

第 2 章 基本电子器件

2.1 半导体的基本知识

2.2 半导体二极管及特殊二极管

2.3 双极型半导体三极管

2.4 场效应管

2.5 集成器件

小 结

2.1 半导体的基本知识

2.1.1 本征半导体

2.1.2 杂质半导体

2.1.3 PN结

本征半导体

半导体 — 导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。

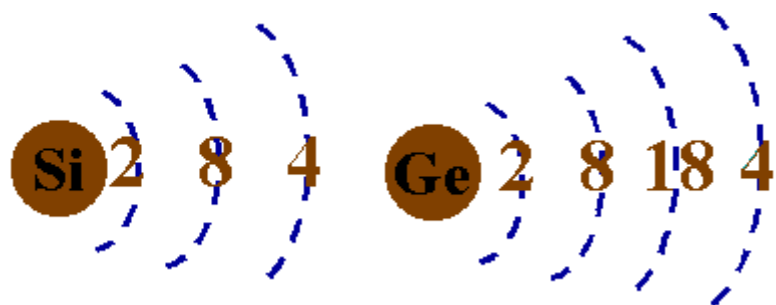
本征半导体 — 纯净的半导体。如硅、锗单晶体。

载流子 — 自由运动的带电粒子。

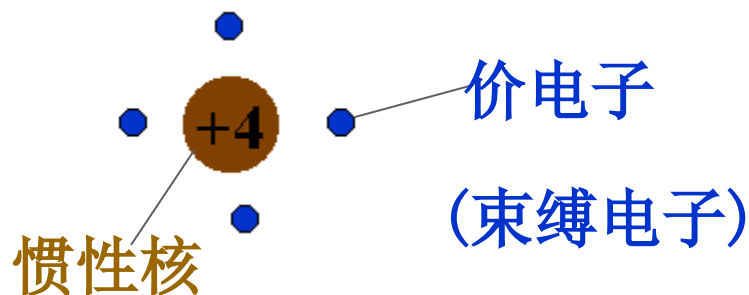
共价键 — 相邻原子共有价电子所形成的束缚。



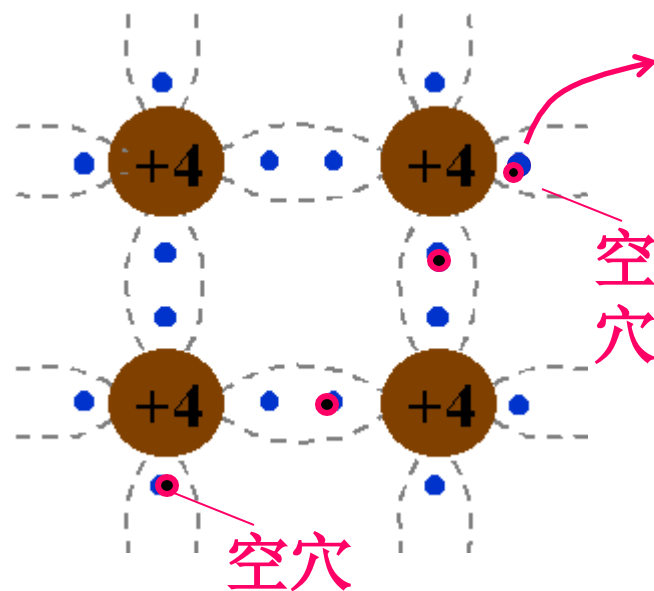
硅(锗)的原子构造



简化
模型



硅(锗)的共价键构造



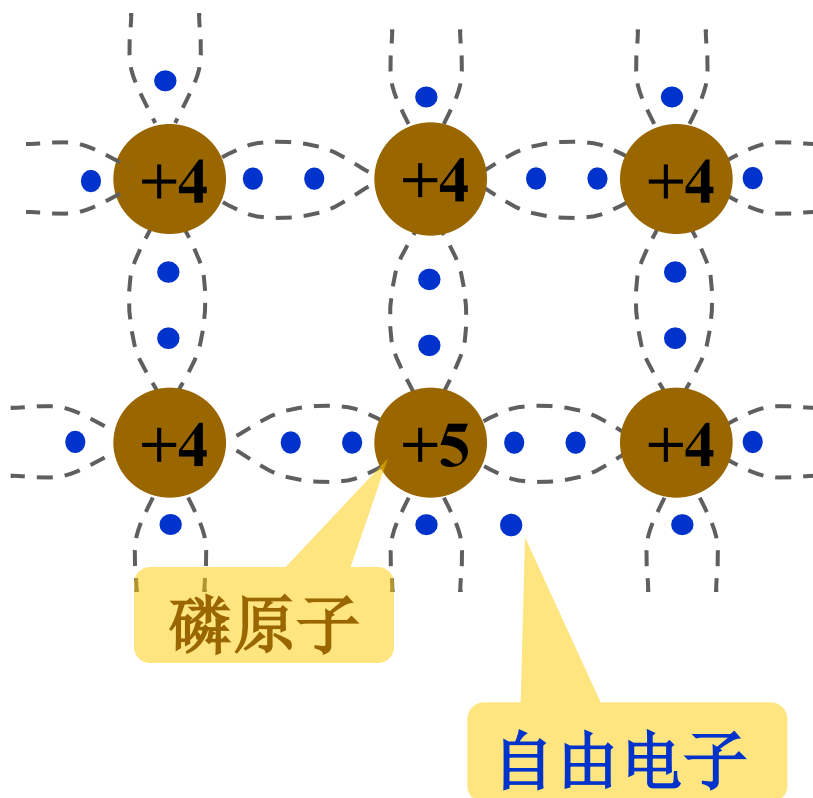
空穴可在共
价键内移动

半导体的特征：光敏性——光照影响
热敏性——温度影响
掺杂性——杂质半导体

2.1.2 杂质半导体

一、N型半导体和P型半导体

N型半导体

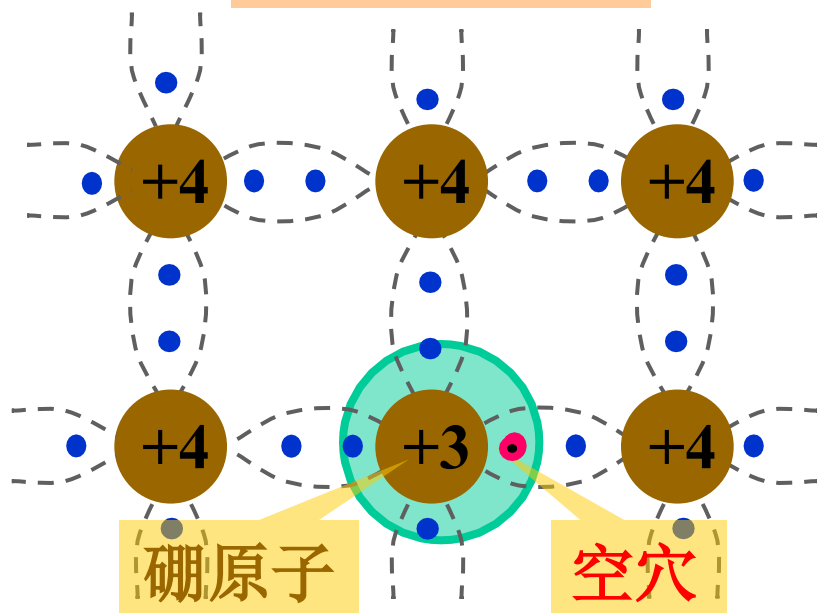


电子为多数载流子（多子）

空穴为少数载流子（少子）



P 型半导体

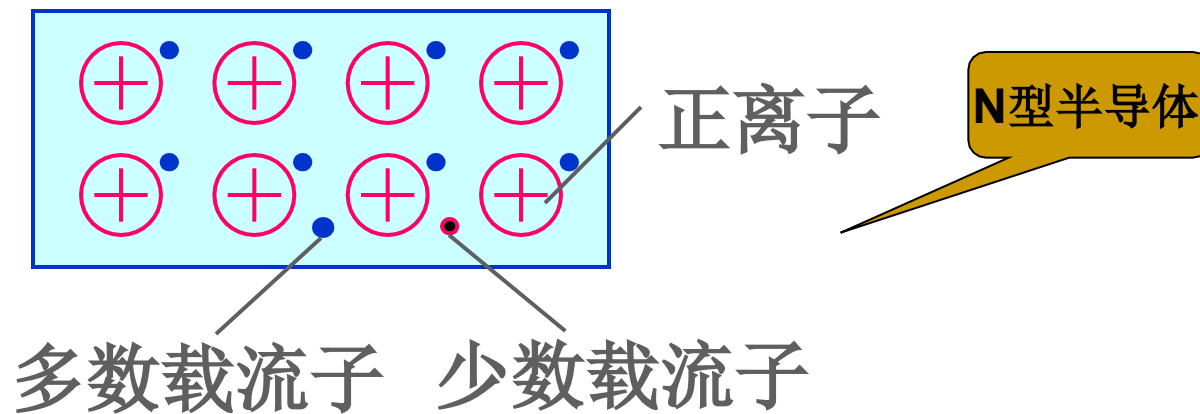
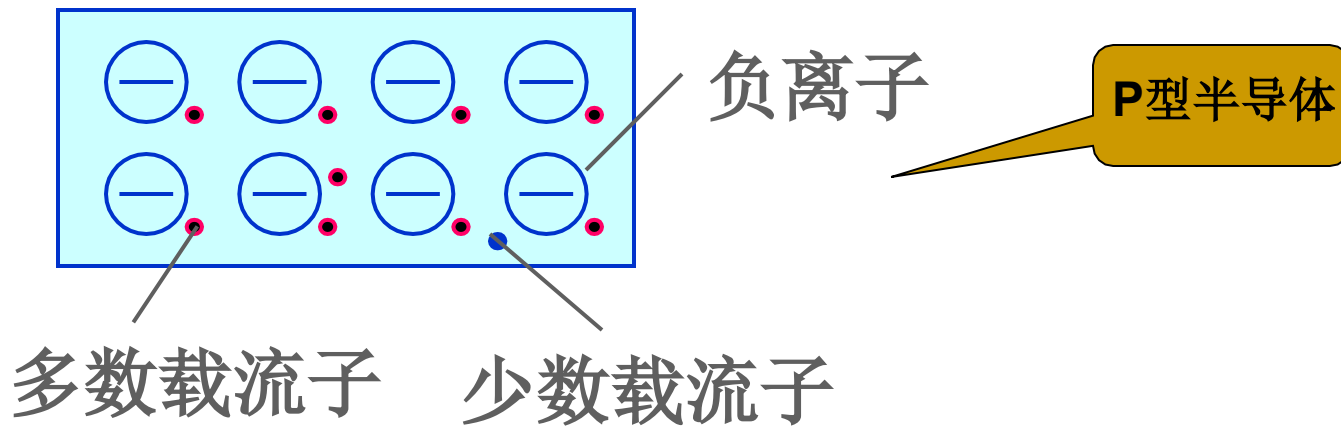


