称。通常人们将在绝缘材上按预定设计制成印制线路、印制元件或两者组合而成的导电图形称为印制线路; 将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; 而将印制线路或印制线路的成品板称为印制线路板, 亦称为印制板或印制电路板。

几乎我们能见到的电子设备都离不开印制线路, 小到电子手表、计算器、个人计算机, 大到大型计算机、通信电子设备、军用武器系统, 只要有集成电路等电子元件, 它们之间电气互连就要用到印制线路。它提供集成电路等各种电子元件固定装配的机械支撑、实现集成电路等各种电子元件之间的布线和电气连接或电绝缘、提供所要求的电气特性, 如特性阻抗等。同时为自动锡焊提供阻焊图形; 为元件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

印制线路是如何制造出来的呢? 我们打开普通计算机的键盘就能看到一张软性薄膜 (挠性的绝缘基材), 薄膜上印有银白色 (银浆) 的导电图形与键位图形。因为这些图形是通过丝网漏印方法得到的, 所以我们称这种印制线路板为挠性银浆印制线路板。而我们去电脑城等电子产品市场看到的各种电脑主板、显卡、网卡、调制解调器、声卡及家用电器上的印制线路板就不同了。它所用的基材由纸基 (常用于单面) 或玻璃布基 (常用于双面及多层), 预浸酚醛或环氧树脂, 表层粘上一面或两面覆铜箔再层压固化而成。这种线路板覆铜箔板材, 我们称为刚性板, 由其制成的印制线路板, 我们称为刚性印制线路板。单面有印制线路图形称为单面印制线路板, 双面有印制线路图形, 再通过孔的金属化进行双面互连形成的印制线路板, 称为双面板。如果用一块双面板作为内层、二块单面板作为外层或二块双面板作为内层、二块单面板作为外层, 通过定位系统及绝缘粘结材料交替固定在一起且导电图形按设计要求进行互连, 那么这样的印制线路板我们称之为四层、六层印制线路板, 统称为多层印制线路板。现在已有超过 100 层的实用印制线路板了。

### 1.1.2 印制线路板制造技术发展历史

PCB 制造技术发展的历史可划分为 6 个时期:

(1) PCB 诞生期: 1936 年第一种制造方法——加成法的出现标志着 PCB 的诞生, 绝缘板表面添加导电性材料形成导体图形, 称为“加成法工艺”。使用这类生产专利的印制板曾在 1936 年底时应用于无线电接收机中。

(2) PCB 试产期: 1950 年第二种制造方法——减成法出现, 减成法使用覆铜箔纸基酚醛

树脂层压板（PP 基材），用化学药品溶解除去不需要的铜箔，留下的铜箔成为电路。标牌制造厂商用此工艺制作 PCB，以手工操作为主，腐蚀液是三氯化铁，溅上衣服就会变黄。当时应用 PCB 的代表性产品是索尼制造的手提式晶体管收音机，为 PP 基材的单面 PCB。

（3）PCB 实用期：1960 年新材料 GE 基材研制成功，PCB 制造开始应用覆铜箔玻璃布环氧树脂层压板（GE 基材）。国产 GE 覆铜板在初期有加热翘曲变形、铜箔剥离等问题，不过通过材料制造商逐渐改进而得到改善，1965 年起日本有好几家材料制造商开始批量生产 GE 覆铜板，当时 GE 覆铜板在工业用电子设备中广泛使用，而 PP 覆铜板在民用电子设备中得到了广泛使用。

（4）PCB 快速发展期：1970 年多层印制板 MLB 出现，新安装方式 SMT 出现，在这个时期 PCB 板从 4 层向 6, 8, 10, 20, 40, 50 层……更多层发展，同时实行高密度化，即线越来越细、孔越来越小、板越来越薄，线路宽度与间距从 0.5mm 向 0.35, 0.2, 0.1mm 发展，PCB 单位面积上布线密度大幅提高。PCB 上元件安装方式有了革命性变化，原来的插入式安装技术（TMT）改变为表面组装技术（SMT）。引线插入式安装方法在 PCB 上应用有至少 20 年了，并且都依靠手工操作，这时也开发出自动元件插入机，实现自动装配。SMT 更是采用自动装配线，并实现 PCB 两面贴装元件。

