

無線电技术参考資料

印制电路及其制造

苏联 A.Я.叶菲莫夫等著

第一机械工業部第十研究所技术情报室

1959年

印制电路及其制造

A. Я. 叶菲莫夫 著

目 录

印制电路及其制造	A·Я·叶菲莫夫 (1)
印制电路技术	哉傑尼 (25)
广播收音机的印制超短波部分	M·阿因宾捷尔 И·Н·歇果列夫 (66)

印制电路的应用

电子技术在国民经济中的广泛应用，給工業部門提出了急驟增加电子、無線电設備的要求。

現有的一些制造方法需要化費很多手工劳动。

近来国内外开始采用印制方法来制造安装件和某些另件。这种工艺不仅可使安装件的制造工序机械化和自动化，而且还可使至今主要仍以手工进行的装配仪器和焊接工作实现机械化和自动化。采用这种方法可减少繁重的装配和調整工作，从而可能大大提高电子仪器的产量。

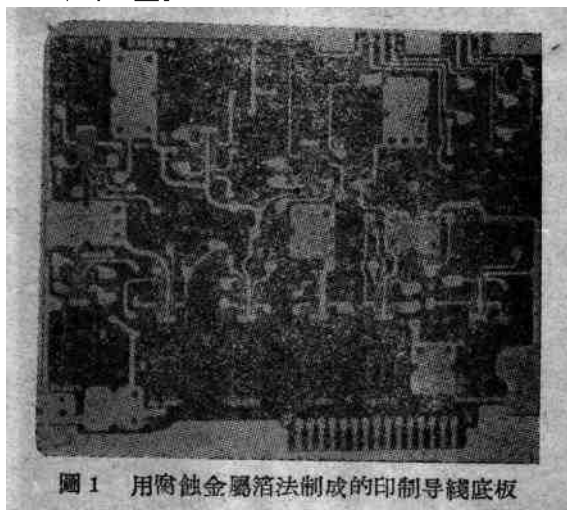


圖 1 用腐蝕金屬箔法制成的印制導線底板

將安裝件和另件印在絕緣底板上，這樣組成的線路稱為印制線路。

用印制方法可制造安装导线、感应线圈和一些无机电元件。如图1所示底板,其上的导线系用腐蚀金属箔法制成。必须指出,用印制方法还可制造任何符号和标志,这点也可从图1中看出。

图2所示二种转换开关,其定触片和连接导线均系用0.05公厘厚的铜箔腐蚀而成。为了改进接触电阻,铜箔上电镀一层厚10—15公忽的银。

转换开关工作的好坏主要决定于动触片的结构。动触片应富有弹性,并且对定触片的压力在40—60克的范围内。为了减小转换开关的接触电阻并提高其工作可靠性,动触片上开了二条到三条缝。

这种转换开关,其整个导电电路的总接触电阻在0.01欧范围以内。在正常室温下,各相邻接点间的绝缘电阻不低于1000兆欧。

这种类型的转换开关,经过200000—250000次转换后,其接触电阻不超过0.03欧,绝缘电阻可能降至5兆欧。接触电阻增加,而绝缘电阻减小的原因在于:工作点上的银镀层被磨掉,并且移到接点间绝缘的地方。



图2 印制转换开关

图3是一个复杂的 a——三路转换开关; 6——十位转换开关

轉換开关，其彈性的接点系用青銅綫制成，固定不动，而电路之間的复杂轉接系由一个上面用印制方法印制了数个被銀銅环的轉动絕緣圓片承当。为了看的清楚起見，切掉了一部分轉換开关的底板。導綫接点与引綫之間的連接綫亦系用印制方法制成。这样的結構，可大大减小轉換开关的重量和尺寸。

