



场效晶体管

主讲教师：王香婷 教授





场效晶体管

主要内容:

场效晶体管的结构、工作原理、特性曲线。

重点难点:

场效晶体管的工作原理及其特点。

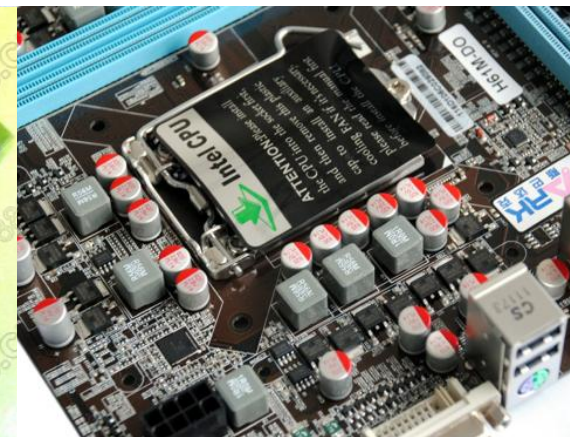


场效晶体管

场效晶体管是**电压控制器件**。它的输出电流决定于输入电压的大小，基本上不需要信号源提供电流，所以它的**输入电阻高，且温度稳定性好**。

按结构不同场效晶体管有两种：

- 结型场效晶体管
- 绝缘栅场效晶体管

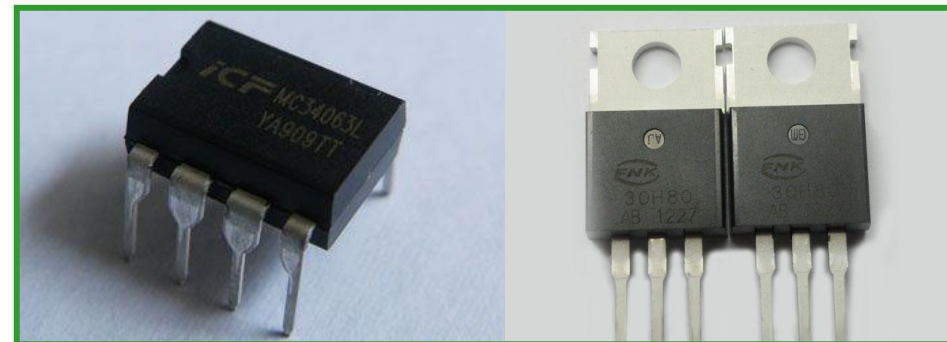


绝缘栅场效晶体管制作工艺简单，便于集成化，且性能优于结型场效晶体管，因此得到广泛应用。

绝缘栅场效晶体管

