

控制電子學

陳逸平編

北京科学教育編輯室

1962. 1

控制电子学

前 言

电子技术不仅广泛应用在无线电通信中，同时也广泛应用在生产部分中，应用在工业上的电子技术形成了一种新的科学领域为工业电子学，工业电子学最初只是把无线电技术中电子学成就搬到工业生产部门，但是后来生产上的要求日益提高于是工业电子学在无线电电子学的基础上，由于现代化工业中服务对象的不同，在这方面得到独立的发展与提高。

工业电子学实际上研究工业中利用电子器件的电路理论与装置的科学技术，而控制电子学却是工业电子学在自动控制与调整系统的领域中的一部分关系这方面的科学技术，它主要是研究自动控制与调整系统中关于实现自动控制自动调整测量和计算诸方面的电子技术问题，它与无线电电子学有着密切的联系。

控制电子学是自动化技术的一门重要技术基础。但它本身又具有自己的研究范畴。

控制电子学(上册)

目 录

前 言

第一章 电子管

§1-1 电子发射	1
§1-2 电子管的阴极	2
§1-3 二极管的构造与电路	3
§1-4 空间电荷效应	5
§1-5 二分之三次方定律及二极管实际特性曲线	7
§1-6 二极管的参量与额定数据	8
§1-7 三极管的构造与符号	9
§1-8 栅极的控制作用	10
§1-9 三极管的二分之三次方定律	10
§1-10 三极管的特性曲线	11
§1-11 三极管的参量	14
§1-12 三极管的极间电容	16
§1-13 四极管的工作原理与基本线路	17
§1-14 四极管的阳极特性曲线与二次电子发射现象	19
§1-15 四极管的参量	21
§1-16 五极管的构造与基本电路	21
§1-17 束射管的构造与工作原理	23
§1-18 束射管的特性曲线	24
§1-19 复合管	25

第二章 放大器概述

§2-1 放大器的基本概念	26
§2-2 电子管放大器的分析方法之一——图解法	26
§2-3 电子管放大器的分析方法之二——等效电路分析法	31
§2-4 放大器的分类	35
§2-5 放大器的失真	37
§2-6 放大器的输入阻抗与输入电容	41

第三章 音频放大器

§3-1 三极管阻容耦合电压放大器	43
-------------------	----

§3-2	三极管阻容耦合电压放大器的频率特性与相位特性	44
§3-3	三极管阻容耦合电压放大器的元件及工作状态的选择	50
§3-4	五极管阻容耦合电压放大器	55
§3-5	五极管阻容耦合电压放大器电路元件选择的特点	56
§3-6	阻容耦合电压放大器的设计	57
§3-7	阻容耦合放大器频率特性的延展——宽频带放大器	59
§3-8	变压器耦合电压放大器的基本工作原理	61
§3-9	变压器耦合电压放大器的频率特性与相位特性	63
§3-10	变压器耦合电压放大器线路元件的数值对频率特性的影响, 及其选择	66
§3-11	阻容耦合与变压器耦合电压放大器的比较	69
§3-12	三极管甲类功率放大器	70
§3-13	五极管甲类功率放大器	80
§3-14	功率放大器中电子管的并联运用	85
§3-15	推挽功率放大器	86
§3-16	甲类推挽功率放大器的计算	89
§3-17	乙类推挽功率放大器的计算	91
§3-18	甲乙类推挽功率放大器的计算	101
§3-19	推挽功率放大器的栅极激励电路(倒相器)	105
§3-20	放大器中的反馈	108
§3-21	阴极输出器	113

第四章 直流放大器

§4-1	直流放大器的基本工作原理	116
§4-2	直流放大器的级间耦合问题	118
§4-3	直流放大器的零点飘移问题	120
§4-4	直流放大器的零点飘移补偿电路	121
§4-5	运算放大器的基本工作原理	126
§4-6	运算放大器用直流放大器的计算	127
§4-7	差动多级直流放大器	134
§4-8	差动多级直流放大器的计算	136
§4-9	直流放大器与音频放大器的比较	140

第五章 调制器与相敏整流器

§5-1	二极管调制器	142
§5-2	三极管调制器	145
§5-3	二极管相敏整流器	154
§5-4	三极管相敏整流器	158

62-10637
73.6-18Ker
控制电子学(下册)

目 录

第六章 振荡器

§6-1 振荡器的物理概念	1
§6-2 LC 振荡器的基本工作原理	2
§6-3 LC 振荡器的栅漏自给偏压与线路的供电方法	7
§6-4 常用的 LC 振荡器电路	9
§6-5 振荡器的频率稳定问题	10
§6-6 晶体振荡器	11
§6-7 RC 振荡器	12

