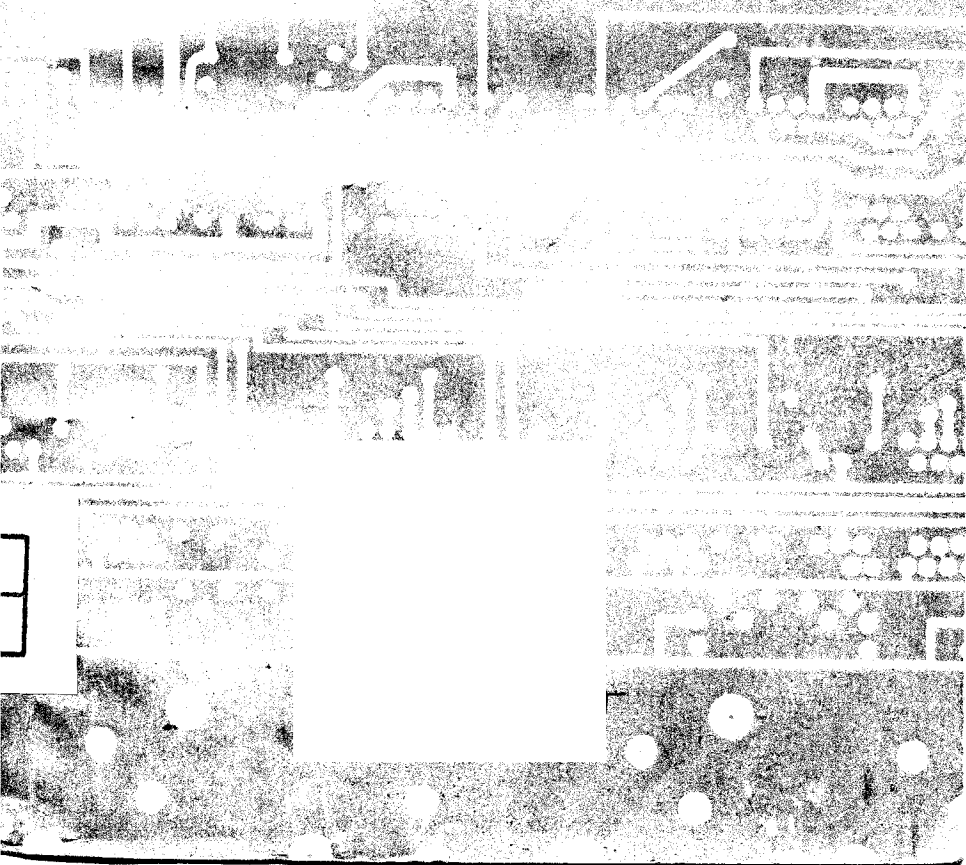


印制电路制造工艺





1918年福特汽车公司

印制电路制造工艺

(内部发行)

吴建生 编写



国营永青示波器厂

目 录

第一章 印制电路制造工艺的一般概况	(1)
第二章 印制电路板的原材料	(11)
第一节 复铜箔层压板的结构及其制造工艺	(11)
一、铜箔	(12)
二、粘合剂	(15)
三、绝缘层压板	(16)
四、复铜箔层压材料的加工工艺	(23)
第二节 复铜箔层压材料性能的考核指标	(24)
第三节 常用复铜箔层压板的规范	(30)
第三章 照相原稿的绘制	(39)
第一节 原稿的绘制过程	(39)
一、粗稿的绘制	(40)
二、正稿的绘制	(41)
三、元件排列稿 (供丝印用)	(45)
四、双面和多层印制电路板原稿的绘制	(46)
第二节 原稿的绘制方法	(47)
一、手工绘画法	(48)
二、采用自粘性黑胶带的贴带法	(50)
第三节 自动绘稿——数控绘图机	(52)
一、数控绘图机	(52)
二、印制电路画稿专用的绘图机	(54)
第四章 照相底片的拍摄	(57)
第一节 照相暗室的设计要求	(59)
一、照相室的平面布置	(59)
二、照相室的土建要求	(61)
三、暗室的设计	(62)
第二节 制板照相机及制板镜头	(68)

