

# 第一部分 电阻 电容 电感器件

## 一:常规电阻

一作用:分压和限流

二:材质特性:

### 1>碳膜电阻器

这种电阻是用结晶碳沉积在瓷棒或瓷管上制成的.改变碳膜的厚度和用刻槽方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值.主要特点是高频特性好,稳定性好,能在 70℃ 下长期工作,温度系数较小 ( $<10^{-3}/\text{℃}$ ) 噪声低于 5uv.

### 2>金属皮膜电阻

金属皮膜电阻的电阻膜是通过真空蒸发等方法,使合金粉沉积在瓷基体上制成的.刻槽和改变金属膜厚度可以精确地控制阻值.主要特性是稳定性优于碳膜电阻器.耐热性能好,其额定工作温度为 70℃.最高达 155℃.温度系数最低可达  $5 \times 10^{-6}/\text{℃}$ .它与碳膜比体积小,噪声低稳定性好.

### 3>金属氧化皮膜电阻

耐热性能更好(工作温度可达 140℃ --235℃),成本也较低.

### 4>线绕电阻

线绕电阻器是用电阻率较大的镍铬合金 锰铜等合金线在陶瓷骨架上缠绕而制成的.特点是耐高温(能在 300℃ 的高温下稳定工作)噪声小,阻值的精度高.线绕电阻的额定功率较大(4-300w)常用在电源电路中作限流电阻,可制成精密型电阻器.一般的线绕电阻由于结构上的原因,其分布电容和电感较大,不宜用在高频,只能用在要求较大功率精度型的低频场合.

三:主要技术参数

### 1>标称阻值和允许误差

电阻器上都有电阻的数值,这就是电阻的阻值标称值.

电阻器的标称值往往和它的实际值不完全相等,实际值和标称值的偏差,除以标称值所得百分数叫电阻主误差,它反映了电阻器的精度.

普通性型:分一级+/-5% 二级+/-10% 三级+/-20% 精密型.005 级+/-0.5% 01 级+/-1% 02 级+/-2%

### 2>电阻器的额定功率

当电流通过电阻器的时候电阻器便会发热.功率较大电阻器发热越厉害.如果使电阻器发热的功率过大,电阻器就会烧坏.电阻器长时间正常工作允许的最大功率叫做额定功率.

## 二:特种电阻器

一:熔断电阻器

### 1>熔断电阻的种类

按工作方式分有可修复型和不可修复型.

1.不可修复型电阻 当电阻过负荷造成升温并达到某一温度时,涂有熔断料的电阻膜层或绕组匝熔断.引起电阻器断路.这种电阻器在使用时,必须悬空安装在电路板上.

2.可修复型熔断电阻器 它是一只圆柱形薄膜性电阻器.在电阻器的一端采用低熔点焊料焊接一根弹性金属片(或属丝)过热时焊点首先熔低,弹性金属片(或金属丝)与电阻器断开.可由维修人员排除故障.按要求修复可继续使用.

目前国外一般采用不可修复式

2>按电阻材料分为 5 种.线绕型,碳膜型,金属膜型,氧化膜型及化学沉积膜型.

线绕型熔断电阻按材料分为两种:

- 1.功率型涂釉线绕电阻器的部分用细线绕制.当负载电流通过电阻时,细线部分过热烧断,使电阻开路.
- 2.功率型涂釉线绕电阻器绕组的一部分敞露..不涂釉质保护层.当过负荷电流通过电阻时,绕组的敞露部分过热氧化而烧断,使电阻器断路.通常情况下,这种电阻器的阻值较低.选用大电流情况下工作.

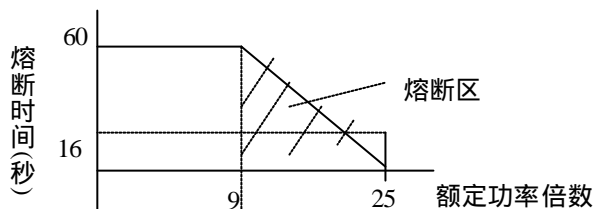
3>膜式熔断电阻器(碳膜 金属膜 金属氧化膜 化学沉积膜)的熔断类型有以下几种

- 1.膜层局部的螺纹间距离缩短.造成膜层局部过热而断路.
- 2.在电阻器膜表面涂覆低熔点的玻璃浆料,过热时电阻膜与涂料反应而熔断.

4>膜式熔断电阻器

国内目前膜式熔断基本采用莫来石瓷或氧化铝瓷,镁橄榄瓷等.

熔断料采用低熔点玻璃浆料或玻璃粉与金属氧化物等混合物的浆料,保护外壳用有机硅树脂阻燃漆或耐热性陶瓷等.熔断电阻除了具备普通电阻器的电气特性外,还有一个重要的特性,即熔断特性.通常以熔断特性曲线表示.所谓熔断特性是采额定功率的倍数为横坐标,熔断时间(秒)为纵坐标所描绘的曲线.具体地说,当电路的实际功率为额定功率的几倍时,连续负荷多少秒.在规定的环境温度范围内应保证电阻器熔断.



二:NTC 功率热敏电阻

1>是一种可以通过 1--10A 强电流的负温度系数变化的热敏组件.

2>零功率电阻特性.指组件在 25 环境下无电流作用时的自身电阻值.在组件外形直径一定时,零功率电阻值越大,则最大稳定电流值将越小.零功率电阻值相同而外形直径不同的 NTC 功率组件.其最大稳定电流值不同,直径大的电流值大,直径较小的电流值也小.

3>最大稳定工作电流  $I_{max}$

指 NTC 功率组件能长时间稳定工作而不造成性能恶化的电流最大值.热时间常数是指 NTC 功率组件在 25 环境中从通电工作开始,到最后达到最大稳定电流值所需时间.可以看出,直径越大,其热时间常数值也较大.

4>NTC 功率热敏电阻使用注意事项.

1.安装位置应远离电器中易发热组件,也不宜靠近散热窗,更不能紧靠散热板或有排风扇.气流

吹动处,引脚尽量长,以免影响 NTC 功率组件的性能.

2.关机后,在热时间常数值内,NTC 功率组件尚未恢复至零件功率时的电阻值.因此不宜短时间频繁启动.

三:水泥电阻

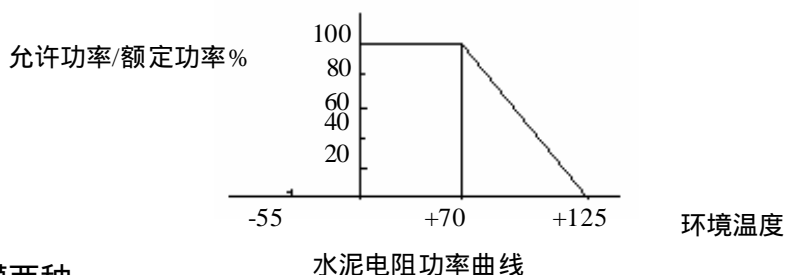
1>水泥电阻采用陶瓷矿质材料包封,散热好,功率大.

2>采用工业高频电子陶瓷外壳具有优良的绝缘性能,绝缘电阻达 100M .

3>电阻丝被严密包封于陶瓷体内部,具有优良的阻燃,防爆特性.电阻丝选用康铜 锰铜 镍铬等合金材料有较好稳定性和过负载能力.电阻丝同焊脚引线之间用压接方式.在负载短路的情况下,可迅速在压接处熔断,进行电路保护.

4>水泥电阻具有多种外形和安装方式.可直接安装在印刷电路板上,也可利用金属支架独立装焊接.在选用水泥电阻时,如果在常温下工作.功率大小可用下式来决定  $UXI=P(W)$ ;如果在特殊环

境下工作电阻功率大小如曲线来选择.



#### 四:电位器

1>按种类分线绕和碳膜两种.

2>线绕电位器:

线绕电位器是将电阻丝绕在绝缘支架上,再装入基座内,并配上转动系统组成.这种电位器最大的优点是:耐热性能好,能承受较大的功率.但它的分辩力有限.这是由于电阻丝是一圈一圈的绕在骨架上的,当接触刷从电阻丝的这一圈滑到另一圈时,阻值的变化呈阶梯式.线绕电位器可做成精密型,多圈型,功率型和特殊 数型电位器.主要用于高精度或功率电路中.但它不宜用于频率较高的电路.

3>碳膜电位器

这种电位器的电阻体是用碳粉和树脂的混合物喷涂在马蹄形胶板上制成的.

4>电位器的主要技术参数.

1.阻值的最大值和最小值. 每个电位器的外壳都标有阻值.这是电位器的标称阻值.它是指电位器的最大电阻值.最小电阻值又称为零位电阻.由于触点存在接触电阻.因此电位器最小电阻值不可能为零.要求越小越好.

2.阻值变化特性. 为了适应各种不同的用途,电位器阻值变化规律也不相同.常见的电位器阻值变化规律有三种.直线式(X型) 指数式(Z型) 对数式(D型)三种形式的电位器阻值随活动触点的旋转角度变化的曲线如图所示.图中坐标表示当某一角度时的电阻实际数值与电位器总电阻值的百分数.横坐标是旋转角与最大旋转角的百分数.

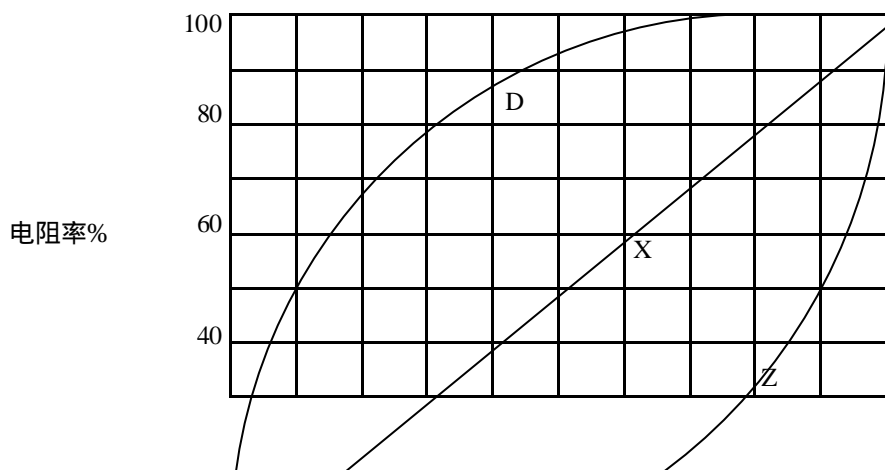
X型电位器,其阻变化与转角成直线关系,也就是电阻体上导电物质的分布均匀的,所以单位长度的阻值相同.它适用于一些要求均匀调节的场合.如分压器,偏流调整等.

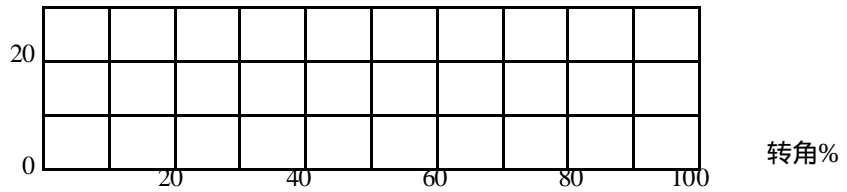
Z型电位器在开始转动时,阻值较小而在转角接近最大转角一端时,阻值变化就比较显著.这

种电位器适合于音量控制电路.因为人耳对微小的声音稍有增加时,感觉很灵敏,但声音大到某一值后,即使声音功率有了较大的增加,人耳的感觉却变化不大.因此,采用这种电位器作音量控制,可获得音量与电位器转角近似于线性的关系.

D型电位器变化与Z型正好相反,它在开始转动时阻值变化很大,而在转角接近最大值附近时,阻值变化就比较慢,它适用于音调控制等电路.

除上述参数外,电位器还有符合度,线性度,分辩力,平滑性,动态,噪声等专门参数.





电阻器阻值变化规律

### 三:常规电容

两个相互靠近,彼此绝缘的金属电极就能构成一个最简单的电容.

一:电容的主要技术参数:

1.标称容量允许偏差.

电容量的基本单位为 F(法拉)在 1V 电压下,电容器所能储存的电量为 1 库仑,其容量为 1F

mF(毫法) uF(微法) nF(纳法) 和皮法(PF)

$$1F=10^3mF=10^6uF=10^9nF=10^{12}PF$$

2.额定电压.

额定电压通常称作耐压,是在允许的环境温度范围内,电容上连续长期施加的最大电压有效值.

3.绝缘电阻及漏电流.

电容介质不可能绝对不导电,当电容加上直流工作电压时,总有漏电流产生.其漏电流太大,电容就会发热损坏,严重的会使外壳爆裂.除了电解电容外,一般电容只需要质量好,其漏电是极小的,故用绝缘电阻参数来表示其绝缘性能.而电解电容因漏电较大,故用漏电流表示绝缘性能.(与容量成正比)电容的绝缘电阻及漏电流是重要的性能参数.