第七章 晶体管

§7-1 晶体二极管的工作原理	16
§7-2 晶体二极管构造与特性曲线	18
§7-3 晶体三极管的工作原理与构造	20
§7-4 晶体三极管的三种基本连接方法与静态特性曲线	22
§7-5 晶体三极管的参数	28
§7-6 h 参数的测量	32
§7-7 z 参数, T 参数及其等效电路	34
§7-8 h 参数及其等效电路	38
§7-9 三种连接基本放大电路的比较	45
§7-10 晶体管直流偏置电路	48
§7-11 晶体管小信号放大器	54
§7-12 晶体管功率放大器	61
§7-13 自动控制系统中的其他晶体管装置	67

第八章 电源设备

§8-1 整流电路	73
§8-2 平滑滤波器	80
§8-3 电子稳压器	86
§8-4 闸流管与可控整流器	95

第九章 电子仪器

§ 9-1 电子管电压表	102
§ 9-2 阴极射线示波器	106

第一章 电 子 管

电子管是利用自由电子在高度真空的管内的物理过程形成导电现象的电子器件。它与其他电气元件组成电路依靠这种导电性质来完成电能形式的变化如把交流变换成直流的整流作用与把微小的交流电量放大为足够大交流电量的放大作用等。为无线电设备，电子仪器及随动系统的电子装置中极具重要的元件。随着无线电技术的发展，电子管的种类愈来愈多，最简单的电子管是两极管，为了形成自由电子导电过程用以发射电子的电极称为阴极，用以收集从阴极发射出来的电子的电极称为阳极或板极若在上述两极间加入一个电极用以控制到达阳极的电子量，则这个电极称为控制栅极，这种电子管称为三极管，此外还有为了改善工作特性的四极管，五极管以及用于特殊场所的特殊电子管如示波器上的阴极射线管等等，本章仅对随动系统电子装置中经常使用之电子管给予叙述。

§1-1 电子发射

(一) 金属体中的电子逸出功

若使电子管中的阴极能发射电子应首先研究怎样使电子能够脱离金属表面，金属体中原子的外层电子，有一部分很容易脱离原子成为自由电子。电子脱离原子后该原子就成为正离子，这种正离子对这些表面上的自由电子保持着吸力，使在低温或没有外界能量激发时，这些运动于原子及正离子间的金属表面的自由电子，不能脱离金属表面而逸出到外界空间，若使电子从金属表面逸出必须供给电子足够的能量以克服这项吸引力。电子为了克服吸引力所必须具有的能量 W 。称为逸出功，各种金属的逸出功并不相同，表 1-1 列出一些金属的逸出功的数值，逸出功的单位是电子伏特，它的定义是一个电子在一伏特电位差的电场内顺电场力方向运动时所获得的能量。显然逸出功小的金属要比逸出功大的金属容易发射电子。

表 1-1

金 属	逸 出 功 (电子伏特)	金 属	逸 出 功 (电子伏特)
铯	1.81	钽	4.07
钨	2.11	镍	4.30
钙	2.24	钼	4.41
钍	3.34	铋	4.50

(二) 电子发射方式

金属体的电子发射必须由外界给予足够的能量使自由电子获得大于逸出功的能量而逸出金属表面,依照所需能量的来源的不同可分下列四种方式。

1. 热电子发射,金属体由外界供给热量,使温度升高而大量发射电子称为热电子发射。

2. 光电发射,金属体接受光线中的辐射能而发射电子称为光电发射。

3. 二次发射,金属体受到高速电子或其他粒子撞击时亦可发射电子,称为二次发射。撞击的高速电子称为一次电子。

4. 场致发射,金属体在高电场中,电子可被电场力从金属表面拉出形成电子发射称为场致发射。

除了光电管采用光电发射,冷阴极管采用场致发射外,大部分电子管中电流的产生都是利用热电子发射。二次发射只属于特殊电子管、普通热电子发射的电子管、均应防止由阴极发射的电子撞击其他各极而产生的二次发射现象。

§1-2 电子管的阴极

(一) 阴极的材料

用来作热电子发射的金属材料,要求逸出功低而熔点高。这适应于工作在较高的温度下有大量电子逸出金属表面,而得到较大的电子发射率,热电子发射阴极的材料目前常用有三种。

1. 钨阴极,钨的逸出功很大达4.52电子伏特,但其熔点高,故我们可使它工作在很高的温度下以获得足够多的发射电子,正常工作温度在2400°到2600°K之间,当电子管在高电压下工作时,受管内剩余气体高速电子的碰撞而形成正离子。正离子猛烈冲击阴极由于钨的机械强度很高能耐受这种冲击而不致损坏。故适用于阳极电压超过5000伏的大型电子管,但其使用寿命较短为2000小时左右。

