

出国考察技术总结报告

美国印制电路技术

5

航天工业部第七〇七研究所

一九八三年

出 版 说 明

一九八二年五月，应美国金刻公司的邀请，我部印制电路技术考察组以北京新立机械厂的名义，在美国东部宾夕法尼亚州、威尔明顿、纽约长岛、波士顿等地，参观了金刻公司、杜邦公司、柯尔摩根光电路公司、科学仪器公司、格本公司等十一个工厂。主要了解美国印制电路板制造方面所采用的专用设备、材料及有关工艺技术和发展动向。

印制电路考察小组回国以后，进行了总结。写出了“美国印制电路技术”专题技术报告，主要内容是：原图制作自动化、图像转移、蚀刻技术、化学沉铜技术、印制板电镀技术、热熔技术等，以及多层印制电路板和加成法工艺的发展概况。本文由代表团成员李学明、姜培安进行总结撰写而成，为了推广考察成果，现编辑出版，供有关同志参阅。

美国印制电路技术

随着电子工业的发展,印制电路作为一种重要的基础组装件,在电子工业中占有越来越重要的地位,由于它具有很好的独特功能,所以印制电路研究工作在美国受到特别重视,因而推动了印制电路技术的快速发展。

1982年5月,我国印制电路板技术考察小组应美国金刻公司(Chemcut)的邀请,在美国参观了十一个工厂,对美国印制电路板制造方面所采用的专用设备、材料及有关工艺技术有了一定的了解,现将有关考察情况介绍如下:

一、美国印制电路技术的现状

美国印制电路制造技术发展很快,无论在制造方法方面,还是在印制电路板的品种方面,都有较大的变化。印制电路成了现代计算器、电子计算机、通讯机、电视装置以及其它电子设备的核心。由于电子计算机在美国各个领域广泛的应用,因此,印制电路技术的发展不仅使电子计算机的制造技术进入了一个崭新的阶段,而且对社会生活产生了很大的影响。尤其是半导体芯片光刻采用离子束技术,使组件的集成度成十倍地增长,即一块印制电路板就构成一台控制器。这样一来,促使印制电路的制造工艺只有向高精度、高密度、高可靠性方向发展,才能适应印制电路板互连导线窄、间距小的特点。印制电路板线路密度的发展趋势可见图1所示。

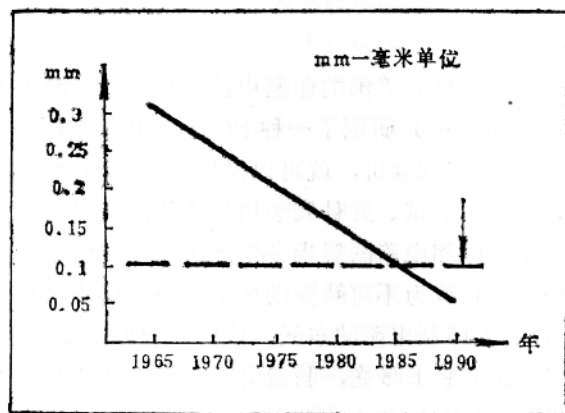


图1 印制电路板线路密度的发展趋势

美国所有的印制电路板生产厂,除了设有技术研究中心外,都力求采用先进工艺技术和高精度、高稳定性、自动控制的光学及机械设备,制造出高质量的产品。

在考察中所见产品,无论是双面板,还是多层板,普遍采用成熟的减成法进行生产,运用此法生产的印制电路板,占总产量的95%,而采用全加成法生产的数量只占5%。目前,半加成法、光形成法等尚处于试生产阶段。由于产品技术指标高,印制电

路板最小导线宽度与间距为0.075毫米,所以在实际生产中通常在中心距为2.54毫米的两个焊盘间走一根或两根导线,在个别产品中也有通过三根导线的,但不普遍。这说明大批量制造高难度的印制电路板还有一定的困难。

由于印制电路受集成电路发展方向的直接影响,元器件组装密度不断提高,单位面积

内需要大量的连接线，因而在设计时，导线和间距必须窄而小。为了能准确地制造出高稳定性产品，美国几个生产印制电路板的厂家，都在不断地引进各种先进技术的研究，如应用电子计算机和数控技术；进行自动光点扫描，制成高精度的照相底片，实现印制电路板制造工序单机自动化；采用数字程序控制的多头钻床进行印制电路板的钻孔和铣加工；用红外线显微镜检查各层印制电路板的连接；用金相法检查孔金属化质量；用计算机控制检测仪器等。此外，他们还利用聚砒、聚乙烯、聚四氟乙烯等特殊材料制作元件；采用光形成法制造具有特殊性能的元件。美国柯尔摩根公司还准备用多层布线技术代替多层板的制造。在小孔加工方面，现在已采用 CO₂ 激光器打孔的新技术。

总之，在考察过程中，虽然观察的美国印制电路技术及应用范围有限，但可以看出，美国印制电路技术的发展速度是很快的，专业化程度很高，这与印制电路技术有关的其它专门技术的发展是分不开的，在美国围绕着印制电路的制造，已经形成规模很大、体系完整的印制电路工业。

二、印制电路技术的发展动向

美国印制电路技术的主要发展动向，就是利用先进的科学技术手段，制造出高精度、高密度、高可靠性的印制电路板。众所周知，能否制造出高质量的印制电路板，除了取决于原材料的质量外，更为重要的是要具备高稳定、高精度的专用机械和光学设备以及熟练的技术。从照相底片的制作，抗蚀图形的精确印制，均匀的蚀刻，准确的钻孔，精细的涂复，细致的外形加工，直到精确的检测，都必须在性能稳定、精确度高的专用设备上进行，方能获得可靠的产品质量，加工出难度较高的印制电路板。为此，美国各个专业公司都投入相当大的科技力量，从事新材料、新技术、新设备的研制工作，并且取得了显著的成果，推动了印制电路制造技术的发展，适应了电子工业的高速发展。美国印制电路制造技术的发展动向主要反映在以下几方面。

