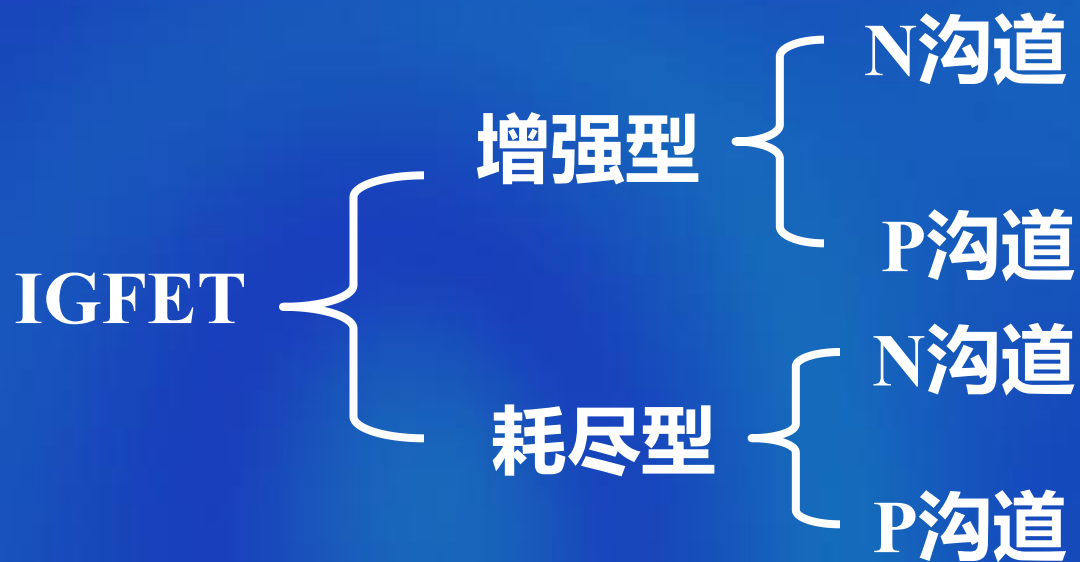


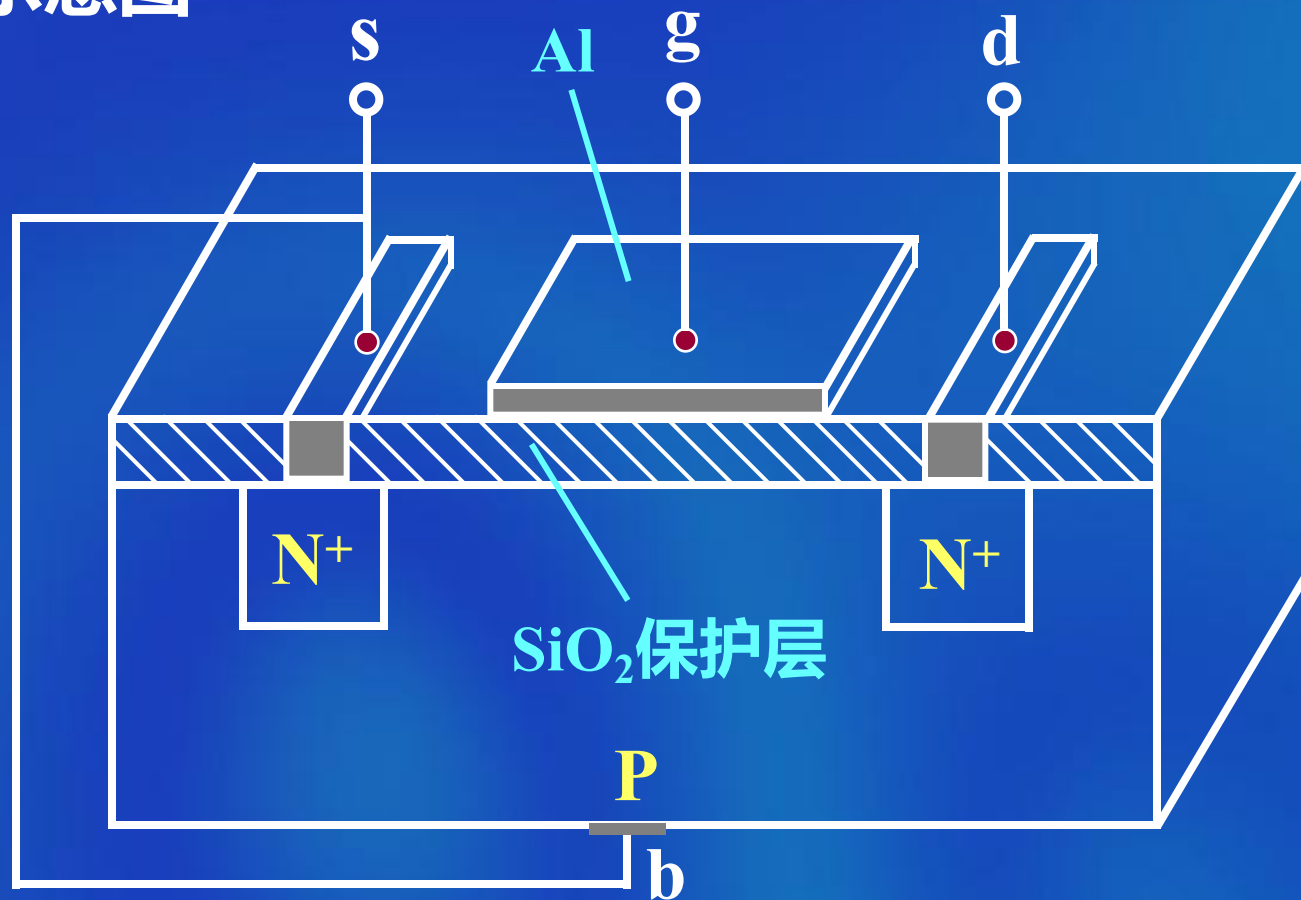
3.2 绝缘栅型场效应管

绝缘栅型场效应管的类别



3.2.1 增强型绝缘栅场效应管

1. 结构示意图



SiO₂保护层

Al

引出两个电极

引出栅极

S

G

D

N⁺

两边扩散两个高浓度的N区

N⁺

形成两个PN结

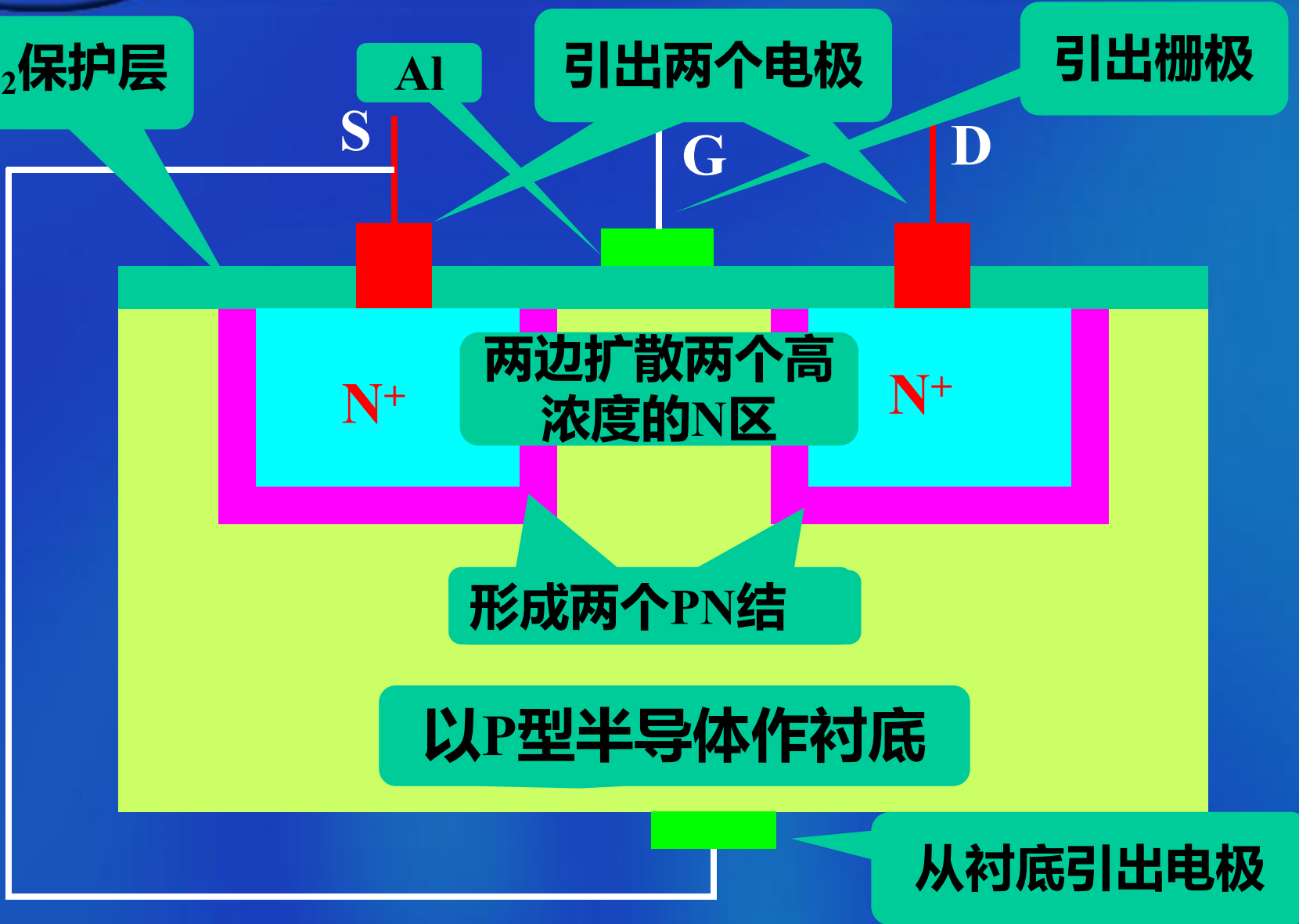
以P型半导体作衬底

从衬底引出电极

上页

下页

后退

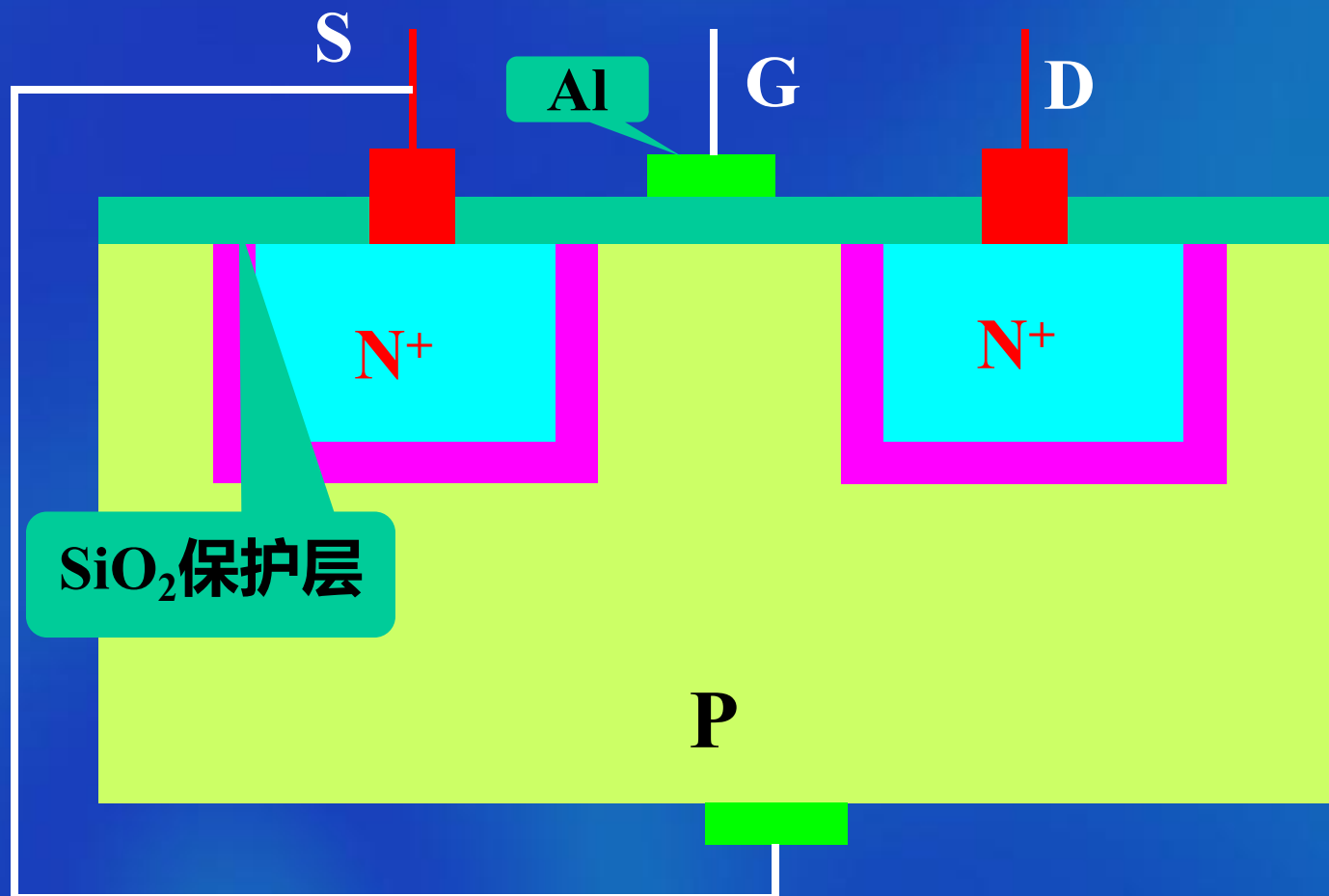


管子组成：

a. 金属
(Metal)

b. 氧化物
(Oxide)

