

283503

50021

5/4024

T. I

高等学校教学用书

电真空器件制造工艺学

第一分册

И. А. 布利斯庫諾夫, И. Я. 卡美涅茨基著

徐明星譯

陈克强校



国防工业出版社

1961

內 容 簡 介

本书詳細地叙述了电真空器件的三个重要零件——阴极、热子及收气剂的制造工艺。本书取材于現代最先进的生产技术水平。理論联系实际是本书的最大特点，例如，在讲述阴极时，对于阴极的发射原理作了全面的总述；又如，在讲到电泳时，首先給出了电泳的理論基础；在讲收气剂时，对于收气机理也作了总述。书中所述及的制造工艺及实际数据，对于生产人員有参考价值。

本书可作为电真空企业的工程技術人員及相应专业高等学校“电真空器件制造工艺学”課程的参考书。

苏联 Н. А. Блискунов, И. Я. Каменецкий 著 ‘Технология
производства электровакуумных приборов. Часть первая
(Г. Э. И. 1959 年第一版)

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $1/32$ 印張 5 $7/8$ 149 千字

1961 年 5 月第一版

1961 年 5 月第一次印刷

印数：0,001—16,000 册 定价：(10-5)0.87 元

NO. 3470

目 录

序言	4
第一章 阴极的制造工艺	5
§ 1-1. 电子管阴极的结构和物理化学性质	5
§ 1-2. 阴极基金属的材料及其要求	11
§ 1-3. 直热式阴极基金属材料的化学清洗和电化学清洗	21
§ 1-4. 细丝和薄带的检验及在氢气中的退火。钨丝的涂青铜	27
§ 1-5. 直热式阴极基金属的成形	32
§ 1-6. 旁热式阴极基金属的机械加工	38
§ 1-7. 旁热式阴极基金属的清洁处理	45
§ 1-8. 旁热式阴极基金属的热加工和阴极基金属的烧结	63
§ 1-9. 氧化物塗料的材料及其制造工艺	70
§ 1-10. 将氧化物塗料塗敷到阴极的基金属上去	84
§ 1-11. 氧化物阴极的检验	100
§ 1-12. 阴极的碳化	106
第二章 热子的制造工艺	113
§ 2-1. 热子基金属的材料及其要求	113
§ 2-2. 对绝缘塗层的要求及其清洁和检验方法	115
§ 2-3. 热子基金属的机械制造及其加工工艺	120
§ 2-4. 将绝缘层塗复到热子基金属上去的方法	131
§ 2-5. 热子的烧结	148
§ 2-6. 热子的加固和检验	151
第三章 收气剂的制造工艺	155
§ 3-1. 收气剂总論及对收气剂的要求	155
§ 3-2. 金属钨的制备工艺	158
§ 3-3. 钨钼和钨钼合金的制备	163
§ 3-4. 钨钽 (бати) 和钨钼 (баро) 收气剂的制备	165
§ 3-5. 带状钨钼收气剂和钨钼收气剂的制备	170
§ 3-6. 管状收气剂 (金属管中的钨) 的制备	176
§ 3-7. 钨和钨钼的收气塗层	179
§ 3-8. 作电极用的收气材料	185
参考文献	188

序 言

以电真空器件的广泛发展为基础的現代电子学，可以給我們解决許多复杂的各种各样性质的問題。在实现苏联共产党第二十一次代表大会具有历史意义的決議中所規定的建設共产主义宏偉計劃的事业中，电子学技术的作用是非常巨大的。

保証电真空器件在任何运行条件下可靠和長時間工作的必要性要求提高器件的质量，因而，要求提高其制造工艺。

在电真空工艺方面現有的文献主要是A. A. 依凡諾夫著的“电真空工艺学”和B. 欧斯必与M. 克諾尔合著的“电真空材料工艺学”。这两本书在相当程度上已陈旧了。因此，电真空工业方面的工作人员愈来愈觉得需要一本能叙述电真空器件制造工艺基础的书。