1. 原图制作自动化

照相底片的精确制作是获得精细图形的重要基础。美国的印制电路制造者们，对此非常重视。格伯科学仪器公司 (Gerber Scientific Inc) 研制了一种 PC-800 型印制电路板计算机辅助设计系统。该机和 41 型光扫描绘图机实现联机，就可以提供精确的印制电路板使用的照相底片，以及供钻孔、阻焊膜、丝印、测试、元件安装用的底片，并根据计算机的指令，输出总装图、丝印图、布线图、钻孔图和电路图等指导生产所需要的资料，为了适应组件高度集成化、高速化的发展，该系统已成为不可缺少的技术装备。格柏公司生产的 41 型光扫描绘图机，性能稳定，非常适合于印制电路的布线。该机原理如图 2 所示。它由 PC-800 系统控制，用一定形状的光线在感光膜上曝光，制造出一比一的底片。有关 41 型光扫描绘图机性能的技术参数见表 1 所示。

表 1 41 型光扫描绘图机性能

序 号	项 目	技 术 参 数	序 号	项 目	技 术 参 数
1	感光材料最大尺寸	400×500 毫米	3	分辨率	0.025 毫米
2	扫描速度	7 米/分	4	符号盘光圈数	24 个可调

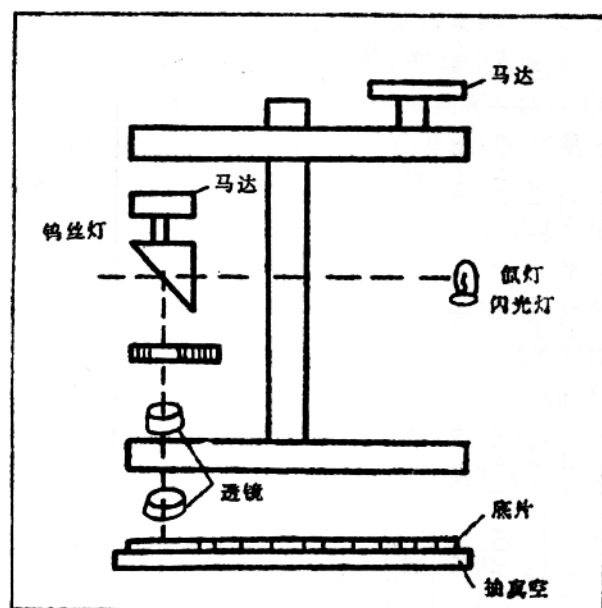


图2 绘图机原理图

从该公司的现场表演可以看出PC-800系统的效果良好，是印制电路设计所需要的重要设备，利用它的特殊功能完成合理的、快速的多层布线任务，并用显示屏展示出八层不同色彩布线图形，以便于检查互连导线是否正确。如果和光绘机、笔绘机、钻孔程序等机构相联，就能完成生产过程中所需要的原始资料和制版、印阻焊膜的底片以及钻孔程序纸带等，保证产品的质量。

此外，美国 Excellon 公司近来研制成 2PG-200 自动激光图形发生器，它是用低功率的氩气激光通过旋转棱镜产生慢速的扫描动作，使银丝底片感光，制出图形底片。全部操作采用数控技术，能制出 0.025 毫米的细导线和间距。

上述设备的采用，不仅可以代替大量的手工操作，缩短试制周期，而且能制作出高精度、高密度印制板用的底片，为下道工序创造了有利条件。

2. 新型抗蚀剂的研制

美国印制电路板生产厂，大都采用杜邦公司 (Dupont) 瑞斯顿 (Riston) 产品分部和化学动力公司等生产的光敏抗蚀剂 (即干膜)，完全取代了液体感光液，这主要是由于干膜具有高分辨率 (可以达到微米级) 和良好的耐化学溶液性能，便于机械操作，易于运输和储存。特别是近年来全水溶性干膜的出现，替代了溶剂性干膜，降低了成本，减少了对环境的污染，使干膜在双面印制板生产中普遍采用。杜邦公司瑞斯顿干膜的种类及其使用条件如表 2 所列。

干膜属于光敏型合成树脂材料，它经过感光后聚合成不溶于溶剂或水的掩膜。干膜对近紫外线区的光较敏感，在高稳定的设备和处理工艺条件下，干膜分辨率的高低对制作精细图形起重要作用，其分辨率的高低除与膜的厚度有关外，还受显影、曝光等工艺因素的影响，美国在干膜厚度为 25 ± 5 微米时，作出图形的分辨率一般为 0.125~0.15 毫米。因而选择光源和处理好显影是获得最好分辨率的重要手段。所以在曝光设备的设计上，他们都考虑了以尽可能小的光源获取较高的分辨率，使光线能按正交方向均匀地照射到照相底片上。

瑞斯顿干膜在曝光前和曝光后颜色发生变化，这就更易于观察干膜的曝光情况。为提高曝光后干膜的分辨率，准确地掌握干膜的曝光程度，采用了一种曝光分级表，预先测定干膜的曝光程度和分辨率，以便确定曝光量后，再进行正式曝光生产。

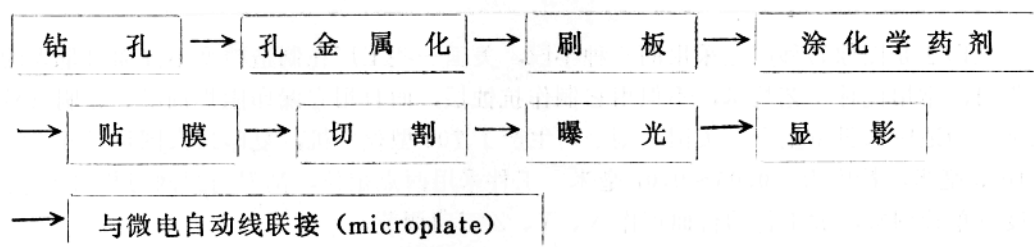
表 2 瑞斯頓干膜的种类和使用条件

类别	全水溶	性干膜
型号	3000 系列	3400 系列
色泽	3010 亮绿	3410 亮绿
厚度 (μ)	25±2.5	37.5
曝光时间 (秒)	2000瓦 25~50	37.5
显影液	1% Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O	1% Na ₂ CO ₃
温度℃	40	40
时间(秒)	60	80
去膜液	2% KOH	2% NaOH
时间(秒)	30	30
主要用途	印制图形、蚀刻、电镀	印制图形、蚀刻、电镀

