

《电子封装技术工艺综合实验》实验讲义

实验一 半导体光刻实验

一、实验目的

- 1、掌握基本的半导体光刻实验步骤；
- 2、利用光刻和刻蚀将掩模板上的图形转移到衬底，完成图形转移；
- 3、掌握相关光刻实验的设备的使用。

二、实验原理

2.1 光刻原理及其作用

光刻就是将掩膜上的几何图形转移到覆盖在半导体晶片表面的对光照敏感的薄膜材料（光致刻蚀剂）上去的工艺过程。这些图形确定集成电路中的各个区域，如注入区、接触窗口区、压焊区等。由光刻工艺确定的抗蚀剂图形并不是最后器件的构成部件，仅是电路图形的印模，为了制备出实际的电路图形，还必须再一次把抗蚀剂图形转移至抗蚀剂下面组成器件的材料层上，也就是使用能够对非掩膜部分进行选择去除的蚀刻工艺来实现图形转移。因此光刻工艺是蚀刻工艺的前道工序，光刻对象是光照敏感的光致抗蚀剂，而蚀刻对象是能与蚀刻剂发生反应的器件材料层，如下图的光刻流程图所示。光刻原理与照相相似，不同的是半导体晶圆代替了照相底片，光刻胶代替了感光涂层。光刻胶主要成分是高分子有机物，在光照下有机物分子结构发生变化，进而使光刻胶性质发生变化，在与显影液接触时发生不

同的反应，部分被溶解，部分被保留下来，由此完成图形由掩模板向光刻胶的转移。

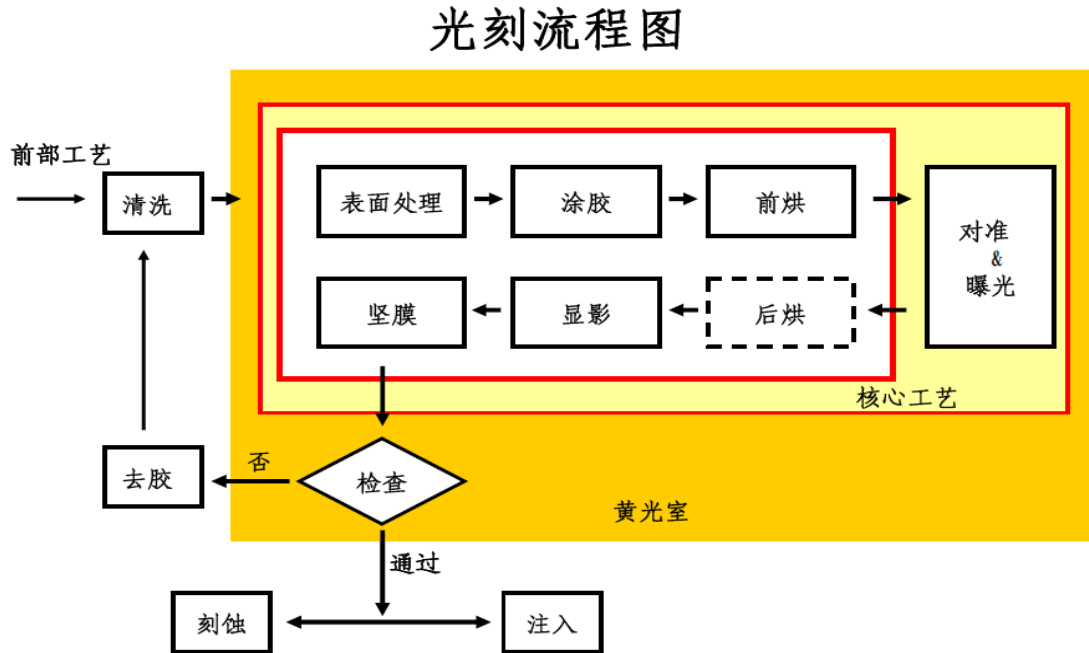


图 1 光刻工艺步骤

2.2 光刻胶的介绍

光刻胶是一种有机化合物，受紫外曝光后，在显影溶液中的溶解度会发生变化。晶片制造中所用的光刻胶通常以液态涂在硅片表面，而后被干燥成胶膜。主要有正负两种性质的光刻胶。

负性光刻胶：负性光刻胶在曝光后硬化变得不能溶解。

正性光刻胶：正性光刻胶曝光后软化变得可溶。

2.3 光刻主要流程介绍

1、表面处理

晶圆容易吸附潮气到它的表面。光刻胶黏附要求要严格的干燥表面，所以在涂胶之前要进行脱水烘焙和黏附剂的涂覆。脱水烘焙的温度通常在 140 度到 200 度之间。有时还要用到黏附剂，黏附剂通常使

用 HMDS（六甲基二硅胺脒）。表面处理的主要作用是提高光刻胶与衬底之间的粘附力，使之在显影过程中光刻胶不会被液态显影液渗透。

2、匀胶

匀胶时避免灰尘、小颗粒进入胶层，否则会造成有杂质的区域因没有胶膜保护而被腐蚀掉；如果正好发生在条形台面上，会直接影响这部分的特性参数。在湿度大的季节，为保证光刻胶与基片附着牢固，有时将片子放入表面处理剂中浸泡以增加粘附性能。

3、前烘

目的是蒸发掉胶中的有机溶剂成分，使晶圆表面的胶固化。这个过程中胶中的溶剂基本被蒸发掉，因而通常情况下胶的厚度会变薄（大约减少 25%）。光刻胶固化，温度要适当，大约 90~100 度，时间 20 分钟左右。

4、曝光

曝光灯的光强会随着工作时间的延长而逐渐下降，应定期监控光强密度。光强太弱，使曝光时间不充分，在显影的时候容易留有底膜、线条边缘不齐整。光强太强，显影速度太快，不容易控制图形。因此要通过多次实验（曝光和显影），确定合适的曝光时间。

曝光能量=光强密度 X 曝光时间。

5、显影

用化学显影液将曝光造成的光刻胶的可溶解区域溶解就是光刻胶的显影，其主要目的就是把掩膜版的图形准确复制到光刻胶中。常见的显影液有 NaOH (Shipley 351), KOH (Shipley 606), TMAH

(Shipley CD-26, MF-321, OCG 945)等。需要注意的是：所有的这些显影液都会刻蚀铝显影时间要适当，时间长了，会造成过显影，线条宽度变窄、边缘坡度大、不整齐，腐蚀时容易钻蚀；显影时间短，容易显不干净，留有底膜。显影后一定要把残留显影液、光刻胶、底膜等漂洗干净，否则腐蚀时会出现腐蚀深度不均匀。采用等离子去胶机处理底膜，保证显影后没有被光刻胶覆盖的区域表面干净。

6、检查

显影后在显微镜下检查显影质量，除了检查上述内容外，对于二次光刻氧化层还要看套刻是否准确，否则漂掉光刻胶，重新涂胶光刻。

7、后烘

温度过高，会使胶变形、边缘不陡直，造成腐蚀后线条宽度变窄、边缘不平直。

8、腐蚀

腐蚀台面深度：器件类型不同，腐蚀深度要求不同。

腐蚀氧化层：显微镜观察呈灰白色，条形边缘要平直，开孔条宽在台面宽度之中。

9、去胶

去胶后也许仍有光刻胶底膜或胶粒，必须完全清除干净。如果一次光刻后处理不到位，会使后面氧化层薄膜淀积附着性变差，会造成解理时起皮；如果二次光刻后处理不到位，会使后面P面TiPtAu薄膜淀积附着性变差，同样会造成解理时起皮、欧姆接触电阻变大。使用等离子去胶必须通过实验控制好能量，否则会破坏外延材料表面。

10、对版

一次光刻对版时要注意对准晶向，保证外延片的切边与掩膜版上的竖线条垂直，即保证管芯解理时正好解理 110 自然解理面。如果晶向未对准，会造成解理困难、无法形成很好的谐振腔、管芯特性差。

二次光刻对版时要保证与一次光刻的图形套合准确，保证氧化层覆盖好条形台面的边缘，以防电流从条形下面流入，造成分流，使工作电流增加、可靠性变差。设计光刻版时，加入对版标记，可以加快对版速度、保证套合准确。

11、光刻版保养

光刻版不能有划痕和污物，光刻版的损伤会直接造成图形的不完整、露光等，对片子成品率造成直接影响。保管时注意不要被划伤，每次对版前必须彻底清洗，使用脱脂棉蘸少许洗涤液在去离子水下一边冲洗一边轻轻顺线条擦拭版表面，最后用大量的去离子水冲洗干净。