用印制方法还可制造各种接头。如图4所示，接头插脚部分与印制安装件底板連接在一起，并且

插脚的末端可伸至需与綫路中樑接另件連接的地方。印制接头的結構相当于老式結構的立体接头，但較其輕(一半)而小(圖5)。



圖3 复杂的五路轉換开关

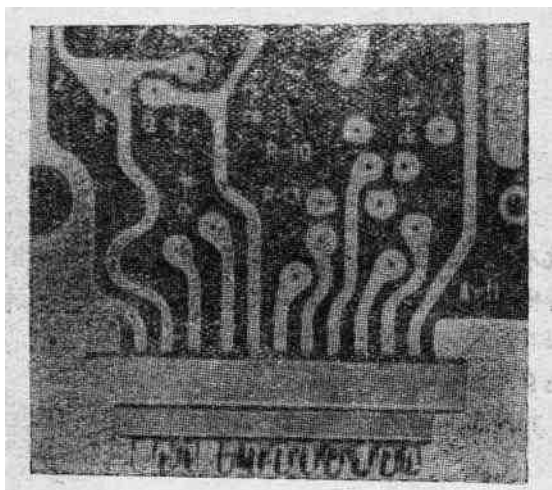


圖4 裝在印制底板上的印制接头 (具有20个接触点)

12-3-101

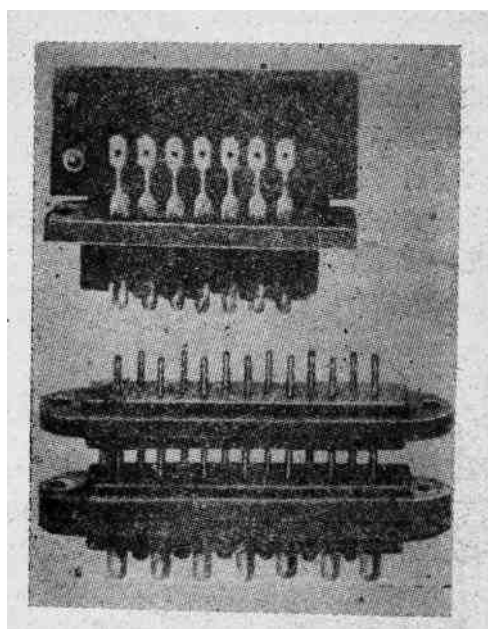


圖 5 具有15个接触点的立体接头

a——印制結構

6——旧型号

匝数不多，电感量约为 5 微亨的感应线圈，也可用印制方法制在各种絕緣材料上（圖 6）。必須指出，印制线圈的各种参数稳定性很高。用一塊型板印制的几个线圈，其电感量的不穩定度不超过 $\pm 2\%$ 。

表 1 列出了几种感应线圈的参数。

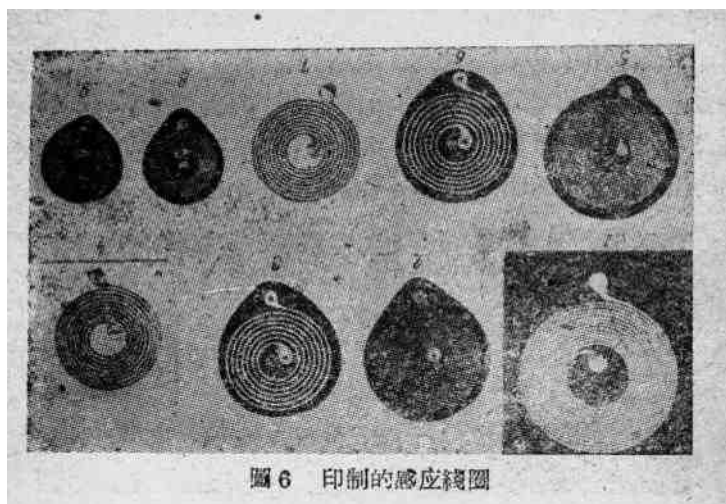


圖 6 印制的感應綫圈

几种印制感应綫圈的数据

表 1

綫圈 編号	电 感 量 微亨	品 質 因 数	頻 率 兆赫	外 徑 公厘	匝 数	繞 距 公厘	底 板 的 材 料
1	5.6	96	12	43	13	1.0	紙胶板
2	4.8	80	12	30	15	0.6	K—114—35塑压粉
3	1.16	101	28	30	7	1.3	同 上
4	1.8	125	22	30	9	1.0	氟塑料—4
5	3.65	92	14	30.5	13	0.75	紙胶板
6	1.16	112	28	30	7	1.3	夹玻璃布胶板
7	1.8	115	22	30	9	1.0	玻璃布
8	2.8	80	16	19	13	0.4	夹玻璃布胶板
9	2.8	75	16	19	13	0.4	K—114—35塑压粉