空穴 — 多子

电子 — 少子



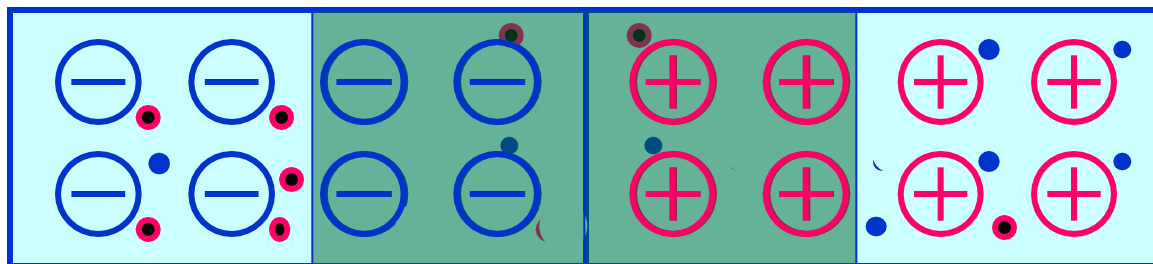
二、P型、N型半导体的简化图示



2.1.3 PN 结

一、PN 结 (PN Junction) 的形成

1. 载流子的浓度差引起多子的扩散



← 内建电场

2. 复合使交界面形成空间电荷区 (耗尽层)

空间电荷区特点:

无载流子, 阻止扩散进行, 利于少子的漂移。



3. 扩散和漂移到达动态平衡

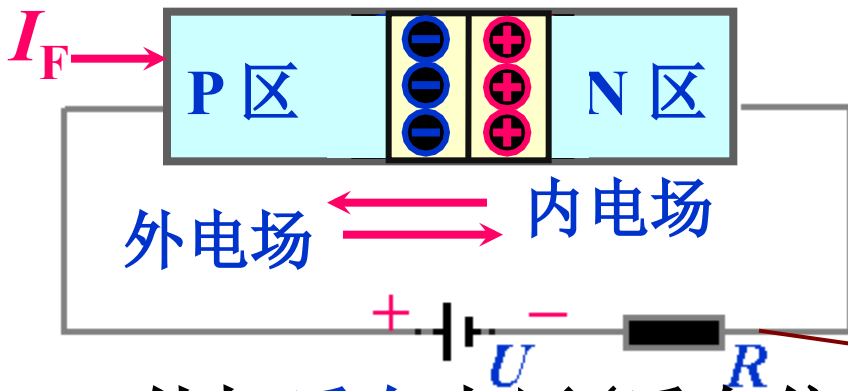
扩散电流 等于 漂移电流,

$$\text{总电流 } I = 0$$

二、PN 结的单向导电性



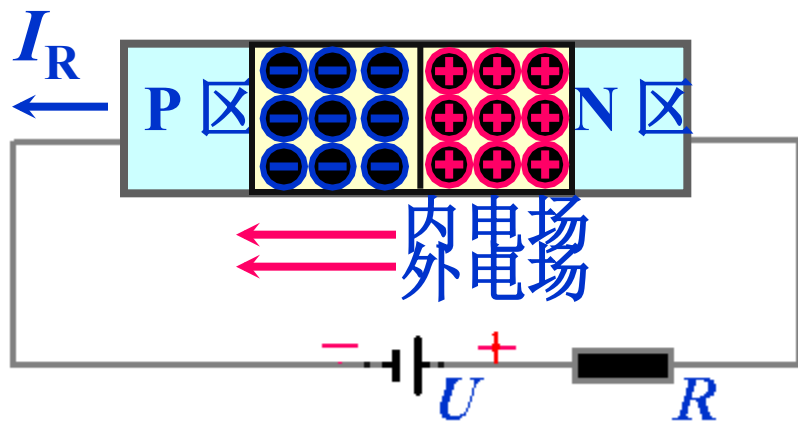
1. 外加正向电压 (正向偏置) — forward bias



外电场使多子向 PN 结移动，中和部分离子使空间电荷区变窄。扩散运动加强形成正向电流 I_F 。

限流电阻 R

2. 外加反向电压 (反向偏置) — reverse bias



漂移运动加强形成反向电流 I_R 。外电场使多子背向 PN 结移动。 $I_R = I_{\text{少子}} \approx$ 空间电荷区变宽。

PN 结的单向导电性: 正偏导通，呈小电阻，电流较大；反偏截止，电阻很大，电流近似为零。

三、PN 结的伏安特征

$$I = I_s (e^{u/U_T} - 1)$$

反向饱和
和电流

温度的
电压当量

当 $T = 300 (27^\circ\text{C})$:

$$U_T = 26 \text{ mV}$$

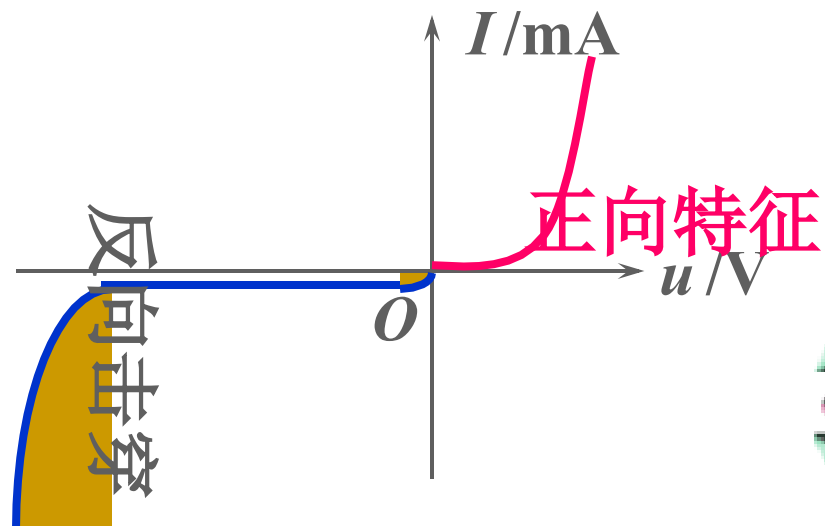
加正向电压时 $i \approx I_s e^{u/U_T}$

加反向电压时 $i \approx -I_s$

电子电量

玻尔兹曼
常数

$$U_T = \frac{kT}{q}$$



2.2 半导体二极管

2.2.1 半导体二极管的构造和类型

2.2.2 二极管的伏安特征

2.2.3 二极管的主要参数


2.2.4 稳压二极管

2.2.5 二极管的应用举例



2.2.1 半导体二极管的构造和类型

构成：PN 结 + 引线 + 管壳 = 二极管 (Diode)

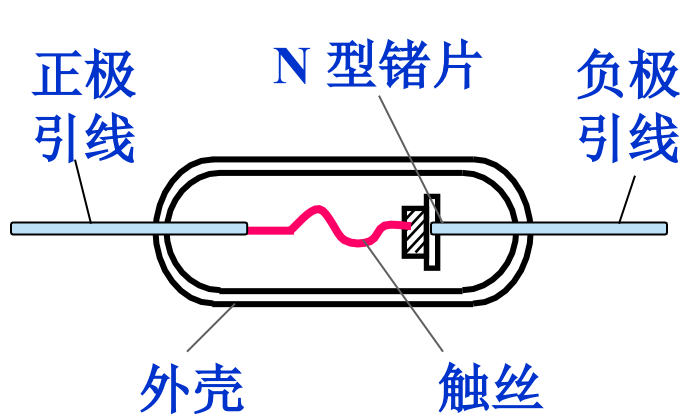
符号：A (anode)  C (cathode)