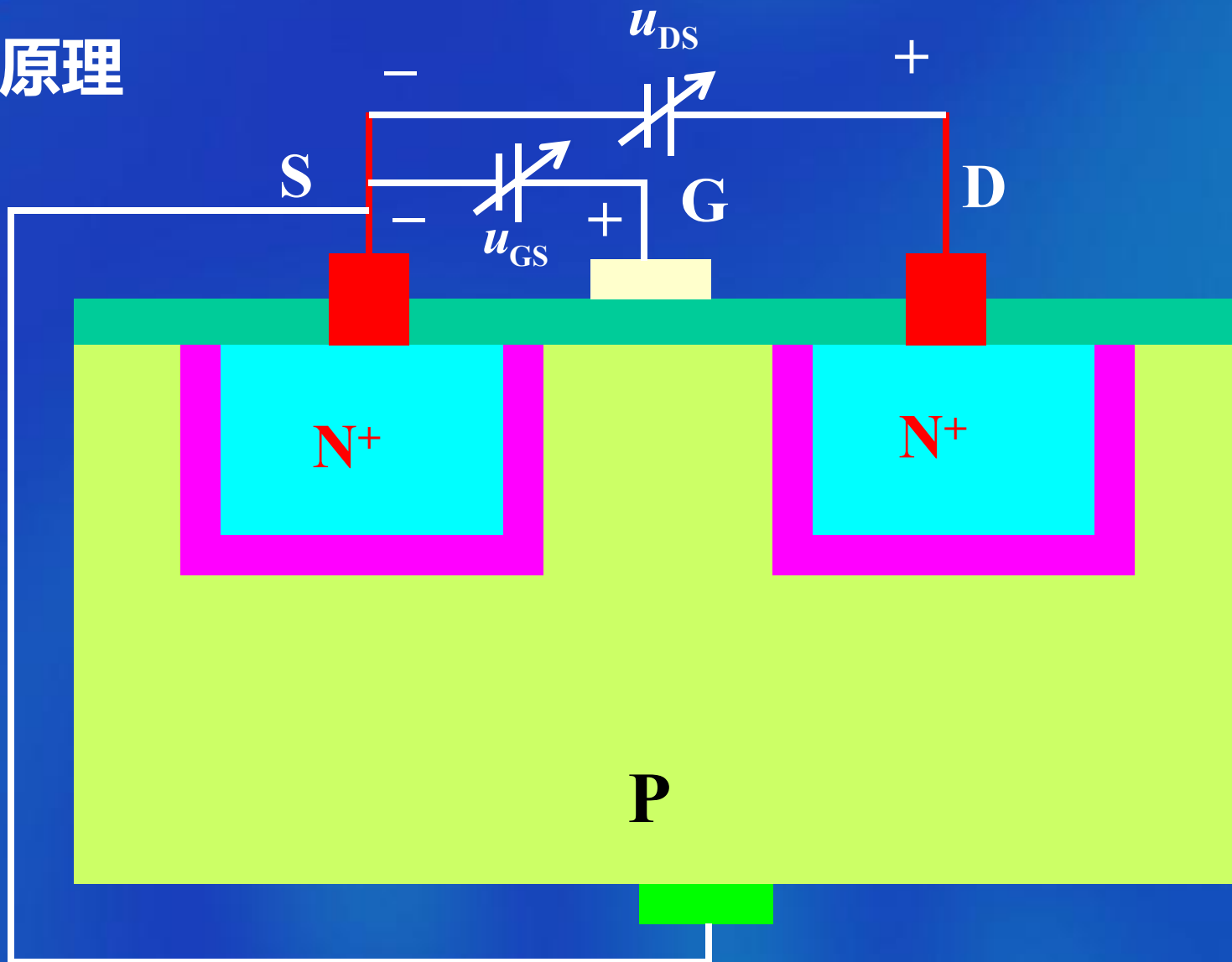
c. 半导体(Semiconductor)



