

实验一 化学法制作 PCB 线路

【实验目的】

1. 掌握化学法制作 PCB 线路流程
2. 掌握曝光、显影、蚀刻、脱膜原理

【实验原理】

1. 曝光

感光膜主要由感光树脂组成，感光性树脂在吸收光子后，引发化学反应，使高分子内部或高分子之间的化学结构发生变化，从而导致感光性高分子的物性发生变化。以光化学反应机理可分为光交联型、光分解型和光聚合型三大类。

光交联型光敏抗蚀剂中，两个或两个以上的感光分子能够在光照下发生反应，从而互相连接起来。它们的组成有两种形式：一种是感光性化合物和高分子化合物的混合物；另一种是带有感光性基团的高分子。

光分解型抗蚀剂是由含有受光照后容易发生分解的基团如重氮基、重氮醌基和叠氮基等基团的树脂构成。这类树脂可以由含这些基团的小分子化合物和高分子化合物组成，也可以是带有这些基团的高聚物构成。它们是目前印制电路中使用最多的光敏材料。

光聚合型抗蚀剂中的烯类单体在紫外光的作用下，可以相互结合成聚合物。

2. 显影

显影的作用是完成板面感光图形显像工作。未发生交联反应的膜层与显影液进行化学反应形成钠盐而被溶解，而发生交联反应的部分则不参与反应而得以保留。

3. 蚀刻

当印制电路板在完成图形转移之后，要用化学腐蚀的方法去除线路之外的金属部分，以获得所需要的电路图形，这一工艺过程称为蚀刻。各种蚀刻剂对铜箔的蚀刻作用都依靠氧化还原反应的基本原理进行的，在蚀刻液的作用下，金属铜失去电子变为二价铜离子溶解而进入溶液中。有抗蚀层保护的电路图形部分不为蚀刻剂腐蚀被保留下来，得到所需的电路图形。

4. 脱膜

通过较高浓度的 NaOH 溶液将保护线路铜面的抗蚀层溶解，得到所需的铜面图形线路。

【仪器、药品及材料】

1. 仪器

干膜覆膜机 LA400、紫外曝光机 EX300、烧杯、塑料镊子、毛刷

2. 试剂

显影液、蚀刻液、脱膜液

【实验步骤】

1. 贴感光干膜

打开干膜覆膜机加热开关，设置需要的加热温度，待加热至设定温度值后，设置合适的速度、压力。以上条件设置好后，取一块干净的废弃板作为第一块导引板，通常第一块导引板被压的干膜都会有褶皱，然后再取第二块导引板，如果第二块导引板上的干膜无褶皱，可以正式投入板材；如果有褶皱，需要调整导向轮缠绕的聚乙烯膜是否紧贴从动轮以及是否有扭曲。

温度设置：对于感光干膜建议覆膜温度设置为 105℃。温度太低，则膜与铜附着力不强；温度太高，则膜中的溶剂会蒸发，产生刺鼻味道，同时膜的感光能力降低，严重影响干膜性

能。

速度设置：覆膜速度的设置取决于膜的温度系数，使用干膜推荐设定速度为 0.5，速度过高，则产生膜与铜附着力不强；速度过慢，同样会使膜中溶剂蒸发，影响干膜性能。

压力设置：当使用时，摁住向下压力开关，会听见吱吱响，直到不响时，抬起向下压力开关，此时压力为最佳值。

2. 曝光

(1) 首先连接紫外曝光机电源线到市电插座，开启电源，会听到“嘀”的一声提示声，液晶屏显示欢迎界面，约三秒，包括公司及产品信息等，欢迎界面后，进入程序。

(2) 将待曝光材料放置于曝光密闭仓库中，并确保底片对位准确，合上密闭仓上盖，压紧锁扣，推至曝光机内。

(3) 按 AIR 键，启动真空泵，开始抽真空，约 10 秒后，真空表显示数值约为 -0.6 bar，并维持真空状态直到曝光结束。

(4) 设定曝光机工作模式：单面曝光，按+和-进行曝光模式选择，按 ENTER 确定。

(5) 设定曝光时间：曝光时间默认值为 30 秒，根据需要增加+或者减少-曝光时间，按 ENTER 确定时间，再次按 ENTER 后，开始曝光，液晶屏显示剩余曝光时间。

(6) 曝光结束：曝光计时结束，会有蜂鸣提示音提示，直到曝光密闭。

3. 显影

将曝光后的铜板放入显影液中去除未发生交联反应的膜层，可通过用镊子夹住铜板，拨动铜板搅动溶液加速显影速度，直到线路完全显示出来且线条清晰为止。显影完成后水洗洗去残留在铜板上的显影液，避免污染蚀刻液。