按工作状态分

{	增强型	N沟道
		P沟道
	耗尽型	N沟道
		P沟道

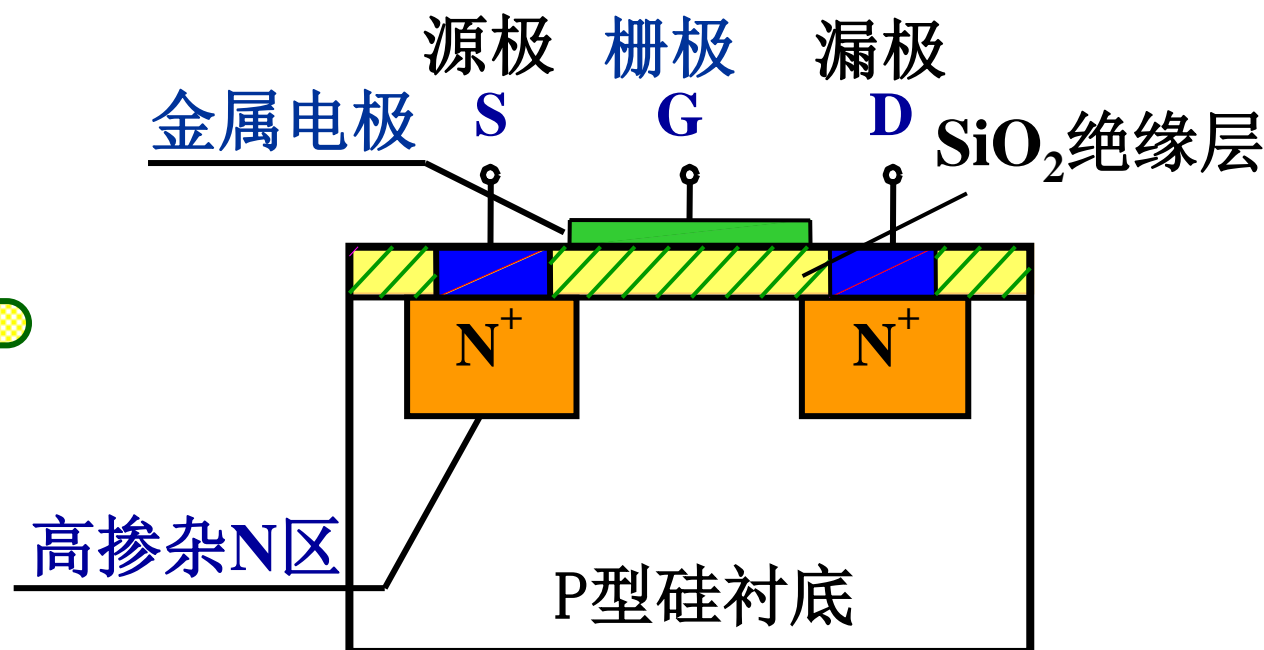


1. 增强型绝缘栅场效晶体管

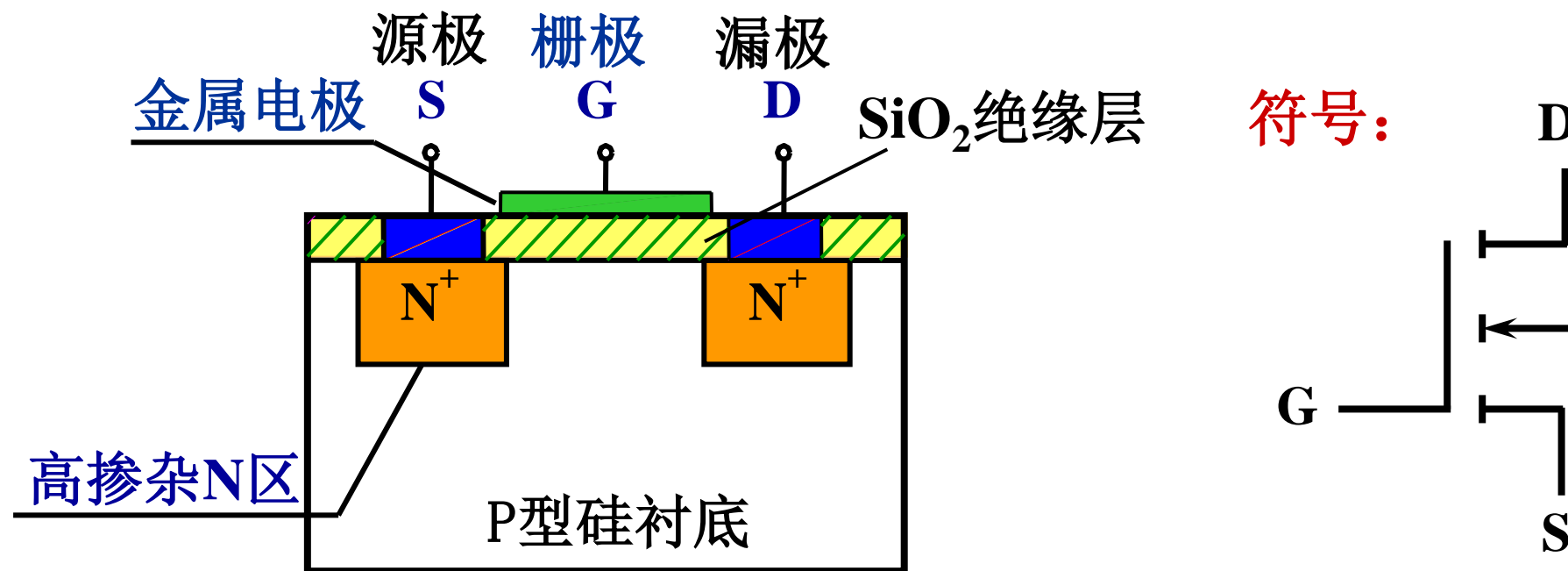
(1) N沟道增强型管

① 结构

栅极和其它电极及硅片之间是绝缘的，称绝缘栅型场效晶体管。



由于金属栅极和半导体之间的绝缘层目前常用二氧化硅，故又称金属-氧化物-半导体场效晶体管，简称MOS场效晶体管。



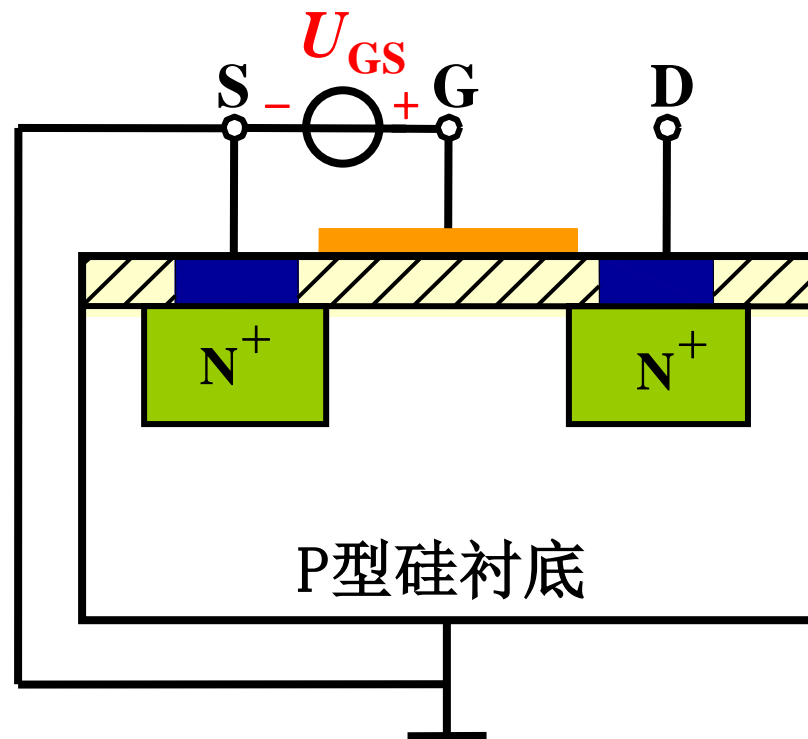
由于栅极是绝缘的，栅极电流几乎为零，输入电阻很高，最高可达 $10^{14}\Omega$ 。

