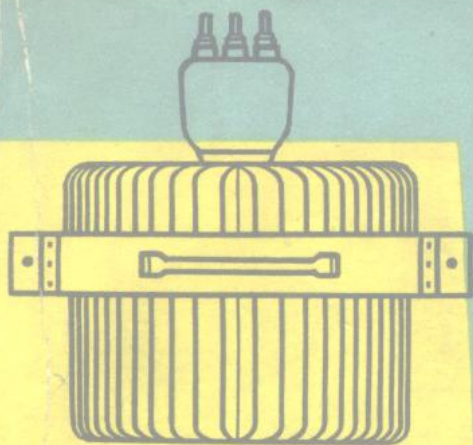




张 川 文 編 著
姚 錫 康 申 閱

电子管的维护



人民邮电出版社

73.61
586
21

电子管的维护

张 川 文 編 著
姚 錫 康 申 閱



人民邮电出版社

1101203

5474

内 容 简 介

本书分八章和三个附录，对无线电通信与广播工作中常用电子管的结构、使用注意事项、常见的故障及其处理方法、电子管特性测试、电子管的管理以及延长电子管寿命的措施等，作了具体的介绍；附录里有电子管技术符号的意义，数十种常用电子管的特性和常用电子管的多种典型电路。

本书可供无线电收发信台的值机和维护人员以及电子管管理人员参考。

电 子 管 的 维 护

編著者： 张 川 文

审閱者： 姚 錫 康

出版者： 人 民 邮 电 出 版 社

北京东四6条13号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者： 北 京 市 印 刷 一 厂

发行者： 新 华 书 店

开本 850×1168 1/32

1964 年 12 月北京第一版

印张 8 12/32 页数 134 插页 1

1964 年 12 月北京第一次印刷

印刷字数 219,000 字

印数 1—14,000 册

統一书号：15045·总1419—无403

定价：(科4)1.10元

DS80/06
序 言

解放以来，我国无线电通信和广播事业，在党的正确领导下，有了很大的发展。为了满足党和国家以及国民经济对通信、广播事业日益增长的需要，功率强大和装备复杂的无线电台，正在不断地兴建和扩建。作为无线电设备主要元件的电子管，成千上万地在这些电台中使用。

由于电子管品类繁复、结构脆弱、价值昂贵、容易损坏，因此如何保持电子管经常处于正常状态，充分发挥其效用，就和提高通信和广播设备的质量，减少故障和节约维护费用密切相关。成为无线电技术维护的重要内容。

目前，有关使用和管理电子管的有系统的论述，还很缺乏。作者从事维护电子管工作多年，深切地感到这方面书籍的需要，因将所积存资料，结合点滴经验，汇编成册。全书从使用和维修角度出发，首先对电子管的结构和基本作用，作简单叙述；继而说明正常使用技术要求，以及常见故障的现象和检修处理方法；最后介绍维护管理方面的一般知识，如测试检查、登记、核算和延长寿命措施等等，希望电子管维护管理人员，大型无线电台技术维护人员，以及有关专业学校师生等均可用作参考。

作者识见不广，内容不够全面，甚至错误不妥之处在所难免，还望读者不吝指正。

在编写本书的过程中，承蒙王琪、袁驊、高长福诸工程师审阅，提示了很多正确的意见；王根发工程师提供部分资料；马家驊、李慧芬、张明珠、张燮康诸同志不辞辛劳地协助绘图和整理。谨向他们表示衷心的感谢。

