

高 成 功 著

晶体喇叭的制作

人民邮电出版社

6

3

内 容 提 要

本書首先說明晶体喇叭的原理，然后具体地介紹培养晶体和裝制晶体喇叭的方法。

晶体喇叭的制作

著 者：高 成 功

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第048号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

發行者：新 华 書 店

开本 787×1092 1/32

1959 年 1 月北京第一版

印张 2 页 数 32

1959 年 4 月北京第一次印刷

印刷字数 35,000字

印数：1—16,000

統一書号：15045·总1008·無 265

定价：报纸本(9)0.23 元

写在前面

在我国农村的人民公社里，广播网是组织生产、进行宣传教育、丰富文化生活的有力工具。在全国农村实现人民公社化的形势下，大力发展农村广播网就显得更为重要。因此喇叭的需要量是很大的。就拿江苏一省来说，为了提前实现农业发展纲要四十条，如果做到社社有广播，家家有喇叭，就需要六七百万只喇叭。舌簧式喇叭由于原材料供应问题，一时还不能满足这种迫切的需要。在这种情况下，我系在1958年8月份结合勤工俭学，在党总支的具体领导和支持下，开始了晶体喇叭的试制工作。经过一个多月的摸索和研究，试制成功，目前已正式投入生产。这一本小册子就是这一段工作的一个总结。

晶体喇叭的优点是结构简单，不使用磁钢和漆包线，造价低，应用的原材料是一种比较普通的化工原料。而且晶体喇叭的阻抗高（10万欧以上），有容抗性，所以消耗功率很小，一部收音机或扩音机可以带很多只晶体喇叭（一部普通收音机可以带到30只喇叭），这是别种类型的喇叭不能与之相比的。所用电流极小，对于导线的要求也很低，一般可以不必使用铜、铝导线，这就大量地节约了有色金属材料。而且由于它的构造简单，生产设备容易解决，各地广播站、学

校和人民公社，都可以制作，所以晶体喇叭就具有更现实的意义。

晶体喇叭也有一些缺点。如在高频工作时阻抗减低，负荷加重。频率范围较窄，同时酒石酸钾钠是不耐高低温的，其灵敏度随着温度的变化而变化。当温度在 40°C — 45°C 以上及零下十几度以下时，晶体的压电效应就要显著地降低。一般只能很好地工作于 -10°C 至 30°C 之间，同时它的结构也不太坚固。这些缺点有待逐步加以解决。

我們为了在提前实现农业发展纲要四十条的伟大事业中尽我們的一份力量，所以不揣浅陋，把这本小册子出版，借此和大家交流经验，供各地制作晶体喇叭时参考。但是由于我们的工作进行得不久，这本小册子仅仅把我們的初步经验写了下来，因此是很不成熟的。许多问题还有待于进一步研究改进。例如要使制造工艺过程更简单，更适于推广等。在这些方面，我們衷心期待读者们給我們帮助和指教。

这本小册子的编写得到馮端、韓業龙同志和陈文华、孙承然等同学的协助，在此致以衷心的感谢。

南京大学物理系晶体喇叭试制小组高成功

1958年10月

目 录

写在前面

第一章 压电效应和酒石酸鉀鈉 ····· 1

1. 晶体的压电效应 ····· 1
2. 酒石酸鉀鈉的压电效应 ····· 2
3. 酒石酸鉀鈉的一些其他性質 ····· 4

第二章 晶体的培养 ····· 5

1. 概說 ····· 5
2. 溶液的配制 ····· 9
3. 装缸 ····· 14
4. 下缸 ····· 19
5. 降溫 ····· 24
6. 拆缸 ····· 29

第三章 晶体喇叭的制造 ····· 32

1. 切片 ····· 32
2. 磨片 ····· 38
3. 塗石墨 ····· 39
4. 装电极 ····· 40
5. 檢驗 ····· 42

6. 晶片元件的密封	43
7. 喇叭的裝配	43
8. 收音机与扩大器接用晶体喇叭的綫路	45
附录 I 自动控制温度的方法和設備	47
1. 水銀溫度控制器的構造	48
2. 电子管繼电器	50
3. 連續自动降溫裝置	52
4. 水銀溫度控制器在恒溫箱中的放置	53
附录 II 有关恒溫箱和培养缸的几个問題	54
1. 根据四点观察法控制供热量	54
2. 培养缸在恒溫箱中的放置	57
3. 关于培养缸的預热時間	57
参考資料	60

