

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 (66) И. Н. 歌果列夫

印制电路的应用

电子技术在国民经济中的广泛应用，给工业部门提出了急骤增加电子、无线电设备的要求。

现有的一些制造方法需要化费很多手工劳动。

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调整工作，从而可能大大提高电子仪器的产量。



图 1. 用铜箔全覆箔法制成的印刷导电基板

将安装件和另件印在绝缘底板上，这样组成的线路称为印制线路。

用印制方法可制造安装导线、感应线圈和一些无源电元件。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3是一个复杂的

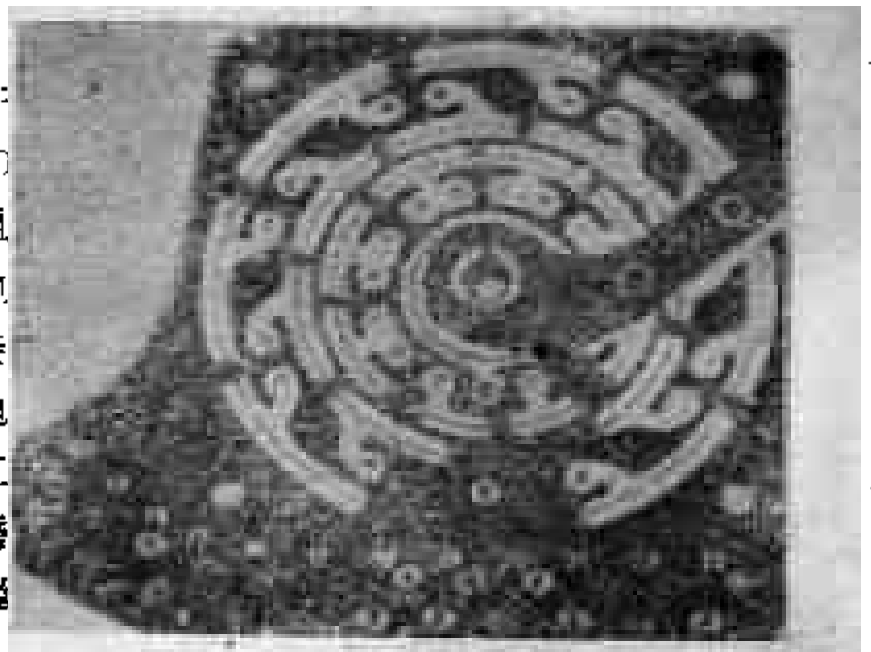


图2 印制转换开关

a——三路转换开关；b——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。导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。



圖3 复杂的五路轉換开关

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樁接另件連接的地方。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)。

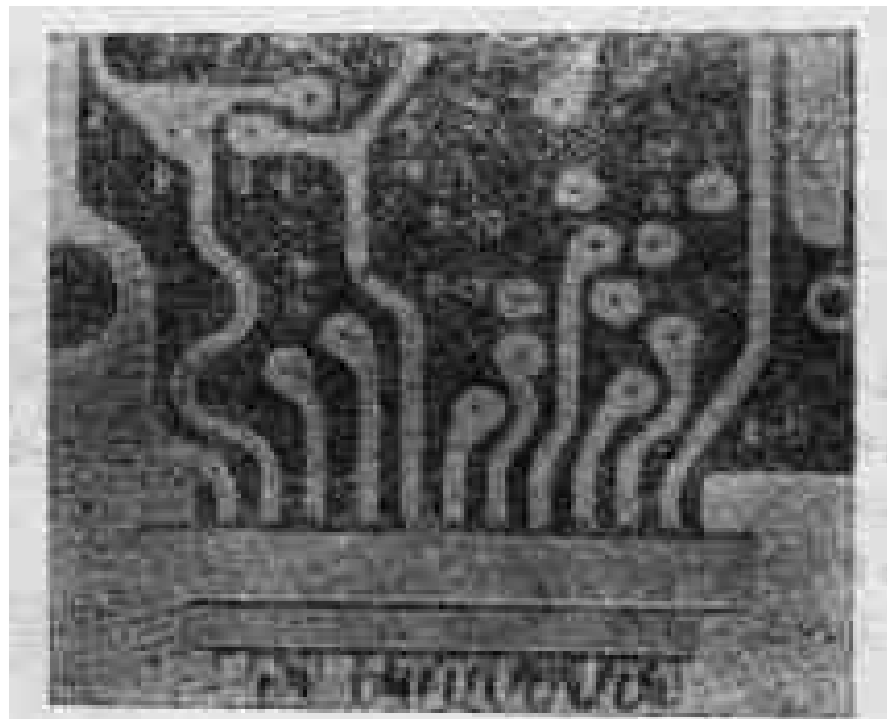


圖4 裝在印制底板上的印制接头 (具有20个接触点)

17-53/01

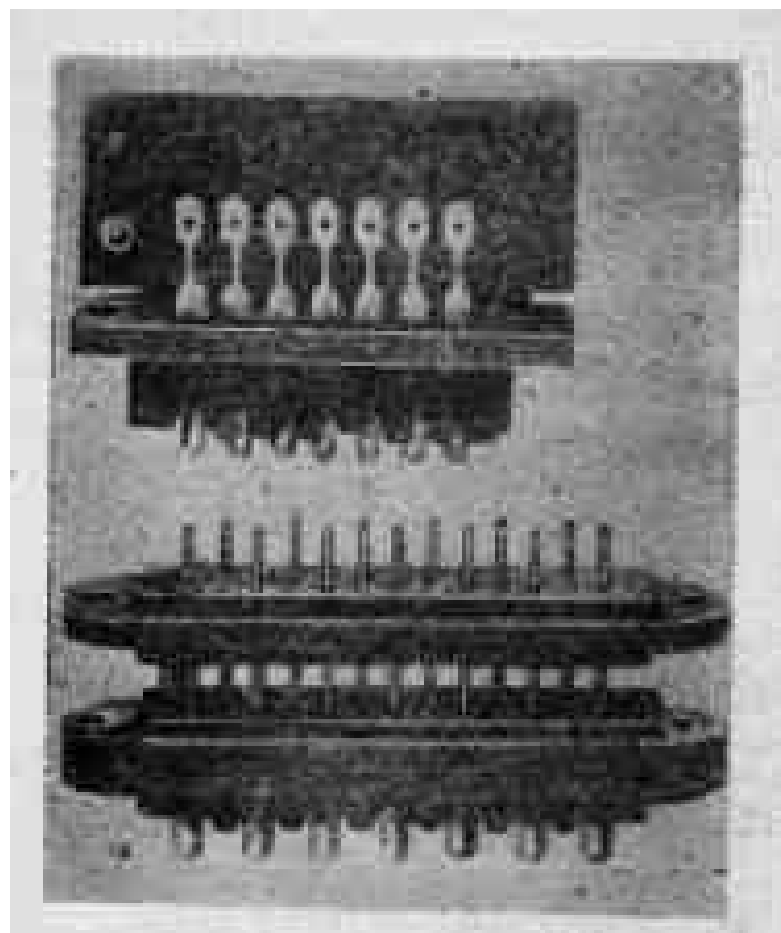


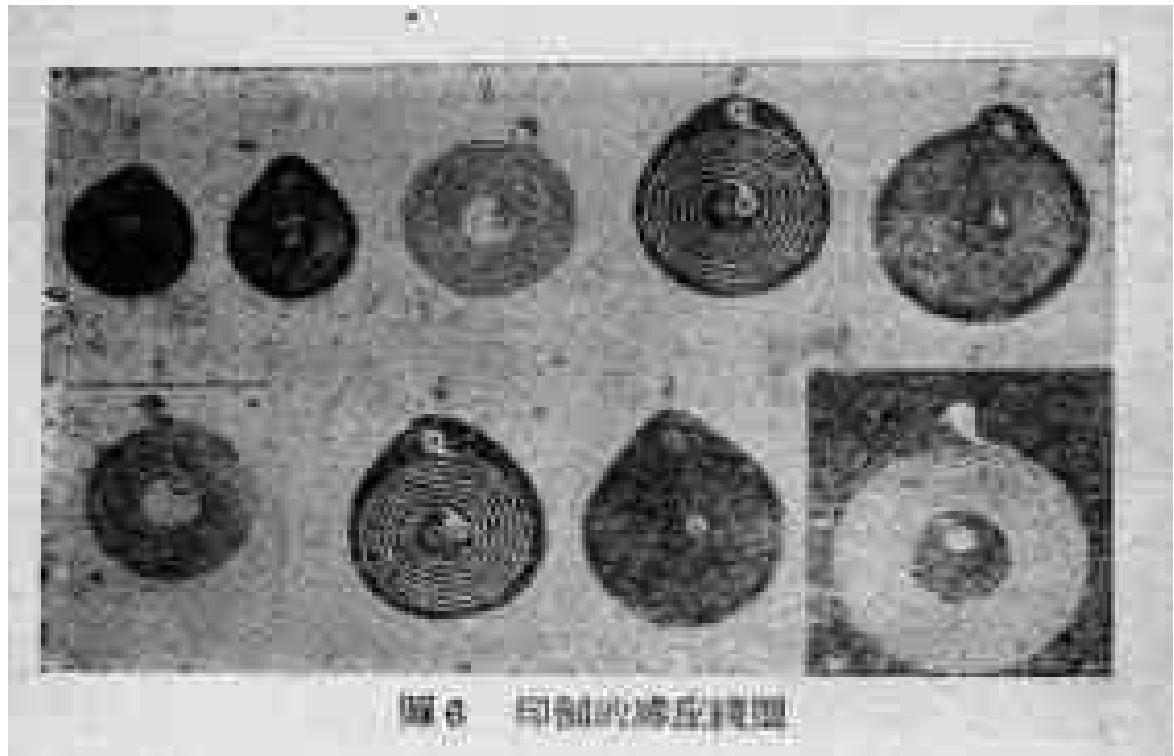
圖 5 具有15个接触点的立体接头

a——印制結構

6——旧型号

匝数不多，电感量約为 5 微亨的感应綫圈，也可用印制方法制在各种絕緣材料上（圖 6）。必須指出，印制綫圈的各种参数稳定性很高。用一塊型板印制的几个綫圈，其电感量的不稳定性不超过 $\pm 2\%$ 。

表 1 列出了几种感应綫圈的参数。



几种印制感应线圈的数据

表 1

线圈编号	电容量 微亨	品质因数	频率 兆赫	外 径 公厘	匝 数	绕距 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 是从榫接另件方面拍摄出的《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綫和榫接另件的出头、管座的出头与印制导綫焊接的地方。

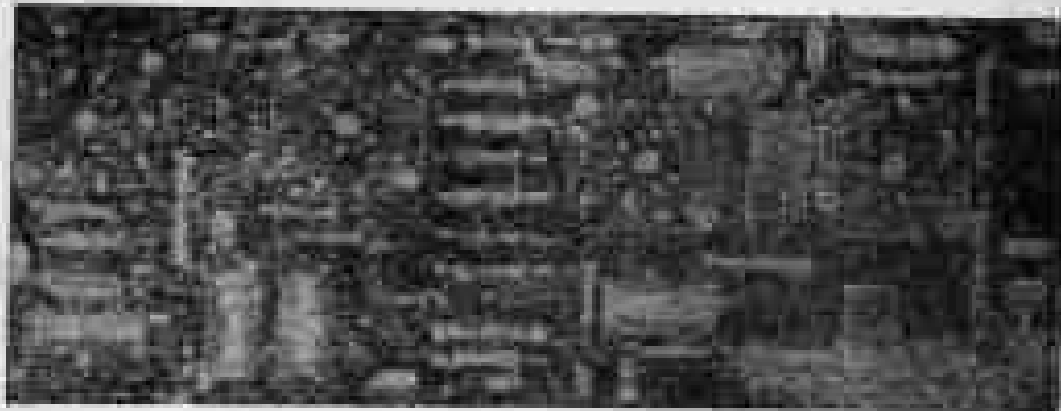


圖 7a 从榫接另件方面看

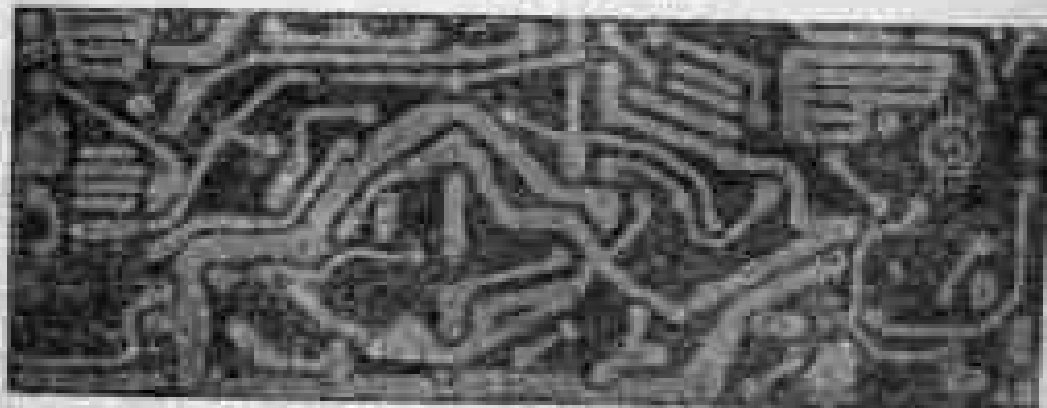


圖 7 б 从安装件方面看

圖 7

圖 8 所示仪器的安装件亦系用印制方法制成。这是一个由超短波波段的輸入級和混頻級組成的单元，用于制式無綫电接收机中。圖 9 是它的底板，a面安装着全部榫接另件，б面是印制导綫。穿过孔的出头焊接在印制导綫加寬的部分上(圖 9 б)。在这面上除了印制导綫以外，还有印制感应綫圈，印制綫圈用СДР-1 炭基

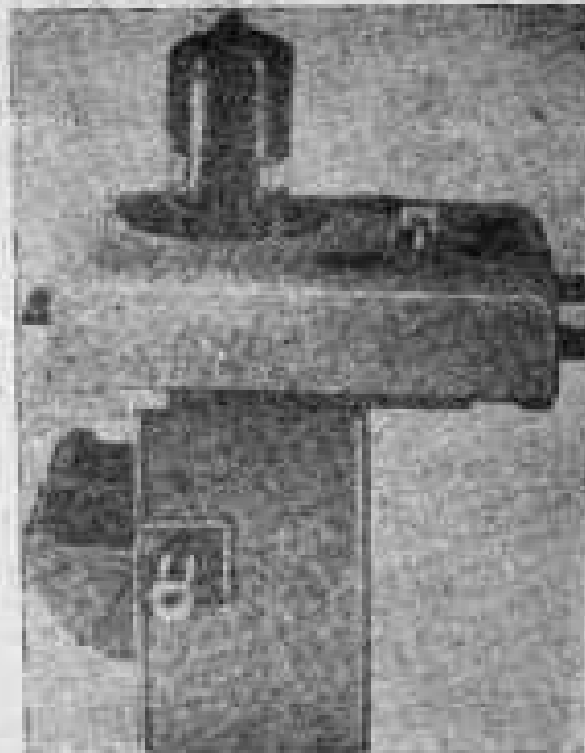
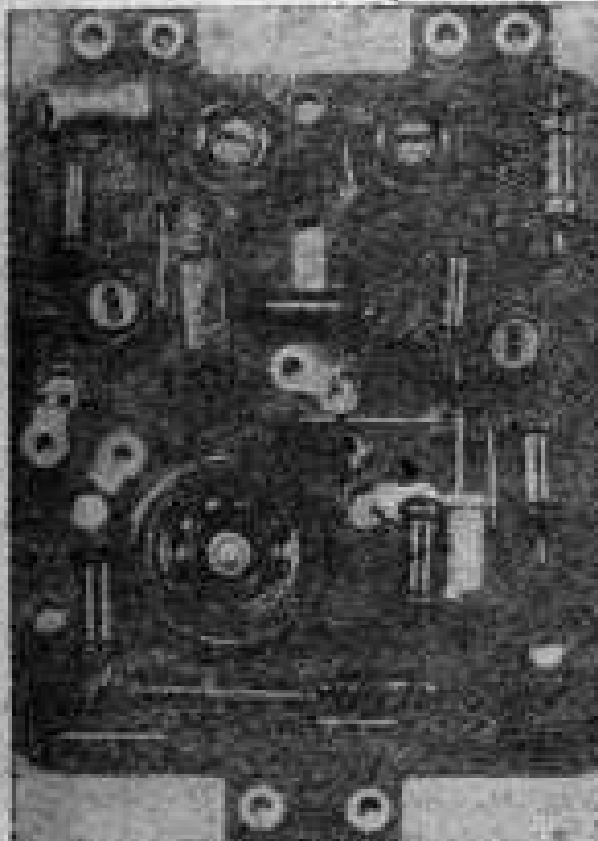


圖 8 固定接收機超短波部分的外形圖



a——裝接接另件的一面



b——繞圈和安裝件的一面

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敷金屬懸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，留下制导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导綫时，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，是为了未来的导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导綫，从而組成所需要的綫路。

腐蝕金屬箔法的实質在于：將粘有銅箔的介質，制成的底板毛坯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导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。插入孔中的榫接另件有电容器、电阻、电感綫圈、管座等。这些另件的出头均焊于印制导綫上。

因为印制导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，所有榫接另件的孔可一次制出。此外，榫接另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，有可能将所有榫接另件预先装在专用机器上进行准备工作、打弯和切齐出头，这样准备好的另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, AГ—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。