张川文

1963.12 上海

目 录

序言

第一章 电子管的組成部分1

§ 1-1 电极2

(1) 阴极(K)2

(2) 栅极(G)7

(3) 屏极(A, P).....10

§ 1-2 管壳13

(1) 管壳的种类14

(2) 芯柱17

(3) 排气管18

(4) 引出线20

§ 1-3 内部輔助零件22

(1) 支架零件22

(2) 絕緣零件23

(3) 隔离零件25

(4) 吸气剂26

§ 1-4 外部輔助零件27

(1) 管基和管脚27

(2) 出头帽29

(3) 隔离零件30

(4) 絕緣子30

§ 1-5 内部空間状态30

(1) 真空状态30

(2) 充气状态31

第二章 电子管的結構和作用33

§ 2-1 二极管33

(1) 真空整流管33

(2) 检波管35

§ 2-2 三极管36

(1) 电压放大三极管37

(2) 功率放大三极管	37
§ 2-3 四极管	43
(1) 一般四极管	43
(2) 束射功率放大四极管	44
§ 2-4 五极管	45
(1) 电压放大五极管	46
(2) 功率放大五极管	47
§ 2-5 多极管	47
(1) 混频管	48
(2) 变频管	49
§ 2-6 复合管	51
§ 2-7 超高频电子管	52
(1) 超高频小型管	53
(2) 橡实管	53
(3) 灯塔管	53
(4) 金属陶瓷管	55
(5) 脉冲振荡管	56
§ 2-8 阴极示波管	58
§ 2-9 调谐指示管	59
§ 2-10 充气二极管	62
(1) 汞气整流管	62
(2) 钨氩整流管	63
(3) 稳压管	64
§ 2-11 闸流管	65
(1) 充汞闸流管	65
(2) 充气闸流管	66
第三章 电子管的正常使用	67
§ 3-1 装机时的注意事项	67
§ 3-2 安装和拆卸	70
(1) 小型电子管的拆装方法	70
(2) 中功率电子管的拆装方法	71
(3) 水冷管的拆装方法	73
(4) 风冷管的拆装方法	77

(5) 汞气整流管和汞气闸流管的拆装方法	78
§ 3-3 电源供给	78
(1) 灯丝电源供给	78
(2) 栅极电源供给	82
(3) 帘栅极电源供给	83
(4) 屏极电源供给	84
§ 3-4 启闭电源的步骤	85
(1) 氧化物阴极电子管启闭电源的步骤	85
(2) 敷钨钨丝发射管启闭电源的步骤	86
(3) 大型钨丝发射管启闭电源的步骤	86
(4) 金属陶瓷管启闭电源的步骤	87
(5) 汞气整流管启闭电源的步骤	87
(6) 汞气闸流管启闭电源的步骤	87
§ 3-5 试机和调机时的注意事项	88
§ 3-6 冷却和保温	89
(1) 电子管的冷却	89
(2) 充气管的冷却和保温	94
第四章 电子管的故障和换用	97
§ 4-1 故障发生的原因	98
§ 4-2 故障的现象和判断	98
(1) 灯丝断路	99
(2) 阴极低效	103
(3) 反栅流	104
(4) 辉光和打火	107
(5) 电极烧红	109
(6) 噪声	110
(7) 玻璃碎裂	111
(8) 逆弧和其他	113
(9) 稳压管的故障	115
§ 4-3 调换和代换	116
第五章 电子管的检查和维修	118
§ 5-1 记录运用日志	118
§ 5-2 发信台的巡回检查	119
§ 5-3 检查管脚和管帽温度	120

§ 5-4 调换直流电源正负极	126
§ 5-5 测试电子管特性的周期和要求	126
§ 5-6 清洁管壳, 检修管基和出头帽	127
§ 5-7 清洁风冷系统	130
§ 5-8 检查水冷系统	131
§ 5-9 检查线路和零件	135
§ 5-10 检查保安装置	136
第六章 电子管的特性和测试	139
§ 6-1 电子管特性手册等的用法	139
§ 6-2 电子管性能测试	159
(1) 碰极测试	162
(2) 漏电测量	163
(3) 两极法阴极发射电流测量	164
(4) 脉冲法阴极饱和电流测量	165
(5) 跨导测量	166
(6) 极间电容测量	168
(7) 含气测量	168
(8) 噪声测试	170
(9) 大功率钨丝电子管上机测试	172
(10) 汞气整流管管内电压降测量	173
(11) 稳压管的测量	175
第七章 电子管的管理	176
§ 7-1 入库检验	177
(1) 交接检验	177
(2) 开箱检查	177
(3) 外观检查	178
(4) 电气性能测试	180
§ 7-2 贮藏	181
§ 7-3 搬运	182
(1) 包装	182
(2) 运输	184
(3) 搬移	184
§ 7-4 电子管备品室的任务	185