4.损耗因素

电容的损耗因素指有功损耗与无功损耗之比.即:  $P/P_0=V I \sin \varphi / V I \cos \varphi =\operatorname{tg} \varphi$  式中 P 为有功损耗功率,  $P_0$  为无功损耗功率. V 为施加于电容的交流电压值,我们也可以从另一角度理解.损耗因素是衡量电容损耗的参数之一,而电容损耗大小是代表其质量优劣的重要指针之一.通常,电容在电场作用下,其储存或传递的一部分电能会因介质漏电及极化学作用而变为无用有害的热能,这部分热消耗的能量就是电容的损耗.显然损耗越大,发热也越严重,反之亦然.

5.漏电情况和容量的检测.

用 R\*1000 或 R\*100 档测容量大于 0.047MF 的电容(容量小于 0.047MF 可用 R\*10 档测)

检

测时,将两表笔分别接电容的两端,观察表针摆动角度,容量越大表针摆幅也越大.摆动至某值后回走至 附近,所示值越大表示漏阻越大.测量一次后,最好两表笔交换再测一次.这样便于比较判断电容的质量,对于电解电容,这样可以判断正负极.两次测量中表针指示漏阻大的那次黑表笔接的电容正极,红表笔接负极.

## 二:介质特性:

### 1.纸介电容器

用纸介作介质,其温度系数大,稳定性差,损耗大( $\text{tg}\delta = 0.015$ )有较大的固有电感,只适用于要求不高的低频电路.在电路中电容器使用时总有能量损耗.因此在通过正弦交流电时,流过电容的电流和电容两端电压的相位角 不是理想电容器时的  $90^\circ$  而是比  $90^\circ$  小一个角 对于损耗角,用它的正切值  $\text{tg}$  表达电容器上的损耗功率和无功功率之比即:

$$\text{tg} = \frac{VI \sin}{VI \cos}$$

### 2.金属化纸介电容器

此种电容器结构和性能类似纸介电容器,但体积与损耗较纸介小,内部纸介质击穿后有自愈作用.

### 3.有机薄膜介质电容器

分极性介质和非极性介质两类.

极性介质电容器耐热和耐压性能好,耐压相同时,容量体积比值大.非极性介质损耗小,介质吸收系数小时,绝缘电阻高,性能随温度频率变化小.聚苯乙烯电容器的耐热性能稍差( $<70^\circ$ )但其它性能优良,稳定性好可作为标准电容器使用.它对广泛用于高频电路和对容量要求精密和稳定的电路中.由于它的介电吸收作用小,因而也非常适用于定时较准确的 RC 时间常数电路.聚苯丙烯电容器的稳定性不如聚苯乙烯电容器,其它性能相似可部分代替云母电容.

聚四氟乙烯电容器能耐高温( $<250^\circ$ )和化学腐蚀,电参数的温度和频率特性好,但成本高一般在高温高绝缘和高频场合使用.聚碳酸酯电容器的性能优于涤纶电容器,损耗和容量随频率变化小,工作温度可达  $130^\circ$  涤纶电容器的特点是耐热性能良好,但它的损耗较大,不宜在高频场合使用.

### 4 瓷介电容器

此种电容器介质材料为电容器陶瓷.其中高频瓷介电容器损耗小( $\text{tg}<0.0015$ ), 稳定性好,可在高温下使用.低频瓷介电容器损耗大( $\text{tg} <0.05$ ),稳定性差,但容量易做得大,独石电容器是一种多层结构的陶瓷电容器.具有体积小,容量大(低频独石电容器可达  $0.47\mu\text{F}$ ),耐高温和性能稳定等特点.

### 5.云母电容器

此种电容器介质为云母损耗小( $\text{tg} <0.0017$ ),精度高(允许误差等级可达  $\pm 1\%$ )稳定性好,容量一般小于  $0.1\mu\text{F}$ ,在高频电路中广泛应用.并可作为标准电容器使用.

### 6.电解电容器

此种电容器介质为很薄的氧化膜,故容量可做得很大.由于氧化膜有单向导电特性,则电解电容器一般有正负极,使用中应保证电解电容器的负极低于正极电位.

电解电容器的损耗大,性能受温度影响较显著.例如在  $70^\circ$  时,其漏电流可达常温时的 10 倍.在  $-30^\circ$  时,电容量将急剧减小.电解电容器的品种主要有铝电解电容器.钽电解电容器和铌电解电容器后二者在性能上上优于铝电解电容,但价格较贵.铝电解电容器性能较差,寿命短(存储寿命 5 年)

## 五:电阻器和固定电容器的容量标称系列

固定式电容器的容量标称系列值

美 型	允许偏差	容 量 标 称 值										
纸介,金属化纸介,低频极性有机薄膜介质电容器	± 5%	100PF--1UF					1.0 1.5 2.2 3.3 4.7					
	± 10%	1UF--100UF(只取表中值)					6.8					
± 20%	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4											
无极性高频有机薄膜介质,瓷介,云母等无机介质电容器	± 5%	2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2										
	± 10%	6.8 7.5 8.2 9.1										
	± 20%	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6										
铝 钽等电解电容器	± 10%	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8										
	-20%--+50%											
	-10%--+100%											
	± 20%											

电阻器(不包括精密电阻器)阻值标称系列值

阻 值	固 定 电 阻 器	允 许 偏 差	容 量 标 称 值														
			± 5%	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3													
± 10%	3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1																
± 20%	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2																
± 5%	± 10%	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8															
± 1%	± 2%	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2															
		1.0 1.5 2.2 2.3 4.7 6.8															

电阻器额定功率标称系列值

额 定 功 率 W	电 阻 类 型		标 称 值													
	线 绕	固 定 电 阻 器	0.05 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 10 16 25 40 50 75 100													
150 250 500																
电 位 器		0.25 0.5 1.0 1.6 2 3 5 10 16 25 40 63 100														
		固 定 电 阻 器	0.05 0.125 0.25 0.5 1 2 5 10 25 50 100													
非 线 绕	电 位 器	0.025 0.05 0.1 0.25 0.5 1 2 3														

## 六.固定电阻器与固定电容器上的规格标注

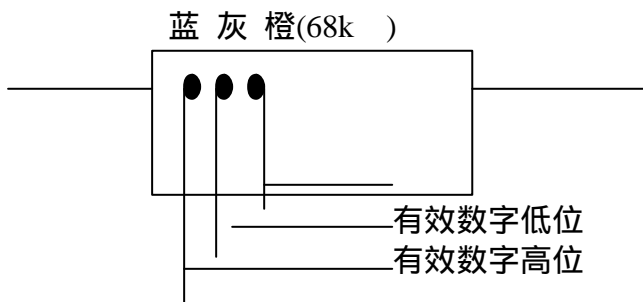
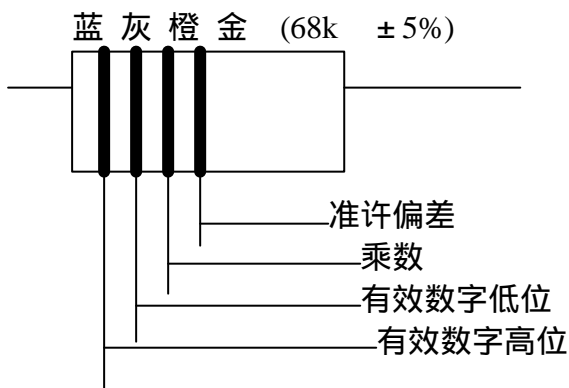
固定式电阻和电容的主要参数(数值大小和允许偏差)一般直接标注在产品上.标注方式主要有以下三种:1>直标法 例如:1.1M  $\pm 10\%$  1UF  $\pm 20\%$

2>文字符号法 例如:3M3K 表示阻值为 3.3M ,允许偏差为  $\pm 10\%$ ,允许偏差用字母表示它们间的对应关系举例如下:F---  $\pm 1\%$  G---  $\pm 5\%$  K----  $\pm 10\%$  M----  $\pm 20\%$ .

3>色标法 主要参数用颜色标在组件上,不同颜色代表的数值见表 4--6,常用的环带色码和三点色码标注如图所示:

色码标注法中颜色代表的数值

颜色 数值 位置	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	无
有效数字	----	----	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	----
乘数	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	----
允许偏差%	$\pm 10$	$\pm 5$	----	$\pm 1$	$\pm 2$	----	----	$\pm 0.5$	$\pm 0.2$	$\pm 0.1$	----	$\begin{matrix} +50 \\ -20 \end{matrix}$	$\pm 20$



## 六 电 感

一:常用电感主要参数

1.电感量 L

电感量  $L$  也称作自感系数,是表示电感组件自感应能力的一种物理量.当通过一个线圈磁通(即通过某一面积的磁力线数)发生变化时,线圈中便会产生电势,这是电磁感应现象.所产生的电势称感应电势,电势大小正比于磁通变化的速度和线圈匝数.当线圈中通过变化的电流时,线圈产生的磁通也要变化,磁通掠过线圈,线圈两端便产生感应电势,这便是自感应现象,自感电势的方向总是阻止电流变化的,犹如线圈具有惯性,这种电磁惯性的大小就用电感量  $L$  来表示. $L$  的大小与线圈匝数,尺寸和导磁材料均有关,采用硅钢片或铁氧体作线圈铁芯,可以较小的匝数得到较大的电感量. $L$  的基本单位为 H(亨)实际用得较多的单位为 mH(毫亨)和  $\mu\text{H}$ (微亨)  $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$

## 2.感抗 $X_L$

感抗  $X_L$  在电感组件参数表上一般查不到,与质量因子  $Q$  等参数密切相关,在分析电路中也经常需要用到的,前已述及,由于电感线圈的自感电势总是阻止线圈中电流变化,故线圈对交流电有阻力作用,阻力大小就用感抗  $X_L$  来表示. $X_L$  与线圈电感量  $L$  和交流频率  $F$  成正比,计算公式为: $X_L(\Omega)=2\pi f(\text{Hz})L(\text{H})$ .不难看出,线圈通过低频电流的  $X_L$  小,通过直流电时  $X_L$  为零,仅线圈的直流电阻起阻力作用,因电阻一般很小,所以近似短路.通过高频电流时  $X_L$  大,若  $L$  也大,则近似开路.线圈的此种特性正好与电容相反,所以利用电感组件和电容就可以组成各种高频,中频,和低频滤波器,以及调谐回路选频回路和阻流圈电路等等.

## 3.品质因子 $Q$

这是表示电感线圈质量的参数,亦称作  $Q$  值和优值.线圈在一定频率的交流电压下工作时,其感抗  $X_L$  和等效损耗电阻之比即为  $Q$  值,表示如: $Q=X_L/R$ .由此可见,线圈的感抗越大,损耗电阻越小,其  $Q$  值就越高.值得注意的是,损耗电阻在频率  $F$  较低时可视作基本上以线圈直流电阻为主,当  $F$  较高时,因线圈骨架及浸渍物的介质损耗,铁芯及屏蔽罩损耗.导线高频趋肤效应损耗等影响较明显, $R$  就应包括各种损耗在内的等效损耗电阻,不能反计直流电阻.

## 4.直流电阻

即电感线圈自身的直流电阻,可用万用表或奥姆表直接测得.

## 5.额定电流

通常是指允许长时间通过电感组件的直流电流值.在选用电感组件时,若电路流过电流大于额定电流值,就需改用额定电流符合要求的其它型号电感器.

## 二:铁氧体磁芯简介

铁氧体磁芯的材料牌号较多,几何形状也繁多,有柱形,工字形,帽形,单孔,双孔,四孔,u形,罐形,E形,EI形,EC形,PQ形,RM形,EP形.

在铁氧体磁芯上绕上线圈制成的电感器与同体积的空芯线圈相比电感量大,而且  $Q$  值(质量因素)也高.如 GU--22\*13 罐形磁芯,用它制成 4mH 的电感器时,只要绕 43 匝线圈就形成了,如不

用罐形磁芯,防为空芯线圈,需绕 600 匝才能得到 4mH 的电感器,由此可见,使用了磁芯后,可大大;缩小电感的体积.

软磁铁氧体材料可分为两大类:镍锌材料和锰锌材料,一般镍锌材料的初始导磁率约 10---1500,使用频率约从五百千赫至几百兆赫.一般锰锌材料的初始导磁率  $ML$  约从 400-10000,使用频率从几千赫一至 500 千赫.命名为 NX0-10,MX0-02000,"N"表示镍,"X"表示锌,"O"表示氧化物,"10"是初始导磁率  $ML$  值,一般称这种材料为镍锌 10;"M"表示锰,"X"表示锌,"O"表示氧化物"2000" 是初始导磁率.

铁氧体生产厂一般都提供磁芯的电感系数  $AL$  的数值.在常用的线圈中, $AL$  与电感量及匝数有下列关系: $AL=L/N^2$ .....(1). $L$  是加上磁芯后的电感量,单位为毫微亨, $N$  表示匝数(圈



数).AL 的单位是  $\text{nH}/\text{匝}^2$

由(1)式可知,如果已知磁芯的 AL 值和需要的 L 值,则可计算出匝数.例如,有一个罐形磁芯 Cu-22XB 它的  $AL=2200$ ,用 0.21 漆包线打算在此磁罐上绕制一个 4mH 的电感器,则绕制匝数  $N = \sqrt{L/AL} = \sqrt{4 \times 10^{-3}/2200 \times 10^{-3}} = 42.6$  圈.由于生产厂提供的 AL 值为最小值,所以绕成的电感的 L 值比 4mH 大,再调整圈数,使 L 值满足要求.