印制接插另件（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。

电路图形的印制

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。

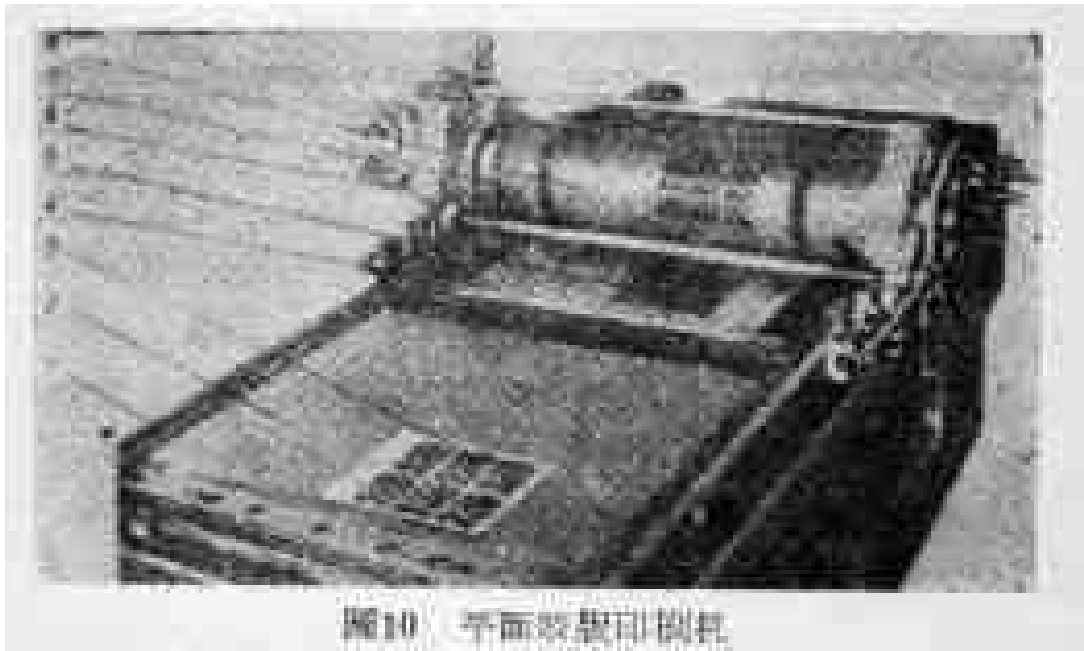


圖10 平面版印刷機
1 —— 机座； 2 和 4 —— 台面； 3 —— 制有圖形的印版；
5 —— 待印制的底板； 6 —— 托架； 7 —— 滾筒； 8 —— 胶版橡皮。

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

溶液 2：将10克重铬酸鉍溶于250毫升的水中。

将二种溶液混合，并加入 4—6 毫升百分之二十五的氨溶液。逐渐地加入并不断攪拌，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。

将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，并且决定于底片的显明度，距离光源的远近以及光源的功率。

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

实践証明，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，将其置入冷水中，并保持 2—3 分鐘；此时，感光膜未感光部分則鼓起。用棉球仔細将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。

用腐蝕金屬箔法制造印制电路

用腐蝕金屬箔法制造印制电路的工藝过程如下：

准备底板。将敷箔紙胶板切裁成条，然后用剪床或銑床的圓盤銑刀切成規定尺寸的底板。

批量和大量生产时，最好先将敷箔紙胶板切裁成条，然后用冲床冲出。

为了减少箔在紙胶板边缘上脫开，冲制时应使敷箔的一面貼住凹膜。冲制前，应先将紙胶板条在90—100°C的溫度下均匀加热。加热的時間决定于材料的厚度。一般計算的方法是每公分厚为5分鐘。

必須在底板上作二个孔，以便于下几道工序固定。这二个孔应从敷箔的一面冲出或鑽出，其間的距离应当尽量的大。

所有結構孔均应在腐蝕后作，否則孔的边缘将被后来的腐蝕所去掉。于是以后几道工序中所用溶液的水份将通过孔而浸入紙胶板的边缘，以致降低了底板絕緣性能。

如果綫路要求导綫的配置直至底板的边缘，并且不容許边缘上有2—3公厘的金屬箔未被腐蝕，則应在二边預先留出2—3公厘的地方，以便于腐蝕时在夹具盒上固定。

清潔箔的表面。底板上的箔表面可用汽油、溶剂和酸清潔，但效果較好的还是用普通的刷光圓刷以每分鐘700—1000公尺圓周速度用机械方法清潔。刷子系用直徑为0.1公厘的鋼絲制成。清潔时，不得用力将底板压在刷子上，以免出現深度超过2—4公忽的擦伤。

印制。底板金屬箔上成电路形状的耐酸膜系用前面所談的胶版印刷或照相机法敷上。

用胶版印刷法印圖形时使用82号油墨 (ГПИ ВТУ 1950年3月31

日)。

为了改善油墨的复盖力，其中可渗入天然蜡和硬脂各1%。这些渗合物应先融化后放在研调板上与油墨混合。

油墨膜的耐酸能力不够，因此必须于其上敷一层耐酸材料。效果比较好的耐酸材料是松香和滑石粉。

将松香磨碎并用035号筛子过筛。使用时，应当趁油墨还发粘时就用棉球或其他方法将其撒上。为了防止松香在后来的熔化中流散，上面再用同样方法撒一层滑石粉。多撒了的粉子应用棉球或风吹方法仔细去掉。未敷油墨的地方，若有粉子，也必须去掉。



圖11 松香和滑石粉噴頭
的外形

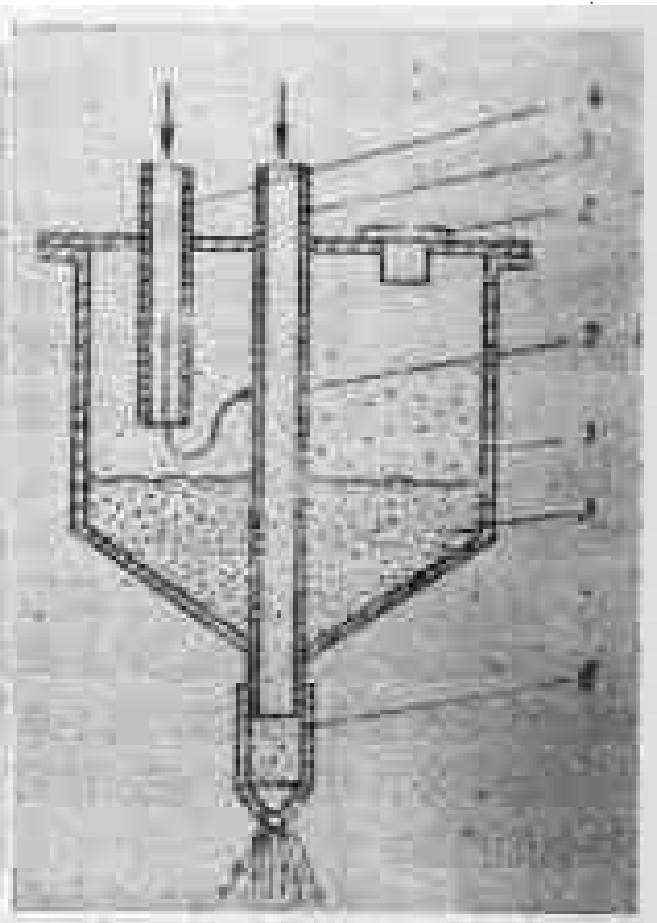


圖12 松香和滑石粉噴頭
的簡圖

机械化生产中，最好采用专门的装置喷敷这种粉。圖11及12所示喷粉头的结构如下：松香3系通过塞子2装入桶子1中。桶中有二个供压缩空气的管子，其中一个管子4较短，不插进粉中。另一个管子穿过桶并与喷嘴6连接。在该管的四壁上打有孔洞7。压缩空气通过管子4将粉子从喷嘴6喷于印有电路圖形的底板上。为了喷的更好，管5中亦通入压缩空气。两个管子上都装有调整栓（圖上未示出）。

撒完松香和滑石粉，并将未敷油墨处的粉子去掉后，将底板放入温度为 $120 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱或傳带隧道爐中，松香熔化后，油墨表面上即形成坚固的耐酸膜。

熔化的时间决定于底板的厚度，在2—6分鐘之間。

檢驗。經過上面几道工序后，必須視查圖形的涂复質量。油墨和熔过的松香層应匀整、發光。印刷时，很可能由于推压力过大而將圖形扩大了，因此需用标准底片或測量工具檢驗。

圖形的边緣应匀整，無流散現象。經驗証明，对于一般的印制导綫來講，其边緣的允許凸凹度不超过0.15公厘，个别情况下不超过0.3公厘。需腐蝕的銅表面，其上不得有油墨和松香。

腐蝕。印好电路圖形的底板，系在工業用氯化鉄（ FeCl_2 2113—49）水溶液中腐蝕。溶液的比重为1.24。未被复油墨的銅箔被腐蝕掉后，油墨下面的銅箔便是所需要的导电綫路。

底板应分成小批放入槽內腐蝕，并且应当不断搖动。不断使溶液流动可大大加快腐蝕的速度。用新配的溶液腐蝕厚度为50公忽的箔，約需20—30分鐘。

批量和大量生产中，可用专门的装置进行腐蝕。圖13所示装置系由槽1、鼓形筒2和減速器3組成。鼓形筒系借电动机和減速器带动旋轉，圓周速度为20—25公尺/分鐘。固定在鼓形筒上的底板在旋轉中周期地受到槽內氯化鉄溶液的冲洗，未敷油墨的

銅便被腐蝕掉。用這種裝置所需的腐蝕時間較之人工腐蝕少了三
分之一。

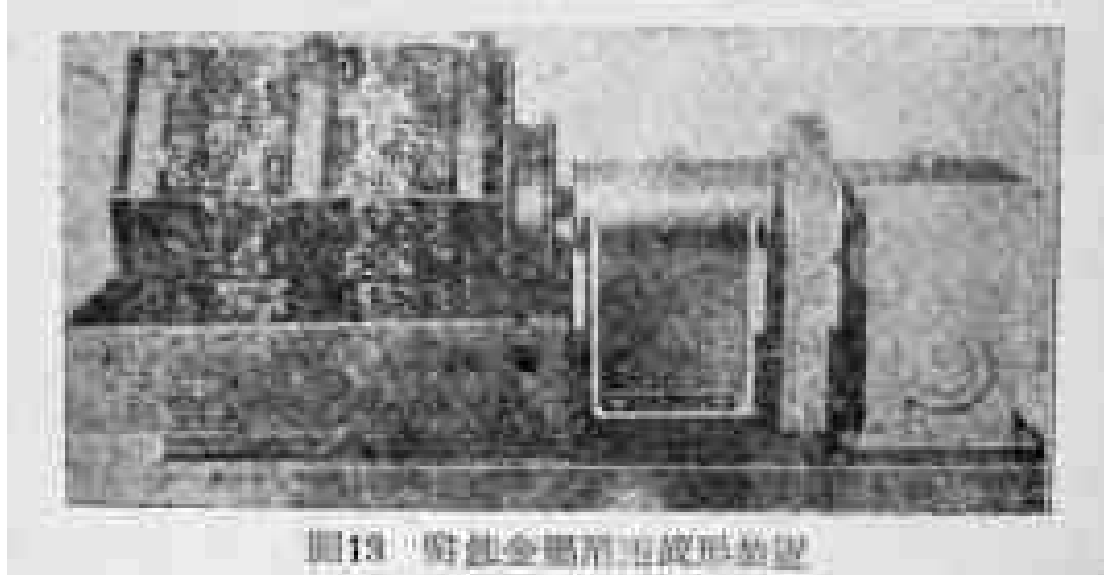


圖13 腐蝕金屬用機械形裝置

1—溶液槽；2—腐蝕底板用鼓筒；3—減速器

使用印刷工業腐蝕鋅版專用的轉動子腐蝕機所獲得的質量更
好，且更節約時間。

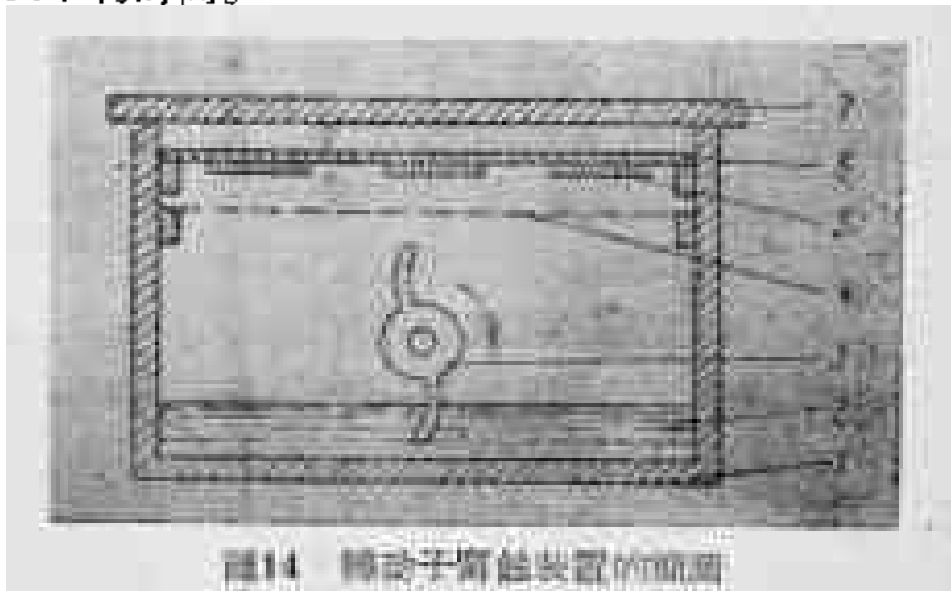


圖14 轉動子腐蝕裝置的簡圖

1—壳子；2—腐蝕溶液；3—轉動子；4—保護網；
5—底板；6—衬板；7—蓋子。

這種腐蝕機的簡圖示于圖14中。壳子1除盛裝氯化鐵溶液2

外，里面装有一个由电动机带动的轉动子 3，上部固定有防止另件落在动片上的网 4 和固定底板 5 用的衬板，还有一个盖子 7。所有的部分均需用耐酸材料（聚氯乙烯塑胶、有机玻璃）制造。轉动子的軸承应装在壳子外面。心軸应包有耐酸材料，并且应从装有防止溶液流出的专用擋液盘中通出。

轉动子的叶片旋轉时，将溶液均匀地洒于底板表面上。由于溶液不断的冲洗，金屬箔很快被腐蝕掉。于是用这种机器所需的腐蝕時間就更短，不超过 4—10 分鐘（与溶液的消耗量有关）。底板最好固定在有槽的夹板上。用这种机器腐蝕掉 1 平方公寸的金屬箔，所消耗的氯化鉄（未經稀釋的）不超过 50 克。

洗滌。底板上残余下的腐蝕溶液应用流动的冷水洗掉。

去掉油墨。在前几道工序中，导綫上被复的油墨、松香和滑石粉妨碍以后榫接另件的焊接，可用毛刷蘸汽油或松节油，最好是蘸 10% 的碱灰溶液将其去掉。

洗滌与干燥。要完全去掉前几道工序中底板上沾上的各种溶液，需用冷水和热水洗滌，并在温度为 60—80°C 的恒温器或专用隧道爐中干燥 1 小时。

檢驗。經過腐蝕和干燥的底板应通过檢驗。耐酸膜去掉的程度和腐蝕質量是用肉眼檢驗。导綫的边緣应整齐，不超出檢驗規定的范围。导綫的表面在任何情况下不得有被腐蝕透穿的地方；只允許有个别的不影响导綫質量的小蝕痕。这种腐蝕痕的大小和數量应規定在相应的工厂技术条件中。

导綫之間不得有未被腐蝕掉的銅箔。

紙胶板上的金屬箔被腐蝕掉后应平整，無凸起和分層現象。

細导綫之間的小間隔最好用檢查其間是否短路的方法檢驗。在大量和批量生产中，所有电路都是用專門的仪器檢驗。用仪器檢驗，最好是待鑽过孔后进行，这样便于固定檢驗用的彈簧触

头，而且檢驗的徹底，并且能發現机械加工中造成的缺陷。

底板的机械加工。底板上的結構孔应按划样用鑽模鑽出，或用冲床冲出。

印制电路在實驗室中的簡化制造方法

针对實驗室单独試制样品的方便，这里制訂了一套印制电路的簡化制造方法。

耐酸膜系用牌号为ПХП的聚氯乙烯絕緣带充当，其一面涂有粘合材料，便于粘到底板上。使用时，将带子切成需要的形状，貼于預先划有圖形的敷箔紙胶板上。

寬度为 2 公厘的带子不仅可用于貼直綫，而且可以貼曲綫。但曲綫的弯曲半徑不得小于 4 公厘。因为半徑小时，带子貼不紧金屬箔，腐蝕时会被蝕掉。

貼完后应用于干净的布压紧。貼带子时，最好先貼圓的和寬的圖形，然后用窄带子貼其間的綫路。带子的二端应落在寬的圖形上，并且貼得特別仔細，不留縫隙。

底板二面都制綫路时，其間可用鑽孔、穿导綫或用榫接另件的出头进行連接。这些孔应尽量提前鑽出，以便在二面貼上圓的耐酸膜片，防止进入腐蝕溶液。

底板上的圖形被貼完后，放入氯化鉄中腐蝕，然后冲洗。冲洗和干燥后，輕輕去掉上面的聚氯乙烯耐酸膜，显出印制电路。

这样制出的印制导綫，其質量的好坏决定于耐酸带是否切的齐和貼的牢。

目前，化学工業部門生产出一种牌号为ПХП的聚氯乙烯粘貼带 (TY МХП 2898—55)，成卷状，在連接被复絕緣为聚氯乙烯的导綫时作为絕緣带。

用电化学方法制造印制电路

用电化学方法制造印制电路的工艺規程早已訂出，并且在1952年制造矿井呼救用装置中已使用过。

該規程分以下工序：

准备底板毛胚。用絕緣板制造，其方法与用敷箔紙胶板制造一样。

底板金屬化之前，应鑽出所有的孔，这些孔用于插焊樺接另件的出头和連接底板二面的导綫。这样作是为了在槽中处理时，金屬不仅沉积在孔的边緣上，而且沉积在孔的里面。于是便提高了焊接的机械强度（圖15）。