② 工作原理

N^+ 型漏区和 N^+ 型源区之间被 P 型衬底隔开，漏极和源极之间是两个背靠背的 PN 结。



当栅源电压 $U_{GS} = 0$ 时，不管漏极和源极之间所加电压的极性如何，其中总有一个 PN 结是反向偏置的，反向电阻很高，漏极电流 I_D 近似为零。

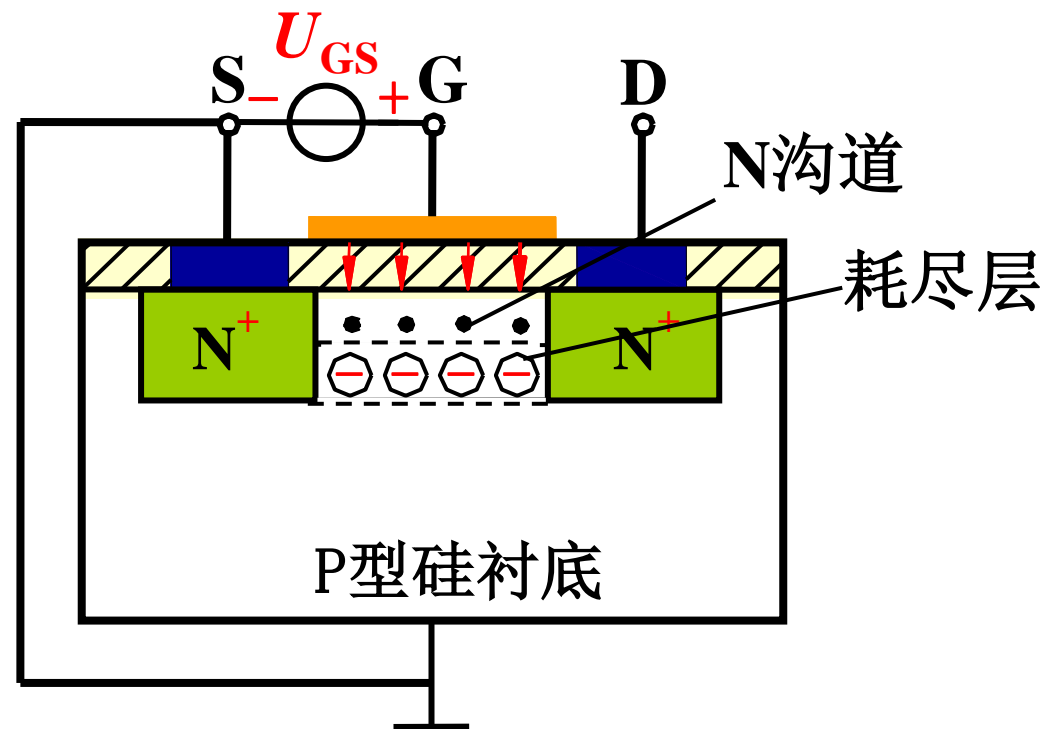


② 工作原理

当 $U_{GS} > 0$ 时，P型衬底中的电子受到电场力的吸引到达表层，填补空穴形成负离子的耗尽层。

当 U_{GS} 大于一定值时，还在表面形成一个N型层，称反型层，它就是沟通源区和漏区的N型导电沟道。