本书的目的就是想对現在用得最广的、具有热阴极和在真空中用电場控制的非聚合电子流的电真空器件，即电子管(工作在超高频波段上的器件的特殊工艺問題除外)的制造工艺作一个比較詳細的和系統的叙述。但是，著者并不企图对电子管制造工艺的一切問題都加以全面的闡述，因为电真空器件的制造工艺涉及科学和技术的許多領域，著者当然不可能在各方面都是內行。

在本书“电真空器件制造工艺学”的第一分册中，叙述了各种材料的加工及用这些材料制造阴极、热子和收气剂的工艺方法。

作者对手稿的审閱人P. A. 加符里洛夫和編輯C. A. 奥鮑連斯基表示感谢，他們对于著者的工作作了巨大的帮助。著者同时对P. A. 聶林特力和B. H. 莫日維罗夫所提出的一系列的宝贵意見(这些意見在本书中皆予以考虑了)表示感谢。

在写碳化阴极一节时，著者得到了工程师Л. A. 拉脫欽科的帮助，著者一并对他表示感谢。

对于本书的批評与希望請函寄：列宁格勒馬尔索夫广场1号国立动力出版社 (г. Ленинград, Марсово поле, 1, Л. О. Гос-энергиздат)。

著 者

第一章 阴极的制造工艺

§1-1. 电子管阴极的结构和物理化学性质

在现代的电子管及气体放电管中,作为固体热电子发射体的,主要有三类阴极:氧化物阴极、钨阴极和钨钍钨阴极。

氧化物阴极是由某种金属(基金属)及涂敷在其上的一层碱土金属(钡、锶,有时还加入钙)的碳酸盐组成的。为此,先将这些细微的碳酸盐(Ba 、 Sr 、 Ca) CO_3 晶粒做成悬浮液,加入少量的粘合剂,然后可用不同的方法涂复到基金属的表面上去。

这样做成的阴极在管内加热到 $T \approx 1100^\circ\text{C}$ 时,碳酸盐就分解成相应的氧化物,而在分解时放出的气体(其中包括碳酸气),则被抽出管外。

氧化物涂层是一种由复杂的氧化物(Ba 、 Sr 、 Ca) O 微晶所形成的多孔物(疏松度为40~80%),厚度在20微米以上,晶粒的大小介于1~10微米之间。

在中小型功率管中用得最广泛的阴极是直热式氧化物阴极(图1-1a)和旁热式氧化物阴极(图1-1b)。前者是靠直接将电流通过阴极的基金属而加热的,后者的发射表面则是靠放在阴极金属套筒中间的专门的热子来加热的。

在功率较大的电真空器件中,特别是高阳极电压的振荡管中,直到目前为止通常采用钨钍钨阴极(虽然它的发射能力较小)。在图1-1c上画出了这种阴极常见的几种结构。

氧化物阴极涂层的良好发射性能是在激活以后得到的。激活时将氧化物阴极加热到大约 1000°C ,同时支取发射电流。这样,就还原出金属钡,同时借助于扩散作用而分布在整個氧化物涂层中。

金属钡的还原是依靠氧化物涂层与基金属杂质间或者与阴极

加热时放出的气体（主要是CO）間的化学作用。除了这些化学反应外，鋇的还原也可能是由于当电流通过涂层时所产生的氧化物的电解作用，或由于外来离子轰击氧化物涂层时所发生的热分解作用。但是后两种过程的效果是很小的。

由于阴极在激活过程中氧化物涂层里充满了自由鋇，就使得氧化物涂层由純介质变成了发射性能很高的杂质型半导体。

在图1-2 a 上画出了最初建立的鋇鍍氧化物阴极的能級图。从图中可以看出，导带（6S-Ba）底綫位于滿带（5P-Ba）上綫之上，

它們之間的能級空隙是20~25电子伏特。剩余鋇原子的电子所形成的杂质能級位于BaO的相应能带之下，它是提供电子的施主。对于激活良好的阴极，导带底綫和施主能級間的能級空隙大約等于0.6 电子伏特。这一氧化物阴极的能級图以前是当作施主型半导体来研究的，它不足以解釋一系列的实验結果。在寬广的溫度范圍內，和不同的激活程度下对氧化物阴极特性的研究指出，氧

