

小型 无线电机

В. И. 西福罗夫主編



國防工業出版社

小型 無線電機

В. И. 西福羅夫 主編
電信工業局編譯所 譯



國防工業出版社

苏联 В. И. Сифоров 主编 'Малогабаритная радиоаппаратура'
(Издательство иностранной литературы 1954 年第一版)

*

国防工业出版社

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号
中央民族印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 $1/32$ 印张 12 248 千字

1959 年 6 月第一版

1959 年 6 月第一次印刷

印数: 00,001—15,100 册 定价: (11) 1.85 元

NO. 2918

目 录

序言	(6)
----	-------

I 設計无綫电机的一般問題

縮小无綫电机体积的技术	Г. 沙比罗(9)
无綫电机的可靠性問題	B. 加 利 斯(27)
复杂无綫电机維護的簡化	B. 馬 克 吉 剛(37)
无綫电机用的灌封树脂	B. 卡 明 格(50)
超小型无綫电机的散热	Д. 德 列 依 克(59)

II 小型无綫电机零件的工作状况

軍用无綫电机零件的可靠性	О. 艾里阿松(68)
飞机无綫电机零件的可靠性	B. 勃洛姆別尔克 P. 希 尔(76)
无綫电零件过载时測定其寿命的溫度逐級	
漸升法	 A. 叶連契克 B: 薩凱特(87)
成批生产无綫电机的公差	P. 馬 衣 尔 斯(95)
晶体三極管电路用零件	ДЖ. 丹 麦 尔(105)

III 小型无綫电机的电子管

縮小电子管的体积	 ДЖ. 烏艾依特(112)
軍用无綫电机电子管的可靠性	E. 德 札 尔(123)
直热式超小型管的可靠性	 P. 弗 特(132)
加速度对电子管的影响	Ф. 斯 塔 勃 乃 尔(140)

在外界高温的高空中电子管的散热性能

..... Б. 勃克莱因特(159)

屏蔽和安装对电子管玻壳温度的影响 И. 列维(175)

电子管玻壳的温度 В. 瓊斯(183)

IV 晶体三极管在无线电机内的应用

晶体三极管目前的生产情况 И. 布拉翁别克(187)

晶体三极管可靠性的研究

..... Р. 利狄尔 В. 西特纳尔(195)

晶体三极管的高温性能和功率放大三极管

的设计 Л. 阿姆斯特朗克 Д. 德日尼(209)

晶体三极管的电路及其应用 Ж. 锡克莱(217)

V 小型无线电机中的印制线路

印制的和灌封的无线电路

..... Г. 达姆麦尔 Д. 德容斯顿(230)

制造箔片印制线路的一般原理和技术

..... П. 艾依斯列尔(259)

印制线路的材料标准化

..... В. 汉纳斯 ДЖ. 卡弗奥 Н. 斯捷因(276)

装有晶体三极管的印制线路

..... С. 丹科 Р. 盖尔霍德(290)

用腐蚀法制造电路的防护涂层

..... М. 烏艾英貝尔格 Л. 瑪尔琴(297)

印制线路的经济性 Р. 苏伊盖特 ДЖ. 卡尔貝利(303)

VI 无綫电机生产的自动化

印制綫路生产的自动化 П. 格 尔 霍 特 (313)

无綫电机的自动装配 (320)

叠片結構无綫电机的机械化生产
..... Л. 里 K. 布盧涅吉 (332)

自动化制造无綫电机用的无綫电零件
..... Л. 李 Ф. 霍姆 (341)

VII 小型无綫电机

携带式收發无綫电台
..... С. 卡特列尔 ДЖ. 布罗翁什泰因 (350)

实验性的晶体三極管无綫电收音机 Л. 巴 尔 登 (358)

晶体三極管雷达显示器 Р. 烏 尔 克 維 次 (370)

序 言

电子学和无綫电技术——两种有密切关系并相互接近的技术部門——飞快的發展，經常提出一些需要解决并可不同方法来解决的复杂的新問題和新任务。

这些問題在目前来講是：小型零件和无綫电机的設計、零件和无綫电机生产的新工艺方法、大批生产通用无綫电机和与它有关的生产自动化以及提高零件和无綫电机的工作可靠性。与縮小无綫电机本身的尺寸和重量的同时，縮小电子管的尺寸、延長其使用寿命及設計电子管的代用品——半导体（晶体）三極管亦具有很大的意义。