4. 蚀刻

将显影后的铜板放入蚀刻液中去除线路以外的铜层，显示出树脂层。为加快反应速率，可将烧杯放到恒温仪中并配合搅动。蚀刻完成后水洗洗去残留在铜板上的蚀刻液，避免污染脱膜液。

5. 脱膜

将蚀刻后的铜板放入脱膜液中去除铜层表面感光干膜，当感光干膜较疏松时可用毛刷刷去。注意脱膜液主要成分为氢氧化钠，操作时务必小心，注意防护。

【预习思考题】

1. 除贴干膜外，还有什么方法涂覆感光膜？各有哪些优缺点？
2. 显影液、蚀刻液和退膜液的常用成分是什么？

阅读材料：光刻胶性能要求

成膜性能：不同的加工过程对光刻胶成膜性能要求具有差异，其中热压印、紫外压印采用的旋涂式制膜对光刻胶的成膜性能要求高，要求对基材具有良好的润湿性、优良的成膜性能、厚度均匀及没有气孔缺陷等。而对于应用在步进式压印和滚动式压印的光刻胶，要求其具有较低的黏度，可通过压印力来补偿涂胶时造成的不均匀，同时要求对基材的润湿性好且易于成膜。

硬度和黏度：硬度影响着光刻胶的可塑性，压印时要求光刻胶的硬度在固化前越小越好，且不能大于模板的硬度，以便压印时不会因压印力太大而造成模板损伤，固化后则要求具有较高硬度，以免脱模时对精细结构造成损伤。黏度则影响着光刻胶的流动性，压印时要求黏度适中，太大则造成光刻胶体系流动性差，且降低了生产效率，太小则又会影响到成膜性能。

固化速度：固化速度直接影响到生产效率，目前根据固化原理可分为热塑性、热固性和

光敏性三种光刻胶，且固化速度也是依次增快，热塑性则为非化学反应固化，速度较慢。而热固性和光敏性光刻胶则具有更快的固化速度，因此现在主要采用热固性和光敏性光刻胶。

抗蚀能力：光刻胶的主要目的是作为抗蚀剂用于微型图形的转移，此过程需要进行选择性蚀刻，即无光刻胶保护的部分被蚀刻，有光刻胶的部分由于其抗蚀能力而被保护，从而达到图形转移的目的。传统的 C-C 键和 C-H 键键能低，所以纯有机材料抗蚀能力弱。而 C-Si 键则具有较高的键能，抗蚀能力强，是目前大家选择的主要材料；在半导体工艺中，通常用含氟等离子体蚀刻硅片，而氟聚合物由于元素相似性，所以选择性很高。

参考文献

[1]赵成阳,魏杰.光刻胶发展概述[J].信息记录材料,2015,16(05):42-49.

实验二 机械法制作 PCB 线路

【实验目的】

1. 掌握机械法制作 PCB 线路流程
2. 了解雕刻机的操作步骤

【实验仪器】

雕刻机

【实验步骤】

1. 开机
 - (1) 给机柜供上 220V 交流电和压缩空气。
 - (2) 打开机柜右侧的红色总开关。
 - (3) 打开计算机。
 - (4) 打开刻板机 DM300 主电源（显示器左下）。
 - (5) 打开 DreamCreaTor 软件（点击桌面的 DreamCreaTor 快捷方式）。
 - (6) 确定电机预热（预热约 22 分钟）。
 - (7) 在弹出的“初始化刀具状态”窗口选择“放弃操作”。
2. 准备工作
 - (1) 新建项目，按默认设置，点击“确定”。
 - (2) 文件导入，点击“LMD 导入”，选择需要的模板文件，再点击“返回”。
 - (3) 在“加工层/刀具”信息栏下拉查看各道工序所需的刀具在刀具信息中是否已添加，并查看雕刻机每个刀座的刀具类型是否与软件刀具信息匹配。
 - (4) 放入板材至雕刻机加工区域。
3. 孔金属化
 - (1) 在“加工层/刀具”信息栏下拉选择“孔金属化”。
 - (2) 将图层拖动到合适的位置，点击“吸尘器”图标。
 - (3) 框选所有孔，点击“加工”信息栏中的“开始”，雕刻机开始钻孔，加工完成后会出现提示框，点击“确定”。
4. 铣顶面图形
 - (1) 在“加工层/刀具”信息栏下拉选择“铣顶面图形”，点击“解锁”图标。
 - (2) 点击菜单栏“设置”，勾选“自动测线宽”。