（5）多层印制板 MLB 跃进期：1980 年超高密度安装设备出现。在 1982 年至 1991 年的 10 年间，日本 PCB 产值从 1982 年的 3615 亿日元发展到 1991 年 10940 亿日元，约增长 3 倍。多层印制板 MLB 的产值 1986 年时 1468 亿日元，追上单面板产值；到 1989 年时 2784 亿日元，接近双面板产值，以后就是多层印制板 MLB 占主要地位了。1980 年后 PCB 高密度化明显提高，已经可以生产 62 层玻璃陶瓷基多层印制板 MLB，多层印制板 MLB 高密度化推动了移动电话和计算机的发展。

（6）迈向 21 世纪的助跑期：1990 年积层法多层印制板 MLB 出现，但因 1991 年后日本经济泡沫破灭，电子设备和 PCB 也受到一定程度的影响，到 1994 年后才开始恢复，多层印制板 MLB 和挠性板有了较大增长，而单面板与双面板产量却一直下跌。1998 年起积层法多层印制板 MLB 进入实用期，产量急速增加，IC 元件封装形式进入面阵列端接型的 BGA 和 CSP，走向小型化、超高密度化安装。纵观 50 多年来 PCB 发展变化巨大。自 1947 的发明半导体晶体管以来，电子设备的形态大变样，半导体由 IC, ISI, VLSI 等向高集成度发展，开发出了 MCM, BGA, CSP 等更高集成化的 IC。21 世纪初期的技术趋向就是为设备的高密度化、小型化和轻量化而努力，主导 21 世纪的创新技术将是“纳米技术”，而这也将会带动电子元件的研究继续发展。

### 1.1.3 印制线路板的种类及制造工艺

#### 1. 印制线路板的分类

从层数来分，印制线路板分为单面板、双面板多层板。

##### （1）单面板（Single-sided Boards）

我们刚刚提到过，在最基本的 PCB 上，零件集中在其中一面，导线则集中在另一面上。因为导线只出现在其中一面，所以我们就称这种 PCB 为单面板（Single-sided）。因为单面板在

设计线路上有许多严格的限制（因为只有一面，布线间不能交叉而必须绕开各自的路径），所以只有早期的电路才使用这类的板子。

### （2）双面板（Double-sided Boards）

这种电路板的两面都有布线。不过要用上两面的导线，必须要在两面间有适当的电路连接才行。这种电路间的“桥梁”称为导孔（Via）。导孔是在 PCB 上，充满或涂上金属的小洞，它可以与两面的导线相连接。因为双面板的面积比单面板大了一倍，而且因为布线可以互相交错（可以绕到另一面），它更适合用在比单面板更复杂的电路上。

### （3）多层板（Multi-layer Boards）

为了增加可以布线的面积，多层板用上了更多单或双面的布线板。多层板使用数片双面板，并在每层板间放进一层绝缘层后粘牢（层压）。板子的层数就代表了有几层独立的布线层，通常层数都是偶数，并且包含最外侧的两层。大部分的主机板都是 4 到 8 层的结构，不过技术上可以做到近 100 层的 PCB 板。大型的超级计算机大多使用相当多层的主机板，不过因为这类计算机已经可以用许多普通计算机的集群代替，超多层板已经逐渐不被使用了。因为 PCB 中的各层都紧密的结合，一般不太容易看出实际数目，不过如果仔细观察主机板，也许可以看出来。我们刚刚提到的导孔（Via），如果应用在双面板上，那么一定是打穿整个板子的。不过在多层板当中，如果只想连接其中一些线路，那么导孔可能会浪费一些其他层的线路空间。埋孔（Buried Vias）和盲孔（Blind Vias）技术可以避免这个问题，因为它们只穿透其中几层。盲孔是将几层内部 PCB 与表面 PCB 连接，不须穿透整个板子。埋孔则只连接内部的 PCB，所以光是从表面是看不出来的。在多层板 PCB 中，整层都直接连接上地与电源。所以我们将各层分类为信号层（Signal），电源层（Power）或是地线层（Ground）。如果 PCB 上的零件需要不同的电源供应，通常这类 PCB 会有两层以上的电源与电线层。

