

第一章 半导体器件

掌握：

- 1、半导体的基础知识；
- 2、二极管、三极管、场效应管的工作原理、特性曲线和主要参数；
- 3、二极管电路基本分析方法和应用

一、半导体

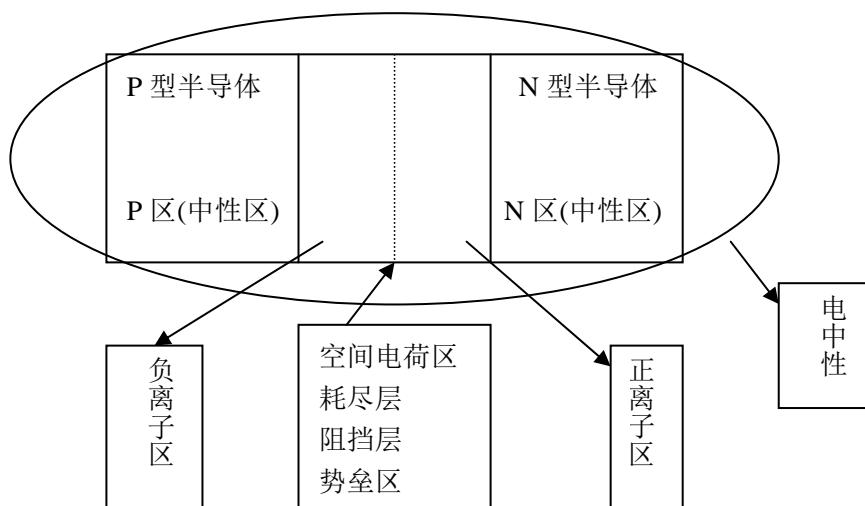
- 1) 种类：本征半导体和杂质半导体（P 型、N 型）。什么是本征半导体？什么是杂质半导体？
- 2) 半导体结构：内部存在自由电子（带负电荷）和空穴（带正电荷）两种载流子。（为什么会产生？）
 - 本征半导体 自由电子、空穴
 - P 型半导体 自由电子、空穴、受主原子
 - N 型半导体 自由电子、空穴、施主原子

原因？如何形成？浓度关系？

如何区分三种半导体？
- 3) 半导体电流：扩散电流和漂移电流（产生的机理？）。扩散电流是半导体特有的一种电流。
- 4) 半导体特性：1) 掺杂性。掺入杂质可改变半导体的导电性能。（如何改变？）
2) 温度敏感性。温度或光照改变会影响半导体的导电性能。（如何影响？）
- 5) 半导体材料：硅（Si）、锗（Ge）、砷化镓（GaAs）

二、PN 结（结构？如何形成？特性？）

- 1) 结构（将 P 型半导体和 N 型半导体背靠背紧密排列，就可以形成 PN 结）
 - 为什么会形成空间电荷区？
 - 空间电荷区中的电流关系？
 - 空间电荷区存在电位差，称为内建电位差。
 - 空间电荷区宽度（当 P 型半导体和 N 型半导体掺杂浓度不一样时，会出现什么情况？）
 - 对称 PN 结和不对称 PN 结？
 - 三种 PN 结：突变结、超突变结、缓变结

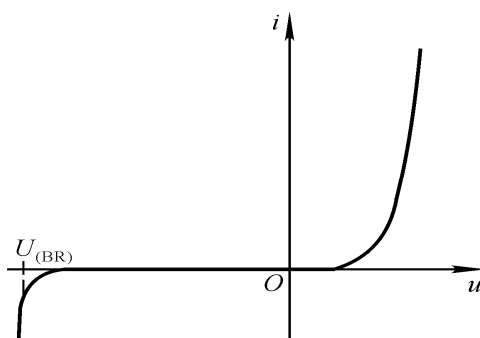


2) 特性

- 伏安特性—单向导电性（正向导通、反向截止）。什么是正向偏置？什么是反向偏置？
在正向偏置下，空间电荷区如何变化？
在反向偏置下，空间电荷区又如何变化？
正向电流：多子扩散电流；反向电流：少子漂移电流
- 即：为什么会产生单向导电性？

牢记两个内容：电流方程和 PN 结 $i \sim u$ 曲线

电流方程： $i = I_s (e^{\frac{u}{U_T}} - 1)$ 。 I_s ：反向饱和电流，受到多个因素影响。 U_T ：热电压
伏安曲线：



- 温度特性
PN 结如何受温度影响？温度变化，伏安关系会如何变化？
- 击穿特性
击穿是什么？为何会产生？（在什么条件下才会产生击穿？）
两种击穿：雪崩击穿和齐纳击穿。（产生机理？碰撞电离和场致击穿）（各自特点？）
- 电容特性
PN 结电容有两部分组成：势垒电容和扩散电容。分别怎么产生和各自特点？