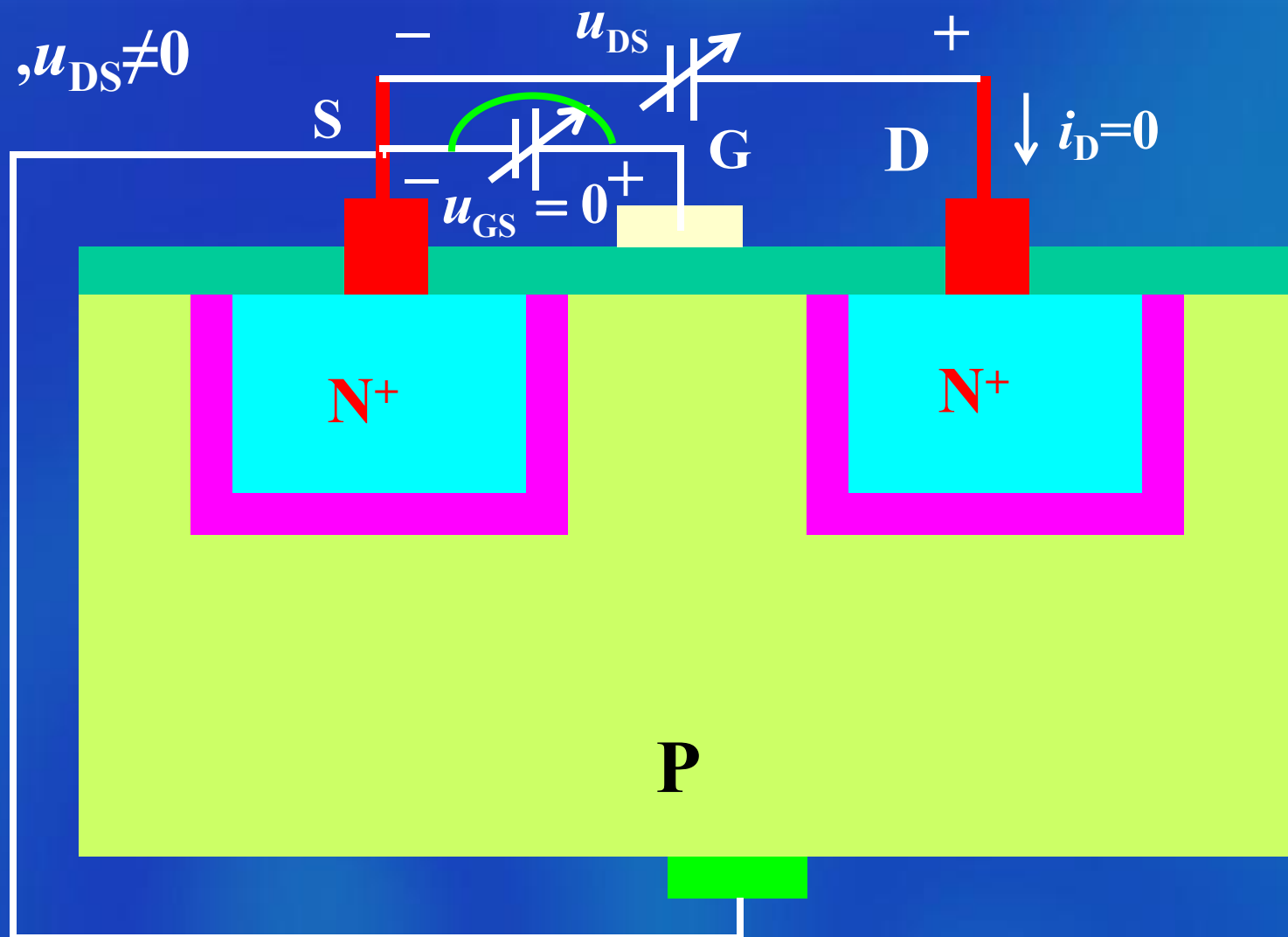
故又称为MOS管

2. 工作原理

电路连接图

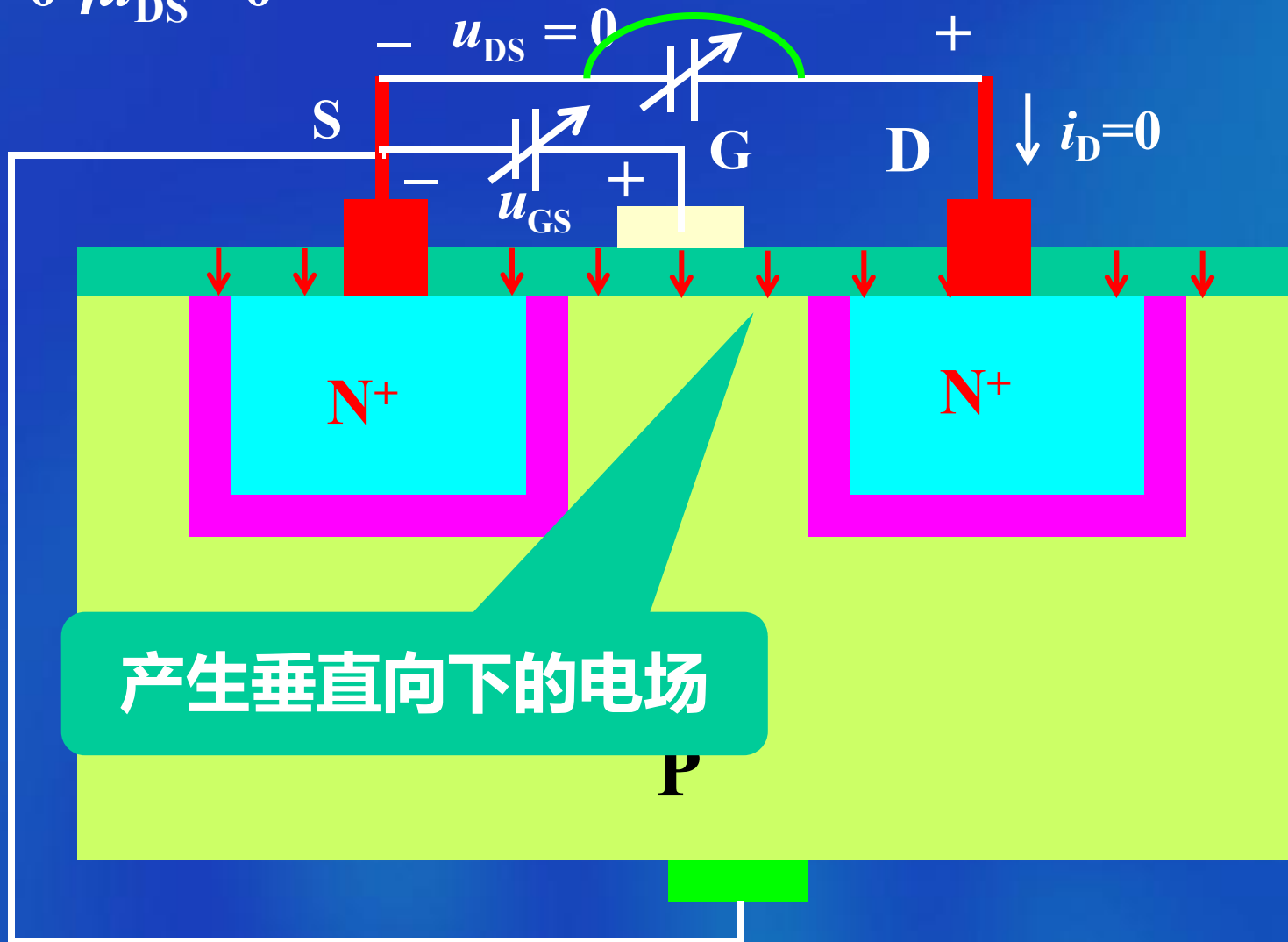


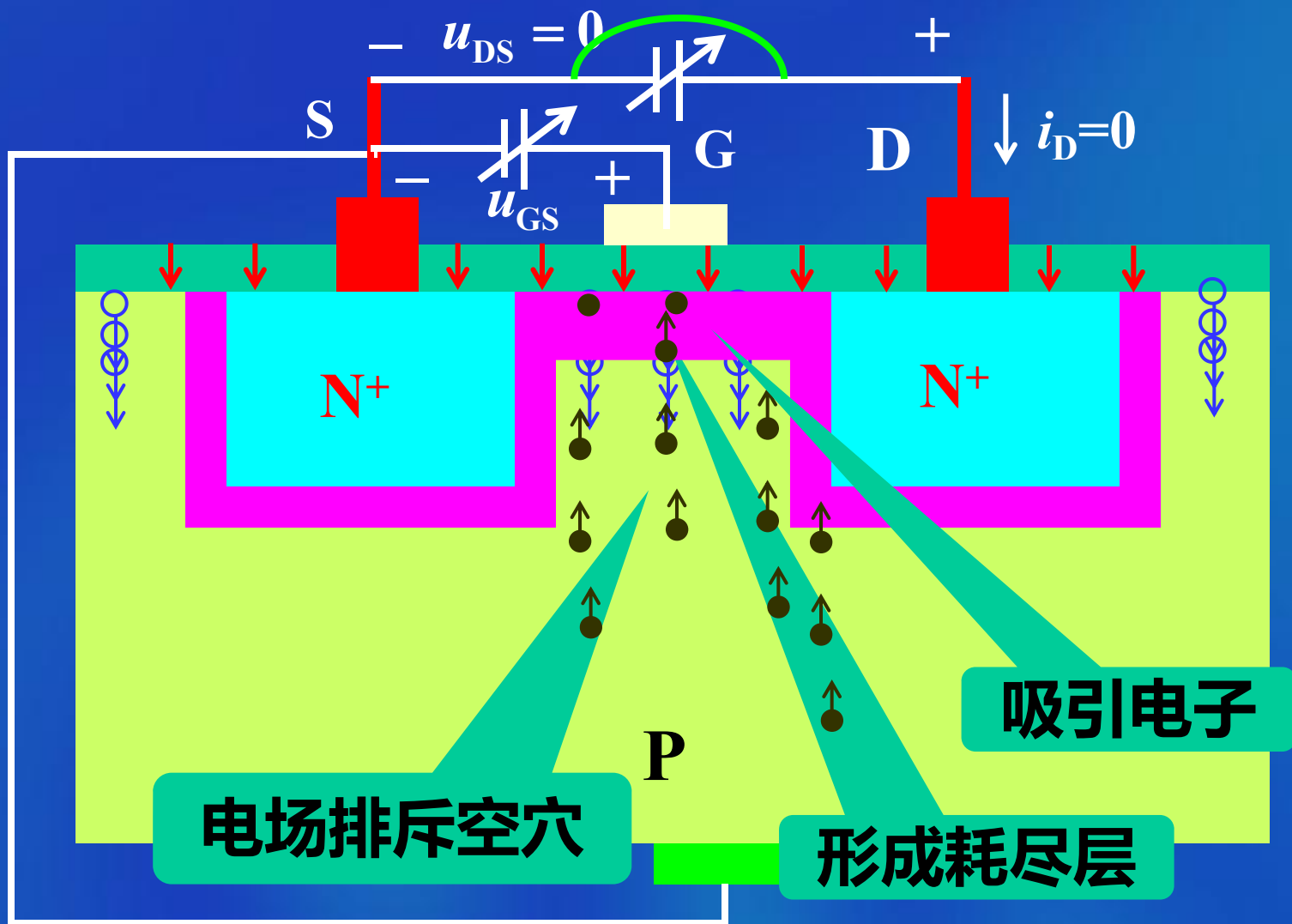
(1) $u_{GS}=0, u_{DS} \neq 0$



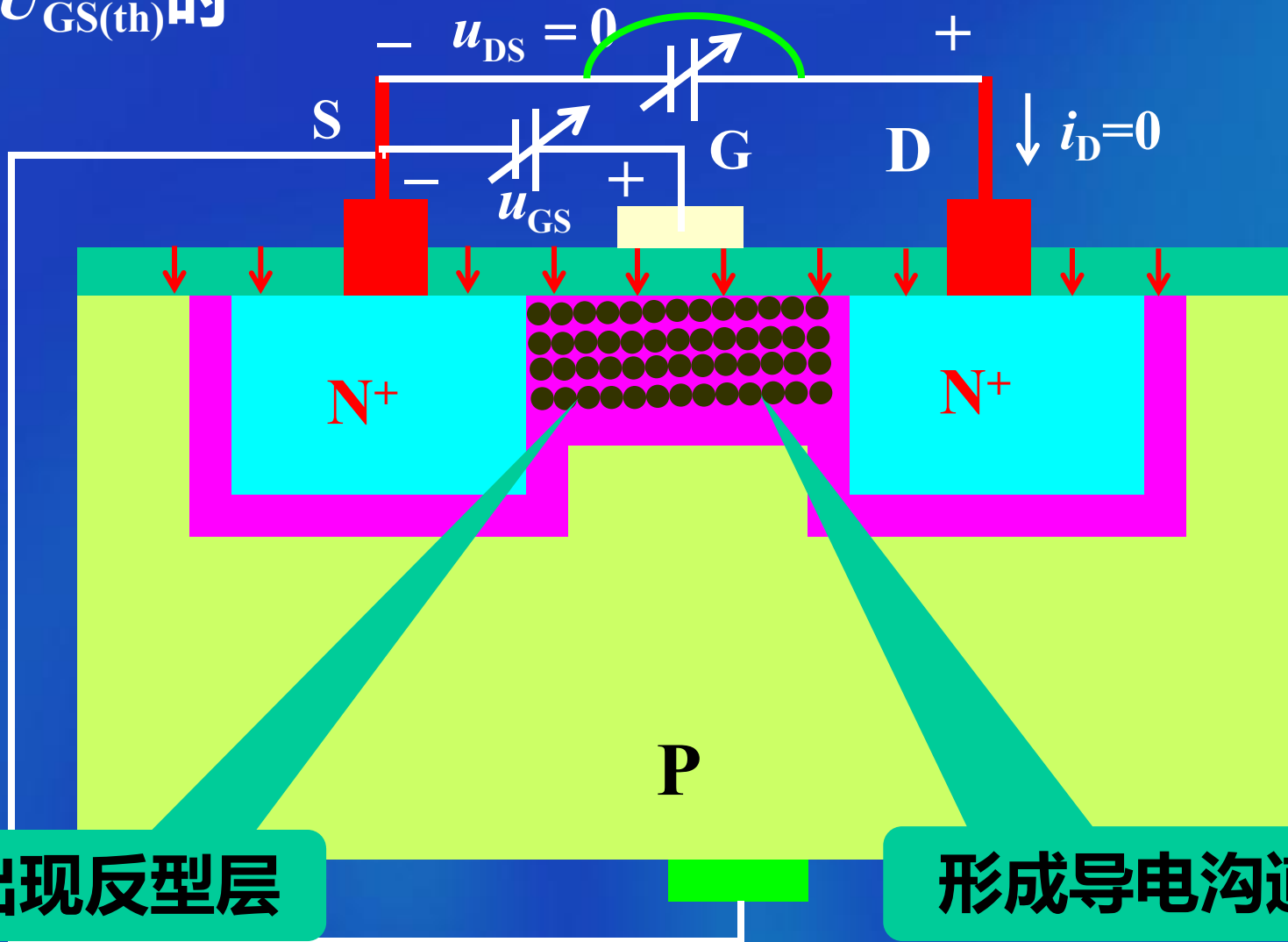
源极和漏极之间始终有一个PN结反偏, $i_D=0$

2. $u_{GS} > 0, u_{DS} = 0$



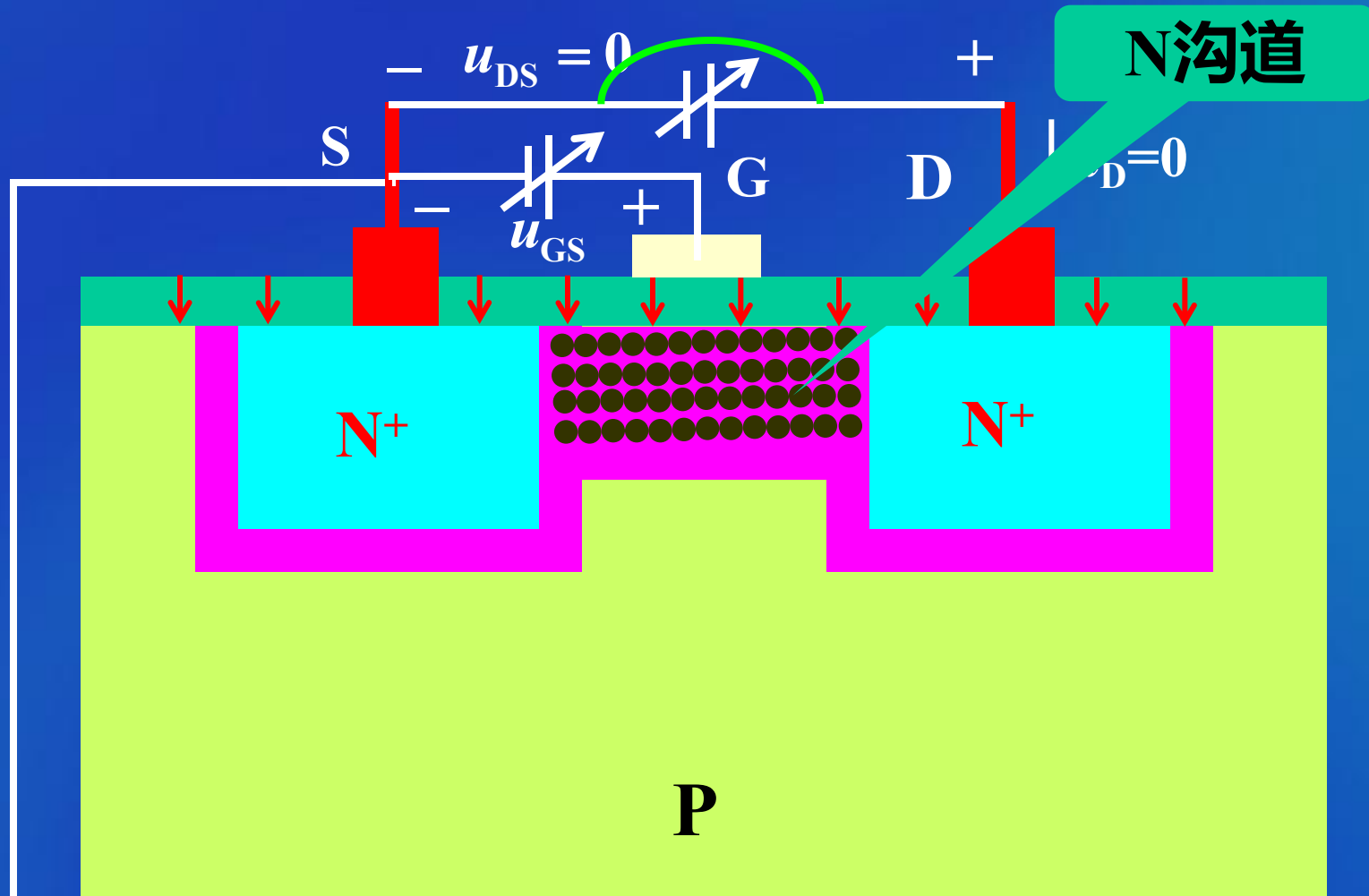


当 $u_{GS} = U_{GS(th)}$ 时



出现反型层

形成导电沟道



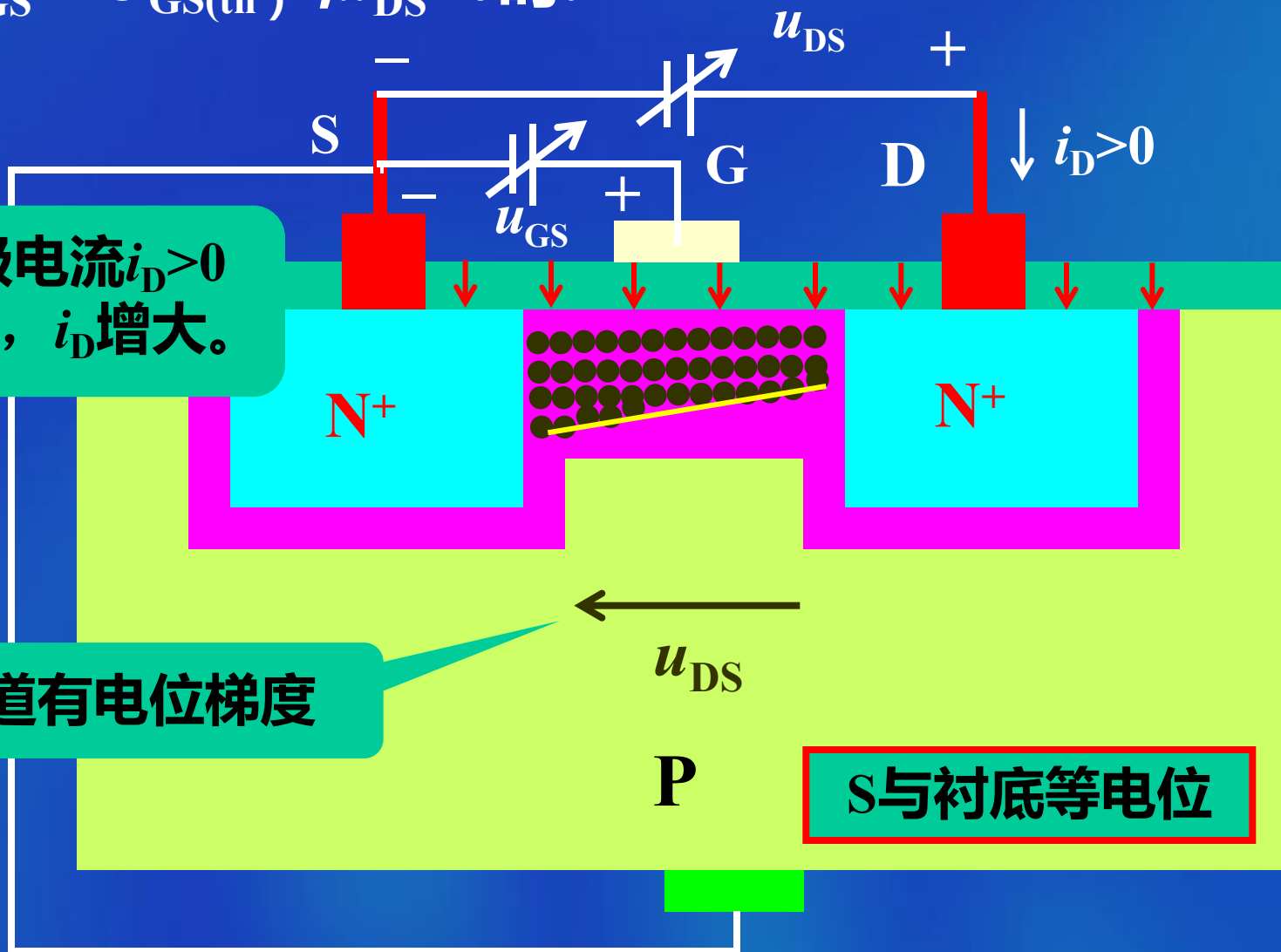