## 2. 制造工艺的分类

20 世纪初，印制线路制造已有许多相关专利，但一直没有得到实际的大规模应用。20 世纪 40 年代，由于航空航天技术的发展，迫切需要一种高可靠性的电路连接方式，美国航空局和美国标准局在 1947 年发起了首次印制线路技术研讨会，列出 26 种不同的制造方法，可归结为如下六大类。

（1）涂料法：把金属粉末和胶粘剂混合，制成导电涂料，用通常的印刷方法将导电图形涂在覆铜板上。

（2）模压法：利用模压工艺，在塑料绝缘覆铜板上放一张金属箔，用刻有导电图形的模具对金属箔进行热压，这样受热受压部位的金属箔被粘合在覆铜板上形成导电图形，其余部分的金属箔则脱落。

（3）粉末烧结法：用一块所需要图形的模板，将胶粘剂在覆铜板上涂覆成导电图形，上面再撒一层金属粉末，然后将金属粉末烧结成导电图形。

（4）喷涂法：用模板覆盖在绝缘覆铜板上，把熔融金属或导电涂料喷涂到覆铜板表面，即形成导电图形。

（5）真空镀膜法：是采用模板覆盖在绝缘覆铜板上，在真空条件下使用阴极溅射或真空蒸发工艺得到金属膜图形。

（6）化学沉积法：利用化学反应将所需要的金属沉积到绝缘覆铜板上形成导电图形。

上述方法由于生产工艺条件的限制，都没有能够实现大规模的工业化生产，但其中的有些方法直到现在还不断地被借鉴，发展成为新的工艺、新的方法。

### 3. 现代印制线路制造工艺

#### (1) 加成法工艺

在绝缘基材表面上，有选择性地沉积导电金属而形成导电图形的的方法，称为加成法。

印制板采用加成法工艺制造，其优点如下。

① 由于加成法避免大量蚀刻铜，以及由此带来的大量蚀刻溶液处理费用，大大降低了印制板生产成本。

② 加成法工艺比减成法工艺的工序减少了约 1/3，简化了生产工序，提高了生产效率。尤其避免了产品档次越高，工序越复杂的恶性循环。

③ 加成法工艺能达到齐平导线和齐平表面，从而能制造出 7A 等高精密度印制板。

④ 在加成法工艺中，由于孔壁和导线同时化学镀铜，孔壁和板面上导电图形的镀铜层厚度均匀一致，提高了金属化孔的可靠性，也能满足高厚径比印制板，小孔内镀铜的要求。

#### (2) 加成法的分类

印制板的加成法制造工艺可以分为如下三类。

① 全加成法：是仅用化学沉铜方法形成导电图形的加成法工艺。以其中的 CC-4 法为例，步骤为：钻孔→成像→增粘处理（负相）→化学镀铜→去除抗蚀剂。该工艺采用催化性层压板作为基材。

② 半加成法：在绝缘基材表面上，用化学沉积金属，结合电镀、蚀刻或者三者并用形成导电图形的加成法工艺。其工艺流程是：钻孔→催化处理和增粘处理→化学镀铜→成像（电镀抗蚀剂）→图形电镀铜（负相）→去除抗蚀剂→差分蚀刻。制造所用基材是普通层压板。

③ 部分加成法：是在催化性覆铜层压板上，采用加成法制造印制板。工艺流程：成像（抗蚀刻）→蚀刻铜（正相）→去除抗蚀层→全板涂覆电镀抗蚀剂→钻孔→孔内化学镀铜→去除电镀抗蚀剂。

#### (3) 减成法工艺

减成法工艺是在覆铜箔层压板表面上，有选择地除去部分铜箔来获得导电图形的的方法。

减成法是当今印制线路制造的主要方法，它的最大优点是工艺成熟、稳定和可靠。减成法工艺制造的印制线路可分为如下两类。

##### ① 非孔化印制板

此类印制板采用丝网印刷，然后蚀刻出印制板的方法生产，也可采用光化学法生产。非穿孔镀铜印制板主要是单面板，也有少量双面板，主要用于电视机、收音机。下面是单面板生产工艺流程：