三、实验设备

实验设备：匀胶机、光刻机、烘烤机、划片机、四探针仪等。

实验材料：硅片、光刻胶、光刻掩模板。

四、实验步骤

步骤 1：硅片前烘去除水份，80 摄氏度保温 10 分钟；

步骤 2：用旋涂工艺涂上光刻胶；

匀胶机使用方法

1. 将设备电源和真空泵电源打开。

2. 将设备旋转盘保护上盖旋开，选择好需要加工晶元配套的吸盘，将吸盘放在匀胶电机轴套上，注意吸盘的方向，务必放稳，放平。
3. 将硅片放到吸盘上，并点胶。
4. 打开控制面板上的“真空”按钮，吸盘上形成真空。
5. 将旋转盘保护上盖旋到旋转盘上方，盖好，操作人员手扶旋转保护盘。
6. 选择好匀胶时间和匀胶频率后，按下“匀胶启动”的绿按钮。
7. 待匀胶完全停止后，关闭真空电源取出硅片。

注意

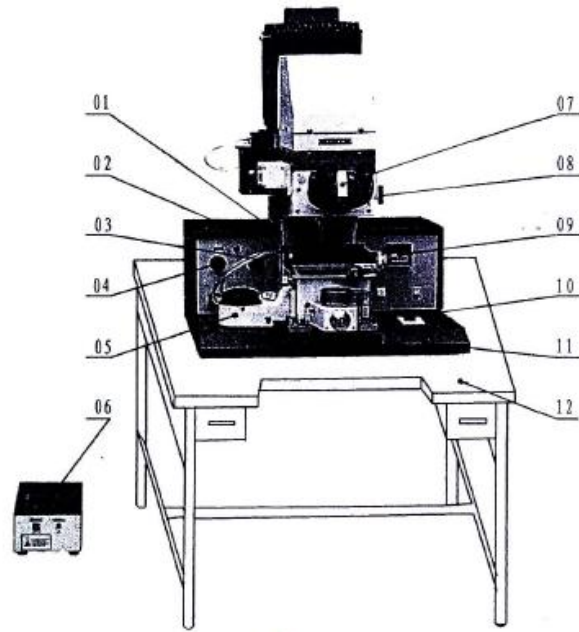
1. 真空泵需要定期加油，注意油面情况，具体参照说明书。
2. 定期清理旋转盘里面残留的胶。
3. “真空”没有按下时，匀胶工作不能进行。

频率和电机转速对照表

变频器输出频率 (Hz)	电机转数 (rpm)
50	2800
60	3360
70	3920
80	4480
90	5040
100	5600
110	6160
120	6720
130	7280
140	7840
150	8400

步骤 3：后烘干，80 摄氏度 20 分钟

步骤 4：硅片对焦后在紫外线下曝光；



(图二)

- | | |
|------------------|-----------------|
| 01. 掩模及载片台组 | 02. 电气控制组 |
| 03. 掩模板真空吸片开关 | 04. 显微镜“亮度”调节旋钮 |
| 05. 吸铁归心装置及归心指示灯 | 06. 汞灯整流器箱 |
| 07. 双目显微镜组 | 08. 显微镜焦距调节旋钮 |
| 09. 曝光时间控制器 | 10. 吸硅片及真空曝光开关 |
| 11. 基座组 | 12. 光刻机操作台 |

光刻机操作程序说明：

(1) 光刻机电源接通后，总电源开关“开”，主机工作指示灯“亮”，汞灯整流器电源接通后，开关“开”，200W 超高压球形汞灯“亮”。15 分钟后，待汞灯发出的光谱稳定后，在承片台的掩模板上，放置照度计的“探头”，光源能量为 7mw 以上，光照度的不均匀性小于 5%，上述两项要求在出厂前已经调整好。光照度的不均匀性还可借助光源调整手轮 X、Y、Z(曝光汞灯散热器两侧)来实现。

(2) 旋转承片台 Z 向带柄手轮，承片轴沿 Z 向下降至极限位置时，升降指示灯“亮”，并将 Z 向微分离手轮(Z 向带柄旋钮前下端)调整至“0”位，此时掩模装夹板可以向左侧移出。

(3) 掩模清洁后，放置于掩模装夹板上，并将掩模的真空吸片阀

开关(图二 / 03)旋至“开”，这时掩模与掩模装夹板之间即产生吸附力，为了防止掩模与硅片之间接触时所产生的顶力，使两者脱开，故在掩模与掩模板上面再加掩模板压圈(备件)，用滚花螺钉(图四 / 09)将掩模与掩模装夹板之间压紧。这样掩模与掩模板装夹板之间不但有真空吸附力，而且还加机械加固，故光刻过程更稳定可靠。

(4)将硅片安置在球形盘的端面上，并将硅片边缘紧靠预定位杆及弦线定位块，按下吸片按钮(图二 / 10)，使球形座面与硅片产生真空吸附力，这时掩模装夹板可以沿着导轨向右侧移入，直至与定位块相碰为止。旋动承片台 Z 向带柄手轮，将承片轴 Z 向上升，当硅片与掩模接触时，再将微分离旋钮(z 向带柄手轮前下端)退回至“3”(即：下降 30 μm)，使掩模与硅片之间有一个微小的间隙(此间隙量也可按操作者需要而定)，安置这个间隙的目的，是便于图形匹配和延长掩模的使用寿命。

(5)调节显微镜焦距(图二 / 08)，使掩模与硅片中的图形视觉最清晰为止。

(6)掩模中的图形与硅片中的图形匹配，是旋动 X 向和 Y 向的手轮来实现的，掩模沿着 X、Y 方向移动。旋转 θ 角手轮(θ ，承片台作旋转运动，从显微镜观察，通过 X、Y、 θ 角的逐步凑近法，直至使掩模中的图形与硅片中的图形相互重合为止。

(7)a. 真空曝光：在承片台左侧设有吸铁盘和归心装置，当需要曝光时，将吸铁盘移至中心位置，到达归心程度时，归心装置的指示灯“亮”，然后再按下控制按钮(图二 / 10 “真空曝光开关”，这

时光刻机进入真空曝光状态), 真空曝光装置的指示灯“亮”, 控制按钮连接在左侧面板内的真空计上, 当硅片与掩模之间的真空到达吸附要求时, 光刻机才能开始真空曝光, 如果承片台不在归心位置, 吸铁盘的指示灯不亮, 按下控制按钮时, 光刻机不进行曝光工作。

b. 分离曝光: 将承片台进行归心操作, 到达归心程度时, 归心装置的指示灯“亮”。然后按下右侧面板上的“分离曝光”按钮, 光刻机就进入“分离曝光”状态, (硅片与掩模间不形成真空腔), 如果承片台不在归心位置, 按下“分离曝光”按钮时, 光刻机不进入曝光状态。

注意事项

1. 开机时, 必须先打开主机电源, 然后再打开汞灯电源; 关机时, 必须先关闭汞灯电源, 然后再关闭主机电源。
2. 汞灯在切断电源或自行熄灭后, 必须将汞灯整流器的电源拨至“关”。待汞灯完全冷却后才能再次起辉, 时间约为 15 分钟左右。
3. 光刻机在使用过程中, 各运动部件如发生故障及机件卡塞等现象, 必须停止使用, 查明原因, 否则将损坏电子元件或机件。
4. 光刻机不使用时, 应罩好防尘罩, 以免灰尘及其它污物侵入光学零件, 影响观察。

步骤 5: 显影去除曝光部分光刻胶, 进行坚膜以增强黏附性;

步骤 6: 显微镜检查;

步骤 7: 用光刻胶做为掩膜干法刻蚀;

步骤 8: 去胶;

五、实验报告

- 1、简述半导体光刻的原理，实验过程。
- 2、分析影响半导体光刻质量的因素。

实验二 引线键合实验

一、实验目的

- 1、通过实验使学生掌握微电子封装技术的应用技能，了解电子封装工艺的基本过程和要求；
- 2、了解金丝键合和铝丝键合基本原理和工艺，掌握两种引线键合基本操作工艺；
- 3、掌握引线键合的材料体系与键合质量进行评价。

二、实验原理

引线键合焊的原理是采用加热、加压和超声等方式破坏被焊表面的氧化层和污染，产生塑性变形，使得引线与被焊面亲密接触，达到原子间的引力范围并导致界面间原子扩散而形成焊合点。

在集成电路和电子器件的芯片与外部引线的连接方法中，引线键合是最主要和最通用的方法。集成电路封装中，芯片先固定于金属导线架上，再以引线键合工艺将细金属线依序与芯片及导线架完成接合。引线键合工艺中所用导电丝主要有金丝、铜丝和铝丝，它们是电子封装业四种重要结构材料之一。引线键合工艺有球形键合与楔形键合两种工艺，键合方式则有热压键合、热声键合和超声键合等。

常用的引线键合方式有三种：热压键合、超声键合和热声键合。

2.1 热压键合焊

热压键合焊是利用加压和加热，使得金属丝与焊区接触面的原子间达到原子的引力范围，从而达到键合目的，常用于金丝的键合。

热压键合的焊头有楔形、针形和锥形几种。焊接压力一般为

50-150g/点，压焊时芯片与压焊头均要加热，约 150°C。通常当芯片加热达 300°C 以上，容易使焊丝和焊区形成氧化层；同时，由于芯片加热温度高，压焊时间一长，容易损害芯片，也容易在高温(>200°C)下形成特殊的金属间化合物，影响焊点的可靠性。由于热压键合焊使金属丝的变形过大而受损，焊点的拉开力过小 (<5g/点)，因此热压键合使用得越来越少。