在瑞斯顿的干膜系列中, 3400 系列水溶性干膜抗蚀性好, 成象性能优良。缺点是脆性比较大, 只适应对刚性板表面导体镀铜、镍、金的保护层, 不适应对挠性电路板作抗蚀层。3500 系列干膜是在 3400 系列基础上新研制出来的水溶性干膜, 分辨率高, 可做出线宽 125 微米的导线, 性能比 3400 系列有明显的改善, 所以日本广泛使用此类干膜作印制电路板的抗蚀剂。干膜制造技术的发展, 对印制电路板的制造创造了非常有利的条件, 使之可以在较大范围内正确选择干膜。

干膜的保存也是很值得重视的, 通常在温度为 20°C , 湿度在 $20\sim 80\%$ 的条件下, 不开封闭光存放可达一年。

为了实现印制电路板生产联机自动化, 杜邦公司正在研制一种新型的二层水溶性干膜。其制造方法是: 在一层厚度为 0.025 毫米的聚酯薄膜上, 涂复一层厚度为 0.025 毫米的光致抗蚀层。这种膜不但省去了剥离的困难, 而且只要在干净的室内操作, 不需要黄光。这种新型干膜的研制是值得注意的一种趋向, 预计今后两年左右可以实现, 那时整个印刷板生产线将出现联机自动生产。他们设计的流水线路程序如下:



3. 图像转移系统的改进

(1) 曝光设备的改进

在印制电路板的制造工艺中, 印制图形设备是图像转移的重要手段。要复制出精确的图形, 设备的高稳定性是很重要的, 杜邦公司生产的改进型 PC-130 立式曝光机就是具有高稳定性的设备, 为了控制光的能量, 保证干膜在制作图形时受光的一致性, 以获得精确的、抗腐蚀一致的图形。该机采用固体光电池板 ($50\times 50\times 0.25$ 毫米) 来接受直射的高压汞灯光线, 取出电流信号进行积分, 自动控制曝光量, 这样, 控制精度较高。为确保光最强与最弱处的差异量最小, 采用了反射罩装置。温升是所有曝光机的通病, 虽然都采用冷空气装置, 但温控效果不好, 因而导致尺寸变形, 致使印制的图形精度变差。PC-130 机采用对反射罩抽风进行冷却, 效果良好, 其抽风量只有老式机的 40%, 却能保持晒盒内温差变化小于 10°C , 这便保证了曝光过程中底片尺寸的稳定性。目前尽管印像设备已能满足转移图形的要求, 但为了提高图像的精确性和一致性, 美国印制电路研究者们还在探讨新的图像转移系统, 如自动定位和曝光系统, 以适应印制板生产全部联机自动化的需要。

(2) 磁粉转印法: 是一种大批量生产的图像转移系统, 它不要很久将会取代丝印法制作抗蚀剂图形, 这种技术是录像技术与复印技术在印制板生产中的应用。制造过程是先做图像带, 即在预先磁化了的 75 微米厚的不锈钢薄片上复一层厚度为 50 微米的聚酯膜, 再涂 10 微米厚的二氧化铬粉, 最后涂一层聚乙烯保护膜。然后将照相底片放在图像带上去曝光, 感光部分失去磁性, 用醇类进行显影, 就可以得一张转印原板 (用正像底片)。在专用的 cirtyak 复印机上, 把转印原板装在转鼓上, 没有感光的线路部分有磁性, 可吸引

铁氧体。将含有粘合剂的四氧化三铁粉作载体，转印到预热的复铜板上，就可得到四氧化三铁粉的图像，然后烘烤定影。抗蚀膜厚度为 15~17 微米，不会产生针孔。但是由于磁粉有一定的粒度，它在复铜箔上按照极性定向排列，因此线条的边缘不会是很整齐的，所以用此法制作的线条不可能很细。磁粉转印性能参数可参见表 3。

表 3 磁粉转印性能参数

序 号	项 目	数 据
1	分辨率	0.35毫米
2	复印精度	±10微米
3	抗蚀图形厚度	15~17微米
4	曝光时间	5分钟
5	印刷周期	12秒
6	印刷机械重复精度	±0.025毫米

丝印法是图像转移广泛采用的一种手段，美国一些工厂在制造精度不高而批量大的印制板时，常用此种工艺技术，不但用它制作抗蚀层，而且用它漏印阻焊油墨、印刷符号和文字。为适应大批量生产，美国金刻公司生产了 704 型丝印机，复印最大图形尺寸为 850 × 1075 毫米，精度为 ±0.05~0.07 毫米。工件采用两点定位，刮刀与封网刀相对于丝网角度可单独调整，放工件的台面可作 X、Y、Z 三向调节。

该机所用刮刀比一般丝印机用的刮刀特殊，刮刀头部是红色耐油硬橡胶，长度为 20 毫米，连接部分是软的黑色橡胶。刮刀样式如图 3 所示。其中红色耐油橡胶属于该公司的专利。

在 PCK 看到的 Exactra 和 Svecia 丝印机都较旧，但使用效果比较好，该机所用的丝网都用涤纶丝经过化学镀镍做成，做出图形精确。值得指出的是网孔数和网丝直径对边线的清晰度有大的影响，采用的印粉不同，网孔数也不相同。如果用紫外固化剂，目数为 300~400 目，用热固化油墨，目数为 150，用阻焊剂时，目数为 175。绷好的网还必须用张力仪测定张力。