单面覆铜箔板→下料→光化学法/丝网印刷图像转移→去除抗蚀印料→清洗、干燥→孔加工→外形加工→清洗、干燥→印制阻焊涂料→固化→印制标记符号→固化→清洗、干燥→预涂覆助焊剂→干燥→成品。

##### ② 孔化印制板

在已经钻孔的覆铜箔层压板上，采用化学镀和电镀等方法，使两层或两层以上导电图形之间的孔由电绝缘成为电气连接，此类印制板称为穿孔镀印制板。穿孔镀印制板主要用于计

算机、程控交换机、手机等。根据电镀方法的不同，分为图形电镀和全板电镀。

图形电镀是在双面覆铜箔层压板上，用丝网印刷或光化学方法形成导电图形，在导电图形上镀上铅锡，锡铈，锡镍或金等抗蚀金属，再除去电路图形以外的抗蚀剂，经蚀刻而成。图形电镀法又分为图形电镀蚀刻工艺和裸铜覆阻焊膜工艺。用裸铜覆阻焊膜工艺制作双面印制板工艺流程如下。

双面覆铜箔板→下料→冲定位孔→数控钻孔→检验→去毛刺→化学镀薄铜→电镀薄铜→检验→刷板→贴膜（或网印）→曝光显影（或固化）→检验修板→图形电镀铜→图形电镀锡铅合金→去膜（或去除印料）→检验修板→蚀刻→退铅锡→通断路测试→清洗→阻焊图形→插头镀镍/金→插头贴胶带→热风整平→清洗→网印标记符号→外形加工→清洗干燥→检验→包装→成品。

全板电镀是在双面覆铜箔层压板上，电镀铜至规定厚度，然后用丝网印刷或光化学方法进行图像转移，得到抗腐蚀的正相电路图像，经过腐蚀再去除抗蚀剂制成印制板。

全板电镀法又可细分为堵孔法和掩蔽法。用掩蔽法制作双面印制板工艺流程如下。

双面覆铜箔板→下料→钻孔→孔金属化→全板电镀加厚→表面处理→贴光→光致掩蔽型干膜→制正相导线图形→蚀刻→去膜→插头电镀→外形加工→检验→印制阻焊涂料→焊料涂覆热风整平→印制标记符号→成品。

上述方法的优点是工艺简单，镀层厚度均匀性好。缺点是浪费能源，制造无连接盘通孔印制板困难。

### 1.1.4 印制线路制造行业术语

#### 1. 试样（Test Coupon）

试样是以时域反射计测量所生产的 PCB 板的特性阻抗是否满足设计需求。一般要控制的阻抗有单根线和差分对两种情况。所以，试样上的走线线宽和线距（有差分对时）要与所要控制的线一样。最重要的是测量时接地点的位置。为了减少接地引线（Ground Lead）的电感值，时域反射计探棒（Probe）接地的地方通常非常接近量信号的地方（Probe Tip）。所以试样上测量信号的点跟接地点的距离和方式要符合所用的探棒。

#### 2. 金手指（Gold Finger）

在线路板板边节点镀金（Edge-connction），也就是我们经常说的金手指，用来与连接器（Connector）弹片，进行压迫接触而导电互连。这是由于黄金永远不会生锈，且电镀加工又非常地容易，外观也好看，故电子工业的接点表面几乎都要选择黄金。线路板金手指上的金的硬度在 140 Knoop 以上，以便卡插拔时确保耐磨效果，故一向采用镀硬金的工艺。其镀金的厚度平均为在  $30\mu\text{ in}$ 。但在封装基板（Substrate）上设有若干镀金的承垫，用来在芯片板 COB（Chip On Board）晶片间，以“打金线”（Wire Bond，一种热压式熔接）的办法互连，故另需使用较软的金层与金线融合，一般金的硬度在 100 Knoop 以下，称为软金，其品质要求较硬金更为严格。此外，镀金层具有焊锡性与导热性，故也常用于焊点与表面散热。

