

光化学法制造印制电路

[苏联] A. И. 弗拉塔夫 著
E. B. 克拉契柯娃



国防工业出版社

內 容 提 要

本书主要阐述用光化学方法在敷銅箔的絕緣材料上制造印制电路的工艺过程。介绍了制造印制电路的原材料及其性能。推荐了感光乳剂、显影液、定影液等的配方。并对采用印制电路的产品的結構設計提出了一些主要的設計要求。

根据我国实际情况,将原书第八章“在實驗室条件下制造印制电路的费用”中不适用的部分删去,改写为結束語。

本书可供无綫电工厂、研究机构的工程技术人员及高等学校无綫电专业的学生参考。

ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ СХЕМ

〔苏联〕 А. И. Фролов Е. В. Ключкова

СУДПРОМГИЗ 1959

光化学法制造印制电路

王铁中、張中清 譯

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所 各地新华书店經售

國防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/32 印張 2 1/2 51 千字

1965 年 6 月第一版 1965 年 6 月第一次印刷 印数: 0,001—3,400 册

統一书号: 15034·906 定价: (科六)0.32 元

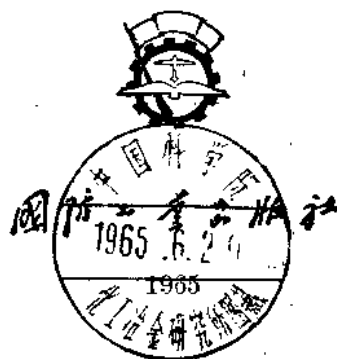
73.45
165

光化学法制造印制电路

〔苏联〕 A. И. 弗拉洛夫 著
E. B. 克拉契柯娃

王铁中、張中靖 译

34565/17



目 录

引言	4
第一章 印制电路制造方法概述	5
1. 术语	5
2. 印制电路的制造方法	6
第二章 原材料	13
3. 敷箔介质的制造工艺及其电气特性和物理机械特性	13
4. 敷箔纸胶板的技术要求及试验方法	20
第三章 照相原图及摄制底片	22
5. 绘制照相原图	22
6. 照相	23
7. 照相底片	24
8. 显影及定影	25
9. 底片的加厚及减薄	27
10. 底片的修整	29
11. 对底片的要求及底片的存放条件	30
第四章 制造印制电路的工艺过程	31
12. 配制感光溶液	31
13. 准备敷箔材料	33
14. 在基板上涂感光溶液、曝光、显影、固膜、干燥及修版	33
15. 配制腐蚀溶液及腐蚀	39
16. 腐蚀溶液的检验	45
17. 用光化学法在敷箔材料上制造印制电路的优缺点	46
18. 在柔性的基体上制造印制电路	49

第五章 装配	53
19. 准备印制板及零件	53
20. 电路的装配及浸焊	55
第六章 塗漆	60
21. 采用的漆、塗覆工艺及干燥规程	60
22. 印制电路气候試驗的数据	62
第七章 对用印制方法制造的产品的結構設計提出的 基本要求	70
23. 坐标网、导綫尺寸及导綫的配置	70
結束語	78
附录 光化学法制造印制电路的工藝过程图	79

07932

引 言

由于无綫电設備在各个科学技术領域和日常生活中都广泛应用,因此要求我們采用更先进的方法来制造无綫电設備,縮小設備的体积,減輕重量,簡化結構及降低产品的成本等。

采用印制裝配件是这些方法中的一种。采用这种方法可以做到:

1. 大量減少手工裝配工作,因而降低电路裝配費用;由于印制導綫和电路元件的几何布置准确,并且每块印制板都相同,所以还可以縮短調試時間,減少廢品。

把樺接元件的引綫插入印制板的孔中,然后将印制板浸入熔化的焊料槽內,所有的引綫可以一次焊好。

2. 把印制板排列成行,或采取多层的形式,可以将所設計的产品的体积縮到最小。

3. 比采用普通的綫路具有較好的可靠性。

4. 在實驗室作出采用印制裝配件的样机后,易于轉入大批生产。

第一章 印制电路制造方法概述

目前,在各种制造印制电路的指导性技术资料和文献中,同一个概念往往有很多种不同的术语,这就造成了混乱。在相应的国家标准尚未拟定以前,为了统一起见,本书暂时采用下列术语。