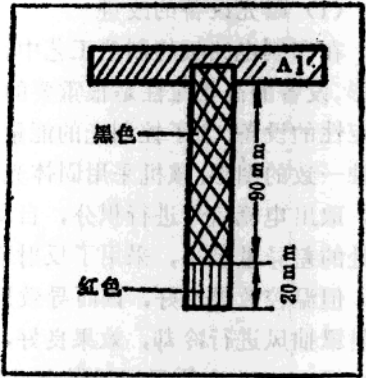


图 3 刮 刀

4. 显影液浓度对产品质量影响的控制

显影过程就是利用显影剂与未曝光部分的活性基团反应，生成可溶性物质而溶解下来的过程。水溶性干膜的显影剂是碱性的，选取可靠的配方是可能的，但能否取得高质量图形，关键在于显影液的稳定性。为了控制显影液的稳定性，美国杜邦公司进行了大量的研究工作，摸索了在干膜质量稳定的情况下，显影液浓度变化对产品质量的影响。太浓的显影液，将会引起已硬化的膜溶胀损坏，甚至全部脱落，也会降低显影速度。其原因可能是因为在浓的碱液中，反应的填料树脂盐溶解度下降，不但显影速度过慢，而且在图形上有残留物，直接影响腐蚀后的产品质量。美国金刻公司和杜邦公司生产的显影机都配有自动调节装置，保证了显影过程中，显影液浓度在最佳的

工作范围内。同时,为了使整个印制板面显影均匀,在显影段采用了摆动喷头,如 Chemcut 413 显影机就是这样。

5. 蚀刻技术

美国印制板制造蚀刻技术,普遍采用碱性和酸性蚀刻剂,现在还在研究过氧化氢—硫酸型的蚀刻剂,主要是由于该蚀刻剂使用侧蚀小,质量稳定,因而引起研究者的关心。但是蚀刻技术总的发展趋势是蚀刻设备的现代化问题,使之蚀刻工艺技术实现自动控制、自动添加原料、易于回收处理和速度恒定等,美国正在这方面进行研究,并取得了一定的成果。如金刻公司生产的 516 型碱性腐蚀机和 514 型酸性腐蚀机(如图 4、图 5 所示)

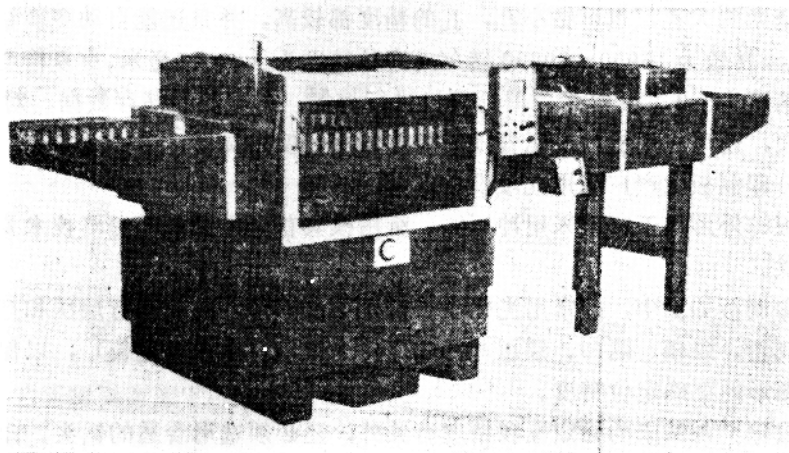


图 4 516 型 碱 性 腐 蚀 机

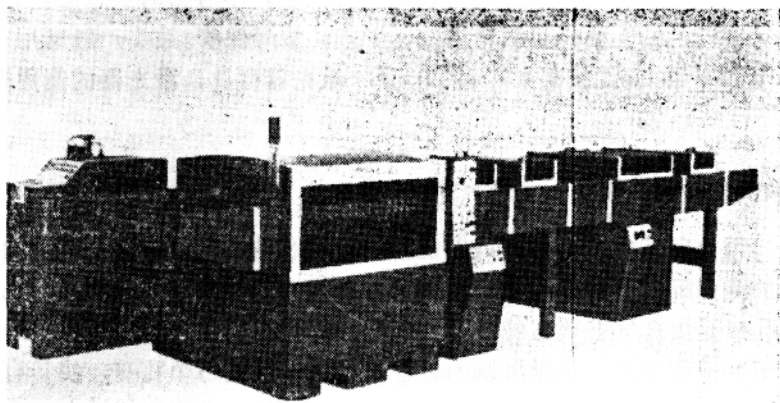


图 5 514 型 酸 性 腐 蚀 机

这两项设备在局部结构上都较原设备有所改进。在碱性腐蚀机上装有 919 型溶液自动调整系统,在酸性蚀刻机上装有自动再生系统,使蚀刻过程在恒定的工艺条件下进行,取得了高质量的蚀刻效果,保证了图形的精度。为了保证板面导体腐蚀的均匀性,也采用摆动喷头。为了适应新研制的蚀刻剂要求,专门设备仍在不断的改进和更新。

6. 先进机加设备的采用。

印制电路板需要有大量的互连孔和导通孔,孔的精度要求高,才能使组装的元器件具有互连的可靠性,以保证仪器设备使用的灵敏性和稳定性。因而具有高精度、高稳定性的钻孔系统是非常重要的。

美国 Excellon 公司生产的 MarkV 型数控钻床具有独特的功能,利用程序控制可以钻出直径为 6 毫米的大孔,也可钻小孔,孔的精度都较高,并且还能自动更换钻头,可进行铣加工。该机床转数为 15000~80000 转/分,定位精度为 ± 0.005 毫米,重复精度为 ± 0.0025 毫米,钻孔精度为 ± 0.025 毫米。用计算机进行控制,用存储器储存数据,对加工和编程带来很大方便,还可应用键盘显示器随时修改程序,使用灵活,生产效率高,质量稳定。美国绝大部分印制板生产厂采用此项设备。