底板毛胚也可用塑料粉压制或其他方法制造。

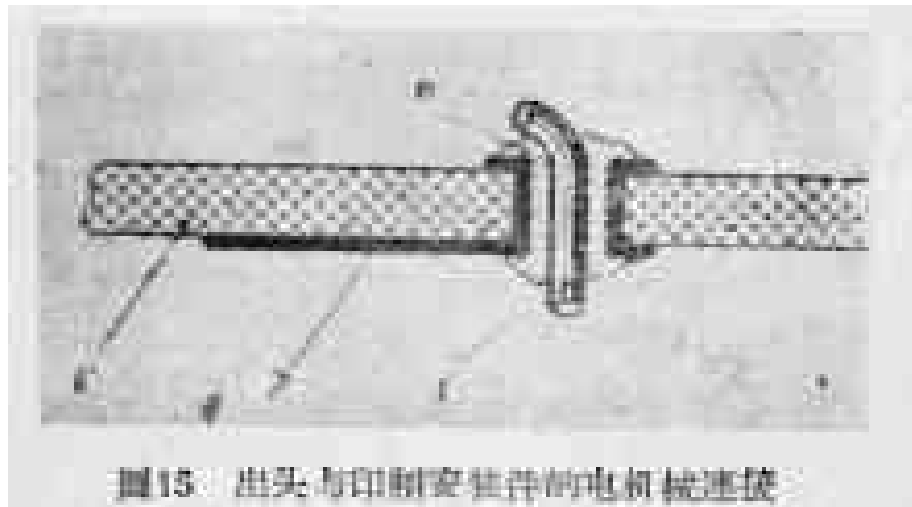


圖15 出頭与印制安裝件的机械连接
1 — 樺接另件的出頭； 2 — 印制导綫； 3 — 紙胶板； 4 — 焊料；

用照相法在底板上制圖形时，应当待照相加工的全部过程完成后鑽孔，否則，当用感光剂涂布底板时，孔中便会流入感光剂，不仅使涂布的感光層不均匀，而且这些干感光剂难于从孔中去掉。

表面加工。为了使敷上的金屬層与电絕緣底板附着得好，底

板应經噴砂处理。金屬層与底板的附着强度决定于底板上的粗糙度。

用大約 1 大气压的壓縮空气和經過 035 或 042 号篩子 (ГОСТ 3584—53) 过篩的細砂噴打, 能获得良好的表面。

压塑出的底板, 如果其光滑的二端和孔壁需敷金屬層, 則这些地方仔細地經過噴砂处理。

噴砂加工后, 应去掉底板上的粉末, 否則会降低所敷金屬層的附着强度。因此需用壓縮空气将其吹掉, 并用干净抹布擦拭, 或者用毛刷刷去。

电路圖形的印制。用轉胶版印刷法或照相法使底板表面敷上具有負相电路圖形的耐酸膜。亦即不需敷金屬的地方复盖耐酸膜, 未复盖耐酸膜的地方經過以后的工序敷上金屬層。

設計电路圖形时, 必須考虑到連接整个电路所需用的輔助工艺导綫。这些导綫应保証鍍銅时, 不添加复杂的导电工具将电流輸送到电路的各个部分上。

用胶版印刷法印制电路圖形时, 应用专用的电絕緣油墨。油墨的成份为: 印刷用干性油占 49%, 苯二甲酸戊酯树脂 $\Pi\Phi\Lambda-0.3$ 占 30%; 石蜡占 10% 和天然蜡占 8% (按重量計)。将这些成份熔化, 加入 2.5% 油性干燥剂, 然后用細銅絲网过滤。

用二氯化錫溶液处理。底板未敷膜部分鍍金屬前应用二氯化錫溶液处理。为此, 应将底板浸入 1% 的二氯化錫水溶液中, 并保持 1—2 分鐘。此后, 用冷的流水冲洗。水是洗不掉底板上的二氯化錫的, 因为它附着的很好。

用硝酸銀溶液处理。将底板浸入 0.3% 硝酸銀水溶液中, 保持 1—2 分鐘。由于前面的处理, 二价錫离子使銀盐还原, 形成大量的銀晶核, 使以后能均匀地沉积上銅。底板用硝酸銀溶液处理后, 在 50°C 以下的温度中干燥。

化学沉銅。將底板浸入由碳酸銅、甘油、苛性鈉和甲醛配成的溶液中，保持10分鐘。溶液中成絡鹽狀的銅，在甲醛的作用下開始還原，並沉積於底板上，形成一層厚1公忽的導電銅膜。底板上的殘余溶液用冷水和溫水（不超過50°C）洗掉。

電鍍銅。用化學沉銅法得到的銅層不堅固，電阻較大，必須再加強，以保證電路能夠正常工作。為此，需將底板再放入普通的硫酸銅電介液中，加鍍至厚度20—25公忽。加鍍時的電流密度應在3安平方公寸以下，溫度為20°C。在上述條件下，每15分鐘可鍍出10公忽厚的銅層。

應當注意：鍍銅層與底板的附着強度，是在鍍銅層的厚度增至25公忽時最大。繼續增加鍍層厚度，會減小附着強度，因此，導線的鍍層厚度超過規定的數值是不恰當的。

鍍銅後，應用流動的冷水沖洗底板，以去掉上面的殘余溶液。

電鍍銅前，底板應經過弱酸蝕。弱酸蝕時，是將底板在上面所用的硫酸電介液中浸放10—20秒鐘。

電鍍保護層。為了保護印制出的銅導線不生銹，並且便于焊接，其上應鍍一層鉛錫合金或銀。這種鍍層每10—15分鐘可鍍至7—10公忽的厚度。

底板上的殘余溶液先用流動的冷水沖洗，而後用不超過50°C的溫水沖洗。洗後，馬上用熱風烘干，以防形成流痕。

油墨的聚合或去掉保護膜。為了使原來用膠版印刷印上的油墨很快干燥，將底板在100—110°C的溫度下干燥1小時，油墨經過干燥和聚合後，不應使底板的表面電阻變壞。

用照相方法制圖形時所得的感光劑薄膜可用10%的鹼溶液從底板上洗掉。此後用流水沖洗并干燥。

去掉工藝導線。將工藝導線與印制導線同時制於底板上是為

了电镀铜时不用复杂的附加导电工具而将电流输送至电路的各个部分上去。

为了保证仪器的正常工作，工艺导线必须拆除。拆除的方法为撬开和切断，也可用其他方法，但最好的方法是采用冲压法。图16为制成的印制电路板。

检验。制成的印制电路板应100%地通过肉眼检验和电气检验。检验的项目为：镀层的厚度、相邻导线之间是否碰接，各导电部分有否断裂、导线配置得是否正确。



图16 用电化学方法印制成的印制线路

镀层与底板的附着强度用专门的测力计抽验。

* * *

本文介绍的几种工艺规程和一些仪器单元、部件的图片并不包括全面，只在于说明这种新技术在制造电子仪器中的应用是如何的广泛、效率是如何的高。

杨永泰译自苏联中央情报局“печатные схемы и их изготовление”，1958г.

王铁中校

印制电路技术

哉杰尼

在高频电子设备工业生产初期，对用导线连接结构各部分的繁重工序就已有简化的要求。例如1927年德国“Telefunken”公司生产的民用放大器，其导电线路就是用的冲制的黄铜条。黄铜条和必要的结构零件一起粘贴在绝缘底板上。但是这时的技术情况还未能寻得比较经济的生产方案。

在30年代，在高频陶瓷料制造技术和陶瓷电容器烧银技术发展的基础上，德国“Hescho”公司对印制导线进行过顺利的试验。随此工艺逐步发展，不仅可以制造印制导线，并且还可以制造电感，电容，甚至电阻。现在的印制电路就是由这类元件构成的。

在美国，这工艺已得到很大的发展，到1950年电子设备各个部件的制造过程已完全自动化。

现在英国、法国、西德以及其他国家的工业中也在广泛地采用印制装配技术。

导电线路的制造方法

下列5种制造印制电路的方法具有最大的实际意义：

1. 烧银法。
2. 腐蚀法。
3. 电镀法。
4. 冲压法。

5. 噴鍍法。

燒 銀 法

用燒銀法時，一般都是用銀作導電線路的材料。

具有導電性能的印制膏漿可用純銀或銀化合物和油、酒精或清漆調配。

在膏漿中滲以溶劑，就可達到印制所需的粘性。這種膏漿常稱為銀漆（銀漿）。德國格爾斯多爾菲、秋林吉亞陶瓷工廠生產的銀漆牌號為《波里吉尼別爾》，而波福爾茨蓋市“文爾維赫捷爾”公司出產的銀漆牌號為《阿爾根諾爾》，《格里阿赫諾盟》和《阿烏馬尼》。

為了使連接綫具有較高的導電性能，幾乎所有的銀膏漿都須在 $500-800^{\circ}\text{C}$ 的溫度下進行熱處理。所以底板應用具有相應耐熱性的絕緣材料，如陶瓷或玻璃。

對於非耐熱性的絕緣材料，如紙膠板和其他的塑料，另有特配的銀膏漿。此膏漿印在底板上後，在 $60-150^{\circ}\text{C}$ 的溫度下進行熱處理或只進行機械加工（如用拋光的方法使之緊密）。此膏漿的導電性能比第一種膏漿差。

電路圖形通過網狀鏤空樣板印在絕緣底板上。

用光化學法在絲絹或金屬網鏤空樣板上印出導電線路圖形，而後用橡膠輥子將銀膏漿通過鏤空樣板上的小孔滾印在底板上。

在平面上或圓柱表面上印制電路圖形採用半自動機可提高生產率，並可保證電路圖形的質量一致。根據電路的尺寸，半自動機的生產率可達到每小時1000塊板。

另一種印制純銀導綫的方法，就是所謂銀的押印法。在絕緣底板上撒以細的銀粉，然後將熱的表面刻有凸出的電路圖形的鋼模壓在底板上，銀粉即被熔化。

用刷子刷去残余的銀粉。这种銀导綫具有很好的导电性，制在成層塑料底板上能承受12安的电流，制在陶瓷底板上則能承受50安的电流（导綫寬2.4公厘，厚0.076公厘）。

鋼模上的电路圖形是由单个的鋼条构成的，因此更改电路容易，不需用新的工具。

从外国文献中可看出，在“听克托”設計中广泛地用燒銀法制造印制电路。

这种方法的优点就是底板的原料比較便宜。但是这类材料——陶瓷和玻璃——机械加工（如鑽引导导电綫路用的孔和固定另件用的孔）有些困难。

腐 蝕 法

看来，腐蝕法使用最广。

用腐蝕法时，在金屬箔上印电路圖形的方法有下列几种：照相法，用耐酸塗料印制法（胶版印制法）和用網状鏤空样板印制法。一般采用光腐蝕法，因为印制法的精度不如它。

圖1示有光腐蝕过程与胶版印制过程。

用照相法时，所需的导电綫路用光化学法印在特制的底板（敷金屬的絕緣板）上，然后进行腐蝕。

制底板。美国和英国制底板所用的絕緣材料一般是XXXP級（按NEMA）成層酚塑料，相当于东德标准IV級紙胶板。

如果电路需要耐150°C以上的热，也可以用其他人造材料，如玻璃纖維成層材料：《三聚氰胺》，《硅树脂》或《四氟乙烯塑料》。至于摺叠电路，用玻璃布、浸漬紙等之类的柔性絕緣材料較为适宜。

制底板的方法有下列两种：

- 1) 制造絕緣材料时，在其上涂一層胶合剂施压粘貼一層銅

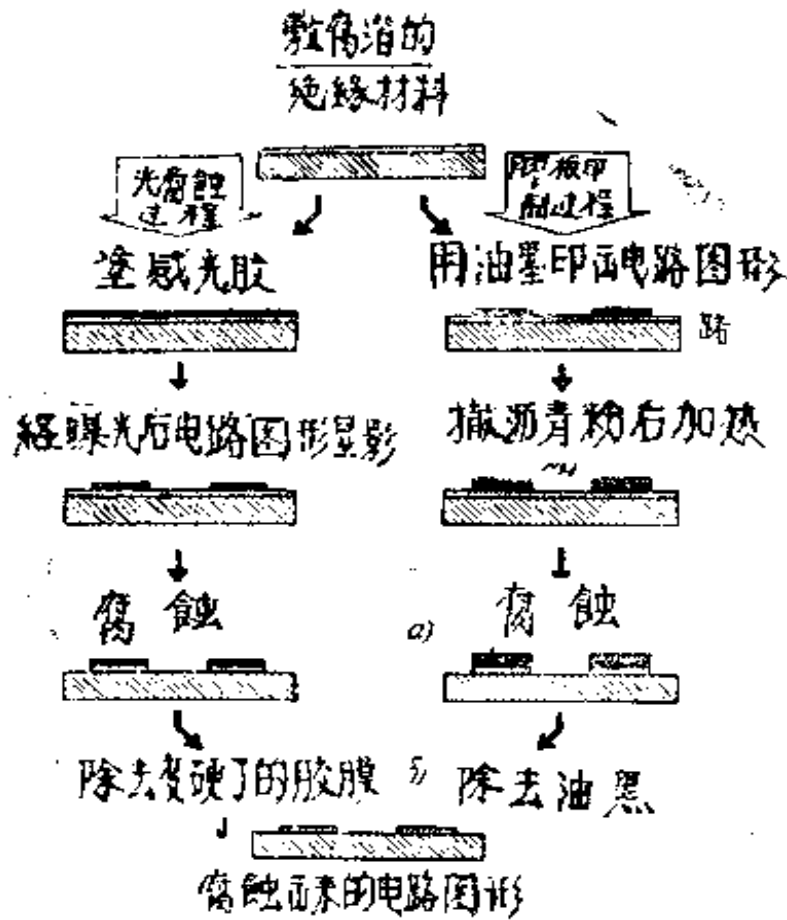


圖 1 光腐蝕过程与胶版印制过程的比較

箔（在特殊情况下用黃銅箔、銀箔等）（Ⅰ級）；

2）也是用胶合剂在絕緣材料上貼一層金屬箔，但还要經补充加工序处理（Ⅱ級，公差較严）。

絕緣材料的两面可以粘貼金屬箔。

一般所用金屬箔厚度为0.035和0.07公厘。

对金屬箔的光潔度和机械性能要求較高。在这方面电解金屬箔比軋压金屬箔好。此外，电解金屬箔光滑的一面腐蝕容易，而粗糙的一面与絕緣材料粘合較紧。

为了防止底板在运输时受损伤，表面上应涂一層容易除去的保护膜。

导电元件的制造。用墨汁繪出放大的装配圖，然后用此圖按要求的大小制出照相底片。将底片放在塗有感光胶液的金屬箔上用紫外綫（弧光灯）曝光。这时曝光部分（导电綫路）的胶膜变硬，耐腐蝕，未曝光的部分被溶解，从而在金屬箔上呈現出耐酸的电路圖形。

腐蝕过程。将底板放在槽中，槽中所盛溶液的成份根据金屬箔的种类而定，例如銅箔，用氯化鉄溶液。腐蝕过程的持續時間与溶液对金屬箔作用的强度有关，一般由几分鐘到一小时以上。腐蝕后，变硬了的胶膜用有机溶液从导电綫路上除去，然后将底板在中和槽中，用热水和冷水进行多次地冲洗，此后进行其他的处理。

各种絕緣材料的底板都可用腐蝕方法处理。这种方法的最大优点就是無論生产任何器材，所需的設備費用很少，換生产新的产品时，生产过程可不中断，改装設備的費用很少。

这些优点从小批生产到試制样机都一直保持着。

电 鍍 法

近来日益广泛地采用电镀方法制造印制装配件。采用电镀法很容易使生产自动化，但只有在大批生产的条件下才有利。

General Electric公司用电鍍方法生产印制电路已部分自动化。用一套自动装置每年可制5—6百万电路。

电路底板的材料是紙胶板，敷导电綫路的一面打毛，以便提高电镀層的附着强度。

90×185公分的底板經過清洗和切成窄条后，冲固定孔。

用电鍍的方法时，可以用任何导电材料，可以改变鍍層的厚度。从工艺方面来看，在电镀前制出的供引导导綫或固定另件之用的孔，在生产的过程中金屬化很方便。

但是應該指出，在某些情况下，导电綫路对底板的附着强度

可能不够。此外，須考慮到底板的耐熱性受到一定的限制，對殘余的電解質將來可能產生反應，底板在表面處理時吸水量大。

製造分布在幾個平面上的複合電路可以用電鍍法，用塑性絕緣材料作三度空間底板制裝配件，也可用電鍍法。在三度空間底板上鍍上導電線路後即最後成形。

冲 压 法

用金屬箔冲壓的電路圖形，在第二道工序中，貼在絕緣底板上。導電線路間的連接綫（供提高電路強度）和絕緣衬板一起以後冲掉。

冲壓電路圖形和將它貼在絕緣底板上亦可在一道工序內完成。為此，將絕緣底板和一面塗有待聚合膠的金屬箔一起放在熱的冲床上，冲床的鋼模上有所要求的導電電路的圖形。相當於電路圖形的鋼模切割刃冲入絕緣底板的深度約0.075公厘。在110°C的溫度作用下，絕緣底板稍微軟化，而膠與此同時變硬。用此工藝製造出來的電路圖形不僅精確，並且導電線路對絕緣底板的附着強度也高（參看圖12）。