U_{GS} 正值愈高，导电沟道愈宽。

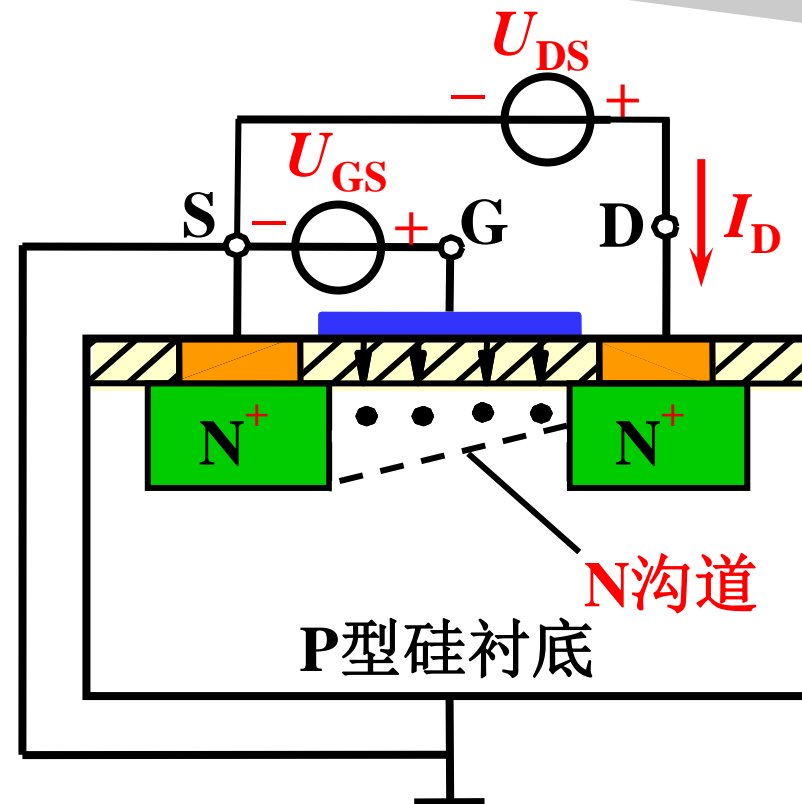


② 工作原理

形成导电沟道后，在一定的 U_{DS} 下，场效晶体管导通，产生漏极电流 I_D 。

在一定的漏-源极电压 U_{DS} 下，使管子由不导通变为导通的临界栅-源极电压称为开启电压 $U_{GS(th)}$ 。

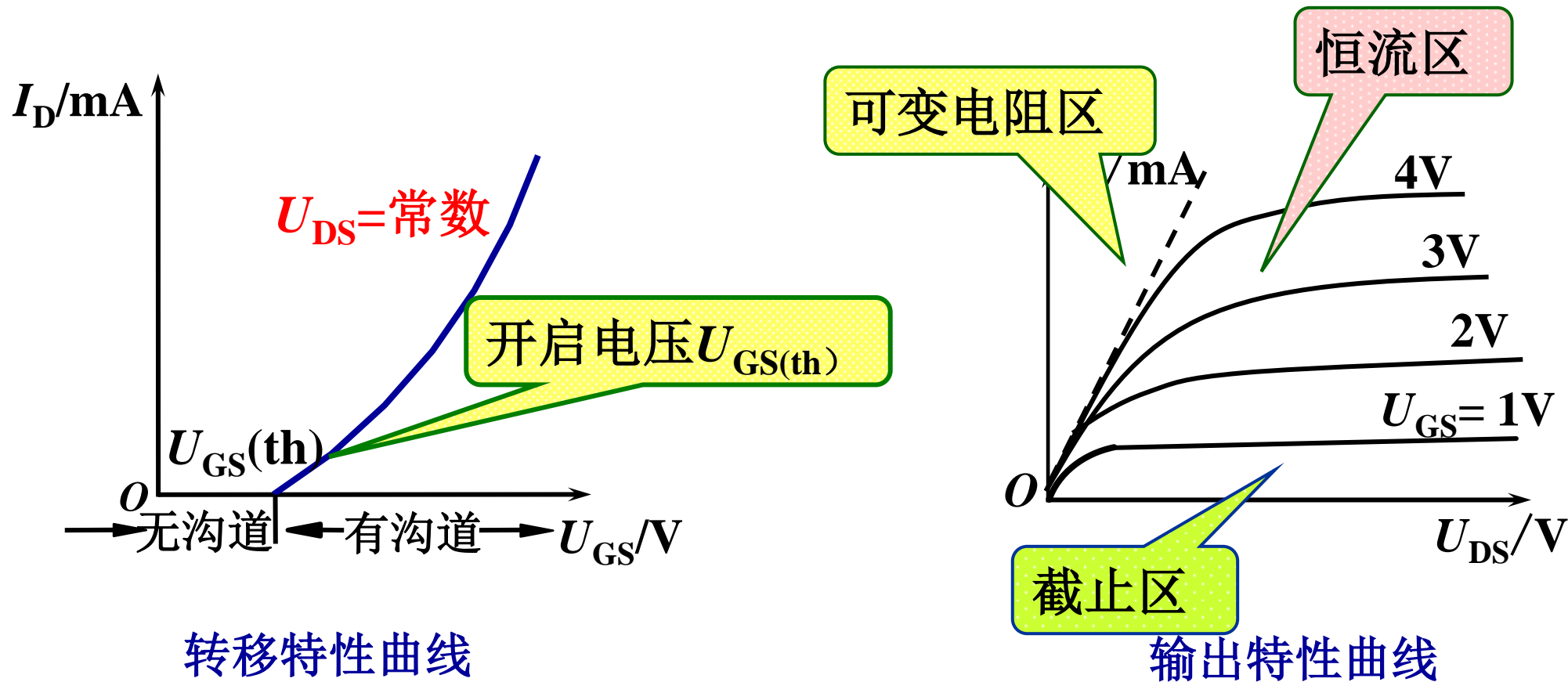
场效晶体管是电压控制器件



N沟道增强型绝缘栅场效晶体管的导通

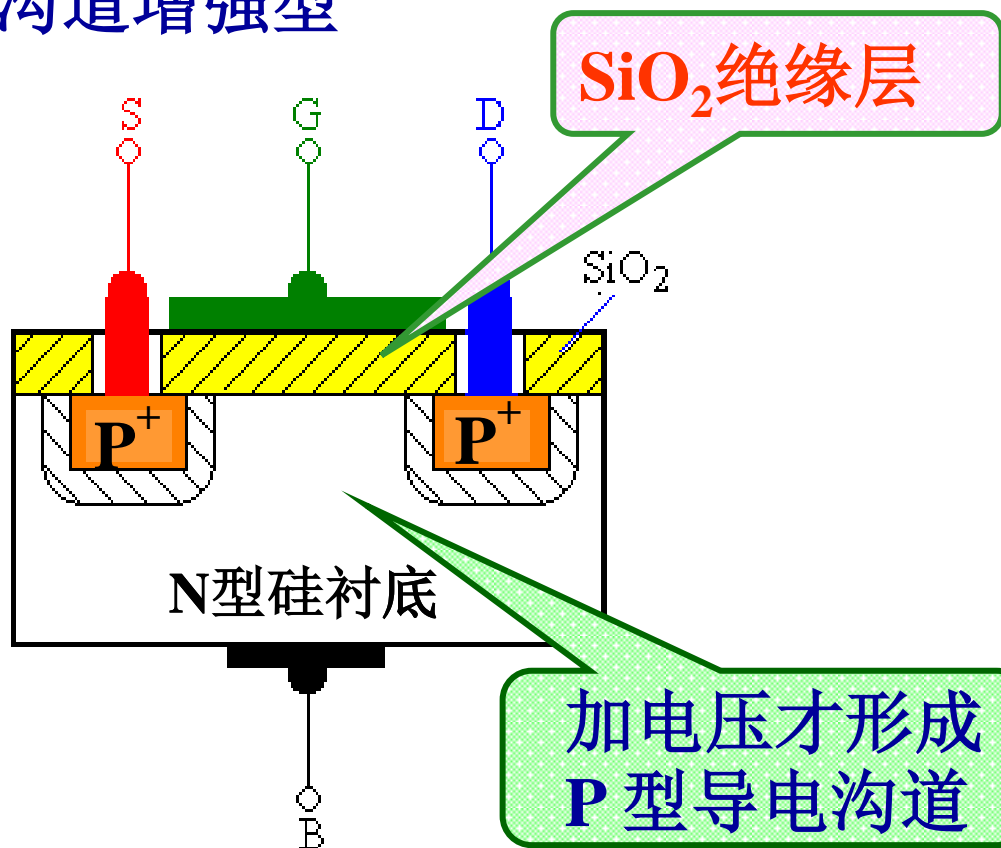