第一章 压电效应和酒石酸鉀鈉

1. 晶体的压电效应

1880年，杰出的法国物理学家波埃尔·居里和查克·居里发现了晶体的压电效应。他们发现在对石英和酒石酸鉀鈉的晶体加以机械压缩和伸长时，在晶体表面上就会出现电荷。由伸长改为压缩时，电荷会互换位置。本来有正电荷的部位产生了负电荷，而有负电荷的部位产生了正电荷。以后又确定了：如果把电场加在晶体或由晶体中切下的薄片上，则晶体发生变形——收缩和伸长。如果把交变电场加到晶体上，则晶体会因膨胀而随所施电压的频率发生振动。我们把前者称为正的压电效应；后者称为反的压电效应。

第一次世界大战期间，法国科学家波尔·兰日温利用这种压电效应的原理，设计出了探测潜水艇的压电石英超声波探测器。从那时起，压电石英的用途，日益增长。在无线电发送设备、超声波仪器和雷达等方面获得了广泛的应用。但是它的价值很贵，所以许多科学家便开始寻找这种稀有的晶体的代用品了。

从那时候起，酒石酸鉀鈉的晶体得到了应用。酒石酸鉀鈉晶体也是一种压电晶体，它是一种酒石酸鉀鈉复盐，易溶

于水，机械强度很小，但它的压电效应比石英的压电效应还要高 1000 倍。因此酒石酸鉀鈉晶体制成的压电元件得到了广泛的应用。利用它可以制成探测设备和电唱机的拾音器、喇叭、话筒和助听器等。

此后又发现了电气石、磷酸二氢铵、硫酸锂、酞酸钡、酒石酸乙稀二胺和另外一些物质的晶体也有压电效应。这些晶体也被广泛地应用到工业上去。所有这些晶体大部份都易溶于水，并且性质和酒石酸鉀鈉晶体很相近，因此有时把它们列入酒石酸鉀鈉压电晶体一类中。

在这些晶体中，压电效应最显著的要算石英、电气石和酒石酸鉀鈉。电气石和石英的特性很相仿，但是它的产量没有石英多。石英一般用在音频、射频的振荡器和滤波器中来控制频率，酒石酸鉀鈉常用在音频的拾音器、话筒和喇叭等方面。

2. 酒石酸鉀鈉的压电效应

酒石酸鉀鈉又称洛希尔盐，其分子式为 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$ 。一塊天然的完整晶体的结晶形状及其各个轴线如图 1.a 所示（有时在培养缸中可以培养出它的半晶体如图 1.b 所示）。

酒石酸鉀鈉晶体在垂直于 x 轴线方向切割出的 $y-z$ 平面上（如图中薄片 $ABCD$ ）有最强的压电效应，因此制造喇叭等的单晶片就是按照这种方法切割的，这种切割在结

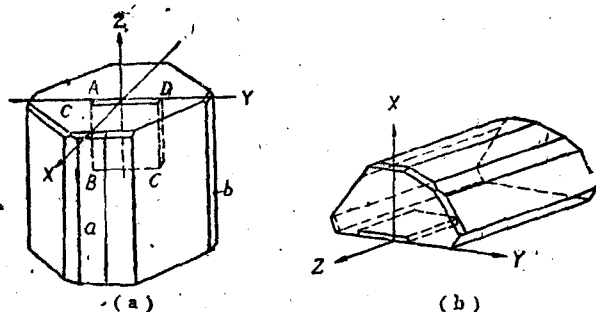


圖 1

晶学中称为 x 切割。

倘將某一極性的电压加在 x 軸切割的薄片上，則該薄片將产生形变，如圖 2. a 所示。此时在某一對角綫（例如 BD ）上伸長，而在另一對角綫（ AC ）上縮短，即正方形变成菱形而形成斜切型的振动。如果將所加电压的極性对調，則薄片的形变也互換，即 BD 縮短，而 AC 伸長。

如果晶体 x 切割的各边和 Y 軸及 Z 軸各成 45° 角（圖 2. b），这晶体將沿長度及寬度伸縮，即形成縱長型振动。这种切割称为 45° 的 x 切割。在电唱机的拾音器中就常采用这种切割