請讀者注意，这本国外最近几年的期刊（主要是无綫电技术方面）論文譯丛在一定程度上反映了在西方是如何提出和討論电子学和无綫电技术的当前任务。

在西方，无綫电机的体积縮小以后不久，由于各种原因（例如：小型电子管和零件的發热量增加、彼此位置太近和散热条件很差）其损坏率比前增多。这些情况促使設計者重新考虑小型机的設計方法、研究隔热与絕緣等問題，并促使采用各种灌封树脂。这些方法进一步發展小型无綫电机就被設計成独立的部件。因为这种部件不可能在使用地点进行修理，所以在同类无綫电机的每套中尚应配有备用部件，以备一旦發生故障时更換之用。近年来，美国无綫电刊物中大吹大擂的就是这种方法，并極口贊揚它有許多方便之处：如部件更換簡單、部件更換后无需重新調整无綫电机、无需由高

度熟練人員維護無線電機等等。

近年來，在國外無線電技術雜誌的篇幅上，經常遇到討論電子管工作的可靠性、可能達到的使用壽命、損壞原因和提高可靠性的方法等文章。由於電子管不僅廣泛應用於電信方面，而且還應用於許多工業部門、科學研究部門和日常生活中，電子管可靠性問題的提出無疑是正確的。但是在電子管可靠性問題的討論中出現了二種觀點：電子管的設計者和研究者聲言這項任務可以解決，但需要一定的費用；而電子管的使用者，即無線電機的設計者和在其使用方面的專家們却一致認為：把電子管的工作可靠性提高到與優質零件可靠性相等的程度是辦不到的，所以，與繼續研究這項課題的同時，還必須設計出可能代替電子管的代用品（目前，如晶體三極管、磁放大器和介質放大器等）。 .

在半導體（晶體）三極管出現的初期，美國刊物即對其使用遠景大為吹噓，並急忙宣告電子管時代已經結束。這種大事宣揚對物理學和技術新領域的實際發展是幫了倒忙，因為晶體三極管的頭批試樣會有許多缺點（參數不一致、時間上的不穩定、本身雜音很強、極限頻率不高）。這些缺點大大地限制了使用晶體三極管的實際可能性。

目前，半導體性能上的理論研究和實驗研究大大地豐富了理論，同時亦开辟了日新月異的應用機會。各種刊物都報導了半導體器件的新性能、新結構和消除原有缺點的可能性和方法。現在，所謂半導體電子學事實上已逐漸成為電真空電子學的“競爭對手”，並且將來無疑地要在無線電技術及其各應用範圍的發展中起很重要的作用。

蘇聯讀者還記得，最先用半導體來放大和激勵電振盪的

是苏联年青的物理学家O.B. 洛謝夫。他远在1922~25年就在尼热哥罗得斯基實驗室中提出了建議，并經无数次的实验予以証实。洛謝夫的發明报导不止一次刊载在当年的欧美刊物上。

长期以来，人們都在討論着所謂印制綫路方法的特点和优缺点。印制綫路第一次有效的应用是在第二次世界大战的后半期（制造高射炮彈和地雷的引信）。目前用印制綫路制造无綫电机和零件的工艺方法約有20种，但是每种方法的說明，讀者都应批判地对待，因为，用各种方法的吹噓中仅仅是專利权思想在起主要作用。同时还必須指出，印制綫路的问题存在已相当長久，并且早为人所熟知；但实际上在西方采用印制綫路的无綫电机出产得并没有我們所想象的那樣多。

最近，由于公布了以生产过程全部自动化为基础的大批生产无綫电零件和无綫电机的設計报导，又重新开始討論采用印制綫路的问题。但是在实际条件下此种設計还没有付諸实现。至于将来用这种方法制造出的无綫电机，其性能如何现在还无从得知。

以上的評論决不会貶低本譯丛各篇論文的技术价值。本譯丛的每一个讀者——无綫电工程师、生产人員、工艺师、設計師、研究人員以及无綫电系高級班的学生——如对所讀的文章能批判地对待，則都能在其中找到有益和有用的知識。

編者

I 設計无綫电机的一般問題

縮小无綫电机体积的技术●

Г. 沙比罗

概 論

近年来民用和軍用电子机件的应用范围大为扩展。但是复杂机件的体积往往很大,以致难于保証其安裝所需的空間。目前正趋向于大力研究比較可靠的小型零件,以及如何运用这些零件制成輕便、坚固的无綫电机和生产簡便的无綫电机。