如果有了磁芯,但不知 AL 值,可以先试绕一定圈数  $N_1$ ,测出加磁芯线圈的电感值  $L_1$ ,计算出 AL 值即  $AL=L/N^2$ ,然后再利用公式(1)计算匝数.上述介绍的匝计算方法只适用于一般线圈,不适用于开关电源中线圈.

## 第二部分 半导体器件

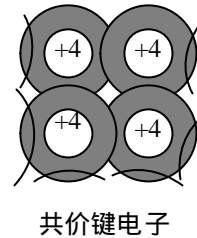
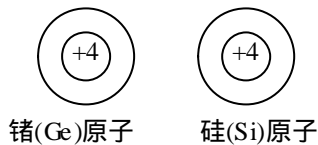
一材料基本知识.

1. 导体:在自然界中,存在着许多不同的物质,有的物质很容易传导电流,称为导体.金属一般是导体,如铜,铝,银等等.
2. 绝缘体:也有的物质几乎不传导电流,称为绝缘体.
3. 半导体:此外还有一类物质,它的导电性能介于导体和绝缘体之间,称为半导体.例如锗,硅,硒,砷化镓,一些硫化物和氧化物等.
4. 性质:半导体除了导电能力方面与导体和绝缘体不同外,它还具有其它物质的物点:
  - (1)当半导本受外界光和热的刺激时,其导电能力将发生显著的变化.
  - (2)在纯净的半导体中加入微量的杂质,其导电能力也会有显著的增加.
  - (3)这些特点说明,半导体的导电机构必然不同于其它物质.

二.半导体的原子结构和共价键.



## 1. 在近代电子学中用得最多的半导体是锗和硅



2. 现在所有半导体材料都要制成晶体. 例如, 锗和硅原子就是按四角形系统组成晶体点阵. 即每个原子是处于正四面体中心, 而有四个其它原子位于四面体的顶点. 这样每个原子的价电子就要受相邻原子的价电子影响, 而使价电子或为两个原子共有, 形成了晶体中的共价键结构. 共价键内两价电子称为束缚电子. 由于共价有很强的结合力, 使各原子在晶体中按一定形成排列. 形成点阵. 在绝对零度( $T=0K$ )和 2 无外界激发时, 硅和锗晶体中没有自由电子存在.

### 三. 本征半导体空穴及导电作用

1. 本征半导体就是完全纯净的, 结构完整的半导体晶体, 在  $T=0K$  和无外界激发时, 由于共价键中的价电子被束缚着, 所以在本征半导体中, 没有可以自由运动的带电粒子-----载流子, 这时它相当于绝缘体.
2. 半导体共价键中的价电子并不象绝缘体中的电子被束缚得那样紧. 在室温下, 由于热激发就会使一些价电子获得足够的能量而挣脱共价键的束缚, 成为自由电子. 这种现象称为本征激发.
3. 在电子挣脱共价键的束缚成为自由电子后, 共价键中就留下一个空位, 这个空位叫做空穴. 空穴的出现是半导体区别于导体的一重要物点.
4. 由于共价键中出现了空穴, 在外加电场或其它能源的作用下, 邻近价电子就予以填补到这个空位上, 而在这个电子原来的位置上又留下新的空位. 以后其它电子又可转移到这个新空位. 这样就这是半导体中出现一定的电荷迁移.
5. 由于导电能力决定于载流子数目. 因此半导体的导电能力随温度的增加而显著增加这是半导体的一个重要特性.

### 四. 杂质半导体.

#### 1. N 型半导体.

在半导体晶体中掺入少量五价元素杂质. 如磷(或锑)等. 杂质原子有五个价电子. 它以四个价电子与相邻的半导体原子组成共价键后. 它还多余一个电子, 这个电子受杂质束缚作用微弱, 很容易成自由电子. 这样一种半导体以自由电子为主. 称 N 型半导体.

#### 2. P 型半导体

在半导体晶体中掺入少量三价元素, 如硼(或镓)等. 杂质与周围半导体. 原子组成共价键时. 因缺少一个电子. 在晶体中使产生一个空位, 当相邻共价键上受到热振动或在其它激发条件下获得能量时, 就有可能填补这个空位. 使掺杂原子成为不能移动的负离子. 而半导体原子的价键则因缺少一个电子形成空穴. 以空穴为多数载流子导电为主, 称为 P 型半导体.

### 五. PN 结及半导体二极管.

#### 1. PN 结的形成:

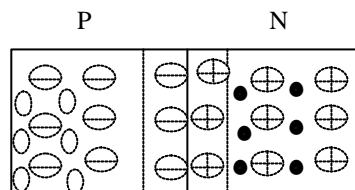
在 P 型半导体和 N 型半导体结合后. 在它们交界处就出现了电子和空穴的浓度差别.

这样, 电子和空穴都要从浓度高的地方向浓度低的地方扩散, 因此有一些电子要从 N 型区向 P 型区扩散, 也有一些空穴要从 P 型区向 N 型区扩散. 扩散结果使 P 区和 N 区中原有电中性条件破坏了.

在扩散过程中 P 区和 N 区形成不能移动的带电离子. 集中在 P 区和 N 区交界面附近.

形成了一个很薄的空间电荷区.这就是我们的所说的 PN 结.

扩散运动和漂移运动和漂移运动是互相联系又互相矛盾的,扩散使空间电荷区加宽电场增强,对多数载流子扩散运动的阻力增大.但使少数载流子的漂移运动增强,而漂移使空间电荷区变窄.电场减弱又使扩散容易进行.



## 2. PN 结的单向导电性.

### 2.1 外加正向电压.

在 PN 结外加  $V_F$ , P 区接正端, N 区接负端, 外加电场与 PN 结内电场方向相反. 在外加电场作用下, PN 结的平衡状态被打破, 产生载流子移动. 结果使 PN 结变窄这时扩散运动大于漂移运动, PN 结内电流由起支配地位. 扩散运动所决定, 要外电路上形成一个流入 P 区的电流, 称为正向电流  $I_F$ , 在正常工作范围内, PN 结外加电压只要稍有变化(如 0.1V)便能引起电流的显著变化, 因此电流  $I_F$  是随外加电压急速上升, 这样正向 PN 结表现为一个很小的电阻.

### 2.2 反向电压..

在外加电压  $V_R$  的正端接 N 区, 负端接 P 区. 外加电场与内电场方向相同, 在这一作用下使 PN 结厚度加宽, 这时 PN 处于反向偏置, 这时扩散电流趋近于零, 这时少数载流子更容易产生漂移运动, PN 结内电流由起支配作用的漂移电所决定, 漂移运动与扩散运动相反, 表现在外电路上有一流入 N 区的反向电流  $I_R$  由于少数载流子浓度很小, 所以  $I_R$  是很微弱, 一般为微安数量级.

由此可见, PN 结的正向电阻很小, 反向电阻很大. 这就是它的单向导电性. PN 结具有单向导电性的关键是它的阻挡层(势垒区)的在及其随外加电压而变化.

## 3. PN 结的反向击穿

在 PN 结加反向电压增加到一定数值时. 反向电流突然增加, 这个现象就称为 PN 结的反向击穿. PN 结电击穿后电流很大, 电压又很高, 因而消耗在 PN 结上的功率是很大的. 容易使 PN 结发热起过它的耗散功率而过渡到热击穿, 从而把 PN 结烧毁.

产生的原因是 PN 结在强电场作用下, 大大地增加了自由电子和空穴的数目. 引起反向电流的急剧增加, 这种现象的产生分雪崩击穿两种类型.

### 3.1. 雪崩击穿.

由于外加电压增加时, 空间电荷区中电场随着增强, 通过 PN 结层电子和空穴, 要电场作用下获得能量增大. 在晶体中运动能量是够大时, 将与其它原子碰撞. 产生碰撞电离. 从而使反向电流急剧增大, 产生雪崩击穿.

### 3.2 齐纳击穿.

在高反向电压下, PN 结空间电荷区中存在一个强电场, 它能破坏共价键将束缚电子分离出来造成电子空穴对, 形成较大的反向电流, 多用有特殊二极管中. 如稳压管.

齐纳击穿与雪崩击穿过程是可逆的, 管子是可以恢复原来的状态. 但它有一个前提条件是反向, 电压与反向电流乘积, 不能超过 PN 结允许的耗散功率, 超过就会形成热击穿是不可恢复的.

## 4. 二极管的结构.

二极管的结构可分为点接触型和面接触型两类.

4.1 点接触型二极管, PN 结成积小, 极间电容很小. 同时, 也不能承受高的反向电压和大的电流. 这类型管不适于做高频检波和数字电路的开关组件, 也可用作小电流整流.

4.2 面接触型二极管, PN 结面积大, 可承受较大的电, 流但极间电容也大. 这种类型的管子适用于整流, 而不宜用于高频电路中.

## 5. 二极管的直流参数.

5.1 最大整流电流  $I_F$ : 指管子长期运行时, 允许通过的最大正向平均电流. 因为电流通过 PN 结引起子发

热,电流太大超过  $I_F$ ,发热量超过限度,就会使 PN 结烧毁.

5.2 反向击穿电压  $V_{BR}$ :指管子反向击穿时的电压值.击穿时,反向电流剧增,二极管的单向导电性被破坏.甚至因过热而烧坏.

5.3 反向电流  $I_R$ :指管子未击穿时反相流值,其值愈小,则管子的单向导电性愈好.由于温度增加,反向电流也会急剧增加,所以在使用时要注意温度的影响.

## 6. 二极管的动态参数.

### 6.1 微变电阻 $R_D$ :

微变电阻  $R_D$  的定义是:二极管特性曲线工作点 Q 附近电压的变化量与相应的电流变化量之比.即  $R_D = V_D / I_D$

$V_D$  的数值随工作点电流的增大而减小的,通常正向电阻  $V_D$  为几欧到几十欧之间,  $R_D$  的数值还可以从二极管的伏安特性表达导出.

由  $I = I_S (E^{V/V_T - 1})$

取 I 对 V 的微分可得微变电导.

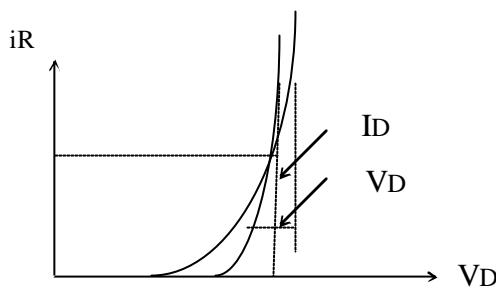
$$G_D = di/dv = d/dv [I_S (e^{v/v_T - 1})]$$

$$= I_S / v_T \cdot e^{v/v_T}$$

$$I / v_T$$

$$V_D = 1 / G_D = v_T / I = 26 (M\Omega) / I \quad (\text{当 } T=300K \text{ 时})$$

例如:当 Q 点  $I = 2MA$   $R_D = 26 / 2 = 13$



微变电阻  $R_D$  的几何意义

### 6.2 二极管的极间电容.

#### (1) 势垒电容 $C_B$ .

PN 结交界处形成的势垒区,是积累空间电荷的区域,当 PN 结两端电压改变时,就会引起积累在 PN 结的空间电荷的改变,从而显示出 PN 结的电容效应.因此,PN 结的势垒电容是用来描述势垒区的空间电荷随电压变化而产生的电容效应的.

当外加电压升高时,N 压电子和 P 压空便进入阻挡层而中和一部带正,负电的离子,就好象有一部分电子和空穴在入 PN 结,相当于 PN 结充电,当电压下降,又有一些电子和空穴离开阻挡层,相当于放电,二极管的势垒电容受外加电压影响,外加电压频率越高,充放电次数越多,势垒电容作用越显著.

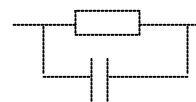
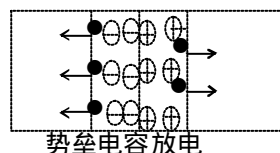
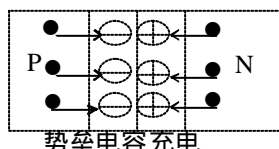
经分析证明,势垒电容  $C_B$  的大小与 PN 结面和 S 成正比.与阻挡层厚度 成反比.势垒电容在反向偏置时显的更加重要.

#### (2) 扩散电容 $C_D$

因此积累在 P 区的电子或 N 区的空穴随外加电压的变化就构成了 PN 结的扩散电容  $C_D$ ,它反映了在外加电压作用下载流子在扩散过程中的积累的情况.

PN 结在正向偏置时,累在 P 区的电子和 N 区的空穴随正向电压增加而增加,扩散电容较大.而反相偏置时,载流子数目很少,因此反相时扩散电容数值很小,一般可以忽略.

由此可见,在高频运用时,对二极管的 PN 结.必须考虑结电容的影响.