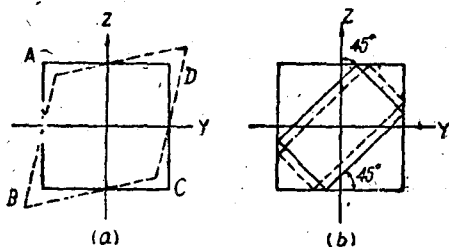


圖 2

来得到縱長振动。

若取 x 切割的晶体薄片兩片粘合在一起，晶片的中間連接一个电極，兩塊晶体朝外的兩面連接另一电極(圖 3.a)。

在电極上施加电压，晶片將产生弯曲型变动，这是因为上面的晶片与下面的晶片所受的电压方向恰好相反。上面晶片的某一对角綫伸長，而下面晶片的同一对角綫剛好縮短，于是晶片沿这一对角綫向下弯曲(圖 3.b)。在另一对角綫上与此相反，即向上突起。

这种情况如圖 3c 所示。

如把三个角固定，在电压影响下第四个角就会有很大的振动，如圖 3.d 所示。我們制造的晶体喇叭的双晶片元件就是采用这种并合方式。

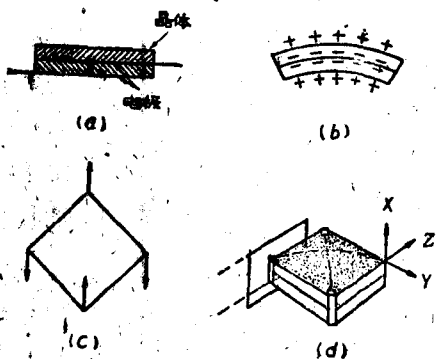


圖 3

3. 酒石酸鉀鈉的一些其他性質

酒石酸鉀鈉含有四份結晶水，倘附近大气温度为 20°C ，湿度低于 35 % 时，晶体的水蒸汽压力比附近大气內的水蒸汽压力高，晶体將失去水份，表面上变成白色粉末，使晶体

不能使用：倘附近大气湿度高于 85 % 时，晶体將吸收水份，漸漸地潮解，也使晶体不能使用。只有湿度在 35 %—85 % 范围之間，晶体才能穩定运用。因此晶体喇叭的晶体元件必需用适当的方法加以密封（密封方法將在第三章第 6 节中詳細討論），以使晶体性能穩定，不受周圍湿度的影响。

酒石酸鉀鈉在溫度为 55°C 时將發生分解，因此，晶体喇叭不可能在 55°C 时进行工作，一般最好在 40°C 以下使用。酒石酸鉀鈉在溫度 -18°C 至 $+24^{\circ}\text{C}$ 范围内，显有铁电性質，加上很小的电压，會發生很大的極化变动，并且和铁磁材料一样，也有滯后迴綫。酒石酸鉀鈉在这种情况下加上很小电压会产生很大的振动，所以酒石酸鉀鈉运用在喇叭一类器件中，把交变电压变为机械振动，效果最好。

第二章 晶体的培养

1. 概 說

在實驗室中，从水溶液中培养晶体的方法最为普遍。我們培养酒石酸鉀鈉單晶体也是采用这种方法。

固体溶解在水中是有一定限度的。在一定溫度、一定压力下，在定量水中能溶解的固体的量是一定的。到这时即使你再加入固体，也不能繼續溶解。在一定条件下，溶液能

繼續溶解所添加的固體物質的，稱為未飽和溶液；不能繼續溶解所添加的物質的，稱為飽和溶液。在一定條件下，100克水所能溶解某一固體物質的最多克數，稱為該物質的溶解度。

一般說來，溫度升高，則物質的溶解度隨着增大；溫度降低，則溶解度隨之降低。如果在某一溫度下配成了飽和溶液，當溫度降低到另一新溫度時，溶液中所溶解的溶質就超過了該溫度下的溶解度。這種溶液稱為過飽和溶液。過飽和溶液中含有超出飽和限度的溶質，經過若干時間後，此多出的溶質就以晶體狀態沉淀析出。晶體的培養正是利用這一原理。

在一定溫度下配制出酒石酸鉀鈉的飽和溶液，把它放在恆溫箱中。然後降低恆溫箱的溫度，使飽和溶液變成過飽和溶液，就會有一部分酒石酸鉀鈉結晶析出。溫度逐漸降低，晶體就越長越大。降溫要十分緩慢，否則溶質析出太快，就不能獲得完善的晶體。這一降溫過程一般需延續十幾天。

