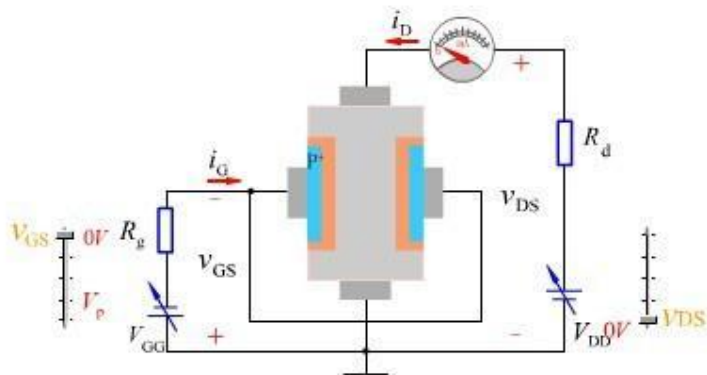


## 结型场效应管的曲线及参数

### 结型场效应管的曲线及参数

输出特性曲线

转移特性曲线



详细文字说明:

由于结型场效应管的栅极输入电流  $i_G \approx 0$ ，因此很少应用输入特性曲线，常用的特性曲线有输出特性曲线和转移特性曲线。

#### 1. 输出特性曲线

输出特性曲线用来描述  $v_{GS}$  取一定值时，电流  $i_D$  和电压  $v_{DS}$  间的关系，即

$$i_D = f(v_{DS}) \Big|_{v_{GS}=\text{常数}}$$

它反映了漏-源电压  $v_{DS}$  对  $i_D$  的影响。

图 1 是一个 N 沟道结型场效应管的输出特性曲线。由此图可见，结型场效应管的工作状态可划分为四个区域。

### (1) 可变电阻区

可变电阻区位于输出特性曲线的起始部分，它表示  $v_{DS}$  较小、管子预夹断前，电压  $v_{DS}$  与漏极电流  $i_D$  间的关系。

在此区域内有  $V_P < v_{GS} \leq 0$ ,  $v_{DS} < v_{GS} - V_P$ 。当  $v_{GS}$  一定,  $v_{DS}$  较小时,  $v_{DS}$  对沟道影响不大, 沟道电阻基本不变,  $i_D$  与  $v_{DS}$  之间基本呈线性关系。若  $|v_{GS}|$  增加, 则沟道电阻增大, 输出特性曲线斜率减小。所以, 在  $v_{DS}$  较小时, 源-漏极间可以看作是一个受  $v_{GS}$  控制的可变电阻, 故称这一区域为可变电阻区。这一特点常使结型场效应管被作为压控电阻而广泛应用。

### (2) 饱和区(也称恒流区)

当  $V_P < v_{GS} \leq 0$  且  $v_{DS} \geq v_{GS} - V_P$  时, N 沟道结型场效应管进入饱和区, 即图中特性曲线近似水平的部分。它表示管子预夹断后, 电压  $v_{DS}$  与漏极电流  $i_D$  间的关系。饱和区的特点是  $i_D$  几乎不随  $v_{DS}$  的变化而变化,  $i_D$  已趋于饱和, 但它受  $v_{GS}$  的控制。  $|v_{GS}|$  增加, 沟道电阻增加,  $i_D$  减小。场效应管作线性放大器件用时, 就工作在饱和区。

应当指出, 图 1 中左边的虚线是可变电阻区与饱和区的分界线, 是结型场效应管的预夹断点 ( $v_{DS} = v_{GS} - V_P$ ) 的轨迹。显然, 预夹断点随  $v_{GS}$  改变而变化,  $v_{GS}$  愈负, 预夹断时的  $v_{DS}$  越小。