$U_{GS(th)}$ —开启电压

N沟道增强型MOS管，简称NMOS

3. 当 $u_{GS} > U_{GS(th)}$, $u_{DS} > 0$ 时.

(a) 漏极电流 $i_D > 0$
 u_{DS} 增大, i_D 增大。

(b) 沿沟道有电位梯度

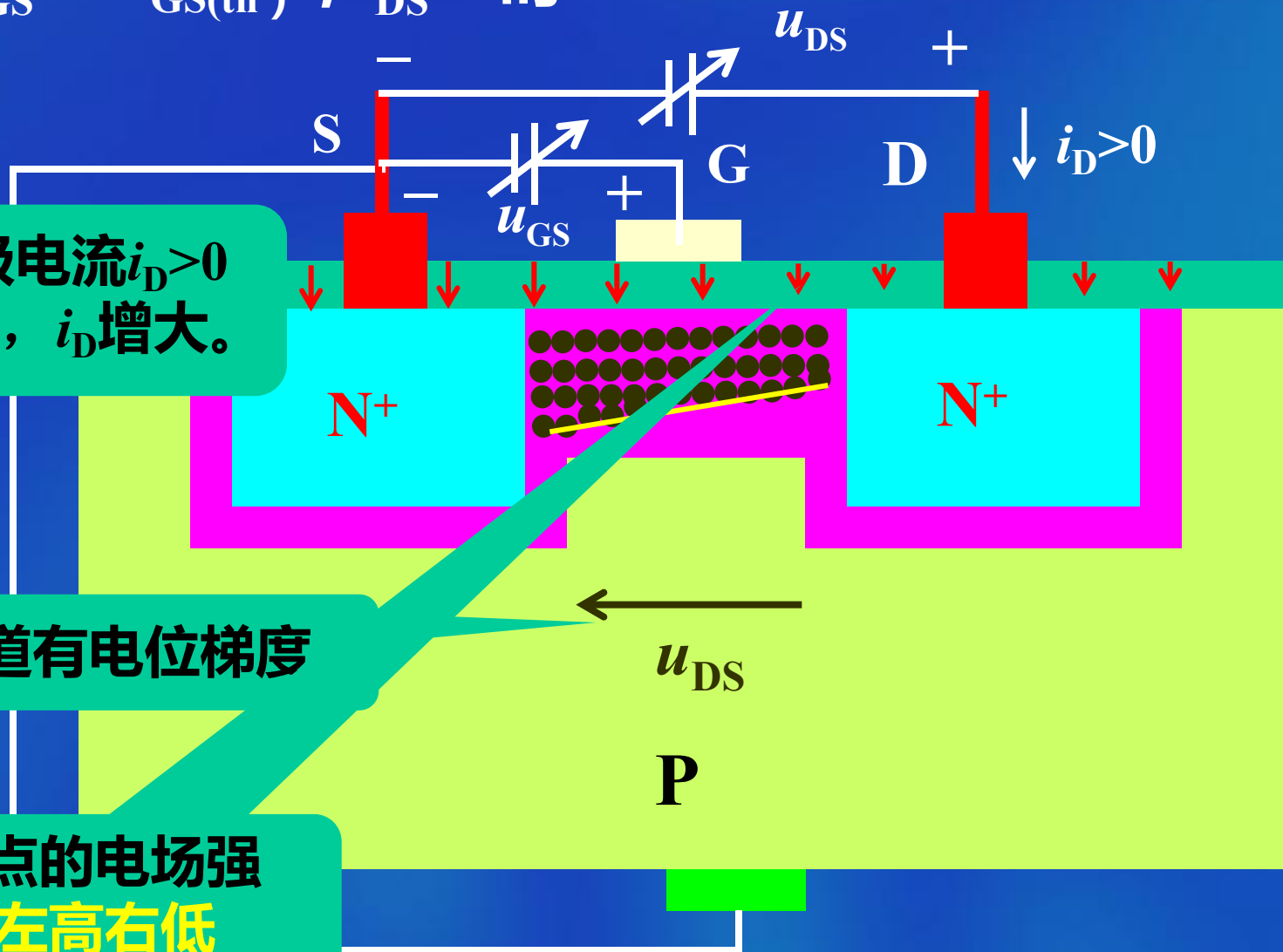


3. 当 $u_{GS} > U_{GS(th)}$, $u_{DS} > 0$ 时.

(a) 漏极电流 $i_D > 0$
 u_{DS} 增大, i_D 增大。

(b) 沿沟道有电位梯度

(c) 不同点的电场强度不同, 左高右低



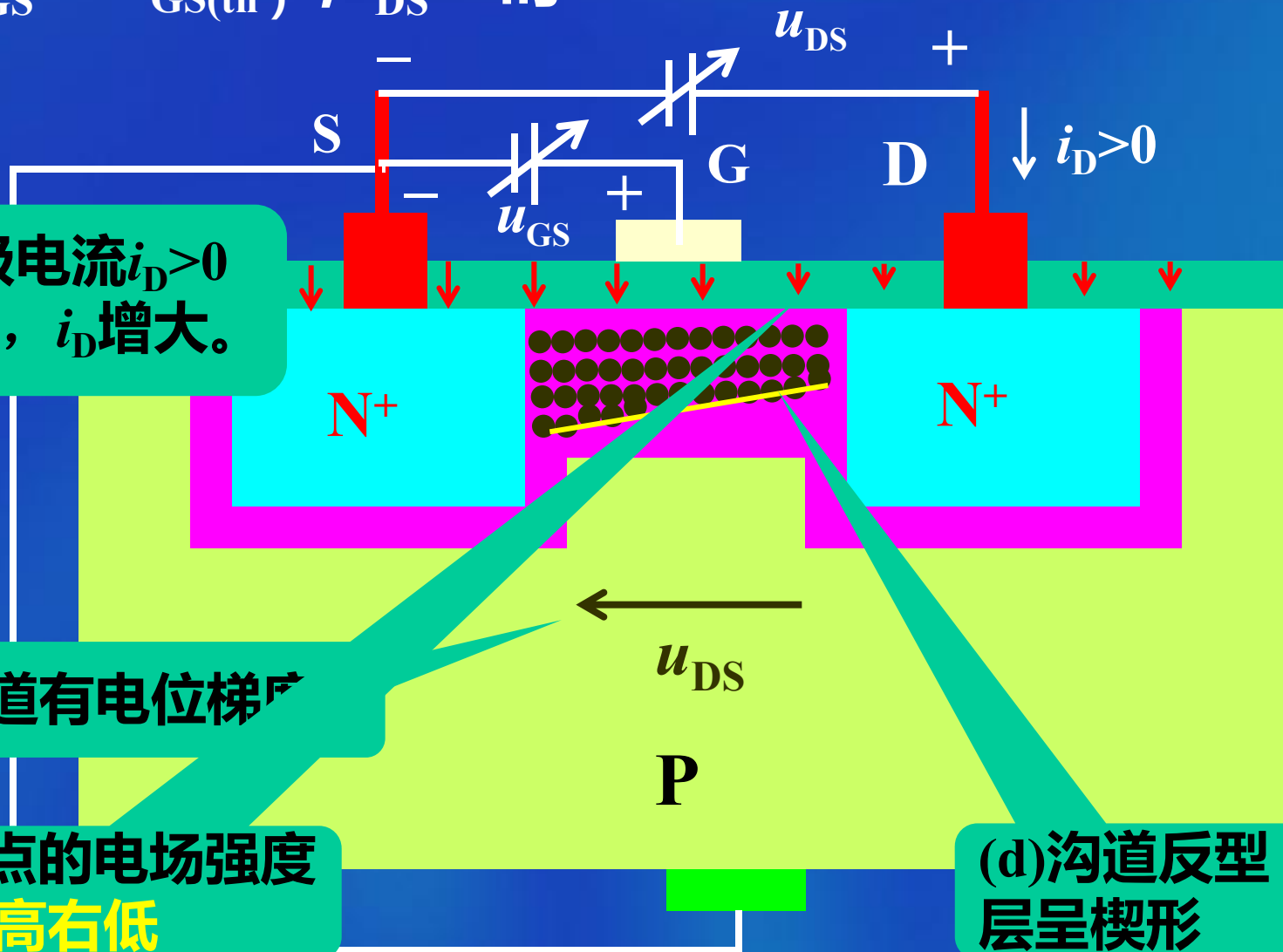
3. 当 $u_{GS} > U_{GS(th)}$, $u_{DS} > 0$ 时.