(3) 在“手动”信息栏点击“试刻区”图标，点击“开始选择”，在图形外选择合适的试刻区。

(4) 框选所有图形，点击“加工”信息栏中的“开始”，当提示是否试刻，选择“是”。试刻之后会弹出线宽测量界面，如果线宽过窄或过宽，则需要进行刀深补偿，每次补偿深度一般选择 $0.05\sim 0.1\text{ mm}$ ，无负号表示加宽，带负号表示减小宽度，选择“继续试刻”，通过多次调节补偿深度达到所需宽度，再点击“开始加工”。每种刀具使用完后系统会自动提示再次试刻。

5. 铣底面图形

(1) 在“加工层/刀具”信息栏下拉选择“铣底面图形”。

(2) 将雕刻机上的板材沿横轴翻转，使其背面朝上，点击“吸尘器”图标。

(3) 任意选择一个孔，在“快捷”信息栏中选择第二行最后一个按钮，将摄像头移动到孔的位置，调节“手动”信息栏四个箭头按钮，使红圈基本与孔重合，在“快捷”信息栏中选择第四行最后一个按钮。在“摄像机定位”窗口选择“自动定位”-“手动选择靶标”，在图形上选择3个合适的孔（包括第一次选择的孔），点击“开始定位”。

(4) 在“手动”信息栏点击“试刻区”图标，点击“开始选择”。

(5) 在图形外选择合适的试刻区，再框选所有图形，点击“加工”信息栏中的“开始”，当提示是否试刻，选择“是”。试刻过程的操作过程与铣顶面图形时相同。

6. 铣外形

(1) 在“加工层/刀具”信息栏下拉选择“铣外形”，点击“镜像”。

(2) 点击“加工”信息栏中的“开始”。

7. 关机

电路板全部做完后，应首先关 DreamCreaTor 控制软件（中间设备归零），做卫生，关掉刻板机电源（显示屏左下角），然后再关电脑主机、机柜总开关。

【预习思考题】

1. 铣底面图形之前为什么要先定位？
2. 对比化学法和机械法绘制线路的优缺点。

实验三 光致抗蚀剂与图形转移

【实验目的】

1. 了解光致抗蚀剂的作用原理及种类；
2. 掌握干膜抗蚀剂的原理及在图形转移上的使用；
3. 掌握使用图形转移相关仪器。

【实验原理】

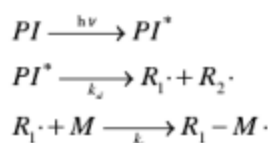
1. 光致抗蚀剂

在集成电路、印制电路板的制作过程中，其中有一道重要的工序就是用具有一定抗蚀性能的感光材料涂覆在覆铜箔板上，然后用光化学反应或“印刷”的方法，把电路底图上的电路图“转印”在覆铜箔板上，这个工艺过程简称为“图形转移”。图形转移后得到的图形分为“正像”和“负像”。在图形转移过程中所使用的抗蚀剂是用感光树脂制成的。感光树脂也称光敏树脂、光致抗蚀剂（简称光刻胶）。

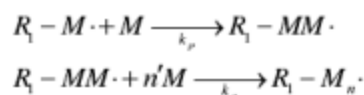
从光化学反应机理来分,光刻胶可分为光交联型、光分解型和光聚合型三大类;而从外部形态,光刻胶又可以分为液体光致抗蚀剂和干膜抗蚀剂两种。

干膜抗蚀剂由聚酯片基,光敏抗蚀胶膜和聚乙烯保护膜组成。其中,光敏抗蚀胶膜由感光性共聚物、粘合剂、光引发剂、增塑剂、稳定剂、着色剂及溶剂等成分组成。作为抗蚀干膜的主要作用成分,感光性共聚物通常为丙烯酸及其酯类,在光引发剂的存在下,经过紫外光照射后,它们会发生聚合,形成不溶于显影液的三维共聚物。其光引发机理如下:

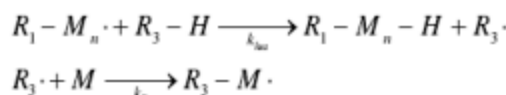
链引发



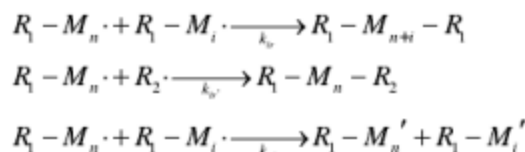
链增长



链转移



链终止



干膜抗蚀剂的关键功能材料是感光性共聚物,它在紫外光的作用下发生聚合,未聚合的齐聚物中含有羧基和酯基,它们都能在碱溶液中溶解,形成相应的盐。因此,它对碱是不稳定的,可用碱性溶液进行显影和去膜。