因為鋼模昂貴，所以這種方法主要只用來製造個別的分件，如綫圈或轉換開關的觸點。用金屬箔在絕緣底板的兩面制平行綫路時，應使它們彼此垂直，而形成《導電格》。導電格用銷釘或空心鉚釘連接。

採用冲壓法，工具費用很大，其值與電路圖形的複雜程度有關，並且這筆費用只有在大量生產的條件下才能得到補償。所以是否採用這種方法，主要應從經濟方面來考慮。

噴 鍍 法

電路圖形的絕緣底板是塑料板，在塑料板的兩面有供固定結

构元件和连接结构元件之用的沟槽。为了避免因高温影响底板变形，应从底板两面同时喷镀熔化的金属。金属主要喷在沟槽中，但在底面的表面上也喷有一部分。

线路冷却后，将底板表面上的金属磨掉，只留下沟槽中的电路图形。现在只有英国 Sargrove Electronics Ltd 公司所属的企业采用这种方法。该公司设计了一套生产无线电收音机底座用的完全自动化的设备；整个装置只需两个人维护。几乎所有的必要的结构元件都是用喷镀法喷在装配电路上的。

用喷镀法时，制造电路绝缘底板很贵。自动喷镀装置也很贵；此外，每块底板还需经一道工序——除去多余的金属。所以喷镀法仅适用于大批生产。

结构元件的制造方法

绕 圈

不大的电感就是螺旋线，可在制导电线路的过程中印制。但是这类二度空间线圈的使用范围很受限制；为了提高面积的利用率，它可作成方形或矩形。现已可制0.1毫亨的感应线圈，可用于公尺波和公分波范围内的振荡槽路——电视接收机线路和其他高频装置。在文献中有制造导电线宽度和彼此之间的间隙均为0.1公厘的线圈的资料。

获取好的线圈质量因数有些困难。

利用镀银的铜箔或纯银箔时，质量因数可达到100或150。

腐蚀后导线边缘不齐产生涡流，以及导线布置在垂直于线圈轴线和磁场的平面上，因之质量因素受到限制。

为了提高质量因素，曾想将扁平导线的一边矫直，以使电流

主要沿導線的平滑表面通過。

表 1 中列有用腐蝕法製造的繞圈的某些機械參數和電參數。

表 1

底 材 板 料	繞圈直徑 公 厘	導線寬度 公 厘	匝 數	頻 率 兆 赫	電 感 微 亨	質 量 因 數
酚 2	22	0.0125	7 ^{1/4}	45	0.60	110
酚 3	22	0.05	9	45	1.25	90
聚 乙 烯	22	0.025 ¹⁾	7 ^{1/4}	45	0.60	130
酚 1	12.5	0.025 ¹⁾	4	110	0.14	90
酚 1	9.5	0.025 ¹⁾	4	110	0.17	98
聚 苯 乙 烯	12.5	0.025 ²⁾	4	110	0.10	115

注： 1) 膠粘。

2) 膠粘和鍍銀 (0.0025公厘)。

電路中繞圈的電感以後可用高頻鐵心或校正盤在一定範圍內微調。

製造匝數尽可能多的繞圈精度要求很高，須用光腐蝕方法可達到。用柔性絕緣板作底板甚至可製造電源變壓器的印制繞匝 (倫敦 Technograph Printed Circuits Ltd)。

先用腐蝕法也可製造出便宜的平熒光霧陰極射綫管的特殊形狀的偏轉繞圈。

電 容 器

電容器的極片與導電綫路同時印在介電常數值高的絕緣底板的兩面。

电容器的电容量和容差决定于絕緣材料的厚度和極片的面积。

必須在保証底板具有足够机械强度的条件下减小絕緣層的厚度，所以电容器印制法受到限制。

同时必須考虑所用介質的成本，因为有时它比整个电路的生产費用高。

这种电容器的容差很大，当电容在1,000微微法以上时，容差为+80—-20%，而当电容在1,000微微法以下时，容差为+50—-20%。

采用“梳形圖形”的方法可以获得不太的电容。梳鬚相間，但彼此絕緣，所有的梳鬚都印在絕緣底板的一面（圖2）。

为印制电路特別設計的电容器，与导电綫路同时印制好后，还須釐焊。

專門为印制电路制造了薄盘形的电容器，釐焊或粘貼在电路上，或平行板电容器，如同板状电阻一样，粘貼在电路上（参看下面）。

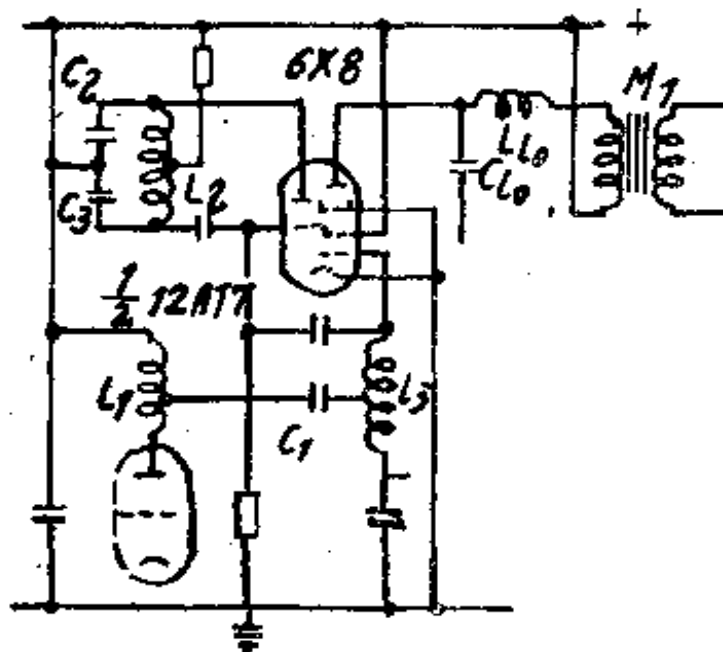




圖2. 法国电视接收机的部分电路和部分底座。

其印制线圈和电容器是用腐蚀法制成的。

盘形电容器可以是圆形，方形或矩形的。圆形电容器盘的面积12.7平方公厘，厚0.05公厘，电容量7微微法—0.01微法；矩形电容器盘的面积 10×7.5 公厘，厚0.025公厘，电容量3微微法—0.01微法。

这类电容器的电特性与所用介质的种类有关；圖3 曲线示有其电特性与温度的密切依赖关系。

美国NBS研制的粘性平行板电容器是用32公厘宽的石棉纸带制成的。纸带的两面涂以银浆以便导电，然后将纸带切成宽度相等的二薄片作为介质底衬。在薄片的一面喷以介电常数高的陶瓷粉与环氧树脂的混合物。喷的厚度应与要求的电容量相适应，将此粘性薄片施压贴在第二个极片上，而此极片是和导电线路一起制好在绝缘底板上的，施压粘貼

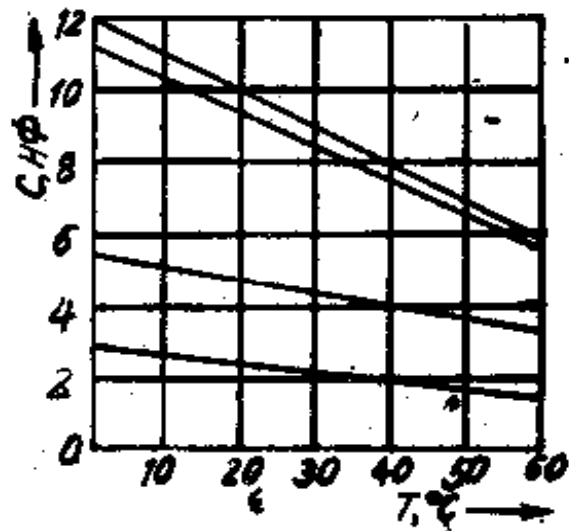


圖3. 印制电路用陶瓷电容器的特性。

温度逐渐升到225°C，施压持续时间为45分钟，这样粘贴牢固。为了获得较大的电容，可将数个平行板电容彼此叠贴起来，并将其极片加以并联。

这类电容器的温度系数：在25—85°C的范围内为-3%，在25—-55°C的范围内为-15%；介质损耗正切值每1千赫为0.007。

表2中列有这种平行板电容器的数据。

表 2

电容，微微法	击穿电压，伏
500	> 600
750	> 600
1000	600
1250	500
1500	400
1750	300
2000	200

电 阻

印制电阻是用胶态石墨、炭黑或石墨和胶合剂（合成树脂）以及溶剂配制的液态混合物通过丝网镂空样板印成的。印制出来的电阻在高温下烘干，经人工时效处理，然后涂以清漆，以防机械损坏和受气候的影响。

在印制电阻时，应考虑到大的容差±20%。当超过了规定的容差或印制时出了毛病，整个电路就被报废。

印制电阻值（达100欧姆—50兆欧）和电性能决定于选用的合成树脂，混合物各个组成部分间的比例，混合物的颗粒度，粘

性，鑲空样板上孔的大小，印制速度，电阻的几何尺寸和选用的保护清漆。

Г·甘那斯和B·恩格对以上的各因素在工業制造印制电阻过程中的影响，进行詳細的研究。从Г·馬泰斯(Г·米兰)获得的数值中看得很清楚。

电阻是用硅树脂(粘合剂)藉鑲空样板印制的，并涂有三聚氰胺树脂清漆。

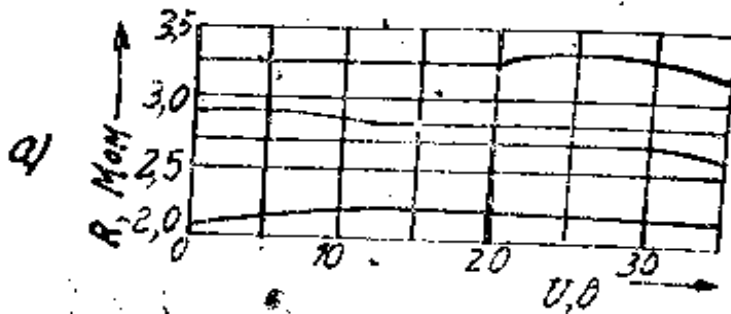
电阻的額定耗散功率为0.25瓦，长为14—16公厘，寬1.5公厘，耐热度达150°C無剩余变化；当負載超过額定值5倍(30分鐘)时，变化 $<0.4\%$ 。連續工作(2,000小时)时，电阻值的变化范围由 -0.2% — -1.7% (在額定負載下)。在0—70°C的温度范围内，电阻值的变化不大于 $\pm 2\%$ (与室温下的电阻值比較)。

用手工方法或机械方法印制时所获得的容差列于表3。

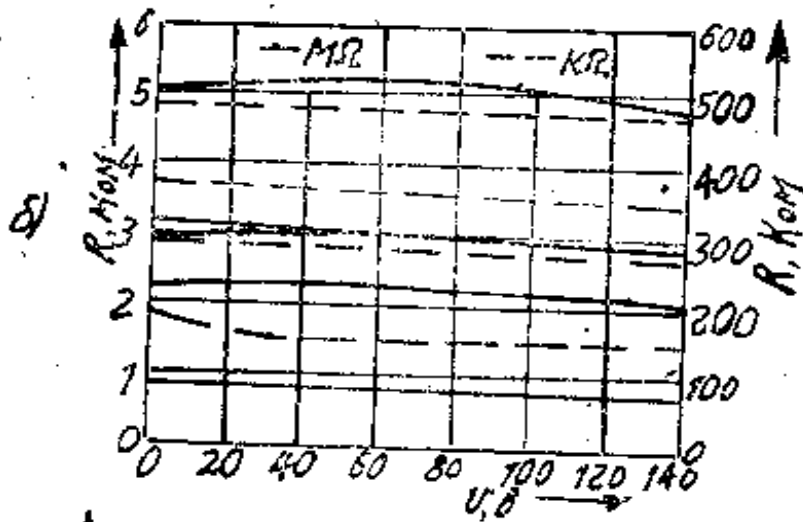
表3

層 数	电 阻 值 千 欧	印 制 电 阻 合 格 率 %			
		容 差 10 %		容 差 20 %	
		手工方法	机械方法	手工方法	机械方法
1	10	61	72	75	87
2	4.5	72	81	89	93
3	3	75	85	90	96
1	2000	51	64	72	83
2	850	70	77	81	88
3	850	70	79	84	91

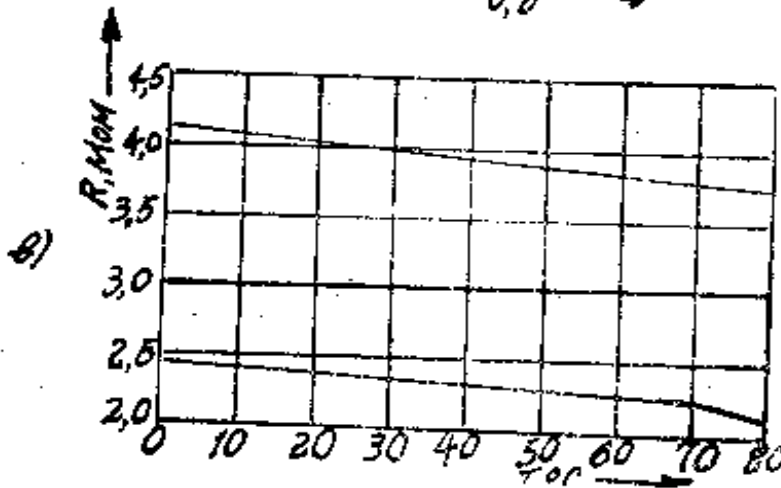
圖4示有摘自其他文献的曲綫，从曲綫上可看出，电阻与电压的关系不大，与温度的关系也較小。



a) 电阻与电压的关系 (对于低电压)；



b) 电阻与电压的关系 (对于高电压)；



c) 4兆欧和2.5兆欧的印制电阻在0—80°C温度范围内与温度的关系。

圖4.印制电阻的特性：

专用电阻，如公寸波和公分波設備中用的能承受高負載和短

时过载的扁平电阻，应敷以金属。所敷的金属层是喷镀的贵金属，主要是铂或金及其混合物的悬浊液，供获取低的温度系数之用。混合物中非导电的组成部分和稀释剂加热到 600°C 左右就被烧尽及蒸发。

除印制电阻外，还可采用NBS专为印制电路设计的粘贴电阻。为了制造此电阻采用石墨或炭黑与合成树脂（粘合剂）、溶剂的混合物，喷在石棉纸袋上。根据混合物中碳与粘合剂的比例，可获得不同标准值的电阻。

粘贴在电路上的电阻的标准尺寸：长 12.6 公厘（电阻本身 7.6 公厘，其余部分是接引线的），宽 3.3 ± 0.5 公厘。这样尺寸的电阻可从 100 欧姆到 10 兆欧。

电阻一般能承受的工作温度达 200°C 。成品电阻上涂有 0.05 公厘厚的聚乙烯保护膜；在往电路上粘贴前，此膜必须除去。

粘贴好后，电阻必须在 300°C 的温度下进行4小时的热处理（因为有硅树脂粘合剂，所以要进行热处理）。用这种加工方法时，只可以用耐热度高的绝缘材料，如陶瓷和玻璃。

现在正在电阻制造方面进行研究，如何获取加工温度较低的粘合剂。

西德已有很多试验成功的材料。用印制方法制造电阻时，利用Dr. Dürrwächter公司出产的由胶态石墨、粘合剂和溶剂配制的《格拉法罗里》混合物。板状电阻的原材料是BASF公司出产的含有胶状石墨填充剂的聚氯乙烯膜，或 Felten und Cuilleaume, Car/swerk公司出产的含石墨填充剂的纸。电阻用胶粘在电路上，胶同时还保护电阻不受机械损坏和气候的影响（纤维清漆）。电阻然后在 70°C （箔）或 100°C （纸）的温度下进行人工时效处理。石墨纸电阻能承受较高的单位耗散功率 1.5 瓦/平方公分。

接 触 元 件

文献中关于电子设备中采用的接触元件，如管座，转换开关和插头等的资料介绍得很少。

制造扁平转换开关的触点和集流环，可用在绝缘陶瓷或玻璃底板上烧银的方法，也可用光腐蚀法或压入法，将金属箔小块压入塑性绝缘底板，并使之与底板平齐。

利用厚0.035公厘的铜箔镀6公忽的银，经镀铬(0.127公忽)后可达到触点的质量好和滑动触点的接触负荷小。这样的触点可转接 10^6 次。触点和集流环用经过镀铬的镍皮按光腐蚀法制造的低频多位转换开关可转接 $3 \cdot 10^6$ 次。