超小型电子管出現后,对生产无綫电机的新技术和新方法的需要便更加显著了。数年来各項專业的工程师均致力于解决此項問題。

設計小型或超小型无綫电机的新技术方法与普通方法不同,它是一种使无綫电机各部件的体积縮小到与超小型电子管体积相类似的技术。这里所要提出的就是无綫电机的各部件,因为要考虑使各种无綫电机既可用一般部件又可用超小型部件装成。

設 計 原 理

不久以前,人們認為縮小体积是設計无綫电机的次要任

● Shapiro G., Advances in Electronics, 3, New York, 195~219 (1951)。

务，因此超小型化工作没有得到些許显著的成就。超小型化工作的开展之所以受到阻碍，根本不是由于縮小体积有困难，就是由于人們抱有上述态度所致。

小型无线电机的設計方法应与普通方法完全不同。超小型零件应能在較高的环境温度下工作，并保持其电性能。如果任何一种尺寸極小的无线电机不仅是作为实验室的玩艺兒，那末它的零件就应設計得能够便于在工厂中制造。

如果已有供縮小无线电机体积所需的超小型零件，設計師即应重新計算綫路，使所用元件数达到最少限度。如果原有綫路中装有不可縮小的元件，則可适当变更綫路将此元件除去（在情况允許的条件下）〔1〕。綫路簡化以后，須将所有零件装成一輕便的整机。零件的形状愈合适，則无线电机体积縮小的程度愈大，所以时常会有需要改变零件的形状。

縮小无线电机的效果常常与为了便于维护将无线电机分成几个独立部件有关。这样可以簡化部件和元件损坏时的更換过程。为防潮起見最好将各独立部件或整机加以密封，或用树脂和塑料灌封綫路〔2〕。

温度条件

无线电机的超小型部件可分为两类：1）在温度較低条件下工作的；2）在温度达 200°C 条件下工作的。軍用零件的技术条件在大多数情况下規定工作温度为 $175\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。这一数字不能当作極限值，而仅是規定在装配无线电机时允許采用的焊接温度。

用干电池作电源的无线电机属于第一类；其他大部分的无线电机属于第二类。因为設計超小型无线电机最大的技术

困难与高温有关，因此工业上开始生产电池电源的小型无线电机比第二类无线电机要早得多。

任何无线电机的冷却装置应当作为整机的组成部分之一，并且在设计结构时应将其考虑进去。最简单的冷却装置是一种在发热量很大的部件上配置散热片，并用空气强制循环冷却。如果将封闭部件灌满传热性很大的液体，就能将发热部分（特别是电阻和电子管玻壳）的温度降低。此种液体的介电常数应当很小，并应减少损耗。此外，其挥发气体的压力不应太高，为了在外界温度很高的情况下，不致使部件的内部压力急剧增大。在液体循环的条件下对挥发气体压力的要求就不很重要，但循环装置会使部件的机械结构产生许多困难。困难较小而效果不大的冷却方法是采用中间通过冷却剂的空腔形金属部件。无线电机各部件即通过这些冷却部件散热。

无线电机的装置技术

印制线路 在印制线路技术发展的开始阶段，人们曾对它寄予很大的希望。甚至有人断言：只有采用印制线路才能大大缩小无线电机的体积。目前广泛采用各种缩小无线电机的技术方法以后，就推翻了这个断言。印制线路的技术首先是无线电机的生产技术，此种技术应在能改善生产工艺之处采用。通常，超小型无线电机最好的样机是一种印制线路和体积元件混合采用的无线电机。线路中印制元件与体积元件的比例显然是决定于印制线路技术的完善程度。

《组合》零件 某些无线电机制造者除印制线路以外尚设计《组合》零件或用零件装成的标准部件。这是一种用塑

料或树脂灌封成的小型部件(圖1),也是一种由普通装配线路轉到采用印制技术装配线路的过渡元件。这种部件可包括固定电阻、电容器、电感线圈以及电子管等。在灌封树脂前,这些零件用点焊联接,并引出引线以便与外界线路相接。必要时亦可为部件中个别元件配置隔离罩。