PN 结高频等效电路

当 PN 结处于正向偏置时, $R$  为正向电阻,其数值很小,结电容较大(主要决于扩散电容  $C_D$ )

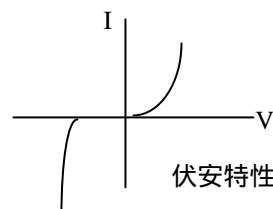
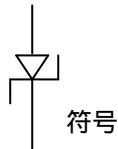
当 PN 结处于反向偏置时, $R$  为反向电阻,其数值较大,结电容较小(主要决定于势垒电容  $C_B$ )

## 六.特殊的二极管.

### 1. 稳压二极管.

是一种用特殊工艺制造的面结型半导体二极管,这种管子的杂质浓度比较大,空间电荷区电荷密度也大,因而该区域很窄,容易形成强电场,当反相电压加到一定值时,反向电流急增,产生反相击穿.

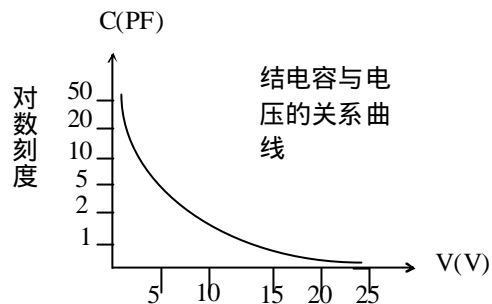
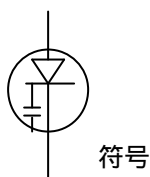
稳压管的稳压作用在于,电流增量  $I_z$  很大,只引起很小的电压变化  $V_z$ ,曲线逾陡.动态电阻  $R_z = V_z / I_z$  逾小,稳压管的稳压性能逾好.



一般地说,  $V_z$  为 8V 左右稳压管的动态电阻较小,低于这个电压的  $V_z$  随齐纳电压的下降迅速增加,因而低压稳压管的稳压性能较差,当  $V_z < 5.7V$  时,齐纳效应占优势,温度系数为负值;反之雪崩效应占优势,温度系数为正值.温度系数一般不超过每度  $( ) \pm 0.1\%$  的范围.

## 2. 变容=极管

结电容随反向电压的增加而减小,这种效应显著的二极管称为变容二极管.

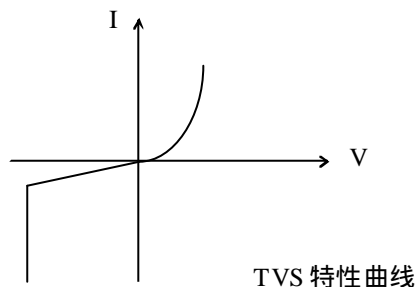
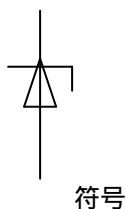


## 3. 发光二极管.

发光二极管通常用元素周期表中 III, V 族元素的化合如砷仪镓,磷化镓等所制成.当这种管子通以电流时将发出光来,这是由于电子与空穴直接复合而放出能量的结果,光谱范围是比较窄的,其波长由所使用的基本材料而定.

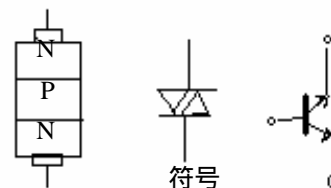
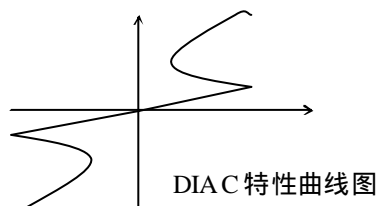
## 4. 瞬态电压抑制二极管(TVS)

利用 PN 结的齐纳击穿特性而工作的,每一个 PN 结都有自己的反向击穿电压  $V_B$ ,当施加到 PN 结的反向电压小于  $V_B$  时,电流不导通,而当施加到 PN 结反相电压高于  $V_B$ ,PN 结快速进入击穿状态有大电流通时 PN 结,而所施加击穿电压 给抑制在  $V_B$  附近.



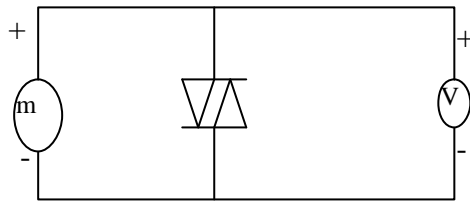
## 5. 双向触发二极管(DIAC)

5.1 它属于三层构造,具有结称性的二端半导体器件,可等效于基极开路,发射极与集电极对称的 NPN 晶体管.其正,反向伏安特性完全对称.当器件两端的电压  $V$  小于正向转折电压  $V_{(BO)}$  时,呈高阻态,当  $V > V_{(BO)}$  时进入负阻区.同样当  $V$  超过反向转折电压  $V_{(B)}$   $V_{(BO)}$  时,管子也能进入负阻区.转折电压的对称性用  $V_{(B)}$  表示.  $V_{(B)} = V_{(BO)} - V_{(BR)}$ . 一般要求  $V_{(B)} < 2V$ .



## 5.2 用兆欧表和万用表测试方法.

由兆欧表提供击穿电压,并用直流电压文件测量 DIAC 的正向转折电压  $V_{(bo)}$ ,然后调换 DIAC 的电极,测出反向转折电压  $V_{(br)}$ 最后检查转折电压对称性.



需要指出,因双向触发二极管具有对称性,故可从两次测量中任选一个定义为  $V(BO)$ .现取数值较大的作为  $V(BO)$ ,数值小的作  $V(BR)$ .可使  $V(B)$ 为正值.

## 七 三 极 管

一:三极管可分为 NPN 与 PNP 型.

三极管是由三块半导体构成,分别叫发射区,基区,集电区.对于 NPN 管来说中间是一块很薄的 P 型半导体,虽然发射区与集电区是 N 型半导体,但是发射区比集电区掺的本质多,因此并不是对称的.

当两块不同类型的半导体结合,就会在交界处形成 PN 结,因此三极管有两个 PN 结,发射区与基区交界处 PN 称为发射结,集电极与基区 PN 结称为集电结.

PNP 是同理.

二:三极管的电流传输

三极管的放大作用也是通过载流子的传输体现出来的.对于三极管的发射区来说,它的作用是向基区注入载流子.基区是传送和控制载子的.而集电区是收集载流子的.要使三极管能正常工作,必须外加合适的电压.首先,发射区要基区注入电子,因此发射结上加上正向电压  $V_{EE}$ (正向偏量),在这个条件下管内载流的传输将发生下列过程.

1> 发射区向基区注入电子. 由于发射结外加正向电压,因此发射结势垒由  $V_0$  减小到  $V_0 - V_{EE}$ .

这时发射区的多数载流子电子不断通过发射结扩散到基区,形成发射极电流  $I_E$ ,其方向与电子流动方向相反,同时,基区空穴也扩散到发射区,但由于发射区掺杂浓度比基区高的多与电子流相比,这部分空穴可以忽略不计.

2>电子在基区的扩散与复合电子,由发射区注入基区后,在基区靠近发射结的边界积累起来,在基区形成一定的浓度梯度.从发射区开始由近到远浓度从高向低.在电子向集电结方向扩散过程中会与基区空穴复合.外接电源会把基区电子拉走.产生空穴,形成一个动态平衡,这样就形成基电流  $I_B$ .因此基极电流就是电子在基区与空穴复合的电流.为了减小复合,就要把基区做得很薄,使电子在基区中经过的路程很短,加上基区掺入浓度很低,因而电子在扩散过程中实际一与空穴复合很少,大部分都能达集电结.

3>集电区收集扩散过来的电子集电结所加的是反向电压,集电结势垒由  $V_0$  增加到  $V_0 + V_{CC}$ .这样集电结势垒很高,使集电区电子和基区的空穴很难通过集电结,但这个势垒对基区扩散到集电结边缘的电子却有很强的吸引力可使电子很快漂移过集电结为集电区所收集.形成集电极电流  $I_O$

另一方面,根据反向 PN 结的特性当集电结加反向电压时,基区中少数载流子电子和集电区中少数载流子空穴在结电场作用下形成反向漂移电流,这部分电流决定于少数载流子.称为反向饱和电流  $I_{CBO}$ .这个电流值很小,对电流放大不起作用,而且受温度影响很大,容易使管子工作不稳定,

所以在制造过程中要尽量设法减小  $I_{CBO}$ .

## 二:电流分配关系

由上面可知当管子制成后,复合所占比例就定了,这个百分比用  $a$  表示,称为共基极电流较大系数.

$a$ =传输到集电极的电流/发射极注入电流.

发射极注入电流用  $I_E$  表示.传输到集电极的电流用  $I_{NC}$  表示

$$a = I_{NC}/I_E$$

集电极总电流是  $I_{NC}$  与反向饱和电流  $I_{CBO}$  之和即

$$I_C = I_{NC} + I_{CBO} \quad \text{为} \quad a = I_C - I_{CBO} / I_C \quad (I_C \gg I_{CBO}) \quad a = I_C / I_E$$

三极管满足以下电流分配:

$$\left. \begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ I_C &= I_E + I_{CBO} \\ I_B &= I_E - I_{CBO} \\ I_b &= (1 - a) I_E \end{aligned} \right\} \text{式中为基区复合电流}$$

## 三:放大作用:

- 1>三极管的放大作用,主要是依靠它的发射极电流能够通过基区传输,然后到达集电极而实现.
- 2>三极管内各个电流之间有确定的分配关系,所以只要输入电流给定了,输出电流和输出电压便基本确定了.输入信号电压是首先通过发射结的电压变化改变输入电流  $I_E$  再利用  $I_E$  的变化去控制  $I_C$  而表征三极管电流控制作用的参数就是电流放大系数  $a$ .

## 四:三极管的主要参数

### 1>电流放大系数 $\beta$ 和 $H_{fe}$

是三极管交流放大系数,表示三极管对交流信号的电流放大能力,  $\beta$  等于集电极电流  $I_c$  的变化量  $I_c$  与基极电流  $I_b$  两者之比,即  $\beta = I_c / I_b$   $h_{FE}$  是三极管的直流放大系数,指静态(无变化信号输入)情况下三极管  $I_c$  与  $I_b$  的比值. 即  $H_{fe} = I_c / I_b$  .  $\beta$  和  $h_{FE}$  两者关系密切,一般情况下较为接近,但两者是有明显区别的.

### 2>集电极最大电流 $I_{cm}$

指三极管的参数变化不超过允许值时集电极允许的最大电流.当电流超过  $I_{cm}$  时,管子性能显著下降,甚至有烧坏管子的可能性.

### 3>集电极最大允许功耗 $P_{cm}$

指集电结上允许损耗功率的最大值,超过此值就会使管子性能变坏或烧毁.因为集电极损耗的功率  $P_{cm} = V_{CE} I_C$  .  $P_{cm}$  值与环境温度有关,温度愈高,则  $P_{cm}$  值愈小,锗管的上限温度功约 70 硅管可达 150 .

### 4>集电板—发射极击穿电压 $V_{(br)}$

指三极管基极开路时,允许加在集电极和发射极之间的最高电压.通常 C ,E 之间电压不允许超过  $V_{(br)} < e_o$ ,否则会引起管子击穿或使其特性变化.

### 5>集电极—发射极反向电流 $I_{ceo}$

指基极开路,集电极发射极间的反向电流,俗称穿透电流小功率锗管的  $I_{ceo}$  约为几十微安至几百微安.硅管在几微安以下, $I_{ceo}$  也随温度的增加而增加. $I_{ceo}$  大的管子性能不稳定.

### 6>集电极反向饱和电流 $I_{cbo}$

指发射极开路时集电极反向电流.

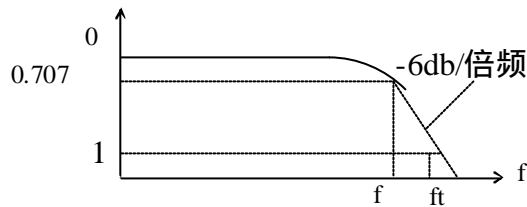
### 7>特征频率 $f_T$

包括截止频率  $f_a$   $f_b$ .特征频率  $f_t$  和最高振荡频率  $f_m$ .

(1) $f_a$  共基极截止频率( $a$  截止频率)在共基极电路中,电流放大系数  $a$  值在工作频率较低时,基本为一常数.当工作频率超过某一值时, $a$  值开始下降,当  $a$  值下降到低频值  $a_0$  的 0.707 时所对应的频率为  $f_a$ .称为  $a$  截止频率.

(2) $f_b$  共发射极截止频率( $\beta$  截止频率)在共发射极电路里电流放大系数值在降低到低频值 0 的 0.707 时所对应频率称为共发射极截止频率.物理意义上  $f_a$  与  $f_b$  是相同的. $f_b$  值远比  $f_a$  小

$$f_a = (1 + \dots) f_b$$



(3)  $f_t$  特征频率如前所述晶体管工作频率超过一定值时, 值开始下降, 当 下降为 1 时, 所对应的频率叫特征频率  $f_t$ . 当  $F = f_t$  时, 晶体管完全失去了电流放大功能. 有时  $f_t$  也称为增益带宽乘积.  $f_t = f^*$ .

(4)  $f_m$  最高振荡频率---由于一般晶体管的输出阻抗总比输入阻抗要大, 因此即使是  $\beta = 1$  时或小于 1 时它还可能获得功率放大. 为了说明晶体管工作频率的限制, 又定义功率增益等于 1 时的频率称为晶体的最高振荡频率  $f_m$ . 当  $f = f_m$  时, 功率放大的倍数等于 1. 其意义即是晶体管电路在这个频率下振荡时输出端全部功率反馈到输入端时刚好可以维持振荡工作状态. 频率在高一点即停止振荡.