达到这样长的寿命的条件是滑动触点的结构合理和接触负载小(约30克)。

为了固定超小型扁平电子管，采用了合成材料制造的特殊形状的印制另件；管脚直接压入印制电路的相应导线端。

近来，为了垂直装配超小型7脚和9脚管，设计了专用的适于浸焊的管座*。将管座上的电子管与带印制导电线路的底板平行放置，因此可大大减小接插部分的高度。

这种管座垂直地安在插孔具有印制导线的管座板上，导线终端为管座板一端边上的钎焊销钉。销钉插入底板相应的孔中并钎焊在导电线路上。附加支撑的突缘增加固定强度和降低插拔管子时引线上所受的机械负荷。

现已寻得了多脚接插部分的新的结构方案。这新的多脚接插部分特别适用于印制电路，其形状与一般的接插部分有很大区别。于板边缘结束的印制导线当作接触头，插入具有弹簧插孔的

*参看《Radio upv Flrusehen》。№18.1956.第550页

接头。但这种联接在长期工作时經不起經常換接，并且导綫端头有受机械损坏的危險。

新的結構規定，不論插塞还是插孔都得采用相同的接触另件。布置另件时，应使插塞处于垂直位置，而相应的插孔触点位于水平位置。

为了获得4个确定的接触点，插头齿于相互接触的点上应削成 45° 。这种联接的接触电阻 $\leq 2 \cdot 10^{-3}$ 欧姆，在进行3000次接入試驗时，实际上保持不变。多脚的联接的拔开力約减少 $1/3$ 。彈性插头上有两个供鉚接用的凸緣，藉以凸緣插入底板孔中并鉚紧。

只有当按插孔方向所加的力約达20公斤时，鉚联接才会受到破坏；联接时所受的力共250克。采用浸錫方法（參看后面）时，接触另件与电路元件間的电接触很好。

插头間的間隙以2.5—5公厘为宜。在絕緣底板上可安任意数量的彈性插头。配合另件的彈性插头装在插孔板上，插孔板是由任意数量的相同的插座构成的。这插孔板的端头具有导向裝置。为了获得上述結構的小型多脚接插联接，在底板上可交替的鉚上高度不同的彈性插头。

印制电路的主要性能

下面我們介紹由金屬箔制成的印制电路的主要性能，并将它与普通的导綫或用其他方法制造的印制导綫加以比較。

电 性 能

1. 能承受大的电流負載。由于导电綫路为扁平形状，因此其表面与截面的比值比圓导綫大得多。由于散热面增大，箔和导綫在同样的温度条件下，箔上能通过的电流較大，或者在相同的电

流强度下，金屬箔导綫的尺寸可比圓导綫的尺寸小。显然可以节约材料，縮小体积，減輕重量和节约开支。

与用普通导綫装配比較，重量和体积可减小60%。表4列有不同寬度和厚度的銅箔导綫的容許电流值。

表4

导綫寬度， 公 厘	極 限 电 流， 安	
	导綫厚度 0.035 公厘	导綫厚度 0.07 公厘
6.35	23	35
3.2	15	20
1.6	10	15
0.8	5	8
0.4	3	5

2. 由于导綫的厚度小，趋膚效应很小。

3. 綫間电容很小。对于同一型号的各产品，此电容不变；在采用接地綫的条件下，它可以很小。表5中列有长12.7公分印制导綫（导綫1,2和3平行）在不同的导綫寬度、不同的綫間間隙和不同的絕緣底板的情况下的电容值。

表5

电 路 底 板 材 料	导綫 厚度	导綫寬度和綫間間隙，公厘					
		寬度 1.6	間隙 1.6	寬度 0.8	間隙 1.6	寬度 0.8	間隙 0.8
	公厘	綫間电容，微微法					
		1—2(1和3)—2	1—2(1和3)—2	1—2(1和3)—2	1—2(1和3)—2	1—2(1和3)—2	1—2(1和3)—2

酚XXXP ¹⁾	0.035	4.5	10.0	4.0	9.0	4.75	10.0
酚XXXP ²⁾	0.035	4.7	10.2	4.5	9.5	5.2	10.5
玻璃布 三聚氰胺	0.035	5.5	12.5	5.0	11.5	6.2	13.2
酚XXXP ¹⁾	0.07	4.5	10.5	4.1	9.9	5.0	10.1

1) 相当于德国工业标准 DIN7733 中规定的纸胶板 2062,8
(IV 级纸胶板)。

4. 导电率高，因为这种金属导线比用烧银法制造的导线均匀。

提高电参数的方法如下：

为了特殊的目的，采用二种金属，例如制触点（在非贵金属的底层上镀贵金属）。

利用具有一定磁性的金属，在金属未加工成箔前就可赋予它一定的磁性，在以后加工的过程中，其磁性值也不改变。

为了特殊的目的采用合金，如制造耗散功率高而温度系数低的金属电阻。

机 械 性 能

1. 韧性和柔性。在加热时，不会因绝缘底板和导线的线膨胀系数不同产生任何困难，或在柔性衬板上制导电线路（摺叠电路）时产生任何困难。

2. 因无松孔和污垢，在制造很窄的导线时，例如线圈，就不可能断线。

3. 与结构元件钎焊，其中包括浸焊，联接的质量好。

4. 导线彼此可以熔焊。例如在用热塑性绝缘底板时，在底板两面导电线路之间不用预先钻孔或冲孔就可以熔焊。

5. 絕緣底板两面鍍有金屬；可以保护它不受机械損坏或变形（特別当材料很薄时）。

6. 敷金屬部分的面积大，因此：
节约腐蝕時間；

保护絕緣底板不受潮湿的影响；

保护底板不局部过热（因散热性好）；

不用作导电元件的一部分箔接地时起屏蔽作用。

7. 导电綫路尽可能寬，从而：

与絕緣底板的附着程度高；

电流密度很小，因之，很少發热，散热性良好；

安装另件时釐焊方便。

复合电路的制造方法

从上述情况得知，印制电路不可能在一道工序中制成。印制装配一般需經两道工序，其程序与一般方法装配相反；

1. 制造导电綫路。

2. 安装結構元件。

它們的制造工作量与生产率决定于选用的方法。例如，有些結構元件（感应綫圈，电容器，电阻）以及接触元件可与导电綫路同时印制。在第二道工序中进行电路制造的結尾工作，即用前面所述的任一方法印制或粘貼电阻及电容器以及安装不能用任何印制方法制造的另件。

常利用的另一种可能性，就是利用直接釐焊在导电綫路上的帶有相应形状的引綫的一般的樺接另件。

制造印制电路的方法是实现自动化生产的初步，它在国外已得到广泛的应用。

另件的自动安装、浸焊和成品电路的保护

为了自动的安装另件，另件引线以及大另件(如可变电容器)的机械固定件应在一个平面上。

为了安装带同轴引线的小型另件，设计了专用机床，用它们将引线切到所要求的长度，按一定的角度打弯，使引线能插入底板的孔中。

图5示出另件安装机床的安装头。机床上有固定插入的引线防止另件脱落的装置。较大的另件用装在工艺孔中的弹性卡子机械固定。在这种情况下，引线不用打弯。有些管座引线上有锁紧簧。

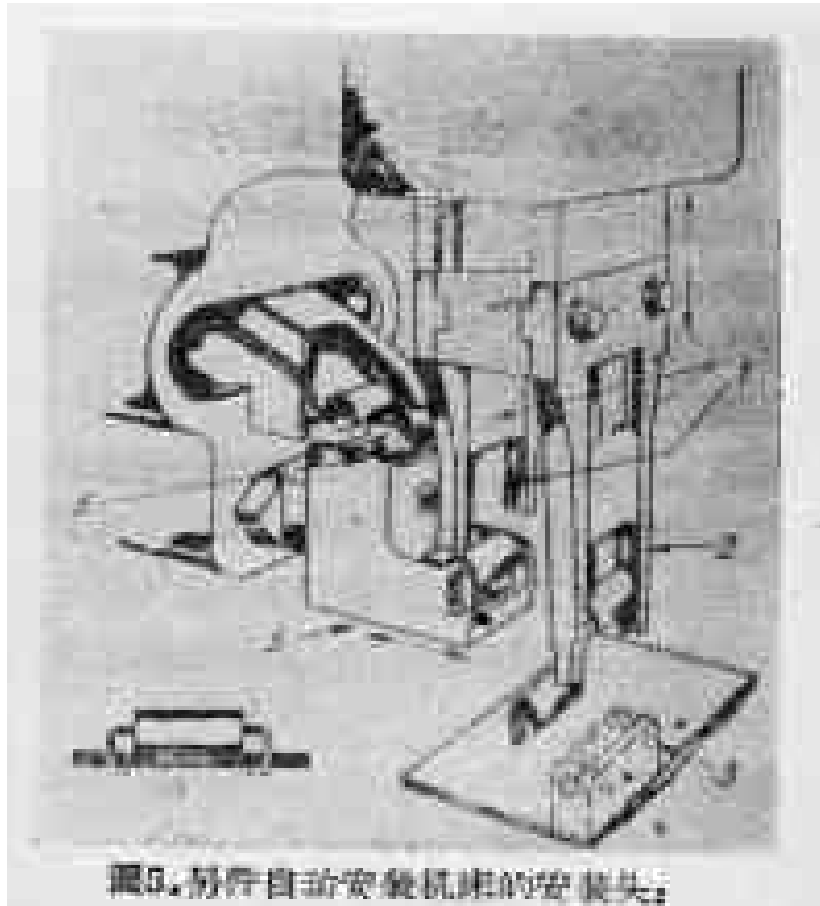


图5. 另件自动安装机床的安装头。

1—打弯机构；2—往底板上安装另件的装置；3—在底下打弯引线的凸模（左向视图）；4—固定在底板上的另件的剖面图；5—另件的固定；6—引线打弯装置。

此机床每小时能加工1500个另件。需在机床上加工的另件装在象子弹带的带上。

这机床很贵，制造复杂的电路就需很多台，所以在实际应用中应考虑经济效果。

绝缘底板上插另件引线的孔，在由孔带或座标系统控制的自动穿孔机或自动冲孔机上加工。

前面已经指出，另件是装在底板下面的，因此插入的引线稍高于导电路线。因此用浸焊法可使电路与各接触点同时联接。电路的导电路线朝下浸入焊剂槽，然后浸入焊料槽。对焊料槽的要求如下：

1. 对于在达 315°C 的温度下钎焊应具有足够的热容量。
2. 焊料槽的热惰性应该大到不致因浸焊耗热而使温度显著降低。
3. 调节和保持槽中温度稳定，使其误差在 $\pm 12^{\circ}\text{C}$ 的范围内。
4. 整个槽中热量分布均匀，不致因局部过热损坏导电路线。

最好的焊料是含量比为67比37的低熔点锡铅合金，用它在 $260-300^{\circ}\text{C}$ 的温度下钎焊效果很好。在钎焊烧银导线时，在焊料中应约渗2%的银。钎焊过程的持续时间总共只有几秒钟，在钎焊过程中底板必须抖动，以便消除表面张力效应。

现在尚无防止钎焊槽表面氧化的有效方法。氧化膜只有随时除去。为了避免所有导电元件都镀上锡，应加护罩。在钎焊槽中加工后，将多余的焊剂除去。

虽然浸焊的时间很短，但热对另件的影响还是很大，所以又提出了一个比较完善的方法。

布置导电路线时，使导线与另件的各个联接点都在底板两纵面的切口上（图6）。另件的引线固定在这些缺口上。钎焊时，只有底板的两纵边接触到焊料。

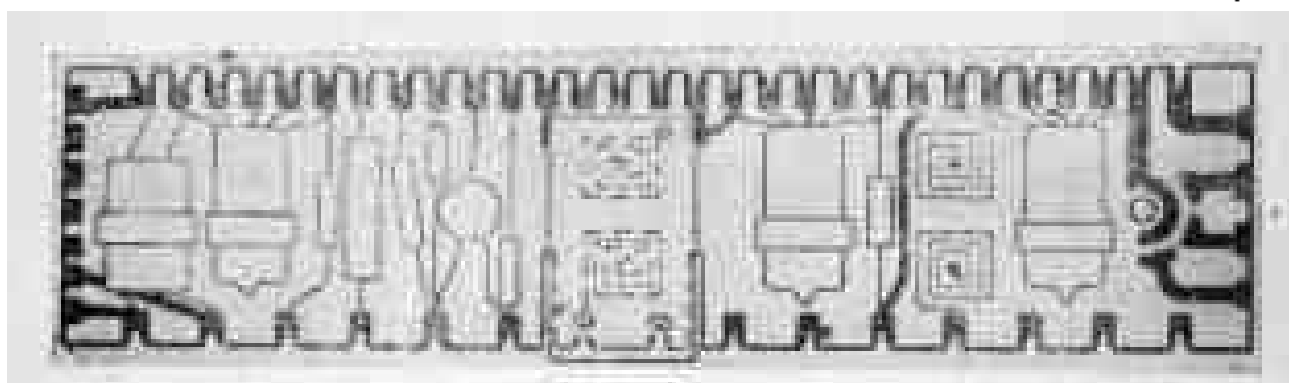


圖6. 底板兩邊浸焊的印刷線路

成品印制電路上塗清漆或噴耐熱蠟狀材料，以防受外界影響。也可以採用帶狀粘性箔繞在成品電路上；經熱處理後，箔被加熱粘結，形成防潮皮。

為了更好的防護，將電路裝在金屬盆中，加以密封焊接，所必須的出頭裝在特制的帶有刀形觸點的多腳接線板上。如包含有晶體管的這樣的接插部分，可以灌油來減少熱損耗。這種方法常用於電子計算機中。

只有在大量生產固定型號的設備的情況下，或在製造標準部件的情況下，印制電路完全自動化的生產（包括中間檢驗和最後檢驗）才有可能。下節介紹這種生產的代表性的例子。

MDE—MPE系統

NBS對印制電路的各種生產方法進行仔細研究後，根據所積累的經驗，擬定了一個萬能的並完全自動化的生產電子設備的原則。這個原則是建立在開始被稱為“斯克托”設計的設計和生產系統的基礎上的；現在這種系統在大量生產中被採用，它正式的名字叫MDE—MPE系統。

按這種系統生產的特點，就是完全不依賴於一般毛胚和另件的供應情況——生產只需要原料，在完全自動化生產的過程中用這些原料製造、裝配和試驗電路底板和另件（電子管例外）。

MDE設計原則是建立在利用标准陶瓷板的基础上的；板的面积为22平方公厘，厚1.6公厘。各种另件(电阻、电容器、电感)就在这些板上，或将印制导电线路印在这些板上。

由四塊到六塊板彼此叠着，用12根联接线钎焊在鍍錫的切口中达到机械联接，而构成一个统一的电气系统。在上面的一層板上有管座。这结构构成一个所谓的“标准件”，即具有电路中某一級电参数的部分。用各个“标准件”组合成較复杂的设备。圖7示有一个級的电路圖，在电路圖的上面是各个“标准件”板的工作卡（左面的一排是标准尺寸板的底面，右面的一排是标准尺寸板的上面）。

电路圖中三角形的数字相当于上部另件固定用的标准尺寸板周边上的接触切口，圆圈里的数字是代表标准尺寸板下面另件的接触切口。方框里的数字表示使板彼此固定用的切口。在工作卡上繪有各板的圖形。

在所繪出的板上切口12和1之間还有一个沒有标明数字的切口。它是使板在装配成“标准件”前，在自动分类机上加工的过程中，正确定位用的。

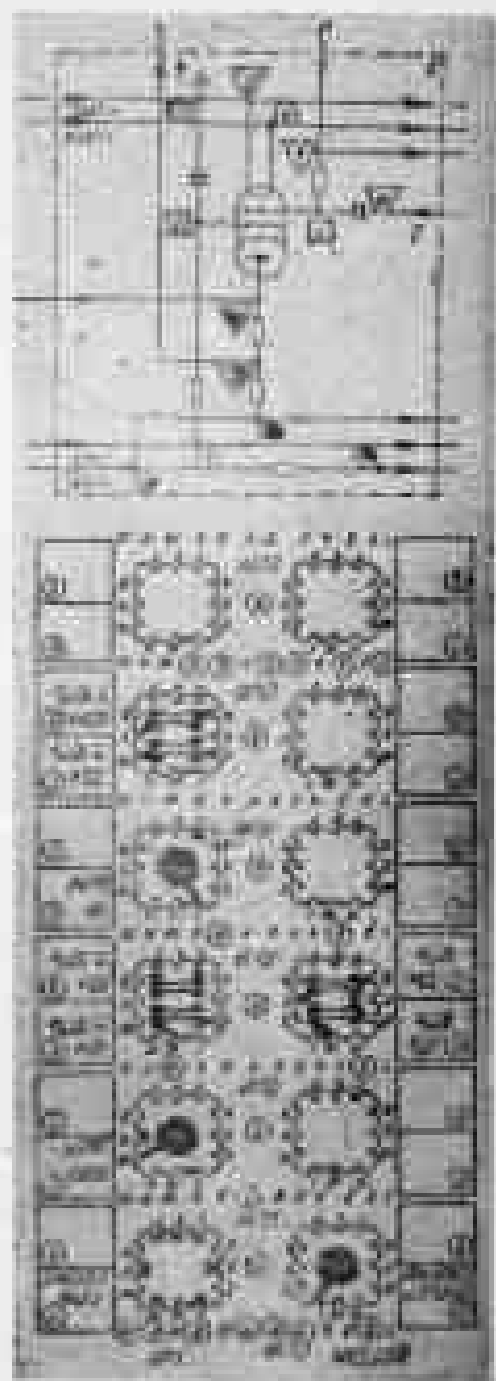


圖7.“标准件”原理圖和结构元件布置在陶瓷底板上的工作卡：1—小型电子管7脚管座（管座未繪出）；2—电容器；3—4个电阻；4—电容器；5—2个电阻；6—空着未被利用的底板。