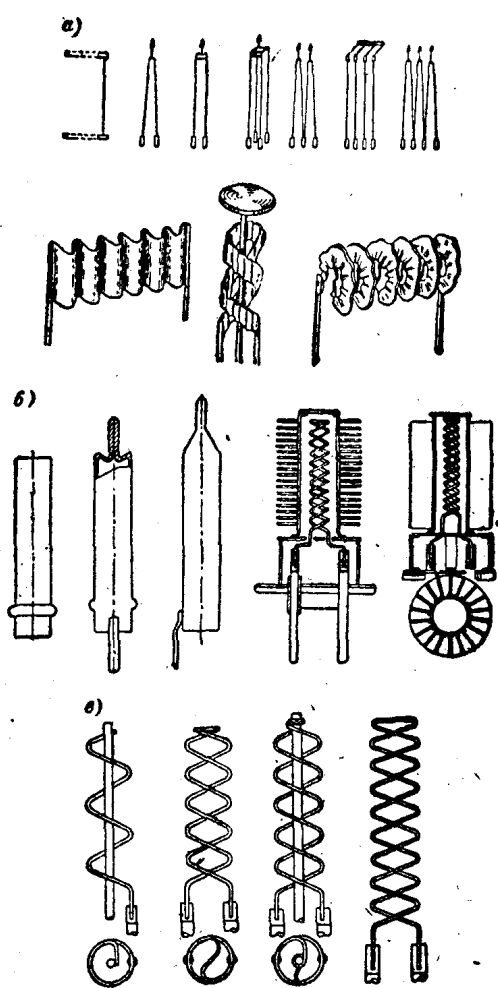


图1-1 电真空器件阴极的结构。

化物阴极的导电性不仅是电子型的,同时也是空穴型的[Л.1]。根据所得到的实验材料,就有可能重新研究氧化物阴极的导电问题以及建立新的能级图。

在新的能级图(图1-26)中,假定在碱土金属氧化物的晶体里,除了有形成施主的剩余钡原子外,还有受主。受主的形成是和氧化物阴极中的剩余氧有关[Л.2]。

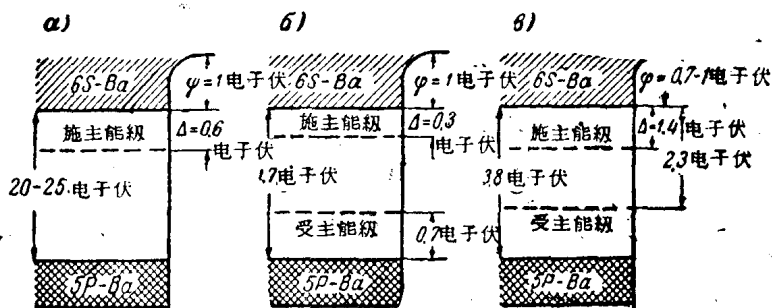


图1-2 氧化物阴极大致的能级图。

在理解氧化物阴极的物理过程方面,新的能级图是前进了一步,虽然其中某些条件作了简化,但其根据是不十分充足的。此外,对于氧化钡单晶中的光吸收和光导电的研究结果表明,导带底线和施主能级、受主能级以及满带上线间的能级空隙,都和图1-26中所给出的不一致。

在图1-2в中给出了修正过的氧化物阴极在激活状态下的能级图[Л.3](此能级图是在热动态平衡,即没有电流通过条件下研究的)。在这种情况下,在氧化物中可能有二个施主和受主能级,后者和满带的上线靠得很近。在激活良好的阴极中,受主能级中充满了来自施主能级的电子。

目前还不能证实:即使在单晶氧化物阴极中,也只有二个连续的杂质能级,而不是整个连续的能带。P型导电的发现和和其他许多实验材料,使我们得出如下的结论:在氧化物中存在着好几种能级[Л.4]。