(a) 漏极电流 $i_D > 0$
 u_{DS} 增大, i_D 增大。

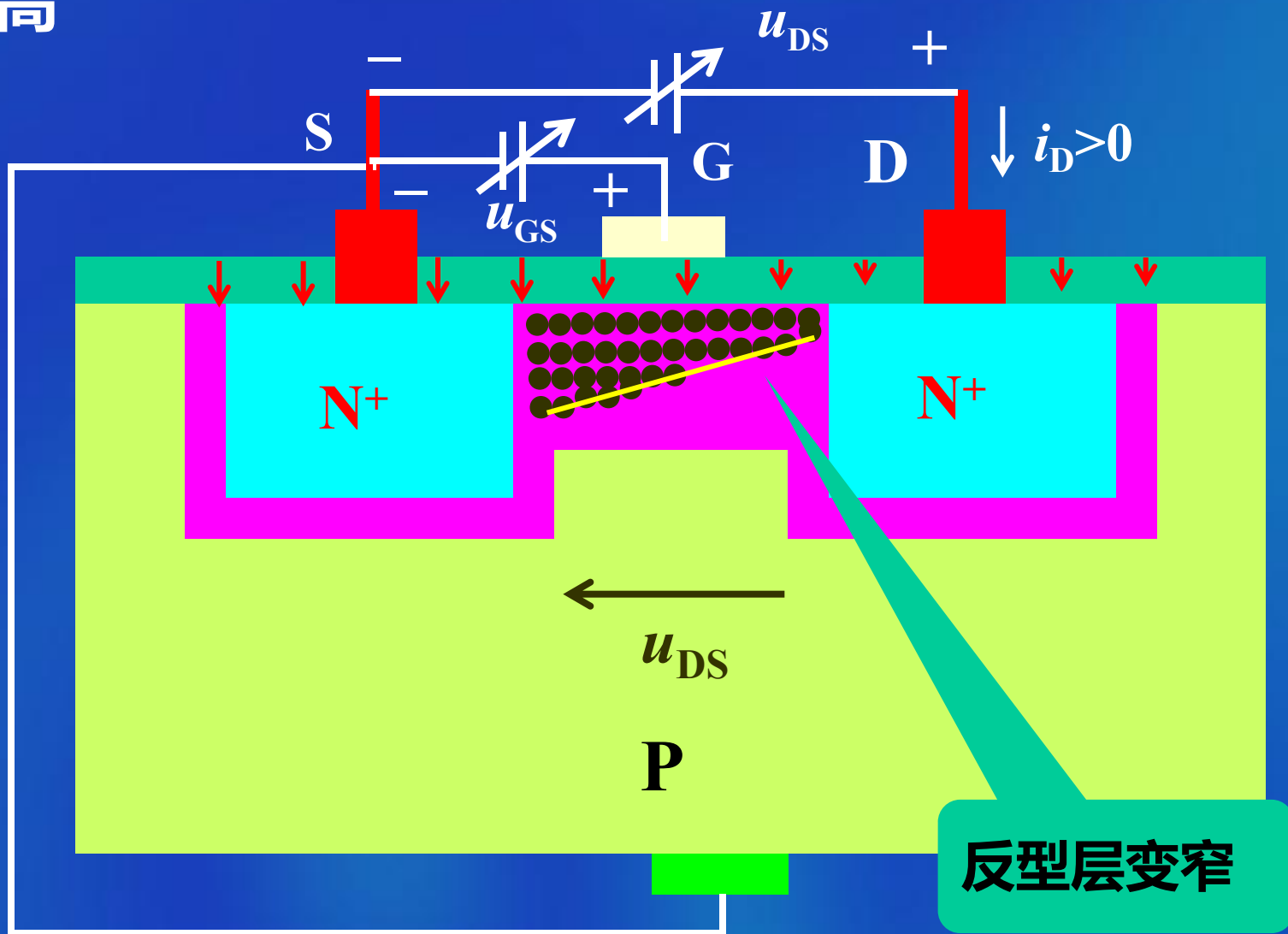
(b) 沿沟道有电位梯度

(c) 不同点的电场强度
不同, 左高右低

(d) 沟道反型
层呈楔形

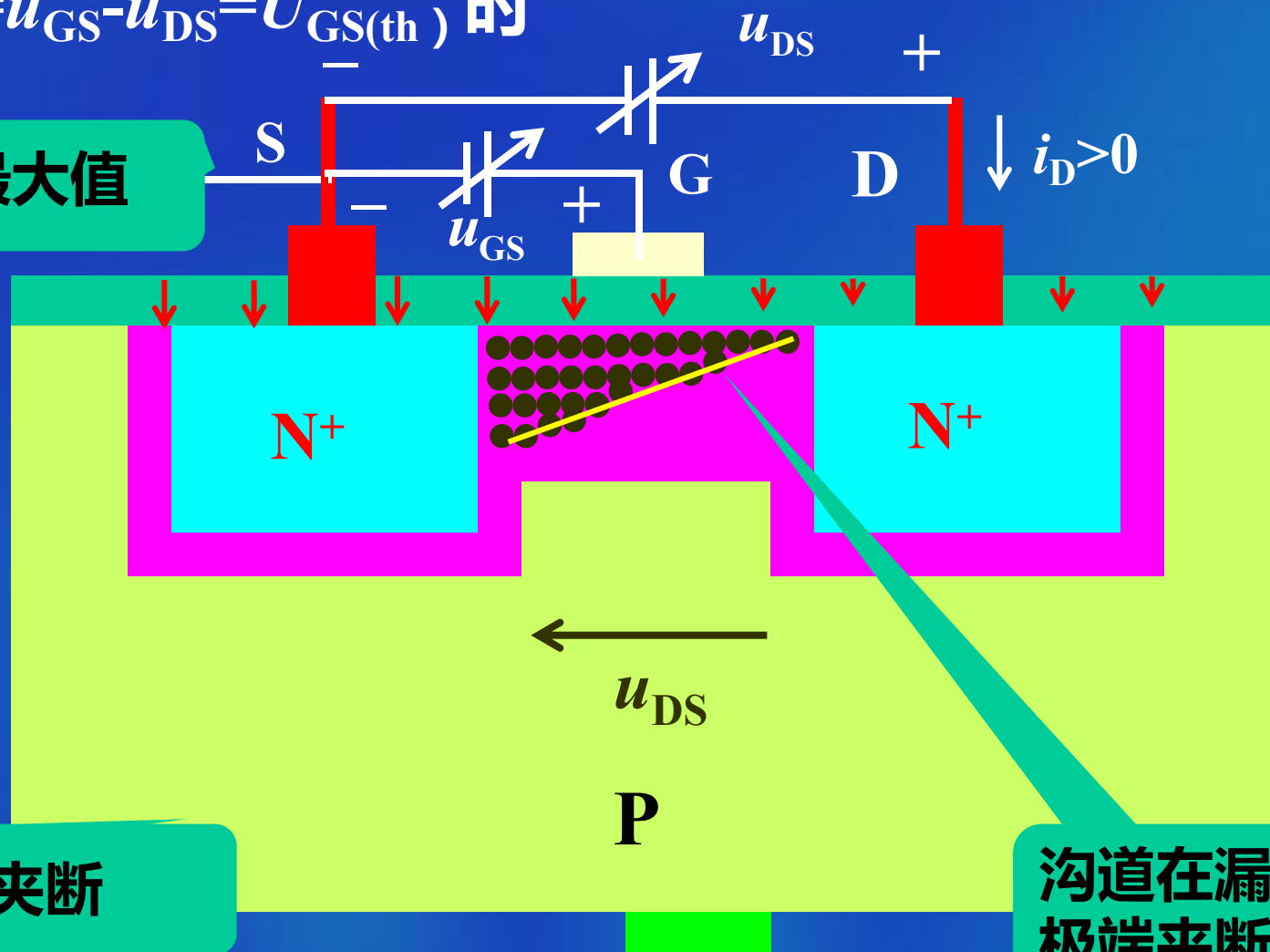


a. u_{DS} 升高



b. 当 $u_{GD} = u_{GS} - u_{DS} = U_{GS(th)}$ 时

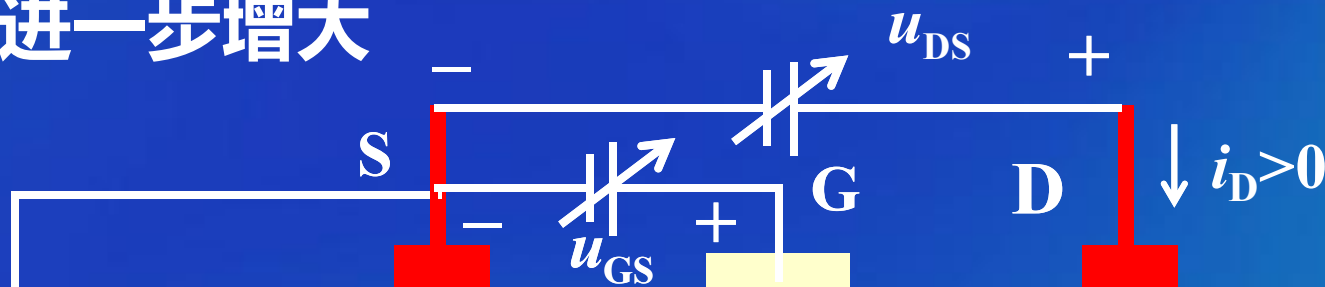
(a) i_D 达到最大值



(b) 管子预夹断

沟道在漏
极端夹断

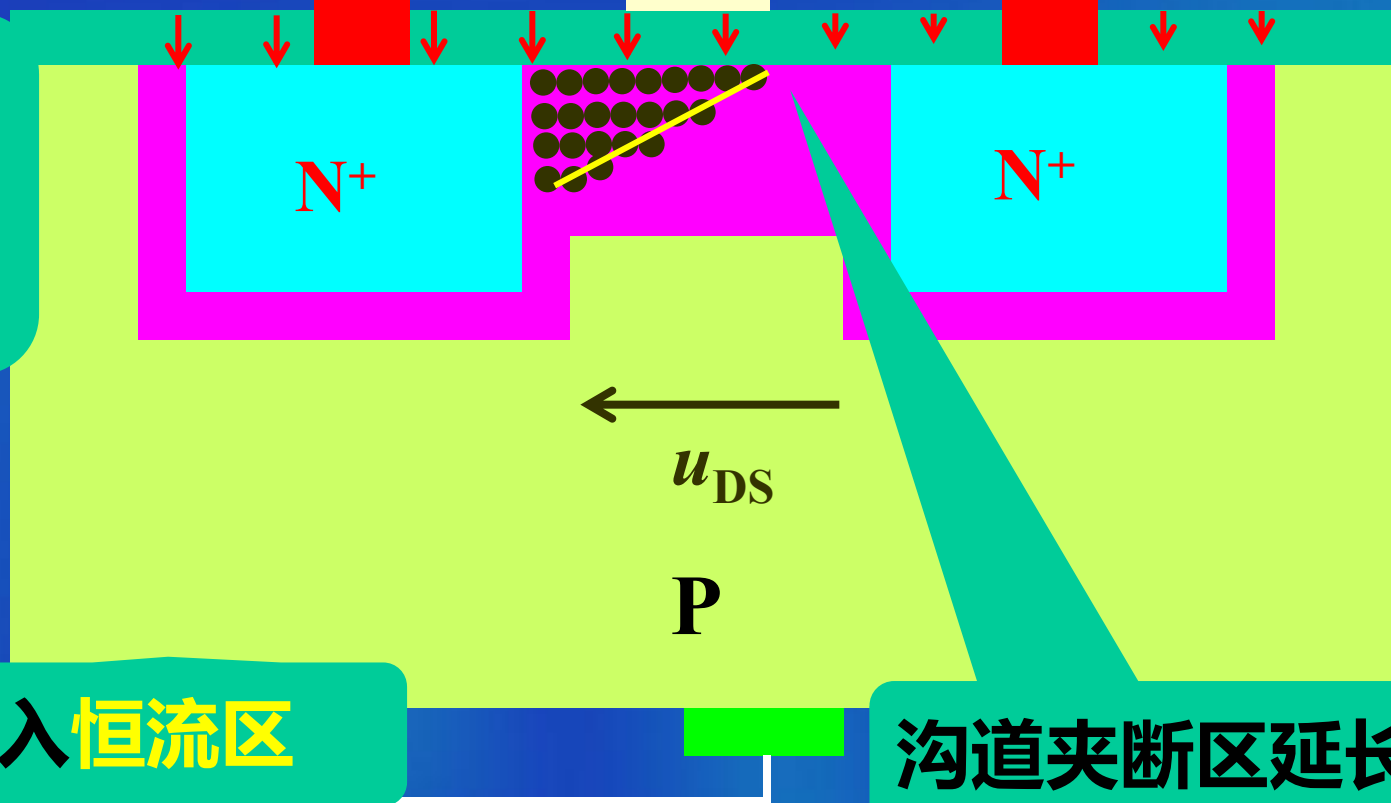
c. 当 u_{DS} 进一步增大



(a) i_D 达到最大值且恒定

(b) 管子进入恒流区

沟道夹断区延长

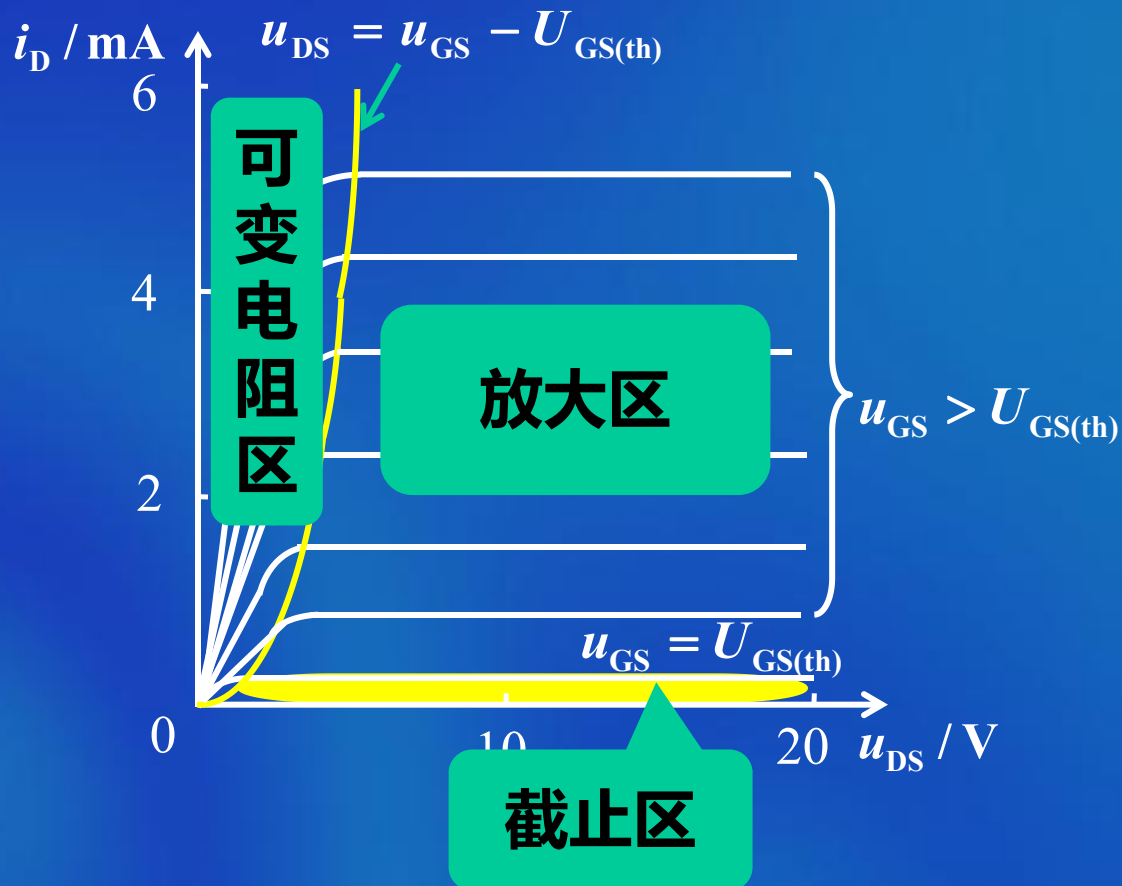


2. 伏安特性与参数

a. 输出特性

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

输出特性曲线



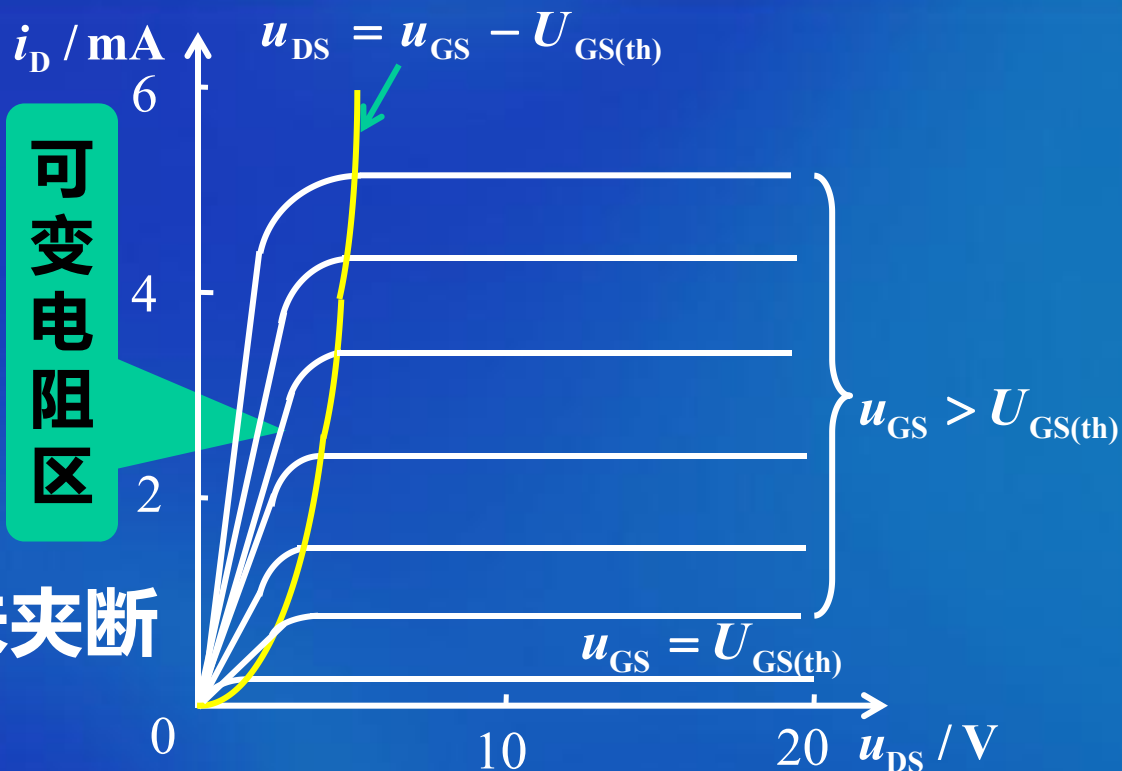
各区的特点：

(1) 可变电阻区

a. u_{DS} 较小，沟道尚未夹断

b. $u_{DS} < u_{GS} - |U_{GS(th)}|$

c. 管子相当于受 u_{GS} 控制的压控电阻