2. 钨钨阴极,钨钨阴极就是在钨丝的表面上敷盖了一层钍金属的原子。它的工作温度在1800-1900°K之间,逸出功为2.63电子伏特比钨阴极小得多。此种阴极的缺点是阴极受到正离子的冲击时钍层容易脱落故不适用于阳极电压超过5000伏的电子管,但其使用寿命较钨阴极为长,大致可以超过3000小时。

3. 氧化物阴极,氧化物阴极是在镍或镍合金的表面上设法敷上一层钨或钨的氧化物而成,氧化物阴极的逸出功很小仅达1电子伏特在较低温度时仍能发射大量电子。通常它的工作温度约1000°K,氧化层是耐不起高速正离子的撞击,因此这种阴极通常用于阳极电压在1000伏以下的小型电子管,使用寿命可以超出5000小时。

随动系统中的电子装置一般工作电压不超过1000伏故大部分为氧化物阴极的电子管。

(二) 阴极的构造

热电子发射电子管的阴极必须加热。加热采取直热式与旁热式两种形式。

1. 直热式阴极, 在这种阴极里, 加热电流直接通过发射电子的金属丝它的构造如图(1-1)所示, 直热式阴极加热大多采用直流电源这是因为工作时阴极瞬时的电位不因加热电源的电压而改变。

2. 旁热式阴极, 在这种阴极里, 阴极做成套筒状, 套筒中间有加热丝, 丝上涂上一层绝缘物质, 极的温度依靠灯丝的辐射热来升高, 它的构造如图(1-2)所示, 旁热式阴极的加热大多采用交流电源, 这是因为使用交流电源比较方便由于旁热式阴极是间接加热, 阴极所得到的温度不能很高。所以这种式样的阴极都是氧化物阴极。

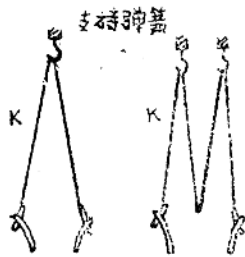


图 1-1 直热式阴极



图 1-2 旁热式阴极

K—阴极
H—H 灯丝

§1-3 二极管的构造与电路

二极管是最简单的电子管, 具有用以发射电子的阴极和收集这些发射电子的阳极, 两电极装在抽掉空气的玻璃或金属管中。管中剩余气体的压力大约不超过 10^{-6} 到 10^{-7} 毫米水银柱高。它的构造如图(1-3)所示, 阴极有直热式和旁热式, 它装在管子的中央。阳极用金属片制造(小型管为圆)而围绕阴极之外, 以减低阴极辐射热的损失。

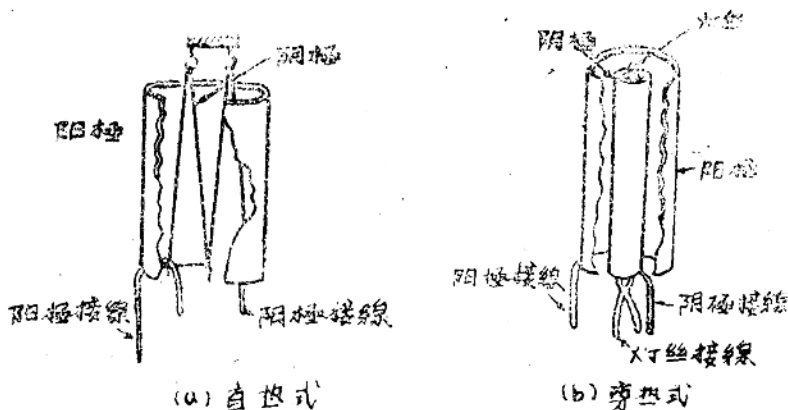


图 1-3 二极管的简单结构

图(1-4)表示二极管的基本电路,若将电源的正端接到管的阳极而负端接到阴极,则从阴极逸出的电子在电场的作用下飞向高电位的阳极与电源组成回路产生阳极电流,电流的方向应由阳极流向阴极,若将电极上的极性改变即电源的正端加在阴极,负端加在阳极上则电场将阻止电子向阳极运动,逸出的电子将返回阴极,这时电路切断。因此,只有当阳极相对于阴极是正的时候,电流才能通过电子管,这样当电子管接在交流电路中时,电流的通过仅发生在阳极上的交流电压为正半周的时间内,当电压为负半周时则没有电流,如图(1-5)所示。