图 1-2 a 中的能级图只适用于热动态平衡时的情况，不适用于有电流通过阴极时的情况，因为它不足以解释氧化物阴极中的各种现象。为了解释氧化物阴极中的许多物理过程和现象（也包括反常现象），提出了“当电流通过阴极时靠近阴极发射表面处由于电解作用而缺乏施主”的假说[Л.3]。

上述这个为实验结果所证实了的假说的基本概念，可以概括如下：

- 1) 施主有移动性，而且参与电解和扩散作用。
- 2) 当没有电流通过阴极时，施主均匀地分布在氧化物阴极的涂层中。此时就相当于图 1-2 a 中的能级图。
- 3) 当有电流通过阴极时，由于电解作用和氧化物涂层中的电场作用，施主就趋向阴极的基金属（但不渗入基金属中），因而靠近阴极的发射表面处，就造成了施主不足的表层，该层的厚度随通过阴极电流密度的增加而增加。
- 4) 在平衡状态下，即当通过阴极的电流稳定后，施主的电解作用就被反扩散作用所平衡。

激活良好的氧化物阴极所以具有良好的发射性能，主要是由于施主能级和导带底线间的能级空隙小(0.3~1.4电子伏)，而导带底线与表面位能壁垒之间的能级差也只有0.7~1电子伏。这就有可能在提高阴极的温度时使杂质能级中的电子激发到导带(6S-Ba)中去，然后通过表面位能壁垒发射到真空中去。

利用 T. П. 科兹略科夫斯卡娅和 Г. А. 吉古诺夫所求出的公式[Л.5, 6]，可以计算半导体（氧化物阴极）的发射电流密度：

$$I = (1 - \bar{R}) A \sqrt{n_g} T^{\frac{5}{2}} e^{-\frac{\varphi + \frac{A}{2}}{kT}},$$

式中 $\bar{R}$ ——平均反射系数；

$$A \approx 10^{-6} \frac{\text{安}}{\text{厘米}^2 \text{度}^{\frac{1}{2}}} \text{——常数。}$$

n_g ——每立方厘米中的杂质原子密度；

T ——温度°K；

φ ——外逸出功（电子伏）；

Δ ——内逸出功（电子伏）。

敷钍钨阴极比纯钨阴极有着较大的热电子发射性能，这是因为在敷钍钨阴极的表面上盖上了一层能降低阴极逸出功的钍原子。

为了制造这种阴极，要用含有氧化钍（占全重的1~2.5%）加成剂的钨丝。当将阴极加热到 $T = 2200 \sim 2300^\circ\text{C}$ ，时间为2~3分钟进行热处理（激活）时氧化钍就被钨还原成纯金属钍。但是在这样的高温下，在阴极的表面不会形成钍原子层，因为此时钍原子的蒸发速度大于它向钨丝表面扩散的速度。因此阴极的发射性能和纯钨阴极的发射性能差不多。

为了得到钍原子层，在预热后要将温度下降到 $1700 \sim 2000^\circ\text{C}$ 。在这样的温度下，钍原子沿着钨丝晶粒的界面向表面扩散，在钨丝表面就为吸附力所极化而形成偶极子。偶极子的负极朝向钨丝表面（图1-3）。偶极子的总和就形成了偶电层，其电矩等于单个偶极子的电矩 p 和每平方厘米偶极子数 n 的乘积：

$$M = pn。$$

此时偶电层的电位跳跃 $\Delta\varphi = 4\pi np$ （图1-4）就降低了纯钨的

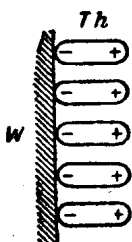


图1-3 在钨表面上偶电层的形成。

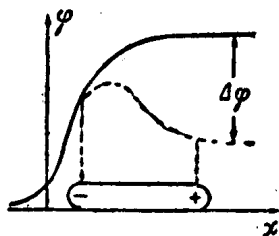


图1-4 偶电层对钨的逸出功的影响。

逸出功，这样我們得到：

$$\varphi = \varphi_w - \Delta\varphi,$$

式中 φ ——敷有鈇原子层的鎢阴极的逸出功。

敷鈇鎢阴极激活的程度是以金屬表面鈇层的复盖系数作为标志的：

$$\theta = \frac{n}{n_1},$$

式中 n ——鎢表面 1 平方厘米上的偶极子数；

n_1 ——成单分子层时的鈇原子的表面密度。

当金屬表面鈇原子的复盖系数增加时，阴极的激活程度也就随着增加，当复盖系数近于 1（大約为 0.7）时，就达到了发射电流的最大值。当系数 θ 继续增加时，阴极的逸出功也就增加，最后接近純鈇的逸出功，因而阴极的热电子发射性能也就下降。当 $\theta = 2$ 时，就等于純鈇的发射性能。