2.2 超声键合焊

超声键合是利用超声波（60~120KHz）发生器使劈刀发生水平弹性振动，同时施加向下的压力。使得劈刀在这两种力作用下带动引线在焊区金属表面迅速摩擦，引线受能量作用发生塑性变形，在 25ms 内与键合区紧密接触而完成焊接。常用于 Al 丝的键合。键合点两端都是楔形。与热压键合焊相比，由于能充分去除焊接界面的金属氧化层，可以提高焊接质量。焊接强度高于热压焊，可达 10g/点以上。超声焊不需要加热，可在常温下进行。因此对芯片的损伤小，同时可以根据需要调整超声键合能量，改变键合条件来焊接不同直径的焊丝。

2.3 热声键合焊

热声键合焊主要用于 Au 和 Cu 丝的键合。它也采用超声波能量，但是与超声焊不同点的是键合时要提供外加热源、键合丝线无需磨蚀掉表面氧化层。外加热量的目的是激活材料的能级，促进两种金属的有效连接以及金属间化合物（IMC）的扩散和生长。采用热声焊的球形键合技术是最具代表性的引线键合技术。球形键合技术的特点是操作方便、灵活且焊点牢固，压焊面积大，无方向性，故可实现高速自

动化焊接。现代的金丝球键合焊机一般都带有超声功能，从而具有超声键合的优点，也称为热声焊。因此这种热声键合焊广泛用于各类集成电路的焊接中。焊接时衬底仍需要加热（一般为 100°C），压焊时加超声，因此加热温度远低于热压焊。所加的压力一般为 50g/点，与热压相同。

2.4 几种键合技术的比较

表 1 列出了几种键合工艺的特点。

表 1 键合工艺比较

键合原理	压力	温度	超声能	引线材料	焊盘
热压键合	高	300-500°C	无	金、铜	铝、金、铜
超声键合	低	25°C	有	金、铝	铝、金、铜
热声键合	低	100-150°C	有	金、铝、铜	铝、金、铜

迄今为止，对引线键合的原理及超声是通过什么方式影响键合过程的还没有一个统一的完全有根据的理论。但可以确定的是超声键合的本质属于固态连接过程，但过程的原理尚不清楚。一般认为连接机理是将弹性机械振动能转换为摩擦能和形变能在静压力的共同作用下表面氧化膜破碎，新生成的表面相互接近到原子间引力能够发生作用的距离从而实现连接材料界面的冶金结合。但从文献看，超声键合过程温度的测量结果有很大的偏差，一般在 80-300°C 之间。根据扩散定律计算表明在此温度范围内在 20-30ms 的时间内，固相界面发生的热扩散尚不足以导致达到冶金连接的程度。

2.5 键合工艺

(1) 球形键合工艺

图 1 是球形键合工艺过程。将键合引线垂直插入毛细管劈刀的工具中，引线在电火花作用下受热熔成液态，由于表面张力的作用而形成球状，在视觉系统和精密控制下，劈刀下降使球接触晶片的键合区，对球加压，使球和焊盘金属形成冶金结合完成焊接过程，然后劈刀提起，沿着预定的轨道移动，称作弧形走线，到达第二个键合点（焊盘）时，利用压力和超声能量形成月牙式焊点，劈刀垂直运动截断金属丝的尾部。这样完成两次焊接和一个弧线循环。

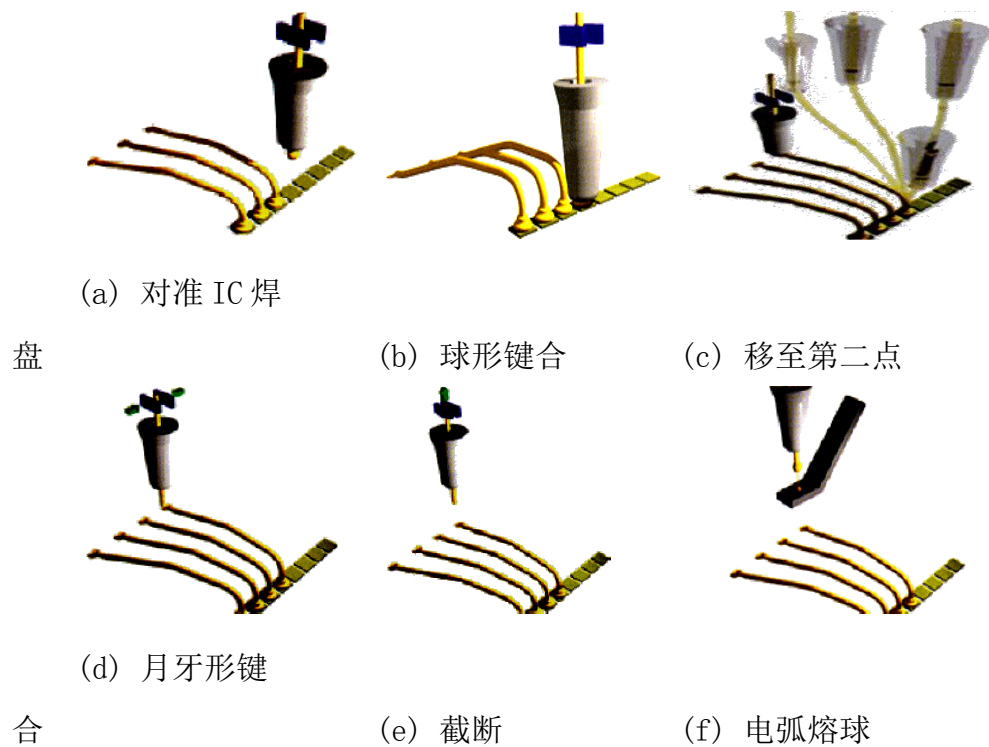


图 1 球形键合工艺步骤

(2) 楔形键合工艺

图 2 是楔形键合工艺过程。将金属丝穿入楔形劈刀背面的一个小孔，丝与晶片键合区平面呈 $30-60^\circ$ 角。当楔形劈刀下降到焊盘键合区时，劈刀将金属丝压在焊区表面，采用超声或热声焊实现第一点的键

合焊，随后劈刀抬起并沿着劈刀背面的孔对应的方向按预定的轨道移动，到达第二个键合点（焊盘）时，利用压力和超声能量形成第二个键合焊点，劈刀垂直运动截断金属丝的尾部。这样完成两次焊接和一个弧线循环。