### 3. 硬金 (Hard Gold), 软金 (Soft Gold), 浸金, 化学金

电镀软金是以电镀的方式在电路板上析出镍金, 它的厚度控制较具弹性, 一般适合用于 IC 封装板打线, 金手指或其他适配卡。内存所用的电镀金多数为硬金, 因为必须耐磨, 在化学金方面, 基本上有所谓的浸金和化学金两种, 浸金指的是以置换的方式将金析出于镍表面, 因为是置换方式, 其厚度相当薄且无法继续成长, 而化学金是采用氧化还原的方式将金还原在镍面上, 并非置换, 因此它可以成长得较厚, 一般用于无法拉出导线的电路板, 因为化学金在整体的稳定度上控制较难, 因此较容易产生品质问题, 一般此类应用多集中在焊接方面, 打线方面的应用很少。

### 4. 键槽 (Keying Slot)

在线路板金手指区, 为了防止插错而开的槽。

### 5. 安装孔 (Mounting Hole)

此词有两种意思, 一是指分布在板脚的较大的孔, 是将组装后的线路板固定在终端设备上使用的螺丝孔, 二是指插孔焊接零件的脚孔。后者也称 Insertion Hole, Lead Hole。

### 6. 层压板 (Laminate)

指用来制造线路板用的基材板, 也叫覆铜板 CCL (Copper Claded Laminates)。

### 7. 玻璃纤维 (Prepreg)

也称为树脂片, 半固化片。

### 8. 丝网 (Silk Screen)

网板印刷, 用聚酯网布或不锈钢网布当载体, 将正负片的图案以直接乳胶或间接版膜方式转移到网框的网布上形成的网板, 作为对线路板印刷的工具。

### 9. 网板印刷 (Screen Printing)

是指在已有图案的网布上, 用刮刀挤压出油墨, 将要转移地图案转移到板面上, 也叫“丝网印刷”。

### 10. 网印能力 (Screen Ability)

指网板印刷加工时, 其油墨在刮压的作用下具有透过网布的镂空部分, 而顺利漏到板上的能力。

### 11. 焊锡凸块 (Solder Bump)

为了与线路板的连接, 在晶片的连接点处须做上各种形状的微“焊锡凸块”。

### 12. 减成法 (Subtractive Process)

将基材上部分无用的铜箔减除掉, 而制成线路板的做法称为“减成法”。

### 13. 表面装配零件 (Surface-mount Device, SMD)

不管是否具有引脚, 或封装是否完整的各式零件, 凡能够利用锡膏作为焊料, 而能在板面焊盘上完成焊接组装者皆称为 SMD。

### 14. 表面装配技术 (Surface Mount Technology, SMT)

是利用板面焊盘进行焊接或结合的组装技术, 有别于采用通孔插焊的传统的组装方式, 称为 SMT。

### 15. 薄基材 (Thin Core)

指多层板的内层。

### 16. 通孔插装 (Through Hole Mounting)

指早期线路板上各零件的组装, 皆采用引脚插孔及填锡方式进行, 以完成线路板上的互连的方式。

### 17. 板翘 (Twist)

板面对角线方向的角落发生变形翘起, 称为板翘。其测量的方法是将板的三个角贴紧台面, 再测量翘起的角的高度。

## 1.2 印制线路的发展

印制线路板的设计、制造技术以及基材上的变革, 除受到电子产品设计的变化影响外, 近年来, 更大的一个推动力就是半导体以及封装技术的快速发展, 以下就这两个产业发展对 PCB 产业发展趋势的影响进行关联性的探讨。

目前电子产品不断向轻薄短小, 高功能化、高密度化、高可靠性、低成本化发展, 最典型的就是个人计算机的演变以及通信技术的革新, 为了配合电子产品的革新, 电子组件也有了极大的变化, 多脚数、小型化、SMD 化及复杂化是发展的关键所在。

### 1. 半导体器件的变化趋势

对半导体而言, 尺寸的细密化与功能的多元化促使半导体制造本身的需求随之升高。而近来信息的多媒体化, 尤其是高品质图像的传输需求日益增加, 如何在有限的空间内放入更多的功能组件, 成为半导体制造的最关键问题。以往由于电子产品单价高, 需求相对也不是非常多, 使用寿命则要求较长, 应用领域较受限制; 而今天电子产品更加个人化、机动化、全民化以及高速化, 并且作为消耗品, 以往制订的标准已不符实际需要。尤其以往简单半导体产品多用导线架封装, 较复杂的产品则采用陶瓷或金属真空包装, 在整体成本及导电性上尚能满足早期需求, 如今为了低单价, 高传输速率、高脚数化需求, 整体封装产业的形态必将随之改观。