管子的这种性质称为单向导电、利用单向导电的性质在交流电路中得到单向的电流、变交流电为直流电这种作用称之为整流作用。因此二极管可以用作整流器。

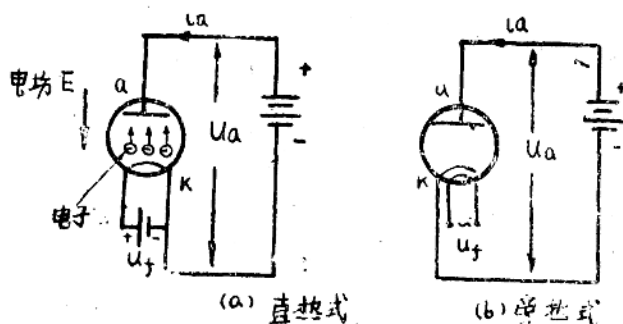


图 1-4 二极管基本电路

U_a —阳极电压

I_a —阳极电流

U_f —加热电压

A—阳极

K—阴极

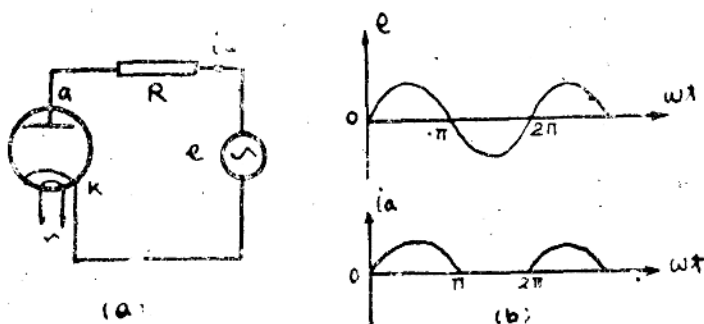


图 1-5 二极管的整流作用

§1-4 空間电荷效应

(一) 电子在电极間的运动

当电子在管中电极間运动时,在电場的作用下,电子受到电場力的作用。运动电子的动能增加 W ,等于电子电荷 e 与电子所經過的电位差 U 的乘积:

$$W = eU$$

电子的动能增加 W ,可由它的質量 m 和速度 v 来表示:

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

若电子初速 v_0 为零,則从以上两式,可决定极际空間任何点上的电子速度:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

将 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫侖 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ 千克代入上式得 $v \approx 600\sqrt{U}$ (千米/秒)

由上面所述,可得到如下結論:

1. 电子以极高速度在电場中运动,例如二电极間加上 100 伏电压,电子到达阳极时的速度达 5950 公里/秒
2. 电子以加速度在电极間运动,愈近阳极,速度愈大(假定阳极是正电位)。

(二) 空間电荷效应

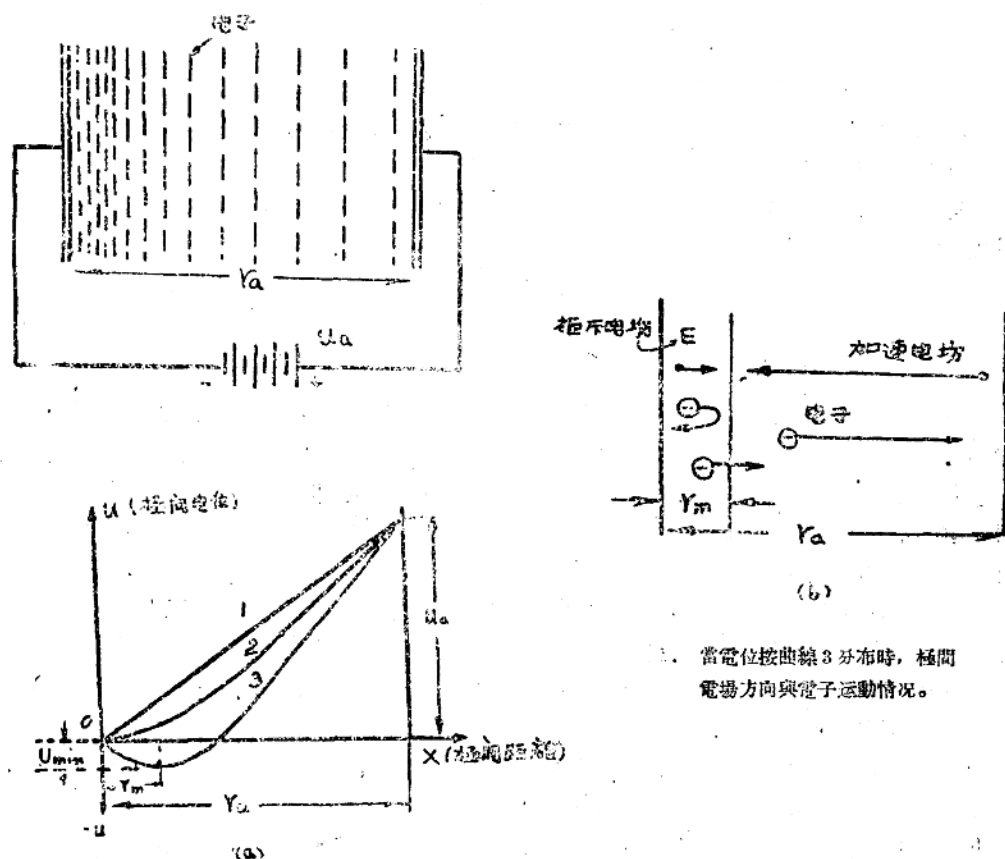
在二极管导电的情况下,从阴极发射出来的电子不断以高速度向阳极迁移,阴极和阳极之間瞬时均有电子存在,这些电子称之为空間电荷,由于每个电子都带有一定数量的負电荷,有負电荷存在的空間将影响两极間的电位分布情况,亦即改变了空間每一点的电場强度。空間电荷的这种作用称之为空間电荷效应,为了說明空間电荷的作用,讓我們先研究在阴极和阳极之間的电位分布图如图(1-6)所示。

