

第一章半导体中电子的状态

一、名词解释：

允带

禁带

载流子

直接带隙半导体

间接带隙半导体

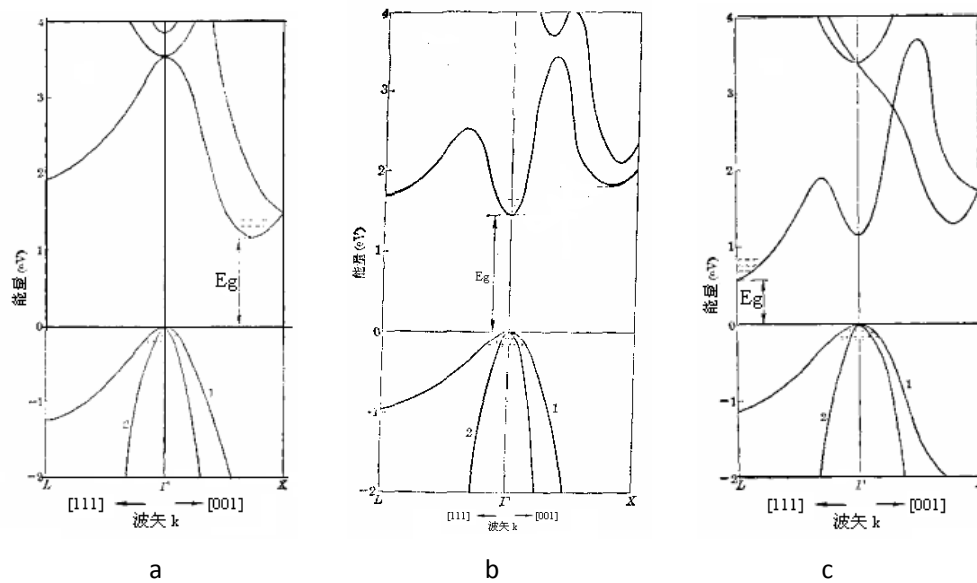
有效质量

空穴

重空穴、轻空穴

二、解答题：

1. 下图分别是半导体材料 Si、Ge、GaAs 的能带结构示意图。



(1) 请指出图 a、图 b、图 c 分别对应何种材料，您判断的依据是什么？

(2) 在三幅图中，价带对于同一个 k ， $E(k)$ 可以有两个值，表明对应两种有效质量不同的空穴，即重空穴和轻空穴。试指出曲线 1、2 分别对应哪种空穴，依据是什么？

2. 何为有效质量？引入有效质量有什么意义？

3. 何为金刚石型结构？给出金刚石型结构的特点及代表性半导体。

4. 何为空穴？给出引入空穴的物理意义。

5. 什么叫本征激发？温度越高，本征激发的载流子越多，为什么？试定性说明之。

6. 用能带理论定性地说明导体、半导体和绝缘体的导电性。

7. 分别画出硅、锗和砷化镓的能带结构、并指出各自的特点。

第二章半导体中杂质和缺陷能级

一、名词解释：

施主杂质

受主杂质

n 型半导体

p 型半导体

本征半导体

本征激发

深能级杂质

深能级

浅能级杂质

浅能级

杂质电离能

高度补偿半导体

二、解答题：

1. 简述杂质在半导体中的作用。
2. 分别论述深能级和浅能级杂质对半导体的影响。
3. 什么叫施主？什么叫施主电离？施主电离前后有何特征？试举例说明之，并用能带图表征出 n 型半导体。
4. 什么叫受主？什么叫受主电离？受主电离前后有何特征？试举例说明之，并用能带图表征出 p 型半导体。
5. 以 Ga 掺入 Ge 中为例，说明什么是受主杂质、受主杂质电离的过程和 p 型半导体。
6. 以 P 掺入 Si 中为例，说明什么是施主杂质、施主杂质电离的过程和 n 型半导体。

第三章半导体中载流子的统计分布

一、名词解释：

非简并半导体

简并半导体

本征半导体

状态密度

状态密度有效质量

二、解答题：

1. 何为玻尔兹曼近似？满足玻尔兹曼近似的条件？
2. 说明费米能级的物理意义。根据费米能级位置如何计算半导体中电子和空穴浓度？
- 3 对于某 n 型半导体，试证明其费米能级在其本征半导体的费米能级之上，即 $E_{Fn} > E_{Fi}$ 。
4. 何为非简并半导体？何为简并半导体？并以 n 型半导体发生简并为例给出简并化条件。
5. 给出非简并半导体热平衡载流子浓度 n_0 和 p_0 。（两种表示）