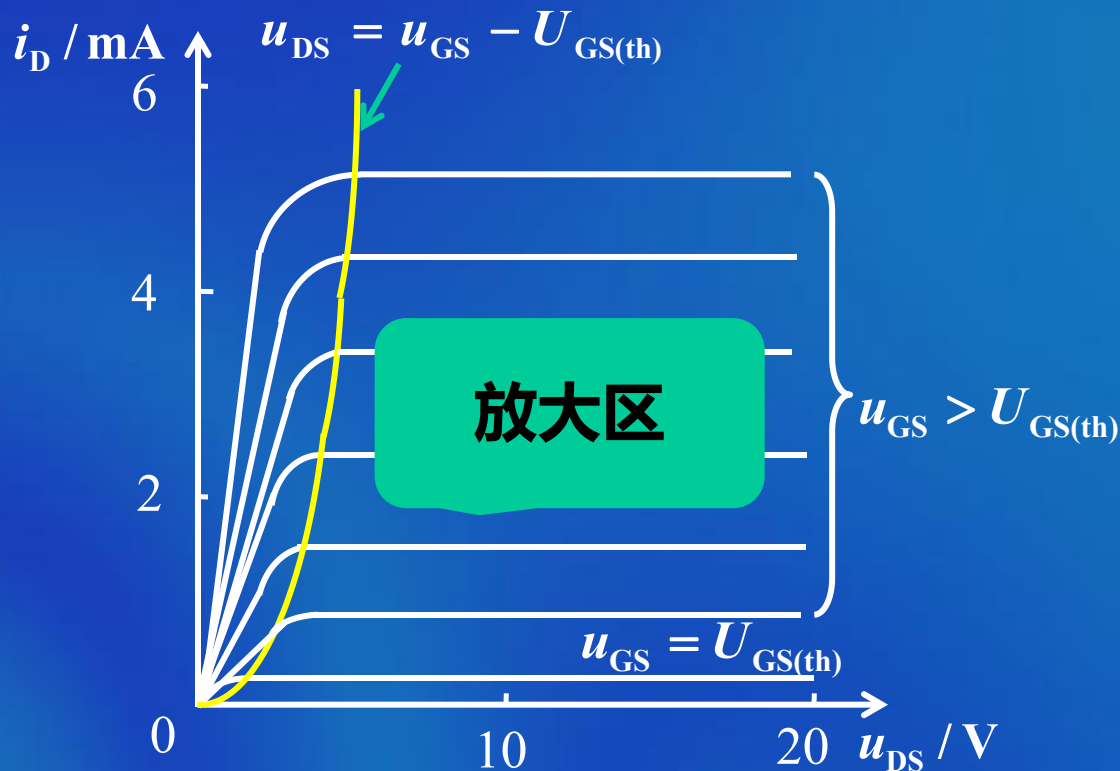
(2) 放大区

a. 沟道预夹断

b. $u_{DS} > u_{GS} - |U_{GS(th)}|$

c. i_D 几乎与 u_{DS} 无关

d. i_D 只受 u_{GS} 的控制

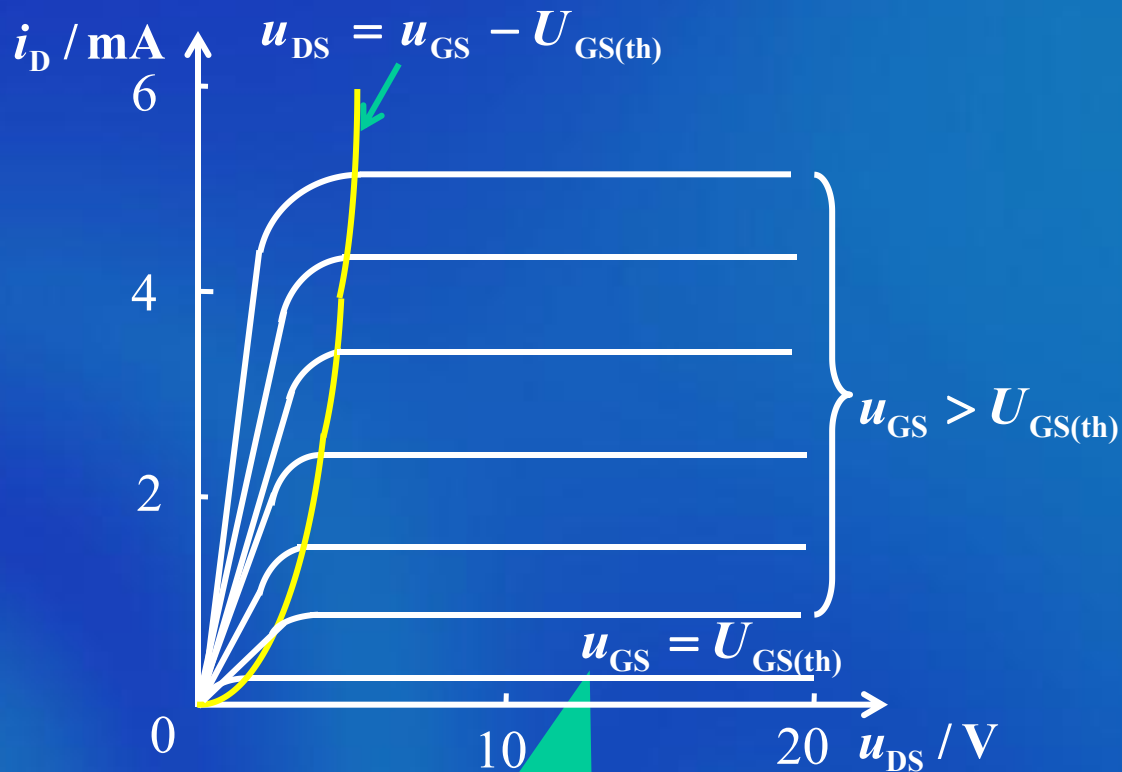


(3) 截止区

a. $u_{GS} < U_{GS(th)}$

b. 沟道未形成

c. $i_D \approx 0$

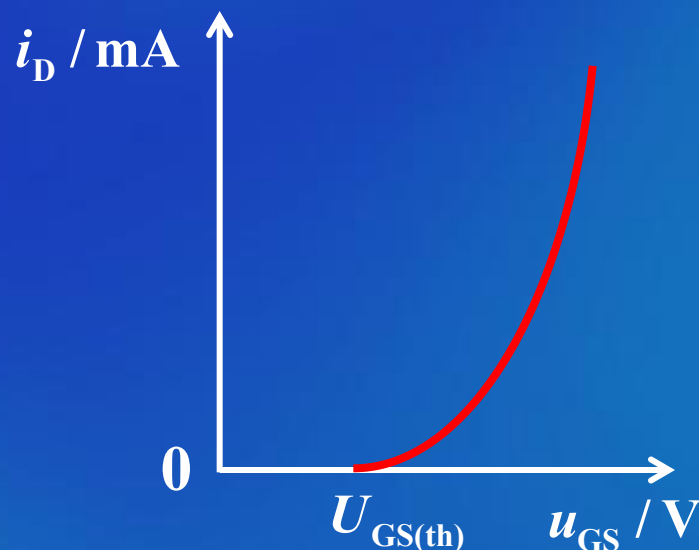


截止区

b. 转移特性曲线

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

管子工作于放大区时函数表达式



转移特性曲线

$$i_D = K[u_{GS} - U_{GS(th)}]^2$$

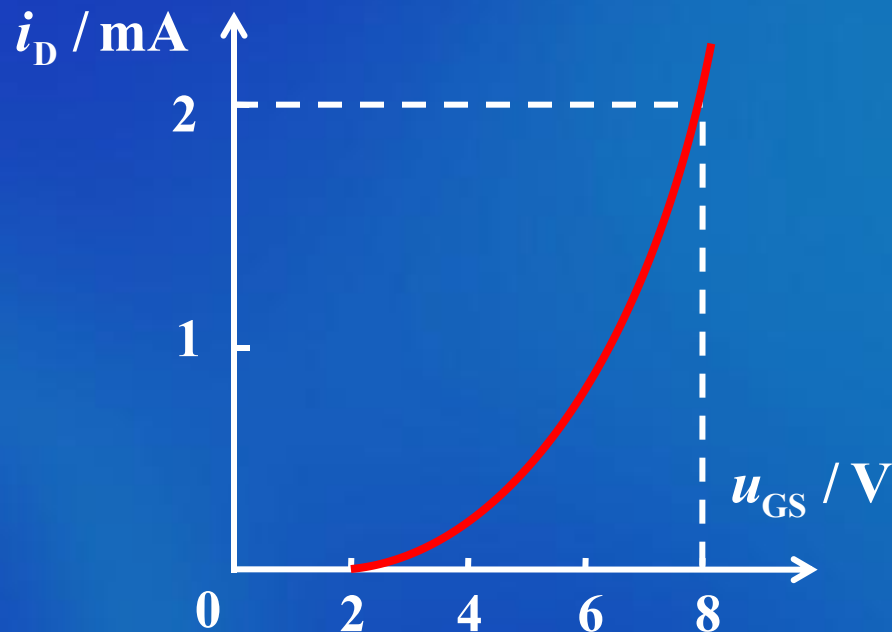
式中， K 为与管子有关的参数

例 图示为某一增强型NMOS管的转移特性。试求其相应的常数 K 值。

解 由图可知，该管的

$$U_{GS(th)} = 2\text{ V}$$

当 $U_{GS} = 8\text{ V}$ 时， $I_D = 2\text{ mA}$



故

$$K = \frac{I_D}{[U_{GS} - U_{GS(th)}]^2} = \frac{2}{[8 - 2]^2} = 0.056\text{ mA/V}^2$$