当 $U_{GS} > U_{GS(th)}$ 时，场效管导通，产生漏极电流 I_D ，随栅源电压 U_{GS} 的变化 I_D 随之变化，这就是栅-源极电压对漏极电流的控制作用。

③ 特性曲线

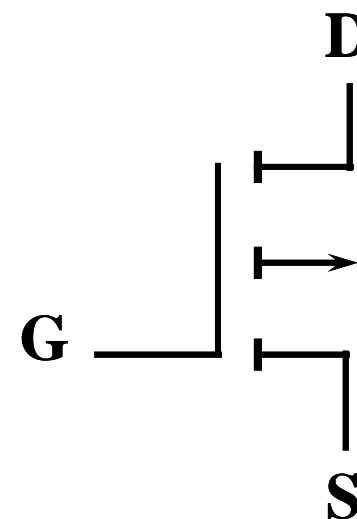


(2) P沟道增强型

结构



符号



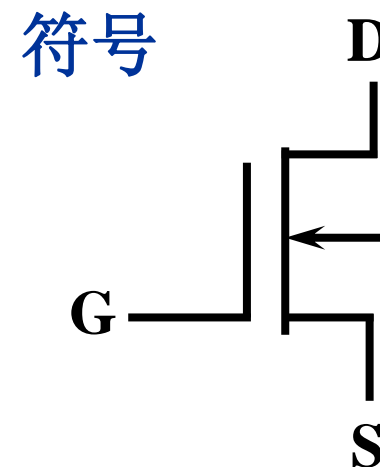
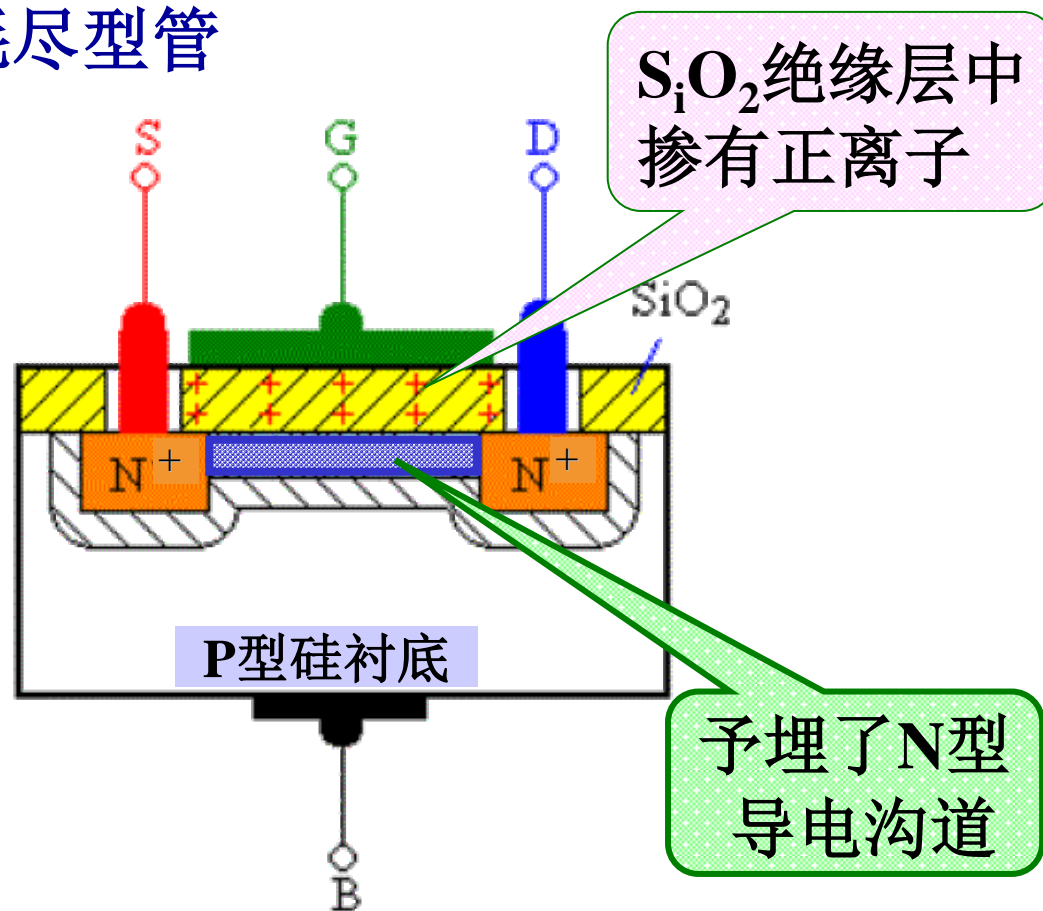
P沟道增强型绝缘栅场效晶体管工作原理与N沟道相似，只是要调换电源的极性，电流的方向也相反。

