

第四章 场效应管(FET)放大电路

场效应管有**三个电极**：源极(s)、栅极(g)、漏极(d)，对应于晶体管的e、b、c；

场效应管有**三个工作区域**：夹断区、恒流区、可变电阻区，对应于晶体管的截止区、放大区、饱和区。

FET的分类

4.1 结型场效应管

4.2 绝缘栅场效应管

4.3 场效应管的主要参数

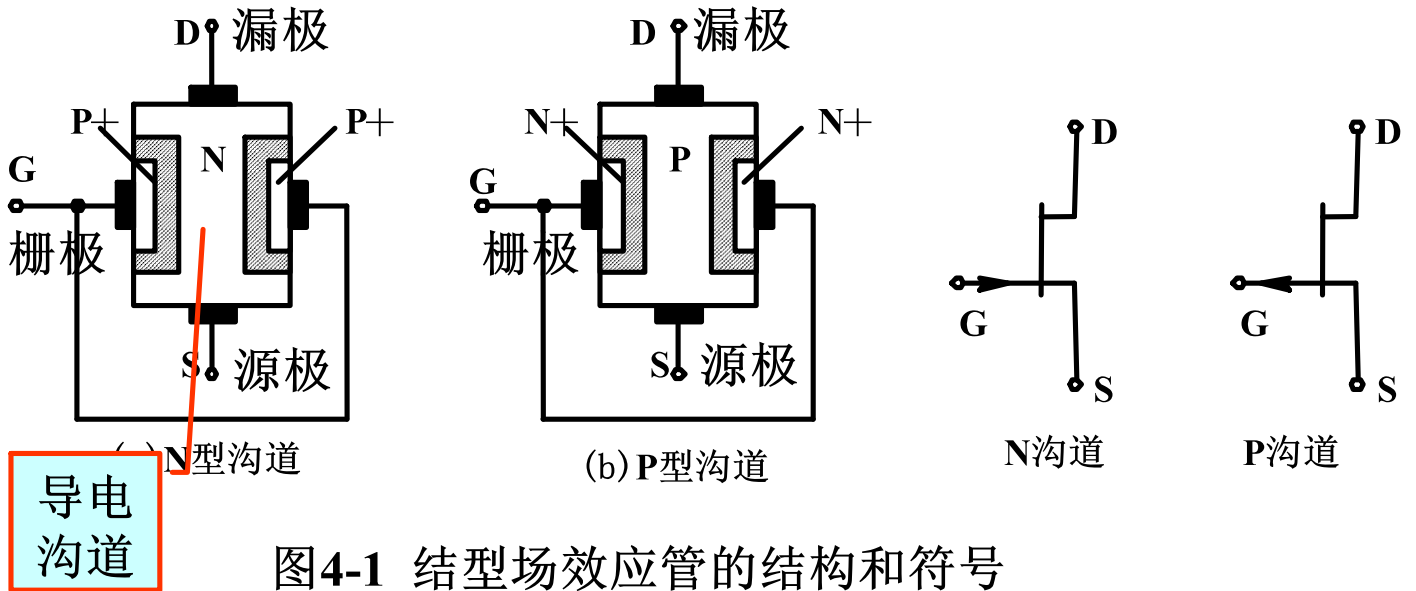
4.4 场效应管的特点

4.5 场效应管放大电路

4.1 结型场效应管(JFET)