敷鈇鎢阴极对于較高的溫度（过热时会去激活）和对于管内各种气体非常敏感。气体的存在会由于化学作用（例如氧气能使鈇原子氧化）而减低复盖系数 θ ，或者使鈇层完全破坏。后一种情况当在高的阳极电压下发生气体放电时特別厉害。因此，目前几乎不采用敷鈇鎢阴极。

为了提高阴极的工作溫度和削弱离子轰击的作用，将敷鈇鎢阴极进行碳化处理，即在碳氢化合物的气体，如汽油、苯等的蒸汽中将阴极进行加热。此时碳氢化合物在熾热絲的表面上分解而形成自由的碳，扩散到阴极中形成碳化鎢。

碳化敷鈇鎢阴极的发射性能和普通的敷鈇鎢阴极一样，但对过热和强电场較不敏感。这点可以作如下的解释：鈇原子和碳化鎢間的結合 force 較大，因此和純鎢相比时，单分子鈇层在碳化鎢上的蒸发要慢得多。此外，对于碳化敷鈇鎢阴极說来，鈇向鎢表面的扩散速度要小得多。这是由于形成了碳化鎢后鎢絲表面就变得密实了。

这种阴极的严重缺点是由于碳渗透到鎢絲的深处，因而使它

的机械强度下降（变脆）。

§1-2. 阴极基金属的材料及其要求

阴极的基金属是电真空器件最重要零件之一，因此基金属材料的选择对电子管的质量具有决定性的意义。根据阴极不同的类型和用途，基金属应满足一系列的要求，当然，这些要求对于直热式或旁热式阴极都是同样适用的。这些要求是：

1. 阴极基金属的材料应具有小的蒸发速度和高的熔点；
2. 阴极基金属材料的机械强度要大，再结晶温度应尽量地高；
3. 应具有小的热传导系数；
4. 阴极基金属的材料应能很好地去气，对于氧化物涂层以及在阴极的加工温度时和整个管子的工作温度下从电子管电极中逸出的气体应具有化学稳定性；
5. 基金属的材料应有助于阴极的热发射性能。

对于阴极基金属材料所提出的许多要求限制了用作基金属的金属或合金的种类。

在制造直热式阴极时通常采用型号为“B4”的纯钨丝或含有硅铝加成剂（含量不超过0.1%）型号为“BA”的钨丝。

在制造碳化钨钼阴极时，采用型号为BT10和BT15的钨钼丝。其中以氧化钨 ThO_2 作为加成剂。BT10中 ThO_2 的含量为1.0~1.5%。BT15中 ThO_2 的含量为1.5~2.5%。

为了制造直热式氧化物阴极，采用复有铝青铜（铝的含量为1~2%）的纯钨，或者是常用的含硅钨（硅的含量为0.15~0.25%），硅作为还原氧化钨的激活剂用。

通常，中小功率器件直热式阴极的钨丝直径为12~200微米，对于大功率的振荡管则为0.5~2毫米。

根据不同的直径公差，钨丝区分为I级和II级。I级钨丝主要是用来制造电真空器件的阴极，其公差范围较II级钨丝为小。

下面列举了鎢絲額定直徑的数据, 同时也給出了 200 毫米长鎢絲的重量对于額定值的容許公差百分数 (对于 I 級)●

从 17.0 到 39.5 微米.....	±2.8
从 40.0 到 79.0 微米.....	±2
从 80.0 到 178.0 微米.....	±1.5
从 180.0 到 285.0 微米.....	±1.5
从 290.0 到 350.0 微米.....	±1.0

