

半导体二极管及其应用

半导体二极管

类型

- 使用的半导体材料
 - 硅管
 - 锗管——**优先**
 - 正向：锗>硅（死区更小，管压降小）
 - 反向：锗<硅（反向的 I_S 越小越好）
- 结构形式
 - 平面型
 - 点接触型
- 封装的PN结

伏安特性

- 掌握图像
 - 纵轴的负半轴不是对于电源的正负极而言，而是对于二极管的正负极而言。
- 正向特性
 - 1非线性（近似呈现为指数形式）
 - 2有死区——约为
 - 硅管：0.5V
 - 锗管：0.1V
 - 3有管压降 U_D
 - 硅管：0.7V
 - 锗管：0.3V
 - 导通： U_D 大于死区电压 / 正向电压>反向电压**
- 反向特性
 - 1反偏区： $|U_D| < U_{(BR)}$
 - 反向截止**
 - I_S ：锗管>硅管（反向的 I_S 越小越好）
 - 击穿区： $|U_D| > U_{(BR)}$
 - 反向击穿**
 - 分类（击穿可逆性）
 - 电击穿（可逆）
 - 热击穿（不可逆）

温度对半导体二极管特性的影响（两个降低一个升高）

- 1温度上升时，死区电压缩小，正向管压降低。
- 2温度升高时，反向饱和电流增大。

主要电参数

- 额定电流 I_F ——管子长期运行所允许通过的电流平均值。
- 反向击穿电压 $U_{(BR)}$ ——二极管能承受的最高反向电压。
- 最高允许反向工作电压 U_R ——为确保管子安全工作，所允许的最高反向电压。
 $U_R = (1/2 \sim 2/3) U_{(BR)}$
- 反向电流 I_R ——室温下，加上规定的反向电压测得的电流——**反向电流越小，管子的单向导电性越好。**
- 正向电压降 U_F ——通过一定的直流测试电流时的管压降
- 最高工作频率 f_M ——当工作频率过高时，其单向导电性明显变差。

模型

- 方法：对二极管的非线性特性进行线性化处理，建立线性模型或线性等效电路，然后用分析线性电路的方法来分二极管电路。
- 分类
 - 开关模型——理想二极管
 - 图像（伏安特性）——**无死区，无压降**
 - 电路符号
 - 恒压模型——2（同上）——**导通后二极管正向压降恒定**
 - 折线模型——2——**考虑正向压降和正向电阻**
 - 小信号动态模型——2——**直流上叠加交流信号，二极管始终导通。**

做题方法

- 先判断二极管导通或截止？**
 - 1先让二极管开路，求出二极管两端的开路电压 U_D ，与硅管或者锗管的死区电压比较
 - 2若 $U_D >$ 死区电压，则二极管导通，否则二极管截止
- 选择模型**
 - 1若回路等效电源电压远大于二极管的管压降，则可采取二极管理想模型来分析电路。——然后：不用考虑死区电压和管压降
 - 2若回路的等效电源电压与正向压降电压相差不多，（差了几倍），则选取恒压模型。——然后：需考虑管压降
- 当电路中有多个二极管时**
 - 方法**
 - 假定电路即将导通，电路中的电流为零（所以不用考虑电阻的电压）。判断电路中各二极管上的正偏电压，正偏电压高的管子优先导通。
 - 注意：判断哪个二极管导通后，要继续分析电路，将该导通二极管放入电路，求出其他二极管的两端电压，再判断其他二极管是导通或截止

应用

- 在整流电路中的应用——电路分类
 - 半波整流电路
 - 全波整流电路
 - 桥式整流电路
- 在检波电路中的应用
- 限幅电路——**原理：通过二极管的导通或截止来实现。**

特种二极管

- 特点（伏安特性）**
 - 1正向特性与普通管类似
 - 2反向击穿特性很陡（小电压，引起大电流变化）
- 正常工作状态（工作条件）**——**反偏且击穿**——目的：稳定直流电压
- 符号
- 主要电参数
 - 稳定电压 U_Z
 - 动态电阻 r_Z
 - 最大允许工作电流
 - 最大允许功率耗散
 - 温度系数
 - $U_Z > 6V$ 管子雪崩击穿，温度系数为正
 - $U_Z < 4V$ 管子齐纳击穿，..为负
 - 4-6V，可能为正，可能为负
- 温度补偿
- 稳压原理——需要限流电阻（合适）——保证稳压管被击穿，保护稳压管，R不能太大，否则不能击穿，不能太小，否则会热击穿
- 做题方法
 - 步骤**
 - 1**首先判断稳压管是否是反偏，能否被击穿？**
 - 1看限流电阻（必须有）
 - 2断开稳压管，然后判断管子能否被击穿——**硅稳压二极管开路电压是否大于稳压管的稳压值**
 - 2若稳压管开路电压>稳压值——稳压管击穿，击穿后，稳压管并联的器件两端电压不随电源电压而改变，始终等于稳压值
 - 3若稳压管开路电压<稳压值——**稳压管反偏，未击穿，视为普通二极管，流过该二极管的电流为零。**
 - 题型**
 - 1若有多个稳压二极管反偏，且串联——若电源电压足够多管击穿（稳压值之和<电源电压）则稳压管都反偏浅击穿
 - 2若有多个稳压二极管反偏，且并联——稳压值较小的稳压管先击穿，其余的不击穿
 - 3若有多个稳压二极管，部分反偏，部分正偏，且串联——正偏的二极管正向导通，电压为压降，反偏的二极管考虑是否能击穿。
 - 4若有多个稳压二极管，部分反偏，部分正偏，且并联——**正向导通优先于反向击穿，所以没有反向击穿。正向导通：两端电压是否大于管压降**
- 2变容二极管
 - 工作状态：反偏，且反向电阻很大，可作电容使用
 - 电容与所加的反向偏置电压的大小有关
- 3发光二极管——工作状态：正偏
- 4光敏二极管——工作状态：反偏