三、半导体器件

1、二极管

内容：组成结构—>特性—>参数—>等效电路（模型）—>分析—>应用

1) 结构

利用 PN 结，从 P 区引出正极（阳极），从 N 区引出负极（阴极）。电路符号？

2) 特性（类似于 PN 结特性）

区别在哪里？开启电压？导通电压？

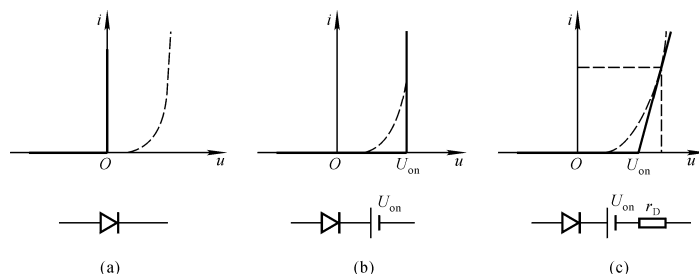
温度影响？温度变化，正向电压降如何变化？电流如何变化？

伏安特性曲线？电流方程？

3) 参数

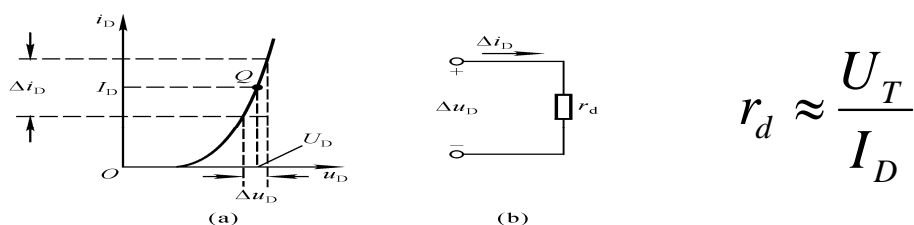
4) 等效电路（等效模型）--利用该模型来替代二极管

分段线性模型：理想模型、常数压降模型、电池加电阻模型。



在分段线性模型下，当二极管导通后，二极管正向压降就为它的导通电压。用于二极管的基本分析。

小信号模型：



适用条件：1) 分析叠加在直流信号上的交流信号之间关系的时候用；既分析 ΔU 和 ΔI 间的关系。
2) 该交流信号必须叠加在一个直流量上，即二极管上必须有一个直流量。
3) 输入信号为小信号。

如果是大信号，则需要利用二极管的电流方程来建立节点或回路方程来进行求解，但本书中通常假设为小信号。

5) 二极管电路基本分析方法

直流分析和交流分析（小信号分析）。什么是直流分析？什么是交流分析？

分析方法：

图解分析：利用二极管的管外电路曲线和二极管的特性曲线求交点求得电路结构。

等效电路分析（近似分析）：利用前面的等效模型替代二极管得到等效电路进行分析。

分析过程：

- 1) 静态分析（直流分析）：根据条件（**正向导通，反向截止**），利用相应的直流模型替代二极管，得到直流等效电路，分析得到静态结果，此时得到电路中各节点上的直流电压和各支路上的直流电流；**要能正确判断二极管状态，处于导通还是截止（无法判断可以先假设再验证）**
- 2) 交流分析（动态分析）：利用小信号模型替代二极管，得到交流等效电路。并利用静态分析结果求得小信号模型参数。然后分析得到交流结果。此时得到电路中各节点上的交流电压和各支路上的交流电流；
- 3) 根据题目要求，求得最终结果。电路中各节点上的瞬时电压和各支路上的瞬时电流就等于直流叠加上交流。

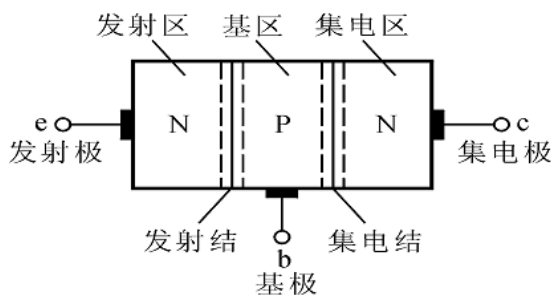
6) 二极管应用

- 整流应用。**利用二极管的什么特性？**如何整流？
- 稳压应用。稳压二极管的机理？（反向击穿，电压稳定）**牢记：只有在被反向击穿后，才会起到稳定电压的作用。否则只有正向导通，反向截止。**
如何来搭建稳压电路？（必须确保流过电流在最小电流和最大电流之间）
- 限幅电路
- 变容二极管。什么机理？