单双面板的外形加工广泛采用冲压法,所用模具首先由制板厂提出技术要求,再由模具加工厂提供。

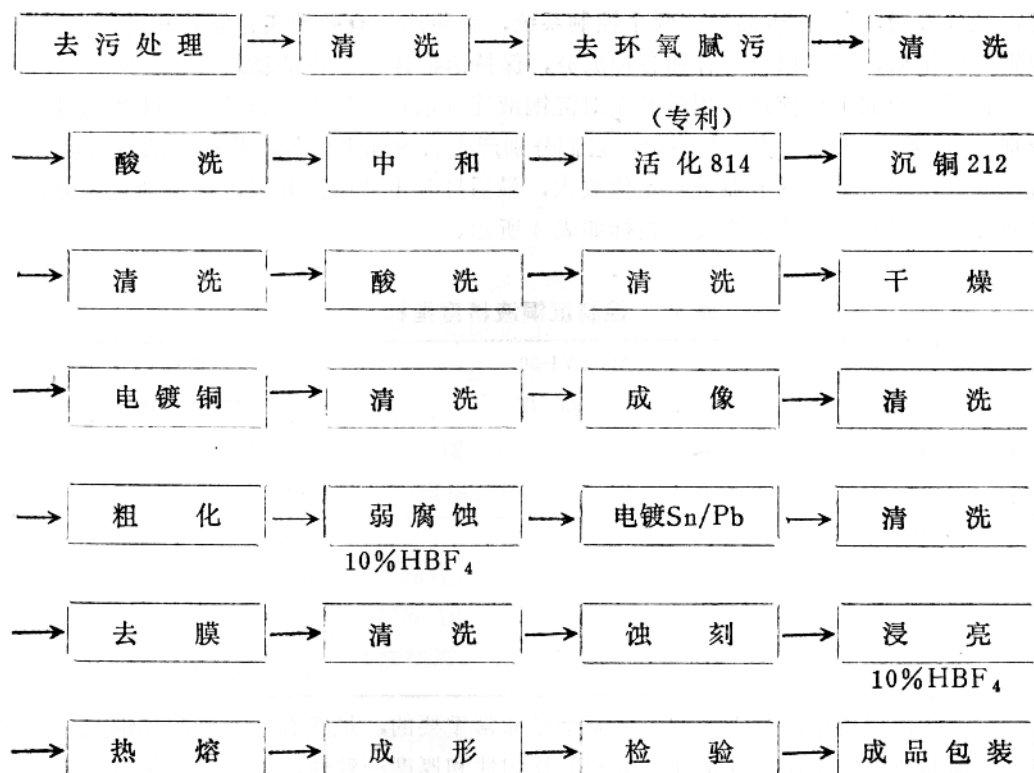
在多层印制板加工中,通常用光化学法加工导线图形,随后进行层压和打孔等工序。这就必须使制图、照相、晒印、层压与机加保持一致性(即系统定位),以保证钻孔层压模具和加工图形的正确定位精度。

钻孔质量除了与钻床的稳定性和精度有关外,还必须选用合适的钻头。印制板钻孔使用小钻头,材料是碳化钨合金。目前对于钻头前角的选择是个有争论的问题,金刻公司的人员认为:钻直径为 1 毫米以下的孔,钻头顶角为 $130^{\circ}\sim 140^{\circ}$,钻直径为 3 毫米的孔,钻头顶角为 $160^{\circ}\sim 165^{\circ}$ 最好,能使钻完的孔壁光滑干净,环氧腻子少,保证了钻孔的精度。钻头在刃磨机上磨削后,必须在测角仪上进行测量,不合格时要重磨,直至达到规定的角度,同时对磨后的钻头要经过酒精清洗、干燥,编号保管。钻头一般磨用三次不再使用。

特殊的小孔(如: $\phi 0.3$ 毫米),采用 CO_2 激光器打孔,激光器的使用寿命为 2~3 万小时。

7. 化学沉铜技术的研究

在正确的预处理条件下,化学沉铜过程的稳定性是影响金属化孔质量的关键。金属化孔的主要目的是保证表面焊盘与另一面焊盘、导线或者与内层导线之间的电路连接。钻孔后的多层板孔壁是由环氧玻璃布绝缘材料和内层焊盘组成的,双面板也是通过孔连接两面焊盘,以便互连和导通。化学沉铜的过程就是用来镀复每个孔壁,使其有互连的导电层,这是非常关键的工序之一。德国先灵公司在美国的子公司介绍了它的孔金属化简单过程,声称其工艺流程性能可靠,这是先灵公司的专利,使用它就可以获得优良的导电层。其工艺流程如下:



上述工艺流程尚有如下问题需加以说明。

(1) 活化:

814 为碱性钯, PH = 10, 用 NaOH 调节 PH 值。

(2) 化学沉铜的三种专利:

①812: 在室温下沉积速度为 0.33 微米/小时;

②812 (中): 在 32℃ 时, 沉积速度为 0.75 微米/小时;

③820: 在 48℃ 时, 沉积速度为 2.5 微米/小时。

(3) 镀铜电解液的主要成分:

Cu^{++}	13.7 克/升
H_2SO_4	140 克/升
Cl^-	70 毫克/升

在化学沉铜过程中, 要使溶液稳定性高, 必须添加适当的、有效的稳定剂。尽管如此, 化学沉铜过程中, 主要成分还是要消耗、分解, 溶液就不可能稳定。美国柯尔摩根公司的 PCK 技术中心研制了化学沉铜液的控制仪, 用以控制工艺中沉铜液的变化, 以提高产品质量, 控制仪的型号为 Mark VI-70 和 Mark VI-30。

由于化学沉铜技术在印制电路板孔化和塑料金属化方面广泛应用, 特别是高密度多层板, 出于可靠性的需要, 对化学沉铜的铜层质量要求更高。要得到优良的、可塑性好的沉积铜层, 除了继续研制和选取性能稳定的沉铜液配方外, 还必须严格地对槽液的化学成分进行分析, 随时补加使之一直处于最佳工作状态。否则沉铜过程中不严格控制各成分含量的变化和其它参数的变化, 溶液很快失调, 不但影响孔镀层的质量, 而且会加速自身分

解，造成浪费。PCK 所提供的两个控制系统，就能连续有效地实行监控和进行自动分析，根据分析结果，还可以自动补加各种成分，保持溶液连续工作的稳定性。

控制系统的工作原理是用微型泵对沉铜液连续取样，送入比色计和 PH 值测量装置，分别进行 OH^- 、 Cu^{++} 浓度的测定，它们分别产生直流输出信号，将输出的直流信号进行斩波放大，然后输入调节器进行定值放大，最后打开电动电磁阀开关，调整消耗部分，进行自动补加。它所达到的主要技术指标如表 4 所示。