总结

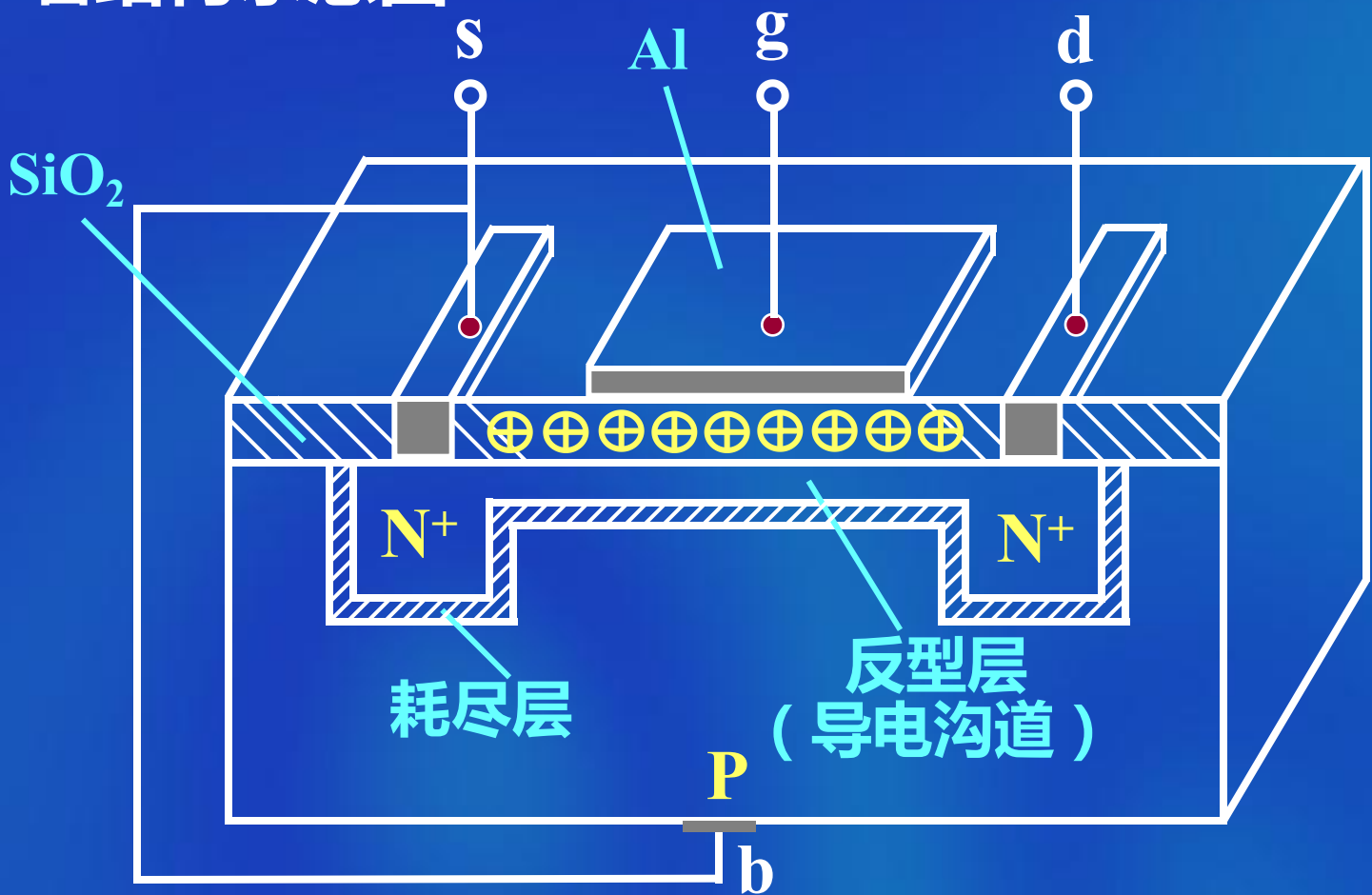
1. MOS管利用 u_{GS} 电压改变沟道的宽窄，即改变沟道电阻大小调控漏极电流 i_D 的大小。

2. 管子当 $u_{GS}=0$ 时 $i_D=0$ 。

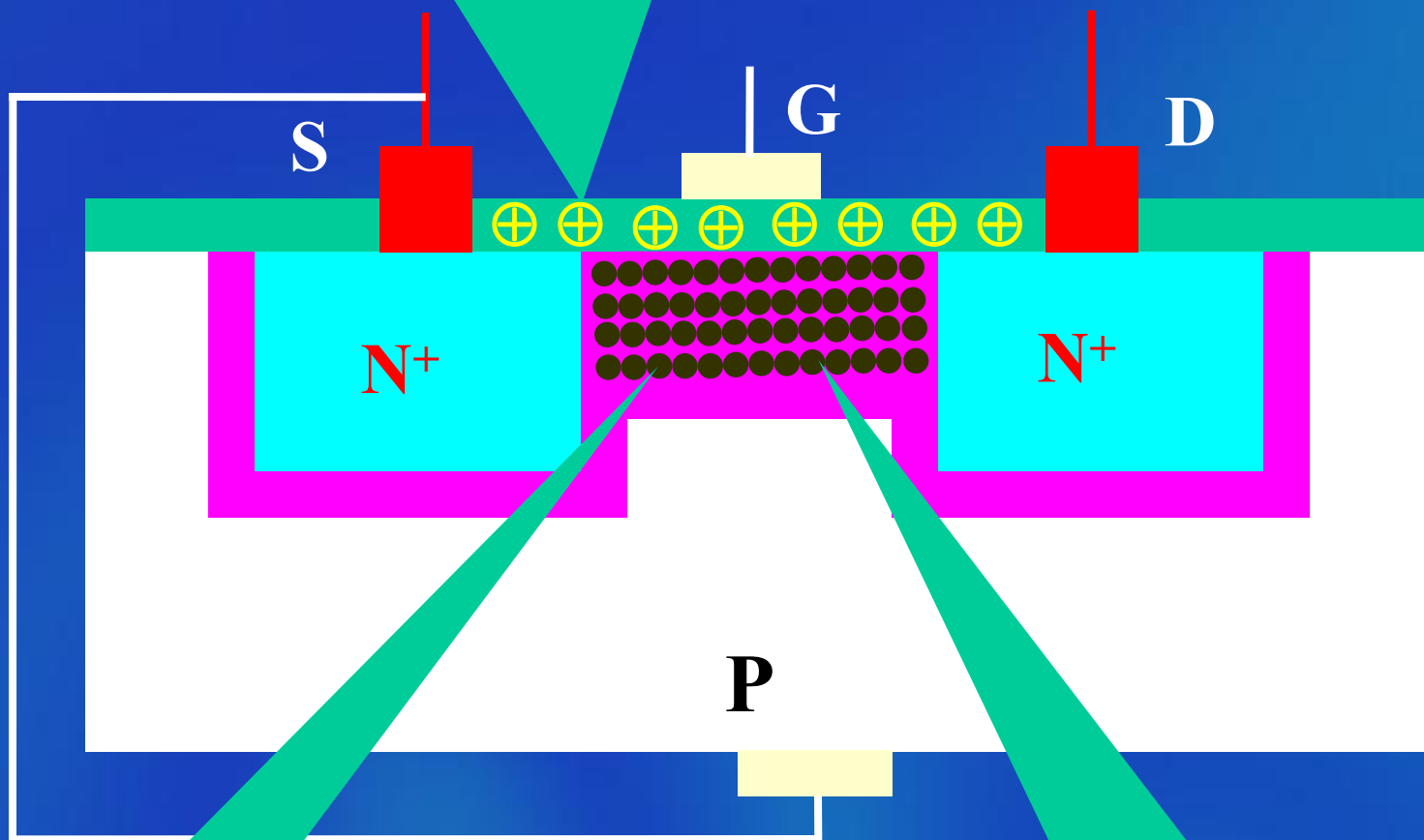
只有当 $u_{GS} > U_{GS(th)}$ 时才出现沟道，形成漏极电流 i_D ，故称为增强型MOS管。