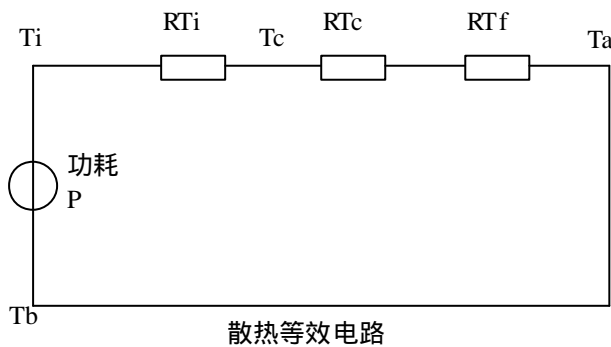
## 八 三极管的散热与二次击穿

一: 表征散热能力的重要参数-----热阻

热的传导路径, 称为热路. 阻碍热的传导的阻力称为热阻, 真空不易传热, 即热阻大. 金属的传热性好, 即热阻小. 在三极管中, 管子的电压降绝大部分都降在集电结上, 它和流过集电结的电流造成集电极功率损耗, 使管子产生热量. 这个热量要散发到外部空间去. 同样受到阻力, 这就是热阻. 三极管的热阻大小通常用  $^\circ\text{C}/\text{W}$  (或  $^\circ\text{C}/\text{MW}$ ) 表示. 它的物理意义是每瓦 (或每毫瓦) 集电极耗散功率使三极管温度升高的度数. 显然三极管的热阻小, 即表明管子的散热能力强, 在环境温度相同下, 允许的集电极功耗  $P_{cm}$  就大, 反之就小.

二: 半导体三极管的散热等效电路.

三极管依靠本身外壳散热的效果较差, 为了提高集电极允许的功耗  $P_{cm}$ , 通常需加散热装置.



设集电结到管壳的热阻为  $RT_j$ , 管壳与热片之间的热阻为  $RT_c$ . 散热片与周围空气的热阻为  $RT_f$ , 则总的热阻可以近似为  $RT = RT_j + RT_c + RT_f$ .

$RT_j$  一般可由手册中查到.  $RT_c$  主要由两个方面因素决定. 一是三极管和散热片之间是否加垫绝缘层 (如 0.5mm 厚的绝缘垫片热阻约为  $1.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$ ); 另一个是二者之间的接触面积和紧固程度. 一般  $RT_c$  在  $0.1 \text{---} 3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$  之间. 散热片的热阻  $RT_f$  完全决定于散热片的形成. 材料和面积 (注意散热片面积按一面算)

三: 半导体三极管的散热计算

半导体三极管的最大允许耗散功率  $P_{cm}$ , 决定于总的热阻  $RT$ , 最高允许结温  $T_j$  和环境温度  $T_a$ .

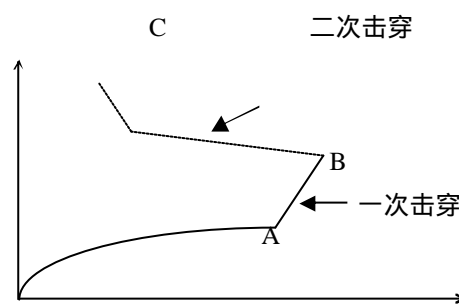


$T_j - T_a = RT P_{cm}$ . 上式说明在一定温升下,  $RT$  小, 也就是散热能力强, 半导体三极管允许的耗散功率  $P_{cm}$  就大; 另一方面在一定的  $T_j$  和  $RT$  的条件下, 环境的温度  $T_a$  愈低, 允许的  $P_{cm}$  也大. 利用公式可以计算小功率管在不同环境温度下允许的  $P_{cm}$  值, 也可以计算大功率管在一定环境温度和散热片面积下, 功率管允许的集电极耗散功率  $P_{cm}$ , 或给定  $P_{cm}$  情况下求散热片的面积.

#### 四: 二次击穿现象

在实际工作中常发现三极管功耗并未超过允许的  $P_{cm}$ , 管身也不烫, 但是三极管却突然失效或者性能显著下降, 这种损坏不少是由于二次击穿所造成的.

当集电极电压  $V_{ce}$  还渐增加时, 首先出现一次击穿, 这种击穿就是正常的雪崩击穿. 当这种击穿出现时, 只要适当限制三极管的电流(或功耗)且进入击穿的时间不长, 管子并不损坏. 因此, 一次击穿具有可逆性. 一次击穿出现后, 如果继续增大到某数值, 三极管工作状态将以毫秒级甚至微秒的速度向低压大电流压, 如图所示 BC 段相当于二次击穿.

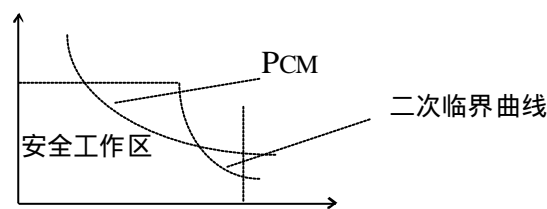


#### 五: 二次击穿是怎样产生的

一般说来, 二次击穿是一种与电流电压功率和结温都有关系的效应. 它的物理过程多数认为是由于流过三极管结面的电流不均匀. 造成结面局部高温(称为热斑), 因而产生热击穿所致. 这与三极管的制造工艺有关.

#### 六. 功率三极管的安全工作区

工作安全区不仅受集电极最大电流  $I_{cm}$  集电极允许最大电压  $V_{(br)ce}$  和集电极允许的最大功耗  $P_{cm}$  所限制. 而且还受二次击穿临界边线所限制.

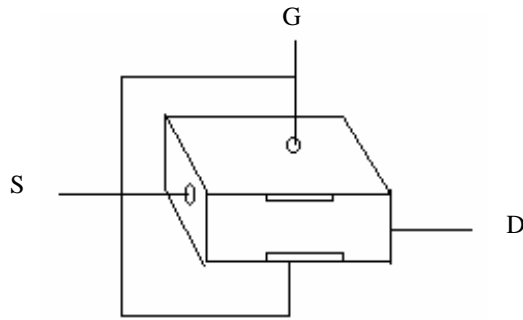


#### 七: 怎样避免二次击穿

- 1> 在设计电路时, 要设法使三极管工作在安全区以内, 而且还要留有余地.
- 2> 使用时要尽量避免产生过压和过流的可能性, 不要将负载开路或短路, 不要突然加强信号, 同时不允许电源电压有很大的波动.
- 3> 采取适当的保护措施. 为了防止由于感性负载而使管子产生过压或过流, 可在负载两端并联二极管(或二极管和电容)此外, 也可对三极管加以保护, 保护的方法很多, 例如可以用稳压管并联在功率管的 CE 两端, 以吸收瞬时的过电压等等.

## 九 结型场效应管

### 一：结构



是在N型半导体材料两边扩散高浓度的P型区(用P<sup>+</sup>表示)形成两个PN结,两边P<sup>+</sup>型区引出两个电极并连在一起称为栅极.N型本体材料两端引出两个电极,分别称为源极S,源极D.两个PN结间的N型区称为导电沟道.这种称为N沟道结型管代表符号箭头方向表示栅结,正向偏置时,栅极电流方向是由P指向N.故从符号上可识别D与S之间是由N沟通.

### 二:工作原理:

首先从 $V_{gs}=0$ 开始讨论,当 $V_{gs}=0$ 时,P<sup>+</sup>区是重掺杂区,P<sup>+</sup>结耗尽层,N区薄层是低掺杂的.在线性放大状态下P<sup>+</sup>N结的耗尽层将向N区扩展,就集N区薄层变得更窄.其狭窄程度取决于反向偏压 $V_{gs}$ 的大小.当漏源间接正电源,而栅源间接负电源 $V_{cc}$ ,这时 $V_{gs}=-V_{gg}$ ,由于D侧P<sup>+</sup>N结反偏电压增大,沟道电位将从D至S呈递减布使沟道呈漏关状.源间流过漏极电流 $I_o$ 的大小取决于沟道电阻 $R_{ds}$ 的阻值.由于P<sup>+</sup>N结耗尽层基本上没有载流子,是不导电,漏极电流 $I_o$ 只能从剩下N沟道通过,为此设法改变沟道电阻 $R_{ds}$ 的阻值就可以相应的改变漏极电流的数值,当 $V_{ds}$ 不变时,若栅源电压 $V_{gs}$ 越大,则耗尽层越向N区扩展,N沟道就会越窄,沟道电阻 $R_{ds}$ 就越大,显然漏极电流 $I_o$ 就会变小.反之若栅源电压 $V_{gs}$ 越小,则漏极电流 $I_o$ 就越大.

由此可见,可以通过改变反向偏压 $V_{gs}$ 的大小来改变P<sup>+</sup>N结耗尽层的宽度,从而改变导电沟道的宽度和沟道电阻 $R_{ds}$ 的大小.使之达到控制漏极电流 $I_o$ 的目的.所以JFET是一种利用反向偏压控制漏极电流的电压控制器件.

当 $V_{os}$ 继续增加,使漏栅间的电位差加大.靠近漏端电位差最大,耗尽层边最宽.当耗尽层在A点相遇时,称为预夹断,A点耗尽层两边的电位差用夹断电压 $V_p$ 描述,此时在预夹断点A处 $V_p$ 与 $V_{GS},V_{DS}$ 之间有如下关系: $V_{GS}-V_{DS}=V_p$

在从源极到夹断处的沟道上,沟道内电声基本上不随 $V_{DS}$ 改变而变化.所以, $I_D$ 基本上不随 $V_{DS}$ 增加而上升,漏极电流趋于饱和.

### 三:输出特性:

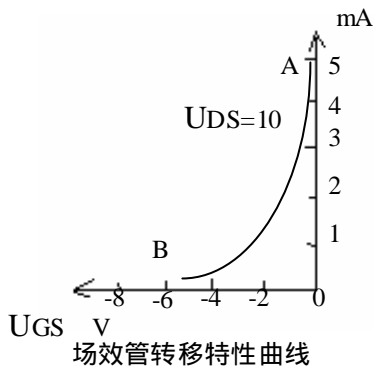
指在栅源电压 $V_{gs}$ 一定的情况,漏极电流 $I_o$ 与漏源电压 $V_{ds}$ 之间的关系即 $I_o=f(V_{ds})/V_{gs}$ 常数.如图在I区内栅源电压愈负,输出特性愈倾斜,漏源间的等效电阻愈大,因此在I区,场效应管看作一个受栅源电压控制的可变电阻,故称可变电阻.在II区内,称为饱和区或恒流区,场效应管用作放大器时,一般工作在这个区域.在III区内,当 $V_{ds}$ 增至一定的数值时,由于加到沟道中耗尽层的电压太大,电场很强,至使栅漏间的P<sup>+</sup>N结发生雪崩击穿, $I_o$ 迅速上升,称为击穿区,不允许工作这个区域.

### 四:转移特性

场效应管是由电压控制器件,它除了用输出特性及一些参数来描述其性能外,由于栅极输入端基本上没有电流,故讨论它的输入特性无意义.所谓转移特性在一定源电压 $V_{ds}$ 下,栅源电 $V_{gs}$ 对漏极电流 $I_o$ 的控制特性即 $I_o=f(V_{gs})/V_{ds}=\text{常数}$ .

实验表明,在 $V_p$   $V_{gs} > 0$ 的范围内,即在饱和区内, $I_o$ 随 $V_{gs}$ 的增加(负数减小)近似按平方律上

升,因而有  $i_D = I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)^2 (V_P - V_{GS} > 0)$  这样,只要给出  $I_{DSS}$  和  $V_P$  就可以把转移特性中的其它近似计算出来.



## 五:主要参数

### 1>夹断电压 $V_p$

实际测试时,通常令  $V_{ds}$  为某一固定值(例如 10V),使  $I_o$  等于一个微小的电流(例如 50 $\mu$ A)时栅源之间所加的电压称为夹断电压.物理意义上讲,相当于图 8-1 中的夹断点延伸到靠近源极,达到全夹断状态.考虑到靠近源端从向电位差接近于零,源端耗尽层两边的电位差可以认为是  $V_{gs}$ .所以此时  $V_{gs} = V_p$ .

### 2>饱和漏电流 $I_{DSS}$ .

在  $V_{gs} = 0$  的情况下,当  $V_{ds} > V_p$  时的漏极电流称为饱和漏电流  $I_{DSS}$ .通常令  $V_{ds} = 10V, V_{gs} = 10V$  时测出的  $I_o$  就  $I_{DSS}$ .在转移特性上,就是  $V_{gs} = 0$  时的漏极电流(见图 8-4)

### 3>最大源电压 $V_{(br)ds}$

$V_{(br)ds}$  是指发生雪崩击穿, $I_o$  开始急剧上升时的  $V_{ds}$  值.由于加到 PN 结上的反向偏压与  $V_{gs}$  有关,因此  $V_{gs}$  愈负,  $V_{(br)ds}$  就愈小.

### 4>最大栅源电压 $V_{(br)gs}$

指输入 PN 结反向电流开始急剧增加时的  $V_{gs}$  值.