### (3) 击穿区

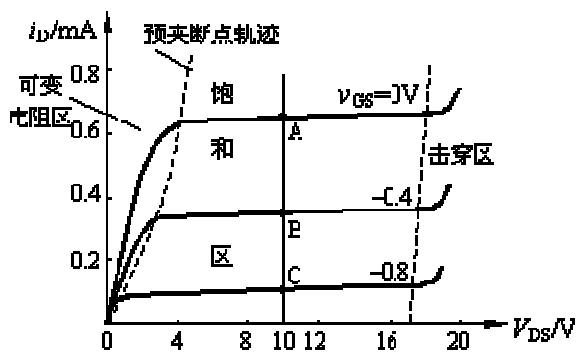


图 1

管子预夹断后，若  $v_{DS}$  继续增大，当栅-漏极间 P+N 结上的反偏电压  $v_{GD}$  增大到使 P+N 结发生击穿时， $i_D$  将急剧上升，特性曲线进入击穿区。管子被击穿后再不能正常工作。

(4) 截止区(又称夹断区)

当栅-源电压  $i_D = I_{DSS} (1 - \frac{v_{GS}}{V_P})^2 \geq |V_P|$  时，沟道全部被夹断， $i_D \approx 0$ ，这时场效应管处于截止状态。截止区处于输出特性曲线图的横坐标轴附近(图 1 中未标注)。

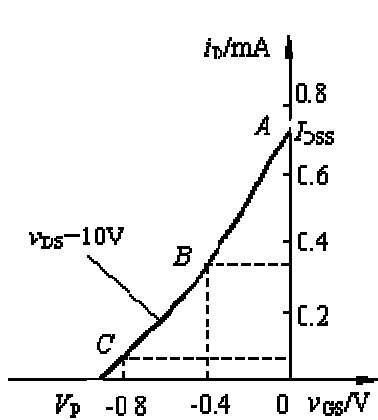
2. 转移特性曲线

转移特性曲线用来描述  $v_{DS}$  取一定值时， $i_D$  与  $v_{GS}$  间的关系的曲线，即

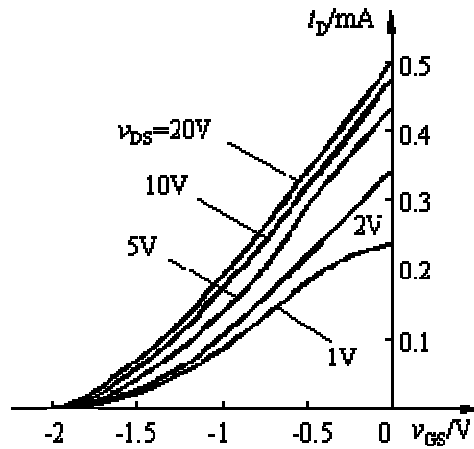
$$i_D = f(v_{GS})|_{v_{DS}=\text{常数}}$$

它反映了栅-源电压  $v_{GS}$  对  $i_D$  的控制作用。

由于转移特性和输出特性都是用来描述  $v_{GS}$ 、 $v_{DS}$  及  $i_D$  间的关系的，所以转移特性曲线可以根据输出特性曲线绘出。作法如下：在图 1 所示的输出特性中作一条  $v_{DS}=10V$  的垂线，将此垂线与各条输出特性曲线的交点 A、B 和 C 所对应的  $i_D$ 、 $v_{GS}$  的值转移到  $i_D$ - $v_{GS}$  直角坐标系中，即可得到转移特性曲线  $i_D = f(v_{GS})|_{v_{DS}=v_{DS1}}$ ，如图 2(a)所示。



(a)  $v_{DS}=10V$  时的转移特性曲线



(b)  $v_{DS}$  取不同值时的转移特性曲线

图 2

改变  $v_{DS}$  的大小, 可得到一族转移特性曲线, 如图 2(b) 所示。由此图可以看出, 当  $v_{DS} \geq |V_P|$  (图中为  $v_{DS} \geq 5V$ ) 后, 不同  $v_{DS}$  下的转移特性曲线几乎重合, 这是因为在饱和区内  $i_D$  几乎不随  $v_{DS}$  而变。因此可用一条转移特性曲线来表示饱和区中  $i_D$  与  $v_{GS}$  的关系。在饱和区内  $i_D$  可近似地表示为

$$g_m = \frac{d \left[ I_{DSS} \left( 1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right)^2 \right]}{dv_{GS}} = - \frac{2 I_{DSS} \left( 1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right)}{V_P} \quad (V_P < v_{GS} \leq 0) \quad (5.1.1)$$