图 3 为球形键合与楔形键合互连的实例照片。

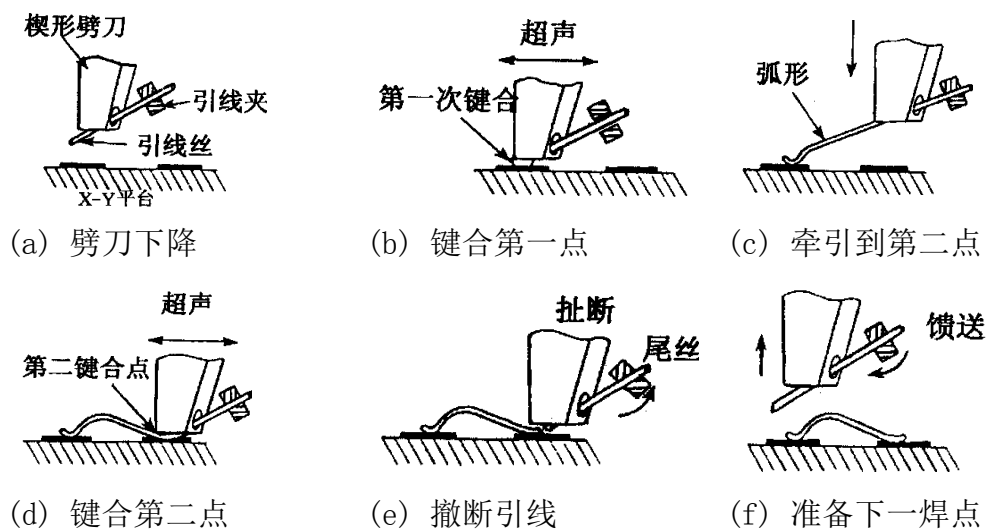


图 2 楔形键合工艺步骤

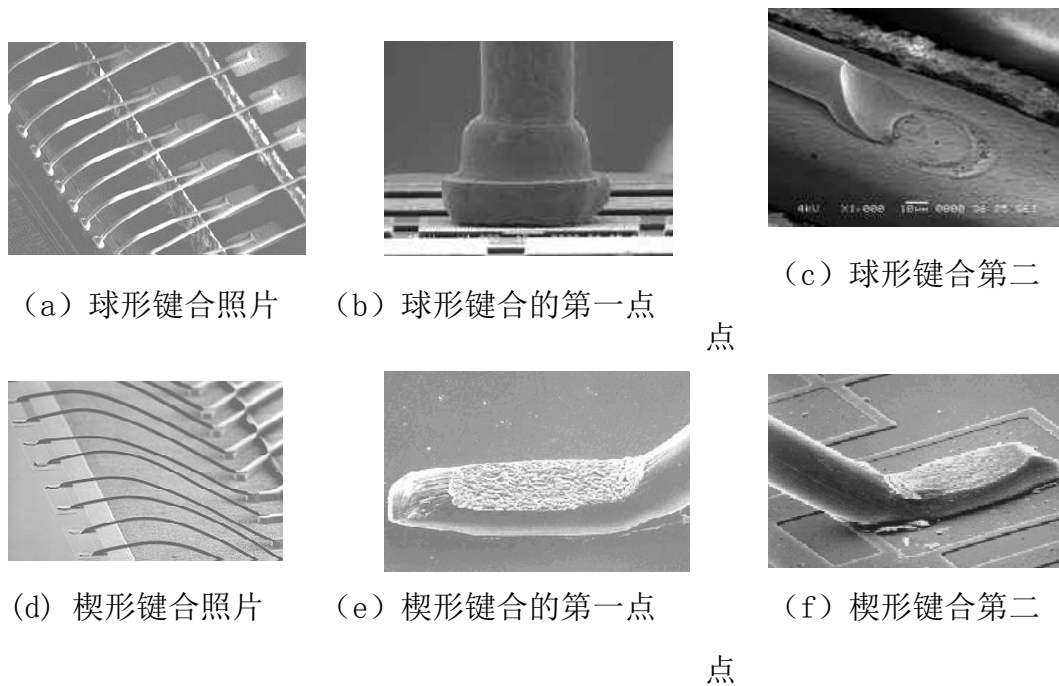


图 3 球形键合与楔形键合照片

(3) 键合工艺比较

表 2 列出了球形键合与楔形键合的特点。

表 2 球形与楔形键合的比较

键合形式	键合方式	劈刀结构	引线材料	焊盘	键合速度
球形键合	热压、热声	毛细管	金、铜	铝、金、铜	10 线/秒 (热声)
楔形键合	热声、超声	楔形	金、铜、铝	铝、金、铜	4 线/秒

三、实验仪器设备

金丝球焊机、铝丝焊线机、显微摄像系统。



图 4 YT129 铝丝焊线机



图 5 YT2102 型金丝球焊机

四、实验方法和步骤

1、调试

同时按下操纵盒的“操纵”键和机器右面板上的复位键三秒钟以上，焊头架自动超程复位到最高位（原始位置），将准备焊接的线路板（PCB 板）平整的放在工件夹上，移动操纵盒，让钢嘴对准 PCB 板，然后按一下“操纵”键，完成工作高度的自动检测。

2、一焊

根据自己的视力调节显微镜的位置，让双眼都能清楚地看到 PCB 板，移动操纵盒，使钢嘴对准 PCB 板的焊盘，按下操纵盒的“操纵”键，钢嘴下压，放开即完成一焊。可以看到 PCB 板上有焊点出现，也可以看到连着的丝线。

注意：操作时按着“操纵”键不放移动操纵盒寻找合适的位置，放开后才发生焊接。

3、二焊

在右面板的“高度”、“调整”旋钮可以调节引线的高度和跨度，移动操纵盒，使钢嘴对准 PCB 板的焊盘，按下操纵盒的“操纵”键，即完成二焊，可以观察到一根完整的引线在 PCB 板上。

4、记忆功能的介绍

将开关切到“自动”，在一焊接后，机器会根据已设定的已焊跨距自动完成二焊。

5、评估

对引线键合点进行测力分析。

五、实验思考题

通过实验分析影响键合质量的因素以及不同引线键合工艺在工业的应用范围。

实验三 回流焊接实验

一、实验目的

- 1、掌握回流炉各温区的温度设定的方法；
- 2、掌握封装元器件贴片的方法；
- 3、找出影响回流温度曲线的原因。

二、实验原理

回流焊的基本原理比较简单，它首先对 PCB 板的表面贴装元件（SMD）焊盘印刷锡膏，然后通过自动贴片机把 SMD 贴放到预先印制好锡膏的焊盘上。最后，通过回流焊接炉，在回流焊炉中逐渐加热，把锡膏融化，称为回流（Reflow），接着把 PCB 板冷却，焊锡凝固，把元件和焊盘牢固地焊接到一起。在回流焊中，焊盘和元件管脚都不融化。这是回流焊（Reflow Soldering）与金属融焊（Welding）的不同。

回流焊又称再流焊，它是通过重新熔化预先放置的焊料而形成焊点，在焊接过程中不再添加任何焊料的一种焊接方法。回流焊机分为有铅回流焊机和无铅回流焊机。传统锡铅焊料的回流焊峰值温度最高约为 225℃，采用 SnAgCu 焊料时的峰值温度约为 245℃，它们与回流焊的危险温度 260℃（热敏感元件的最高允许温度）分别相差 35℃ 及 15℃，无铅化使回流焊工艺窗口收窄约 57%，这要求回流炉不仅要有很好的热传导性能，使不同热容量的元器件、PCB 在回流时的表面

温差达到最小，而且必须控温精确。为此，目前主流回流焊炉普遍采用热风对流式，多温区控制，温区数最大可达上下各 12~15 温区。温区越多，越有利于回流曲线的精确调整和控制，满足温度爬升和下降变陡的要求。无铅回流焊炉一般还设置了 2 个以上强制对流冷却温区，有的还采用了分层气流冷却系统，使回流焊接的冷却也处于受控状态。为了防止高温下焊膏的氧化，PCB、元器件的氧化变色等问题，无铅回流焊炉还设置了氮气保护，可以明显改善焊点的外观和可靠性，但相应成本增加。回流曲线一般由预热区、保温区、再流区、冷却区等几大温区组成，同时各大温区又可分成几个小温区。无铅回流焊机比有铅回流焊机具有更多的温区，其焊接工艺更复杂。

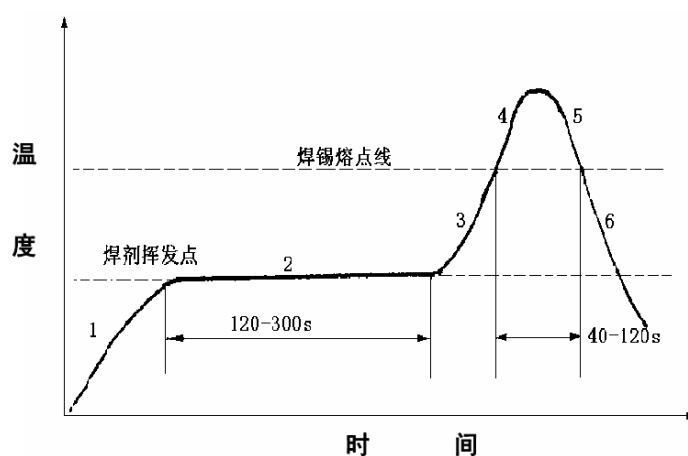


图 2 回流曲线示意图

1) 预热区

指由室温升至 120-150° C 的区域，升温速度一般为 1-3° C/s。该段可使 PCB 和元器件预热，同时焊膏中的溶剂缓慢挥发，以防焊膏发生塌落和焊料飞溅。升温过快可能造成对元器件的伤害，比如会引起多层陶瓷电容器开裂，同时还可能造成焊料飞溅，形成焊料球以

及焊料不足的焊点。太慢，锡膏会感温过度，没有足够的时间使 PCB 达到活性温度。

2) 保温区

指温度维持在 150°C 至焊料熔点之间的区域，通常时间为 60-120s。该段主要是为了保证 PCB 及其组装的元器件在回流前温度尽可能达到一致，特别是对 PCB 板较大、元器件品种多的场合，保温时间要取上限，否则容易由于 PCB、元器件温度不均匀造成冷焊、芯吸、桥连等缺陷。同时，焊膏中的活化剂开始作用，清除元器件焊接面或引脚、焊盘、焊粉中的氧化物及污染物，获得“清洁”的表面准备回流熔化。不过，焊盘、焊膏、元器件焊接面在加热和风吹的条件下更易于氧化，保温时间太长，焊膏中的活化剂可能消耗完，反而使回流性能变差，特别是在目前越来越多地采用无卤素、免清洗焊膏的情况下。

3) 再流区

指温度超过焊膏中焊料熔点的区域，对于 Sn63Pb37，常用的温度为 $210-225^{\circ}\text{C}$ 。此时焊膏中的焊料开始熔化，呈流动状态，对焊盘和元器件焊脚发生润湿，产生冶金结合。润湿作用导致焊料进一步扩展。回流区温度太高，加热时间过长，PCB 板及元器件易造成损坏；反之，回流区温度过低，加热时间过短，焊料熔化不充分，焊接效果不好，会产生虚焊、冷焊等焊接缺陷。回流区的时间通常为 60-120s，PCB 板越大、元器件越多，时间越长。确定回流时间的原则是必须保证热容最大的元器件发生良好的焊接。