下面示出了几种用印制方法制成的部件。圖 7a 是从焊接元件方面拍摄出的《Рекорд》电视机旧插部分的底板，圖 7 б 是从其安装件方面拍摄出的底板。从該板上可看出印制导線和焊接元件的出头、管座的出头与印制导線焊接的地方。

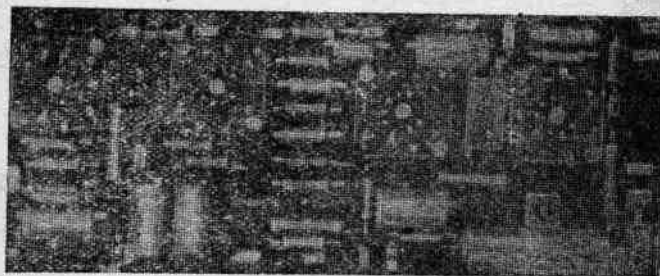


圖 a 从焊接元件方面看



圖 б 从安装件方面看

圖 7

圖 8 所示儀器的安裝件亦系用印制方法制成。這是一個由超短波波段的輸入級和混頻級組成的單元，用于制式無線電接收機中。圖 9 是它的底板，a面安裝着全部焊接元件，б面是印制導線。穿過孔的出頭焊接在印制導線加寬的部分上(圖 9 б)。在這面上除了印制導線以外，還有印制感應線圈，印制線圈用 $\text{CuP}-1$ 炭基

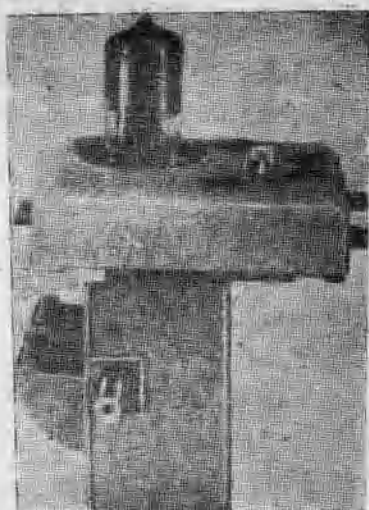
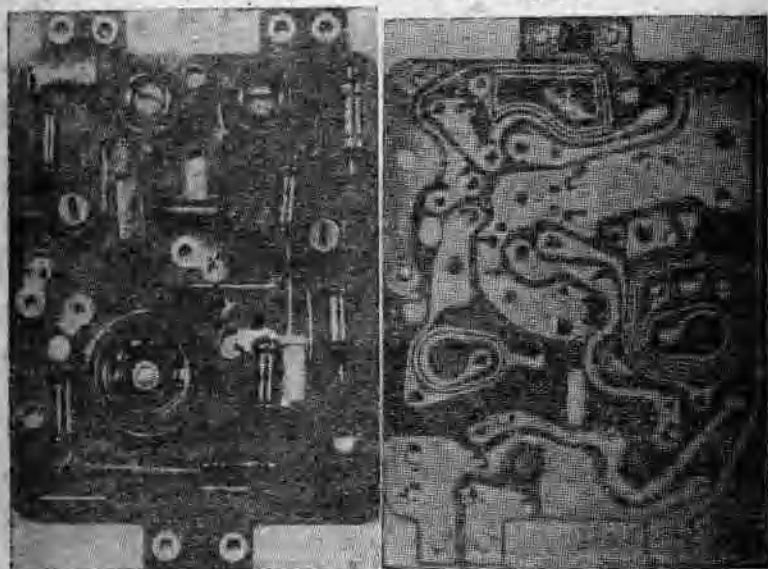