为直热式阴极用的含硅鎢通常做成 100~200 微米的絲或寬度为 1~1.5 毫米的狹帶。

目前, 在很多种电子真空器件中, 特别是小功率直热式氧化物阴极的二极整流管中, 应用 НИВО-6 和 НИВО-30 鎢鎢合金絲作为基金屬是很成功的。在合金 НИВО-6 中含有 6% 的鎢, 在 НИВО-30 中含有 30% 的鎢。在阴极的工作温度下, 这种合金具有高度的机械强度。同时实验結果表明, 这种合金对阴极的发射性能也起着良好的影响。

在某些情况下, 如在高压二极整流管和气体放电器件中, 阴极的氧化物塗层和基金屬間应有大的粘着力, 用含有鈷和其他成分 (見表 1-2, H-16 合金) 的鎢合金作为基金屬的材料。显然, 在这种合金中加入鈷后, 会增加氧化物塗层和基金屬材料間的粘着力。

- 通常在实际中, 小于 360 微米的鎢絲不按直徑大小标志, 而按 200 毫米长鎢絲的重量标志。这是由于, 和直接測量細絲的直徑相比, 决定一段鎢絲重量的方法较为简单和准确。鎢絲的直徑可按測得的重量及其比重用下式計算:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 10^6 B}{\pi \gamma}},$$

式中 D —鎢絲的直徑, 微米;

B —該段鎢絲的重量, 毫克;

l —該段鎢絲的长度(200毫米);

γ —鎢的比重(19.3克/厘米³)。

經過乘算和將所有的常数开方后, 公式將变为

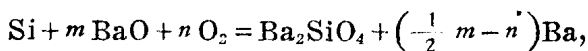
$$D = 18.17 \sqrt{B}.$$

200 毫米长鎢絲的重量是用所謂扭力天秤測量的, 其精確度为十分之几毫克。

大于 350 微米鎢絲的直徑用量測顯微鏡可以相当精確地測定。

长久以来，在制造旁热式氧化物阴极时用“A”型含硅钼作为基金属的材料，其中硅的含量为0.15~0.25%。多年来对于这种材料在电真空器件中的详细研究表明，用含硅钼作为基金属做成的阴极有很多严重的缺点，它们会大大地改变电子管的参量和运用数据。影响电子管的参量和寿命的因素之一是由于在工作温度(1000~1100°K)时，特别是在氧化物阴极的激活温度(约1300°K)时，在基金属和涂层的交界处由于化学的和物理的作用，会形成阻挡性质的中间层。这种中间阻层具有相当大的电阻(达数百欧姆)和电容(达数万微法)。

在阴极基金属用“A”型含硅钼的标准氧化物阴极中，中间阻层是硅酸钡(Ba_2SiO_4)所组成的。硅酸钡是由于阴极基金属的硅与涂层的氧化钡起化学反应的结果，化学反应式为：



式中， m 可以取数值2或4，而 n 相应地取为1或0。

用X射线照相〔Л.7〕和光谱〔Л.8〕分析法发现，在阴极基金属和涂层间的中间阻层的厚度可达20微米，视阴极基金属中含硅量而定。无数研究结果表明，具有剩余钼的 Ba_2SiO_4 所组成的中间阻层有着半导体的性质，这种性质与半导体的形成条件及激活程度有关。

在阴极正常工作情况的过程中，用含硅钼做成的氧化物阴极的中间阻层的电阻有增长的趋势。有事实证明，当阴极工作100小时后，中间阻层电阻的增长主要是由于在阴极工作时中间阻层中施主中心浓度的改变，而不是由于阻层厚度的增加。