2. 耗尽型绝缘栅场效晶体管

如果MOS管在制造时导电沟道就已形成，称为耗尽型场效晶体管。

(1) N沟道耗尽型管

① 结构



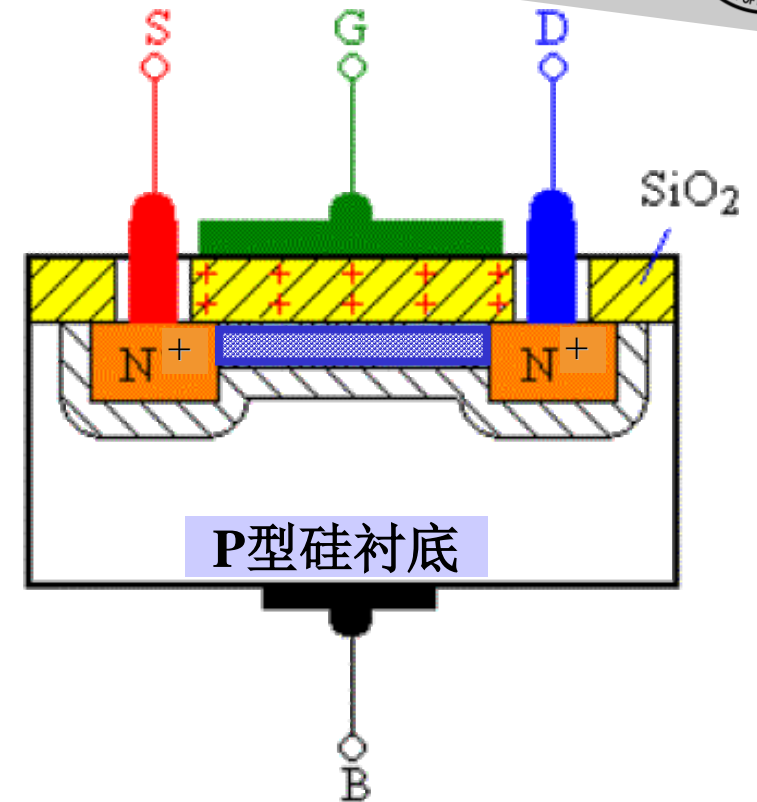
② 工作原理

耗尽型场效晶体管预埋了导电沟道，所以在 $U_{GS}=0$ 时，若漏-源极之间加上一定的电压 U_{DS} ，产生漏极电流，用 I_{DSS} 表示，称为饱和漏极电流。