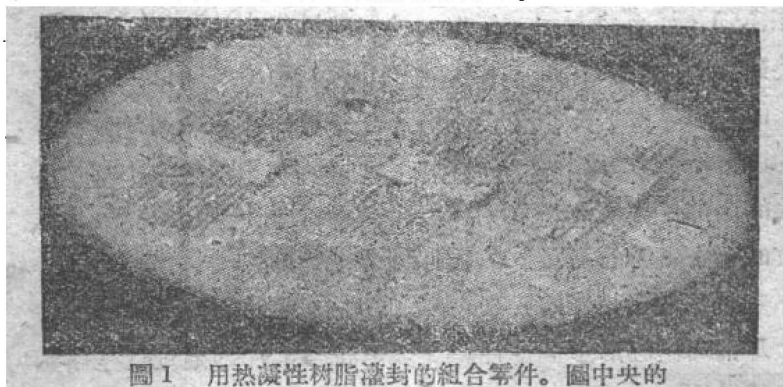


圖1 用热凝性树脂灌封的組合零件。圖中央的零件显示出沿中心綫切开的情况。

用塑料灌封线路 用塑料和树脂灌封线路是使无线电机能防潮、防塵等的有效方法。为使零件在灌封时保持一定的位置,必須采用定位夹。如部件較簡單,則采用万能外卸定位夹具;如部件較复杂,則定位夹与零件一起灌封。

大部分的灌封剂通常在冷却后总有些收縮,因此电子管玻壳必需用彈性材料防护。亦可能在灌封后經過一年才收縮,并引起玻壳破裂。玻壳套上乙烯塑料管也往往不能保証防护可靠;但采用其他防护套,从縮小无线电机体积的观点来看亦有困难。

零件和材料

絕緣材料 在用电池作电源的超小型无线电机中,以及

在比較不高的溫度下工作的其他無線電機中均可採用一般絕緣材料；消耗功率很大的和在高溫下工作的部件則須用特殊材料。如在電位差不甚大並且沒有其他有害因素的條件下，絕緣材料性能的惡化程度首先決定於工作溫度。因而，各種絕緣材料的最高容許溫度由所要求的使用壽命來決定。在軍用無線電機中，絕緣材料的使用壽命為 5000 小時。

作石棉、云母或玻璃粘合劑用的某些酚基樹脂，在溫度 200°C 下 500 小時以內能很好地保持其性能。用此種樹脂粘合的玻璃布是一種很好的接線板材料。聚苯乙烯和透明塑料用作高溫絕緣材料有一定的限制，因為其容許溫度各為 85°C 和 88°C 。

硅樹脂可在溫度 250°C 以下應用。常見的硅樹脂是油狀、漆狀、彈性物質、脂肪和粉狀的。在小型化技術上最常用的是硅素漆，此種漆用於浸漬變壓器線卷和電感線圈，並用作高溫絕緣薄膜和粘合劑等。

聚四氟乙烯於溫度 435°C 下直接由固體變為氣體。由於粘合劑很難粘附於聚四氟乙烯上，因此聚四氟乙烯宜在無線電機的浸漬部件中作骨架和樣板用。由於它具有化學惰性，可順利地作高溫襯墊用。

玻璃磁漆廣泛用作某些金屬的高溫絕緣塗料和陶瓷的粘合劑。具有各種熱膨脹系數的玻璃磁漆種類很多。通常最適用的玻璃磁漆它的熱膨脹系數與所塗材料的熱膨脹系數相同[3]。玻璃磁漆一般要求在溫度 700°C 左右的條件下進行焙燒。

電容器 用浸漬紙作為介質的及用敷金屬紙制成的小型電容器可惜不能用於超小型無線電機中，因為在固定高溫情

况下它会损坏。云母电容器可在相当高的温度下工作，但由于其形状很难改变，故在许多结构中并不适用。云母的价格相当高并且是一种稀有材料，所以军用无线电机中不采用云母电容器。

有一种与纸介电容器制法相同的电容器，其介质可采用由圆柱块状聚四氟乙烯切制的薄膜。但是，目前用此种方法制成的薄膜还不够薄，而且质量也不高，因此聚四氟乙烯电容器在尺寸上尚不能与陶瓷电容器相比。制造优质聚四氟乙烯薄膜的方法现正在摸索中，可能不久就会出现采用这种介质的小型高温电容器。

在第二次世界大战时期曾研究出一种以玻璃膜作介质的电容器来代替云母电容器。在某一玻璃工厂中顺利地制成一条厚为 0.025 公厘以下的均匀玻璃带。玻璃带和金属箔（一般为铝箔）经焙烧即熔成整片的硬性物质。目前此种电容器的生产数量很有限。

战时云母电容器的另一代用品为玻璃磁漆电容器〔4〕，此种电容器的制法是：用镂空样板交替喷涂玻璃磁漆和银漆，焙烧后即熔成整片的层状结构。需要时可将玻璃磁漆电容器制成附有连接线的部件，此部件尚可用作线路的绝缘底座。这种电容器损耗很小，电容器温度系数很低；然而很低的介电常数不能在很小的体积中产生很大的电容。