MDE—MPE生产系统包括用原料制造底板和另件。所制造的电容器的电容由7微微法到0.01微法，面积12.7平方公厘，厚0.025公厘；粘贴板状电阻 $10—10^7$ 欧姆 $\pm 10\%$ ，耗散功率约0.25瓦。导电线路是通过用光化学方法腐蚀制得的网状镂空样板，印在底板上的。

在机械化装配另件时，底板在分类机上自动定位，将各个另件正确地装在电路图形的相应位置上。

在生产过程中，将各个底板自动装配好后并将各个联接线针焊好。除去各个底板间不需要的电联接。与标准试样比较，确定另件容差是否符合要求。

为此，在生产过程的周期中，由有孔的卡片控制的测量和检验仪表，对装配底板和“标准件”自动地进行必要的测量和电气试验。图8所示的“标准件”中有用光腐蚀法制的电路，各个导电线路是用联接线联接起来的。用这些“标准件”可装配成复合的仪器。



图8. 真空电子管的“标准件”的外观

圖 9 示有 NBS 建立的生产能力为每小时 1,000 个“标准件”的一个試驗企业的生产过程圖。在大量生产和具有适当的原料基地的条件下，MDE—MPE 系統的优点在于能获得質量高且电参数一致的成品。当生产过程适当改变时，这系統很容易調整，与一般的生产电子設備的方法比較，可节省時間 75%。

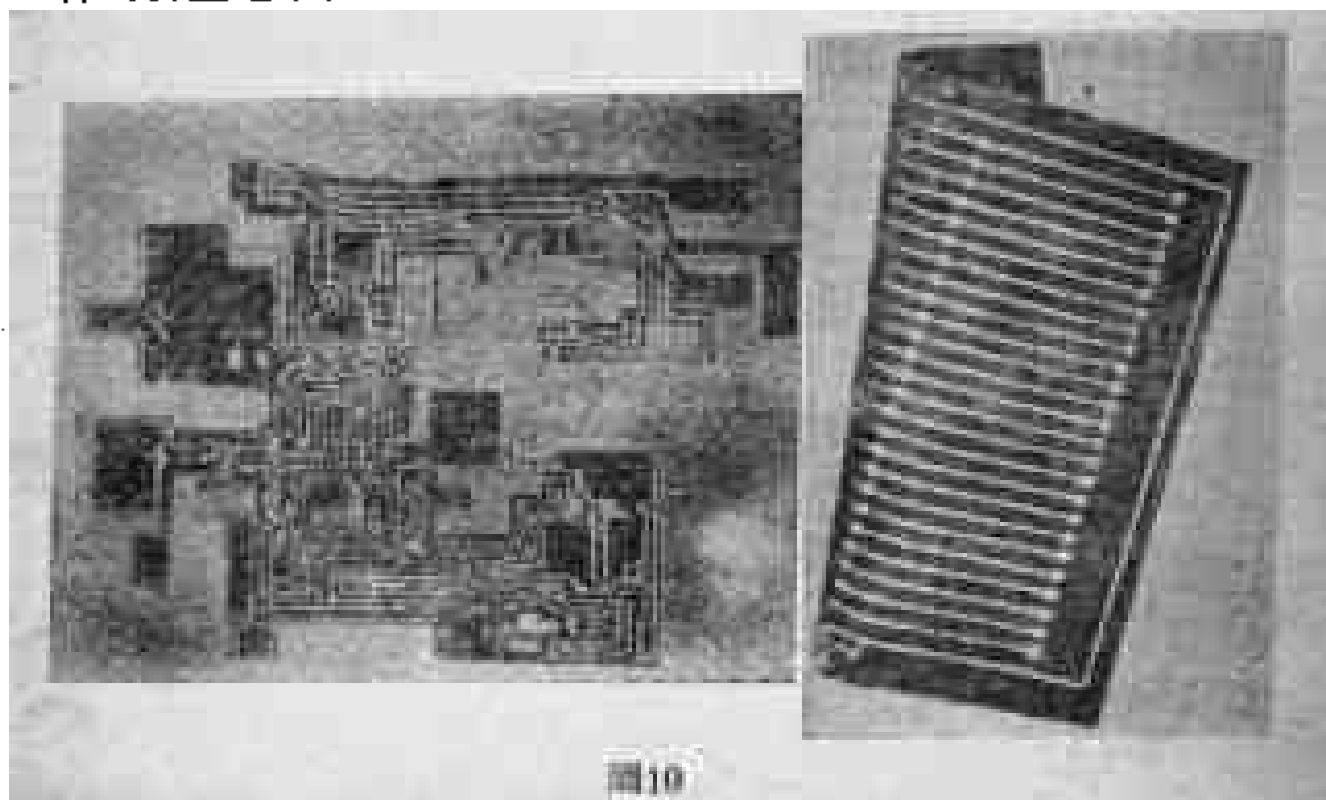
折疊电路和单元結構电路

为了更好的利用結構的体积，可将印制电路二度空間布置改为三度空間結構。

导电綫路用腐蝕方法制在柔性絕緣底板上，如制在浸清过合成成份的玻璃布上。在这种情况下，带另件的电路圖形可卷成一个筒或折疊起来，并且大尺寸結構的相当牢固的元件，如变压器，可作为支座，代替一般的底座。

这样的折疊电路容易摊平，进行必要的修理也不太費事，圖 10, a 示有小型收訊机导电綫路的折疊电路，从圖上可看出这工

艺可能性的概念。圖10, b示有“美尔庫利”计算机中的一个元件的折叠电路。



a) 小型收音机的折叠电路;

b) 倫敦Bakelite Limited]公司“美尔庫利”计算机的折叠电路

轉移法就是这工艺过程的一个方案。在采用轉移法时, 导电线路即在可以腐蝕溶解的人造箔上或特制紙上。在这两种情况下, 都是将带有导电元件的絕緣底衬貼在所要求的形状的另一塊底板上, 导电元件朝下, 而后将原来的底衬用化学方法溶解或燒掉。

近来研究了几种轉移法方案。用抛光的鈍化鎳或不銹鋼作永久陰極, 印出圖形后, 在鍍槽中沉积出导电线路(陰極可以使用500次)。然后将电路圖形从陰極上取下来貼在粘性紙上。将此紙压在紙胶板的底板上。这样, 导电线路和絕緣衬板形成紧密的平整

的表面。对所用的紙的質量要求特別高，因为它就是电路底板的上表面，所以对其介电性能影响很大。

文献中还介绍有一种采用临时陰極的方法。沉积的电路圖形不从陰極板上取下，直接将它貼在紙胶板上，电路圖形朝下，用压力机压，这样，电路圖形与紙胶板形成一个平面。制下一个电路时，必須在陰極板上重新印上电路圖形。

在采用所謂消耗陰極的方法时，陰極受到破坏。陰極就是厚度約为0.13公厘的金屬箔，用上述的方法在箔上印出負相的电路圖形，然后将箔与紙胶板叠在一起加压，直至形成光滑表面。用选择腐蚀法将金屬箔溶解，使被箔盖着的电路圖形显露出来。

轉移法的主要优点（消耗陰極的方法例外）是在制造过程中电路底板既不与电解液接触，也不与酸接触。此外，用这些方法可以容易地制出复杂的电路圖形。

NBS还研究出一种制造电路的工艺方法，这方法就是所謂灌封电路与印制电路的結合——单元結構电路。

用透明塑料灌封成的单元尺寸均为 $22 \times 12.7 \times 6.4$ 公厘，其中包含1—2个电气联接的結構元件；自由引綫接在每个单元的两窄面的三个触点上（上面一个触点，下面两个触点）；每12个单元分两排装成一个部分。在此部分的上方有两个管座。管座的引綫較长，成接触簧形式，与单元的上触点相联，同时使两个下触点与导电綫路之間产生必要的接触压力；整个結構固定在絕緣底板上。这样，不用钎焊就可将几个起电路单独級作用的部分联接成一个机器。

现将印制电路比一般装配技术优劣之处分述如下：

优点：

1. 节约时间和生产費用，因：

用大量生产的方法，如用网状鑲空样板用机械印制，另件

自动安装，浸焊；

由于每批装置中的印制导电线路绝对一致，可以只试验一部装置；

装配较简单；

减少了材料消耗量，如各种紧固另件（螺钉，钎焊铆钉，导线卡子等等）；

减少调试工作量。

由于导电线路装配牢固，同一型号的装置的装配电容几乎不变，它仅与绝缘底板介电常数的微小偏差有关。

2. 印制电路的重量减轻，体积缩小，因为不必用一般的紧固另件和金属底座；此外，印制电路可减小装置的尺寸。二度空间布置另件也可大大地缩小结构的体积；采用三度空间布置时（摺叠电路），体积主要决定于所用结构元件的大小。

3. 印制电路的机械强度高。因为没有一般的悬挂另件和联接导线，尺寸小，重量轻，所以装置的耐振性和耐冲击性有所提高。

采用印制电路的可能性受到下列缺点的限制：

1. 采用印制线圈和电容器的可能性决定于工作频率的下限值，因为这些另件的尺寸不能任意地选择。

2. 印制另件电气容限的限制（对电阻）和物理性能的限制（介电常数高的介质与温度，频率和电压的关系——对电容器）。必须提高线圈的质量因数。

3. 为了建立完全自动化的生产（听克托设计），需要大量的投资。并且在制造一般装置的情况下，费用可能还要高些。

印制电路技术水平

根据专门杂志中公佈的资料和甘诺维尔与其他地方的工业展

覽品，可以作出如下的結論：近兩年來，市場上印制電路製品日益增多。如1956年美國工業所用的印制電路就有603,850平方公尺（1955年為510,950平方公尺）。在1956年所用的印制電路中有371,600平方公尺是用腐蝕方法製造的。按產品的種類來分，收音機占139,350平方公尺，電視接收機占278,700平方公尺，其他產品占185,800平方公尺。

現在我們舉出各個公司出產的各種印制電路製品。

結構元件和單個的另件

美國RCA—Vicor公司用光腐蝕法用銅箔製出了電視接收機中頻濾波器繞圈，其工作頻率為41.25兆赫和75.75兆赫，繞組為矩形，繞匝間的間隙為0.025公厘。

用腐蝕方法可在柔性絕緣底板上制電視顯影管用特殊形狀的偏轉繞圈。這類繞圈在不太大的固有電容的情況下具有很高的電抗（法國Visseaux）容差很嚴的偏轉繞圈可用在彩色電視機上的三種不同的低壓電子束攝象管上（美國RCA）。

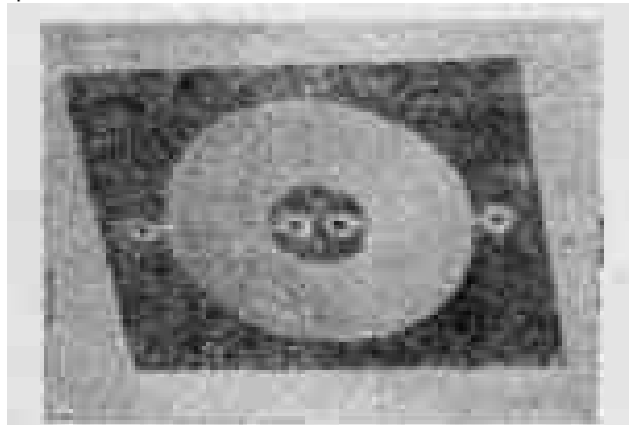


圖11表示出腐蝕法制的高頻變壓器（Hein KG公司）。

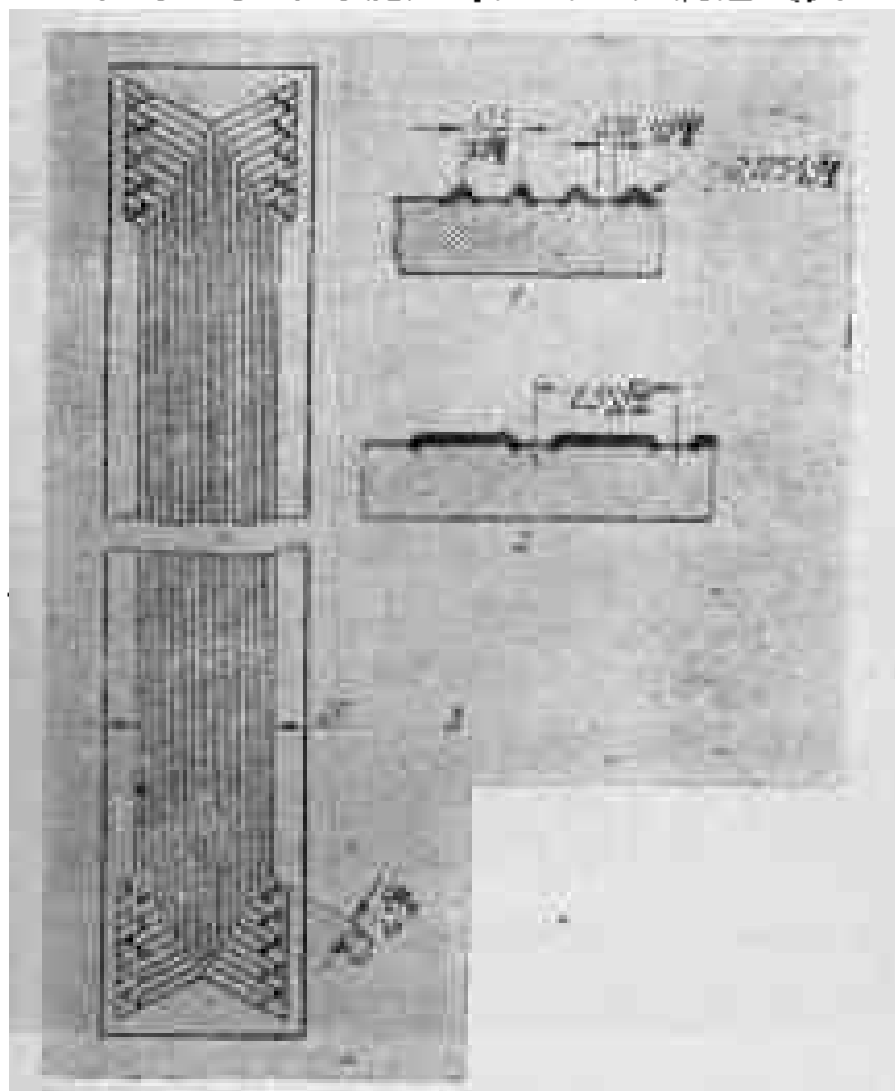
圖11. Hein KG公司用腐蝕法制的高頻變壓器。

適用於大的耗散功率的電阻，是用帶有一層環氧樹脂膜的且具有一定電阻的金屬箔，採用腐蝕方法製成的（英國

Technograph Printed Circuits, Ltd.)。

特高频技术用扁平线路和结构元件（非对称的敞式线路）在一定的条件下，能很理想地代替同心空心导管系统，而这类波导管系统制造起来很复杂并且费用很高。这类线路可用腐蚀方法制造（美国）。

柔性多芯线路用材料кель-Ф用腐蚀方法制造（美国Sanders Associates）。自动电话交换机的多芯装配用腐蚀方法制造，而装置中的多芯电缆用冲压的方法制造（图12）。



- 1 —— 导电线路的
截面图；
- 2 —— 线路端的截
面图；
- 3 —— 20条间隙为
1.25公厘的导电
线路（宽26公
厘）。

图12. 用冲压方法制造的多芯电缆

張力測定器的發送器可用腐蝕柔性底板上銅鍍箔的方法製造。這種發送器可做成任意的形狀（從圖13可看出）。它能承受高的電負載並具有很低的電阻溫度係數（英國 Saunders—Roc Ltd, Technograph Printed Circuits Ltd）。高歐加熱電阻可用作飛機外殼上和螺旋槳發動機組的防冰器（英國 Technograph Printed Circuits Ltd）。

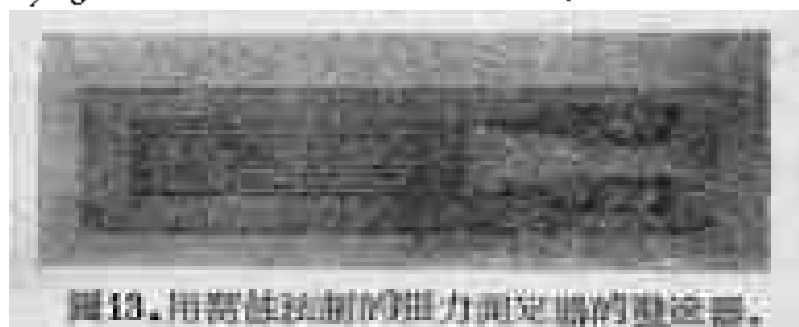


圖13. 用腐蝕法製成的張力測定器的發送器。

交叉線路底板。在紙膠板的兩邊用腐蝕法制出平行的導電線路，兩邊的線路彼此垂直，此外，一面有幾組導電線路彼此垂直。在設計用印制法生產的裝置時，採用這類底板可節約很多時間（美國 Sperry Gyroscope Co）。General Electric 在自己的一個研究室裡製放大器時利用了類似的半製品電路，此電路只有一面有幾組導電線路。這些線在組內彼此平行，但與組與組間的線路是相互垂直的。將所需要的一組電路從這電路底板上切下來。利用這樣的底板研製以後生產的放大器的試樣，其時間一般可以縮到一月（美國）。在這兩種情況下，利用一般的另件；不需要的連接線用斷開有關導電線路的方法除去。