假設阴极和阳极是互相平行,而无穷大的平面彼此間之距离为 r_a ,以阴极的电位为零,則阳极电位为正值 U_a ,若阴极未加热,这时沒有电子发射也沒有空間电荷,所以阴极到阳极空間的电位分布應該是直綫如图(1-6)a中直綫1。若阳极加热到一定值則阴极发射电子在电場的作用下,不断以高速向阳极迁移,这些电子形成負的空間电荷,由于电极的电子是以加速在运动,故空間电荷的是不均匀的。靠近阴极处密度較大。有了空間电荷的存在阴极到阳极的空間每一点的电位都要下降,尤以阴极附近由于空間电荷的密度大下降更为严重如图(1-6)a中的曲綫2。

在一定的 U_a 下当阴极溫度不高时,則发射电子不多,极間各点电位虽然下降,但可以还是正值(曲綫2)因此整个距离內电場方向均由阳极指向阴极,各点上的电場均促使电子加速飞向阳极,在这个电場作用下所有从阴极表面上发射出来的电子均被吸向阴极。

若提高阴极的溫度就增加阴极所发射的电子的数量,因此空間电荷的密度亦随之增加,

則阴极到阳极間的电位将剧烈下降, 尤其阴极附近更为厉害将降到負值。电位分布如图(1-6)a 曲线 3 所示, 从这曲线可以看出在距离阴极 r_m 的地方有一最負的电位 U_{min} , 这时在阴极到 r_m 距离中的电场方向却由阴极指向阳极, 而阳极到 r_m 距离中的电场方向还是从阳极指向阴极如图(1-6)b 图所示, 因此阴极表面到 r_m 間将有拒斥电子飞向阳极的拒斥电场, 从阴极发射出来的电子必須克服由空間电荷产生的拒斥电场才能进入加速电场区域而被吸到阳极, 由阴极逸出的不同初速的电子(各个电子逸出的速度是不一致的)亦即具有不同的动能, 初速小的一部分电子显然它們具有的动能小, 在使电子減速的拒斥电场中移动时尚未达到 r_m , 它們就失去速度而停止前进然后在拒斥电场的作用下折回阴极。只有初速比較大的电子才能克服拒斥电场的作用飞过 r_m 的距离进入加速电场区域开始加速飞向阳极。因此从阴极发射出来的电子只有部分能达到阳极組成通路形成阳极电流。



a. 兩極間長度上電位分布圖

圖 1-6 空間電荷對極間電位分布的影响。

若阴极温度为常数一定的阳极电压 u_a 下, 极间电位将按一定的规律分布则到达阳极的电子及由此产生的阳极电流将是一定值, 改变阳极电压 u_a 则电位分布情况也随着改变, 阳极电流 i_a 将出现与 u_a 相适应的数值, 由于空间电荷效应将使 u_a 与 i_a 之关系复杂化。