通常,聚合物的分子量差别越大,在溶剂中其溶解度和溶解速度的差别也越大,一般要求未曝光部分应在 1~2min 内全部溶解,而曝光部分至少应在 5min 以后才有溶胀现象产生。为了保证未曝光部分能在规定的时间内同时全部溶解,不留残胶,这就要求感光胶中的齐聚物的分子量应尽量均匀,才能保证它们具有非常接近的溶解速度。

2. 图形转移

使用干膜贴膜机将覆铜箔板贴上干膜之后,进行曝光、显影、蚀刻等处理,便可得到我们所需要的电路图形。

2.1 曝光、显影

曝光是光刻胶工艺中不可缺少的环节。传统的近紫外光源有高压汞灯、金属卤化物灯、深紫外光源有氙灯、低压汞灯、超高压汞灯、Xe-Hg 短波长弧光灯等。近年来又开发了真空紫外光源的激光体激光。

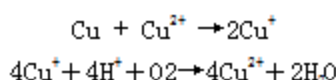
显影机理是光致抗蚀剂层中未感光部分的活性基团与稀碱溶液反应生成可溶性物质而溶解下来,显影时活性基团羧基-COOH 与无水碳酸钠溶液中的 Na⁺作用,生成亲水性集团-COONa,从而把未曝光的部分溶解下来,而曝光部分的干膜不被溶胀。掌握正确的显影时间

对保证显影质量至关重要,如果显影时间不足,未聚合的光致抗蚀剂得不到充分的清洁显影,未感光的光致抗蚀剂残胶可能会留在金属表面,造成蚀刻和电镀后的图形失真。如果显影时间过度,已聚合的光致抗蚀剂层由于与显影液接触时间过长,而发毛、失去光泽,在蚀刻和电镀过程中容量产生图形边缘光致抗蚀剂膜起层或脱落。

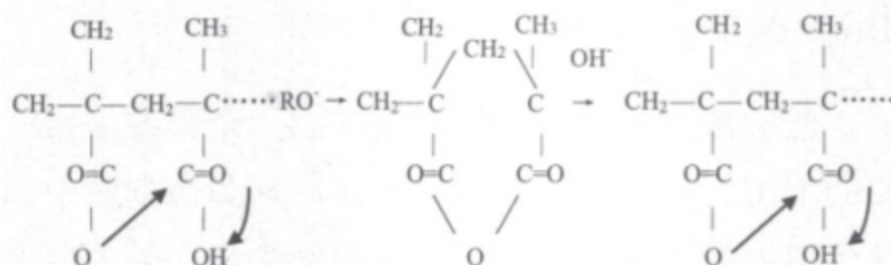
显影中所使用到的掩模板,一般是带由喷墨打印机打印出来的胶片。其中胶片分为光面和粗糙面,在曝光时,需要把粗糙面对已经贴膜的覆铜箔板。

2.2 蚀刻

以酸性蚀刻液为例,其蚀刻机理如下:



蚀刻工艺还包括退膜在内,退膜主要用氢氧化钠 NaOH,其机理是(自催化皂化反应),反应式如下:



【实验仪器、材料】

1. 仪器

洗板刷板机,干膜贴膜机,紫外光曝光机

2. 材料、试剂

感光干膜,带电路图形的胶片,显影液、蚀刻液,脱膜液。

【实验步骤】

1. 贴干膜

将钻孔之后的覆铜箔板放入刷板机中清洗干净,并用吹风机吹干板面剩余水分;打开干膜贴膜机,待温度和压力都到达设定值(温度和压力按设定好的值,不需要修改)后,先放入一块废板进行预贴膜;在废板全部进入贴膜机后,再接着放入干净的覆铜箔板进行贴膜,待覆铜箔板从贴膜机后完全露出时,即刻关闭贴膜机,并用剪刀剪断干膜,取出贴膜后的覆铜箔板,并撕下蓝色的聚乙烯保护膜备用。