(1) 預算請領	185
(2) 編號	186
(3) 登記	186
(4) 备用	188
(5) 調換記錄	189
(6) 檢查測試	189
(7) 調度	189
(8) 故障分析	191
(9) 壽命統計	192
(10) 費用攤分	192
(11) 報廢	193
第八章 延長電子管壽命之技術措施	194
§ 8-1 老煉	195
(1) 大功率鎢絲電子管之老煉	195
(2) 金屬陶瓷管之老煉	197
(3) 汞氣整流管和汞氣閘流管之老煉	198
§ 8-2 輪換使用	201
§ 8-3 Г-431型燈絲斷綫修復法	202
§ 8-4 降低絲壓使用	203
(1) 大功率鎢絲電子管降低絲壓使用	203
(2) 間熱式氧化物陰極電子管降低絲壓使用	204
§ 8-5 低效復活法	205
(1) 數鈹鎢絲電子管復活法	205
(2) 調諧指示管復活法	207
(3) 低效電子管增加絲壓使用	208
§ 8-6 防止碰極和復活法	208
(1) 防止碰極法	208
(2) 傾斜使用復活法	208
(3) 通電燒斷柵絲法	210
§ 8-7 含氣復活法	210
(1) 用蒸散式消氣劑之電子管含氣復活法	210
(2) 大功率鎢絲電子管漏氣復活法	211
§ 8-8 防止玻璃燒穿小孔	212
§ 8-9 鎢絲大功率發射管修理術	213

(1) 含气修理	215
(2) 玻壳破裂修理	215
(3) 断丝和碰极修理	216
附录一 电子管技术中常见的符号和缩语	222
附录二 常用电子管特性	229
附录三 常用电子管工作电路	239



第一章 电子管的組成部分

电子管在无线电收、发信机和各种电子仪器设备里，担任着相当重要的工作。一个最简单的电子管，在它的密封的管壳里，只有一个阴极和一个屏极；复杂的电子管，管壳里有好几个电极。自从弗来敏 (J. A. Fleming) 在 1884 年到 1896 年研究爱迪生热电子发射效应，創造了第一只简陋的二极管以来，在不到一个世纪的时期内，电子管制造技术得到了迅速的发展，目前电子管的型号已经达到两、三万种。但是，不论是哪一种型号的电子管，都是在一个管壳里面装入各种电极并在管内和管外配装一些辅助零件所組成。

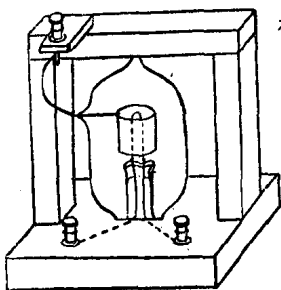


图 1-1 原始二极管

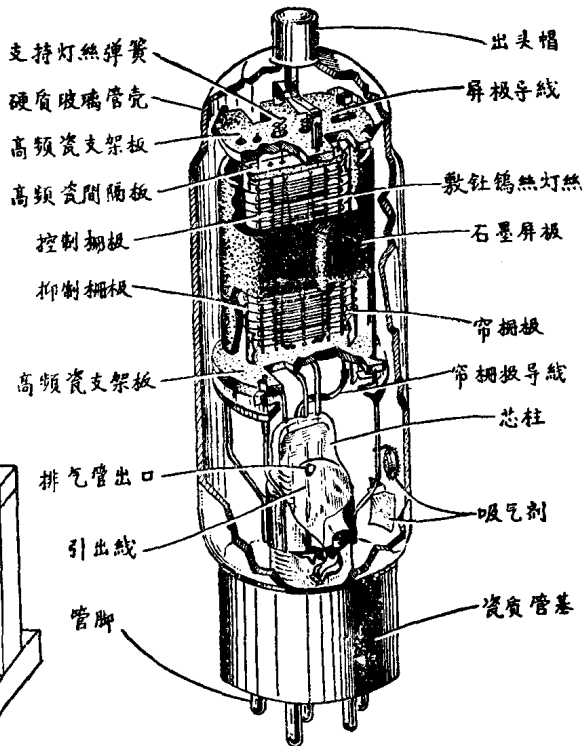


图 1-2 近代五极管的解剖图

电子管虽說不是最精密、最复杂的器件，但它应具有一定的电气特性、良好的气密性、高度真空或在充气以后保持一定的气体密

度；在很高的工作温度下，管子里的电极和其它配件要在相当长的时间内没有显著的变形和损坏。这就要求我们注意合理地使用电子管，经常加以维护，才能够保证和延长它们的寿命，发挥它们应有的作用。

§ 1-1 电 极

电极是电子管的基本组成部分，它们都是依靠支架和零件牢固地装置在管壳之中。

在一般电子管里，可以有五种基本作用不同的电极。如果把它们都装在管内，它们从里到外排列的次序是：阴极、控制栅极、帘栅极或一对集射小屏极、抑制栅极和屏极。这些电极，按照结构形状，可以归纳为阴极、栅极和屏极三种。在特殊的电子管里，还装有各种起特殊作用的电极。例如调谐指示管里有控制极和电子靶；示波管里有加速阳极、电子偏转电极和荧光屏等。