表 4 控制沉铜液精度指标

序号	项 目 指 标	号型	MarkVI-30	MarkVI-70
			控 制 精 度	控 制 精 度
1	Cu^{++}		$\pm 5\%$	$\pm 5\%$
2	甲 醛		$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
3	PH 值		± 0.05	± 0.05
4	CN^-		—	$\pm 10\%$
5	温 度		—	$\pm 1^\circ\text{C}$
6	比 重		—	$\pm 0.01\text{克/厘米}^3$

鉴定孔镀层质量，对于控制工序质量是非常重要的，虽然有性能好的沉铜配方，并且配有自动调节系统来保持沉铜连续沉积的均匀性和厚度一致性，但是对孔化质量还需要检测。美国印制电路生产厂经常采用一些虚设孔来进行工序质量检查，以保证生产在稳定的条件下进行。先灵公司采用一种透光法检查钻孔中化学沉铜复盖层是否完善（见图 6）。

PCK 检查电镀后铜层厚度采用烧毁法，是在工件进行孔金属化处理前，首先在非工作区域钻几个直径为 0.9 毫米的小孔，孔金属化后，把带有小孔的地方冲下 6.25×2.5 毫米的矩形试块，然后放在紫铜板上，接通电流（见图 7），因为试样只有一个小孔可以导电，如果孔层质量不好，其镀层就会被过载电流烧毁。

实际操作设备是用最大电压为 5 伏、最大电流强度为 30 安培的整流器，常规检测的实用值为 20 安培，如果这时不发生孔内层烧毁，则说明工件合格，可以继续生产。

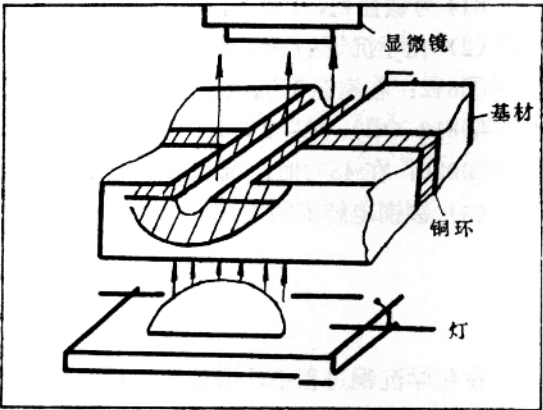


图 6 印制板钻孔透光检查法

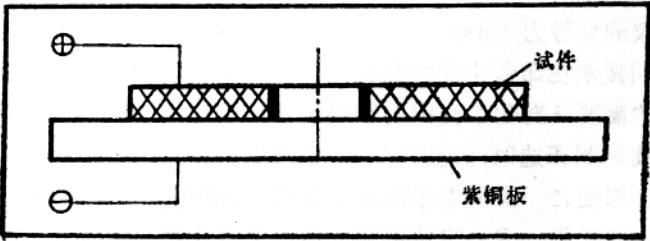


图 7 烧毁法试验简易图示

8. 印制电路板电镀自动线的使用

美国印制板电镀工艺技术发展的趋势是提高生产效率,降低成本,节约能源,减少污染。电镀的主要目的是使印制板具有耐磨性、导电性、可焊性及表面的防护特性。为了提高防护性和可焊性,广泛采用 Sn/Pb 合金镀层,采用计算机控制自动生产线,大大提高生产效率。插头镀金是采用高速电镀方法,在极短的时间内给印制插头镀上耐磨性高,接触电阻低的镍底金镀层。目前美国各大印制电路板生产厂,都用计算机控制电镀生产线。如美国光电公司镀金自动线 Micro—plate 的工艺流程如下:

电解除去插头部分 Sn/Pb 镀层→擦洗→酸活化→闪镀金→镀金→干燥。

另一个镀金自动线采用如下流程:

除去 Sn/Pb 镀层→擦洗→活化→镀一层华兹镍(暗纯镍)→氨基磺酸盐电解液中镀镍(无应力、韧性好)→半光亮镍→闪镀华兹镍→镀金→干燥。采用这种工艺的主要目的是提高镍层的结合力。

有的工厂采用脉冲镀金工艺,即在高频下间断通直流电进行电镀。频率可达 1000 赫兹,脉冲宽度为 100 微秒,脉冲间隔 1000 微秒,电流比正常值高 10~12 倍。脉冲镀金简易方便,所得金层光亮细致,抗蚀性高,省金耐用,只需镀 0.75 微米厚,就可满足插拔 500 次要求。

高速电镀技术在插头镀金生产中得到广泛应用,由于插头几何形状简单,易于实现生产自动化。采用高流速、大电流(20~40 安培/米²)镀铜只需 4 分钟,镀 Sn/Pb 只需 1.5 分钟。因此,用这种工艺方法,对几何形状简单、批量大的零件进行电镀是很有前途的。

9. 热熔技术在制造印制板中的应用

在美国电子工业中,普遍使用 Sn/Pb 合金镀层,它不仅用作图形电镀抗蚀层,更主要的是提供保护层和焊接层。由于目前采用的图形电镀—蚀刻工艺,往往在蚀刻后导线两侧仍然是铜层,没有得到保护,易产生氧化和腐蚀,另外在蚀刻时产生侧蚀,Sn/Pb 镀层产生悬挂层,很容易脱落,造成导线之间桥连发生短路。因此采用热熔技术使暴露的金属底层得到复盖而受到保护。镀层再流表面重新结晶,从而提高了可焊性和抗蚀性能。

采用红外热熔易实现自动化,热熔后,印制电路表面和孔内焊料镀层获得再结晶,提高了连接点的可焊性,保证了元器件焊接的可靠性。美国 Research Inc 是生产印制板 Sn/Pb 镀层的热熔专用设备厂,它生产的 RFR-24 热熔机使用安全,质量稳定,但不适用于多层板表面焊料镀层的热熔,BO-INOT 型机可以满足多层板热熔的需要。

10. 废水处理技术

电子工业应用新的工艺技术,不仅要提高生产效率、降低成本,而且还要使对环境的污染减少至最低水平,废水处理就是个重要的课题。在印制电路工业中,尽管在溶液配方的选取中,尽量选用污染小的化工产品,但所排出的废水仍需处理。PCK 技术分部取得的一个重要成果,就是含铜废水的全套闭路循环处理系统。该系统现已推广使用,处理废水量为 5000~10000 加仑/天,处理过程是首先除去络合物,而后把铜电解出来,再调整 PH 值,使 EDTA 沉淀回收。含氰部分用甲醛破坏掉,据称排出废水中含铜量已符合美