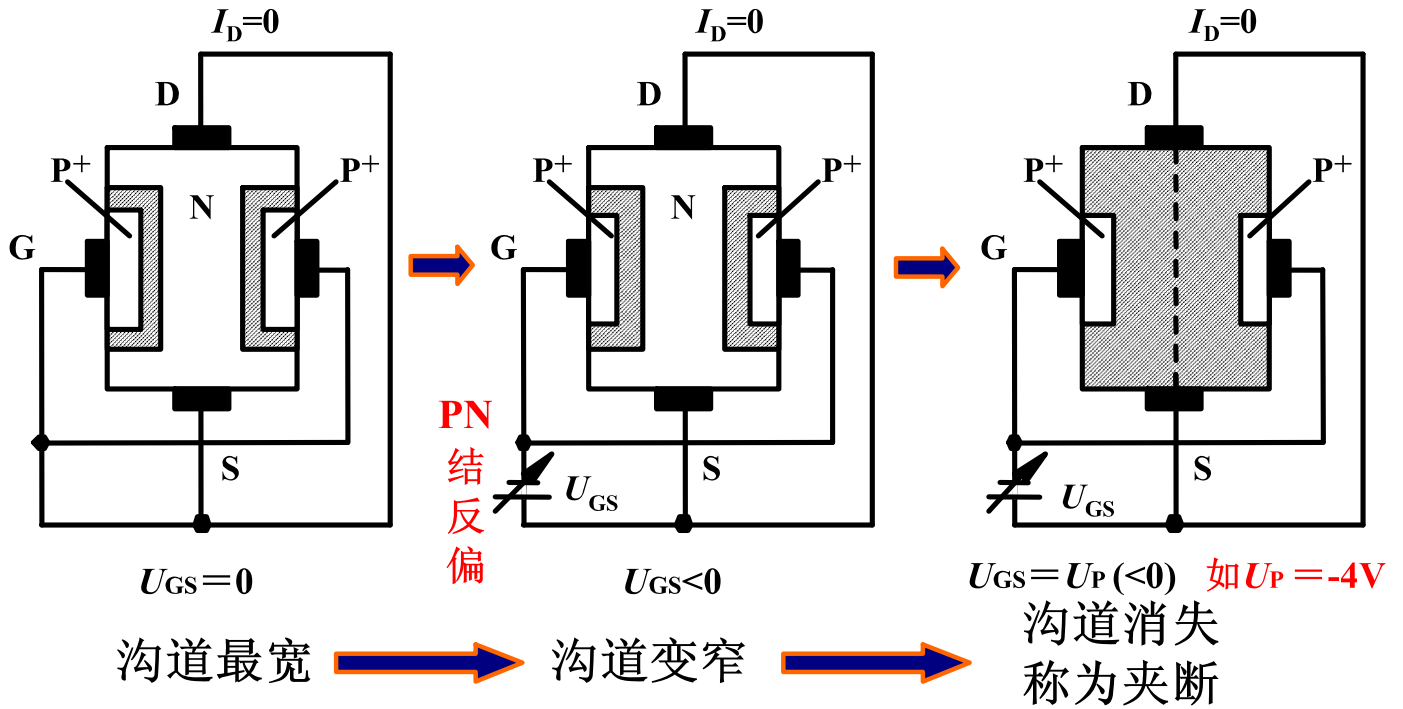
4.1.1 JFET的结构

符号



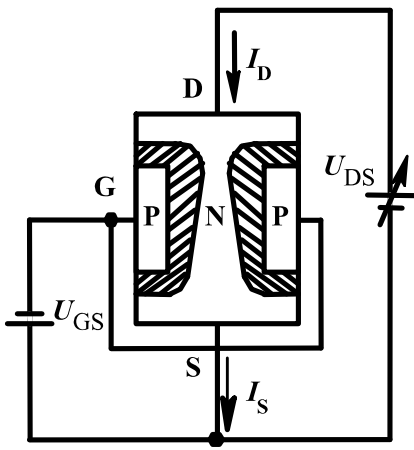
4.1.2 JFET工作原理

一. 栅-源电压 U_{GS} 对沟道宽度的控制作用



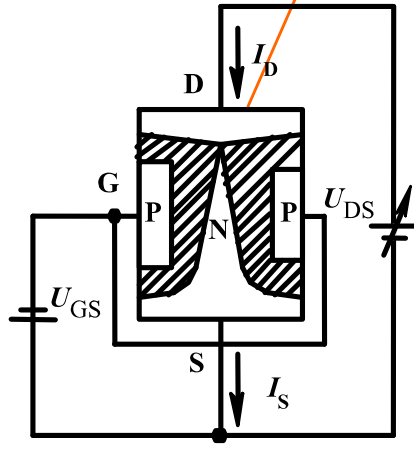
u_{GS} 可以控制导电沟道的宽度。为什么g-s必须加负电压？

二. 漏-源电压 U_{DS} 对漏极电流的影响 (当 U_{GS} 为常数)



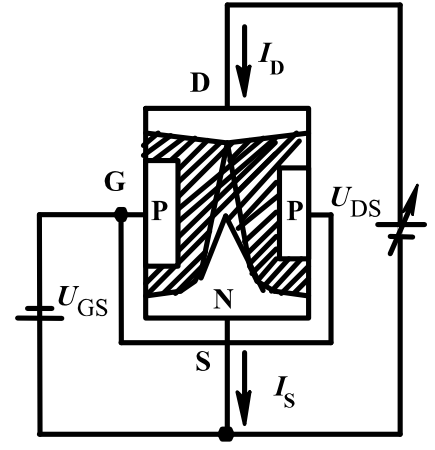
设 $U_P = -4V$, $U_{GS} = -1V$

$U_{GS} > U_P$ 且不变, U_{DS} 增大, I_D 增大, 沟道变窄。



$u_{GD} = U_P$

U_{DS} 的增大, 几乎全部用来克服沟道的电阻, I_D 几乎不变, 进入恒流区, I_D 几乎仅仅决定于 U_{GS} 。



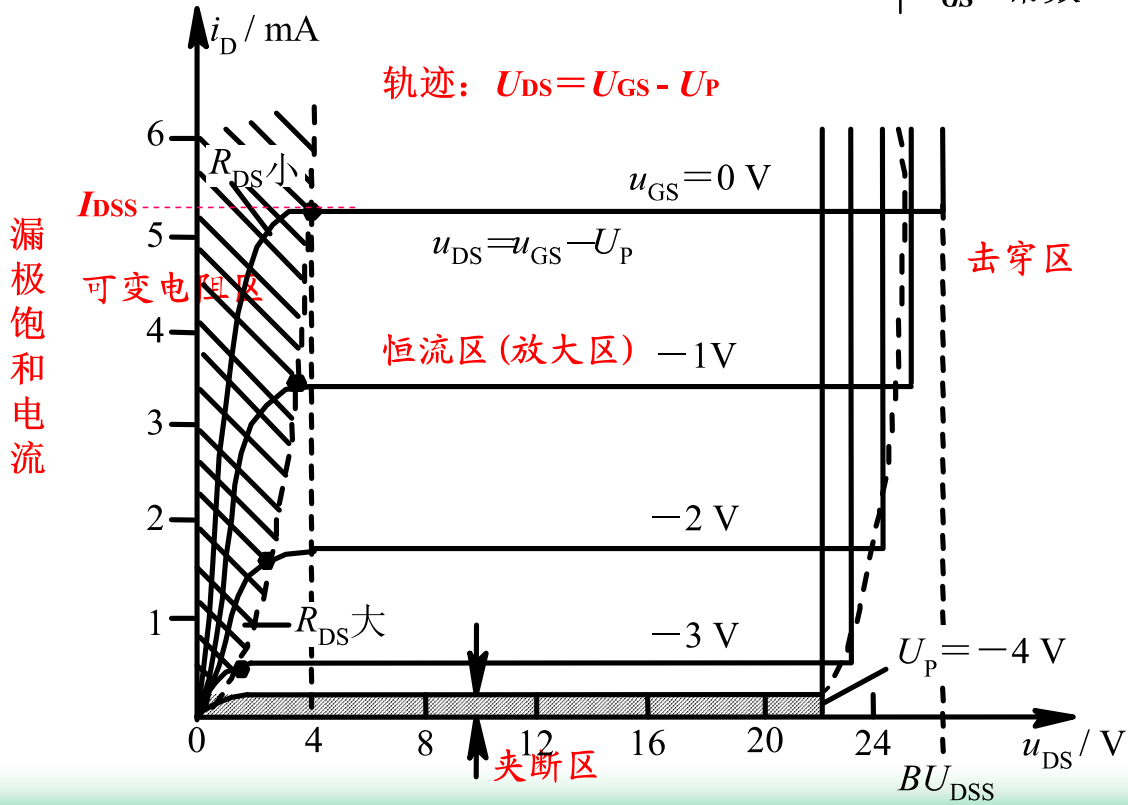
$u_{GD} < U_P$

若 $U_{GS} < U_P$, 则沟道底部相遇, 称夹断。

场效应管工作在恒流区的条件是什么?