当 $U_{GS} > 0$ 时，使导电沟道变宽， I_D 增大；

当 $U_{GS} < 0$ 时，使导电沟道变窄， I_D 减小；

U_{GS} 负值愈高，沟道愈窄， I_D 就愈小。

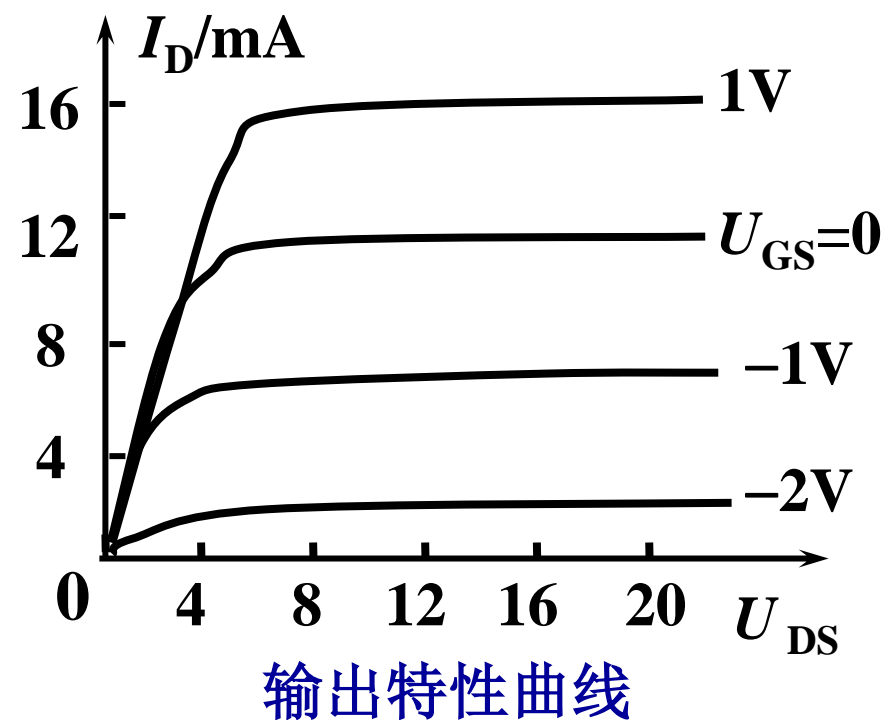
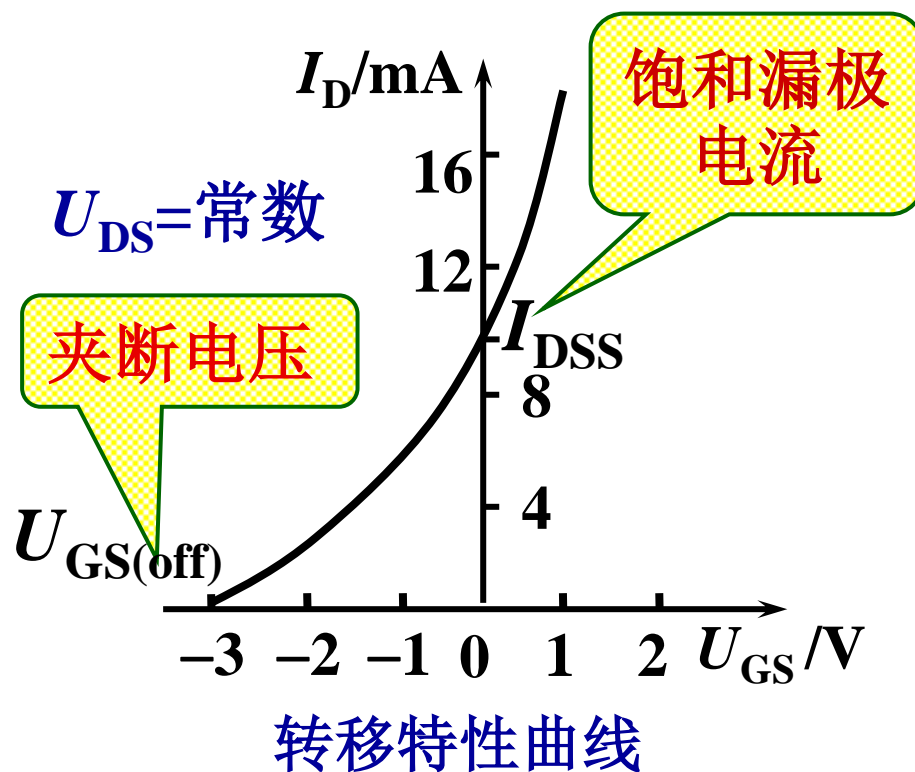


N沟道耗尽型管的结构

当 U_{GS} 达到一定负值时，N型导电沟道消失， $I_D=0$ ，称为场效晶体管处于夹断状态(即截止)。这时的 U_{GS} 称为夹断电压，用 $U_{GS(off)}$ 表示。

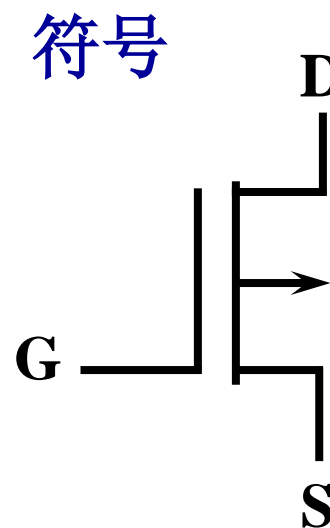
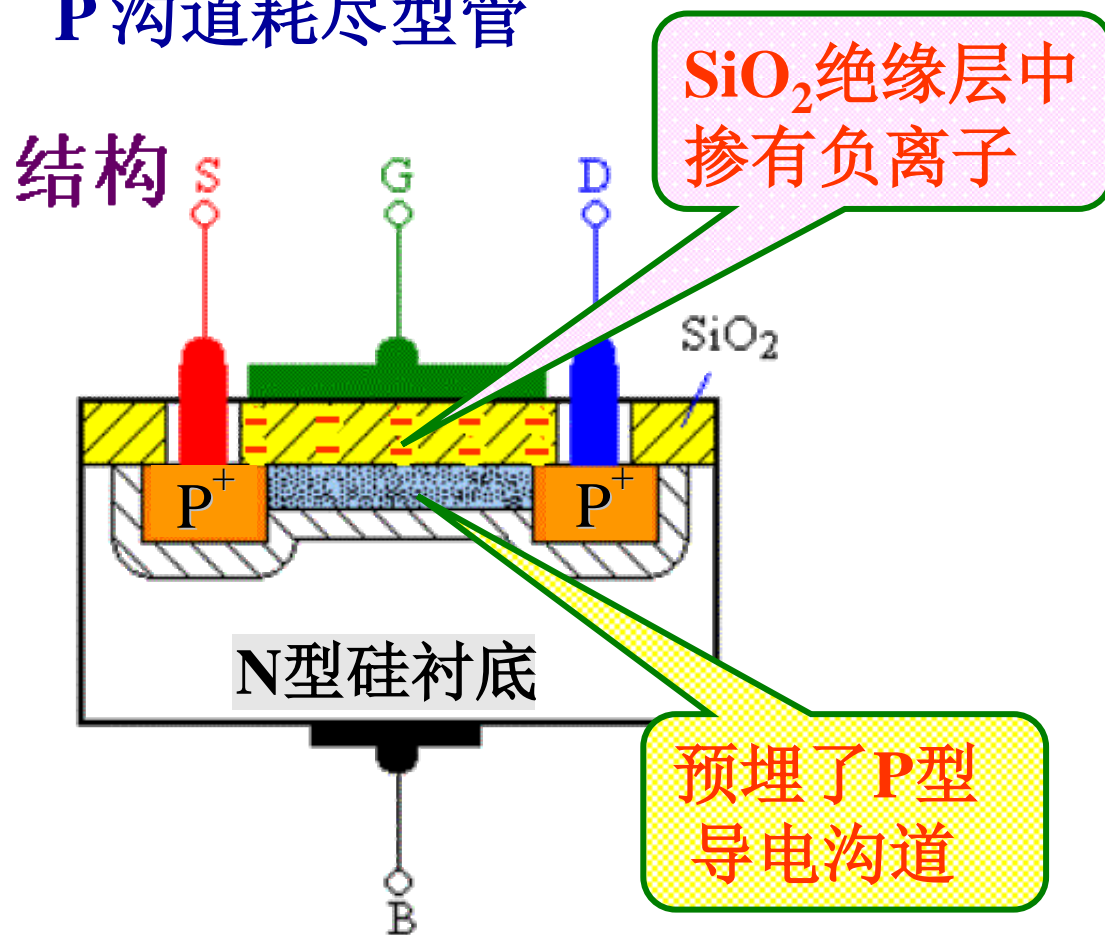
③ 特性曲线