為了培養大型的晶體，一開始必須先在溶液中放入一塊小晶體，使析出的溶質在這塊小晶體的周圍按照它的格架結晶析出。這樣，小晶體就會逐漸生長擴大，最後結成較大的晶體。這塊小晶體稱為晶芽、晶種或種子。

我們製造喇叭所需的是 25×25 平方毫米的 x 軸切割的晶體片，所以培養出的晶體最好也是片狀的。為此，我們選

用 x 軸切割的晶片作为种子，并且把它夾在兩塊玻璃板之間，使它只能在 $y-z$ 平面內生長。因为 z 方向的生長速度比 y 方向来得快，所以將晶体按圖 4 的方法切成薄条，作为种

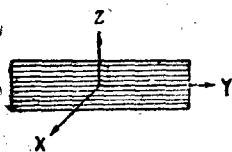


圖 4

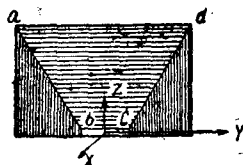


圖 5

子。这样生長好的晶片如圖 5 所示。可用的部分为 $abcd$ ，此部分的質量要比其他部分好。用这种方法培养出的晶片有一大部分可以应用，而且切割加工也較容易，只需按一定大小切成薄片，稍加磨薄即可。

培养种子的方法很簡單。在中午最热的时候，用一只燒杯（500 毫升）盛 40 毫升蒸餾水，在水中加入研成粉末的酒石酸鉀鈉（酒石酸鉀鈉是一种普通的化工原料，在化工原料商店可以买到，純度为 80% 的就可使用）。一面加入，一面用玻璃棒攪拌，直到杯子下面确实还存留着酒石酸鉀鈉不能溶解时才停止添加。然后繼續不停地攪拌十几分鐘，經過濾倒入广口短壁的結晶皿中。未溶解的酒石酸鉀鈉仍讓它們留存在燒杯底（要仔細工作）。此溶液就是室溫下的飽和溶液。將結晶皿加盖置于密閉房間中，到夜間室溫降低，多余的溶質就以結晶形狀析出，至适当大小即可取出使用。結晶

皿应放在非良导热体上，否則溶液冷却过速，使得晶体乱結，象日常食用的冰糖一样，这种晶体就不能应用。

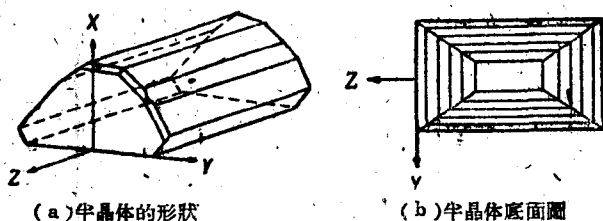


圖 6

析出的晶体有許多形狀。但我們只选用便于 x 軸切割的种子。这种种子如圖 6 所示，它的特点是可以明显地看出結晶綫，同时由边到中心形成向內凹的梯阶形。其他梯形的、柱形的結晶等（圖 7）都不能使用。

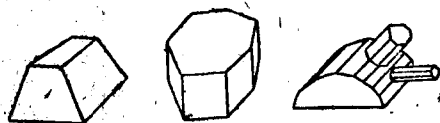


圖 7

如果已經培养过一次晶体，得到了大塊晶片，

則可以从大塊晶片上切下来一小片晶体作为下一次培养晶体时的种子。不必每次都重新培养种子。但經過一定的時間要对种子作一次檢查，看它是否仍是 x 軸切割的、是否仍和原来一样沿 z 方向生長。尤其是發現晶片的性能降低时，更有必要檢驗种子。用仪器檢驗的方法虽多，但不是一般情況下都能办得到的。下面介紹一种簡單的方法。將長条形的

种子用毛髮系牢吊起来，种子的一部分浸入酒石酸鉀鈉溶液中，一部分留在酒石酸鉀鈉溶液上面盖着的熔化的石蜡層中，然后进行培养。培养的方法和后面叙述的培养大塊晶体的方法相同，或者將待檢驗的种子放在培养大塊晶体的培养缸中高出玻璃板面的溶液中培养也可以，不过要記着放入时的种子的位置。培养到一定大小时，取出观察 x 軸是否垂直于种子的平面， y 軸是否和条形种子的長边平行，如果發現并不是原来的情况或和軸綫偏斜得太多，则需要再換新制的种子使用。