4.1.3 特性曲线

一. 输出特性曲线 $I_D = f(U_{DS}) \Big|_{U_{GS} = \text{常数}}$



二. 转移特性曲线 $I_D = f(U_{GS}) \Big|_{U_{DS}=\text{常数}}$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right)^2$$

定义域: $0 > U_{GS} > U_P(-)$

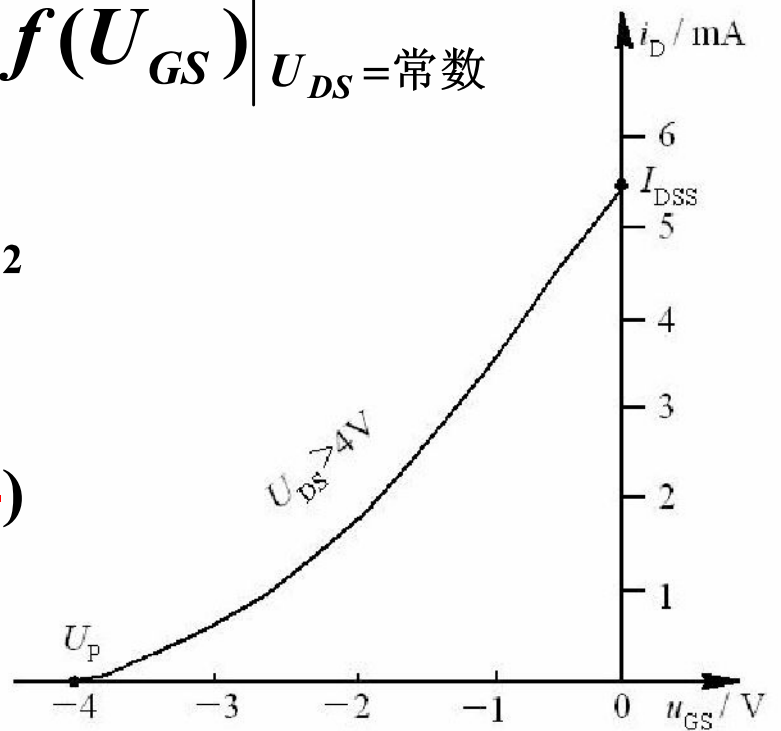


图4-5 N沟道结型场效应管的转移特性曲线

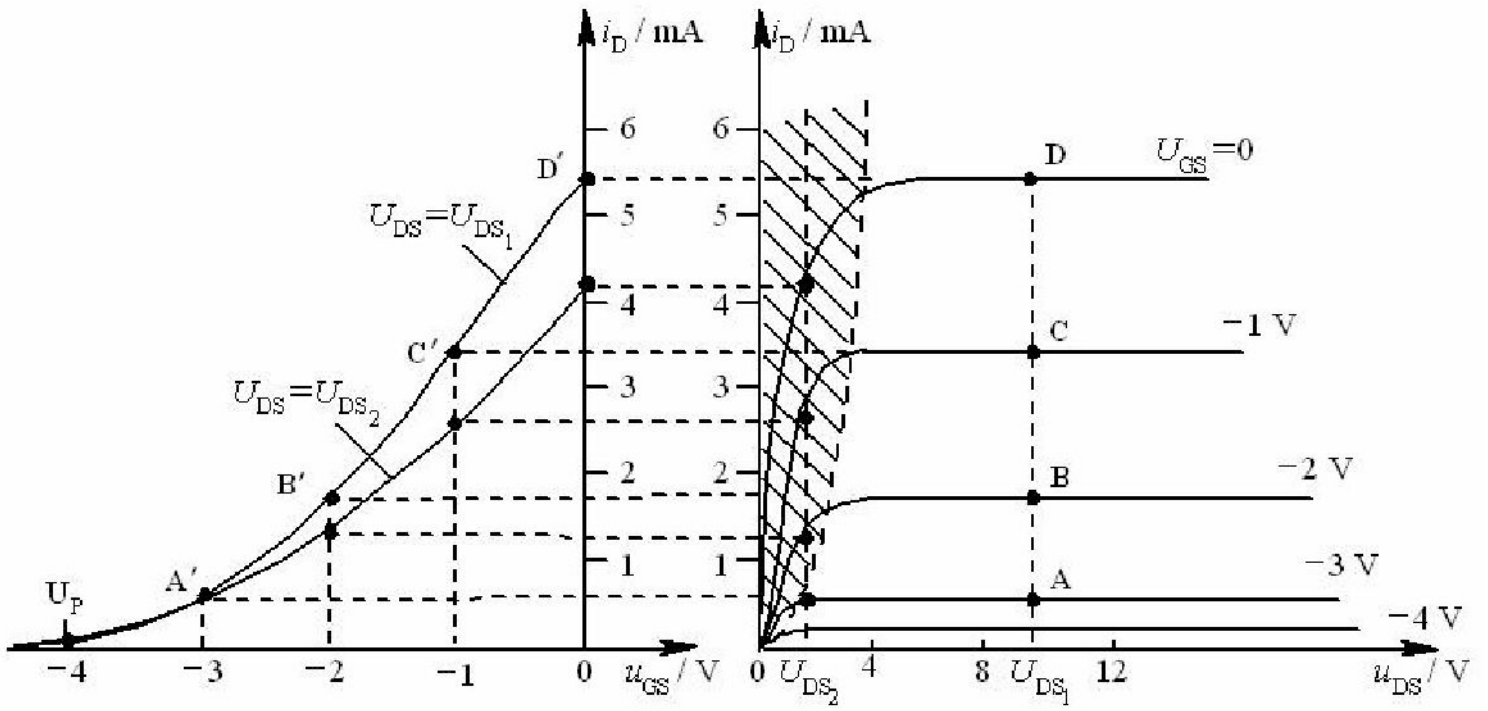