(1) 阴 极 (K)

阴极是发射电子的电极，所以又称为发射极。阴极一般是装在电子管的中心。

阴极可以分为热阴极、冷阴极、光电阴极和场致发射阴极四种。

一般的热阴极是用钨丝、钨钍钨丝或涂氧化物的金属做成，可用交流电或直流电加热。当阴极达到一定温度的时候，金属里自由电子的运动能量增加，就从金属表面飞跃出来，这就是电子发射。冷阴极不需要加热，靠电场的作用，先使管内所充的气体电离，于是有正离子不断轰击着涂在阴极上的、逸出功很小的某些活性物质（米许合金等），同样可以产生电子发射。这种阴极常用在稳压管里。用逸出功很小的铯钡、银-氧-铯等做成的阴极表面，受到光线照射时，能够发射电子，这叫做“光电阴极”，常用在光电管里。水银整流管里液态水银的表面，在强大的电场（ 10^7 伏/厘米）作用下，会发

射电子，这种阴极称为场致发射阴极。下面只详细讨论大多数电子管所用的几种热阴极。

1. 钨丝阴极 最初发明的电子管，阴极是用钨丝做成的。钨的熔点是 $3395 \pm 15^\circ\text{C}$ ，在所有金属中列第一位。一般用它做成直热式阴极或称灯丝 (F)。钨丝阴极的工作温度是 $2500 \sim 2600^\circ\text{K}$ ，阴极效率是 $4.3 \sim 8.5$ 毫安/瓦，平均寿命一般有 3000 小时。

冷钨丝是纤维状结构，加热到 $1500 \sim 1600^\circ\text{C}$ 以上时，它就变成结晶状结构，容易脆断。纯钨丝的热态机械性能也是不够好的，螺旋形的灯丝会出现下垂现象。含有氧化铝、硅、钾等加成剂做成的钨丝则不下垂。

钨丝灯丝的形状一般有：倒 V 形、单螺旋形、双螺旋形、几根 Π 形并联成籠形等。籠形灯丝的发射面积大；双螺旋形灯丝可以抵消磁场的作用。各种形状的灯丝如图 1—3 所示。

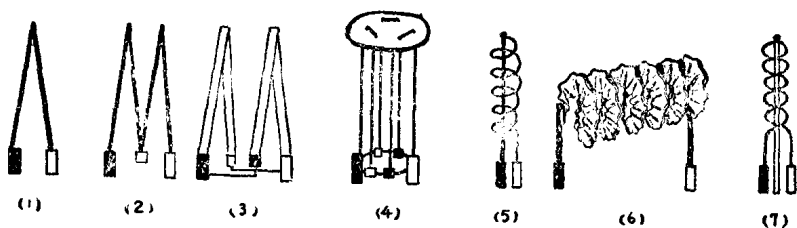


图 1-3 直热式阴极的形状：

- (1) 倒V形；(2) 絲狀M形；(3) 帶狀M形；(4) 籠形；
(5) 单螺旋形；(6) 帶狀螺旋形；(7) 双螺旋形。

钨丝灯丝主要用水冷式和风冷式大功率发射管 (ГУ-89 A、ACT-9 型等)、超高压整流管、X 光管和静电测量管等电子管里。

钨的逸出功是 4.52 电子伏。钨丝阴极的发射本领比钨钍钨丝和氧化物阴极都差。所以钨丝阴极效率低，需要比较大的加热功率，从这点来看，使用钨丝阴极最不经济。此外，由高温的钨丝阴极所辐射的热量，还使得其它电极和电子管零件都处在高温的环境里。这都是对电子管很不利的。

但是鎢絲阴极也有它的优点，如：长时间使用下，电子发射始终稳定；不怕气体离子轰击而降低效率，使电子管的屏极电压可以加到 5000 伏到几万伏；使用的时候，鎢絲在白炽状态下，能够吸收管内残余气体。它的这些优点又为制造上述各种电子管提供了有利的条件。

2. 敷钍鎢絲阴极 钍的逸出功比鎢的低，将钍敷在鎢上就可以把逸出功降低到 2.63 电子伏。所以敷钍鎢絲阴极的效率比较高，工作在 $1800\sim 2000^{\circ}\text{K}$ 的敷钍鎢絲阴极效率，比工作在 $2500\sim 2600^{\circ}\text{K}$ 的鎢絲阴极高好几倍。