式中  $I_{DSS}$  为  $v_{GS}=0$ ,  $v_{DS} \geq |V_P|$  时的漏极电流, 称为饱和漏极电流。

### 3、主要参数

#### (1) . 夹断电压 $V_P$

当  $v_{DS}$  为某一固定值(例如 10V), 使  $i_D$  等于某一微小电流(例如 50mA)时, 栅-源极间所加的电压即夹断电压。

#### (2) . 饱和漏极电流 $I_{DSS}$

在  $v_{GS}=0$  的条件下, 场效应管发生预夹断时的漏极电流。  $I_{DSS}$  是结型场效管管子所能输出的最大电流。

#### (3) . 直流输入电阻 $R_{GS}$

它是在漏-源极间短路的条件下, 栅-源极间加一定电压时, 栅-源极间的直流电阻。

#### (4) . 低频跨导 $g_m$

当  $v_{DS}$  为常数时, 漏极电流的微小变化量与栅-源电压  $v_{GS}$  的微小变化量之比为跨导, 即

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{DS}=\text{常数}}$$

$g_m$  反映了栅-源电压对漏极电流的控制能力，是表征场效应管放大能力的一个重要参数。单位为西门子(S)，有时也用  $ms$  或  $\mu s$  表示。需要指出的是， $g_m$  与管子的工作电流有关， $i_D$  越大， $g_m$  就越大。在放大电路中，场效应管工作在饱和区(恒流区)， $g_m$  可

由式和  $i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P}\right)^2$  求得，即

$$g_m = \frac{\partial \left[ I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P}\right)^2 \right]}{\partial v_{GS}} = -\frac{2I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P}\right)}{V_P}$$

#### (5) . 输出电阻 $r_d$

当  $v_{GS}$  为常数时，漏-源电压的微小变化量与漏极电流  $i_D$  的微小变化量之比为输出电阻  $r_d$ ，即

$$r_d = \left. \frac{\partial v_{DS}}{\partial i_D} \right|_{v_{GS}=\text{常数}}$$

$r_d$  反映了漏-源电压  $v_{DS}$  对  $i_D$  的影响。在饱和区内， $i_D$  几乎不随  $v_{DS}$  而变化，因此， $r_d$  数值很大，一般为几十千欧~几百千欧。

#### (6) . 极间电容 $C_{gs}$ 、 $C_{gd}$ 、 $C_{ds}$

$C_{gs}$  是栅-源极间存在的电容， $C_{gd}$  是栅-漏极间存在的电容。它们的大小一般为  $1\sim 3pF$ ，而漏-源极间的电容  $C_{ds}$  约为  $0.1\sim 1pF$ 。在低频情况下，极间电容的影响可以忽略，但在高频应用时，极间电容的影响必须考虑。

#### (7) . 最大漏-源电压 $V(BR)_{DS}$

指管子沟道发生雪崩击穿引起  $i_D$  急剧上升时的  $v_{DS}$  值。 $V_{(BR)DS}$  的大小与  $v_{GS}$  有关，对 N 沟道而言， $|v_{GS}|$  的值越大，则  $V_{(BR)DS}$  越小。

(8) . 最大栅-源电压  $V_{(BR)GS}$

指栅-源极间的 PN 结发生反向击穿时的  $v_{GS}$  值，这时栅极电流由零而急剧上升。

(9) . 漏极最大耗散功率 PDM

漏极耗散功率  $P_D(=v_{DS}i_D)$  变为热能使管子的温度升高，为了限制管子的温度，就需要限制管子的耗散功率不能超过 PDM。PDM 的大小与环境温度有关。

除了以上参数外，结型场效应管还有噪声系数，高频参数等其他参数。结型场效应管的噪声系数很小，可达 1.5dB 以下。