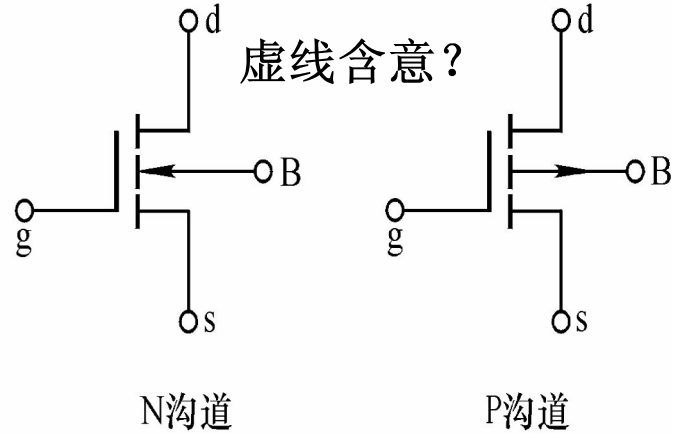
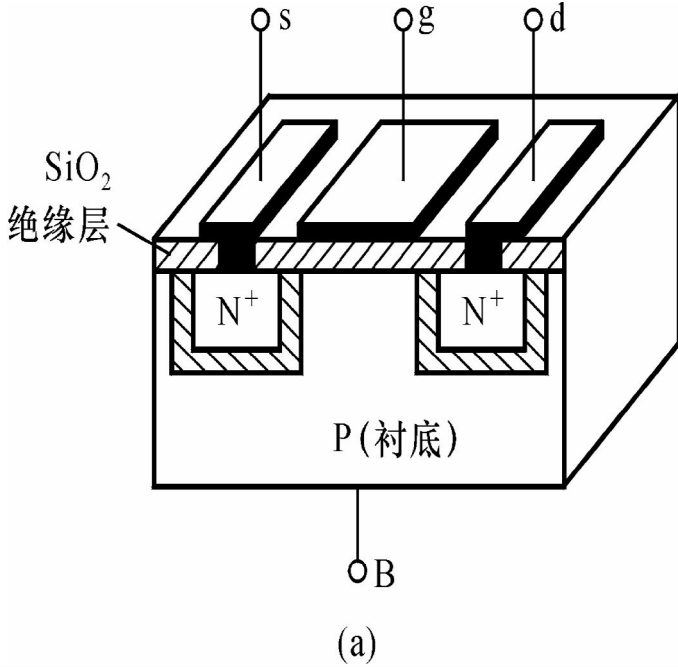
图 4-6 由输出特性画转移特性

4.2 绝缘栅场效应管 (MOS管)

4.2.1 N沟道增强型MOS管

一. 结构及符号

MOS管名称的来历?



返回

二. 工作原理

1. $U_{DS} = 0$ 时, U_{GS} 对导电沟道的影响

由负离子组成耗尽层。

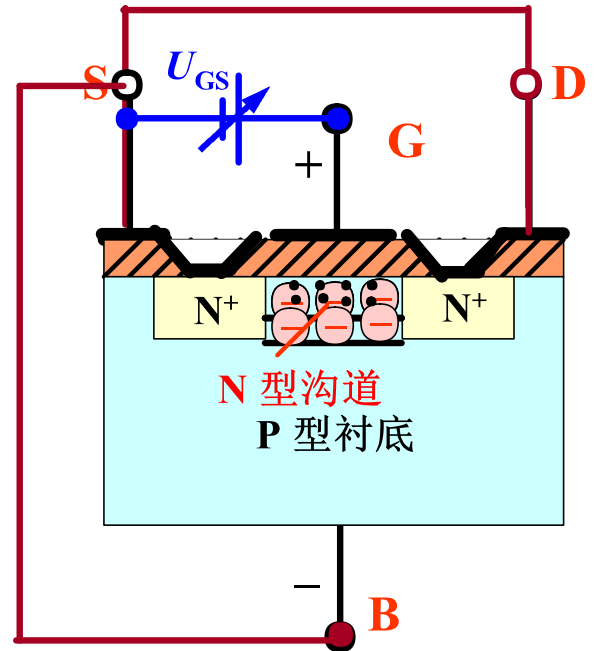
$U_{GS} \uparrow$ 耗尽层 \uparrow 。

当 $U_{GS} \geq U_T$ (开启电压)