耗尽型的MOS管 $U_{GS}=0$ 时就有导电沟道，加反向电压到一定值时才能夹断。



2. 耗尽型绝缘栅场效晶体管

(2) P沟道耗尽型管





场效晶体管与双极型晶体管的比较

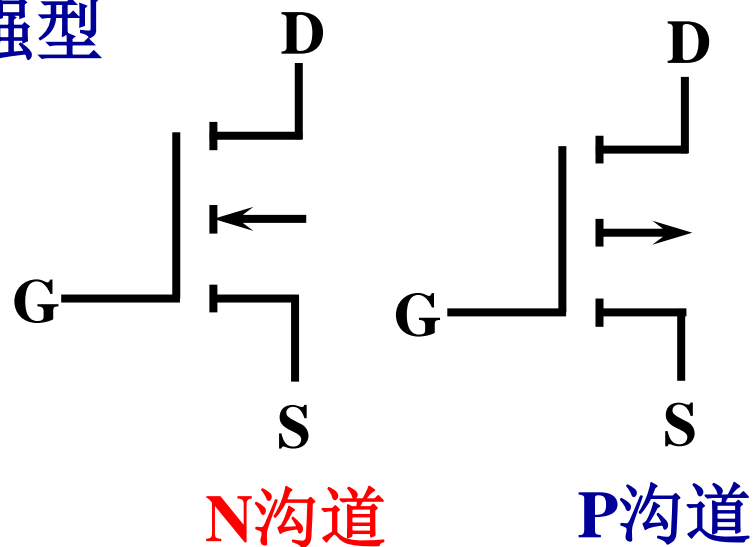
	双极型晶体管	场效晶体管
载流子	电子和空穴两种载流子同时参与导电	电子或空穴中一种载流子参与导电
控制方式	电流控制	电压控制
类 型	NPN和PNP	N沟道和P沟道
放大参数	$\beta = 30 \sim 300$	$g_m = 1 \sim 5\text{mA/V}$
输入电阻	$10^2 \sim 10^4 \Omega$ 较低	$10^7 \sim 10^{14} \Omega$ 较高
输出电阻	r_{ce} 很高	r_{ds} 很高
热稳定性	差	好
制造工艺	较复杂	简单，成本低
对应电极	B – E – C	G – S – D



小 结

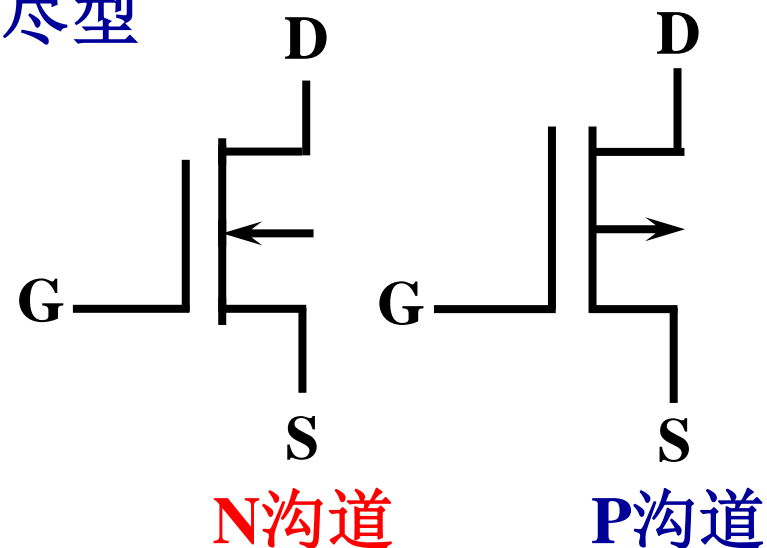
1. 绝缘栅型场效晶体管

增强型



G、S之间加一定电压才形成导电沟道。

耗尽型



在制造时就具有原始导电沟道。

2. 特性曲线