半导体

- 定义：完全纯净的半导体
- 本征半导体
 - 本征激发**
 - 产生（两类载流子）
 - 电子——负电荷
 - 逆着电场运动
 - 空穴——正电荷
 - 顺着电场运动
 - 空穴电流：价电子填补空穴而使空穴移动，形成空穴电流
 - 特点
 - 空穴和半导体成对存在，成对复合，成对消失**
 - 浓度：空穴=电子（密度）。浓度与温度、半导体材料有关
 - 本征激发产生...是半导体和金属导电原理的本质区别
 - 当 $T=0$ 时，本征半导体为绝缘体
 - 特点
 - 电阻率大
 - 导电性能随温度变化大—— T 变大，导电能力变大（价电子更易激发成自由电子）
- 掺杂半导体（微量元素）
 - N型半导体 / 电子型半导体
 - 掺入少量五价杂质元素（施主杂质：给电子）——磷P、砷As
 - 产生
 - 多子：电子——**多子浓度取决于掺杂元素种类**
 - 少子：空穴——**少子浓度取决于温度**——>反向电流与反向电压几乎无关，称为反向饱和电流。
 - 大量正离子
 - P型半导体 / 空穴型半导体
 - 掺入少量三价杂质元素（受主杂质：接受电子）——硼B
 - 产生
 - 多子：空穴
 - 少子：电子
 - 大量负离子
 - 转型
 - 本征激发仍然存在
- PN结的形成
 - 过程**
 - 1以N型半导体为基片
 - 2通过半导体扩散工艺，使半导体的一边形成N型区，另一边形成P型区。
 - 3在浓度差的作用下，电子从N区向P区扩散，空穴从P区向N区扩散。
 - 4在P区和N区交界面上，留下了一层不能移动的正负离子。
 - 形成：空间电荷层/PN结/耗尽层
 - N区：正离子
 - P区：负离子
 - 形成内电场
 - 方向：N→P
 - 在室温下（ $T=300K$ ），PN结 $U=26mV$
 - 形成完毕：当扩散与漂移作用平衡时
 - 当N区和P区的掺杂浓度不等时：PN结不对称分布，厚度不同。
 - 离子密度小——>空间电荷层的宽度较宽
 - 离子密度大——>空间电荷层的宽度较窄
 - 离子浓度密度决定P，N结的宽度**
- PN结
 - 作用（通过内电场）**
 - 阻碍多子的扩散
 - 加速少子的漂移
 - 形成电位势垒
 - 单向导电性（正向）**
 - 正向偏置**
 - 势垒降低，PN结变窄，有利于多子扩散，不利于少子漂移，状态低阻导通。
 - 反向偏置**
 - 势垒增高，PN结变宽，不利于多子扩散，有利于少子漂移，状态高阻截止
 - 少子浓度取决于温度——>反向电流与反向电压几乎无关，称为反向饱和电流。
 - 反向截止与击穿**
 - 定义：加大反向电压PN结出现大电流高阻、截止
 - 分类
 - 齐纳击穿
 - 条件——半导体的掺杂浓度高，PN结薄。
 - 原理——电场将PN结的价电子从共价键中激发出来。——简写：价电子激发
 - 特点——击穿电压低于4V，击穿电压具有负的温度系数。（T升高，所需的击穿电压降低）
 - 雪崩击穿
 - 条件——半导体的掺杂浓度低，PN结厚
 - 需要更高的反向电压才能在空间电荷区中产生较强的电场
 - 原理——电场使PN结的少子“碰撞电离”共价键中的价电子。——简写：少子加速碰撞电离。
 - 特点——击穿电压高于6V，击穿电压具有正的温度系数。
 - 反向截止**
- 基本知识
 - 导电能力：导体和绝缘体之间
 - 常用半导体材料——硅、锗
 - 宏观：呈电中性