4) 冷却区

指降温时温度低于焊料熔点的区域。此时，液态焊料发生凝固，形成光亮的焊点，提供良好的电接触和机械结合。冷却段曲线一般同回流区升温段晶面对称。冷却速度太大，可能造成焊点区域热应力较大，引起裂锡、脆化；冷却速度过小，焊点表面可能产生渣剂结晶或被吹皱，表面粗糙，不美观。

1、加热因子

在生产上，调整一个组装板的回流温度曲线是一件较为烦琐的工作，并且还缺乏定量化的依据。通常，对较为复杂的组装板，可以通过适度提高保温和回流温度、或延长保温和回流时间使组装件温度均匀、回流充分，从而减少外观缺陷。但是，有时这样的组装板表面上看起来焊点外观良好，实际由于在高温停留的时间过长或经受的温度太高，会造成器件的机械和电性能变差、焊点可靠性下降。这种隐患在生产中无法察觉，而经用户一段时间的使用后才显示出可靠性问题，给用户造成无法挽回的损失。为此，提出一个描述回流温度曲线好坏程度的量化参数——“加热因子”，通过它来指导回流温度曲线的调整，以达到提高焊接质量和产品可靠性的目的。

定义加热因子 Q_{η} 为回流温度曲线在液相线上的温度 $T(t)$ 对时间 t 的积分，相当于曲线在液相线上的面积：

$$Q_{\eta} = \int_{t_1}^{t_2} (T(t) - T_m) dt$$

其中， $(t_2 - t_1)$ 为液相线上停留的时间。将它进一步简化为一

个三角形，底为 $\Delta t = t_2 - t_1$ ，高为 $\Delta T = T_{\max} - T_m$ ，即

$$Q_\eta = \frac{1}{2} \Delta t \cdot \Delta T$$

对于共晶 SnPb 合金， $T_m = 183^\circ \text{C}$ ，则：

$$Q_\eta = \frac{1}{2} (t_2 - t_1) (T_{\max} - 183)$$

深入的了解回流焊就必须从焊锡膏的作用原理和焊接过程中发生的物理化学变化入手。锡膏的成分主要锡铅合金的粉末和助焊剂混合而成。在受热的条件下，融化的焊锡材料中的锡原子和焊盘或焊接元件（主要成分是铜原子）的接触界面原子相互扩散，形成金属间化合物（IMC），首先形成的 Cu_6Sn_5 ，称 n-phase，它是形成焊接力的关键连接层，只有形成了 n-phase，才表示有真正的可靠焊接。随着时间的推移，在 n-phase 和铜层之间中会继续生成 Cu_3Sn ，称为 ϵ -phase，它将减弱焊接力量和减低长期可靠性。在焊点剖面的金相图中，可以清楚地看到这个结构。

当锡膏至于一个加热的环境中，锡膏回流分为五个阶段：

首先，用于达到所需粘度和丝印性能的溶剂开始蒸发，温度上升必需慢（大约每秒 3°C ），以限制沸腾和飞溅，防止形成小锡珠，还有，一些元件对内部应力比较敏感，如果元件外部温度上升太快，会造成断裂。

助焊剂活跃，化学清洗行动开始，水溶性助焊剂和免洗型助焊剂都会发生同样的清洗行动，只不过温度稍微不同。将金属氧化物和某些污染从即将结合的金属和焊锡颗粒上清除。好的冶金学上的锡焊点

要求“清洁”的表面。

当温度继续上升，焊锡颗粒首先单独熔化，并开始液化和表面吸锡的“灯草”过程。这样在所有可能的表面上覆盖，并开始形成锡焊点。

这个阶段最为重要，当单个的焊锡颗粒全部熔化后，结合在一起形成液态锡，这时表面张力作用开始形成焊脚表面，如果元件引脚与 PCB 焊盘的间隙超过 4mil，则极可能由于表面张力使引脚和焊盘分开，即造成锡点开路。

冷却阶段，如果冷却快，锡点强度会稍微大一点，但不可以太快而引起元件内部的温度应力。

理想的曲线由四个部分或区间组成，前面三个区加热、最后一个区冷却。炉的温区越多，越能使温度曲线的轮廓达到更准确和接近设定。大多数锡膏都能用四个基本温区成功回流。

2、锡膏回流温度曲线设定

作温度曲线的第一个考虑参数是传输带的速度设定，该设定将决定 PCB 在加热通道所花的时间。典型的锡膏制造厂参数要求 3~4 分钟的加热曲线，用总的加热通道长度除以总的加热感温时间，即为准确的传输带速度。

接下来必须决定各个区的温度设定，重要的是要了解实际的区间温度不一定是该区的显示温度。显示温度只是代表区内热敏电偶的温度，如果热电偶越靠近加热源，显示的温度将相对比区间温度较高，热电偶越靠近 PCB 的直接通道，显示的温度将越能反应区间温度。

预热阶段的目的是把锡膏中较低熔点的溶剂挥发走。锡膏中助焊

剂的主要成分包括松香，活性剂，黏度改善剂，和溶剂。溶剂的作用主要作为松香的载体和保证锡膏的储藏时间。预热阶段需把过多的溶剂挥发掉，但是一定要控制升温斜率，太高的升温速度会造成元件的热应力冲击，损伤元件或减低元件性能和寿命，后者带来的危害更大，因为产品已流到了客户手里。另一个原因是太高的升温速度会造成锡膏的塌陷，引起短路的危险，尤其对助焊剂含量较高（达 10%）的锡膏。

均热阶段的设定主要应参考焊锡膏供应商的建议和 PCB 板热容的大小。因为均热阶段有两个作用，一个是使整个 PCB 板都能达到均匀的温度（175℃左右），均热的目的是为了减少进入回流区的热应力冲击，以及其它焊接缺陷如元件翘起，某些大体积元件冷焊等。均热阶段另一个重要作用就是焊锡膏中的助焊剂开始发生活性反应，增大焊件表面润湿性能（及表面能），使得融化的焊锡能够很好地润湿焊件表面。由于均热段的重要性，因此均热时间和温度必须很好地控制，既要保证助焊剂能很好地清洁焊面，又要保证助焊剂到达回流之前没有完全消耗掉。助焊剂要保留到回流焊阶段是必需的，它能促进焊锡润湿过程和防止焊接表面的再氧化。尤其是目前使用低残留，免清洗（no-clean）的焊锡膏技术越来越多的情况下，焊膏的活性不是很强，且回流焊接的也多为空气回流焊，更应注意不能在均热阶段把助焊剂消耗光。

回流阶段，温度继续升高越过回流线（183℃），锡膏融化并发生润湿反应，开始生成金属间化合物层。到达最高温度（215℃左右），

然后开始降温，落到回流线以下，焊锡凝固。回流区同样应考虑温度的上升和下降斜率不能使元件受到热冲击。回流区的最高温度是由 PCB 板上的温度敏感元件的耐温能力决定的。在回流区的时间应该在保证元件完成良好焊接的前提下越短越好，一般为 30-60 秒最好，过长的回流时间和较高温度，如回流时间大于 90 秒，最高温度大于 230 度，会造成金属间化合物层增厚，影响焊点的长期可靠性。

冷却阶段的重要性往往被忽视。好的冷却过程对焊接的最后结果也起着关键作用。好的焊点应该是光亮的，平滑的。而如果冷却效果不好，会产生很多问题诸如元件翘起，焊点发暗，焊点表面不光滑，以及会造成金属间化合物层增厚等问题。因此回流焊接必须提供良好的冷却曲线，既不能过慢造成冷却不良，又不能太快，造成元件的热冲击。

三、实验设备

实验设备：焊膏印刷机、贴片机、回流炉、回流曲线记录仪；

实验材料：焊膏、元器件、印刷钢网板、刮刀。

四、实验步骤

- 1、学习掌握炉温设定的方法和步骤；
- 2、设定好回流曲线，运行回流炉和回流曲线记录仪，检查回流曲线是否满足实验要求；
- 3、在试验板上印刷焊膏，贴装元器件，放入回流炉中回流；
- 4、变回流曲线，重新印刷焊膏，贴装元器件，放入回流炉中回流；

5、光学观察并比较两次焊接的质量。

五、实验思考题

根据所给材料，如何选择回流曲线，如何确定具体实验参数，写出实验结果分析和心得体会。

实验四 导电胶封装实验

一、实验目的

- 1、掌握导电胶的组成和导电机理；
- 2、了解 RFID 的相关知识。

二、实验原理

1、导电胶的组成

导电型胶粘剂，简称导电胶，是一种既能有效地胶接各种材料，又具有导电性能的胶粘剂。导电胶粘剂包括两大类分为各向同性导电胶（ICA, Isotropic Conductive Adhesive）和各向异性导电胶（ACA, Anisotropic Conductive Adhesives）。ICA 是指各个方向均导电的胶粘剂；ACA 则不一样，如 Z-轴 ACA 是指在 Z 方向导电的胶粘剂，而在 X 和 Y 方向则不导电。