形成N沟 (反型层)。

$U_{GS} \uparrow$, N沟 \uparrow 。

因为 $U_{DS} = 0$, 所以 $I_D = 0$ 。



二. 工作原理

2. $U_{GS} > U_T$ 时, U_{DS} 对 I_D 的

(1) $U_{GD} = U_{GS} - U_{DS} < U_{GS}$

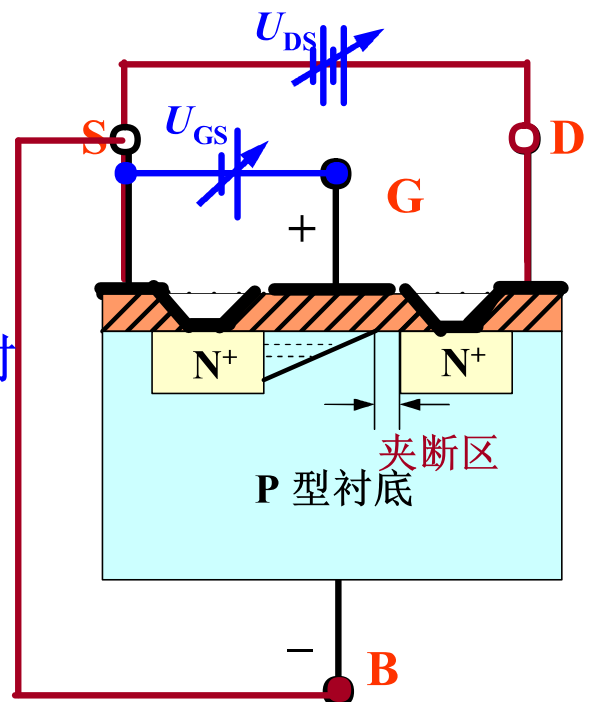
导电沟道呈楔形。漏极形成 I_D 。

(2) $U_{DS} \uparrow, I_D \uparrow, U_{GD} \downarrow$, 当 $U_{GD} = U_T$ 时

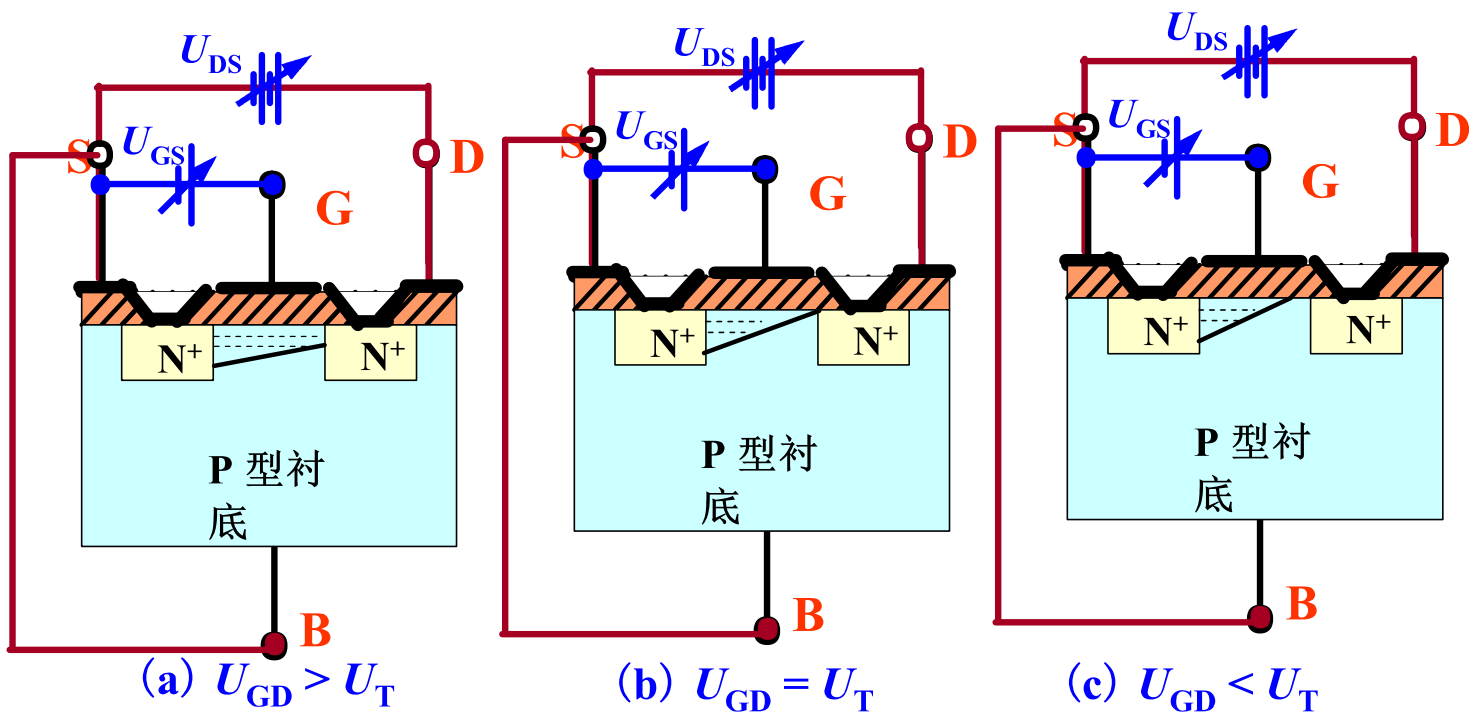
漏极达到临界开启——预夹断, I_D 增加变缓。

(3) $U_{DS} \uparrow, U_{GD} < U_T$

夹断区沟道电阻很大, U_{DS} 逐渐增大时, 导电沟道两端电压基本不变, I_D 因而基本不变。(多余电压降在何处?)



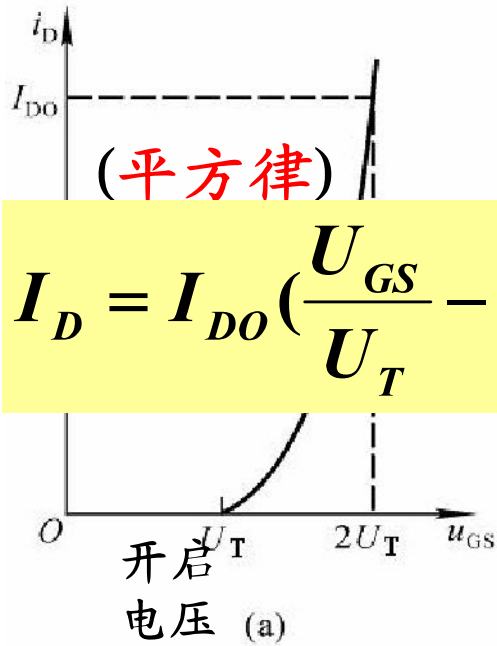
二. 工作原理



U_{DS} 对导电沟道的影响

三. 特性曲线与电流方程

转移特性



输出特性

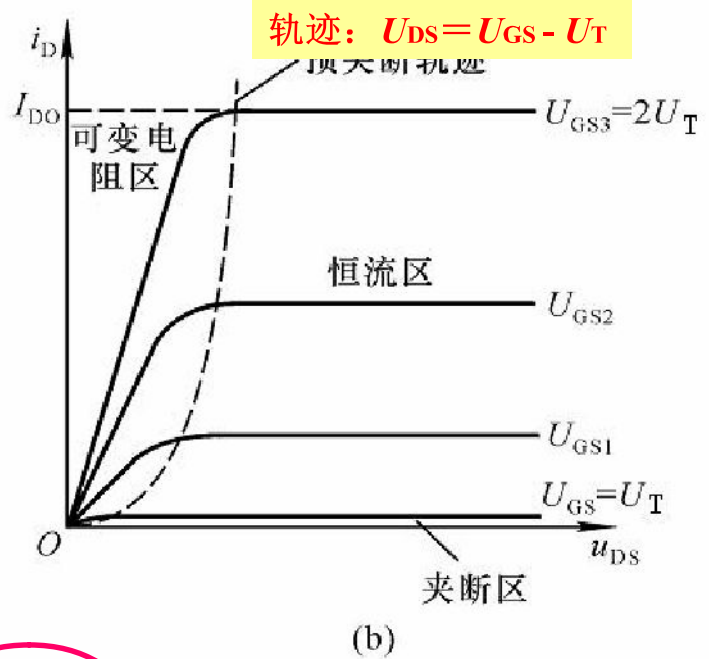
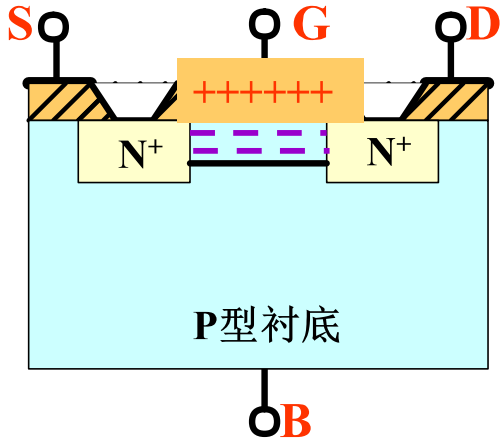


