

模电总结

基于《模拟电子技术基础（第五版）》（高等教育出版社）

往年试题

涉及内容仅第一章

如果有错误欢迎提issue

相关pdf文件在github仓库相同文件夹下

模电总结

目录(梳理整体轮廓)

小结(过一遍基础知识点)

杂质半导体和PN结

半导体二极管

晶体管

场效应管

总体特性

学习要求

熟悉/能解释

掌握

目录(梳理整体轮廓)

- 半导体基础知识
 - 本征半导体
 - 杂质半导体
 - PN结
- 半导体二极管
 - 半导体二极管的几种常见的结构
 - 二极管的伏安特性
 - 二极管的主要参数
 - 二极管的等效电路
 - 稳压二极管
 - 其他类型的二极管
- 晶体三极管
 - 晶体管的结构及类型
 - 晶体管的电流放大作用
 - 晶体管的共射特征曲线
 - 晶体管的主要参数
 - 温度对晶体管特征及参数的影响
 - 光电三极管
- 场效应管
 - 结型场效应管
 - 绝缘栅型场效应管
 - 场效应管的主要参数

- 场效应管和晶体管的比较

小结(过一遍基础知识点)

二极管、晶体管、场效应管的工作原理，特征曲线，主要参数

了解管子内部结构及载流子的运动应以理解外部特征为主

杂质半导体和PN结

1. 在本征半导体掺入五价元素（如磷）就形成N型半导体，掺入三价元素（如硼）就形成了P型半导体，控制掺入杂质的多少就可有效的实现导电性能的可控性。（常用半导体材料是硅）
2. 半导体中有两种载流子：自由电子和空穴。
3. 载流子有两种有序的运动：因浓度差而产生的运动称为扩散运动，因电位差而形成的运动称为漂移运动。
4. 在同一个硅片（或者锗片）上制作两种杂质半导体，在它们的交界面就形成了PN结。
5. 正确理解PN结的单项导电性、反向击穿特性、温度特性和电容效应（将有利于了解半导体二极管、晶体管 and 场效应管等电子器件的特征和参数）
 1. PN结的单项导电性
 2. PN结的反向击穿特性
 3. PN结的温度特性
 4. PN结的电容效应

半导体二极管

1. 将一个PN结封装并引出电极后就构成了二极管
2. 二极管加正向电压时，产生扩散电流，电流和电压成指数关系；加反向电压时，产生漂移电流，其数值很小；**体现单向导电性**
3. I_F I_R U_R f_M 是二极管的主要参数
 - I_F
 - I_R
 - U_R
 - f_M
4. 特殊二极管也具有单项导电性
5. 利用PN结**反向击穿的特性**可制成稳压二极管，利用发光材料可以制成发光二极管，利用PN结的光敏性可制成光电二极管

晶体管

1. 当发射结正向偏置且集电结反向偏置时，晶体管具有电流放大作用
2. 发射区多子的扩散运动形成 I_E ，基区非平衡少子与多子的复合运动形成基极电流 I_B ，集电结少子的漂移运动形成 I_C
3. i_B 对 i_C 具有控制作用， $i_C = \beta i_B$ ，可将 i_C 看成受电流 i_B 控制的电流源
4. 晶体管的输入特征和输出特征表明各级之间电流与电压的关系，
 β 、 α 、 I_{CBO} (I_{CEO})、 I_{CM} 、 $U_{(BR)CEO}$ 、 P_{CM} 和 f_T 是它的主要参数
5. 晶体管有截至、放大、饱和三个工作区域，学习时应特别注意管子工作在不同工作区的外部条件
6. 特殊三极管与晶体管一样，也能够实现 **输入信号对 i_C 的控制**

场效应管

1. 场效应管分为结型和绝缘栅型两种类型，每种类型又分为N沟道和P沟道两种，同一沟道的MOS管又分为增强型和耗尽型
2. 场效应管工作在恒流区时，利用栅 - 源之间外加电压所产生的电场来改变导电沟道的宽窄，从而控制多子漂移运动所产生的漏极电流 i_D 。
3. 此时，可将 i_D 看成电压 u_{GS} 控制的电源流，转移特征曲线描述了这种控制关系。输出特征曲线描述了 u_{GS} 、 u_{DS} 与 i_D 三者之间的关系。
4. g_m 、 $U_{GS(th)}$ 、或 $U_{GS(off)}$ 、 I_{DSS} 、 I_{DM} 、 $U_{(BR)DS}$ 、 P_{DM} 和极间电容是它的主要参数。
5. 与晶体管相类似，场效应管有夹断区，恒流区和可变电阻三个工作区域。
6. 因VMOS管较好地解决了散热问题，故可制成大功率管。