图 1 导电胶

导电胶按基体组成可分为结构型和填充型两大类。结构型是指作为导电胶基体的高分子材料本身即具有导电性的导电胶；填充型是指通常胶粘剂作为基体，而依靠添加导电性填料使胶液具有导电作用的导电胶。目前导电高分子材料的制备十分复杂、离实际应用还有较大

的距离，因此广泛使用的均为填充型导电胶。在填充型导电胶中添加的导电性填料，通常均为金属粉末。由于采用的金属粉末的种类、粒度、结构、用量的不同，以及所采用的胶粘剂基体种类的不同，导电胶的种类及其性能也有很大区别。目前普遍使用的是银粉填充型导电胶。而在一些对导电性能要求不十分高的场合，也使用铜粉填充型导电胶。

导电胶主要是由热固性的环氧树脂和导电粒子组成，环氧树脂是一种高聚物，具有粘弹性，在固化过程中由液态转变为固态，产生体积收缩，同时将会产生一定的应力从而使导电粒子接触形成导电通路。

由于导电胶的基体树脂是一种胶黏剂，可以选择适宜的固化温度进行粘接，如环氧树脂胶黏剂可以在室温至 150℃ 固化，远低于锡铅焊接 200℃ 以上的焊接温度，这就避免了焊接高温可能导致的材料变形、电子器件的热损伤和内应力的形成。同时，由于电子元件的小型化、微型化及印刷电路板的高密度化和高度集成化的迅速发展，铅锡焊接的 0.65mm 的最小节距远远满足不了导电连接的实际需求，而导电胶可以制成浆料，实现很高的线辨率。而且导电胶工艺简单，易于操作，可提高生产效率，也避免了锡铅焊料中重金属铅引起的环境污染。所以导电胶是替代铅锡焊接，实现导电连接的理想选择。

导电胶的导电机理

导电胶的导电作用通常被认为是通过两种形式实现的：①通过导电填料间的直接接触产生传导；②通过导体之间的电子跃迁，即隧道(tunnel)效应，产生传导。通常条件下，导电填料在聚合物基体中并

不能形成完全的均匀分散，部分颗粒互相接触，形成链状导电通道。另一部分以孤立体或小团聚体的形式存在，不参与导电。但在电场作用下，相距很近的粒子上的电子，能借热振动越过势垒而形成较大的隧道电流。如果被粘接材料之间的导电胶层很薄，接近填料粒子尺寸，也可以直接通过粒子导电。这种情况一般应用于各向异性导电胶中。

固化过程

导电胶的固化分为热固化、光固化和光热双重化等方式。固化的实质是粘接剂发生固化反应，使胶体充分交联。例如环氧树脂的固化，就是使环氧树脂本身聚合而生成体形或网状结构产物。环氧分子可以和金属氧化物、陶瓷、玻璃等上的氧原子共享氢质子而形成氢键结合，增加其粘合力。对导电胶进行固化时，温度应缓慢升高。某些导电胶，如果要提高粘接强度，可采取加温加速固化，同时，要在其固化温度下预固化一定时间。为获得导电性能和老化性能的最佳匹配，导电胶的固化程度应该加以控制，固化程度太高或太低都无法得到最佳效果。

用于 SMT 时对胶的要求是在相对较高的温度下，在很短的时间内迅速固化。贴片胶的强度要求较低，一般 10MPa 左右即可，因为它只是起一个固定作用，结构强度主要由焊接来保证；而导电胶的强度则较高，应不小 15MPa 才能保证其可靠性，同时由于要求具有较低的体积电阻，必须加入较多的导电性填充材料，这对其强度降低也较多。

导电胶的性能指标：

通常认为电子封装用导电胶应满足以下条件：

体电阻率：$1 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$;

剪切强度：>15 Maps;

老化实验:老化前后体电阻率、剪切强度变化<20%。

目前导电胶已广泛应用于液晶显示屏(LCD)、发光二极管(LED)、集成电路(IC)芯片、印刷线路板组件(PCBA)、点阵块、陶瓷电容、薄膜开关、智能卡、射频识别等电子元件和组件的封装和粘接,有逐步取代传统的锡焊焊接的趋势。

无线射频识别技术简介

无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, 简称 RFID)是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据。

电子标签即为 RFID 有的称射频标签、射频识别。它是一种非接触式的自动识别技术,通过射频信号识别目标对象并获取相关数据,识别工作无须人工干预,作为条形码的无线版本, RFID 技术具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点。

应用 RFID 技术组成的自动识别系统称为 RFID 系统。RFID 系统主要由三部分组成:

(1) 电子标签(Tag): 由 IC 芯片及一些耦合元件组成, 标签含有内置天线, 用于和射频天线间进行通信;

(2) 阅读器(Reader, 也叫读写器): 读取电子标签信息的设备。许多阅读器还带有附加的接口 RS232 或 RS485 等与外部计算机

(上位机主系统)连接，进行数据交换；

(3) 计算机：进行数据管理。

其基本原理是利用射频信号和空间耦合（电感或电磁耦合）或雷达反射的传输特性，实现对被识别物体的自动识别。



图2 RFID中导电胶互连

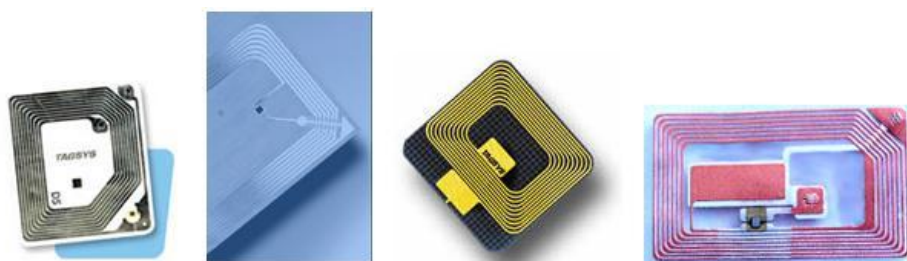


图3 成品的RFID标签

三、实验仪器设备

设备：电焊台、RFID 阅读器。

材料：ACA 导电胶、天线、IC 芯片。

四、实验方法和步骤

1、点胶放入芯片

在天线的回路缺口处点少量的 ACA 导电胶，然后在将芯片放到导电胶上。注意胶不要放入太多，芯片的凸点分别位于天线缺口的两端。

2、加热加压

将焊头加热到 200℃，对芯片施加一定的压力。时间 10-20 秒。

3、检测

将制好的 RFID 标签放到阅读器工作区域，阅读器会自动搜索射频信号，检测电路是否通路，有信号阅读器会发出‘滴滴’的报警声，电脑中也会显示出芯片的型号以及容量信息。

4、应用

利用阅读器自带的软件可以对芯片进行数据写入和读取，完成简单的电子钱包的功能。

五、实验思考题

通过实验简述影响导电胶封装的因素有哪些？

实验五 电路板制作实验

一、实验目的

- 1、掌握印制电路的基础知识，了解印制电路板的基本制造方法；
- 2、设计印制电路板；
- 3、掌握印制电路板制作工艺，制作印制电路板。

二、实验原理

印制电路板(PCB)是电子元器件的载体和实现电器互连的基板。PCB的功能为提供完成第一层级构装的组件与其它必须的电子电路零件接合的基地，以组成一个具特定功能的模块或成品。所以 PCB 在整个电子产品中，扮演了整合连结总其成所有功能的角色，也因此时常电子产品功能故障时，最先被质疑往往就是 PCB。

PCB 种类及制法

在材料、层次、制程上的多样化以适合不同的电子产品及其特殊需求。以下就归纳一些通用的区别办法，来简单介绍 PCB 的分类以及它的制造方法。

PCB 种类以材质分有

- a. 有机材质 酚醛树脂、玻璃纤维/环氧树脂等皆属之；
- b. 无机材质 铝、覆铜板、陶瓷等皆属之。以结构分单面板、双面板，多层板。

制造方法介绍

- a. 减除法；
- b. 加成法，又可分半加成与全加成法。

印制电路板生产制造过程

印制板的制造工艺发展很快,不同类型的不同要求的印制板要采用不同的制造工艺,但在这些不同的工艺流程中,有许多必不可少的基本环节是类似的。

1、底图胶片制版

在印制板的生产过程中,无论采用什么方法都需要使用符合质量要求的 1:1 的底图胶片(也称原版底片,在生产时还要把它翻拍成生产底片)。获得底图胶片通常有两种基本途径:

一种是利用计算机辅助设计系统和光学绘图机直接绘制出来;另一种是先绘制黑白底图,再经过照相制版得到。

(1) CAD 光绘法

就是应用 CAD 软件布线后,把获得的数据文件用来驱动光学绘图机,使感光胶片曝光,经过暗室操作制成原版底片。CAD 光绘法制作的底图胶片精度高、质量好,但需要比较昂贵、复杂的设备和一定水平的技术人员进行操作,所以成本较高,这也是 CAD 光绘法至今不能迅速取代照相制版法的主要原因。