2. 曝光

在贴膜后的覆铜箔板平放在桌面上,将打印好的胶片放置于覆铜箔板上(注意胶片的粗糙面对覆铜箔板),将电路图形对准覆铜箔板上的孔的相对位置;调整好胶片位置后,用胶带固定胶片;待双面胶片都固定后,将覆铜箔板放入曝光机中曝光;曝光完成后,取出覆铜箔板备用。(曝光时间按设定时间曝光)

3. 显影

取出曝光后的覆铜箔板,并用夹子夹住;将铜板放入显影液中进行显影;待显影完成后去除铜板,用水将铜板冲洗干净。(显影时间按设备设定时间显影,如若显影效果不佳,则延长显影时间)

4. 蚀刻

将蚀刻后的覆铜箔板放入蚀刻液中蚀刻。(蚀刻温度和时间按设备已设定时间蚀刻,如若蚀刻效果不佳,则延长蚀刻时间)

【预习思考题】

1. 光刻胶的分类与作用原理?
2. 那些物质可以用来蚀刻铜? 反应机理如何?

参考文献

- [1]董岩. 光致抗蚀干膜的制备及性能研究[D]. 华南理工大学, 2012.
- [2]胡全芳. 光致抗蚀干膜介绍[J]. 感光材料, 1982(01):50-53.
- [3]魏玮, 刘敬成, 李虎, 穆启道, 刘晓亚. 微电子光致抗蚀剂的发展及应用[J]. 化学进展, 2014, 26(11):1867-1888.
- [4]赵锋. 浅谈印制板图形转移制作工艺[J]. 舰船电子工程, 2015, 35(02):158-162.
- [5]吴培常, 程静, 陈良. PCB 板酸性蚀刻机理、工艺参数及故障排除[J]. 印制电路信息, 2012(02):31-37.

实验四 PCB 阻焊涂覆制作

【实验目的】

1. 了解 PCB 阻焊制作的原因;
2. 掌握 PCB 阻焊涂覆制作的操作;

【实验原理】

PCB 的阻焊(solder mask,简称 SM), PCB 线路制作完成后通常要印阻焊,因为线路板常用的油墨颜色为绿色,占 PCB 行业的 90%以上,所以阻焊也被称之为绿油。

阻焊的用途分为以下几点:阻止焊接时线路焊盘桥接短路;减少非焊接区域的焊锡损耗;提供永久性的电气环境和抗化学防护层,防止板面受潮和外来损伤;使 PCB 更加美观漂亮。

阻焊油墨从感光性能来区分的话分为感光性油墨和非感光性油墨,我们常用的为感光性油墨。以下为阻焊制作的大概流程:

制作胶片→调配油墨→涂覆油墨→烘干油墨→对板→曝光→显影→冲刷→干燥→除氧化层→擦干

【实验仪器、药品】

1. 实验仪器
丝印阻焊套装,烘箱,紫外双面曝光机,吹风机,烧杯,玻璃棒,托盘
2. 实验药品
油墨主剂,固化剂,显影剂,去氧化剂

【实验步骤】

1. 阻焊涂覆操作

打印胶片。操作 Protel、Altium Designer、CAM 等电路设计软件，喷墨、激光打印机打印阻焊层正像胶片。

调配油墨。把主剂（绿色）和固化剂（白色）按 3:1 的比例加入小塑料杯中，搅拌均匀油墨，使双组分充分混合后，静止 15min 后使用（混合后应在 24h 内使用）。

涂覆油墨。把 PCB 放在网框下，调整网板与板面高度在 3~5mm，注意网板漏印区域与 PCB 板面对正。把搅拌好的油墨平摊在网板始印区（远人端），用刮板向靠近人的方向匀速刮动（刮板角度应为 60°~70°）。同理，可对另一面进行涂覆油墨。