西德製造另件的企業出產越來越多的適于浸焊的結構元件，例如，管座，微調電容器，中頻濾波器，電阻，電容器等（巴得涅伊史塔得 Preh；紐倫堡 nsf，波爾茨 stemag，valyo 等等）。

部 件

用于計算機上的可卸的部件，尺寸為 $89 \times 178 \times 25.4$ 公厘。部

件中有一个电子管，33个半导体二极管，普通电阻和电容器，都用浸焊法装配在电路上；电路本身是用腐蚀法制造的。为了获得尽可能多的电路方案，在特制的刀形接线板上接60根引线（美国NBS）。

三极管和五极管的过渡电路以及电视接收机垂直偏转用的积分环，是利用陶瓷绝缘底板制成，导电线路，印制电阻和电容器用烧银法制在陶瓷绝缘底板上。电阻值由8.2千欧到4.7兆欧。工作电压在450伏以下时，电容值由50微微法到0.01微法（美国Centrallab）。

测量仪表和放大器

从广告上看到，美国米琪干Heath Comp.公司在生产印制电路真空管电压表和示波器。

现有一种具有四个固定频率（0.56；0.54；1和1.6兆赫）的测量用的中频发生器。在这发生器中用的是普通的另件，在换开关的触点以及三个微调电容器每个上有一根引线是用腐蚀制成的（西德Fuba, H. Kolbe und Co）。西门子公司新型《里吉泽特A-VΦΦ》有用腐蚀法制出的导电线路，其测量波段转换开关触点是镀过铱的。

现有一种超小型中频放大器，其电路图形是用光腐蚀法制出的，用普通另件的。技术规格：于30兆赫的增益为115分贝，通带宽度1.8兆赫，增益控制80分贝，工作温度范围-55——+80°C，耐振性和耐冲击性达10g（美国Glenn L. Martin Co）。

Ruwei公司腐蚀法制造的于40兆赫频率上工作的放大器示于图14。

无线电播音室用小型化的放大器用腐蚀法与浸焊法两者结合制造（美国RCA）。

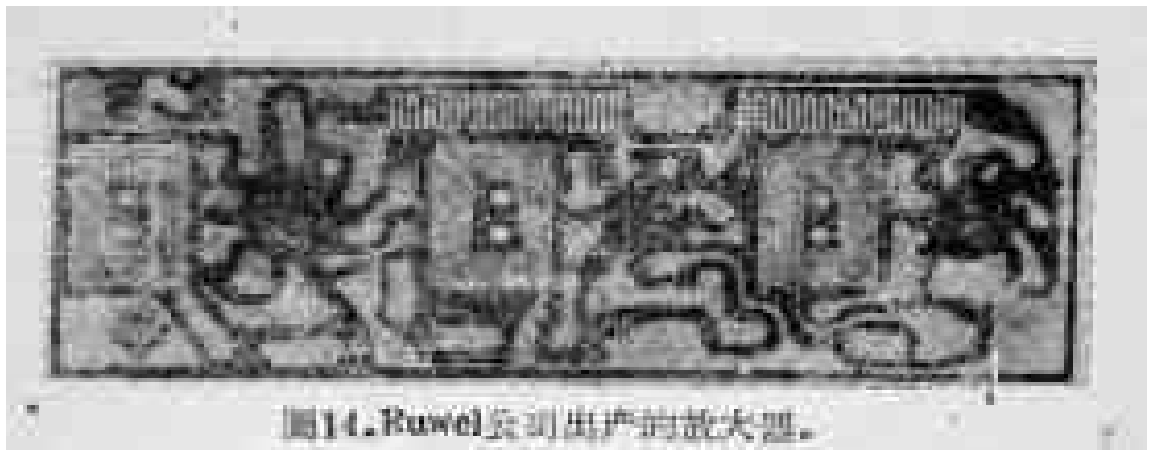


圖14. Ruwel公司出產的放大器。

晶体管助听器的电路圖形是用燒銀法制在陶瓷上的。里面应用了印制电阻和陶瓷圓盘形电容器（美国米魯克Centrallab）。

無綫电收音机和电视接收机

携带式 5 灯收音机电路是用光腐蝕法制在两面敷銅箔的絕緣底板上的；管座为管状鉚釘形式；采用普通的另件；装配采用浸焊法（美国，Motorola）。

电路圖形用冲压的方法制造的收音机。收音机中采用普通的另件，装配采用浸焊法（英国Telegraph Condenser Co.）。

电路圖形用腐蝕法制造的 4 灯超短波收音机，采用普通的另件。为了改进屏蔽情况，留下了很大一部分金屬箔，为了节约錫浸焊时，把这一部分金屬箔复盖起来（Telefunken）。

根据最近的情报，Blaupunkt 公司出产了一种新的《托斯卡娜》电视接收机，其电路是印制的。圖15和圖16示有印制底板，上面的普通立体另件是用浸焊法焊上去的。

电路用腐蝕法制在两面敷金屬箔的底座上的电视接收机（印制电路包括电感和电容；此电路的一部分請參看圖'2）。电容器的極片成梳形，其各齿相錯地布置着，但中間的間隙使彼此絕緣。这类另件的生产公差为 1%（法国Visseaux）。

电路用冲压方法制造的利用普通另件的电视接受机（美国

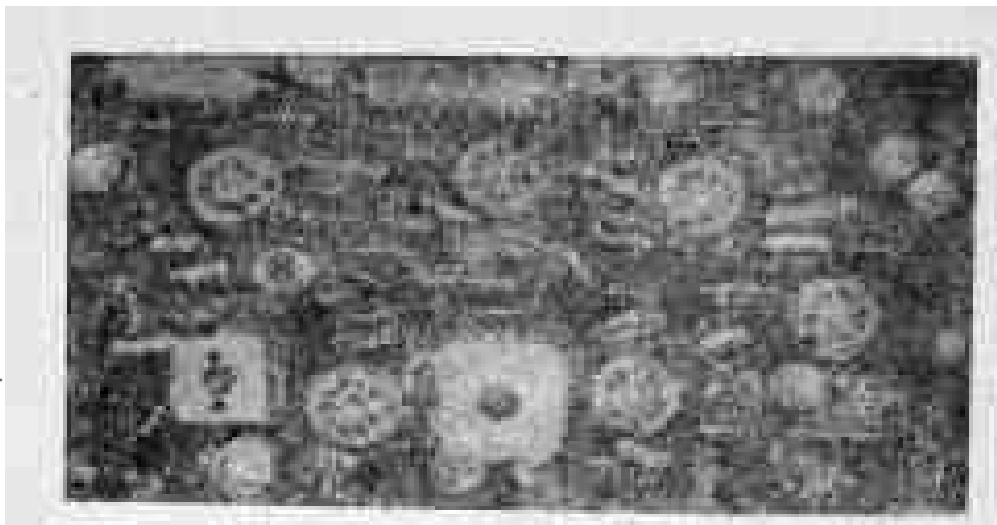


圖15. Blaupunkt公司出產的《托斯卡娜》電視接收機的底板。



圖16. 浸焊後的印刷電路（加裝圖）。

Circuitron Inc:)。

“標準件”部件電視接收機。美國 Aerovox Corp. 公司和 ACF Electronics Inc. 公司利用的各個級的标准件達17種，其中不包括選擇器，繞路部分和高壓部分，從電視接收機電路上的200個另件中，利用這些“標準件”約能替換150個。

美國Emerson公司現出產13個“標準件”的電視接收機。

參考文獻

張興福譯自蘇聯“無線電子學情報”，1958年，第5期，印刷電路技術。王鉄中校

参 考 文 献

C. Brunetti, Roger W. Curtis, *Printed Circuit Techniques*, Nat. Bur. of Standards Circular 468, November, 1947.

C. Brunetti, U S Govt, Printing Office Washington, *New advances in printed circuits*, NBS, Miscellaneous Publication No. 192, Nov. 1948.

Metallfilme auf nichtmetallischen Stoffen, *Feinwerktechnik* 59 (1955). Nr. 4, S. 141.

Clede Brunetti, Roger W. Curtis, *Printed Circuit techniques*, *Proceedings I. R. E.* 36 (Jan. 1948) S. 121—161.

G. W. A. Dummer, D. L. Johnston, *Printed and potted circuits*, *Proceedings I. E. E.* 100, Part III (Juli 1953). Nr. 66. S. 177—191.

Electro-circuit printers, *Instruments* 24 (1951). S. 898—900.

M. Kolmar: *Flüssige Edelmetallpräparate zum Metallisieren von keramischen und Kunststoffen*, *Metall* 7 (1953). Nr. 11/12. S. 427—429.

Dürrwächter, *Die Technik der gedruckten Schaltungen*, *ETZ* 6, *Ausg. B* (1954). Nr. 3. S. 73—75.

Circuit printers for flat and cylindrical surfaces, *NBS Techn. News Bulletin* 35 (Nov. 1951). S. 168.

Referat über M. Kolmar, *Flüssige Edelmetallpräparate zum Metallisieren von keramischen und Kunststoffen*, *Feinwerktechnik* 58 (1954). Nr. 5. S. 172.

Albert Keil, Gertrud Offner, *Über die Herstellung und Prüfung von Edelmetallbelägen auf Isolierkörpern*, *Fernmeldetechn.*

Zeitschr. 6 (Febr. 1953). S. 73—77.

Werner Götze, Untersuchungen Über die laboratoriumsmässige Herstellung von gedruckten Schaltungen für Fernmeldegeräte, Fernmeldetechn. Zeitschr. 8 (1955). Nr. 2. S. 83—88.

G. Matthaes, Erfahrungen bei der industriellen Herstellung «Gedruckter Schaltungen», Elektrotechnik 4 (1950). Nr. 11. S. 385—388.

Jack Bayha, How to prepare printed circuit artwork, Tele-Tech 13 (Dez. 1954). S. 97, 143/144.

On copper-clad laminates, Tele-Tech 13 (Dez. 1954). S. 104, 112, 114, 116.

C. Margna, Printed electrical circuits, British Engng. 35 (1953). Nr. 90. S. 328—331.

R. L. Swiggett, Printed circuits on foil-clad plastics, Modern Plastics 28 (Aug. 1951). S. 99/100, 105—107, 110/111.

Accelerated etching processes for printed circuits, Electronics 25 (Dez. 1952). S. 232, 234, 236, 238, 240.

Norman A. Skow, Metal-clad laminates used in printed circuitry, Mechan. Engng. 75 (Sept. 1953). S. 709—711, 714.

Printed wiring circuits, Electr. Times 126 (1954). Nr. 11. S. 700.

Printed circuits, TV and Radio Engng. 23 (Juni/Juli 1953). S. 18, 35.

Ralph G. Peters, Mass production component and circuit die stamping, Television Engng. 2 (Jan. 1951). S. 10/11, 23—25.

Production of radio circuits by metal spraying, *Electroplating* 6 (Dez. 1953). S. 472/473.

Radio-TV coils made by printing, *Radio-Age* 12 (Juli 1953). Nr. 3. S. 8/9.

A. V. J. Martin, Printed crossed-field deflecting coils, *Tele-Tech* 13 (Dez. 1954). S. 82/83, 140/141.

H. E. Moore, New printed circuits make for compactness, *Radio-Electronics* 22 (April 1951). Nr. 7. S. 70—72.

Etched circuits, *Wireless World* 58 (Dez. 1952). S. 488.

Pachomow, Gedruckte Transformatoren, Ref. aus. *Radio* (Moskau). Nr. 2 (1953), *Deutsche Funk-Technik* 3 (1954). Nr. 3. S. 79.

Recent advances in electronic process technology, *NBS Techn. News Bulletin* 39 (Jan. 1955). S. 8—10.

Joseph F. Sodaro, Printed circuit capacitor design, *Tele-Tech* 13 (Dez. 1954). S. 79.

Jänicke, Gedruckte Schaltungen, *Radio Mentor* 19 (1953). Nr. 3. S. 114/115.

G. Matthaes, Über die Qualität von Widerständen in gedruckten Schaltungen, *ETZ* 71 (März 1950). Nr. 5. S. 105—107.

High-temperature adhesive-tape resistors, *Electronics* 24 (Sept. 1951). S. 236, 240, 244, 248, 250, 252.

W. H. Hannahs, I. W. Eng, Production control of printed resistors, *Electronics* 25 (1952). Nr. 10. S. 106—109.

R. J. Heritage, Metal film resistors, *Electronic Engng.* 24 (Juli 1952). S. 324—327.

William A. Tewell, Printed circuit design methods and

assembly techniques, *Television Engng.* 3 (Febr. 1952). S. 10—12, (März 1952). C. 19, 29, 30.

P. Eisler, Printed circuits, some general principles and applications of the foil technique, *J. Brit. I. R. E.* 13 (Nov. 1953). S. 523—541.

Fred A. Andrews jr., Printed circuit soldering techniques, *Tele-Tech* 13 (Dez. 1954). S. 75, 146—149.

On automatic chassis production, *Tele-Tech* 13 (Dez. 1954). S. 116, 130.

L. K. Lee, F. M. Horn, Automatic production and electronic components, *Radio and Television News, Radio-Electronic Engng.*, Sect. 50 (Dez. 1953). S. 16—18, 38/39.

W. R. Cass, R. M. Hadfield, Dit-soldered chassis production, *Wireless World* 44 (Nov. 1954). S. 536—539.

A. E. Stones, Low-cost automatic assembly system, *Tele-Tech* 14 (1955). Nr. 12. S. 70/71, 130—134.

M. W. Bang, Edge dip-soldering of printed circuits, *Tele-Tech* 14 (1955). Nr. 12. S. 74, 75, 146, 149.

Automatische Montage von Bauelementen, *Funkschau* 28 (1956). Nr. 7. S. 252.

Cutting and clinching machine for etched wiring boards, *Electronics* 29 (April 1956). S. 224, 226

Cutting and forming leads, *Electronics* 29 (April 1956) S. 255, 254.

Project Tinkertoy, *NBS Techn. News Bulletin* 37 (1953). Nr. 11. S. 161—170.

Modular design of electronics, *Radio and Television News,*

Radio-Electronic Engng. Sect. 50 (Dez. 1953). S. 12, 13, 30.

Steven Michael's, Project Tinkertoy, Radio-Electronics 24 (1953). Nr. 12. S. 59/60.

M. Lorant, «Cellular» circuits, Wireless World 59 (1953). Nr. 10. S. 493/494.

«Cellular» electronic construction, NBS Techn. News Bulletin 37 (Juni 1953). S. 83/84.

Löten veraltet? Techn. Rundschau (Bern) 45 (Okt. 1953). Nr. 41. S. 19—21.

H. J. Kunzke, Die Anwendung der gedruckten Schaltung, Funk-Technik 11 (1956). Nr. 12. S. 338—340.

Gedruckte Schaltungen, radio mentor 22 (1956). Nr. 8. S. 518—523.

C. F. Schuh, Technologie von Bauelementen bei gedruckten Schaltungen, radio mentor 22 (1956). Nr. 9. S. 558.

H. J. Kunzke, Der Werdegang einer gedruckten Schaltung, Radio Mentor 22 (1956). Nr. 9. S. 560, 562, 564, 566, 568, 570.

Johann-Georg Helmbold, Hermann Hübner, Eine Neukonstruktion für die Tauchlötfertigung, Funkschau 28 (1956). Nr. 13. S. 528/526.

J. Krämer, Gedruckte Schaltungen nach dem Ätzverfahren, Funk-Technik 11 (1956). Nr. 22. S. 653/654.

Automation in der Radiomontage, Tauchlösung und gedruckte Schaltung, radio mentor 22 (1956). Nr. 11. S. 699.

Willi Köhl und Fritz Weingärtner, Das neue A-Veff-Multizet,

Siemens-Z. 30 (April 1956). S. 111—113.

H. J. Benzuly, Printed deflection yoke design, Tele-Tech 14 (1955). Nr. 12. S. 72, 73, 141—144.

Hubert L. Shortt, Dr. Paul Eisler. Printed foil electronic components, Tele-Tech 14 (1955). Nr. 6. S. 102/103, 404/410.

Paul Eisler, Gedruckte Stromkreise im Flugzeugbau, Luftfahrttechnik 2 (1956). Nr. 2. S. 36—40.

Manufacture of microstrip, Electr. Commun. 29 (Dez. 1952). S. 251—259.

R. M. Barrett, Etched sheets serve as microwave components, Electronics 25 (Juni. 1952). S. 114—118.

H. Böhm, Neue Entwicklung von Bauelementen der Hochfrequenztechnik, Nachrichtentechnik 4 (1954). Nr. 4. S. 151—154.

Norman R. Wild, Photoetched microwave transmission lines, Tele-Tech 14 (1955). Nr. 2. C. 68—70, (1955). Nr. 3. S. 92/93, 148/149.

Die-cut television antennas, Electronics 25 (1952). Nr. 4. S. 234, 236.

Donald J. Sommers: Photoetched antennas for supersonic aircraft, Electronics 28 (1955). Nr. 7. S. 130—132.

Flexible gedruckte Schaltungen, Funkschau 28 (1956). Nr. 21. S. 878.

K. H. Barney, S. Machlin: Printed circuit used in development models, Electronics 25 (1952). Nr. 4. S. 106—108.

J. R. Goodykoontz: A universal printed circuit, Tele-Tech

13 (Dez. 1954). S. 74, 78.