### 5>直流输入电阻 $R_{gs}$

在漏源之间短路的条件下,栅源之间加一定电压时的栅源直流电阻就是直流输入电阻  $R_{gs}$ .

### 6>低频跨导 $g_m$

在  $V_{ds} = \text{常数}$  时,漏极电流的微变量和引起这个变化的栅源电压的微变量之比,称为跨导.即  $g_m = \left. \frac{dI_D}{dV_{GS}} \right|_{V_{DS}}$  互导(跨导)反映了栅源电压对漏极电流的控制能力,它相当于转移特性上工作点的斜率.跨导是表征场效应管放大能力的一个重要参数.单位为  $ms$  或  $us$ .

值得注意跨导随管子的工作点不同而变  $g_m = d[I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)^2]$

$$= -2I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)/V_P \quad (\text{当 } V_P - V_{GS} > 0)$$

### 7>输出电阻

输出电阻  $R_d$  说明  $R_{ds}$  对  $I_o$  的影响.是输出特性某一点上切线斜率的倒数.在饱和区即线性放大区, $I_o$  随  $V_{ds}$  改变很小.因此  $R_d$  的数值很大.一般在几十千欧到几百千欧之间.

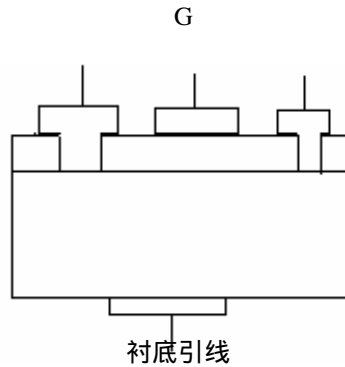
### 8>最大耗散功率 $P_{dm}$

场效应管的耗散功率等于  $V_{ds}$  和  $I_o$  的乘积.即  $P_{dm} = V_{ds} i_D$  这些耗散在管子中的功率将变为热能,使管子的温度升高.显然, $P_{dm}$  受管子的最高工作温度的限制.

## 九 MOS 场效应管

### 一:沟道增强型绝缘栅场效应管

#### 1.结构



它以一块掺杂浓度较低,电阻率较高的 P 型硅半导体薄片作为衬底,利用扩散的方法在 P 型硅中形成两个高掺杂的 N+区.然后在 P 型硅表面生长一层很薄的二氧化硅绝缘层.并在二氧化硅表面及 N+区的表面上分别安装三个铝电极---栅极 g,源极 s 和漏极 d 就形成 MOS 管.

## 2.工作原理

在栅源短接(即栅源电压  $V_{gs}=0$ )时,源区(N+)型,衬底(P 型)和漏区(N+)型就形成两个背靠背的 PN

结,不管  $V_{ds}$  的极性如何,其中总有一个 PN 结是反偏的.如果源极 S 与衬底 P 相连接地,漏极接正电压时,漏极和衬底间的 PN 结是反偏的.所以漏源之间没有形成导电沟道.基本上没有电流流过  $I_o=0$ (相当于漏源之间的电阻很大)

在栅源之间加上正向电压,则栅极(铝层)和 P 型硅片相当于以二氧化硅为介质的平板电容器,在正的栅源电压作用下,介质中便产生了一个垂直于半导体表面的由栅极指向 P 型衬底的电场,这个电场是排斥空穴而吸引电子的.因此该电场作用下,它排斥 P 型硅靠近栅极一侧的参数载流子(空穴)而少数载流(电子)受到电场力的吸引汇集到表面层中来,当正的栅源电压到达一定数值时,这些电子在栅极附近的 P 型硅表面形成了一个 N 型薄层,通常称为反型层,这个反型层实际上就组成了源极和漏极间的 N 型导电沟道,也叫感生沟道.这种在  $V_{gs}=0$  时没有导电沟通,而必须依靠栅源电压作用,才形成感生沟道的场效应管为增强型场效应管.

一旦出现感生沟道,两个被 p 型衬底隔开的两个 N+型区(源区和漏区)就被感生沟道连在一起.因此,在正的漏源电压作用下开始有漏极电流  $I_o$  产生.一般把在源漏电压作用下开始导电时的栅源电压叫开启电压  $V_t$ .当  $V_{ds}$  较小时, $I_o$  随  $V_{ds}$  上升通过增大.

由于沟道存在电位梯度因此沟道厚度均匀.靠近源端极薄.当  $V_{ds}$  增大到一定数值后,靠近漏端被夹断,形成一夹断区.沟道通夹断后, $V_{DS}$  上升,  $I_o$  趋于饱和.

(二).N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管.

### 1.结构.

管子在制造时,由二氧化硅绝缘层中掺有大量的正离子,即使  $V_{GS} = 0$  时,由于正离子的作用也能在漏区( $M^+$ 层)和源区( $N^+$ 层)的中间 P 型衬底上感应出较多的荷(电子)形成 N 沟道将源漏极相道.因此在栅源电压为零时,在正的  $V_{DS}$  作用下,也有较大的漏极电流  $I_o$  由漏极流向源极,如果所加的栅源电压  $V_{GS}$  为负,则使沟道中感应的负电荷减少,从而使漏极电流减小,所以称它为耗尽型.

### 2.特点.

所不同的是,N 沟道结型场效应管.当  $V_{GS}>0$  时,将使 PN 结处于正向偏置而产生较大的栅极电流.破坏了它对漏极电流  $I_D$  的控制作用.但是 N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管在  $V_{GS}>0$  时,由于绝缘栅

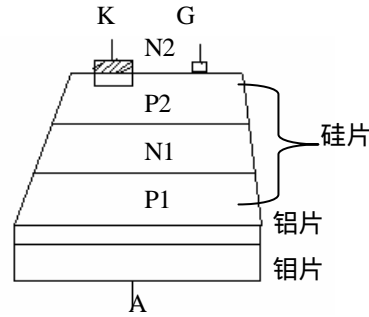
存在,并不会产生 PN 结正向电流而是在沟道中感应出更多的负电荷.在  $V_{GS}$  作用下,  $I_D$  将具有更大的数值.

耗尽型绝缘场效应管的一个重要特点.

## 十.晶闸管

### 1.结构

它由PNPN 四层半导体构成,中间形成三个PN结,J1,J2,J3.从下面的P1层引出阳极,从N2层引出阴极,由中间的P2层引出控制极.



### 2.工作原理.

看成是PNP(T1)和NPN(T2)两个三极管组合而成.用图10-2所示模型表示,当阳—阴极间加正向电压 $V_{AK}$  ( $V_{AA}$ ),控制栅极—阴极加正向电压 $V_{GK}$  ( $V_{GG}$ )时,就产生控制极电流 $I_G$  (即 $I_{B2}$ ),经T2放大后,形

成集电极电流 $I_{C2} = \beta_2 I_{B2}$ .这个电流又作为T2的基极电流再行放大,如此循环往复形成正反馈进程,从而使晶闸管完全导通(电流的大小由外加电源电压和负载电阻决定).这个导通过程称为触发电,一般时间很短,不超过几微秒.导通后即使去掉 $V_{GG}$ 晶闸管依靠自身的正反馈作用仍然可以导通,并成为不受控.因此.

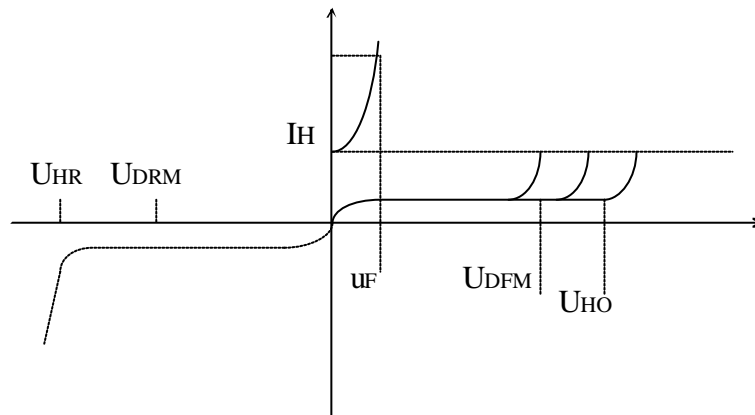
$V_{GG}$ 只起触发导通的作用,一经触发后,不管 $V_{GG}$ 存在与否晶闸管仍然导通.

如果 $I_A$ 降低到小于某一数值 $I_H$ 时,就不能维持正反馈过程,晶闸管就不能导通,而是正向阻断状态.

如果晶闸管加反向电压(阳极为负,阴极为正),则此时J1,J3结承受反电压,无论控制极是否加正向触发电压,晶闸管均不导通,呈反向阻断状态.

在阳—阴极加上一定大小的正向电压,还要在控制极—阴极加上正向触发电压才能使晶闸管导通.

### 3.伏安特性



### 4.主要参数.

#### (1)电压定额

A.正向转折电压 $V_{BD}$ :这是指指额定结温(100A以上为115,50A以下为100)峰控制极断开的条件下,阳极—阴极加正弦半波正向电压,使组件由阻断状态发生正向转折变成导通状态所对应的电压峰值.

B.断态重复峰值电压 $V_{DRM}$ :又称正向阻断值电压其值为 $V_{DRM} = V_{BD} - 100V$ .

C.反向转折电压 $V_{BR}$ :就是反向击穿电压.

D.反向重复峰值电压 $V_{RRM}$ :又称反向阻断峰值电压,所指的是指控制开路,在额定结温下,允许重复

加在器件上的反向峰值电压.其为 $V_{RRM} = V_{BR} - 100V$ .

E.额定电压 $V_D$ :通常把 $V_{DRM}$ 和 $V_{RRM}$ 中较小的一个数值称作:额定电压 $V_D$ .

F.正向平均电压 $V_F$ :在规定的环境温度和标准散热条件下,当正向通过正弦半波额定电流时组件两端的电压降在一个周期内的平均值称为通态电压降 $V_F$ ,又称管压降,一般在0.6-1.2V,范围内管压降

与正向平均电流的乘积是正向损耗,它是组件发热的主要原因.

(2)电流定额.

A 额定正向平均电  $I_F$  :它是在规定环境温度及标准散热条件下允许通过正弦半波电流的平均值,一般  $I_F$  为正常工作平均电 1.5-2 倍以留有一定的余量.

B.掣信电流  $I_{LA}$  :它是由断态到通态的监界电流.

C.维持电流  $I_H$  :指由通到断态的最小电流.

D.浪涌电流  $I_{FSM}$  :指允许电流过载值.

(3)控制极定额:

A 控制极 4 触发电压  $V_G$  电流  $I_G$  :指在规定的环境温度和阳极-阴极间加一定正向电压的条件下,使晶闸管从阻断状态转变为导通状态,所需要最小控制极直流电压,最小控制极直流电流称为触发电压,触发电流.

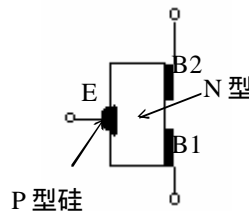
B.控制反向电压.

反向电压,不得超过 10V,以免损坏控制结(J3)

## 十一单结晶体管

1.结构:

结构上只有一个 PN 结,它是在一块低掺杂(高电阻率)的 N 型硅基片上一侧的两端各引出一个欧姆接触的电极,称为第一基极 B1 和第二基极 B2,而在硅片的另一侧靠近处,用合金或扩散法掺入 P 型杂质,形成一个 PN 结,引出电极,称为发射极 E.

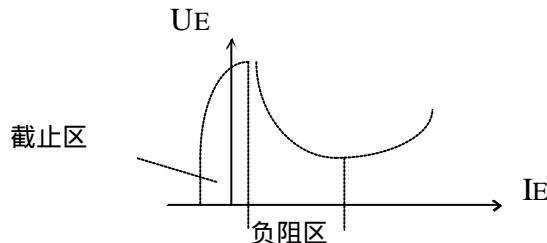


2.单结晶体管的伏安特性:

即在基极 B2, B1 间外加一恒定的正向电压  $V_{BB}$  时(B2 接正, B1 接负)发射极电流  $I_E$  与 EB1 之间  $V_E$  的关系曲线,即  $I_E = F(V_E) / V_{BB} = \text{常数}$ ,当发射极不加电压时,外加电压  $V_{BB}$  在  $R_{B1}$  和  $R_{B2}$  之间分压使 A 点 B1 之间的电压为

$$V_A = \{R_{B1} / (R_{B1} + R_{B2})\} V_{BB} = V_{BB}$$

式中  $V_A$  称为分压系数,或称为分压比,它与管子的结构有关,一般在 0.3-0.9 之间.