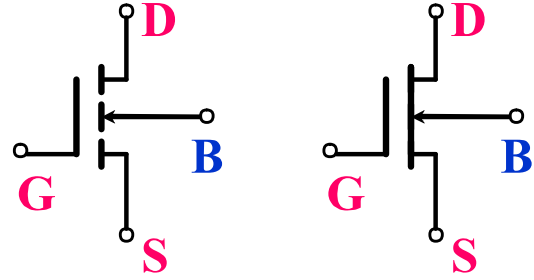
图4-9 N沟道增强型MOS管的特性曲线

4.2.2 N沟道耗尽型MOS管

结构及符号



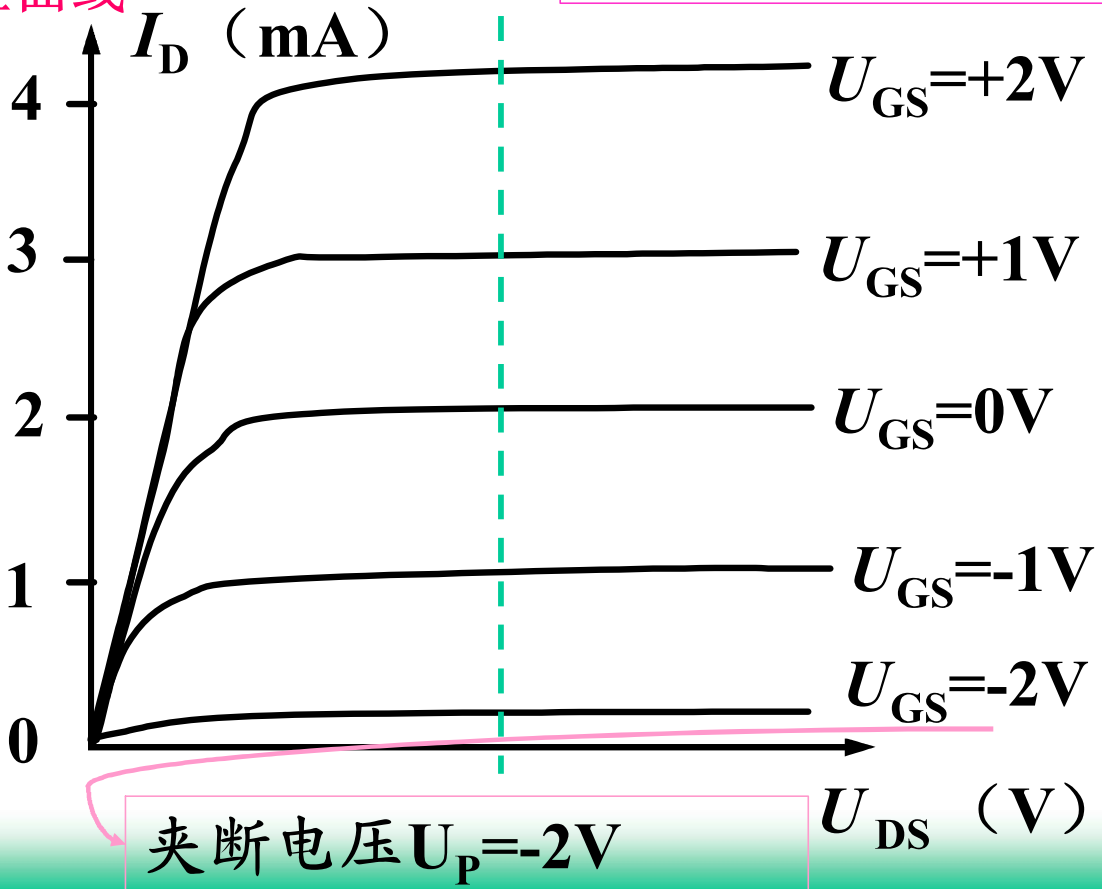
符号图中实线、虚线含义？



N沟道耗尽型MOS管

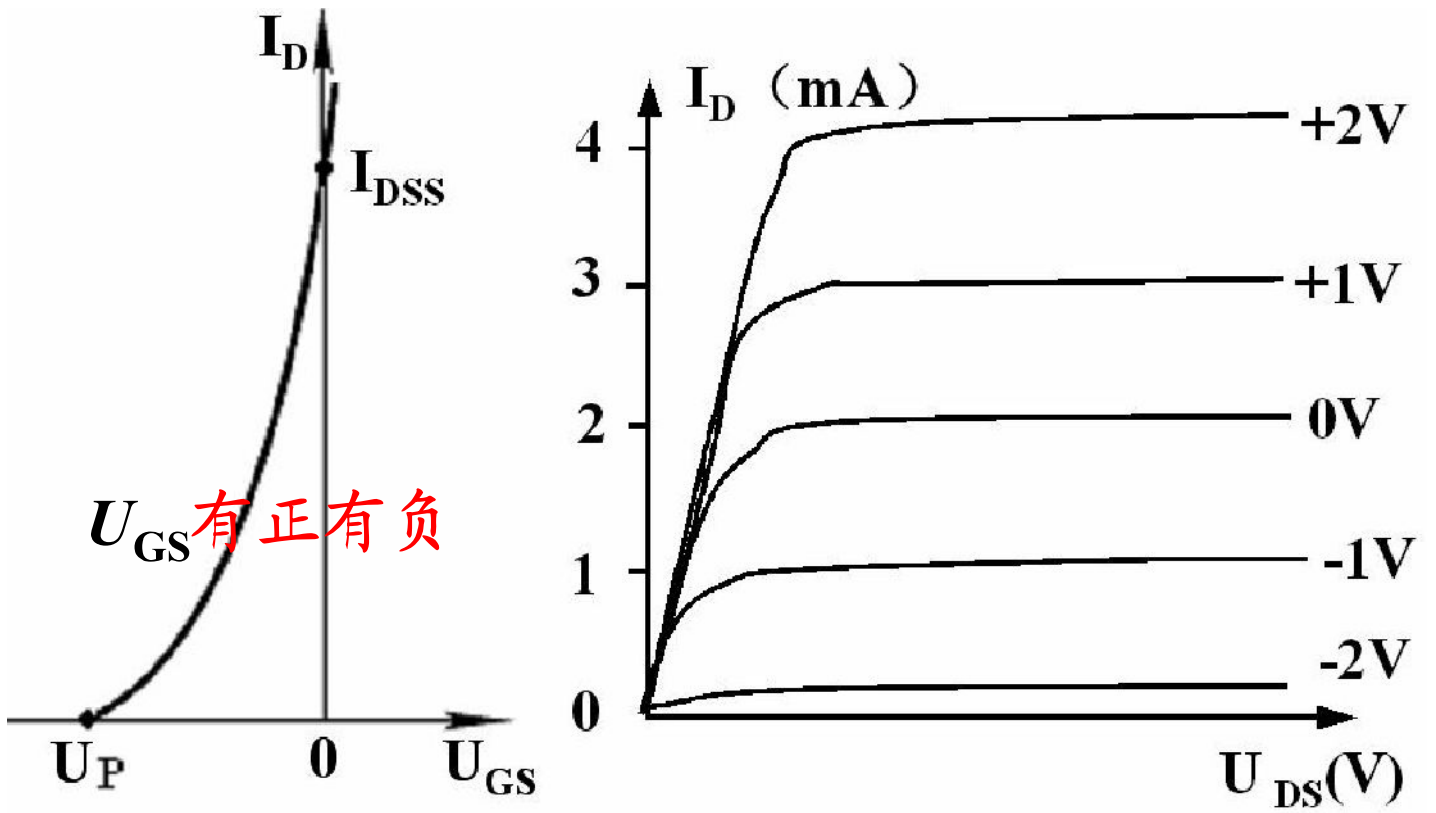
输出特性曲线