烘干。将涂覆好油墨的 PCB 板放入烘箱，设定烘箱温度为 80℃，烘干 20min。烘干完毕后，冷却至室温，小心取出 PCB 板。

对板。把打印胶片的打印面（药膜面）面对 PCB 板，注意对板的准确性，焊盘过小时可用放大镜检查是否对正，对正后用胶带固定。

曝光。用紫外双面曝光机对 PCB 板曝光 40s。

显影。往托盘中加入适量显影剂和清水，搅拌均匀。取下 PCB 上的胶片，把胶片放入托盘内，用毛刷轻轻刷洗板面，至完全显露焊盘。用清水冲洗板面。

吹干固化。用吹风机把板面吹干，再次放入烘箱中，设定烘箱温度为 150℃，烘 60min，以固化油墨。待烘箱冷却至室温，取出 PCB 板。

除氧化膜。用 10% 去氧化剂配置成清洗液，装入洗瓶，喷洒在板面上以除去铜面上的氧化层。用清水把板面冲洗干净，并用吹风机吹干。完成丝印阻焊操作。

清洗网板。用无尘布蘸取洗网水清洗网板。

2. 字符印刷操作

打印胶片。操作 Protel、Altium Designer、CAM 等电路设计软件，喷墨、激光打印机打印字符层负像胶片。

调配字符油墨。把主剂和固化剂按照 5:1 的比例加入到小塑料杯中，搅拌均匀油墨，使双组分充分混合。

涂覆油墨。用海绵辊沾满油墨，在干净的板面上滚涂。涂层越薄越理想，厚度约 5~12μm。

烘干。放入烘箱，设定烘箱温度 80℃，烘干 20min。待烘箱温度冷却至室温，取出 PCB 板。

对板。把胶片的打印面（药膜面）面对 PCB 板，注意胶片要与板面紧贴对正。

曝光。用紫外双面曝光机曝光 30s。

显影。往托盘中加入适量显影剂和清水，搅拌均匀。取下 PCB 上的胶片，把胶片放入托盘内，用毛刷轻轻刷洗板面，未固化的油墨会被溶解，字符显现出来。用清水冲洗板面，并用吹风机把板面吹干。

固化。把 PCB 板放入烘箱中，设定烘箱温度为 150℃，烘 25min。待烘箱温度降低至室温后，取出 PCB 板，辊轮涂覆字符操作完成。

【预习思考题】

1. 曝光时间是否越长越好？为什么？

实验五 菲林的制作与 PCB 图形转移

【实验目的】

1. 了解图形转移的正像和负像。
2. 掌握菲林的制作。
3. 掌握图形转移的实验操作。

【实验原理】

图形转移是印制电路板生产的一个重要过程，是将照相底片上的电路图像转移到覆铜箔板上的过程，形成一种抗蚀或抗电镀的掩膜图像的过程。抗蚀图像用于“蚀刻工艺”，即用保护性的抗蚀材料在覆铜板上形成正相图像，未被抗蚀剂保护的在随后的化学蚀刻工序中被蚀掉，蚀刻后去除抗蚀层，便得到所需的裸铜电路图像。而抗电镀图像用于图形电镀工艺，即抗蚀材料在覆铜板上形成负相图像，所需要的图像是铜表面，经清洁、粗化，电镀铜或电镀镍金，然后去掉抗蚀层进行蚀刻，电镀的金属保护层在蚀刻工序中起抗蚀作用，最后形成我们需要的图形。

图形转移的基本过程包括：基板前处理→贴干膜→对位→曝光→显影→修板。

图形转移中对位操作需要用到的菲林片可以用喷墨打印机打印出我们所需要的电路图形，也可以利用光绘机和冲片机在含有感光药膜的胶片上绘出所需的电路图形。

【实验仪器、药品】

1. 实验仪器
刷板机，干膜机，紫外双面曝光机，显影蚀刻一体机，光绘机，冲片机，烧杯，玻璃棒
2. 实验药品
显影剂

【实验步骤】

1. 图形转移的操作

刷板。打开刷板机的开关，打开辊轮开关和水开关，把准备好的基板慢慢从刷板机的入板端推进基板，然后从出板端回收基板，用无尘布把板面的水分擦干并用吹风机吹干（确保基板的孔内完全干燥）。

贴干膜后及曝光前的操作须在黑暗环境下或者无紫光环境下进行。

贴干膜。准备一张同等大小的废板。打开干膜机开关，等待干膜机的压辊预热，等加热到指定温度时，先将废板从入板口推进干膜机，等废板完全进入后，紧接着把基板推进干膜机。等基板完全从干膜机后方的出板口露出，即停止贴膜，用剪刀把连接的干膜剪断。