## 2. 电子技术对印制线路板的影响

早期电路板只作为母板及适配卡的载板的格局势必因为电子产品的不断发展而调整，并被赋予全新的观念，即：“电路板是辅助电子产品发挥功能的重要组件；电路板是一种促使各构装组件有效连接的构装”。

电路板的形态极多，举凡能承载电子组件的配置电路载体都可称为电路板。一般情况下人们将电路板分为刚性（Rigid）及柔性（Flexible）两种。随着电子零件的多元化、组件的连接方式分类也愈加复杂。随之而来的是电路板角色界定变得模糊不清，例如内引脚粘结（Bonding，就是一种电路板与半导体直接连接的方式）以及多芯片组件 MCM（Multi-chip Module，是多芯片装在一小片电路板或封装覆铜板上的一种组合结构）。界限的模糊化促使电路板家族增加了许多不同的产品功能，除发挥电路板的功能外，同时也达到如下的构装基本目的。

- 传导电能（Power Distribution）
- 传导信号（Signal Connection）
- 散热（Heat Dissipation）
- 组件保护（Protection）

电路板在高密度化后，由于信号加速、电力密集也将与构装一并考虑，因此整体电路板与构装的相关性越来越高。

## 3. 印制线路板技术发展趋势

从两方面探讨现在及未来 PCB 制作过程技术的发展方向：

（1）朝高密度，细线，薄形化发展，这是国内正在努力的目标，甚至超越了 IPC 尖端板的定义。Build-up 是解决此类问题一个很好的方式。

（2）封装基板的应用，传统四面扁平封装（QFP 封装）方式，在超过 208 脚的情况下，其次品率会升高很多，因此 Motorola 于六、七年前发展出了“球阵列封装（Ball Grid Array）”的方式，到今天可说球阵列封装已稳定其领先地位，虽然陆续有不同的设计与应用涌现，但仍不脱离其架构。国内 PCB 制造方面规模较大的厂商已陆续和国外签约授权及技术转移制造球阵列封装（BGA）。下面把 IC 封装内引脚接合（ILB）、外引脚焊接（OLB）的方式与基底（Substrate）的性能要求进行对照。

① 球阵列封装（BGA）覆铜板：半导体因接点增多而细密化，封装的形态也由线发展为面的设计，因此有所谓从外围（Peripheral）到阵列（Array）的趋势，行业内对封装的使用一般认为每平方英寸若接点在 208 点以下可使用导线架，若超出则应使用其他方式（如 TAB 或 BGA、PGA、LGA 等，此类封装都属阵列式封装）。不论此板的结构为几层板，若其最后封装形态是此种结构，我们就称其为球阵列封装（BGA）。当然，如果一片覆铜板上有多于一块芯片的封装，则它就是多芯片组件（MCM）型的球阵列封装，目前球阵列封装主要的用途是个人计算机的芯片组、绘图及多媒体芯片、CPU 等。

② 芯片级封装 CSP（Chip Scale Package）覆铜板：对于随身型及轻薄型的电子配件，更细致化的封装及更薄的包装形式有其必要性。封装除走向数组化外，也走向接点距离细密化，CSP 的定义是“最后封装面积 < 芯片面积×1.2”，一般来说芯片级封装 CSP 的外观大多是球

阵列封装(BGA)的形式。由此可以看出,芯片级封装CSP只是一种封装的定义,并不是一种特定的产品。目前主要的应用以低脚数的产品为主,例如内存等芯片许多都是以此方法封装,对高脚数而言则有一定的困难度,目前应用并不普遍。

③ 加成式电路板(Build-up Process): Build-up是一种板子的形式与做法,如今对电路板“轻、薄、短、小、快、多功、整合”的需求越来越强,高密度是电路板发展的必然趋势,尤其在特定的产品上,加成式有其一定的优势,为促使高密度化实现,加成式电路板引入了激光技术、光阻技术、特殊电镀技术、填孔技术等,以架构出高密度的电路板形态。