总体特性

1. 半导体材料的光敏性和热敏性具有两面性，一方面它使普通半导体器件的温度稳定性变差；另一方面又可以利用它来制成特殊半导体器件，如光敏器件和热敏器件。
2. 尽管各种半导体器件的工作原理不尽相同，但在外特性上却有不少相同之处。

例如：

- 晶体管的输入特性与二极管的输入伏安特性相似
- 二极管的反向特性（特别是光电二极管在第三象限的反向特性）与晶体管的输出特性相似
- 而场效应管与晶体管的输出特性也相似

学习要求

熟悉/能解释

PN结的两侧分别是P型半导体和N型半导体，P型半导体的多子是空穴，N型半导体的多子是自由电子。在交界面，因为两种载流子的**浓度差**，导致，N端的自由电子流向P端，并与P端的空穴进行**复合**，这个运动过程称为**扩散**。经过扩散，导致N端整体呈正电性，P端呈负电性，因为两端的电势差，自然内部存在从N-->(指向)P的电场，也就是内建电场。

1. 自由电子和空穴

自由电子 是指没有组成共价键的电子，能够导电的电子

空穴 是指，本征半导体，经过本征激发，原本组成共价键的电子逃逸，留下的位置（因为电子带负电，所有空穴显正电）

P型半导体内部的多子是空穴；N型半导体内部的多子是自由电子

2. 扩散与漂移

在PN结处：

由浓度引起的载流子的定向移动称为 **扩散**

因为内建电场引起的载流子的定向移动称为 **漂移**

3. 复合

电子和空穴再次结合

4. 空间电荷区

PN结又叫空间电荷区

5. PN结

P型半导体和N型半导体的交界面会有特殊的性质，称为PN结

PN结又称为

1. 空间电荷区
2. 耗尽层