对板。准备好带有图形的菲林胶片，直接把菲林与贴膜后的基板对齐。（可通过图形上的孔位与基板的孔对齐）并用胶带把菲林固定在基板上。

曝光。将基板放入紫外双面曝光机的曝光台上。打开开关，设定曝光时间。

显影。摘下菲林胶片，用夹子夹住基板，放入显影蚀刻一体机的显影槽位内，打开显影操作的开关，设定显影时间。

修板。对着菲林胶片的图形，检查显影后的电路图案有无瑕疵，若有，可用尖刀修剪图案。

2. 菲林制作

打开光绘机及电脑，打开光绘机的软件，选择所需电路图形，然后对同一菲林上图形进行排版。

关闭实验室灯光，关闭电脑显示器，打开抽气机开关，拿出带药膜的菲林片，将菲林的药膜片朝下，放入光绘机的滚动轮处，小心对齐，慢慢推动滚轮使菲林被滚轮完全吸住。

在电脑软件上点击开始绘图。

把光绘完成的菲林片放入冲片机的入片口，打开冲片机的开关，设定冲片的参数，启动冲片机的滚轮，把菲林推入，等待完成冲片。

【预习思考题】

1. 贴干膜时为什么要先进一块废板？

实验六 PCB 物理性能的检测

【实验目的】

1. 了解 PCB 的物理性能及其作用。
2. 掌握对 PCB 物理性能检测的操作
3. 了解 PCB 物理性能的提高措施。

【实验原理】

1. 利用盐雾试验机测试电路板的耐腐蚀性能。

盐雾试验是一种主要利用盐雾试验设备所创造的人工模拟盐雾环境条件来考核产品或金属材料耐腐蚀性能的环境试验。盐雾试验标准是对盐雾试验条件，如温度、湿度、氯化钠溶液浓度和 PH 值等做的明确具体规定，另外还对盐雾试验箱性能提出技术要求。盐雾试验结果的判定方法有：评级判定法、称重判定法、腐蚀物出现判定法、腐蚀数据统计分析法。

评级判定是把腐蚀面积与总面积之比的百分数按一定的方法划分成几个级别，以某一个级别作为合格判定依据，它适合平板样品进行评价。

称重判定是通过对腐蚀试验前后样品的重量进行称重的方法，计算出受腐蚀损失的重量来对样品耐腐蚀质量进行评判，它特别适用于对某种金属耐腐蚀质量进行考核。

腐蚀物是一种定性的判定法，它以盐雾腐蚀试验后，产品是否产生腐蚀现象来对样品进行判定，一般产品标准中大多采用此方法。

腐蚀数据提供了设计腐蚀试验、分析腐蚀数据、确定腐蚀数据的置信度的方法，它主要用于分析、统计腐蚀情况，而不是具体用于某一具体产品的质量判定。

2. 利用高低温试验箱测试电路板的耐温性能。

高低温试验的目的是考察样品在突然遭到温度剧烈变化时的抵抗能力及适应能力。

高低温试验的原理：温度的剧烈变化伴随着热量的剧烈变化，热量的剧烈变化引起热变形的剧烈变化，从而引起剧烈的应力变化。当应力超过极限时，样品会出现裂纹甚至断裂。而对于 PCB 板经过高低温测试后，表面无损伤，变形，没有镀层剥落、起泡或变色等现象。

3. 利用拉伸剥离试验仪测试电路板的抗拉伸性能。

拉力试验仪用来对材料进行静载、拉伸、压缩、弯曲、剪切、剥离等力学性能试验用的机械加力的试验机。利用拉力试验仪可以测试材料的最大负荷，拉伸长度，断裂力量，抗拉强度，断裂强度，最大伸长率，断后伸长率等。

【实验仪器、药品】

1. 实验仪器

烧杯，玻璃棒，镊子，盐雾试验箱，拉力机，高低温试验箱

2. 实验药品

氯化钠溶液

【实验操作】

1. 测定 PCB 的抗腐蚀性能（使用称重判定法）

打开盐雾试验机，检查机器是否正常（见附录一）。

先用分析天平对需要测试的 PCB 板的进行称重，记录下被腐蚀前的重量。

打开盐雾试验机的开关，试验箱跟压力桶温度有显示，设定试验箱温度为 35℃，压力桶温度为 47℃，打开盐雾实验机的玻璃罩，把 V 型的置物架跟黑色 O 型的支物棒放好，把要被测试的 PCB 板样品放到这两层上面，盖上玻璃罩。并用自来水把盖子液封。

打开喷雾开关，压力表有压力显示，通过调节前面的调压阀把喷雾压力调节在 1kg/cm²（PS：此喷雾压力不能超压，即不要超过 1Kg/cm²，超压容易爆管，压缩空气入口设定的压力是 2Kg/Cm²）。