用来制造这种阴极的钍鎢絲中含有 $1\sim 2\%$ 的氧化钍。在电子管排气的过程中，阴极经过“閃炼”、“激活”，从氧化钍中分解出来钍原子，它从钍鎢絲里扩散出来复盖在阴极的表面。所以敷钍阴极是一种被膜阴极，一般用在中功率发射管和鎢氬整流管(吞茄)里。

敷钍鎢絲阴极的电子发射效率，除了与工作温度有关外，还决定于能否保持它的表面上有一层钍原子。如果阴极过热，使钍原子迅速蒸发掉，或受到管内残余气体离子的轰击，损失了钍原子，都会使发射效率开始降低。一般平均寿命为 $3000\sim 5000$ 小时，也有超过 10000 小时的。

最初的敷钍鎢絲电子管的屏压，均限制在 300 伏以下；自从排气技术和消气剂改进以后，屏压已经可提高到 4000 伏。近二、三十年来，经过研究，把含钍鎢絲进行碳化处理以后，屏压可以加到 10000 伏以上，制成了各种大功率发射管(如 ГY-5 Б, ГY-10A 型等)、脉冲发射管(如 ГИ-18 Б 型等)和高压真空整流管(8020 型等)。

含钍鎢絲在苯蒸气容器里进行加热作碳化处理以后，在它的外层形成占截面积 $18\sim 30\%$ 的碳化鎢结构(W_2C)，并且促使一部分氧化钍还原。这有利于钍原子的生成和扩散(因为碳化鎢的显微结构是层片状的)，炭化敷钍鎢絲阴极工作在 2000°K 时，每秒钟能生产 1 单原子层的钍原子，而仅蒸发 3.6×10^{-5} 单原子层。未炭化处理过的敷钍鎢絲阴极，即使在 2800°K 的閃炼温度时，每秒钟也不过

生产 1.8 单原子层；至于它在工作温度 1800°K 时仅能生产 1.2×10^{-6} 单原子层。这样，经过炭化处理和提高工作温度之后，阴极效率就可以从 $3.5 \sim 50$ 毫安/瓦增加到 $50 \sim 70$ 毫安/瓦。所以当钽原子层被消耗和因被击而有损耗的情况下，阴极表面比较容易为补充的钽原子所复盖，这样，电子发射就比较稳定，寿命也可以延长。

经过炭化处理的含钽钨丝非常脆；碳化钨和钨的膨胀系数不同，热胀冷缩时容易产生裂纹，这些是它的缺点。敷钽钨丝阴极和钨丝阴极的形状几乎相同，而且也只能做成直热式阴极。

3. 氧化物阴极 第三种重要的热阴极是氧化物阴极，广泛用在接收管、真空和汞气整流管、各种电子束管和超高频管中。这种阴极是用带状和丝状的镍或镍的合金作为芯金属，并在金属表面涂以一层碳酸钡、碳酸锶、碳酸钙的混合物做成。在排气的过程中，把阴极加热，将这三种碳酸盐分解成为氧化物，再经过激活处理，还原出金属钡，使它充满整个氧化物层，氧化物层就由绝缘介质变成了半导体。氧化物的逸出功只有 1 电子伏左右，所以是一种最好的电子发射体。这种阴极的工作温度一般在 $950 \sim 1100^{\circ}\text{K}$ ，阴极效率是 $30 \sim 150$ 毫安/瓦。由于它的发射不容易饱和，最大能够达到 20 安/瓦，所以能够适应脉冲工作。

氧化物阴极的热发射效率很高，因此能够用间接加热的办法，制成间热式阴极(或称旁热式阴极)。这种阴极的体积比较大，有热惰性，用交流电来加热也可以得到和用直流电加热一样均匀的电子发射。

间热式阴极是用一根涂有氧化物的镍管套在灯丝外面，依靠灯丝对它加热来发射电子。阴极用导线引到管外接电回路，而灯丝不和电回路发生关系，所以称灯丝为加热极或热丝(H)。热丝表面涂有一层氧化铝绝缘体以保持和阴极套管绝缘。热丝是用钨、钼或钨钼合金丝做成，形状有折迭形、单螺旋形、双螺旋形、复螺旋形等。阴极套管的截面形状有圆形、椭圆形和矩形等。套筒式阴极的氧化物是涂在它的顶面上。