1. 术 語

印制导线——絕緣基体表面上保证电路元件电气連接的金属化部分。

印制装配件——导电的印制导线系統。

印制板——有印制导线、装配孔、固定孔和工艺孔的絕緣材料。

金属化孔——印制板上的孔,在孔壁敷有一层金属,或在孔內鑲有空心铆釘。

接触面——孔周圍的金属化部分。

焊接元件——装在印制板上的无綫电元件及电气元件。

印制元件——在印制电路絕緣基体上,具有焊接元件(L , C , R)作用的金屬化或碳化部分。

印制电路——既有印制导线,又有印制零件的电路。

坐标网——正方形的网,預先敷在印制板上,用来规定各孔在印制板上的分布方式。

照相原图——用墨汁画在繪图紙上的印制电路图。

附着强度——使单位宽度或单位面积的印制导綫与絕緣基体分开所需的力。

2. 印制电路的制造方法

目前采用下列三种制造印制电路的方法：

- 1) 腐蝕敷箔材料法；
- 2) 轉移法；
- 3) 电化学沉积法。

上述的每一种方法各有其优、缺点，到底采用那一种方法，要根据所設計的产品的結構及其生产条件来确定。

各种方法的基本工序都是用某种坚固的材料在基板上制出电路图形。經過許多研究单位和生产企业的多次試驗，获得下面几种最普遍采用的制造图形的方法：胶版印刷法、絲网印制法和光化学法。

腐蝕敷箔材料法

腐蝕敷箔材料法就是腐蝕掉絕緣材料(一般为紙胶板)表面上的銅箔的不需要部分，使得未腐蝕的銅箔构成所需的电路。

为了保护印制导綫，使它免受腐蝕，用化学稳定的材料在敷箔介质表面印出电路图形^①。腐蝕时，要把印制板浸入盛有腐蝕溶液(三氯化铁)的槽內。

在大量生产电子設備时，腐蝕法是最經濟的方法，因为同其他方法比較，腐蝕法的耗費最少。

① 电路图形用下面将要讲到的方法之一印制。

轉移法

用轉移法制造具有印制装配件的印制板，就是在不銹鋼薄板(模版)上，用电鍍法沉积導線系統，然后将導線从金屬上轉移到准备好的介质上，在压力作用下，將它們粘牢。

用轉移法制造印制电路的工藝过程如下：

在拋光的金屬模版的表面，用光化学法、胶版印刷法、絲网印制法或其它方法印出印制电路的图形。將已經印上电路图形的金屬模版挂在酸性鍍銅槽內，使模版上未被保护的部分——即所需的电路部分鍍上銅。然后，在碱溶液或溶剂中除去模版上的保护层。

將鍍好印制導線的模版与准备好的紙胶板对合在一起，裝在专用的夾具內（紙胶板預先塗有 BΦ-4 胶，并用蘸酒精的卡普隆刷子擦过）。將夾具放入压力机，使在 15~20 公斤/厘米² 的压力下保持 7~10 秒钟。模版上的導線便粘在紙胶板上；由于印制導線与胶的附着力比与模版的附着力强，所以在拆开夾具时，導線便轉移到紙胶板上。

金屬模版可以重复使用。为了增加印制導線与紙胶板的附着力，轉移后要补压一次。

从導線一面墊入的氯乙烯衬垫及薄铁片在卸模后放入压力机，在溫度 145~150°C 及压力为 15~20 公斤/厘米² 的条件下保持 5~10 秒钟。

为了使胶层完全聚合，將印制板裝入夾具压紧，放入干燥設備內，在溫度 130°C 下处理 24 小时。

利用轉移法制造印制电路，可以完全避免銅的浪費，并且介质也不会受到腐蝕溶液的影响，而这些正是腐蝕敷箔材料

法所难免的。轉移法的缺点是工艺工序多，电鍍出的导綫质量低，精度較差，以及若要在基板两面布綫，还必须装上空心鉚釘。

电化学沉积法

用电化学沉积法制造印制电路，就是在基板上未用塗料或乳剂保护的地方，用化学方法沉积一层銅，然后用电鍍方法加厚。电路图形用光化学法、胶版印刷法、絲网印制法或其他方法来制出。