分类：

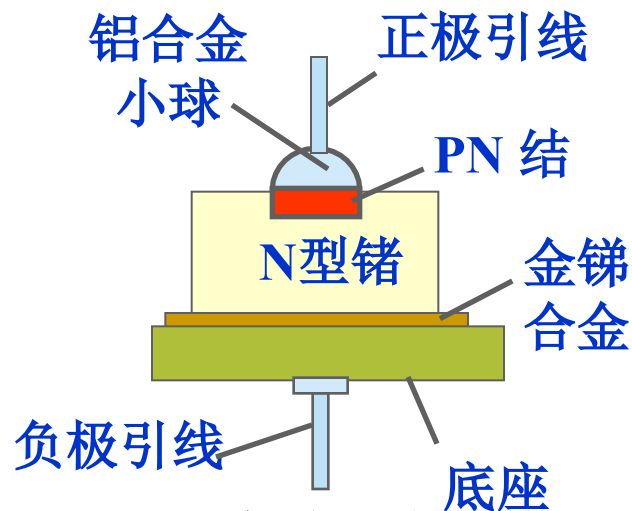
按材料分 { 硅二极管
锗二极管

按构造分 { 点接触型
面接触型
平面型

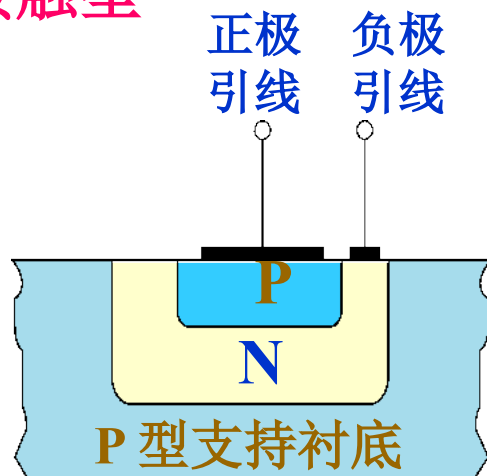




点接触型



面接触型



集成电路中平面型






整流
型号
主要参
30
符号



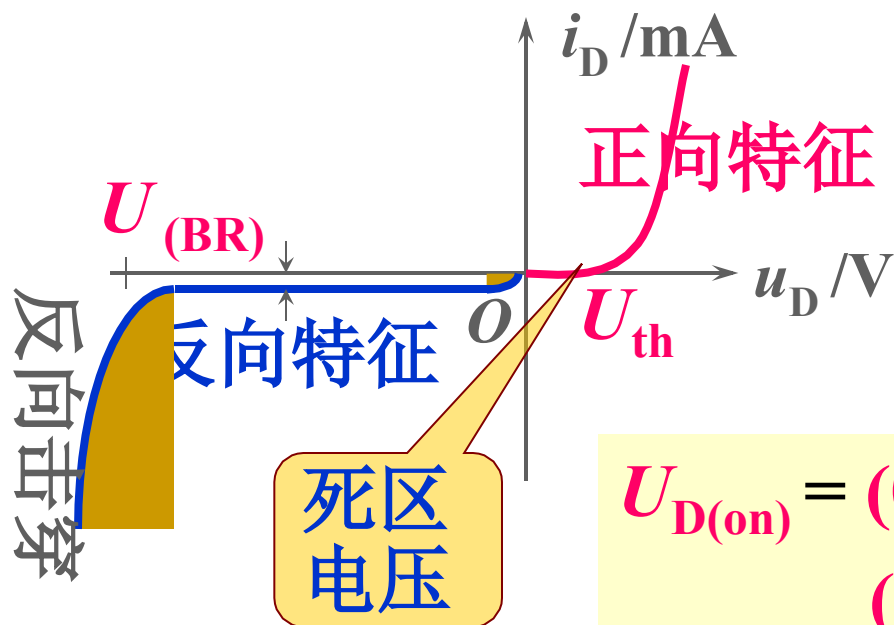
整流
型号：
主要参
300
符号：



整流二极管
型号：2CP4
符号：



2.2.2 二极管的伏安特征



$$0 < U < U_{th} \quad i_D = 0$$

$$U_{th} = 0.5 \text{ V} \quad (\text{硅管})$$

$$0.1 \text{ V} \quad (\text{锗管})$$

$$U > U_{th} \quad i_D \text{ 急剧上升}$$

$$U_{D(on)} = (0.6 \sim 0.8) \text{ V} \quad \text{硅管} \quad 0.7 \text{ V}$$

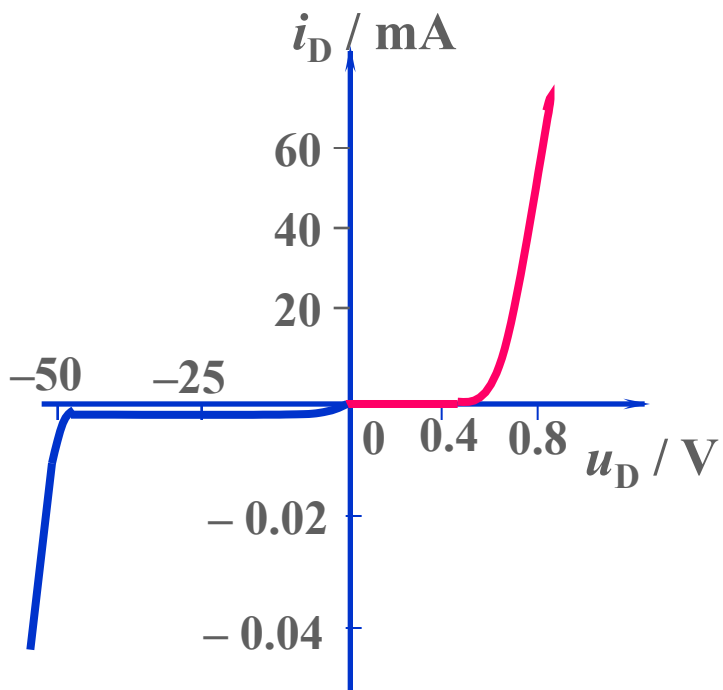
$$(0.1 \sim 0.3) \text{ V} \quad \text{锗管} \quad 0.2 \text{ V}$$

$$U_{(BR)} < U < 0$$

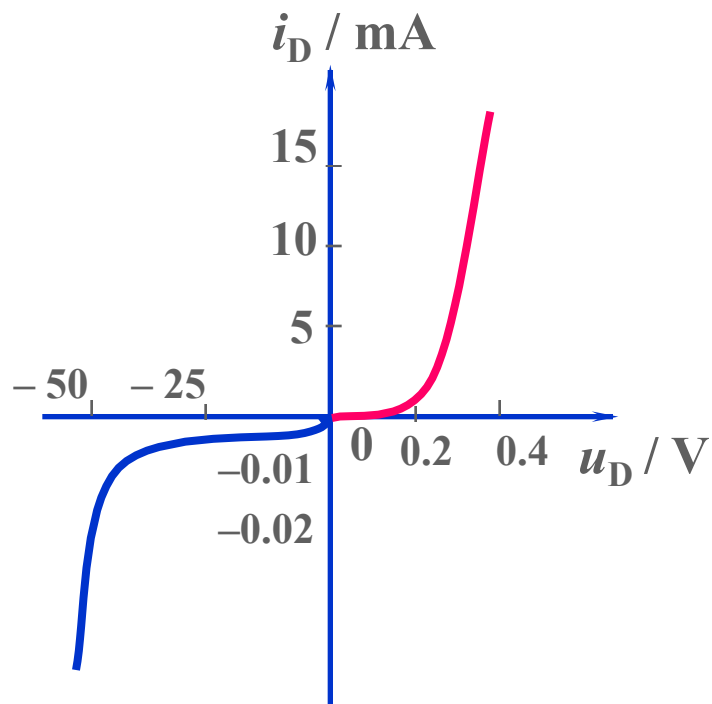
$$i_D = I_S < 0.1 \mu\text{A} (\text{硅}) \quad \text{几十} \mu\text{A} (\text{锗})$$

$$U < U_{(BR)}$$

反向电流急剧增大 (反向击穿)



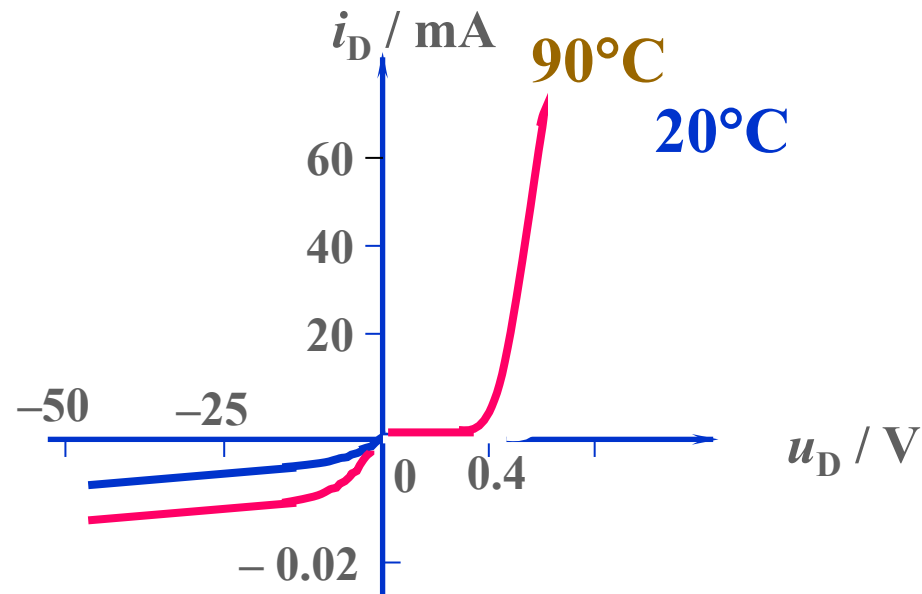
硅管的伏安特征



锗管的伏安特征



温度对二极管特征的影响

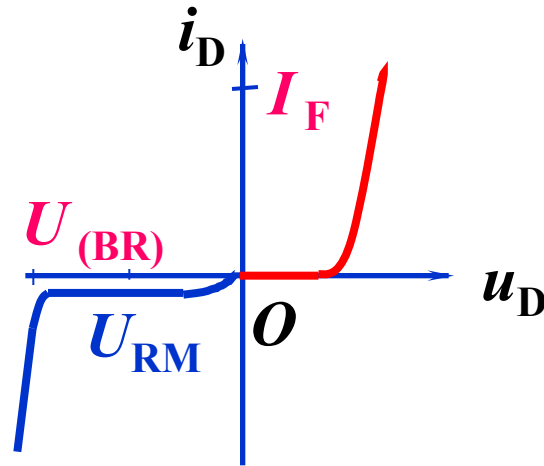


T 升高时,

$U_{D(\text{on})}$ 以 $(2 \sim 2.5) \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 下降