固定一个 U_{DS} ，画出 I_D 和 U_{GS} 的关系曲线，称为转移特性曲线



夹断电压 $U_P = -2V$

N沟道耗尽型MOS管转移特性



跨导 $g_m = \Delta I_D / \Delta U_{GS}$
 $= (3-2) / (1-0) = 1/1 = 1\text{mA/V}$

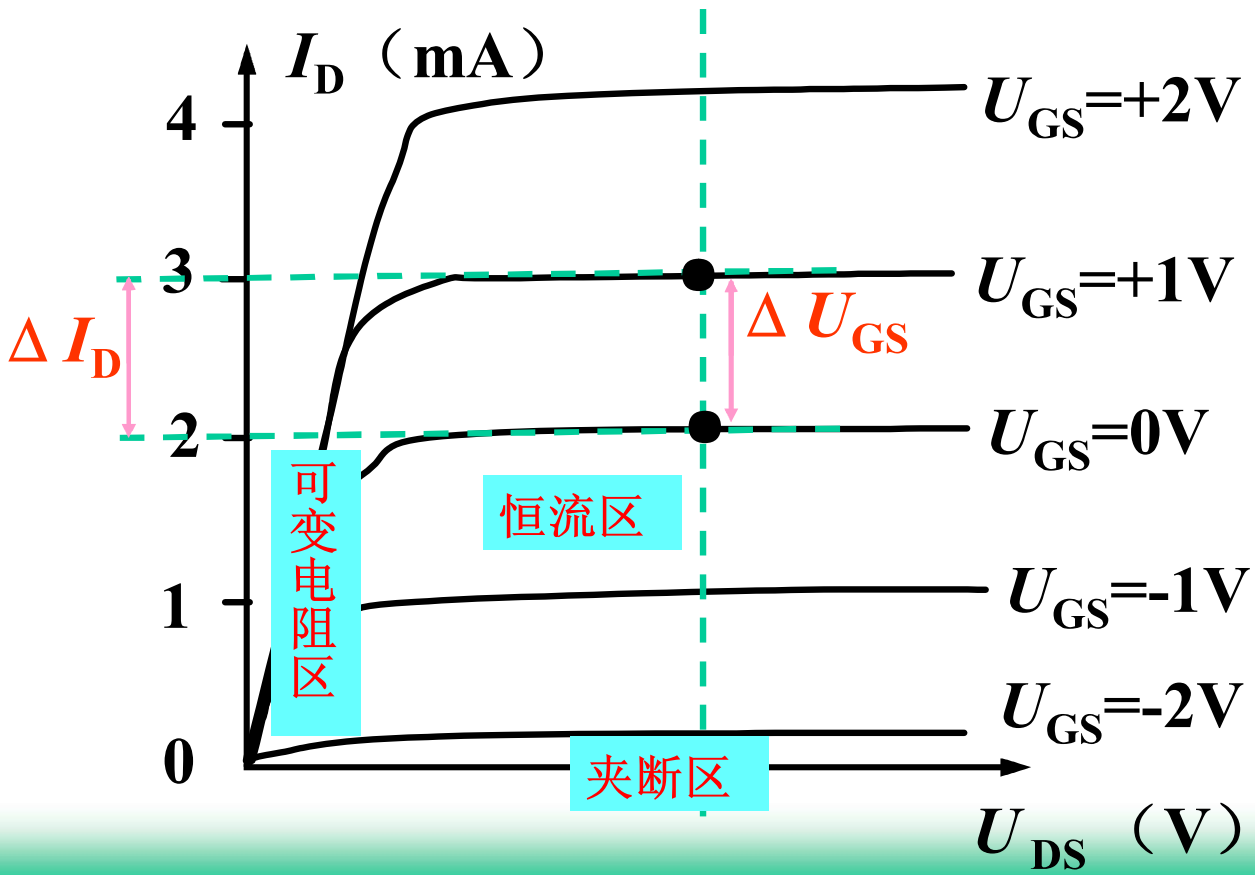
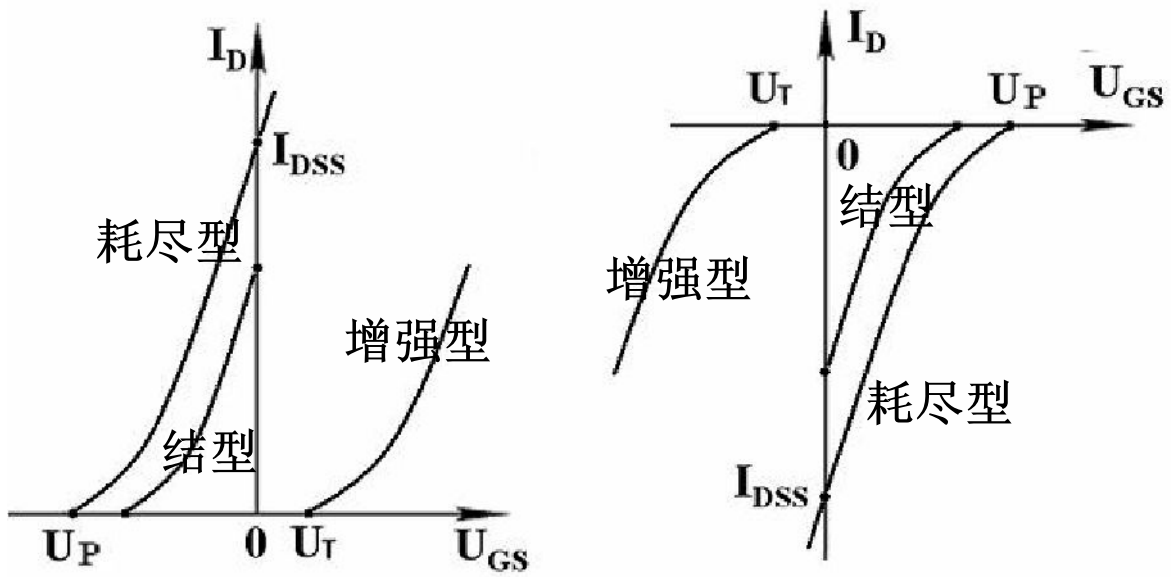