圖 8 制式接收机超短波部分的外形圖



a——裝焊接另件的一面

b——綫圈和安裝件的一面

圖 9 超短波部分的底板

鉄粉芯微調。其所以需要微調，是因為并連在感應綫圈上的固定和可变电容器的誤差不一致之故。

制造印制电路的方法

目前制造印制电路的方法約有25种，基本上可分为二类，第一类是仅在絕緣底板上应成为导电的部分敷上金屬，这可用电化学方法或吸金屬悬浮液而后热处理等方法进行。

第二类是在絕緣底板上全部敷上金屬膜，留下制導綫和某些另件所利用的部分，其余部分則用腐蝕或机械加工(切去，押印)方法去掉。

我們的研究所設計并推行到工業中的方法有三种：a) 电化学法。b) 腐蝕金屬箔法。b) 轉移法。

用电化学法制造印制導綫时，系在其表面經打毛的电絕緣底板上將不需金屬化的地方塗上耐酸薄膜。然后用化学方法將銅沉积在未塗复耐酸薄膜的表面上，銅沉积層的厚度在一公忽以內，这样便形成了綫路圖形。

沉积銅是一道中間工序，是为了未来的導綫具有最初的导电層，然后將其加厚至20—30公忽。經過这些工序以后，电絕緣材料上便形成了可靠的導綫，从而組成所需要的綫路。

腐蝕金屬箔法的實質在于：將粘有銅箔的介質，制成的底板上复上电路圖形的耐酸膜，腐蝕掉未复耐酸膜的銅箔，然后将未腐蝕銅箔上的耐酸膜擦去，則出現所需要的金屬导电綫路。

用上述几种方法將印制導綫和另件制在絕緣底板上后，还須进行机械加工，如鑽孔或冲孔、切外形等。插入孔中的樺接另件有电容器、电阻、电感綫圈、管座等。这些另件的出头均焊于印制導綫上。

因为印制導綫在底板上系平面配置，所以加工可同时进行。

整个线路的各部分配置的很精确，所有焊接元件的孔可一次制出。此外，焊接元件的出头也可一次同时焊接在印制导线上。

用印制方法制造安装件时，有可能将所有焊接元件预先装在专用机器上进行准备工作、打弯和切齐出头，这样准备好的元件也可用自动机器安装于底板上。于是印制电路的制造、线路各单元的装配便可很容易机械化和自动化。

印制线路用材料

设计采用印制线路的机器时，导电和绝缘材料的选择决定于使用条件、工作频率和制造线路的工艺过程。

制造印制线路所用的底板材料应符合下列机械和电气要求：
必需的机械强度；

仪器工作频率的电损耗最小；

在正常或较高温度下有足够的绝缘电阻；

耐较高的温度，因为在仪器的使用过程中和进行某些与高温有联系的工艺操作（如焊接，保护漆的聚合等）时需要。

化学稳定性，亦即底板在使用和制造过程中抗酸性或碱性溶液。

印制线路的主要电绝缘材料列于表 2 中；其中有些材料已在应用中，其他的一些尚在掌握阶段或者是将来需掌握应用的。

用无线电工业广泛应用的纸胶板制成的具有一定结构的印制电路，根据我们研究所得的经验，可使用于频率在 70 兆赫以下，在正常条件下工作的机器中，为了保证机器在一般条件和恶劣条件下正常工作，机器经装配后，其底板和安装件应涂几层专用漆（CB-1C）并逐渐使其干燥。

为了用腐蚀金属箔法制造印制电路，我们的工业部门开始生产单面或双面被复紫铜箔的纸胶板。纸张事先浸渍酚醛树脂并经

干燥，然后分成一定的張数，放在抛光的鋼板上，并在最上一張上再涂一層БФ—4 胶。銅箔的一面也应涂一層БФ—4 胶，干燥后鋪于涂БФ—4 胶的紙上。銅箔和紙上涂上的胶經過干燥后，胶的总厚度应为40—50公忽。

然后将这样制成的紙、銅箔和衬的鋼板放入水压机中，加热至 150—160°C，并在70—80公斤/平方公分的压力下保持 7 分鐘（以所制材料厚度为一公厘計算），然后在該压力下冷却至 40°C。以后取出，敷銅箔紙胶板便制成。

制造双面敷金屬箔的紙胶板时，是在叠紙的二面均鋪上涂过БФ—4 胶的紙和銅箔而压出。

供印制綫路用的敷金屬箔的紙胶板，其物理、机械性能应符合ГОСТ2718—54。

箔与紙胶板的附着强度，在一公分寬的試样胶合口上不小于 0.8公斤。試样經下列条件下放置后附着强度亦不应低于該值。

在120°C下放置10小时；

在—60°C下放置 6 小时；

在空气相对湿度为95—98%，温度为40°C的大气下放置48小时；

在空气相对湿度为95—98%，温度为 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 的大气下放置30昼夜）；