在印上图形以前，基板須經噴砂加工、壓縮空气噴吹、清洗并烘干。在烘干的基板上印制电路图形时，須注意利用工艺导綫連接电路各金屬化部分。

在印好电路图形的基板上，用化学方法沉积一层銅。为了加速化学沉銅，基板先用1.5%的二氯化錫溶液处理1~2分钟。然后用流水洗去多余的二氯化錫。洗淨的基板用1%的硝酸銀溶液处理，并放在40~60°C溫度下烘干，以加固附上的沉积层。化学沉銅时，印制板表面的活化必須使用硝酸銀。

把准备好的基板放入盛有化学沉銅溶液的槽中。在化学沉銅过程中，借还原剂的作用，使金屬銅由銅盐的溶液中还原出来。

化学沉銅用的溶液配方如下(单位为克/升):

硫酸銅	20
甘油	35
氫氧化鈉(总含量)	26
氫氧化鈉(游离的)	20
氨水(25%)	10
甲醛	5~8

在室温下，在基板上化学沉铜的时间为 30~40 分钟。

化学沉铜后，用溶剂或 15% 的热碳酸钠溶液除去基板上的保护层。用流水仔细地冲洗，然后烘干。用化学沉积法沉积的铜层要用电镀法加厚。电镀铜在硫酸铜电解液中进行。为了防止铜导线氧化及保证焊接的质量，印制的电路须镀锡。镀锡后，印制板即送去作机械加工。

电化学沉积法有下列缺点：印制导线的导电性较差；不易制出边缘整齐的细线条；金属与基板表面的附着强度较差；由于经过多次化学处理，绝缘材料的性能下降。化学沉积是一个不稳定的过程，且铜的还原是在整个槽内不停地进行的，不仅在加工过的基板上沉积上铜，在槽的内壁也沉积上了铜。电化学沉积法的优点是：不需要空心铆钉就可以在基板上制出双面的印制装配件，因为在制造电路图形的过程中，板上的金属化孔可以同时被制出来。

化学沉积法可以在成批生产中采用，也可以在实验室条件下采用。

胶版印刷法

用胶版印刷法可以在任何材料上印制电路图形，但通常是用来在敷箔绝缘材料上印制电路图形。正像或负像的电路图形在平面胶版印刷机上用耐酸油墨印在基板上。

胶版印刷机有两个工作台。一个工作台上固定电路图形的印版，另一个工作台的夹具上固定一块敷箔板。用印刷辊子将油墨板上的油墨滚到印版上去。用双金属印版所印出的电路图形，其线条最光滑。为了使油墨覆盖得更可靠，在油墨中加入 1% 的天然蜡及 1% 的硬脂酸（按重量比）。为了使由印

版上轉印到敷箔板上的油墨具有更好的化学稳定性，可用棉球扑以松香粉及滑石粉。

在恒溫箱中于 120°C 的溫度下热处理后，松香熔化，并在基板表面上生成一层耐腐蝕溶液的膜。滑石粉用作粘結剂，使油墨不致流开。在恒溫箱中处理的时间由試驗确定，因为处理时间的长短与介质材料的种类及其厚度有关。厚 1.5 毫米的紙胶板，其处理时间約为 2~4 分钟。

热处理的质量用目测判定。油墨应平滑而有光澤，沒有剝落現象。

用胶版印刷法在板上印制图形，其方法簡單，成本低，可用于印制电路的大量生产中。但是印出的图形其精度較光化学法差。用胶版印刷法时，每一种电路需要做一块复杂的印版，因此，本法仅适用于大量生产，而不适于試驗室工作。

絲网印制法

絲网模版在印刷招貼画方面用得很多。印制电路也可用絲网模版来印制。国外广泛应用絲网印制法制造印制电路。苏联在无綫电工业中用这种方法制造各种度盘和标牌等，在钟表工业中則用来印制钟表的字盘。

絲网模版是用 76 号或 67 号特种絲网紧綑在木质或金属框架上制成的。絲网的号碼表明网眼的尺寸；号碼愈大，网眼的尺寸愈小。絲网必須綑得与框架非常平行，做到网眼不至斜。使用綑得不正的絲网，印出的图形要有畸变。