§1-5 二分之三次方定律, 及二极管实际特性曲线

(一) 二分之三次方定律

二极管通常工作于阴极温度为常数的情况下, 这时阳极电流是受空间电荷所限制而随同阳极电压之二分之三次方作正比变化。

$$i_a = K u_a^{\frac{3}{2}}$$

式中 K ——常数决定于电极之结构及位置

这个关系称为二分之三次方定律, 按此公式绘出的特性曲线为理论特性曲线。

(二) 二极管的实际特性曲线

这里所讨论的二极管特性系指阴极温度为常数时阳极电流 i_a 与阳极电压 u_a 之关系, 这种特性可从实验中取得实验线路如图(1-7)所示, 固定加热电压 u_f , 依靠调节电位计 R 从 0 开始不断读取阳极电压 u_a 值及与此相对应的阳极电流 i_a 值。绘得实际的 $i_a - u_a$ 特性曲线。如图(1-8)所示, 图中实际特性曲线 1 段当阳极电压为零值时阴极发射之电子均积聚于阴极附近形成一项停留的空间电荷阻止阴极电子继续向外发射而使阴极的发射作用几乎停止, 但仍有少数初速相当高的电子可以到达阳极形成极小的阳极电流, 若使阳极电流降到零必须加以适当负的阳极电压。这段与理想曲线有些差别这是由于理想曲线公式是按电子

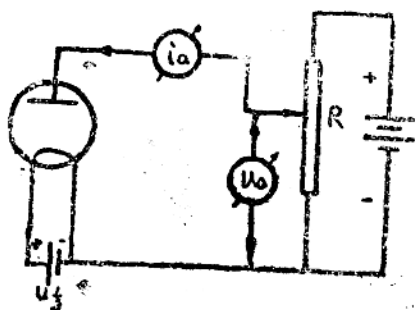
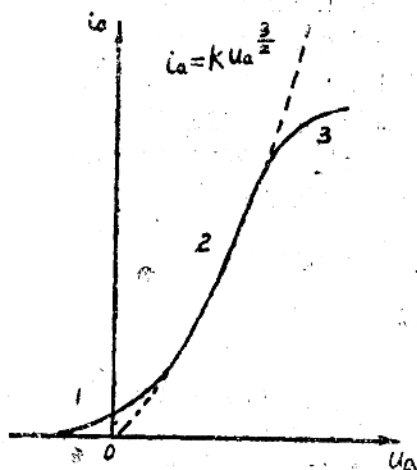


图 1-7 二极管特性实验线路图



——实际曲线

-----按二分之三次方定律绘得之曲线(理论曲线)

图 1-8 二极管 $i_a - u_a$ 特性

发射初速为零的条件下推演得来的。若阳极电压逐渐升高, 极间各点电位亦逐渐上昇則对电子的吸引力加强, 虽亦有部分电子折回阴极。但这种折回的电子将随阳极电压的增加而减少, 而阳极电流随阳极电压增加而增加如图中曲线 2 段。此段曲线几乎与理想曲线一致。若阳极电压继续升高則实际曲线进入 3 段阴极所发射的电子全部到达阳极, 电流达到最大值, 此后受阴极发射率的限制将不再升高, 理想曲线的公式亦不适于这段范围。二极管正常工作在曲线的 2 段。

§ 1-6 二极管的参量与额定数据

(一) 二极管的参量

1. 直流内阻, 直流内阻等于直流阳极电压 u_a 对直流阳极电流 i_a 的比值, 直流量系指从零值开始的数值, 在特性曲线 $i_a = f(u_a)$ 上任意工作点 Q 的直流内阻为

$$R_0 = \frac{U_a}{I_a}$$

故直流内阻 R_0 是相当于于图 (1-9) 内由原点至工作点 Q 间所绘直线的斜率的倒数。

2. 交流内阻, 交流内阻等于已有的工作点上阳极电压微小增量 Δu_a 对其所引起的阳极电流微小增量的比值,

$$R_i = \lim_{\Delta i_a \rightarrow 0} \frac{\Delta u_a}{\Delta i_a} = \frac{du_a}{di_a}$$

曲线上的工作点 Q 的交流电阻, 即这一点上斜率的倒数。

显然任意工作点上的直流内阻 R_0 并不等于该点的交流内阻 R_i , 这个概念必须给予注意。手册上给出的是曲线接近, 直线部分 (即图 (1-8) 曲线中 2 段的接近直线的部分) 的交流内阻, 在此范围内各点的交流内阻被看成为常数, 常用的二极管 R_i 大约等于几百欧姆。