当外加电压  $V_E < V_A + V_D = V_{BB} + V_D$  时( $V_D$  为 PN 结正向压降)PN 结承受反向电压而截止,故发射极回路只有微安级漏电流,EB1 间呈现很大的电阻,管子处一截止状态,对应于这一段称为截止区.当  $V_E = V_P = V_{BB} + V_D$  时,PN 结成承受正向电压,始导通,对应于图 P 点,该点电压称为峰值电压  $V_P$ ,电流称为峰点电流  $I_P$ ,导通后 B1 点电位低于 E 点,大多数空穴注入到 N 型基片 B1 一端,同时有等量电子从 B1 注入基片,以保持基片电中性,这样就使  $R_{B1}$  急剧减小,致使分压比  $V_A$  下降,这时 E 点

对应A点的正向偏压增加,  $I_E$  迅速增加, 即有更多的空穴通过 PN 结注入到基片下半部分, 从而使  $R_{B1}$  变得更小, A 点电位下降更低, PN 结要求维持导通的  $V_E$  也随之下落(因  $V_E = V_{BB} + V_D$ ) 这样反复形成正反馈过程, 一直达到电压的最低点  $V$  称为谷点电流  $V_V$  与谷点电流  $I_{V0}$  在谷点以右  $V_E$  随  $I_E$  增加而渐增加, 对应于  $V$  以右的特性, 称为和区, 其动态电阻为正值. 导通后, 若的射极电压减小到  $V_E < V_V$  时, 单结晶体管由导通恢复到截止状态. 一般  $V_V = 2-5V (V_{BB} = 20V)$

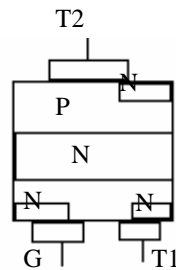
## 十二双向晶闸管

普通晶闸管(SCR)实质上属于直流控制器件. 要控制交流负载, 必须将两只晶闸管反极性并联, 让每只(SCR)控制一个半波, 为此需要两套独立的触发电路, 使用不够方便.

双向晶闸管是在普通晶闸管基础上发展而成的, 它不仅能代替两只反极性并联的晶闸管, 而且仅需要一个触发电路.

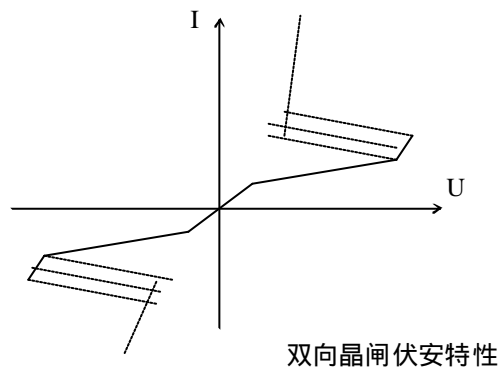
### 1. 结构

从形成上看成两只普通晶闸管的组合, 但实际上它是由 7 只晶体管和 5 只电阻构成的功率集成器件, 它属于 NPNPN5 层器件, 3 个电极分别是 T1, T2, G 因该器件可以双向导通, 故除门极 G 以外两个电极统称为端子, 用 T1, T2 表示, 不再划分成阳极或阴极.



### 2. 特点:

当 G 和 T2 极相对于 T 极电压为正时, T2 是阳极, T 是阴极, 反之. 当 G 极和 T2 相对于 T 的电压均为负时, T1 是阳极, T2 为阴极. 双向特性曲线见下图由于正反向特性曲线具有对称性. 所以它可在任何一个方向导通.



## 十三可关断晶闸管 GTO

### 1. 工作特点.

当门极加负向触发信号时能自行关断.

### 2. 结构:

可关断晶闸管也属于 PNP 四层三端器件, 其结构及等效电路与普通晶闸管相同,

### 3. 原理:

尽管它与普通晶闸管触发原理相同,但两者的关断原理及关闭方式截然不同.这是由于普通晶闸管在导通之后即处于深度饱和状态,而  $V_S$  导通后只能达到临界饱和,所以给  $V_S$ (SCR)门极加上负向触发信号即可关断.

#### 4.参数.

- A. 为断态重复峰值电压,它表示出现 GTO 两端的断态电压的最高瞬时值.
- B.  $I_{ATM}$  最大可关断电流.
- C.  $V_{DRM}$  为门极反向峰值电压.
- D.  $V_{TM}$  是通态峰值电压.
- E.  $R_{TH}$  为结到散热器的热阻.
- F. 还有一个重要参数就是关断增益  $\beta_{OFF}$ ,它等于阳极最大可关断电流  $I_{ATM}$  与门极最大负向电流  $I_{GM}$  之比,有公式  $\beta_{OFF} = I_{ATM} / I_{GM}$   
 $\beta_{OFF}$  一般为几倍至几十倍,此值愈大,说明门极电流对阳极电流的控制能力愈强很虽然  $\beta_{OFF}$  与晶体管电流放大系数  $H_{FE}$  有相似之处.

## 第三部分 IC(集成电路)

### 一、概述

?? 种类、

1? 按功能不同可分仿真集成电路和数字集成电路.

a? 仿真集成电路用来产生放大和处理各种仿真信号(音频、连续电信号)

b? 数字集成电路用来产生放大和处理各种数字信号(数字信号、指在时间上和幅度上离散取值的信号,在电子技术中,通常把仿真信号以外的非连续变化的信号,统称数字信号.

2? 按工艺分:

a? 半导体集成电路:用半导体工艺技术,在硅基片上制作包括电阻、电容、三极管、二极管等组件并具有某种电路功能的集成电路.

b? 膜集成电路:在玻璃或陶瓷片等绝缘物上,以“膜”的形式制作电阻、电容等无源器件.

c? 混合集成电路:在实际应用中是无源膜电路上外加导体集成电路或分离无件二极管、三极管等有源器件,构成一个整体.



3、按集成度分：大规模、中规模、小规模、不超大规模。

?? 内部电路结构特点：

1 ? 能精确地稳定放大器的工作。

2 ? 给放大器提供稳定的偏置电压或工作电压。

3 ? 能提高放大器交流负载(以提高其增益)而又能克服其直流工作电压下降和不减小其动态范围的有源负载电路。

4 ? 实现零电平输入、零电平输出的直流电平位移电路。

5 ? 温漂抑制作用强、输入阻抗大、失调电流小、增益高的差分放大电路。

6 ? 能够完成双端输出转换为单端输出的单位增益放大器双转单电路及镜像电流源双转单电路。

7 ? 输入阻抗大，输出阻抗小，能起一定隔离作用，过载能力强，静态功耗小的射极输出电路。

?? 电参数

< ? > 数字集成电路 (CMOS 集成电路)

1 ? 静态参数

(1) 输入高电平电压  $V_{IH}$ :使输出端为规定值,输入端所施加的最小高电平电压。

(2) 输入低电平电压  $V_{IL}$ :使输出端为规定值时,输入端所施加的最大低电平电压。

(3) 输出高电平电压  $V_{OH}$ :输入端加规定电平下,使输出端为逻辑高电平 H 时的电压。

(4).输出高电平电压  $V_{OL}$ :输入端加规定电平下,使输出端为逻辑低电平 L 时的电压。

5).输入高电平电流  $I_{IN}$ :

6).输入低电平电流  $I_{IL}$ :

7).输出高电平电流  $I_{OH}$ :输入端加规定的电平使输出为高电平 H 时,输出端加规定电的电平下流出器件的电流。

8). 输出低电平电流  $I_{OL}$ :输入端加规定的电平使输出为高电平 L 时,输出端加规定电的电平下流出器件的电流。

9).电源电流  $I_{OD}$ :输入端施加规定的电平,经电源流入器件的电流。

2.动态参数:

1) 输入电容  $C_I$ :在规定测试条件下,器件输入端相对于电源  $V_{SS}$  端的电容值。

2) 脉冲宽度  $T_w$ :时序逻辑器件,输出电平按规定临界转换前,在触发射入端施加的脉电压上升和下降沿两规定的参考电平间的最小时间。

3) 输入脉上升时间  $t_w$ :时序逻辑器件,输出逻辑电平按[规定临界转换前,在触发输入端施加的脉冲电压上升沿上两规定的参考电平间的最大时间。(见图一)

4) 输入脉下降时间  $t_f$ :时序逻辑器件,输出逻辑电平按规定临界转换前,在触发输入端施加的脉冲电压下降沿上两规定的参考电平间的最大时间。(见图二)

5) 最高时钟频率  $f_{max}$ :时序逻辑器件,输出逻辑电平按规定临界转换前,在时钟输入所施加脉冲电压的最高频率。

6).输出由低电平到高电平传输延迟时间  $t_{PLH}$ :输入端在施加规定的电平和脉冲电压时,输出脉冲电压由低电平到高电平的边沿和对应的入脉冲电压边沿上两规定的参考电平间的时间(见图三)

- 7). 输出由高电平到低电平传输延迟时间  $t_{PHL}$ :输入端在施加规定的电平和脉冲电压时,输出脉冲电压由高电平到低电平的边沿和对应的入脉冲电压边沿上两规定的参考电平间的时间(见图四)
- 8). 上升时间  $t_{ro}$ :输出脉冲电压由低电平到高电平的边沿上两规定的参考电平间的时间(见图五)
- 9). 下降时间  $t_{fo}$ :输出脉冲电压由高电平到低电平的边沿上两规定的参考电平间的时间(见图六)

## (二).运算放大器的主要参数:

### 1).输入失调电压 $V_{os}$ :

在运算放大器两输入端外加一直流补偿电压,使放大器输出端为零电位,此外加补偿电压为输入失调电压  $u_{os}$ .

### 2).输入失调电压温漂 $dv_{os}/dt$ :

在规定的环境温度内单位温度变化所引起的输入失调电压温漂.

### 3).输入偏置电流 $I_B$ :

运算放大器在失调补偿后,使放大器输出为零时,两输入端需偏置电流的平均值即为输入偏置电流  $I_B$ .

### 4).输入失调电流 $I_{os}$ .

输入信号为零时,放大器两个输端偏置电流之差即为失调电流  $I_{os}$ .

### 5).输入失调电流温漂 $dv_{os}/dt$ :

运算放大器在规定的温度范围内,单位温度变化所引起的输入失调电流变化量即为输入调电流温漂  $dv_{os}/dt$ .

### 6).最大输入差共模电压 $V_{IOM}$ :

运算放大器两输入端所能承受的最大电压差即为最大输入差共模电压  $V_{IOM}$ .

### 7).最大输入共模电压 $V_{ICM}$ :

运算放大器两输入共模电压  $V_{CM}$ ,当  $V_{CM}$  增加到使其共模抑制比下降 6dB 时的值即为最大输入共模电压  $V_{ICM}$ .

### 8).差模电压增益 $A_{od}$ :

放大器在开环时(没有外部反馈)输出直流电压增量与输入直流差模电压增量之比即为开环差模电增益.

$$A_{od} = V_o / V_i \quad A_{od} \text{ 通常以 Db 表示: } A_{od} = 20Lg \quad V_o / V_i (\text{dB})$$

### 9).共模抑制比 $CMMRR$ :

$$CMRR = A_{od} / A_{oc} \text{ 或 } CMRR = 20Lg A_{od} / A_{oi} (\text{Db})$$

### 10).差模输入电阻 $R_{id}$ :

运算放大器的开环时,两个输入端视入端的动态电阻.

### 11).-3Db 带宽 $f_o$ :

运算放大器开环电压增益下降 3Db 时的频带宽度,即为-3Db 带宽  $f_o$ .

### 12).单位增益带宽 $f_o$ :

运算放大器的开环电压增益下降到 1(0Db)时的频带宽度,即为单位增益带宽  $f_o$ .

### 13).静态功耗 $P_o$ :

运放大器在标电源电压条件,输入信号为零,为接负载时的功耗即为  $P_o$ .

#### 14).转换速率 SR:

运算放大器在额定\输出电压,输出电压的最大变化速率即为 SR

(三)极限参数有时也称做最大额定值,是指为了保证集成电路的寿命和性能,由生产厂家规定的绝对不能超过的值.在实际使用中,如果超进其极限值中的一项,集成电路有可能被损坏.即使不被损坏,电路指针可能下降,集成电路本身的质量可能变低,寿命可能缩短.

## 第四部分其它各类器件.

### 一原理:

当线圈通过一定的电压,线圈中就会产生一定的电流.由于电流的磁效应,铁芯被磁化具有磁性.动铁芯(即衔铁)就会在磁加不引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向静铁芯,从而带动衔铁上的动触点常开触点.当线圈为端电压断开,电磁吸力消失,衔铁就会在返回弹簧作用不返回原本位置.使动接点与常闭合.从而实现对电路的控制(可以实现低电压控制高电压)

### 二.结构.

### 三.参数:

#### 1.触点接触电阻:

由于触点导体材料本身有一定的,两触点,接合也会有一个很小的电阻.这个电阻对电路上电流导通不利,因此越沪越好.

#### 2.线圈电阻:

指线圈的电阻值,手册只给出某型号继电器的额定工作电压和线圈电阻,这时就可以根据欧姆定律求出额定工作电流,例如“TIC-21F/006-1Z”继电器的电阻为 100 ,额定工作电压 6V.则额定工作电流  $I=V/R=6V/100 =60MA$ .同样根据线圈电阻和额定工作电流也可以求出线圈的额定工作电压.

#### 3.额定工作电压和额定工作电流.

这是指继电器正常工作时线圈需要的电压或电流值.一种型号的继电器的构造大体是相同的,为了使一种型号的继电器能适用不同的电路.它 4 有多种额定工作电压或额定工作电流以供选用.并用规格号加以区别.如型号“TIC-21F/006-1Z”的继电器其中“006”即为规格号.表示额定工作电压为 6V.如“JIC-21F/048-1Z”的继电器,其中“048”为规格号,表示额定工作电压为 48V.