3.2.2 耗尽型MOS管

1. MOS管结构示意图



绝缘层中渗入了正离子



出现反型层

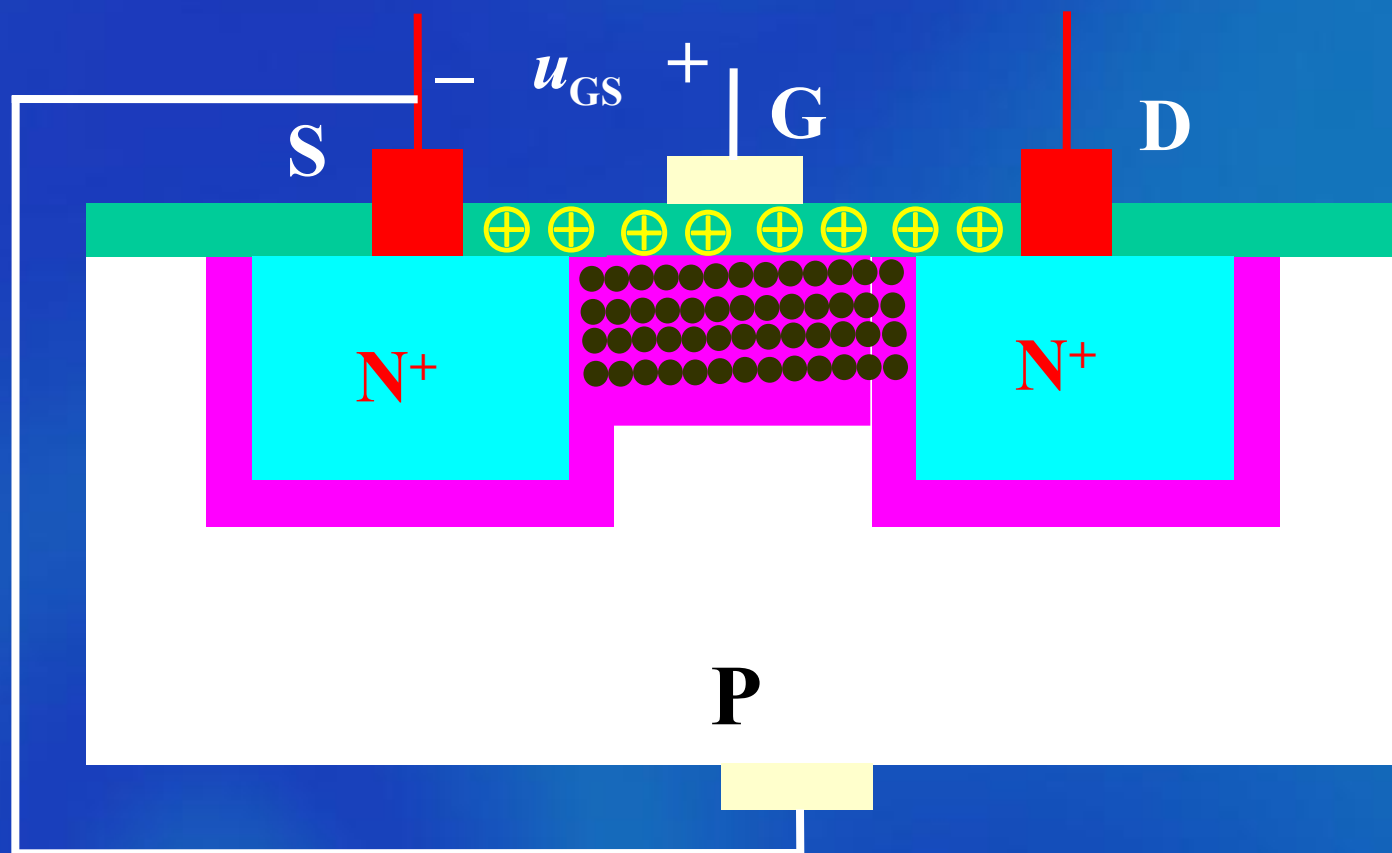
形成导电沟道

a. $u_{GS} > 0$

导电沟道**增宽**

b. $u_{GS} < 0$

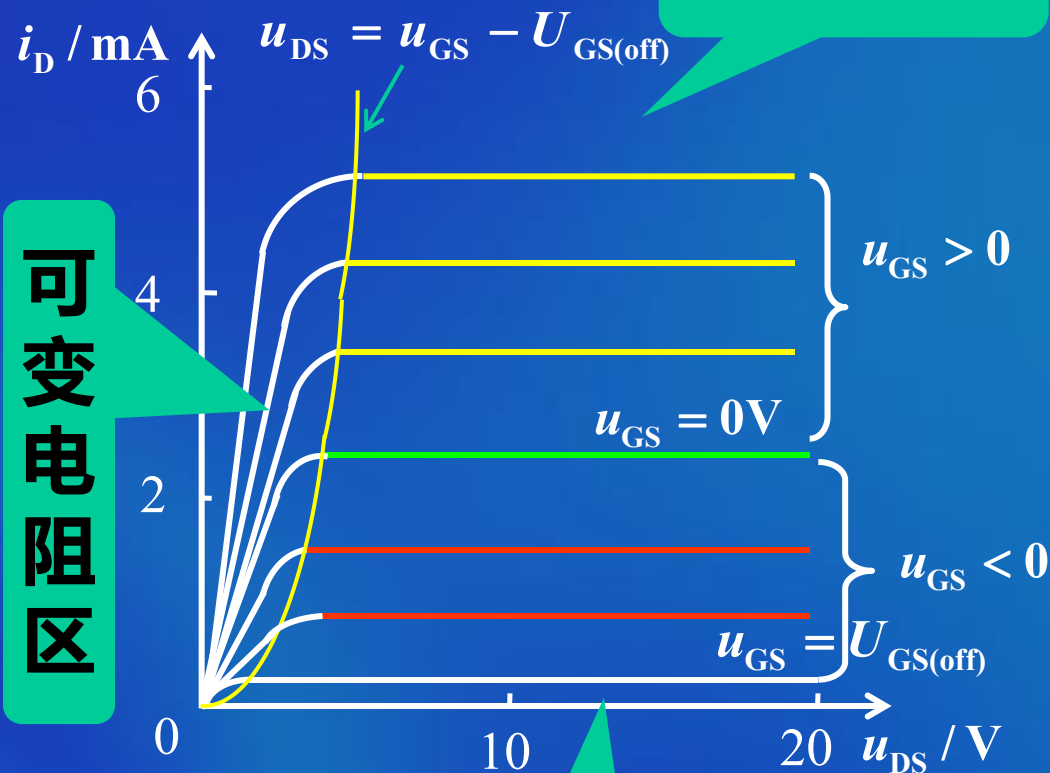
导电沟道**变窄**



耗尽型MOS管可以在 u_{GS} 为**正**、为**负**或为**零**下工作。

2. 伏安特性与参数

a. 输出特性曲线

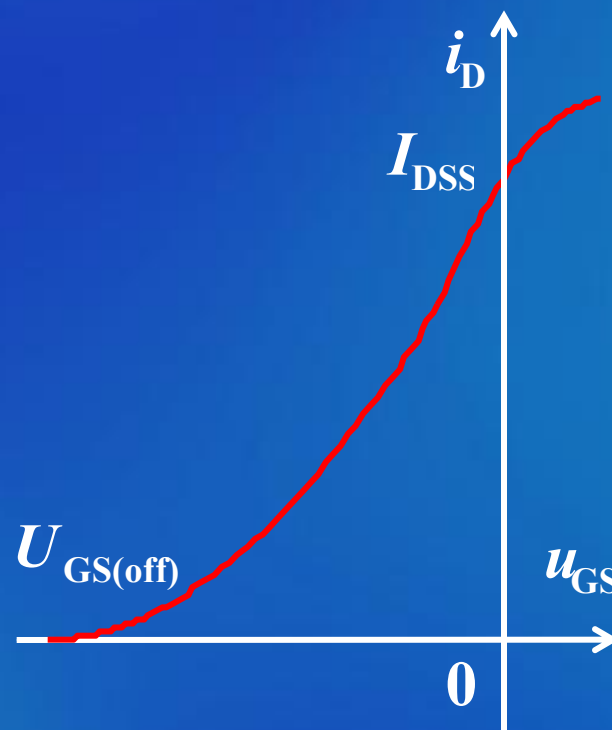


b. 转移特性曲线

工作于放大区时

函数表达式

$$i_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right]^2$$



转移特性曲线

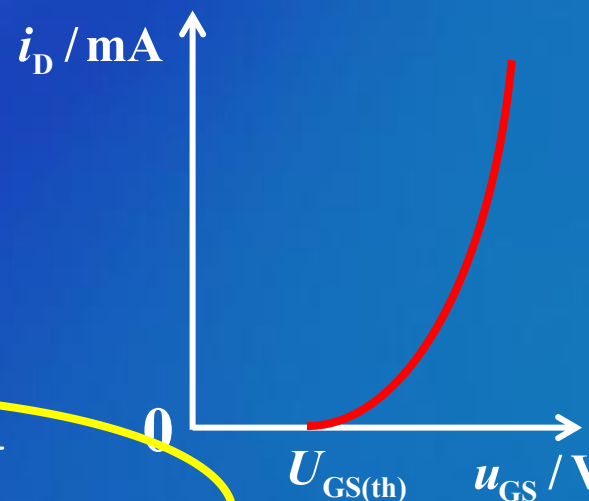
增强型与耗尽型管子的区别：

增强型： 当 $|u_{GS}| < |U_{GS(th)}|$ 时

$$i_D = 0$$

$$i_D = K[u_{GS} - U_{GS(th)}]^2$$

$$g_m = 2\sqrt{KI_{DQ}}$$

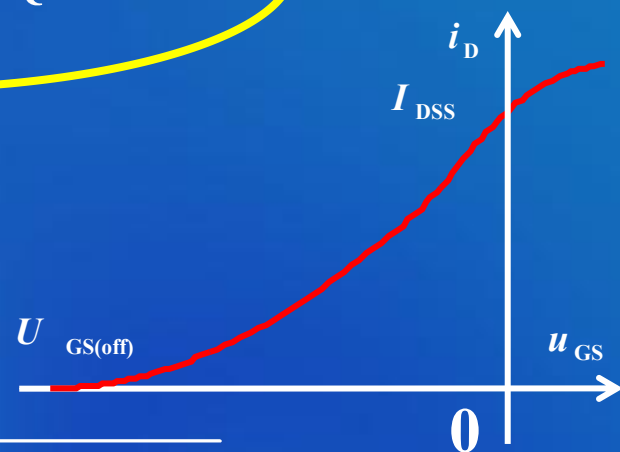


耗尽型： 当 $|u_{GS}| > |U_{GS(off)}|$ 时

$$i_D = 0$$

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$$

$$g_m = -\frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}$$

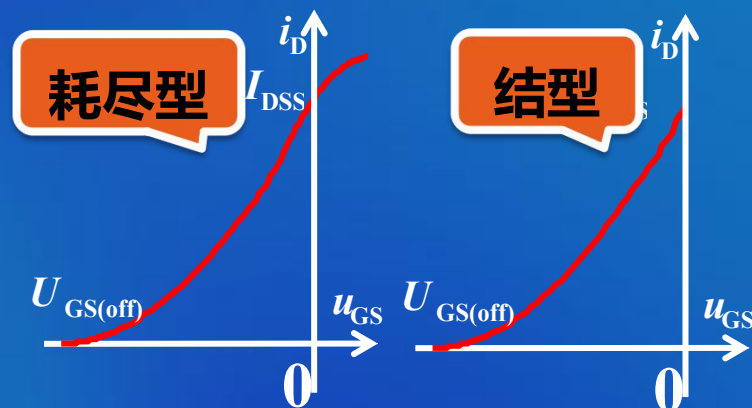
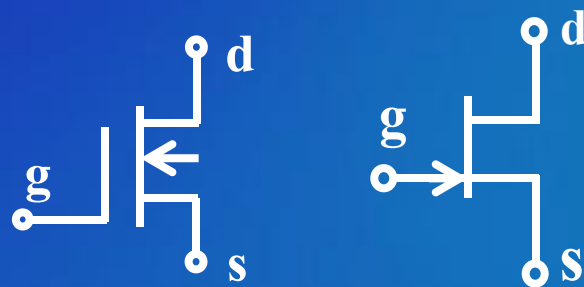


耗尽型MOSFET和JFET（结型）比较

相同点：★ $U_{GS} = 0$ 时，有沟道

★ 管子工作在放大区有

$$i_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right]^2$$



不同点：耗尽型： U_{GS} 可正可负可为零

结型： $U_{GS} \leq 0$ 只能小于或等于零

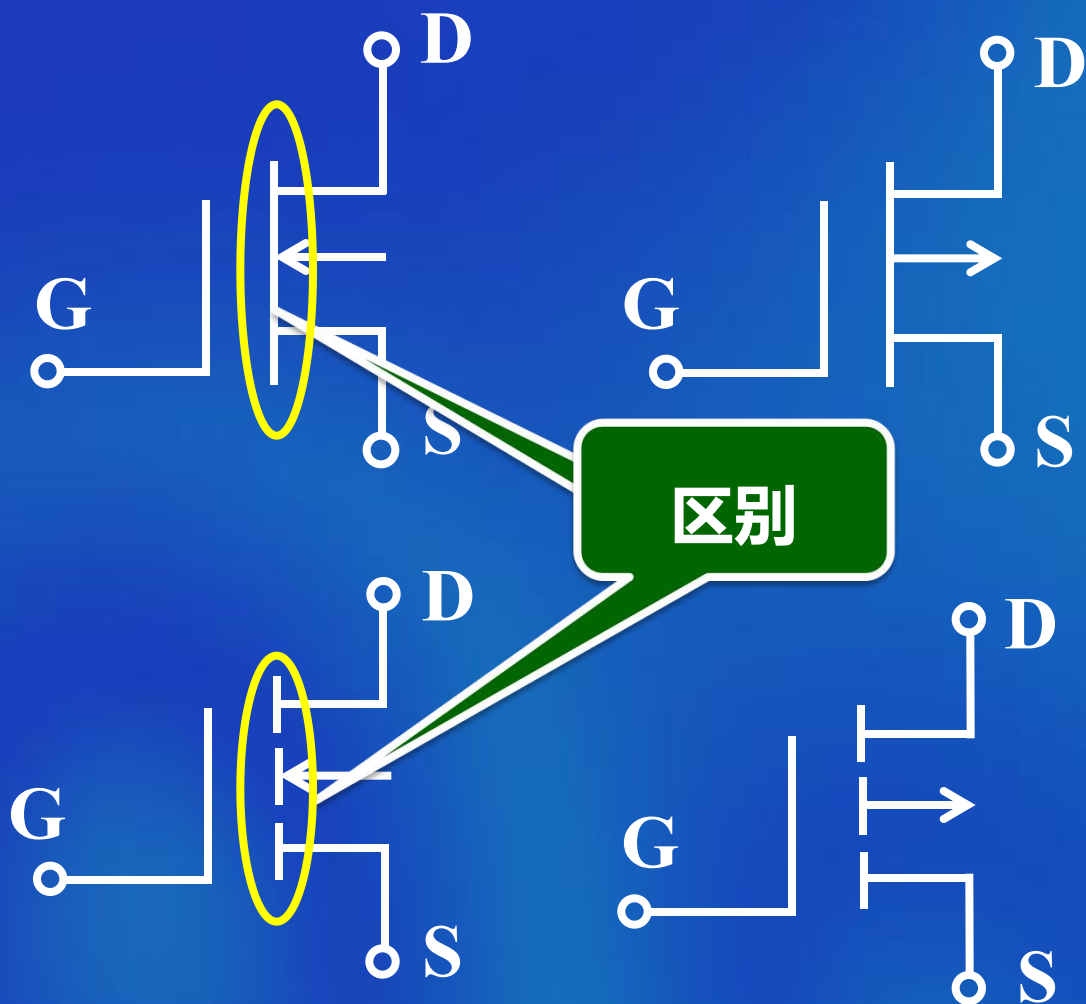
MOSFET符号

耗尽型

增强型

N沟道

P沟道



结型 (JFET) 符号

N沟道



P沟道