下面我們將分节詳細叙述培养晶体的过程。

2. 溶液的配制

要培养晶体，首先要制备一定溫度的飽和溶液。我們制造的酒石酸鉀鈉晶体所采用的溶液是 47°C 的飽和溶液，其配方如下：

酒石酸鉀鈉	100克
蒸餾水	40毫升
明矾（硫酸鋁鉀）	0.5克
小苏打	0.1克

在上述配方中使用明矾及小苏打的作用，根据我們的理解是：加入明矾的作用，一方面使結出的晶体硬度增加，增强它的机械强度；另一方面，一般所使用的酒石酸鉀鈉是工

業純的，其中雜質很多(約2%)，加入明礬可使溶液中的雜質沉澱下來。小蘇打的作用是除去溶液中的雜質和氣體。當小蘇打加入後，立即會有大量的二氧化碳氣體產生，使溶液翻滾沸騰，這時溶液中所積存下來的雜質被氣體帶至液面，这样就便于撈除。至於這樣的理解是否妥當和是否還有其他的作用，則尚待研究。

我們在製造過程中，每次配料是供兩只 $200 \times 200 \times 200$ 公厘大小的培養缸使用。但配制的溶液應比實際的需要量多50%。這是因為我們是先配制 47°C 的過飽和的預備液，然後由過飽和溶液製成飽和溶液。在這過程中將析出很多雜質，因此在使用虹吸管時就不能完全插到底，需離開底部一段距離，以保證製備的溶液確為飽和溶液。用料為：酒石酸鉀鈉(工業純的)十公斤(10,000克)，蒸餾水4000毫升(c.c.)，明礬50克，小蘇打10克。先將蒸餾水注入直徑為30公分、高30公分的搪瓷缸中(不能使用金屬缸。在以下的製備過程中，溶液都不得和金屬接觸)，搪瓷缸放在電爐或煤爐上加熱至 100°C ，這樣既可加速酒石酸鉀鈉的溶解，又可把蒸餾水中所含的空氣等氣體除掉。如不排除氣體，所培養的晶体中會產生氣泡，影響產品質量。煮沸後約10—15分鐘，將酒石酸鉀鈉倒入，放入酒石酸鉀鈉後應隨即用玻璃棒攪拌，發現浮現在液面的雜質、污物，隨時用非金屬制的篩子撈除(一般可用竹篩子)，待其全部溶解，而溶

液在 100°C 附近时，即可將明矾放入，并不断攪拌，再过四、五分鐘，放入小苏打。小苏打放入后即將有大量气体产生，这时液面污物增多，特别是較細小的杂质和污物更多。这时必須随时撈除杂质，并强烈攪拌，約五分鐘后，用波美氏比重計測量其比重（这时溶液应在 100°C — 106°C 左右），液体的比重应在 1.42—1.43 之間。如比重太小可按比例加入酒石酸鉀鈉、明矾、小苏打，如比重太大可加入适量的蒸餾水稀釋。在 100 — 106°C 时比重为 1.43 的溶液，当它降到 47°C 时为比較强的过饱和溶液，在不断攪拌下可析出多余的溶質而达到饱和，因此比重 1.43 是保証我們所制备的溶液为 47°C 的饱和溶液的必要措施。

污物撈取后，即可进行過濾。我們所使用的過濾器是由三个加多層紗布的漏斗所組成。漏斗的口徑是 30 公分，每一層漏斗放上五、六層潔淨的紗布或三、四層粗布，三个漏斗相互重叠按同一軸心放置

（圖 8）。過濾后的溶液注入另一个直徑为 30 公分、高 30 公分的搪瓷缸中（預备液缸中）。此缸要預先用稀酒石酸鉀鈉擦洗，再用清水冲洗干淨。为了防止缸底的溶液冷却过快，可在缸下垫布三、四層。濾好后

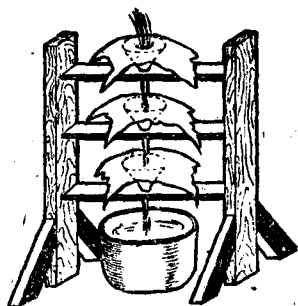


圖 8