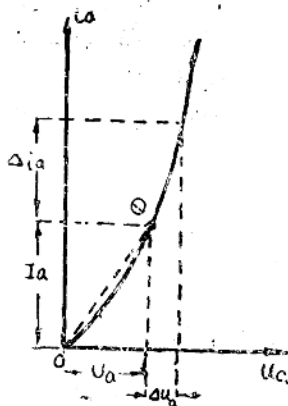


图 1-9 二极管的参量

(二) 二极管的额定数据

二极管的额定数值指工作时最大容许数据。

1. 阳极消耗功率。二极管工作时。高速的电子打在阳极上, 这些电子的动能转化为热能能使阳极加热, 可能致使温度上升到不容许的数值。

电子在极间运动时所增加的动能为

$$\frac{1}{2}mv - \frac{1}{2}mv_0 = eU$$

初速为零的电子到达阳极时具有的动能

$$\frac{1}{2}mv^2 = eu_a$$

单位时间内 n 个电子到达阳极则转化为热能的动能为 $n \frac{1}{2}mv^2 = neu_a = i_a u_a$

故阳极消耗功率 $P_a = i_a u_a$

一定尺寸的二极管为了使阳极消耗功率 P_a 不超过一定值,工作时 i_a 与 u_a 将受到限制。

2. 最大反向电压, 若在二极管阳极上加交流电压时, 在电压的负半週则阴极电位比阳极高这时过高的反向电压将使阳极发生场致发射等现象, 产生反向电流失去单向导电的性质, 故二极管的反向电压有限制。

§1-7 三极管的构造与符号

阴极温度为常数的二极管特性一定的阳极电压 u_a 只对应一定的阳极电流 i_a , 今若要求某一阳极下, 能得到不同的 i_a 值。必须改变极间的电位分布情况。为此必须在二极管的阳极与板极之间加装一控制栅极。控制栅极简称栅极, 其作用在于控制阴极发射电子到达阳极的数量。三极管在电路中工作路时, 改变栅极相对阴极的电位可以达到上述控制之目的。栅极以金属丝(如镍丝等)绕成栅形或螺旋形, 使其具有空隙以便让阴极发射的电子穿过栅极到达阳极。简单的构造如图(1-10)所示, 三极管的符号与基本线路连接方法如图(1-11) 阳极与阴极间之电位差称为阳极电压 u_a 。栅极与阴极间之电位差称为栅极电压 u_g 。

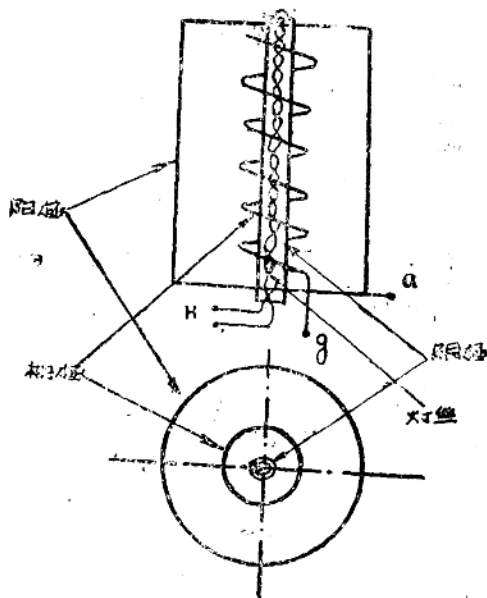


图 1-10 旁热式三极管简单结构

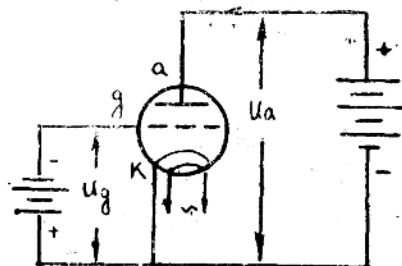


图 1-11 三极管的符号与源路连接方法

§1-8 栅极的控制作用

电子管栅极的作用,是在本身消耗极小的电功率的条件下,用较为低小的栅极电压,以控制较为强大的阳极电流。栅极电压亦与阳极电压一样可以影响阴极附近的电位分布情况,如图(1-12)所示也就是改变极间的电场情况以变动到达阳极的电子数量,达到改变阳极电流的目的。但由于栅极靠近阴极,故栅极对于阴极附近电场的影响远较阳极显著、栅极电压控制到达阳极的发射电子的数量就远比阳极电压的作用强。我们必须注意,一般栅极电压的作用系在控制阳极电流,并不用以收集阴极发射电子而形成栅极电流,为了使电子不被吸向栅极,栅极对阴极的电压系总是在负值的范围内变化以控制阳极电流。若是栅极电压超过负值范围达到正值。将使部分阴极发射电子转移到栅极上来而出现栅极电流 i_g 简称栅流,栅流的出现则使阳极电压 u_a 与 i_a 之关系起了很大的变化。这种现象除在利用栅流达到专门的工作目的之外,一般均不希望出现栅流。也就是说三极管在一般工作情况下的栅压永为负值。