一、制板照相机的分类·····	(68)
二、制板照相机结构简介·····	(71)
三、简单介绍几种制板照相机·····	(74)
四、照明设备·····	(77)
五、制板照相机的要求和保养·····	(80)
六、制板镜头·····	(82)
第三节 照相工艺·····	(88)
一、制板照相机的操作·····	(88)
二、感光片基的分类·····	(94)
三、罗甸湿板拍摄工艺·····	(96)
四、接触复印法复制底片·····	(110)
第五章 线路图形的印制——照相感光法 ·····	(118)
第一节 照相感光法的机理·····	(119)
一、感光胶的组成·····	(120)
二、感光过程的化学变化·····	(121)
三、光线波长和感光的关系·····	(126)
四、凹凸 (Coving) 现象·····	(128)
第二节 各种感光胶的介绍·····	(130)
一、印制电路板照相感光法所用 感光胶的要求·····	(130)
二、感光胶的分类·····	(131)
第三节 照相感光法的工艺过程·····	(143)
一、基板铜箔的清洗·····	(144)
二、感光胶的涂布·····	(148)
1. 旋转涂布法·····	(148)
2. 浸涂·····	(152)
3. 喷涂·····	(153)
4. 滚涂·····	(155)
三、预烘·····	(156)
四、曝光·····	(157)
五、显影固膜·····	(168)

六、烘固 (物理固膜)	(173)
七、修板	(173)
第四节 常用的几种照相感光法	(175)
一、蛋白感光胶法	(175)
二、虫胶感光法	(180)
三、骨胶感光法	(181)
四、聚乙烯醇 (P.V.A) 感光法	(183)
第五节 照相感光车间的设计和所用设备	(188)
一、照相感光车间的平面布置	(188)
二、感光胶涂布设备	(190)
三、曝光设备	(193)
四、辅助设备	(196)
第六章 线路图形的印制——丝网漏印法	(198)
第一节 丝网模板的制造	(200)
一、锌板翻制法	(200)
二、漆膜雕刻法	(203)
三、直接感光法	(206)
四、专用材料翻制法 (碳素纸法)	(207)
第二节 丝网漏印过程及其质量控制	(209)
一、手工操作丝网漏印	(209)
二、自动丝网漏印	(212)
三、半自动丝网漏印	(213)
四、丝网漏印过程中存在的质量问题 及改进方法	(213)
五、丝网漏印在反镀上的运用	(214)
六、修板	(215)
第三节 丝网漏印所用设备和材料	(216)
一、丝网漏印所用的油墨 (抗腐蚀涂料)	(216)
二、丝网材料	(221)
三、框架及材料	(223)
四、刮刀 (刮墨板)	(225)

五、各种丝网漏印设备	(226)
1. 手工漏印设备	(227)
2. 自动漏印设备	(227)
六、辅助设备	(232)
七、丝网漏印车间的平面布置	(232)
第七章 铜箔的腐蚀	(234)
第一节 腐蚀的工艺过程	(235)
一、印制电路板(丝网漏印法生产)的 腐蚀工艺	(235)
二、印制电路板(照相感光法生产)的 腐蚀工艺	(237)
三、印制电路板(反镀法生产) 的腐蚀工艺	(238)
第二节 常用腐蚀溶液——三氯化铁	(244)
一、三氯化铁的浓度	(244)
二、腐蚀溶液的配制过程	(245)
三、腐蚀过程的化学反应	(247)
四、腐蚀溶液的控制和分析	(253)
五、影响腐蚀时间的因素	(255)
六、常见质量问题	(258)
第三节 废旧三氯化铁的处理和再生	(260)
一、三氯化铁回收再生原理	(261)
二、电解设备及工作条件	(262)
三、移动式阴极电解设备	(263)
第四节 其它腐蚀溶液	(270)
一、过硫酸铵腐蚀液	(270)
二、氯化铜腐蚀液	(276)
三、铬酸—硫酸腐蚀液	(281)
四、硫酸—过氧化氢腐蚀溶液	(283)
第五节 腐蚀的理论基础	(285)
一、倒切口(undercut)现象	(285)