有了中间阻层后，在电子管的阴极电路中图1-5当有中间层就产生了阻抗。此时，电子管的等效线路图可以用图1-5来表示。电阻 R_K 和电容 C_K 并联，

而和电子管阴极电路中的元件串联。这对于二极管说来，会减低控

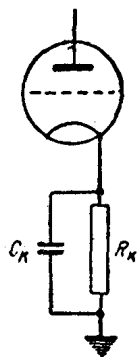


图1-5 当有中间层时电子管的等效线路。

制电子流的阳极电压，而对于三极管和多极管说来，则会引起电子管的附加栅偏压和负反馈。这几种因素都会减少三极管和多极管特性曲线的跨导。

由于工作点的位移，电子管特性曲线的跨导 S' 就下降，对于固定栅偏压工作情况，跨导的减少可按下式计算：

$$S' \approx S_0 \left(1 - \frac{\alpha S_0 R_K}{3} \right),$$

式中 S_0 ——没有中间阻层时电子管的跨导；

α ——电流分配系数。

只有在固定栅偏压的情况下测量跨导时，这一公式才是正确的。

由于中间阻层的阻抗所引起的负反馈，在考虑到工作点的位移后，电子管特性曲线的跨导 (S'') 将等于：

$$S'' \approx S' \frac{\sqrt{1 + \omega^2 R_K^2 C_K^2}}{\sqrt{(1 + \alpha R_K C_K)^2 + \omega^2 R_K^2 C_K^2}},$$

式中 ω ——工作频率。

在高频时，

$$S'' \approx S'$$

在相当于电子管测试一般条件下的低频时，

$$S'' \approx \frac{S'}{1 + \alpha R_K S'}.$$

从上述公式中可看出，电子管参量的变化与其特性曲线的起始跨导关系很大。例如，当中间层电阻由零增加到 100 欧姆时，如特性曲线的起始跨导为 10 毫安/伏，则特性曲线的跨导将下降 65%，而如果电子管特性曲线的起始跨导为 1 毫安/伏，则特性曲线的跨导只下降 14%。

显然，中间阻层主要对于高跨导管是危险的。对于低跨导管，中间阻层对参量的影响不大。

由于形成了中间阻层后电子管的参量发生了变化，电子管的

运用数据也就大大地变坏了：

a) 中間阻层的形成使跨导和阳极电流下降，輸出管的振蕩功率和放大級的放大系数也就下降；

6) 由于中間阻层的形成，电子管的跨导就和頻率有关，因而使寬頻带放大器的頻率曲綫发生畸变；

б) 当电子管工作在脉冲情况时，中間阻层的形成会使短脉冲的形状发生畸变，阴极打火花以致损坏。

中間阻层的电阻和电容对电子管工作引起了上述的許多不利影响之外，还表现在它具有反扩散作用。这种中間阻层会妨碍激活杂质向氧化物塗层的扩散，因而减少了在氧化物阴极的工作过程中通过化学反应不断还原鋇的可能性。

基金屬为含硅鎳的阴极的另一重大缺点是金屬鋇及其氧化物从氧化物塗层中的蒸发速度快。

在阴极的激活及其长期的工作过程中，氧化物塗层成分的蒸发对电子管的寿命及参量起着重大的影响。

首先，蒸发物质落到器件的电极上后会改变电极的物理化学性质和微觀的几何表面。电极的接触特性和发射特性的改变会引起电子管的許多参量在寿命过程中的波动和零散，有时当电子管工作数十或数百小时后，电子管的参量就降到額定值以下了。

其次，如果撇开影响电子管寿命的其他原因，則电子管的极限寿命取决于阴极氧化物塗层及其活性金屬成分 (Ba) 单位体积的損耗量。

研究表明，从氧化物塗层中蒸发出来的物质的种类和数量与基金屬的性质有关。此外，氧化鋇单位体积的損耗量也和氧化物塗层与基金屬的还原杂质間的化学反应的速度有关。这种反应就决定了鋇向塗层表面扩散的速度及其今后的蒸发速度。

塗复在具有激活杂质的基金屬表面的氧化物塗层有可能要損失一部分重量，此重量相当于基金屬中有效还原剂总重量的化学当量。計算指出，如基金屬为标准“A”型含硅鎳，則由此而損