表4-1 各种场效应管的转移特性曲线



N沟道

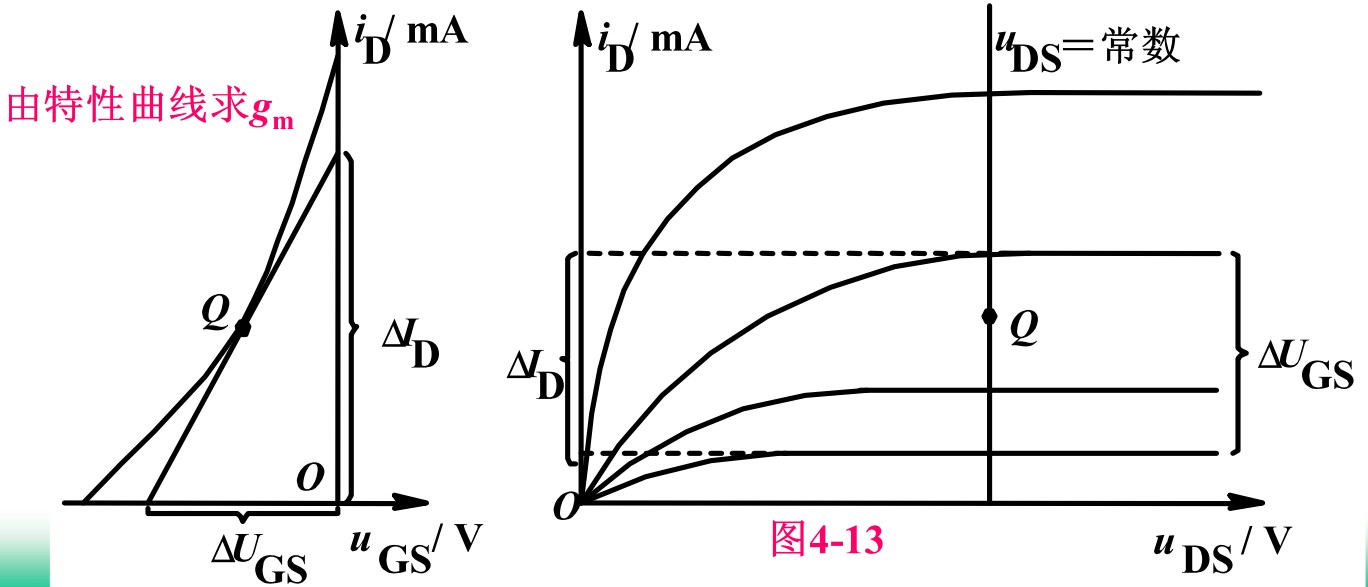
P沟道

4.3 场效应管的主要参数

4.3.1 直流参数

1. 饱和漏极电流 I_{DSS}
2. 夹断电压 U_P
3. 开启电压 U_T
4. 直流输入电阻 R_{GS}

4.3.2 交流参数



4.3 场效应管的主要参数

4.3.1 直流参数

1. 饱和漏极电流 I_{DSS}
2. 夹断电压 U_P
3. 开启电压 U_T
4. 直流输入电阻 R_{GS}

4.3.2 交流参数

1. 低频跨导 g_m
- $$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} = -\frac{2I_{DSS}}{U_P} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right)$$

2. 极间电容

4.3.3 极限参数

1. 漏极最大允许耗散功率 P_{Dm}
2. 漏、源间击穿电压 BU_{DS}
3. 栅源间击穿电压 BU_{GS} (类似电容击穿, 不可恢复)

$$= \frac{-2}{U_P} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} \quad g_m = \frac{2}{U_T} \sqrt{I_{D0} I_{DQ}}$$

	控制特性	输入电阻	导电机构	噪声	工艺	集成度	结构	互换性	跨导 g_m	温度特性	其他
三极管	电流控制器件 I_B 控 I_C	低 $10^3 \Omega$	两种载流子— 双极型	大	复杂	低	不对称	CE 不互换	$\frac{\beta}{r_{b'e}}$ 或 $\frac{I_{CQ}}{26mV}$	较差	输出特性起始段重合
场效应管	电压控制器件 U_{GS} 控 I_D	高 $10^7 \sim 10^9 \Omega$	一种载流子— 单极型	小	简单	高	对称	有的 DS 可互换	$-\frac{2I_{DSS}}{U_P} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P}\right)$	较好	输出特性起始段发散 易击穿

小结：

- 1.场效应管的分类、结构。
- 2.场效应管是电压控制电流源器件，输入端不取电流，控制能力用 g_m 表示。
- 3.场效应管最重要的特性是转移特性。
- 4.场效应管的主要参数——

作业：

P98 6, 7, 8 预习：场效应管放大电路