1. 腐蚀因素.....	(286)
2. 形成原因.....	(287)
3. 解决方法.....	(289)
二、外伸 (overhang) 现象	(291)
三、其它有关因素.....	(293)
四、腐蚀过程对印制电路板材料的影响.....	(293)
第六节 腐蚀方法及所用设备.....	(300)
一、浸入法.....	(302)
二、压缩空气法.....	(303)
三、泼溅法.....	(304)
1. 卧式腐蚀.....	(305)
2. 立式腐蚀.....	(306)
四、喷射法.....	(307)
1. 垂直腐蚀.....	(308)
2. 自动垂直腐蚀.....	(309)
3. 水平腐蚀.....	(309)
4. 自动水平腐蚀.....	(312)
五、电解腐蚀.....	(315)
第七节 腐蚀后的中和清洗处理及抗蚀保护层 的去除.....	(316)
一、腐蚀后的中和清洗处理.....	(316)
二、抗蚀保护膜的去除.....	(317)
1. 溶剂去除法.....	(317)
2. 酸、碱溶液去除法.....	(318)
3. 机械磨光法.....	(318)
第八节 腐蚀车间的设计及劳动保护.....	(320)
一、腐蚀车间的设计.....	(320)
1. 设备选择.....	(320)
2. 土建要求.....	(321)
3. 其它要求.....	(322)
二、安全生产和劳动保护.....	(322)

第八章 电镀 浸镀	(326)
一、电镀工序在印制电路板制造上所起的作用.....	(326)
二、电镀工序在印制电路板制造工艺流程中的位置.....	(327)
三、印制电路表面常用的镀层.....	(328)
四、印制电路板制造上使用 的电镀溶液特点.....	(329)
第一节 镀 金	(339)
一、酸性电镀硬金.....	(331)
二、氰化镀金.....	(335)
三、无氰镀金 (亚硫酸盐镀金)	(336)
四、镀金层的去除和镀金的质量检查.....	(338)
第二节 镀 银	(339)
一、银的迁移现象.....	(340)
二、镀银保护层的特点.....	(343)
三、印制电路板镀银的浸汞处理.....	(344)
四、氰化镀银.....	(346)
五、氰化镀硬银.....	(347)
1. 镀银——钴合金.....	(347)
2. 镀银——铈合金.....	(349)
六、无氰镀银.....	(350)
第三节 镀铅锡合金 (焊锡)	(352)
一、镀铅锡合金的特点.....	(353)
1. 铅锡合金镀层的厚度.....	(353)
2. 铅锡合金镀层的成份.....	(354)
3. 合金电镀的特点.....	(354)
二、常用的镀铅锡合金工艺.....	(355)
三、高分散能力铅锡合金的电镀溶液.....	(360)
四、光亮铅锡合金电镀.....	(364)
五、铅锡合金镀层的测定.....	(365)

第四节	镀锡镍合金	(367)
一、	电镀液的组成和工作规范	(367)
二、	电解液的配制及其维护	(368)
第五节	化学浸镀	(369)
一、	化学浸镀的特点	(369)
二、	印制板板面的预处理	(369)
三、	化学浸银	(370)
四、	化学浸金	(371)
五、	化学浸锡	(372)
第九章	孔金属化	(373)
第一节	孔金属化的一般概念	(374)
一、	孔金属化过程简介	(374)
二、	漆膜法	(376)
三、	堵孔法	(380)
四、	板面电镀法	(382)
五、	图形电镀法	(384)
第二节	钻孔及孔壁预处理	(387)
一、	钻孔	(387)
1.	钻床和钻头	(387)
2.	钻孔的工艺过程	(388)
3.	钻孔的质量	(390)
二、	孔壁预处理	(392)
1.	清洗去油	(392)
2.	表面粗化	(393)
第三节	敏化、活化、化学沉铜	(397)
一、	敏化	(397)
二、	活化	(398)
1.	硝酸银活化	(399)
2.	离子钯活化	(400)
3.	胶体钯活化	(401)
4.	螯合钯活化液	(404)

三、化学沉铜·····	(405)
四、化学沉铜过程的简单理论探讨·····	(407)
第四节 电镀铜·····	(412)
一、孔金属化电镀铜的特点·····	(413)
二、硫酸铜电镀液·····	(415)
三、氟硼酸铜镀铜·····	(417)
四、焦磷酸铜镀铜·····	(418)
五、孔金属化镀铜的发展·····	(424)
第五节 孔金属化的检查·····	(425)
一、外观检查·····	(427)
二、通孔电阻检查·····	(427)
三、气候条件试验·····	(427)
四、耐焊性试验·····	(428)
五、耐冲击震动试验·····	(428)
六、金相检查·····	(428)
七、非破坏性测量检查·····	(430)
1. 利用 β 射线反向散射技术·····	(431)
2. 微电阻方法·····	(431)
第十章: 机械加工·····	(433)
第一节 印制板机械加工的分类和特点·····	(433)
一、印制板机械加工特点·····	(433)
二、常用的几种机械加工方法·····	(434)
三、毛坯机械加工·····	(436)
四、各种机械加工的工艺流程·····	(438)
五、定位孔·····	(438)
六、工厂常用的生产方式·····	(442)
第二节 冲孔·····	(442)
一、冲孔公差尺寸·····	(443)
1. 纸质层压板的收缩·····	(443)
2. 冲孔的公差·····	(443)
3. 模具间隙·····	(444)