在15公厘水銀柱的大气压力下；

在过負載为10g，振頻为10—200赫下振动。

当敷箔紙胶板在温度为270°C的焊料中浸 5 秒鐘后，紙胶板不得开裂，金屬箔不得脫胶。

这种敷箔紙胶板已由莫斯科市国民經济委员会《ИЗОЛИТ》工厂所掌握并且在生产。

除了敷箔紙胶板外，还試制出了敷箔夹玻璃布胶板和敷箔銅

塑料板。这二种材料具有更高耐热性，特别是氟塑料板还具有很好的介电指标。氟塑料板的弱点是抗弯强度不大。

敷箔氟塑料板的另一个缺点是铜箔与氟塑料—4 的线膨胀系数相差较大，如氟塑料—4 的线膨胀系数比铜箔约大 4 倍。因为，当温度落差很大时，底板上的印制导线可能会起折皱，在这些地方金属箔就与底板脱开。但是薄的敷箔氟塑料—4 板可成功地用作柔性的印制电路。敷箔氟塑料板，以及用塑料粉(K—114—35, АГ—7 等)塑压成的底板和陶瓷板适用于在70兆赫以上的频率中工作的部件，因为这些材料的介质损耗比敷箔纸胶板和夹玻璃布胶板要小。

用电化学方法制造印制电路所用的绝缘底板材料有：敷箔纸胶板，产品10和有机玻璃；也可采用塑压粉和陶瓷。

制造印制导线用的材料一般为铜。例如，制造敷氟纸胶板、敷箔氟塑料—4 板，敷箔夹玻璃布胶板（用于金属腐蚀法中）时，就是用紫铜箔，这种箔系用电解法或辗压法制成，厚度为50公忽。

用电化学方法制造印制导线时，亦采用铜。

为了减小通高频电流用导线的表面电阻，最好在其上复一层银。

印制接插零件（转换开关和接头）必须镀银，使接触处有可靠而稳定的表面电阻。

电路圖形的印制

在绝缘底板或箔上印制电路图形是制造印制电路的主要工序之一，现有的印制方法很多，其中最通用的方法是胶版印刷法和照象法。

胶版印刷法广泛应用于印刷工业中，效率较高且简单，但需

要采用专用设备。照象法比较复杂，效率较低，但不需要复杂的设备。

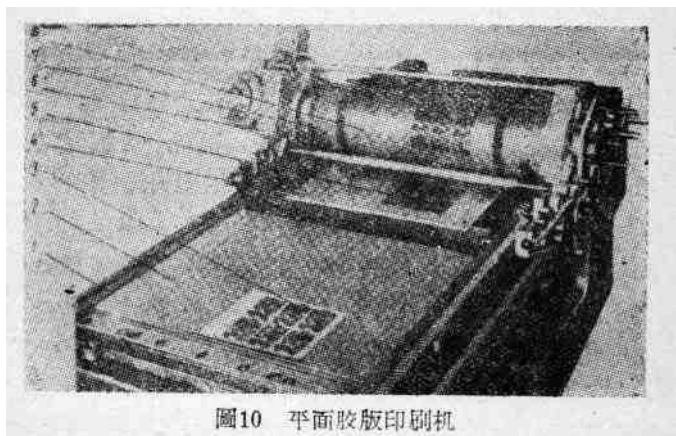


圖10 平面胶版印刷机

- 1 —— 机座；2和4 —— 台面；3 —— 制有圖形的印版；
5 —— 待印刷的底板；6 —— 托架；7 —— 滾筒；8 —— 胶版橡皮。

所謂胶版印刷法，即用胶版印刷机和油墨将电路圖形印于待印刷的底板上。印刷机(圖11)机座1的二个导板之間固定有二个台面2和4。一个台面装着制有圖形的印版3，另一个台面上为待印刷的底板5。带滾筒7的托架6系沿着导板移动。滾筒上包有特种橡皮8。托架轉动时，首先将油墨涂于制有圖形的印版上，再使印版上的圖形印于中介的橡皮滾上，然后轉印于待印刷的底板上。