Circuitry «packages» for electronic computers, NBS Tech. News Bulletin 37 (März 1953). S. 36/37.

Wyn Martin: Printed circuits in TV and radio chassis, Service (New York) 20 (Mai 1951). S. 30, 62.

Firmnanzeige von Heath Comp, Michigan: Popular Electronics (1956). Nr 3. S. 96/97.

Gedruckte Schaltungen, radio mentor 22 (1956). Nr. 6. S. 345.

Bernard Raboy, John R. Endicott: Design for a printed supminiature IF-amplifier, Tele-Tech 13 (Dez. 1954). S. 88/89, 151.

G. A. Singer: Miniature broadcast amplifiers use etched wiring technique, Broadcast News 84 (Aug. 1955). S. 8—13.

Transistor amplifier packaged in steatite, Electronics 29 (1956). Nr. 10. S. 272, 274.

Plated chassis, Radio-Electronics 23 (Dez. 1952). S. 44/45.

Charles Bovill: Printed circuit television set, Wireless world 60 (Aug. 1954). S. 363—366.

Walter H. Buchsbaum: Modules in TV receiver design, Radio and Television News 54 (1955). Nr. 6. S. 40—42.

Fred Shunaman: Now—a modular TV receiver, Radio Electronics 27 (1956). Nr. 6. S. 37—39.

Right-angle sockets for printed wiring, Electronics Nr. 4. (1956). S. 312, 314.

H. E. Ruehleman: New design in ruggedized P-C Con-

nectors, *Electronic Industries and Tele-Tech* 15 (1956). Nr. 10.
S. 62, 63, 158—160, 162.

Alvin E. Stones; Pro & con on seven different methods of printed wiring, *Electronic Industries & Tele-Tech* 16 (Marz 1 57).
S. 64/66, 153/158.

Automatic circuit-plating machine, *Electronics* 2 (Mai 1956).
S. 234, 236.

广播收音机的印制超短波部分

(苏联) M·阿因宾捷尔, И·Н·歇果列夫

到目前为止, 无线电工业部和其他部门所推行的先进工艺——印制线路——主要用于无线电仪器的装配。

在超短波部件和仪器中采用印制线路很有前途, 首先是普遍的仪器——一批新的统一规格的超短波波段广播收音机中。现在无线电工业部的一些工厂正在准备大量生产这类收音机。

这类收音机中以超短波部分的部件, 其中包括超短波波段的全部高频部分, 最适于用新的工艺——采用同时浸焊的印制线路。

图 1 和图 2 表示棒接装配的超短波部分的线路和结构, 它是 695 研究所 1955 年初制造的并为无线电工业部采纳在 I 级和 II 级收音机的批量生产中应用。

从线路图中可看出, 收音机的高频部分包括输入电路 (线圈 L_A 和 L_1), 第一个三极管 6H3 П 的中点接地线路的高频放大器, 其屏极回路 (L_2 和按超短波段为 64.5—73 兆赫电容重调)

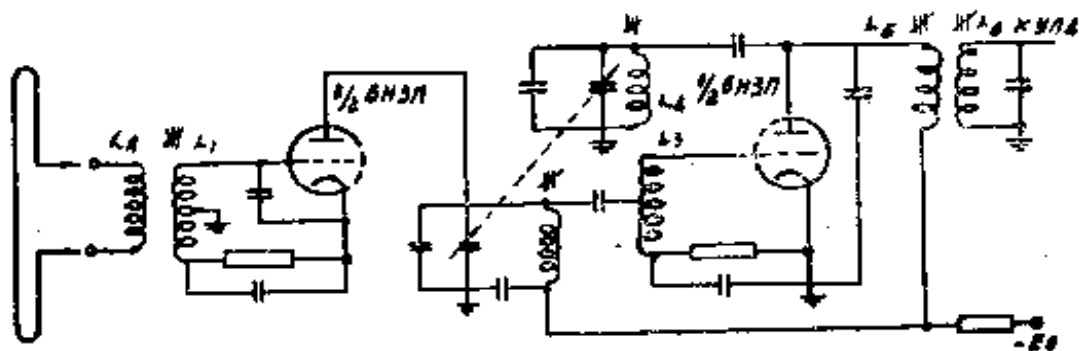


圖1. 樺接裝配的超短波部分線路圖。



圖2. 樺接裝配的超短波部分的結構。

和差頻變頻器（第二個三極管 $6H3\Pi$ 的收音機本地振蕩器同時也是變頻器）。變頻器線路中有回授的對稱繞圈 L_3 ，回授繞圈 L_4 和帶通濾波器 L_5, L_6 ($f=8.4$ 兆赫)。

這種超短波部分在電參數高、重量輕和外形尺寸小的要求下，大量生產，和樺接裝配的超短波的任何其他部分一樣，也還是有困難。因為超短波繞圈的繞法複雜和對繞匝和裝配用線安置的一致性和準確性要求異常嚴格。此外，樺接裝配很難機械化，將來也不可能自動化生產。

如在敷金屬箔的紙膠板上用印制法和用同時鉗焊法制超短波繞圈和裝配用線，就可完全避免上述缺點。

綫路和結構

超短波印制部分的电路圖与前面談到的棒接装配部分的电路圖相同。但是，由于印制底板上超短波部分的构造特点，在天綫和輸入回路間采用电导耦合較为合理（見圖3）。此外，由于对于超短波紙胶板的損耗較大（就是高频紙胶板 $\Gamma B, \text{tg}\delta = 0.038$ ），因此差頻变频器与高频放大器屏極回路間采用不全部耦合較为恰当（ $P \approx 0.75$ ）。

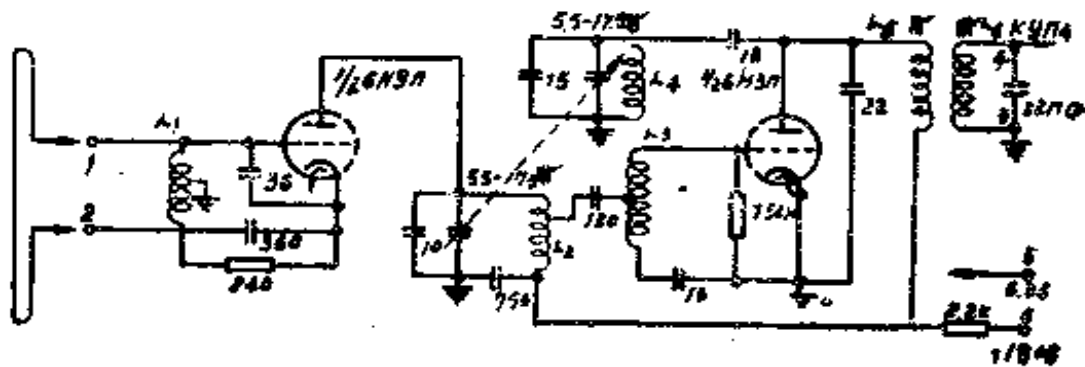


圖3 印制超短波部分綫路圖。

为了减小振蕩回路中紙胶板的損耗，在确定底板上印制綫圈的配置和外形时，应使其通过紙胶板的寄生分布电容最小。在底板(圖4)中，分布电容不超过2—4微微法。由于各回路的总电容一般大于40微微法，因此，紙胶板的損耗与电子管的輸入和輸出电阻損耗比較，实际上可以忽略。

用印制法制成的回路綫圈 L_1, L_2 和 L_4 的构造上的質量因数 $Q_0 \approx 100$ ，用一般方法制造的带通滤波器綫圈 L_5 和 L_6 （綫圈骨架： $\Phi 12$ 公厘； $i=10$ 公厘； $n=26$ 匝）的質量因数 $Q_0=90-100$ 。

綫圈 L_2, L_4, L_5 和 L_6 用CuP-1型猴基鉄心($\Phi 6$ 公厘)进行調整。現在这种鉄心的成本比类似的鉄淦氧磁鉄心要低得多。同时，目前所采用的圓柱形鉄淦氧磁物不够稳定，并且为了制出螺

紋，還須在外面另壓上一層塑料。

對於印制綫圈來說，CUP-1 型鐵心的復蓋係數為 1.18，而對於帶通濾波器綫圈為 1.3。扁平綫圈 L_2 和 L_4 的復蓋係數相當高，是由於它們的綫匝直接靠近鐵心集中的緣故。

所有印制裝配件都在厚度為 1.5 公厘的紙膠板敷金屬箔的一面上（箔的厚度為 0.05 公厘）。因為所有印制裝配件都在一面上，所以可用浸焊法同時完成全部焊接，並且銅箔的利用率很大。為了保證焊接牢固和防止與鄰近的印制導綫短路，在焊接處所復蓋的金屬箔應為圓形，其直徑為 3 公厘，與鄰近導綫應保持足夠的距離 1.5 公厘。

本地振蕩器回授綫圈 L_3 之所以獲得好的對稱性（見圖 3 和圖 4），是由於一個繞組的末端與另一個繞組的始端相連接的兩個

半繞圈平行繞綫所决定的。

由于輸入回路的繞圈 L_1 ，本地振蕩器繞圈 L_3 和 L_4 以及高頻放大器板極繞圈 L_2 之間相互距离很大，以及接地点選擇得正确，就保證了整个部分稳定的工作和本地振蕩器很小的輻射。

綫路中所有的棒接另件都裝在底板的另一面（見圖5）。

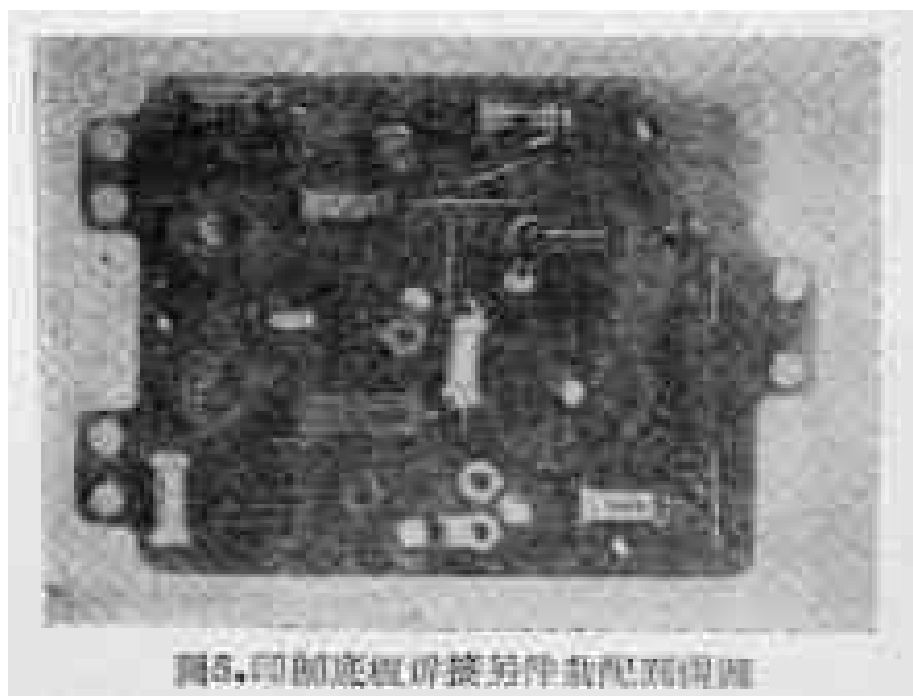


圖5. 印刷底板的棒接另件或配面圖

整个底板裝在鋁質基座上，而基座固定到同軸可变电容器上。这个同軸可变电容器的两个超短波部分的四个出头相应地焊在印刷底板的焊片上。在底板上裝有鋁隔离罩，其上有四个調諧的孔和一个裝电子管的孔。

超短波部分的六个旁側出头（見圖6）用来連接由环形偶極天綫来的電纜KATB和电源电压（灯絲6.3伏，屏極+180伏），以及由收音机中頻放大器第一級柵極来的電纜。

裝在四联电容器上的超短波部分的全貌見圖7，其外形尺寸为 $80 \times 70 \times 20$ 公厘，重量为80克。

用五个印制的超短波部分在ИРПА进行电性能試驗的結果

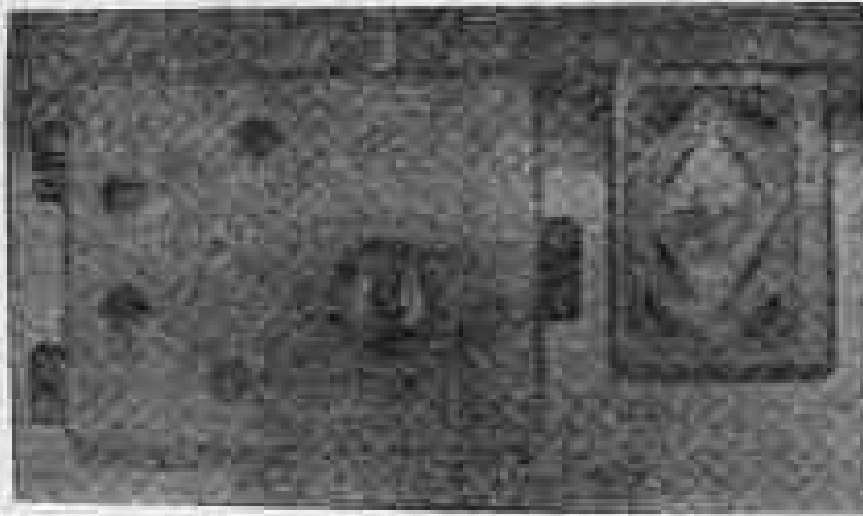


圖6. 裝配好的超短波印制部分

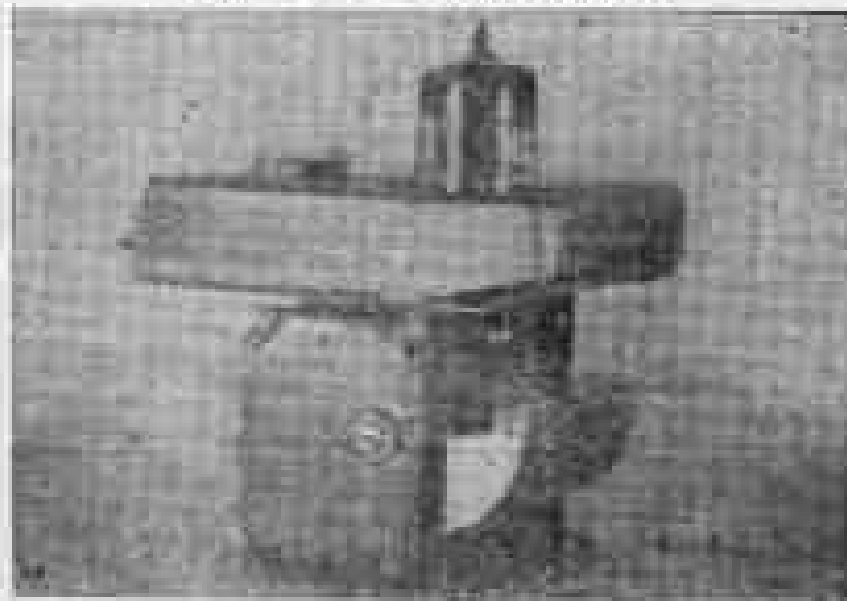


圖7. 裝在可变电容器上的超短波印制部分

(見1956年9月22日的報告) 證明，它的全部參數都符合于主管機關暫定標準 (НИО, 208.001) 對 I 級和 II 級廣播收音機超短波部分的要求，並有比標準定額更充分的《生產儲備》。它的參數如下：

頻帶寬64.0—73.5兆赫。

中頻8.4±0.1兆赫。

增益 ($R=300$ 欧姆) 大于200。

选择性 { 鏡象波道大于23分貝,
中頻大于60分貝,
相鄰波道 (± 250 千赫) 大于12分貝。

本地振蕩器的最大輻射电平小于15毫伏。

本地振蕩器的頻率穩定度 (5—15) 小于30千赫。

工 艺

須使用生产率高的方法制造印制超短波部分的綫路，这样可以同时生产出大量的底板。

这种方法的工艺循环簡述如下。在平面胶印机上借着双金屬印版将耐酸漆印在敷金屬箔的紙胶板毛胚上。無漆保护的部分的銅腐蝕在氯化鉄溶液中，用汽油将底板上的漆洗净后就可以冲孔，安上另件，最后将各另件的出头同时浸焊在印制綫路上（參看695研究所出版的說明書I—206）。

結 論

上述印制超短波部分在完全符合电指标标准的条件下，較無綫电工業部所采納的榫接装配超短波部分有下列主要优点：

1. 完全适合机械化大量生产。
2. 各个印制超短波部分的装配件的一致性高。
3. 印制部分成本低，且适用于大量生产，因此可作为包括广播收音机所有超短波元件的单独的完整的部件。
4. 加上一个双管中頻放大器并以小型二联电容器 ($C_{\text{最大}} - C_{\text{最小}} = 12$ 微微法) 代替四联电容器，此超短波部分就可作为过去出产的收音机上的方便而价廉的附件。
5. 超短波部分綫路和結構的合理方案可作为今后研制各种用途的超短波装置的輸入部分的基础。

6. 印制超短波部分在按新工艺成批生产中，可發現各种特点和一系列的原則問題。印制超短波部分成批生产掌握后，对其结构稍加修改，即可投入自动化的生产。

参加制造超短波部分样品的有試驗室主任A. Я叶菲莫夫和主任工程师H. A. 奧捷列茨柯夫斯基。

周敏譯自苏联“科学技术情报”，1956年第11期。

孟宜室校

下列最后日期此書須归还