2.2.3 二极管的主要参数



1. I_F — 最大整流电流 (最大正向平均电流)
2. U_{RM} — 最高反向工作电压, 为 $U_{(BR)} / 2$
3. I_R — 反向电流 (越小单向导电性越好)
4. f_M — 最高工作频率 (超出时单向导电性变差)



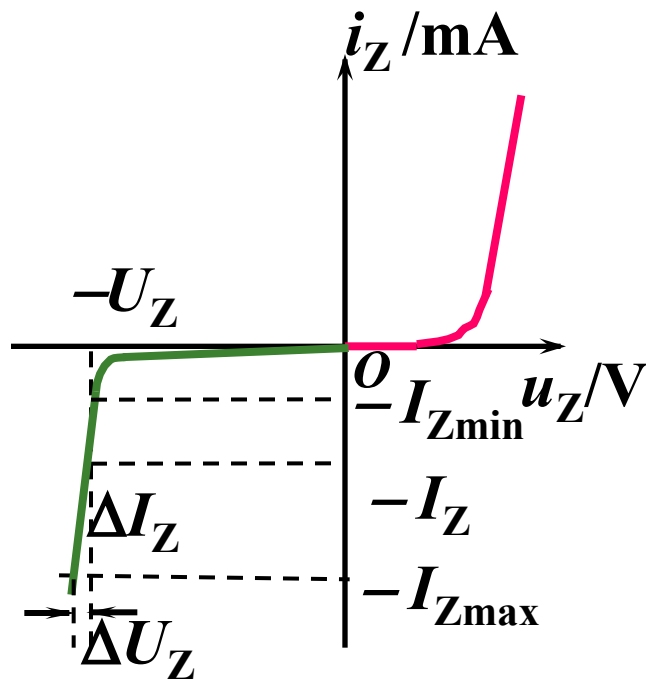
2.2.4 稳压二极管

一、伏安特征

符号



特征



工作条件：反向击穿



二、主要参数

1. 稳定电压 U_Z

流过要求电流时稳压管两端的反向电压值。

2. 稳定电流 I_Z

越大稳压效果越好，
不大于 I_{\min} 时不稳压。

3. 最大工作电流 I_{ZM}
最大耗散功率 P_{ZM}

$$P_{ZM} = U_Z I_{ZM}$$

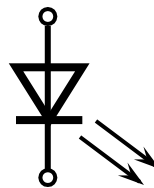


补充： 发光二极管与光敏二极管

一、发光二极管 LED (Light Emitting Diode)

1. 符号和特征

符号

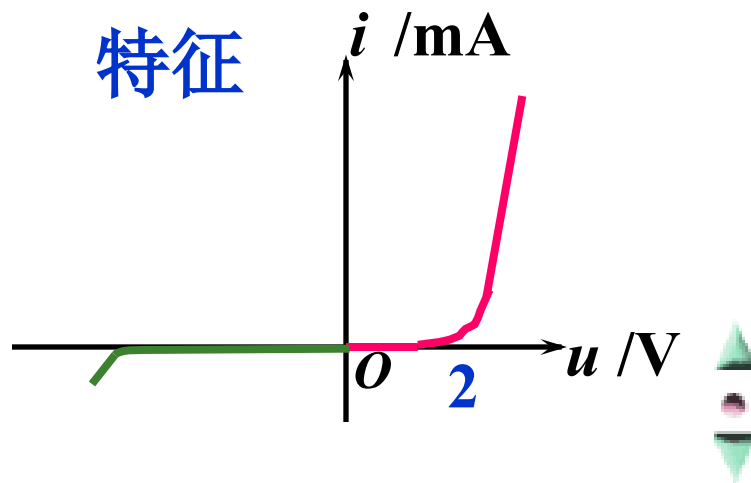


工作条件： 正向偏置

一般工作电流几十 mA，

导通电压 (1 ~ 2) V

特征



2. 主要参数

电学参数: I_{FM} , $U_{\text{(BR)}}$, I_{R}

光学参数: 峰值波长 λ_{p} , 亮度 L , 光通量 Φ

发光类型: 可见光: 红、黄、绿
不可见光: 红外光

显示类型: 一般 LED, 七段 LED,
点阵 LED





发光二极管

型号：5133D

规格： $\phi 5$
红光

符号：

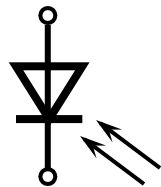


发光二极管

$\phi 8$ 双色

二、光敏二极管

1. 符号和特征



符号

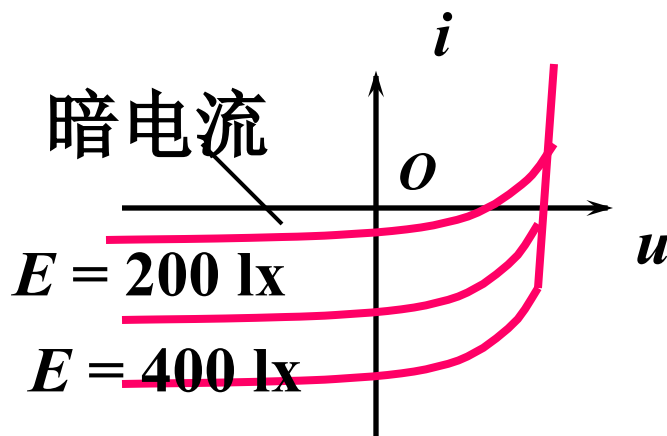
2. 主要参数

电学参数:

暗电流, 光电流, 最高工作范围

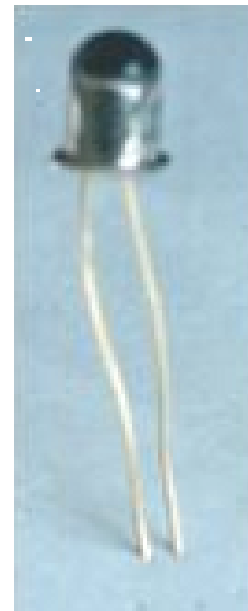
光学参数:

光谱范围, 敏捷度, 峰值波长



特征

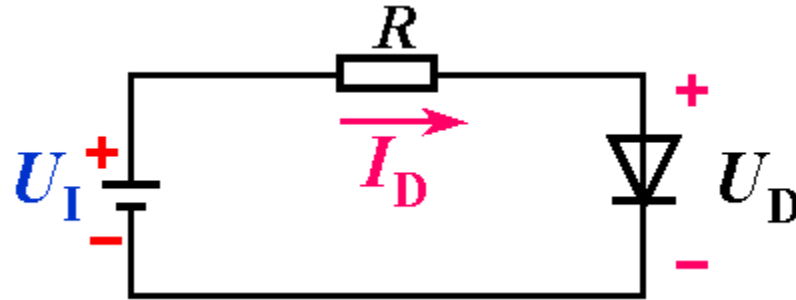
工作条件:
反向偏置



实物照片



补充：选择二极管限流电阻



环节：

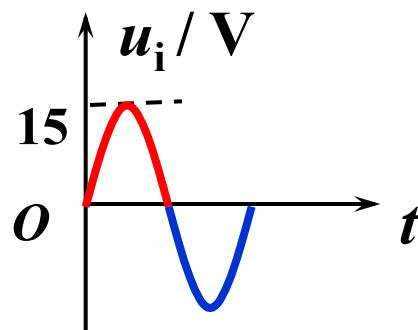
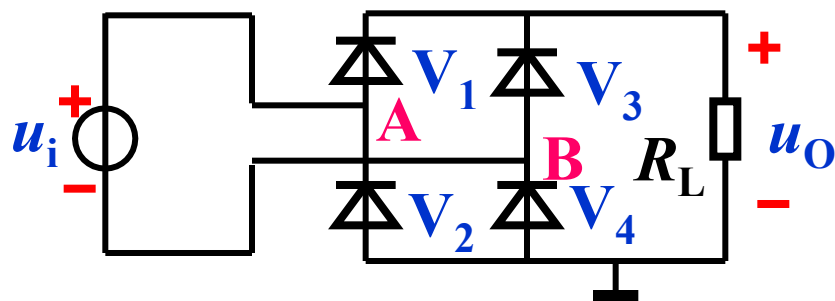
1. 设定工作电压(如 0.7 V ; 2 V (**LED**); U_Z)
2. 拟定工作电流(如 1 mA ; 10 mA ; 5 mA)
3. 根据欧姆定律求电阻 $R = (U_I - U_D) / I_D$
(R 要选择标称值)

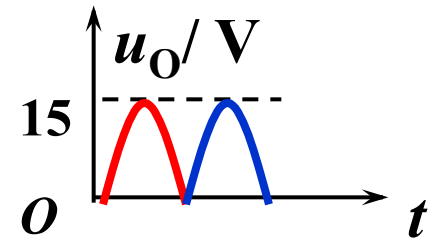
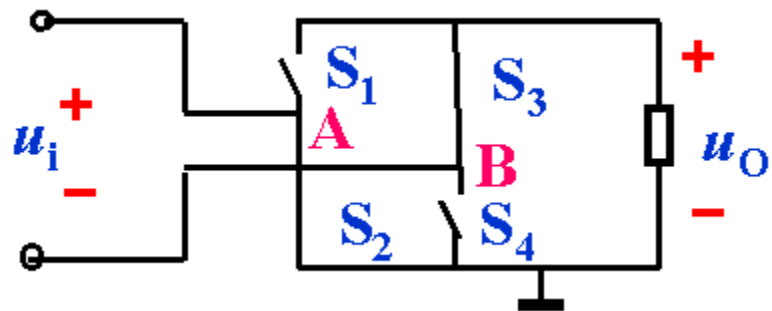
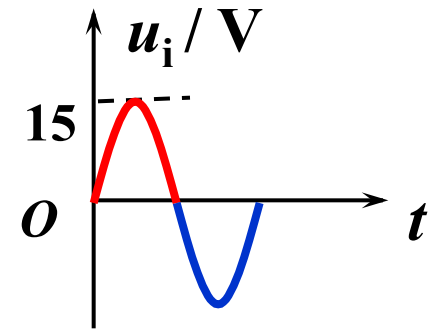
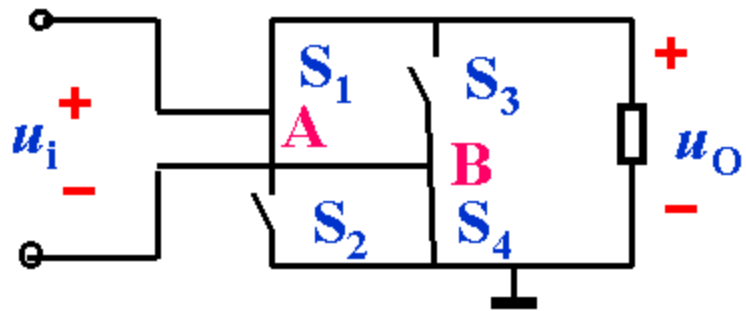


2.2.5 二极管应用举例

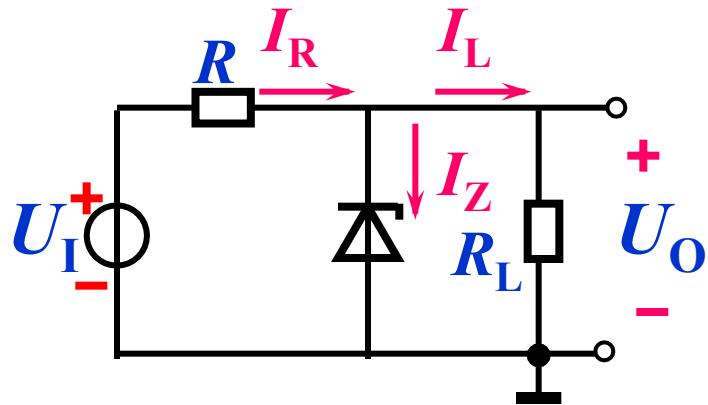
例 1 画出硅二极管构成的桥式整流电路在 $u_i = 15\sin\omega t$ (V) 作用下输出 u_o 的波形。

(按理想模型)





例 2 分析简朴稳压电路的工作原理，
 R 为限流电阻。



$$I_R = I_Z + I_L$$

$$U_O = U_I - I_R R$$



2.3 双极型晶体管

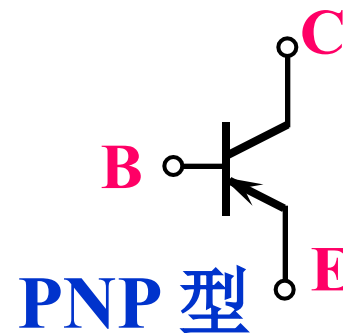
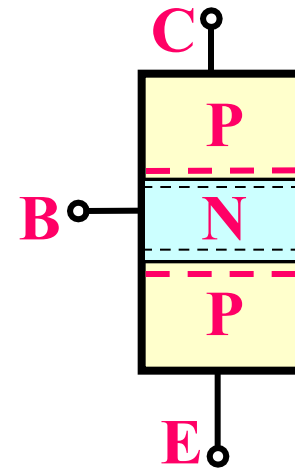
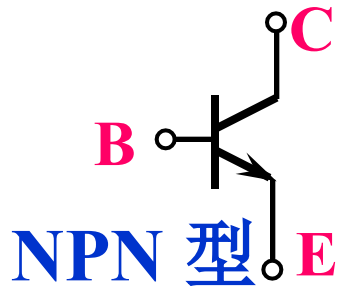
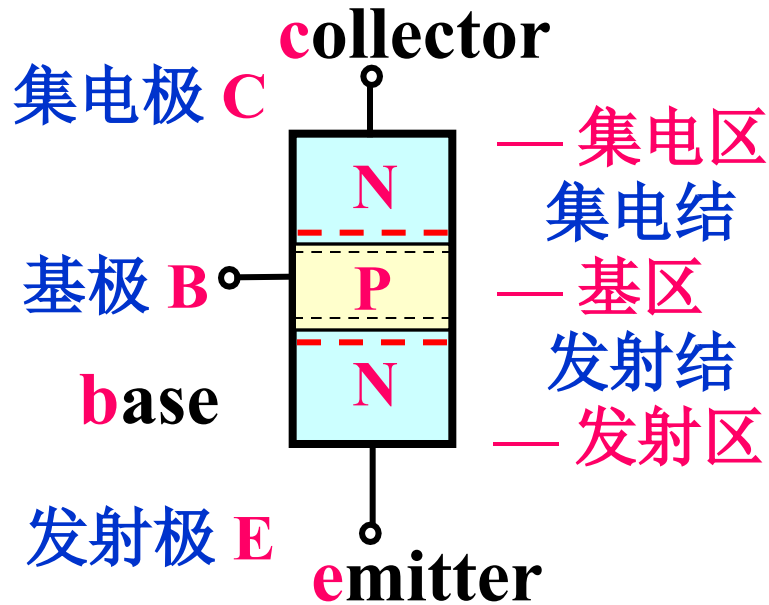
2.3.1 晶体三极管