(2)照相制版法

达到印制板的设计尺寸用绘制好的黑白底图照相制版,版面尺寸通过调整相机的焦距准确,相版要求反差大、无砂眼。整个制版过程与普通照相大体相同,具体过程不再详述。

2、图形转移

把相版上的印制电路图形转移到覆铜板上,称为图形转移。具体

方法有丝网漏印、光化学法等。

(1) 丝网漏印法

用丝网漏印法在覆铜板上印制电路图形，与油印机在纸上印刷文字相类似，如图 1 所示。

在丝网上涂敷、粘附一层漆膜或胶膜，然后按照技术要求将印制电路图制成镂空图形(相当于油印中蜡纸上的字形)。现在，漆膜丝网已被感光膜丝网或感光胶丝网取代。经过贴膜(制膜)、曝光、显影、去膜等工艺过程，即可制成用于漏印的电路图形丝网。漏印时，只需将覆铜板在底座上定位，使丝网与覆铜板直接接触，将印料倒入固定丝网的框内，用橡皮刮板刮压印料，即可在覆铜板上形成由印料组成的图形。漏印后需要烘干、修版。

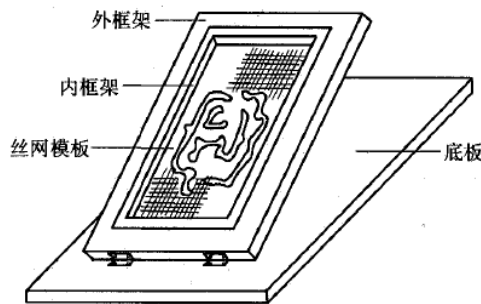


图 1 丝网漏印

漏印机所用丝网材料有真丝绢、合成纤维绢和金属丝三种，规格以目为单位。常用绢为 150~ 300 目，即每平方毫米上有 150~ 300 个网孔。绢目数越大，则印出的图形越精细。丝网漏印多用于批量生产，印制单面板的导线、焊盘或版面上的文字符号。这种工艺的优点是设备简单、价格低廉、操作方便，缺点是精度不高。漏印材料要求耐腐蚀，并有一定的附着力。在简易的制板工艺中，可以用助焊剂和阻焊

涂料作为漏印材料。即先用助焊剂漏印焊盘，再用阻焊材料套印焊盘之间的印制导线。待漏印材料干燥以后进行腐蚀，腐蚀掉覆铜板上不要的铜箔后，助焊剂随焊盘、阻焊涂料随印制导线均留在板上，这是一种简捷的印制电路板的制作工艺。

(2) 直接感光法(光化学法之一)

直接感光法适用于品种多、批量小的印制电路板生产，它的尺寸精度高，工艺简单，对单面板或双面板都能应用。直接感光法的主要工艺流程如图 2 所示。

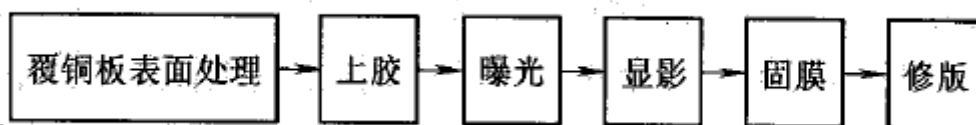


图 2 直接感光制板法的主要工艺流程

1) 表面处理

用有机溶剂去除覆铜板表面上的油脂等有机污物，用酸去除氧化层。通过表面处理，可以使感光胶在铜箔表面牢固地粘附。

2) 上胶

在覆铜板表面涂覆一层可以感光的液体材料(感光胶)。上感光胶的方法有离心式甩胶、手工涂覆、滚涂、浸蘸、喷涂等。无论采用哪种方法，都应该使胶膜厚度均匀，否则会影响曝光效果。胶膜还必须在一定温度下烘干。

3) 曝光(晒版)

将照相底版置于上胶烘干后的覆铜板上，置于光源下曝光。光线通过相版，使感光胶发生化学反应，引起胶膜理化性能的变化。曝光

时，应该注意相版与覆铜板的定位，特别是双面印制板，定位更要严格，否则两面图形将不能吻合。

4) 显影

曝光后的板在显影液中显影后，再浸入染色溶液中，将感光部分的胶膜染色硬化，显示出印制板图形，便于检查线路是否完整，为下一步修版提供方便。未感光部分的胶膜可以在温水中溶解、脱落。

5) 固膜

显影后的感光胶并不牢固，容易脱落，应使之固化，即将染色后的板浸入固膜液中停留一定时间。然后用水清洗并置于 100 — 120℃ 的恒温烘箱内烘干 30 — 60min，使感光膜进一步得到强化。

6) 修版

固膜后的板应在化学蚀刻前进行修版，以便修正图形上的粘连、毛刺、断线、砂眼等缺陷。修补所用材料必须耐腐蚀。

(3)光敏干膜法。这也是一种光化学法，但感光材料不是液体感光胶，而是一种由聚酯薄膜、感光胶膜、聚乙烯薄膜三层材料组成的薄膜类光敏干膜。干膜的使用方法如下：

1)覆铜板表面处理

清除表面油污，以便干膜可以牢固地粘贴在板上。

2)贴膜

揭掉聚乙烯保护膜，把感光胶膜贴在覆铜板上，一般使用滚筒式贴膜机。

3)曝光

将相版按定位孔位置准确置于贴膜后的覆铜板上进行曝光，曝光时应控制光源强弱、曝光时间和温度。

4)显影

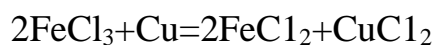
曝光后，先揭去感光胶膜上的聚醋薄膜，再把板浸入显影液中，显影后去除板表面的残胶。显影时，也要控制显影液的浓度、温度及显影时间。

3、化学蚀刻

蚀刻在生产线上也俗称烂板。它是利用化学方法去除板上不需要的铜箔，留下组成焊盘、印制导线及符号等的图形。为确保质量，一蚀刻过程应该严格按照操作步骤进行，在这一环节中造成的质量事故将无法挽救。

(1)蚀刻溶液

常用的蚀刻溶液为三氯化铁(FeCl_3)。它蚀刻速度快，质量好，溶铜量大，溶液稳定，价格低廉。蚀刻机理为氧化一还原反应。方程式如下：



此外，还有适用于不同场合的其他类型的蚀刻液，如：

酸性氯化铜蚀刻液($\text{CuCl}_2\text{-NaCl-HCl}$)；

碱性氯化铜蚀刻液($\text{CuCl}_2\text{-NH}_4\text{Cl-NH}_3\text{H}_2\text{O}$)；

过氧化氢一硫酸蚀刻液($\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$)等。

大量使用蚀刻液时，应注意环境保护，要采取措施处理废液并回收废液中的金属铜。

(2)蚀刻方式

浸入式

将板浸入蚀刻液中，用排笔轻轻刷扫即可。这种方法简便易行，但效率低，对金属图形的侧腐蚀严重，常用于数量很少的手工操作制板。

1)泡沫式

以压缩空气为动力，将蚀刻液吹成泡沫，对板进行腐蚀。这种方法工效高，质量好，适用于小批量制板。

2)泼溅式

利用离心力作用将蚀刻液泼溅到覆铜板上，达到蚀刻目的。这种方式的生产效率高，但只适用于单面板。

3)喷淋式

用塑料泵将蚀刻液压送到喷头，呈雾状微粒高速喷淋到由传送带运送的覆铜板上，可以进行连续蚀刻。这种方法是目前技术较先进的蚀刻方式。

4、孔金属化与金属涂覆

(1)孔金属化 双面印制板两面的导线或焊盘需要连通时，可以通过金属化孔实现。即把铜沉积在贯通两面导线或焊盘的孔壁上，使原来非金属的孔壁金属化。金属化了的孔称为金属化孔。在双面和多层印制电路板的制造过程中，孔金属化是一道必不可少的工序。

孔金属化是利用化学镀技术，即用氧化一还原反应产生金属镀层。基本步骤是：先使孔壁上沉淀一层催化剂金属(如把)，作为在化学镀

铜中铜沉淀的结晶核心，然后浸入化学镀铜溶液中。化学镀铜可使印制板表面和孔壁上产生一层很薄的铜，这层铜不仅薄而且附着力差，一擦即掉，因而只能起到导电的作用。化学镀铜以后进行电镀铜，使孔壁的铜层加厚并附着牢固。

孔金属化的方法很多，它与整个双面板的制作工艺相关，大体上，有板面电镀法、图形电镀法、反镀漆膜法、堵孔法、漆膜法等等。但无论采用哪种方法，在孔金属化过程中都需下列各个环节：钻孔、孔壁处理、化学沉铜、电镀铜加厚。