絲网模版制造方法如下：用軟毛笔在已去油的干燥的絲网表面上塗一薄层感光乳剂，在室溫下干燥 6~7 分钟，然后在已干的第一层感光乳剂上按垂直方向塗第二层，再在室溫

下干燥 12~13 小时。所用的感光乳剂是以铬酸明胶作基底配制的,因此,塗感光乳剂和干燥感光层时,均必須在暗室内进行。

用明胶配制的感光乳剂的成份如下:

重铬酸鉍	4 克
明胶(照相用或食用)	8 克
精細酒精	10 毫升
水	100 毫升
氨水(25%)	15~20 滴(加至感光乳剂变为黄色)

將照相明胶或食用明胶研碎,放入玻璃容器中,并注入水,在室溫下放置 2~3 小时,使明胶膨脹,然后将盛有明胶的容器在 40°C 的水浴上加热至变成均匀的溶液为止。在配好的明胶溶液中加入重铬酸鉍的水溶液。再在配好的感光性溶液中加入 25% 的氨水及酒精。这样配好的感光乳剂裝在有盖的容器中,存放在阴暗的地方。

感光乳剂靜置 24 小时后即可使用。配好的感光乳剂可以存放 10~12 天。

按下述方法在絲网上复制图形。

在复制台的玻璃上放一張照相底片(导綫电路图形的正像底片);在照像底片上再放上塗有感光乳剂的絲网,并使二者紧貼。借玻璃下面的日光灯曝光复制。

复制所需时间用試驗方法确定。复制后,在絲网的表面就生成了图形的潜像,显影后,即現出可見的图形。在光的作用下,网上的乳剂发生坚膜,显影时不会溶解。被正像底片黑色部分遮蓋的感光乳剂在显影时被溶解并被水冲走。

显影是在溫水(35~40°C)槽中进行的;显影时,須搖动

槽。为了加固附着的乳剂层的强度，須用坚膜溶液处理 2~3 分钟，用水冲洗后，放入 1% 的甲基紫溶液中 1~2 秒钟，使图形染上颜色，然后用水冲洗丝网，并干燥 1 小时。坚膜所用溶液的成份如下：

铬矾	2 克
重铬酸钾	5 克
酒精	2 毫升
蒸馏水	100 毫升

丝网上的图形应仔细检查，如发现有疵病，可用毛笔蘸硝基清漆进行修补。做好图形的丝网装在底座上；底座上固定有定位钉，用以正确放置基板。基板经去油和清洁处理后，放在定位钉上。把做好图形的丝网放在基板上。用胶皮括板括压油墨，使油墨通过丝网上无乳剂保护的网格印到基板上去，复制出丝网上的图形。然后将丝网提起，将基板从定位钉上取下，并在印出的油墨上撒滑石粉，然后干燥到电路图形干透为止。

借助丝网模版印制图形所用的油墨配方如下：

锌银白涂料	75%
印刷用透明白色涂料	20%
群青	5%

工作结束后，在煤油中仔细清洗丝网，用软布擦干，保存在封闭的柜中，以防止沾污。

丝网印制法的优点是：所用的工具非常简单，生产率比较高。其缺点是：翻印的电路图形不够清晰，生产机械化困难。

光化学法

印制图形的光化学方法，是在印制板毛坯表面涂一层感光层，并干燥之。然后在已干燥的感光层上放电路的负像底

片。光透过底片的透明部分，作用于感光层，使它硬化成为不溶性。显影后，在基板上就留下了电路的图形。光化学法制图形工艺过程詳見第四章。

第二章 原材料

3. 敷箔介质的制造工艺及其电气特性和物理机械特性

目前，在制造印制电路用的敷箔介质的选用方面还受着限制。現今已能批量生产的敷箔介质只有敷箔紙胶板一种，莫斯科“依札利特”(ИЗОЛИТ)工厂出产这种材料。

紙胶板是将經酚醛树脂浸漬过的紙在80~100公斤/厘米²压力下压制而成。目前生产的已有几种牌号，其中ГВ牌号的紙胶板具有較高的电絕緣性能，較高的抗張强度、抗压强度及抗冲击强度，比重較小，对矿物油及脂肪比較稳定。紙胶板的缺点是其电絕緣性能受环境溫度的影响大，尤其是受湿度的影响較大。