耗的氧化物塗层的重量約为10~20%。

很多研究工作 (B. M. 查廖夫等) 表明, 对于支取电流大的氧化物阴极, 无论是静态工作或脉冲工作, 純鎳是最好的基金屬材料。基金屬为純鎳的氧化物阴极沒有中間阻层, 但对各种形式的中毒[●] 极为敏感。因此在处理这种阴极时, 必須最大限度地避免中毒的可能性, 要仔細地加工电子管的零件和改善管内真空度等。制造这种阴极的另一重大困难是这种阴极的激活相当困难。这样, 就必须訂出專門的排气和老练规范, 在大多数場合下, 这种规范不适用于大量生产。由于这些缺点, 只有少数結構比較简单的电真空器件才使用基金屬为純鎳的氧化物阴极。

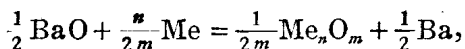
在制造基金屬为純鎳的氧化物阴极和在使用基金屬为含硅鎳的氧化物阴极时既然都有缺陷, 那末如能在电真空器件中采用含有各种成分的鎳合金, 这些成分能很好地从氧化鎳中还原出自由鎳而不形成大电阻的中間阻层, 則上述困难就可以部分地得到克服。

在阴极的激活过程和以后的长期工作过程中, 基金屬中各种杂质对于发射性能有何影响这一問題, 是氧化物阴极物理中最复杂和现实的問題之一, 必須加以全面的研究。根据在这一领域中取得的成就, 已有可能制得为大量生产氧化物阴极用的鎳合金基金屬, 这种基金屬比目前所用的含硅鎳基金屬要有效得多。

在选择这种連續工作的氧化物阴极鎳基金屬中的激活杂质时, 通常依据下面几点考虑: 該杂质从基金屬中向氧化物塗层中扩散的速度要大; 对于碱土金屬的氧化物具有良好的还原性能; 能保証单位体积塗层中自由鎳的濃度約为 $n = 10^{17} \sim 10^{18}$ 厘米⁻³; 不会由于化学作用而在基金屬和氧化物塗层的交界面上形成降低阴极发射性能的化合物。

● 无论在器件的加工过程中或以后的工作过程中, 凡是氧化物塗层和各种气体和其他物质起作用后, 使氧化物阴极的发射性能下降或消灭的任何現象都称为中毒。

各种元素对于氧化鋇还原性能的比较，是根据反应时自由鋇蒸汽压强的计算而进行的。形成自由鋇的还原反应式具有下面的形式：



式中 m —— 金属的原子价；

n —— 氧的原子价。

在表 1-1 中给出了 H. Л. 莫尔古利斯和 Б. П. 巨科诺夫所得到的自由鋇蒸汽压的数据。

从表 1-1 中看出，有很多元素能在高温下还原氧化鋇。但必须注意，在计算上述化学反应时并未考虑反应过程的次要方面，即并未考虑中间化合物的形成。因此这些数据仅能用来相对地评定上述各元素的还原性能。

同时也必须注意，对于阴极的激活说来，仅是知道了这些元素的热化学性能尚是不够的，因为氧化鋇的还原速度还和杂质由基金属中向涂层扩散的速度、基金属和氧化物涂层交界处中间化合物的形成以及氧化物涂层内部中间化合物的形成有关。因此，关于基金属中激活杂质对于氧化物阴极的作用这一问题必须在各个个别情况下加以专门的研究，要考虑一切因素，例如：热化学性能、杂质由基金属中向氧化物涂层中扩散的速度以及中间化合物对氧化物阴极发射性能的影响等。

根据现有文献中的资料，对于镍基金属中的各种激活杂质（除硅外）的特性及对氧化物阴极发射性能的影响可以作如下的一些初步的总结。

1. 鎂 鎂是活性最大的还原剂。在氧化物阴极的工作温度下、特别是在激活温度下，鎂的蒸汽压很高，故很容易从基金属中扩散出来而很快地蒸发掉。这样就不能只用鎂作为激活杂质。

鎂从阴极中蒸发出来后沉积在电极上和管泡的内表面上，造成漏电和噪声。根据某些研究者〔Л. 9〕的材料，基金属中鎂的含量不应超过 0.07%，如其含量达到 0.18%，电子管