国规定的 2.7ppm 排放标准,我们在参观中看到的废水处理都是采用分类处理的方法,占地面积小,处理效果好,比集中处理要经济有效,值得借鉴。

为了减少排水量,先灵公司在 Chemcut 电镀生产线中设置了清洗槽,不采用流动水漂洗,而采用多阶段高压喷淋技术,也就是定时高压喷洗法,不但节约场地,而且节约了 70% 的工业用水,也减少了废水排量。

11. 检测技术的发展动向

检测技术在印制电路工业生产中占有很重要的地位,是控制产品质量必不可少的手段。美国各印制电路厂把检测设备放在各工序之间,便于对各工序质量进行控制,为保证孔金属化镀层的质量,采用美国 UPA 公司生产的 CD-7 孔阻测试仪对孔镀层进行监控。改进型的 CD-7 有两个显著特点:

- (1) 附有终端显示荧光屏,直接显示孔镀层厚度;
- (2) 可预设镀层厚度界限,直接报出合格与否,大大加快测试速度。

为了检查镀层厚度,几乎所有工厂都在这个工序放有 MP-11 或 MP-10 β 型测厚仪,对镀层进行连续的测定,以保证印制板表面镀层有足够的厚度。最新研制的 MP-800 β 型反向散射测厚仪配有终端装置,测定迅速,精度高。使用时必须注意下面三条:

- (1) 基底材料的厚度必须大于系统中特定同位素的饱和厚度;
- (2) 被测的镀层必须小于饱和厚度;
- (3) 基底材料和被测镀层厚度必须有差异,两种材料中元素的原子序数至少应该相差 3。

另一种新式电镀层测厚仪 XRF-100 型,它是将被测工件置入暗室内,用 X-射线射出的光束瞄准工件,然后 X-射线的荧光二次射至工件镀层,从上面到底面。利用 X-射线特性来控制其辐射强度,达到测定镀层厚度之目的。它能精确地测定下列镀层:

- (1) 在镍上的金层、银层;
- (2) 在铜或钢上的镍层;
- (3) Sn/Pb 层。

并能快速测定任何几何形状零件上的镀层,如插头、集成电路块、图钉、扁平组件、印制线路板和宝石等上面的镀层。甚至在镀银的小零件(0.3 毫米)面上能精确的定位,完成测量。测量时间为 1~120 秒,可自由选定,一般采用 10 秒,若时间过短,则精度差,该系统很适用于电镀行业。

在工序检测方面,还常用一种测定铜层延伸率的检测仪。用先灵公司制造的 Duktilomat 液冲压检测仪,代替了机械拉伸法,测定数据准确。其测试图见图 8。在电镀分析系统中,UPA 公司新试制的 Q-1000 自动分析仪(见图 9),适用于对焦磷酸盐镀铜电解液和硫酸铜电解液中添加剂的分析,有助于监控添加剂含量的变化,保证镀层质量,其工作原理如图 10 所示。

在钻孔过程中,为了保证钻孔位置正确,采用简易装置随时可在加工过程中对工件进行检查,具体操作方法如下:

在真空框内,自下而上依次铺好铝箔、棉纸、钻孔的板、铝箔,上下层铝箔分别接直流电的正负极,并开动真空泵,使各层贴合,然后接通电源,于是在棉纸上便显示出与板上

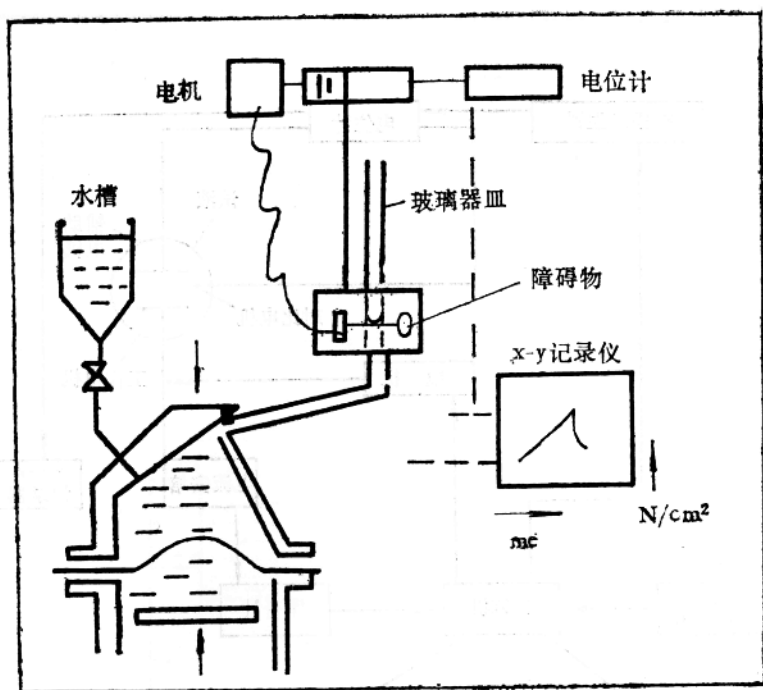


图8 液 冲 压 测 试 图

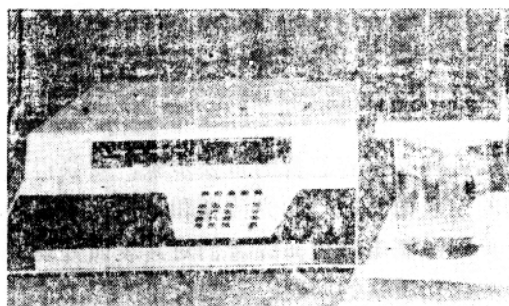


图9 Q-1000 自 动 分 析 仪

孔位相同的烧焦孔。把烧焦孔与样板对照迭合，便可判断钻孔位置是否正确，则避免了由于钻孔错位而报废。

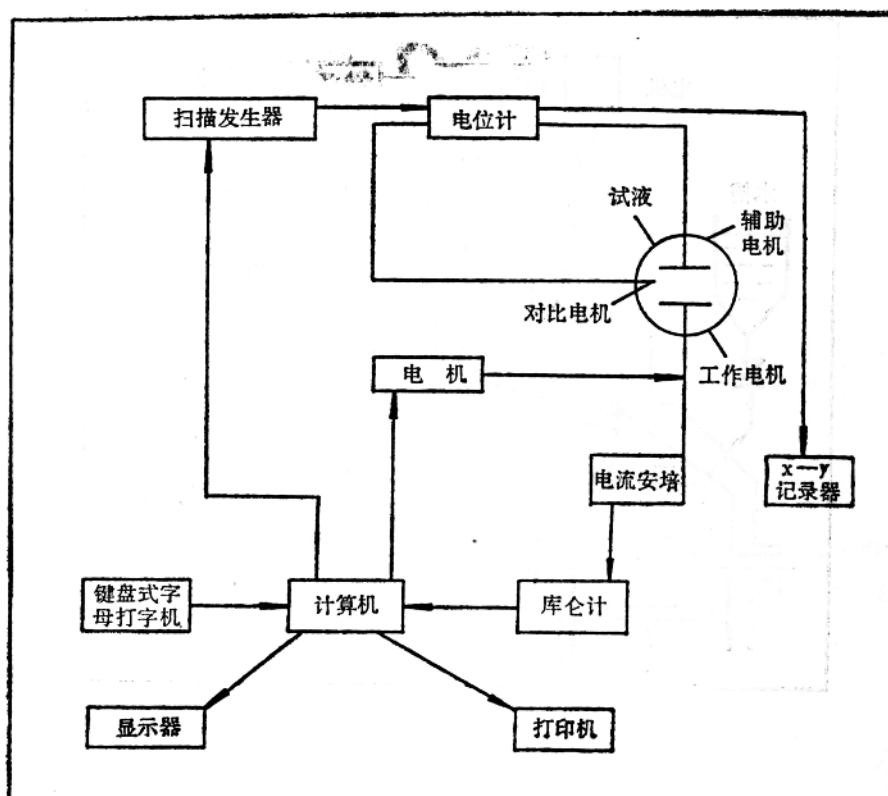


图10 Q-1000自动分析仪工作原理图

12. 表面处理技术

对印制电路板进行表面处理是不容忽视的重要步骤，要获得精致的图形与提高印制板金属化孔的质量，最重要的是表面有适当的光洁度和孔内无多余物。为了避免由于处理不当造成表面缺陷而报废，美国印制电路板研究者们对其表面处理进行了深入研究。为了解决制板时毛刺倒向孔内影响孔化质量的问题，金刻公司生产了一种605型湿法去毛刺机，它的两组刷子向相反方向转动，刷子可自动调节，当磨料刷子直径变小时，它的旋转速度会自动增加。刷子与工件的接触压力通过测出刷子传动机构工作电流相位的办法间接获得。刷子材料为碳化硅尼龙，其磨损量为6.25毫米，使用寿命为20000次/米²，可使用3~4个月。

为了解决超薄铜箔的处理，还制造了型号为107型的化学清洗机，因为604、605型刷板、去毛刺两用机采用磨料刷子，颗粒粗，易使超薄铜箔产生划伤，表面过于粗糙，无法制造精细的导线。

在腐蚀机、显影机和去膜机的清洗段逐步采用三级逆流漂洗，不仅可以使表面干净，而且能节约水，减少了污水的排放量。

13. 塑料镀槽的选用及其焊接技术

在印制板生产中采用的塑料槽分两类材料制作，由于聚丙烯塑料电负性小，所以化学沉铜槽用聚丙烯塑料焊接的，易于清洗。其它镀槽一般采用聚氯乙烯塑料，成本较低。其加工方法是：在结构上采用嵌入式胶接法，使塑料之间结合牢固。焊接时用惰性气体保护，防止表面氧化，以免影响焊接质量。焊接工具有两件比较好，一件是热风刮刀（见图 11），一件是焊枪活动头（见图 12），这两件工具都是用钢制作的，同时装在焊枪头部，对塑料焊接提供了极大的方便，可供有关同志参考。

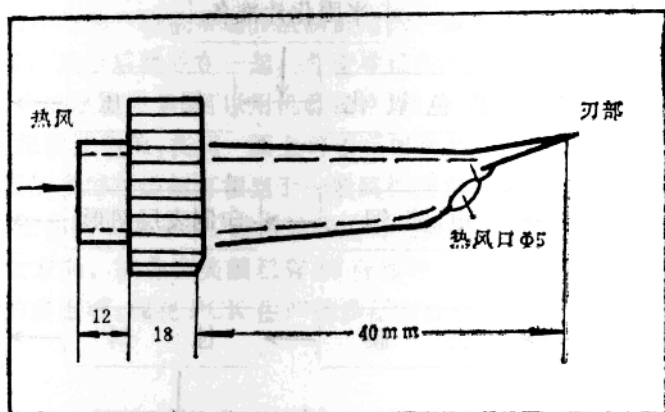


图 11 热 风 刮 刀

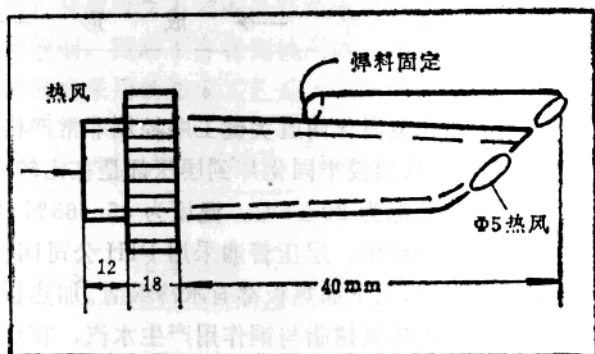


图 12 焊 枪 活 动 头

三、多层印制电路板制造技术的发展

由于大、中规模集成电路的广泛应用，特别电子计算机、宇航电子仪器以及军用电子装备的发展，对印制板在单位面积上元器件组装密度和布线密度的要求大大提高。因而，