电路圖形也可用印刷所采用的普通鋅版凸版印刷法印出，也可用平金屬版面和双金屬版面的平版印刷法印出。

凸版印刷用鋅版的非着墨部分，用腐蝕或雕刻方法使其凹下去。油墨是用橡皮輥涂于其凸出的部分上。

平版印刷版面的着墨部分和非着墨部分系处于一个水平面

上。制版时，由于物理化学处理的结果版面着墨部分不亲水，而非着墨部分亲水。版面上着墨前应略加润湿。由于水只粘附在非着墨处，而着墨部分上没有水膜，用橡皮辊在版面上上油墨时，油墨便只敷在着墨部分上，这个着墨部分便形成了所需要的图形。此后用热空气使版面非着墨处的水完全干掉。

更新的平版印刷法是用双金属版印刷。其上油墨的方法与平版一样。但是双金属版能印出更清晰的图形，且边缘整齐。这是由于非着墨部分（镍）比着墨部分（铜）凸出1—15公忽的缘故。于是，涂上的油墨只在凹处，而不会浮在凸出的镍制非着墨处。在锌版上，油墨会不均匀的集结在凸起的着墨部分的边缘上，于是印出的图形，边缘就不整齐。此外，在制造锌版的过程中，着墨部分的边缘也腐蚀不均匀。

从上面所谈的可看出，平版和双金属版较适于印制宽度在1公厘以下，且其边缘要求整齐的导线和线路。用这种印版可印制其金属导线的宽度和导线之间的间隔为0.2公厘的感应线圈。

电路图形的印制还可利用照象印制的方法进行。现将其印制过程叙述如下。待印制的底板系固定在印刷工业所用的离心机的台面上。台面旋转时，先用水浇湿底板的表面，然后待水差不多完全去掉，只有很薄一层水膜时，注入少量感光剂于旋转的底板的中心。离心机的台面的转速为50—60转/分钟。

在不停止离心机台面旋转的情况下，盖上盖子并接通加热器。感光剂的干燥温度不得超过40°C。干燥了的感光剂层应均匀无气泡。如果底板的表面处理得不干净，有油脂痕，或者向离心机中注感光剂之前，底板湿润不均，都会造成将来涂出的感光剂层不均匀。

这一道工序以及以后的工序，包括显影在内，均应在暗室中进行。涂上感光剂的底板经干燥后应贮藏在暗处。

下面談一下感光剂的配制情况。

溶液 1：將4 克干蛋白（ОСТНММII-6）放入 250 毫升的水中，經12小时后过滤之。

溶液 2：將10克重铬酸鉍溶于250毫升的水中。

將二种溶液混合，并加入 4—6 毫升百分之二十五的氨溶液。逐漸地加入并不断攪拌，直至获得稻草黄色为止。此后加水至总体积为 1 公升。溶液应貯藏在暗处。二三小时后即可使用。

將照象底片或制有印制电路圖形的幻灯片放在涂有感光層的底板上，并使其曝光。

为此需制造一个金屬罩，其中装 6—7 个30瓦的日光灯。每个灯之間的距离为20—25公厘。罩內涂白色漆，以使光綫分布均匀。灯与曝光板之間的距离为0.6—0.7公尺。

曝光時間介于 5—15分鐘之間，并且決定于底片的显明度，距离光源的远近以及光源的功率。

曝光的光源还可利用弧光灯。普通电灯的效果不好，因为紫外线不够，并且散射出的热能大。

實踐証明，分別以虫胶、蛋白、照相胶为基础試驗的感光剂，是不耐腐蝕溶液的。因此，膜上需涂一層82号印刷油墨，以达加固之目的。涂油墨时，先将油墨涂在金屬板或石板上，并以橡皮棍滾碾，然后均匀地滾一層于已曝光的感光膜上。涂油墨后，將其置入冷水中，并保持 2—3 分鐘；此时，感光膜未感光部分則鼓起。用橡皮球仔細將鼓起的膜連同其上的油墨一起揩掉。然后将底板干燥。

用电化学方法制造印制底板时，感光層上不需涂油墨，可直接放入水中显影。