④ 覆晶覆铜板(Flip Chip Substrate): 封装在连接的形式上分为内引脚接芯片(ILB,即 Inner Lead Bond)与外引脚接电路板(OLB,即 Outer Lead Bond),OLB如球阵列封装的球、引脚网格阵列(PGA)的脚(Pin)、引导功能性需求分配矩阵(Lead-frame)型封装的引导等,形式十分多样化。ILB则主要只有三类,分别是打金线类(Wire Bonding Type)、自动组装胶卷类(Tape Automation Bonding)、覆晶类(Flip Chip Bonding)。覆晶类覆铜板因接点密度高,因此覆铜板绕线空间极有限,未来在应用上难以避免要用到高密度技术,因此成为另一支持发展的产品。

目前先进的PCB技术与集成电路封装技术(IC Package)的结合应用也已经开始。

## 习 题

1. PCB制造技术发展的历史可划分为几个时期?
2. 印制线路如何分类?
3. 加成法工艺都有哪些分类?
4. 什么是减成法?什么是全板电镀?

## 第2章 覆铜板

如图 2-1 所示是覆铜板的规格和种类,印制线路板是以覆铜板作为原料而制造的电气产品或电子产品的重要组件,故从事电路板制造行业必须对覆铜板有所了解:有哪些种类的覆铜板?它们是如何制造出来的?使用于何种产品?它们各有哪些优缺点?如此才能选择适当的覆铜板。

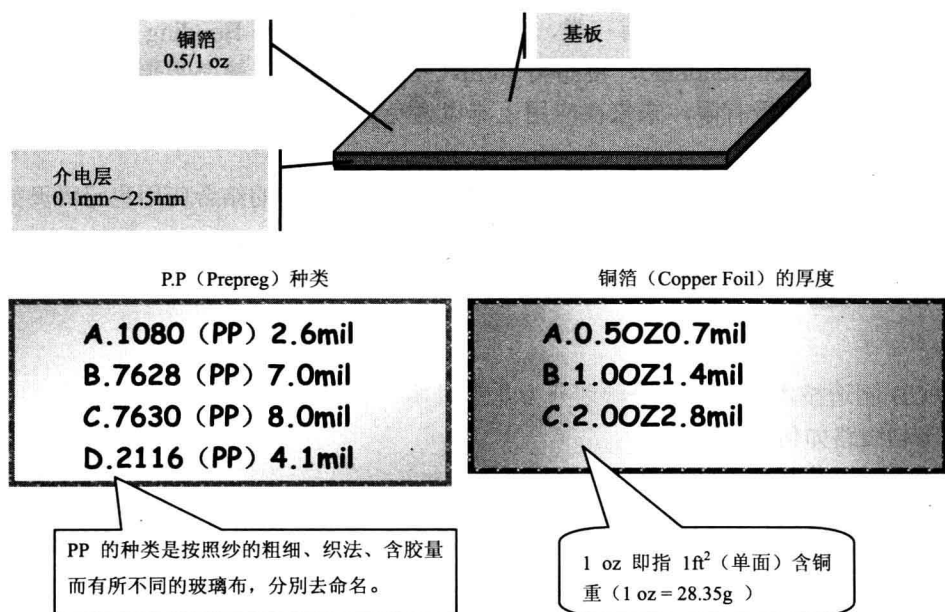


图 2-1 覆铜板的规格和种类

覆铜板工业是一种基础材料工业,是由介电层及高纯度的导体所构成的复合材料,其所牵涉的理论和实践难度不亚于电路板本身的制作。以下针对这两个主要材料进行深入浅出的探讨。

### 2.1 覆铜板的介电层

#### 2.1.1 树脂 (Resin)

目前已用于线路板的树脂类别很多,如酚醛树脂 (Phenolic)、环氧树脂 (Epoxy)、聚亚酰胺树脂 (Polyamide)、聚四氟乙烯 (简称 PTFE 或称 Teflon),  $\beta$ -三氮树脂 (简称 BT) 等 (皆为热固型的树脂)。