2、三极管

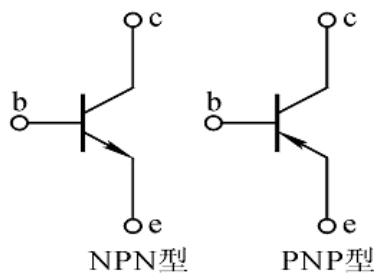
内容：结构—>特性—>参数—>等效电路（模型）—>分析

1) 结构（如何构成三极管？电路符号？）



NPN 型

两种类型：NPN、PNP。（**清楚极性和电流方向**）



三个工作状态（牢记处于不同工作状态时，电流关系）：

- 放大状态（发射结导通、集电结截止）
- 饱和状态（发射结导通、集电结导通）
- 截止状态（发射结、集电结均截止）

正确判断工作状态，两种方法：

- 电位判断（根据电压偏置）
- 电流关系判断：

$I_B=0, I_C=0, I_E=0$ 截止

$I_B>0, I_C=\beta I_B, I_E=(1+\beta)I_B$ 放大

$I_B>0, I_C<\beta I_B, I_E<(1+\beta)I_B$ 饱和

- 由各级电位判断三极管性质及结构方法

(1) 由 0.7V 或 0.25V 断定这两个电极为 B 和 E，并且由 0.7V \rightarrow Si, 0.25 \rightarrow Ge；

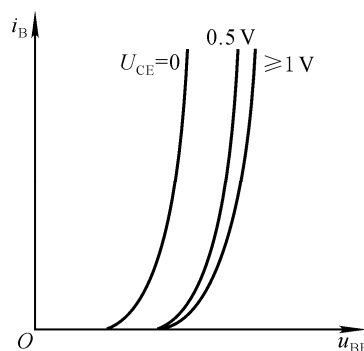
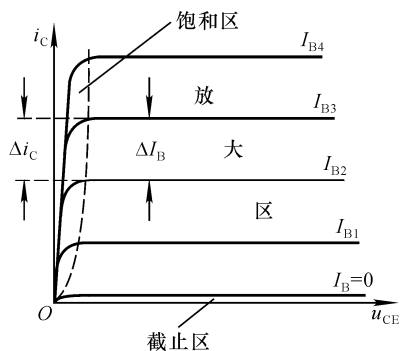
(2) 剩下的电极必定为 C；

(3) U_C 电位最高 \rightarrow NPN $\rightarrow U_B>U_E$

U_C 电位最低 \rightarrow PNP $\rightarrow U_E>U_B$

2) 特性（牢记输入特性曲线、输出特性曲线）

- NPN 型三极管



- PNP 型三极管

在相同的电流方向定义以及相同的电压极性定义下，与 NPN 曲线关于原点对称。（得到特性曲线，必须注意电流方向和电压极性定义）

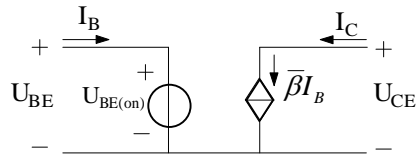
- 三极管的温度特性（温度变化，三极管参数如何变化？）

3) 参数

4) 等效模型（第二章中内容）

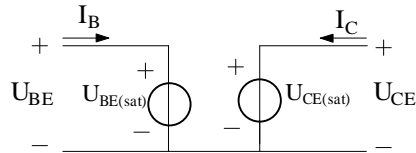
直流模型：

放大模式：

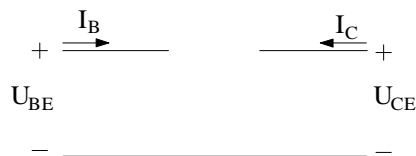


$$I_C \approx \bar{\beta} I_B \quad I_E \approx (1 + \bar{\beta}) I_B$$

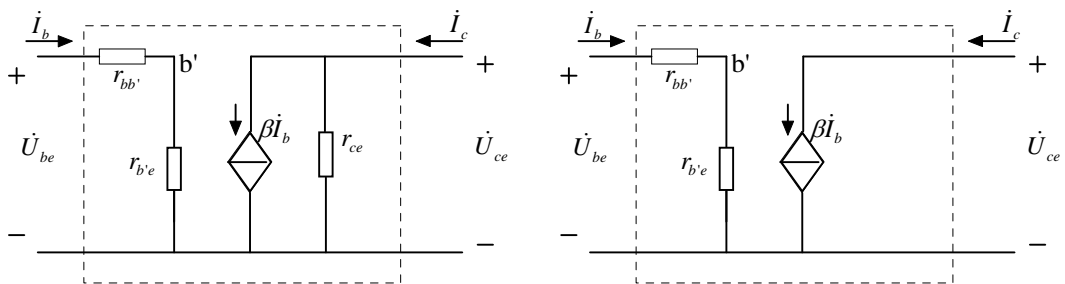
饱和模式 $U_{BE}=0.7V$; $U_{CE}=U_{CES}$, U_{CES} 为管子饱和压降, 即饱和工作时, CE 间的压降



截止模式 $I_B=0, I_C=0$



交流小信号模型 (H 参数模型):



在不同的条件下, 利用这些模型来替代晶体三极管, 对三极管电路进行分析。

直流模型: 进行直流分析时使用, 首先必须正确判断工作模式。

H 参数模型: 分析三极管上动态变化的交流小信号时适用; 必须是低频信号; 必须有静态工作点支持。

3、场效应管

场效应管需要掌握的内容与三极管类似。参照上面的过程和要点进行复习。

结构→工作原理→特性→参数→等效电路

见场效应管比较表

三极管和场效应管有哪些不同点?