2.3.2 晶体三极管的特征曲线

2.3.3 晶体三极管的主要参数

2.3.1 晶体三极管 (Semiconductor Transistor)

一、构造、符号和分类



分类:

按材料分: 硅管、锗管

按构造分: NPN、PNP

按使用频率分: 低频管、高频管

按功率分: 小功率管 $< 500 \text{ mW}$

中功率管 $0.5 \sim 1 \text{ W}$

大功率管 $> 1 \text{ W}$

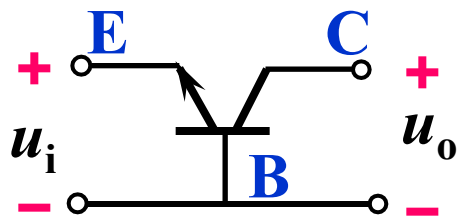


二、电流放大原理

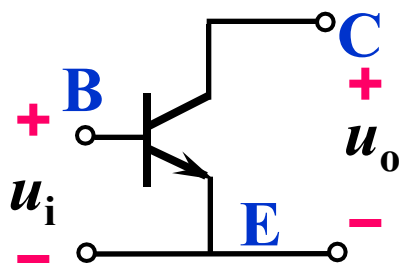
1. 三极管放大的条件

内部条件	{	发射区掺杂浓度高 基区薄且掺杂浓度低 集电结面积大	外部条件	{	发射结正偏 集电结反偏
------	---	---------------------------------	------	---	----------------

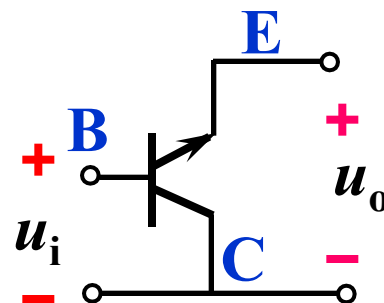
2. 满足放大条件的三种电路



共基极



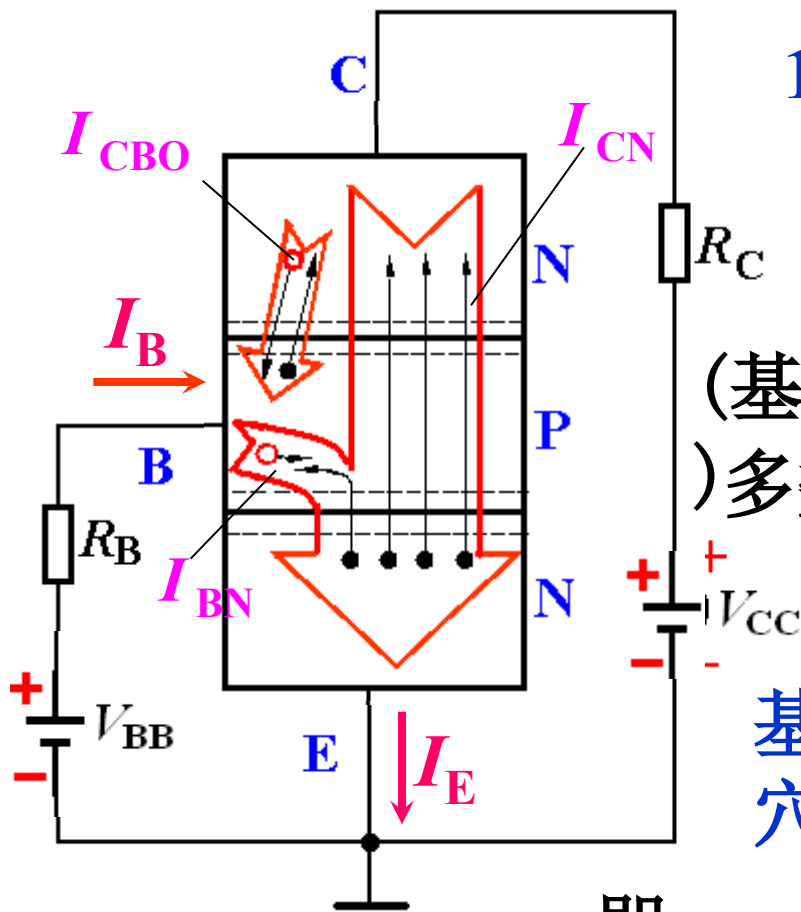
共发射极



共集电极



3. 三极管内部载流子的传播过程



1) 发射区向基区注入多子电子，形成发射极电流 I_E 。

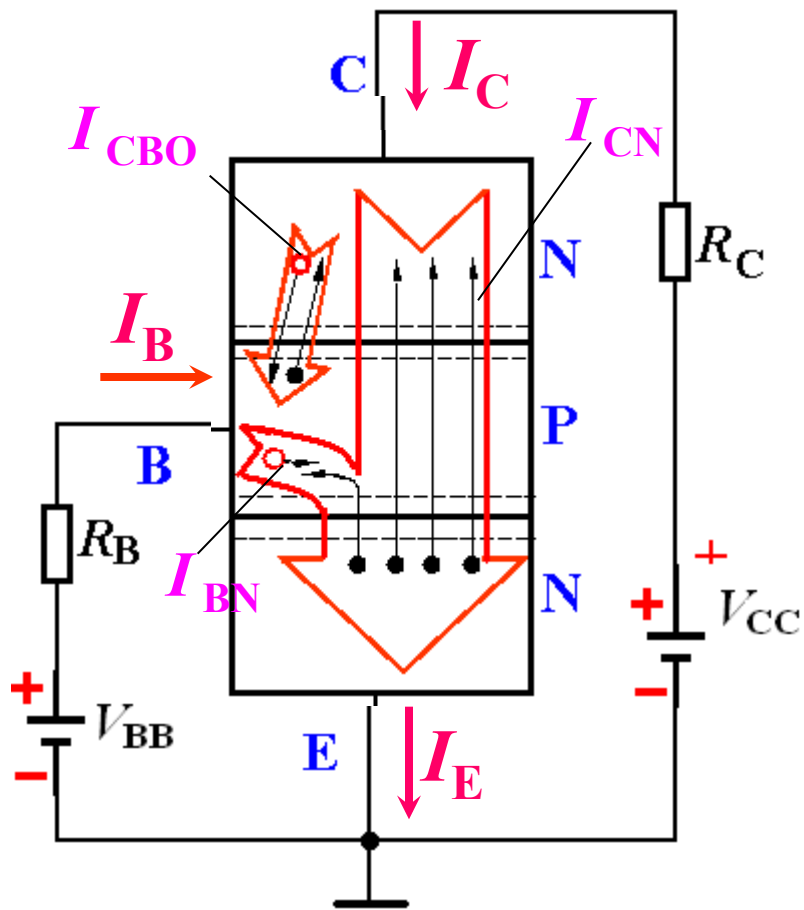
2) 电子到达基区后
(基区空穴运动因浓度低而忽视)
多数向集电结方向扩散形成 I_{CN} 。
少数与空穴复合，形成 I_{BN} 。