4. 孔的位置和尺寸·····	(445)
二、冲模的设计和制造·····	(446)
1. 划线·····	(447)
2. 冲头的形状和组装·····	(447)
3. 矩形孔的加工·····	(448)
4. 脱料板装配·····	(449)
5. 排料装置·····	(449)
三、冲孔工艺·····	(440)
1. 冲床吨位计算·····	(450)
2. 板材预热·····	(451)
3. 孔距很小的小孔加工·····	(451)
第三节 钻孔·····	(452)
一、几种钻孔方法·····	(452)
1. 普通手工钻孔·····	(453)
2. 使用钻夹具(钻套板)钻孔·····	(453)
二、钻头·····	(454)
三、钻床·····	(455)
1. 普通钻床·····	(457)
2. 钢针定位气动靠模钻床(仿形钻)·····	(458)
3. 数字程序控制钻床·····	(459)
第四节 外形加工·····	(462)
一、用模具进行冲裁·····	(462)
1. 冲裁的形式·····	(464)
2. 模具的设计和制造·····	(465)
二、平面刻模铁床(刻字机式)加工外形·····	(466)
三、剪切·····	(468)
四、砂轮(或锯片)切割·····	(469)

附 录:

附录一、印制电路板制造用的有关化学药品	
性能介绍·····	(469)
附录二、照相罗甸的配制·····	(478)

附录三、三氯化铁溶液的化学分析·····	(482)
附录四、波美度和比重的关系·····	(485)
附录五、三氯化铁水溶液的比重·····	(485)
附录六、各种金属的腐蚀方法·····	(487)
附录七、印制电路制造的工艺流程·····	(489)
附录八、几个国家有关印制电路的标准·····	(492)
参考文献·····	(501)

第一章 印制电路制造工艺 的一般概况

印制电路的制造工艺有很多种，使用得最多的方法是腐蚀法。即在复铜箔的层压材料上，有选择地进行腐蚀，得到要求的线路图形。从印制电路的发展历史上看，是在解决了大面积铜箔和合成树脂板之间的粘合问题；也就是复铜箔层压板材料出现之后，印制电路板才真正大量地应用推广。本文所谈的印制电路制造工艺也就是指用复箔板制造印制电路。对于其它方法就不作介绍了。有些特殊的印制电路板，例如平面印制电路板可用转移法制造，这将在有关的专门章节加以介绍。

印制电路制造这门工艺出现不过是近二十年的事，它还很年青，但是随着电子工业的发展，印制电路也发展得很快，无论是品种和制造方法上都有很大的进展。印制电路制造作为一个专门的工艺来说它有自己的特点：

1. 印制电路的制造和印刷工业有密切的关系。印制电路亦有称为印刷电路的，可见和印刷工业关系非常密切。当然电路不是真的印刷上去的，但是如果没有印刷工业上已经很成熟的制板工艺是不可能生产印制电路的。首先不管是用何种方法生产印制电路一般是需要照相底片的，而通常用的湿片制造工艺，就是原封不动地沿用印刷工业上的那一套。至

于用照相法制造印刷电路板的工艺，就和印制工业上的制板工艺（铜板或锌板）几乎完全相同。

2. 印制电路的制造工艺是综合了现代各门技术。换句话说印制电路制造工艺中大量的的是借用了其它各门工业技术，适当地加以组合，修改以适应电子工业要求。上面已经谈到大量的工艺是沿用印刷工业上的，另外它和表牌铭牌制造工艺也有相当密切的关系，都是基于照相感光方法来生产。又如丝网漏印原来是用来作为广告宣传上用的。其特点是设备少、成本低、效率高。在印制电路制造上就沿用了这个方法，只是不是漏印颜料而是漏印特制的耐腐蚀的漆，这就发展成用丝网漏印法生产印制电路板（属于腐蚀法中的一个分支）。再如电镀这门工艺在一般工业上都是作为装饰保护作用的，是在零件成型之后最后进行的。而在印制电路板制造上也采用了它，但是作为特殊用途。如反镀法生产印制电路板就是设法使电镀上一层贵金属（按照电路图形有选择地电镀），在以后腐蚀时，这层贵金属就起保护作用，下面的铜箔就不会被腐蚀。这就是很巧妙地使用了电镀这门工艺。在多层印制电路板生产中层与层之间的叠压工艺，实质上就是沿用绝缘材料工业上的层压板的叠压工艺。