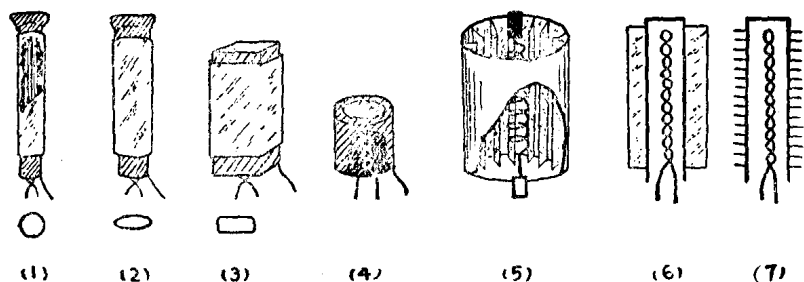


图 1-4 間热式阴极的形状和式样:

- (1) 圓形管状; (2) 橢圓形管状; (3) 矩形管状; (4) 套筒式;
(5) 內翼片式; (6) 垂直外翼片式; (7) 水平外翼片式。

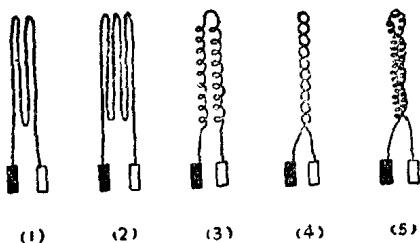


图 1-5 热絲的形状:

- (1)、(2) 折迭形; (3) 单螺旋形; (4) 双螺旋形;
(5) 复螺旋形。

間热式阴极当热絲通电加热十几秒钟以后, 才达到正常的电子发射量。热絲消耗的电功率要比直热式阴极大, 所以間热式阴极电子管主要用在交流电源的机器里。

直热式氧化物阴极大都用在直流加热的省电花生管和

和交流加热的各式整流管里, 通电以后它很快就发射电子。

氧化物涂层里的銀原子和管內的残余气体的化合能力很强, 当它因气体而“中毒”时, 就降低发射能力。这类阴极电子管的屏压一般不超过 1000 伏。在过低的真空度和过高的电场里, 氧化物也容易被气体离子所击毁。阴极单位面积发射的电流密度过大时, 由于氧化物和阴极芯金属之間存在着中間电阻层而引起間隙火花, 会促使涂层脱落, 减少发射物质。一般正常运用下, 阴极平均寿命有 3000 小时; 质量优良的“长寿”型电子管, 寿命可以达到数万小时,

可用在海底电缆增音器和某些特殊要求的机器里。

各种阴极的特性列于表 1.1。

表 1-1 阴 极 特 性

阴 极 类 别	工 作 温 度		耗散功率	电流密度	阴极效率	冷 对 热 电 阻 比
	°K	°C	瓦/厘米 ²	安/厘米 ²	毫安/瓦	
钨 丝	2500—2600	2227—2327	70—84	0.25—0.7	4.3—8.5	14:1
钨钍钨丝	1800—1900	1527—1627	11—18	0.3—0.8	3.5—50	
碳化钨钍钨丝	1950—2000	1677—1727	14—22	0.7—1.5	50—70	10:1
氧化物(连续运用)	950—1100	677—827	1.5—4	0.1—2	30—150	2.5—5.5:1
氧化物(脉冲运用)	1100—1150	827—877	3—5	1—100	300—20000	

(2) 栅 极 (G)

栅极的位置是在阴极和屏极中间。当栅极的电位比阴极为正时，它帮助屏极吸引从阴极发射出来的电子。由于栅极是多孔网状结构，被吸引的电子可以穿透栅网而到达屏极。当栅极的电位比阴极为负时，飞往屏极的电子受到栅极的拒斥，数量减少或被阻止。所以栅极能够起到控制电子流的作用。

在一个多栅极的电子管里有三种名称和作用完全不同的栅极，但其结构大致相同。阴极外围的第一个栅极叫控制栅极或信号栅极(G_1)，一般接负电压，使屏极电流固定在 $U_g - I_a$ 特性曲线的某一点上；随着栅极上输入信号电压的变化，屏极电流就在该点上下区域里变动。阴极外围的第二个栅极叫帘栅极(G_2)或阳栅极，接低于或等于屏压的正电压；因为它离开阴极比屏极近，空间电荷被它的正电场中和，阴极发射出来的电子因此得到加速，结果屏极可以获得更多的电子，从而使电子管的效率可以提高；同时，因为它位于屏极和控制栅极的中间使二者隔离，屏极和控制栅极间的极间电容因而减小，这样，可以削弱作高频放大时的回授作用，改善其放大性