1)外观:孔壁金属层应完整、光滑、无空穴、无堵塞。

2)电性能:金属化孔镀层与焊盘的短路与断路;孔与导线间的孔线电阻值。

3)孔的电阻变化率:环境例行试验(高低温冲击、浸锡冲击等)后,不得超过 5%-10%。

4)机械强度(拉脱强度):即孔壁与焊盘的结合力应超过一定值。

5)金相剖析试验:检查孔的镀层质量、厚度与均匀性,镀层与铜箔之间的结合质量等

(2)金属涂覆。为提高印制电路的导电、可焊、耐磨、装饰性能,延长印制板的使用寿命,提高电气连接的可靠性,可以在印制板图形铜箔上涂覆一层金属。金属镀层的材料有金、银、锡、铅锡合金等等。涂覆方法可用电镀或化学镀两种。

电镀法可使镀层致密、牢固、厚度均匀可控,但设备复杂、成本高。此法用于要求高的印制板和镀层,如插头部分镀金等。

化学镀虽然设备简单、操作方便、成本低，但镀层厚度有限且牢固性差。因而只适用于改善可焊性的表面涂覆，如板面铜箔图形镀银等。

三、实验仪器设备

设备：STR-CBJ 线路板裁板机，STR-FII 环保型快速制板系统，手动绿油机，线路板烘干箱

耗材：显影液，蚀刻液，感光绿油，感光线路板，

工具：毛刷，塑胶平底浅盆，

四、实验方法和步骤

1) 单面板的制作

1、图形设计输出

利用 PROTEL 或其他 PCB 设计软件进行线路图设计，将设计好的线路板图形通过打印机打印出来。




2、选板

选择与线路图大小相符的光印板，将光印板取出，利用 STR-CBJ 线路板裁板机，并可根据裁板机上的精确刻度进行裁切。

3、曝光

打开抽屉式曝光系统，将光印板置于真空夹之玻璃上并与吸气口保持 10cm 以上的距离，然后在光印板上放置图稿，图稿正面贴于光印板之上，如为双面板，请将两张原稿对正后将左右两边用胶带贴住，再将光印板插入原稿中，然后压紧真空夹板手，以确保真空。


打开电源开关，显示屏出现功能字幕，

A) 按“”键，选择您所要的功能，如：、

等；

B)按“”、“”、“”来选择功能的开启与关闭，及曝光时间的调整

C)设置好所要的功能后，按“”键，回到主屏幕

D)按“”键，开始曝光，警报声响起后，说明已曝光完成，按任一键返回

设置参数功能先择：上曝光灯：开 下曝光灯：开 抽真空泵：开 曝光时间：

硫酸纸图稿为 60~90 秒；普通 A4 复印纸图稿为 150~190 秒；



图 6 曝光区工作示意图

注意：避免于 30cm 以内直视灯光，如有需要请戴太阳眼镜保护。

电脑绘图、COPY，或照相底片以反向（绘图面与光印膜而接触）为佳。

4、显影操作方法

将上述曝光好的线路板，放入显影机的显影液内，约 1-3S 钟可见绿色光印墨微粒散开，直至线路全部清晰可见且不再有微粒冒起为止，总时间约为 5-20S，否则即为显影液过浓或过稀及曝光时间长短影响，以清水冲洗干净即可热风吹干，进入下一步蚀刻工艺。

5、蚀刻操作方法

把显像完成的光印板用塑料夹夹住，放入蚀刻槽内至完全蚀刻好，全程只须 6-8 分钟，取出用清水洗净，如果要把光印板上的绿色保护层去除，只须用酒精轻轻擦拭即可，或直接放入显影液中也可。

2) 双面板制作

制作双面板时，双面光印板的曝光、显影、蚀刻操作步骤与单面板一致，蚀刻好后再进行防镀、钻孔、及过孔前处理。然后化学镀通孔。成品如图所示。



图 7 制好的双面板

3) 手动绿油工艺流程制作介绍

线路板焊盘图形打印输出

通过 PROTEL 软件或者其他印制板设计软件打开即将制作的 PCB 图,然后打开 PROTEL 中 FILE-PRINT/PREVIEW 后,再选择 TOOLS-CREATE FINAL,即可看到如(图 1)已设计好的线路板底/顶层图形:

如(图 1)左侧可看到 Browse PCBPrint 菜单,选择所需打印的焊盘图形,如果制作单面板,可直接选择 TopSold or Mask Print;如果制作双面板,除选 TopSold or Mask Prin 外,还需选择 Bottom Soldor Mask Print 层;

选好所要的图层,通过喷墨打印机或激光打印机打印出图纸, 图纸选用光印纸即可,菲林纸效果更佳, 但必须保持 PCB 焊盘的完整性, 清晰度。



图 8

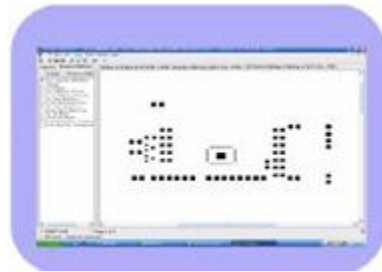


图 9

手动绿油机使用方法

1、绿油调墨

将感光防焊油硬化剂和感光防焊油墨打开, 倒入塑料容器中, 具体的倒入量按要制作的板子面积来衡量, 倒入后用塑料条搅拌均匀。

(如图 3)

两瓶油墨的调配比例为 3: 1

即: 感光防焊油墨 75%; 感光防焊油硬化剂 25%



图 10 感光防焊油硬化剂和感光防焊油墨

2、手动绿油定位及丝网印刷

将手动绿油丝印机 STR-SYJA 上层的铝框丝网抬起, 把已蚀刻好的线路板放置于丝网下, 调好手动丝印位置, 盖上丝网 (如图 4); 然后将调配好的油墨倒少量至丝网上, 可根据板子的面积大小来判断

量，位置最好在板子左边对应来上来的丝网位置上，用硅胶刮板刀进行从左到右依次顺序进行印刷。（如图 12）

注意事项：

- a、丝网距板子的高度须 2~3mm；
- b、油墨要刷均匀，以免影响烘干时间；
- c、为防止割破丝网，请不要使用钢制刮刀；
- d、为避免丝印机大面积沾到油墨，可在板子边上放置一些报纸或薄的废纸，上完油墨后直接丢弃即可，使丝印机保持干净，省却清洗麻烦

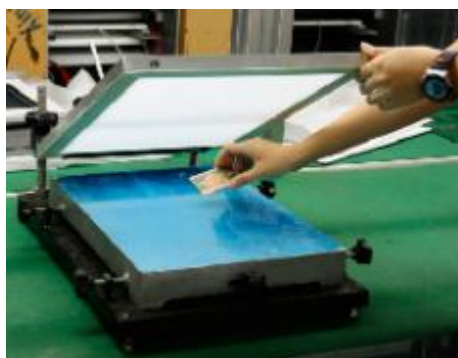


图 11

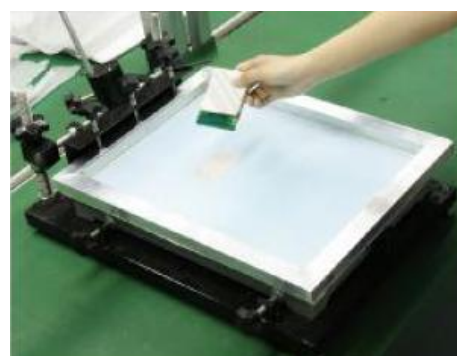


图 12

3、取出已印刷好的线路板

将手动绿油丝印机上层的进口铝框丝网抬起，把印刷好的线路板从中拿出，拿出时可以直接用手。这时板子的单面已经印刷完成，如果只是制作单面板，印刷油墨就已经完成，如果是制作双面板，需要把单面印刷好的板烘干完成后，再进行另外一面的印刷。（如图 13）

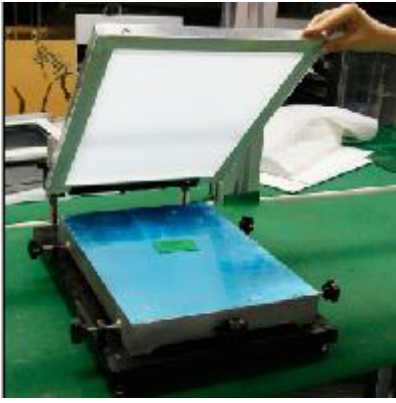


图 13 刷好的 PCB 板

4、线路板烘干

放入专用烘干箱， 烘干后拿出。

单面绿油板烘干时间：60–70 摄氏度，15–20 分钟；

双面绿油板烘干时间：60–70 摄氏度，20–30 分钟。

5、绿油阻焊盘曝光

和 PCB 板曝光操作一样，曝光时间硫酸纸图稿为 300~600 秒；

6、显影

把曝光好的绿油线路板用专用塑料夹子夹住，放入到 STR-FII 设备显影槽中进行显影，显影过程约 2-3Min 左右或观察绿油焊盘表皮脱落情况，视实际操作情况可将线路板取出用毛刷清理。如显影完成后，只需用毛刷清理即可。如果毛刷无法清理时，可以将线路板重新再放入到显影槽中，再进行显影，直到可用毛刷进行清理为止，毛刷清理时轻刷焊盘。

五、实验报告

1、实验目的与内容。

2、叙述实验步骤。

3、对实验的结果进行分析。