除电气陶瓷专家外，仅有少数工程师懂得介电常数很高的瓷介电容器的性能。他们往往不知道此种电容器的电容在工作温度范围内能够较额定值变化四倍。瓷介电容器的温度系数仅在很狭的温度范围内保持不变。通常，介电常数愈低，则保持温度系数不变的温度范围愈宽。温度补偿电容器和温

度系数为零的电容器，其額定电容一般不大，因为它所采用的介質具有中等介电常数。

金紅石形的二氧化鈦在室溫下的介电常数約为95~105，其負溫度系数較大。如加入鈦酸鎂或二氧化鋯，則介电常数降低，溫度系数仍为負值，但絕對值减小。

如加入氧化鎂和二氧化鈦，則溫度系数变为正值，介电常数为13~17。

当加入氧化鈣和二氧化鈦时，其負溫度系数的絕對值比純二氧化鈦要大，而介电常数約为150~175。

氧化鋇和二氧化鈦混合物的溫度系数为負值，此負溫度系数随二氧化鈦与氧化鋇的比值增加而减小，介电常数为225~250。

二氧化鈦和氧化鋇等分配合后，則特性曲綫略有不同，其介电常数与溫度的关系曲綫有几个峰值，溫度梯度小时，峰值亦小；主要峰值在95和125°C之間，接近于居里点，而最小峰值則在-15和+10°C之間。在峰值各点上的介电常数可达12000。在居里点，鉄电体所产生的現象与鉄磁体所产生的現象相类似，在此点上鈦酸鋇的晶体結構由低溫稳定四角形变为高溫稳定立体形。

在介电常数最大的溫度下損耗角亦为最大。强电場的主要影响就是增大介电常数和損耗角。此种影响在介电常数最高点时增長。增大二氧化鈦与氧化鋇的比值，則介电常数开始减小，峰值亦随之消失；溫度系数在开始时下降，經過零点后轉为負值〔5〕(圖2)。

介电常数在500以上的不含鈦酸鋇的物質很多，并都具有一个共同特性，即在溫度85°C以上加热若干分鐘后，其介

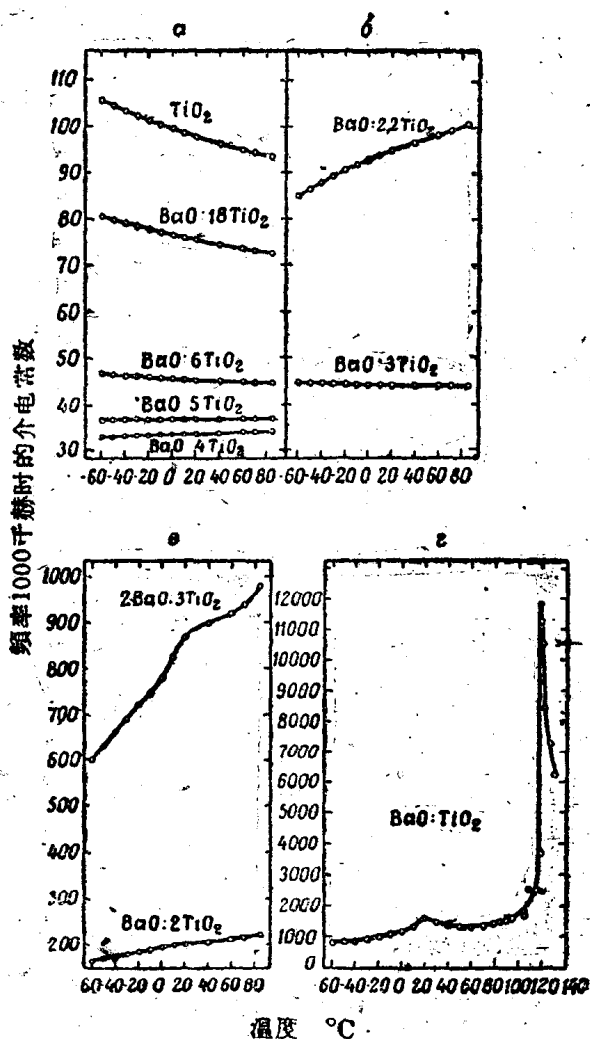


圖 2 TiO_2 - BaTiO_3 二元結構的試樣在頻率 1000 千赫時之介電常數與溫度的關係曲線。