基区空穴起源 { 基极电源提供 (I_B)
集电区少子漂移

即：
$$I_{BN} \approx I_B + I_{CBO}$$

$$I_B = I_{BN} - I_{CBO}$$





3) 集电区搜集扩散过来的载流子形成集电极电流 I_C

$$I_C = I_{CN} + I_{CBO}$$



4. 三极管的电流分配关系

$$I_E = I_C + I_B$$

5. 三极管的电流放大作用

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$$



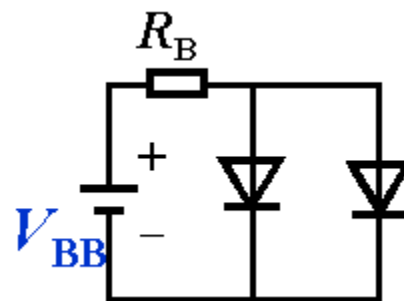
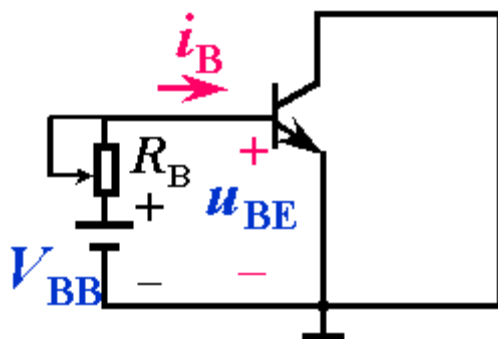
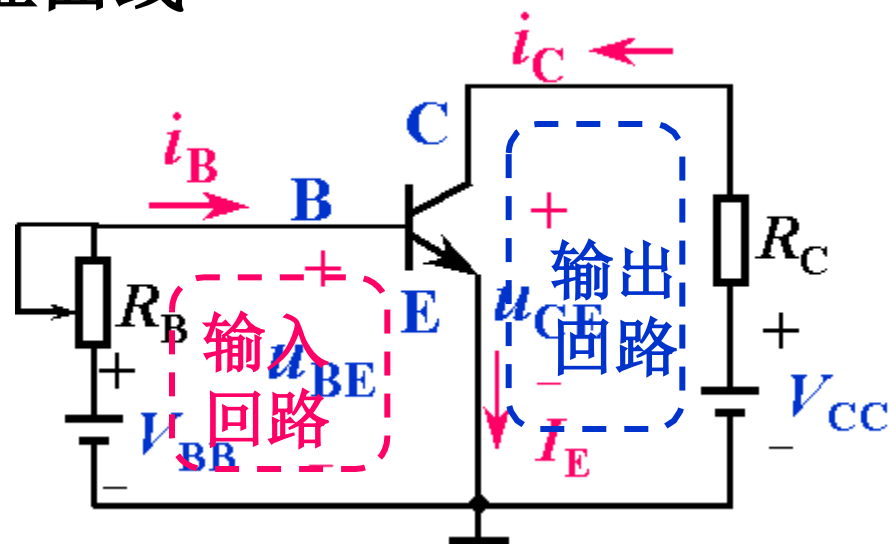
2.3.2 晶体三极管的特征曲线

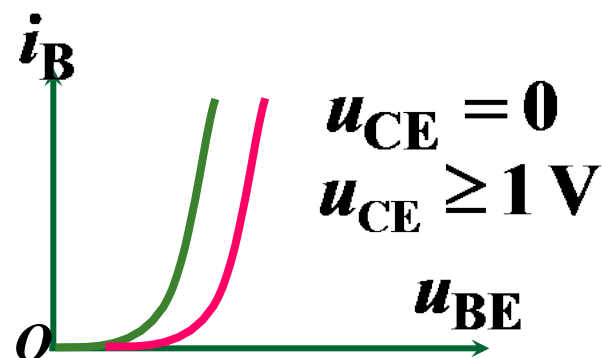
一、输入特征

$$i_B = f(u_{BE}) \Big|_{u_{CE}=\text{常数}}$$

$$u_{CE} = 0$$

与二极管特征相同





$u_{CE} > 0$ 特征右移 (因集电结开始吸引电子)

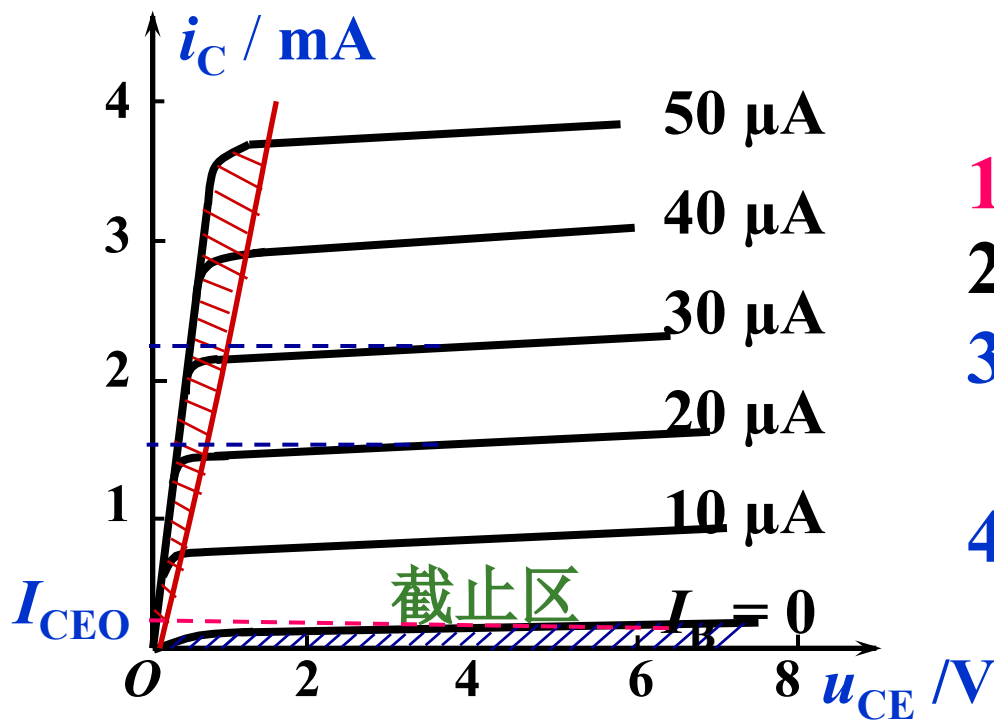
$u_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 特征基本重叠 (电流分配关系拟定)

导通电压 $U_{BE(\text{on})}$ { 硅管: (0.6 ~ 0.8) V 取 0.7 V
 锗管: (0.2 ~ 0.3) V 取 0.2 V



二、输出特征

$$i_C = f(u_{CE}) \Big|_{i_B = \text{常数}}$$



1. 截止区:

2. $I_B \leq 0$

3. $I_C = I_{CEO} \approx 0$

4. 条件: 两个PN结
反偏



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/868046021116006132>