采用不同的掺杂工艺，通过扩散作用，将P型半导体与N型半导体制作在同一块半导体（通常是硅或锗）基片上，在它们的交界面就形成空间电荷区称为**PN结**

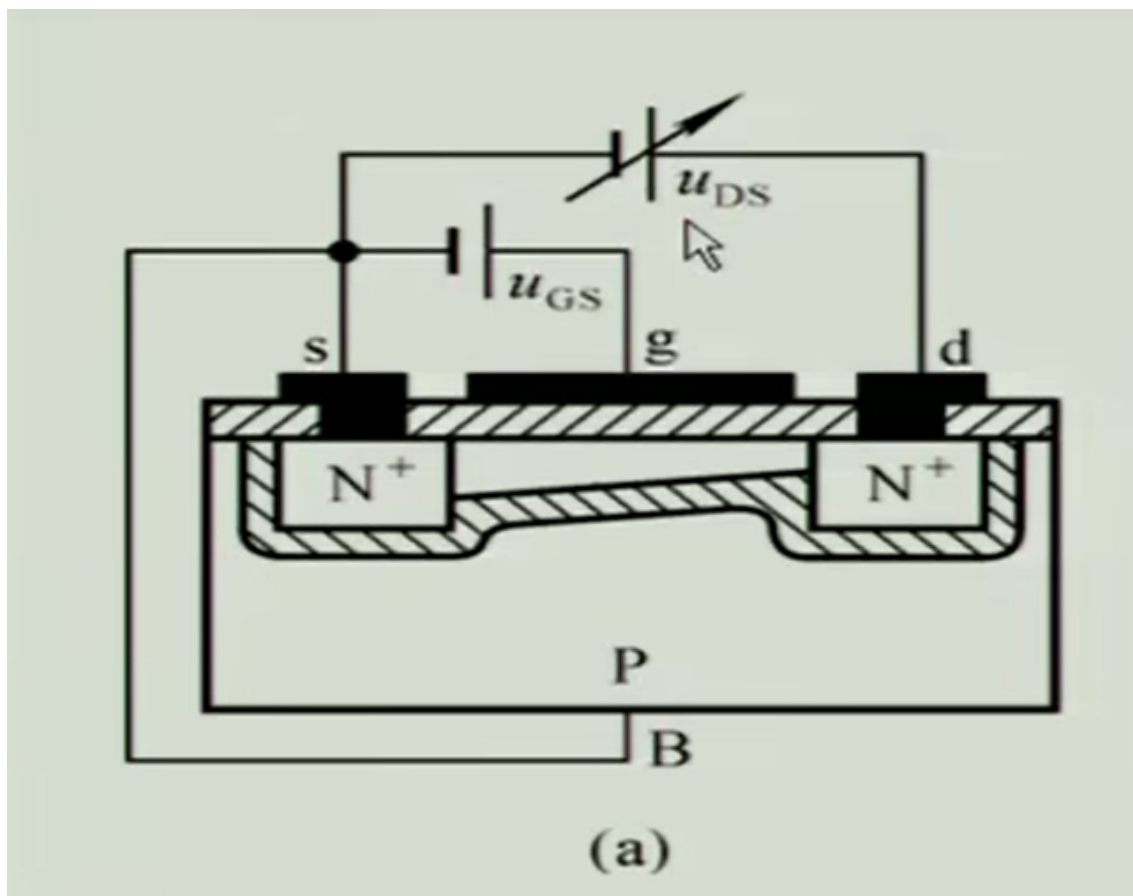
6. 耗尽层

指PN结中在漂移运动和扩散作用的双重影响下载流子数量非常少的一个高电阻区域

7. 导电沟道

在场效应管中，在栅极(g)的控制下，源极(s)和漏极(d)之间会形成导电沟道

导电沟道的主要作用就是使源极和漏极之间可以导电

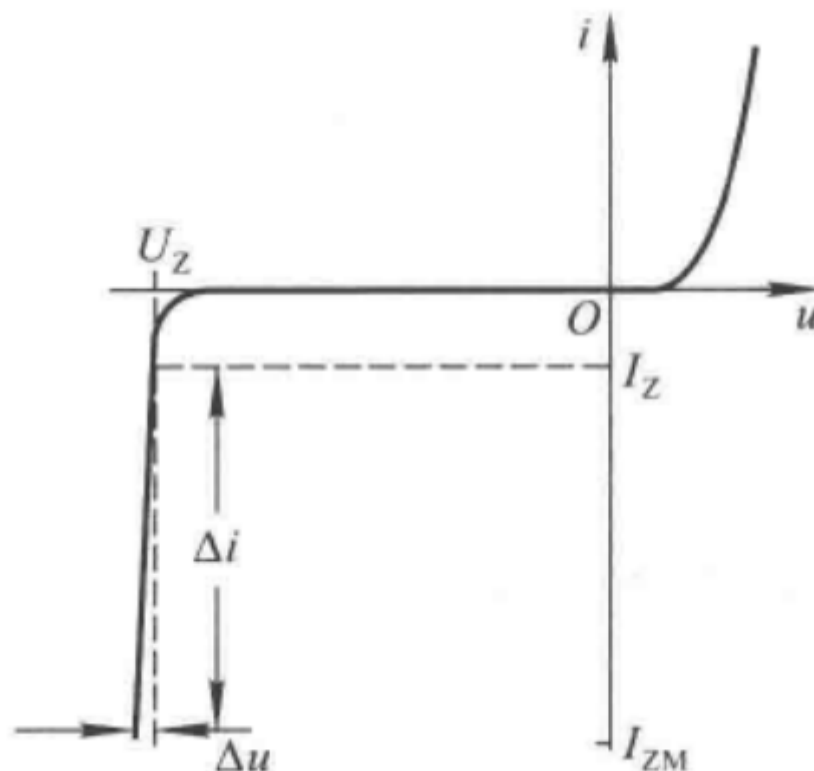


8. 二极管的单项导电性

只有在外加电压是从P→(指向)N，PN结才能导通，外部表现为单项导电性。

只有外加电压大于开启电压才能表现为正向导电性（本质是施加的外加电压要大于内建电场）

而施加反向电压时相当于增加了势垒



9. 稳压管的稳压作用

利用二极管的反向击穿特性（可以通过控制掺杂浓度控制稳压的范围）

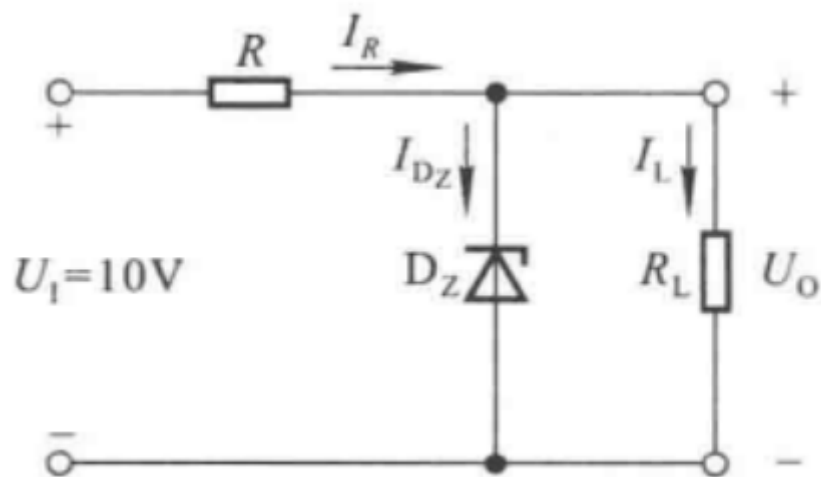
齐纳击穿：适用于高掺杂浓度，稳压范围（一般小于6V），温度上升时，击穿电压下降（量子力学，隧穿）**齐纳击穿具有负的温度系数**

雪崩击穿：适用于低掺杂浓度，稳压范围（一般大于6V）雪崩击穿电压随温度升高而升高

原理：

通过观察二极管的伏安特征曲线，我们发现，在反向击穿电压 U_Z 附近，一点点电压的变化，就能引起较大的电流的变化，根据这个特性，我们做出了稳压二极管。