和晶体管、集成电路制造工艺相比，印制电路工艺是大量地综合了其它现有的工艺，而本身没有什么专门独特的工艺，而晶体管、集成电路制造工艺中很多如光刻、外延、烧结……等等都是特殊工艺，别的工业上很少有的。

3. 手工操作占较大的比例，设备的伸缩性很大。印制电路板生产因为受到数量和工艺本身影响，（数量不是太多，品种多，工序很多繁复）。因此不容易机械化自动化，成套

的专用设备也就不多。虽然目前很多专用设备正不断出现，但是还远远不能满足操作要求。前面已经谈到印制电路生产工艺中很多是通用于其它工业技术的，因此它的设备通用性也强，印刷工业上的照相机，烂板机……等等可以照搬来做印制电路。设备的伸缩性、通用性很大，例如腐蚀铜箔这道工序可以用全自动连续腐蚀机，一面送料另一面出来已腐蚀好了；也可以最简单用个搪瓷盘放些三氯化铁溶液下面加些热，同样能进行腐蚀。感光这道工序可以用氙灯、高压水银灯、碳弧灯、镝灯、自动定时曝光，也可以用个晒匣利用太阳日光进行曝光，这就使一般工厂单位容易因陋就简土法上马。

4. 随着工业的发展，印制电路制造工艺中正在引进各种先进的技术，印制电路的种类日益繁多，单面、双面、多层印制板，平面印制板，软性印制电路……。其制造工艺中也必定会引进了先进的技术，例如用红外线显微镜来检查多层印制电路板的联结。金属材料检查上用的金相检查方法也用于印制电路制造工艺，用以检查导线腐蚀的质量，检查孔金属化的质量。印制电路板的焊接方面，波峰焊，电阻焊等等名目繁多，数字程序控制的机床已用于印制电路板的钻孔，印制电路板钻孔专用的硬质合金钻头也已出现……。

5. 印制电路的原理主要是照相化学腐蚀。在印制电路制造工艺不断发展的基础上，根据照相化学腐蚀的原理，又发展到印制元件（电感、电阻、电容）。这些不仅可以直接制作在印制电路板上，而且可以单独制作成元件。例如同步感应器的制作，就采用照相腐蚀法。利用印制电路的照相化学腐蚀方法可以制造一些特殊零件，一定程度上可以取代

冲裁成型，直接得到零件。在彩色电视，集成电路及各种精密元件中已得到广泛应用。这种用照相化学腐蚀法加工零件的方法，国外有的称为化学蚀刻（chemicalmilling）它的特点为：①适用范围广，各种金属材料均可适用。②和热处理状态无关，各种热处理状态下的金属均可成型。③加工不变形、毛刺少，特别适于薄片零件。④精度高不受形状限制。⑤成本低、不需复杂的工模具。⑥也可以大量生产，（利用分步重拍照相法，或用照相拼版片一次加工多片）。此外仪表工业上的印制动圈，微电机上的印制电机，都是由印制电路制造工艺的基础上发展而来。由于这种加工方法仍旧属于印制电路制造的范围，一般生产印制电路的工厂均能采用此种方法，能解决一些问题。

用腐蚀法制造印制电路的工艺种类繁多，但是基本原理还是差不多的，把目前常用的制作方法归纳一下，可以分成下列几个方面：

1. 依照制造方法分类，可以分成，照相化学腐蚀法和丝印化学腐蚀法这二大类，这都是印制电路制造上的最常用最经典的工艺。照相化学腐蚀法是基于光化学反应的原理，把经过清洁处理后的复铜箔层压板表面涂敷一层很薄的有机感光材料，将拍摄好线路的照相原板覆盖其上，用一定波长的光线照射，使其受照射部份感光材料起光化学反应硬化，未照射部份用各种溶液清除掉（即显影）。然后在各种相应的腐蚀溶液内蚀刻加工（例如三氯化铁、过硫酸铵……等等）。硬化部份的铜箔留下，未硬化部份被腐蚀，结果在层压材料上得到要求的铜导体线路图形。

这种加工方法特点是精度高，不易失真，特别适合于图