#### 4.吸合电压或电流.

它指继电器能够产生吸合动作的最小电压或电流.如果只给继电器的线圈加上吸合,这时的吸合动作是不可靠的.一般吸合电压为额定工作电压的 75%左右.如“JIC-21F/009-1Z”的吸合电压为 6.75V.

#### 5.释放电压或电流.

继电器线圈两端的电压减小到一定数值时,继电器就从吸合状态转换到释放状态.释放电压或电流是指产生释放动作的最大电压或电流,释放电压比吸合电压小得多.例如 JQX-4/012 型的继电器,额定工作电压为 12V,吸合电压为 9V,释放电压为 2.2V.

#### 6.接点负荷.

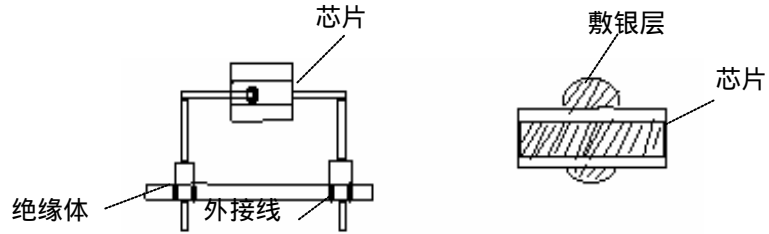
它是指接点的负载能力.正集一个能肩负的担子是有限度的,超过了限度就难以胜任一样.继电器的接点在切换时能承受的电压或电流值也有一定的数值.有时也称为接点容量.例如 JQX-10 型的继电器的接点负荷是 28V(DC) X 10A 或 220V(AC) X 5A.它表示这种继电器的接点在工作时电压或电流值不应超过该值,否则会影响甚至损坏接点,一般同一型号的继电器的接点负荷值都是相同

的.其它,继电器接点的吸合,释放时间,继电器的使用环境,安装形式,绝缘强度接点寿命等参数,在正规设计时需要考虑,而一般使用时不必考虑.

## 二.振荡器.

### (一)压电效应和等效电路.

#### 1.结构.



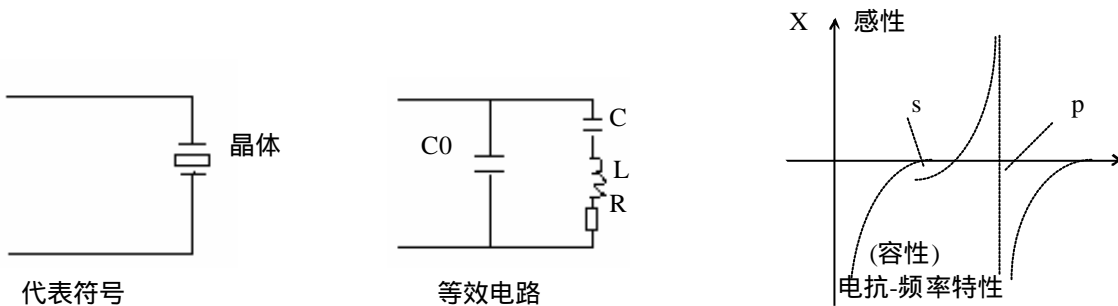
石英晶体是一种各向导性的结晶体,从一块晶体上按一定的方位角切下薄片称为芯片(可以是正方形,矩形或圆形等)然后在芯片的两个对应表面上涂搏银层装上一对金属,就构成石英晶体谐振器.

#### 2.压电效应.

石英芯片所以能做谐振器是基于它的“压电效应”,从物理学中已知,若在芯片的两个极板间加一个电场,会使晶体产生机械变形,反之,若在极板间施加机械力,不会在相应的方向上产生电场,这种现象称为压电效应.如在极板间所加的是交变电压,就会产生机械变形振动,同时机械变形振动又会产生交变电场,一般来说,这种机械振动的振幅是比较小的.但其振动频率则是很稳定的.但当外加变电压的频率与芯片的固有频率(决定于芯片的尺寸)相等时,机械振动的幅度将急剧增加,这种现象称为“压电谐振”

#### 3.等效电路.

石英晶体谐振器的压电谐振现象可以用图所示的等效电路来摸摊,等效电路中的  $C_0$  为切片与金属板构成的静电电容, $L$  和分别摸摊晶体的质量(代表惯性)和弹性,而芯片振动时,因摩而造成的损耗则用电阻  $R$  来等效.石英晶体的一个可贵的特点在它具有很高的质量与弹性的比值(等效于  $L/C$ ),因而它的质量因子  $Q$  高达 10,000—500,000 的范围内.如图表示晶振符号.等效电路和电抗特性.



石英晶体具有串联和并联两种谐振现象,构成振荡电路的形式尽管多种多样,但其基本电路只有两类,即串联晶体振荡器和并联晶体振器,前者石英晶体是以串联谐振的形式出现,而后者则是以并联谐振的形式出现.

由石英晶体谐振器组成的振荡器,最大特点是频率稳定度极高,可达十的负八次方每日至十的负九次方每日,甚至更高,例如 10MHZ 的振器,一日内频率变化小于 0.1—0.01HZ,甚至小于 0.0001HZ.

#### 二.参数:

晶振组件的主要参数是标称频率  $f_0$ ,负载电容  $C_L$  激励电平(功率),工作温度范围和温度频差.

晶体相当于电感,组成振荡电路时需配接外部电容,此电容即是负载电容  $C_L$ .在规定的  $C_L$  下晶振元

件的振荡频率即为标准频率  $f_0$ .

负载电容  $C_L$  是参与决定振荡频率的,所以设计电路时必须按产品手册中规定的  $C_L$  值才能使振荡频率符合晶振的  $f_0$ ,激励电平(功率)是指晶振组件工作时会消耗的有效功率.激励电平应大小适中,过大会使电路频率稳定度差,甚至“振裂”芯片,过小会使晶振荡幅度减小和不稳定,甚至不能起振.一般激励电平不大于额定值,但也不要小于额定值的百分之五十.温度频差是指在工作温度范围内的工作频率相对于基准温度下工作频率的最大偏离值,该参数实际代表晶振频率温度特性.

## 三 保险丝

### 一.保险丝分类

#### 1.普通玻璃管熔丝:

这种熔丝十分常用,其价格低,使用方便,额定电流主要有 0.5A,0.75A,1.0A,1.50A,2.0A,2.5A,3.0A,4.0,5.0A,6.0A,8.0A,和 10A 等规格,这种熔丝通常与相应的熔丝座配使用,以方便更换.

#### 2.快速熔断保险丝:

快速熔断组件的主要特点是熔断时间短,适用于要求快速切断电路场合,快速熔断组件过去多为玻璃管型,外形与普通熔断丝没什么差别.现在已很少使用,取而代之的主为一种称为“集成电路过流保护管”的组件,其文字符号通用 ICP 来表示,ICP 的外形如同普通塑封装的小功率三极管,但只有 2 个引脚,使用时一般直接焊接在电路上,十分方便,ICP 管损坏后用同规格熔断丝代替.

#### 3.延迟型保险丝:

延迟型保险丝的特点是能承受短时间大电流(浪涌电流)的冲击,而在电流过载超过一定时限后又能可靠地熔断.这种熔丝主要用在开机瞬时电流较大的电子整机中(开机电流往往达到正常工作电流的 5--7 倍),延迟型保险常在电流规格之前加字母 T.

#### 4.温度保险丝:

这种组件通常安装在易发热的电子整机的变压器,功率管上,电吹风,电饭锅,电钻等中.当机件发生故障发热,温升超过容许值时,温度熔丝自动熔断,使电源切断,从而保护相关部件.温度保险丝外壳上常标有额定温度,电流及电压值.

#### 5.熔断电阻:

熔断电阻大部为灰色,用色环或数字表示阻,额定功率由电阻尺寸大小决定,也有直接标示在电阻上.熔断电阻即有通电阻的性质,又有保险丝的作用,当电路中电流异常时电阻会迅速熔断起到保护作用,一般阻值很小,起到流作用.

#### 6.自恢复保险丝:

POLYSWICH 组件主要是由特殊处理过的聚合树脂(POLYSWICH)及导体(CONDUCTIVE)组成在正常操作下, POLYSWICH 紧密的将导体束縛在结晶状的结构内,构成一个低电阻值的链(CHAIN),因为阻抗相当低,所以线路上流经组件的电流所产生的热能小,且不会改变的晶体结构,然而当异常电流产生时,导体上所产生的热便会将束縛在 POLYSWICH 由晶体变成胶状,在此状态下,被束縛在 POLYSWICH 上的导体会分离,导致阻抗迅速提高而限制异常的电流过 POLYSWICH 组件,当异常电流排除后,导体链又重新恢复成低阻抗.

## 四 蜂鸣器

### ?? 结构及其压电效应

压电陶瓷片是用氧化铅,氧化锆,氧化钛和少量的稀有金属作原料,加进胶合剂经过混合.粗轧、精轧、切片和烧结等过程而制成,所以有时又叫它为锆钛酸铅压电陶瓷片.锆钛酸铅陶瓷片的主要特性是:具有压电效应,就是在压电片上加上电压,压电片会变形产生机械振动;反过来给压电片加上加机械压力,它又会产生出电压来,这种现象叫“压电效应”.

### ?? 性能检测

## 1 ? 直流电阻法 :

用三用表 RX1000K 挡测其两间直流电阻.正常应 .手持压电片,拇指与食指稍稍用力挤村两极面.阻值应发生变化(瞬间阻值 1M )

## 2 ? 直流电压法

将三用表 DIV 挡连接压电挡陶瓷片的两极,用手挤压两极面时,指针将会向一个方向摆动0.1V左右,随即松手,指针将反方向作一次摆动.在压力相同情况下,摆幅越大,压电片灵敏度越高.

## ? ? 直流电流法

将三用表拨在 DC 10UA 挡,笔一端接压电陶瓷片的基片上,另一端去接触片镀银层.每触一次,表针有微小摆动,摆动越大质量越好,否则说明其内部损坏.或者将表笔连接压电片两极.用手挤压两极面.指针将产生 1mA 左右的摆动,松手后,指针将反向摆动,指针摆动越大,其性能越好.

## 五 变压器(TRF)

### (? ) 特性:

(1) 变压器的变压比.变压器的初,次级线圈的匝数和电压有以下关系:

$$V_1/V_2=N_1/N_2=n$$

式中 n 称为变压比, $V_1$  和  $N_1$  分别代表初线圈的电压和线圈匝数, $V_2$  和  $N_2$  分别代表次级线圈的电压和线圈匝数,当  $n>1$  时,则为降压变压器,反之则为升压变压器

(2) 变压器的电压与电流的关系.若不考虑变压器的损耗.则有

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \quad \text{或} \quad V_1/V_2 = I_2/I_1$$

( $I_2, I_1$  分别表示初,次级绕组中的电流)

(3) 变压器的效率.在额定负载时,变压器的输出功率  $P_2$  和输入功率  $P_1$  的比值  $\eta$  称为变压器的效率.

用公式表示为:  $\eta = P_2/P_1 \times 100\%$

$\eta$  总是小于 100%,原因有以下两个方面

a:铜损:变压器的绕组是漆包线绕制的,由于导体存在着电阻,电流通过时就会因发热而损耗一部分电能

b:铁损:它包括磁滞损失和涡流损失.变压器通电后,由于电流的大小和方向不断地变化,磁力线也随之变化,使铁芯内部分子相互摩擦产生热量,从而影响磁力线的变化,即产生磁滞.而且在变压器工作时,铁芯中有磁力线过.因而就在磁力线平面垂直的方向上产生感应电流,像一个小旋涡,使铁芯发热,消耗电能,这便是涡流损失.

为了减少铁损,变压器的铁芯采用导磁率高(容易磁化)而磁滞小的软磁性材料制作,如含 3-4% 硅的硅钢片(俗称硅钢片),同时将这些材料做成薄片达成铁芯,并使它们之间绝缘,切断涡流,以减少涡流损失

变压器的效率与变压器的功率等级也有密切关系,功率越大,效率也越高

### (? ) 参数

1.  $I_0$ (激磁电流):空载初级电流

2.  $V_0$ (空载电压):不带负载的输出电压

3. CL(铁损)

4.  $V_L$ (负载电压):变压器带额定负载时的输出电压

5.  $I_L$ (负载电流):变压器带额定负载时的输出电流

6. DCR: 初,次级线圈直流电阻

## 六 泸波器

? .陶瓷组件按功能和用途分类:

可分成陶瓷滤波器,陶瓷陷波器等

? .陶瓷组件的主要参数

- 1.标称频率
- 2.通带宽度:指滤波器工作频带宽度
- 3.插入损耗:指滤波器的损耗
- 4.陷波深度
- 5.失真度
- 6.鉴频输出电压及谐振阻抗

陶瓷滤波器用“中心频率”或“标称中心频率”,陶瓷陷波器用“陷波频率”

陶瓷鉴频器“频率零点  $f_0$ .”

? .声表面滤波器

1.特点

- (1) 选择性好.选择性一般可达 135dB-140dB.
- (2) 频带宽,动态范围大,而且中心频率不受信号强度的影响
- (3) 稳定性好,抗干扰能力强,不易老化
- (4) 插入损耗较大