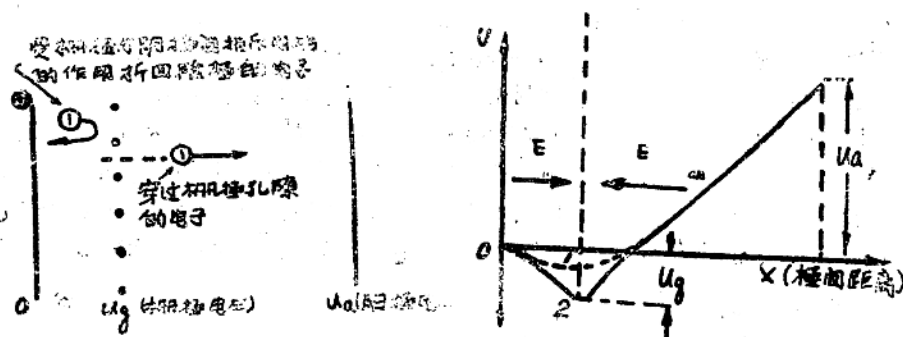


图 1-12 栅极电压为负时,极间电位分布与电子运动情况。

1. 栅极空腔间之电位
2. 栅极金属丝上电位

§1-9 三极管的二分之三次方定律

三极管极间电位的分布,不仅与栅极电压有关,同时与阳极电压有关,故阴极温度为定值时阳极电流 i_a 与阳极电压 u_a 及栅极电压 u_g 有关,可用下式表示

$$i_a = i(u_a, u_g)$$

现在来进一步探讨在理论上该式的具体形式,三极管的阳极与栅极如均接正电压,如图(1-13)所示,则阴极发射出来的电子将为阳极与栅极同时收集形成电流,故流经阴极的总电流 i_s 为阳极电流 i_a 与栅极电流 i_g 之和

$$i_s = i_a + i_g$$

若栅极电压为负值则,

$$i_s = i_a \quad i_g = 0$$

根据上节所述栅极电压的控制作用较阳极电压大得多,设一伏的栅压对总电流的控制作

用, 等于 μ 伏阳极电压的作用。今以 u_a 伏的阳极电压与 u_g 伏栅极电压同时施加于三极管上, 其对于总电流的合成效果必然等于 $(u_a + \mu u_g)$ 伏的电压单独施加于阳极上的效果, 故 $u_a + \mu u_g$ 称为三极管的等效电压, 三极管可视为加有等效电压 $(u_a + \mu u_g)$ 伏的二极管来处理, 其总电流对等效电压的关系, 同于二极管阳极电流对阳极电压的关系, 亦即按二分之三次方定律。

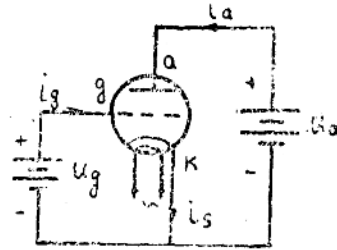


圖 1-13

$$i_s = i_a + i_g = K(u_a + \mu u_g)^{\frac{3}{2}}$$

若三极管接負的栅极电压則 $i_g = 0$

$$i_s = i_a = K(u_a + \mu u_g)^{\frac{3}{2}}$$

其中 $\mu u_g \leq u_a$, 用上式描繪表达 i_a 与 u_a 之关系的曲线族, 称为三极管理論特性曲线。在实际应用时均采用三极管实际特性曲线。实际特性曲线, 由三极管的成品直接測量得到。电子管手册中給出的也是实际特性曲线。

§1-10 三极管的特性曲线

三极管的阳极电流 i_a 决定于阴极温度, 阳极电压和栅压。因为在通常的运用中, 电子管阴极的温度总是固定的, 所以三极管的特性可以用阳极电流与阳极电压及栅极电压的关系曲线——特性曲线, 来表达。 $i_a = f(u_a, u_g)$

三极管最重要的特性曲线有二种: 一是阳极特性曲线, 阳极特性曲线系指保持栅极电压 u_g 为常数时, 阳极电流 i_a 与阳极电压 u_a 的关系的曲线族。

$$i_a = f(u_a) \quad (\text{当 } u_g = \text{常数})$$

一种是阳极—栅极特性, 阳极—栅极特性系指保持阳极电压为常数时阳极电流 i_a 与栅极电压 u_g 間的关系的曲线族

$$i_a = f(u_g) \quad (\text{当 } u_a = \text{常数})$$

简称阳栅特性。实际是阳极特性的另一种表达形式, 电子管手册上有的給出两种特性曲线族, 有的只給出阳极特性曲线这些特性被称为电子管的静态特性曲线。静态特性曲线表达了电子管本身的性质, 一种型号的电子管具有一种静态特性曲线, 从电子电路应用的要求不同, 必須要求具有一定的特性的电子管来满足这个要求, 因此設計者可以选择各种型号的电子管。

静态特性曲线可以按图 (1-14) 所示的线路进行測量。