在计时器上设定要测试的时间，计好时后打开计时开关，到达时间后自动结束试验。

打开玻璃罩，将样品取出，用吹风机把水分吹干，用分析天平对腐蚀后的样品称重，记录数据。

2. 测试 PCB 的耐温性能

（1）测试 PCB 的耐高温性能

试验温度：+55℃±2℃ 持续时间：16h ① 条件试验：将处于室温下的试验样品，在不通电的状态下按正常位置放入试验箱（室）内，此时试验箱的温度也为室温。然后对实验样品进行通电，对试验箱进行升温，试验箱内温度的变化速率在 5min 内平均不能超过 1℃/min。等试验箱（室）达到试验温度后，等待试验样品达到稳定温度。然后试验样品在稳定温度下持续暴露 16 小时。② 功能性试验检测：在整个试验周期中，检测试验样品是否正常。③ 恢复：在实验周期结束后，应在降温前停止通电。待试验样品恢复后，在测量是否正常。

（2）测试 PCB 的耐低温性能

试验温度：-30℃±3℃ 持续时间：16h ① 条件试验：将处于室温下的试验样品，在不通电的状态下按正常位置放入试验箱（室）内，此时试验箱的温度也为室温。然后对实验样品进行通电，对试验箱进行升温，试验箱内温度的变化速率在 5min 内平均不能超过 1℃/min。等试验箱（室）达到试验温度后，等待试验样品达到稳定温度。然后试验样品在稳定温度下持续暴露 16 小时。② 功能性试验检测：在整个试验周期中，检测试验样品是否正常。③ 恢复：在实验周期结束后，应在降温前停止通电。待试验样品恢复后，在测量是否正常。

3. 测试 PCB 的抗拉伸性能

(1) 试验准备

选取规定比例的产品作为试验样品。检查拉力试验机完好状态，确认设备正常。据试样结构、形状、尺寸设计、制作(选择)试验的夹具。

(2) 试验操作步骤

打开总电源开关。打开微机（拉力机）。打开“拉伸、压缩、弯曲”软件，进入试验状态。安装夹具及试样：把下夹具配装入下接头，以插销相连；把上夹具配转入连接轴的中心孔以插销相连。检查夹具及试样安装正确无误后，操作微机：用鼠标点击“清零”按钮，将数据清零。点击“测试标准”，选择想要测试的拉力曲线。点击“运行”按钮，试验开始。当试验达到最高峰值时，试验会自动停止。注意：试验力不能超过 100KN）右边窗口出现峰值即试验数据结果，左边窗口出现数据曲线图。

(3) 试验报告

试验完成后，在微机中进行数据处理：用鼠标点击“处理”按钮，在打开的窗口点击“输入”，并填写数据项目，填写完整后，点击“确认退出”。计算：点击“确定”进行计算；点击“退出”。输出报告：点击“确定”输出报告、“打印报告”，微机自动输出。数据储存：用鼠标点击“保存”进行存档。如需查看原有数据：用鼠标点击“开启旧档”，在文件路径下打开数据文件。

附录 1：盐雾试验机操作说明

1. 把电源插头插好，把 8MM 的气管插入压缩空气入口
2. 把电源开关打开，控制面板上方试验室缺水灯，缺盐水灯，压力桶缺水都亮灯。亮灯表示试验室、盐水桶、压力桶缺水。首先必须将每个提示缺水部位加好水以及盐水。
3. 试验室缺水灯亮灯 表示试验室里缺水，需加水（自来水便可）。加至试验室缺水灯灭为止。
4. 压力桶缺水灯亮灯：表示压力桶里缺水。压力桶是隐藏在配电箱里面，我们是看不到的。加水（自来水）直接从压力桶手动加水处（漏斗状加水口）加水之前先把后面的红色球阀打开，加到压力桶缺水灯灭为止。水加好后，记得要把那个红色球阀关好。
5. 缺盐水灯亮灯；表示盐水桶里没有盐水。我们要把盐水兑好，从试药入口注入，直至缺盐水灯灭为止。（盐水配置方法如：1 瓶氯化钠 500g 兑 9500ML 纯净水，用玻璃棒搅拌均匀即可）。
6. 把水封槽的水加至能把透明亚克力盖子四周淹没即可
7. 所有的水加好后，打开操作开关，试验室跟压力桶温度有显示，试验室温度设定 35℃. 压力桶温度设定 47℃。温度设定好后，就可以把 V 型的置物架跟黑色 O 型的支物棒放好，把要被测试的样品放到这两层上面，盖上盖子
8. 把样品放好后，打开喷雾开关，压力表有压力显示，通过调节前面的调压阀把喷雾压力调节在 1kg/cm²（PS：此喷雾压力不能超压，即不要超过 1Kg/cm²，超压容易爆管，压缩空气入口设定的压力是 2Kg/Cm²）。先在计时器上设定需要测试的时间，计好时后打开计时开关，到达时间后自动 结束试验。