使用了二极管的电路中一般都存在一个限流电阻，我们假设稳压二极管正常工作，稳压二极管的意思时， R_L 在一定范围变化时，加在其身上的电压不变（或者变化可以忽略不计），可以知道稳压二极管 D_Z 和 R_L 两端的电压相同，假设 $R_L \downarrow$ 则加在 R_L 两端的电压应该升高，同时加在 D_Z 两端的电压上升，会引起通过 D_Z 的电流 $I_{DZ} \uparrow \uparrow$ ，同时，通过限流电阻 R 的电流 $I_R \uparrow \uparrow$ ，分摊在限流电阻 R 两端的电压提高，最终导致， R_L 两端的电压几乎不变



10. 晶体管的放大作用及三个工作区域

晶体管（三极管）的两种用途：

1. 放大作用（放大信号）
2. 开关作用

放大作用原理：放大系数 $\beta \approx \frac{I_C}{I_B}$ 输入的电信号通过影响 I_B 的大小进而影响 I_C 的输出

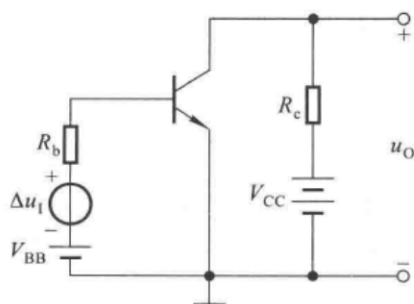


图 1.3.3 基本共射放大电路

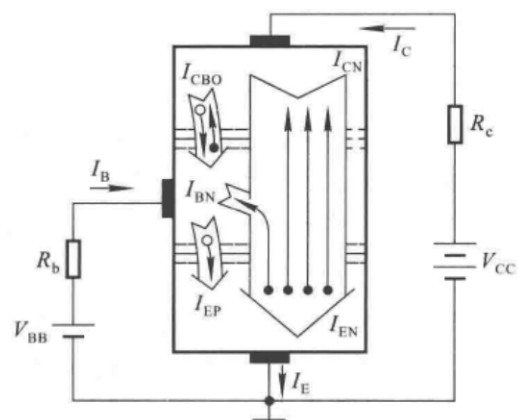


图 1.3.4 晶体管内部载流子运动与外部电流

11. 场效应管的放大作用及三个工作区域

掌握

1. 二极管的工作原理、外特征和主要参数

1. 工作原理
2. 外特征
3. 主要参数

2. 稳压管的工作原理、外特征和主要参数

1. 工作原理
2. 外特征
3. 主要参数

3. 晶体管的工作原理、外特征和主要参数

1. 工作原理
2. 外特征

3. 主要参数

4. 场效应管的工作原理、外特征和主要参数

1. 工作原理

2. 外特征

3. 主要参数