敷箔紙胶板的制造工艺如下：

将符合ГОСТ 3441-55的紙放在浸漬机上，用酚苯胺甲醛树脂(ФАП)浸漬，然后将一定尺寸(根据压力机平板大小而定)的紙叠起来，以便获得規定厚度的紙胶板。在准备紙的同时，还須准备制造敷箔紙胶板所需的銅箔。

銅箔可用輾压法或电解沉积法制造。用輾压法制造的銅箔(ГОСТ 5638-51)，表面有氧化膜和油污。为了获得高质量

的敷箔紙胶板，銅箔的表面必須作适当的处理，即：表面去油，除去氧化物，并使銅箔的表面粗糙化，以保证銅箔与介质粘合后能有較大的附着力。銅箔只需要一面粗糙化，这可用单面鍍銅的方法来实现。在鍍銅前，將銅箔用40%的硝酸腐蝕数秒钟，經流水冲洗后，装入专用的夹框，挂入鍍槽。鍍槽中的电解液的成份如下：

硫酸銅	200 克/升
硫酸(比重 1.84)	50 克/升

銅箔鍍銅时，电流密度 $D=2.5$ 安/分米²，时间为 15 分钟。

其所以要用夹框来固定两张并在一起的銅箔，是为了在鍍槽中鍍銅时，防止銅箔边缘被电流燒焦；为了使銅鍍层的厚度均匀；同时是为了使銅只沉积在銅箔的外表面。因为没有电解液进去，所以銅箔的内表面仍旧保持原来的光滑。

鍍好銅的銅箔，先用流水清洗，再用热水洗，然后烘干。制造敷箔介质的銅箔厚 30~60 微米。經上述处理后的銅箔，即可塗 BΦ-4 胶。采用电解沉积法制造的銅箔，在塗 BΦ-4 胶以前，可不經上述預处理，这是电解沉积法制造的銅箔的优点。

在銅箔鍍过銅的一面塗胶。塗胶用毛笔由手工进行，纵横二方向均須塗匀。銅箔上塗了第一层胶后，先在室溫下放置一小时，然后放入恒溫箱中，在 60°C 下放置 20 分钟。再用同样方法塗第二层胶，并干燥之。

在将要直接与銅箔压合的紙板上也塗 BΦ-4 胶。像在銅箔上塗 BΦ-4 胶一样，在紙板上也塗二层，用上述同样的工艺規程来干燥。在塗有 BΦ-4 胶的紙板上，复上一張准备好的

銅箔，使膠層與膠層相合。如果需要製造兩面敷箔的紙膠板，則在一組紙板的另一面同樣放一張塗好 BΦ-4 膠的紙板和一張塗好 BΦ-4 膠的銅箔。

將用上述方法疊好的紙板和銅箔作為一組，夾在二張拋光的不銹鋼板之間，不銹鋼板厚 2~3 毫米，拋光的一面向里。在不銹鋼板上預先擦一層油酸，以防止紙在压制時與不銹鋼板粘着。如果在壓力機中裝幾組用上述方法疊好的紙板和銅箔，則每組的二面都要襯不銹鋼板。在不銹鋼板之間及承壓台台面與不銹鋼板之間，均襯以厚 2~3 毫米的紙板，用以調整上下二承壓台台面的不平行度，使得压制成的敷箔紙膠板在厚度方面差別很小。

壓力機的承壓台用蒸汽或電加熱至 155~165°C。最好採用由蒸汽加熱的壓力機，因為使用這種壓力機，可以大大縮短使压制好的材料冷卻的時間；而用電熱的壓力機就不可能做到這一點。

敷箔紙膠板在壓力為 80~100 公斤/厘米² 下压制，紙膠板每厚一毫米要保持壓力 5 分鐘。在上述壓力下，使敷箔紙膠板冷卻到 30~35°C，然後從壓力機中取出。如果取出紙膠板時溫度較高，則由於銅箔與紙膠板的線膨脹系數不同，敷箔紙膠板就會發生翹曲。敷箔紙膠板在室溫下放置 24 小時，然後進行物理機械性能試驗。

紙膠板的物理-機械特性及電氣特性列於表 1。

“依札利特”工廠製造的牌號為 ГФ-1 ГВ-50 的敷箔紙膠板，每平方分米的平均重量如下：

敷箔紙膠板厚度(毫米)	1	1.5	2	3
1 分米 ² 重量(克)	17.45	23.95	30.45	43.45