第四章 半导体的导电性

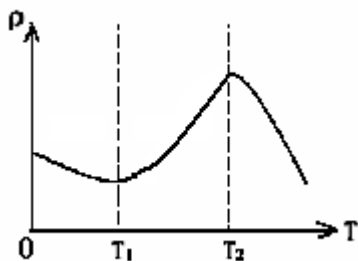
一、名词解释：

载流子散射（以及各种散射机制）

迁移率

二、解答题：

1. 简述半导体中载流子的主要散射机构。
2. 画出本征半导体和杂质半导体电阻率随温度变化的曲线，并解释其变化规律。
3. n 型半导体的电阻率随温度的变化曲线如图所示，试解释为什么会出现这样的变化规律。



4. 何谓迁移率？影响迁移率的主要因素有哪些？
5. 对于重掺杂半导体和一般掺杂半导体，给出迁移率随温度的变化趋势，并定性分析原因。
6. 给出掺杂的硅、锗等原子半导体以及化合物半导体砷化镓主要的散射机构，并对你给出的散射机构说明散射几率与其它量的关系。

第五章 非平衡载流子

一、名词解释：

准费米能级

少子寿命

小注入条件

直接复合与间接复合

复合中心

陷阱效应

过剩载流子（非平衡载流子）

二、解答题：

1. 在一维情况下，以 p 型非均匀掺杂半导体为例，推出（空穴的）爱因斯坦关系式。
2. 何为准费米能级？并用准费米能级给出非平衡态下电子浓度 n 及空穴浓度 p 表达式及电子浓度与空穴浓度乘积 np 表达式。
3. 漂移运动和扩散运动有什么不同？非简并半导体的迁移率与扩散系数之间有什么联系？
4. 给出爱因斯坦关系，并说明其物理意义。
5. 给出过剩载流子的概念，并给出非简并半导体处于热平衡态的判据。
6. 给出非平衡电子扩散定律，一维扩散方程，一维稳态扩散方程及稳态扩散方程的通解。
7. 给出非平衡空穴扩散定律，一维扩散方程，一维稳态扩散方程及稳态扩散方程的通解。
8. 画出光注入产生非平衡载流子简化能带示意图，并作出适当标注；给出光注入产生非平衡载流子的条件；给出小注入条件。

第六章 p-n 结

一、名词解释：

p-n 结

p-n 结空间电荷区（势垒区）

接触电势差

p-n 结击穿

隧道击穿

热电击穿

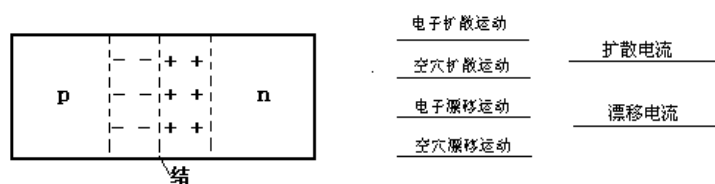
雪崩击穿

隧道结

隧道二极管

二、解答题：

1. 画出 p-n 结能带图（零偏、正偏和反偏情况），并简述 p-n 结势垒区形成的物理过程。
2. 简述 p-n 结电流电压曲线偏离理想 p-n 结主要因素。
3. 平衡 pn 结的空间电荷区示意图如下，画出空间电荷区中载流子漂移运动和扩散运动的方向（在下图右侧直线上添加尖头即可）。并说明扩散电流和漂移电流之间的关系。



4. 简述平衡 p-n 结中空间电荷区形成的过程。
5. 什么叫作 pn 结？描述制造 pn 结的主要方法，并说明不同方法形成的 pn 结主要特点。
6. 给出理想 pn 结电流密度和电压关系公式及曲线，并根据此公式说明 pn 结的整流特性。
7. 定性的画出 n 型半导体、p 型半导体及平衡 pn 结能带图。
8. 定性画出正向偏置时 pn 结能带图及反向偏置时 pn 结能带图；在图上标出准费米能级位置；定性解释 pn 结的整流性质。

第七章 金属和半导体的接触

一、名词解释：

半导体功函数

半导体电子亲和能

金属-半导体整流接触

金属-半导体肖特基接触

欧姆接触

表面势

二、解答题：

1. 什么是金属-半导体整流接触？形成金属-半导体整流接触的方法有几种？试根据能带图分别加以分析（不考虑表面态）。
2. 什么是整流接触？形成整流接触的方法有几种？（不考虑表面态）。

3. 什么是功函数？哪些因数影响了半导体的功函数？
4. 什么叫作欧姆接触？若不考虑表面态的影响，怎样实现欧姆接触（举出两种方法）？给出在生产实际中实现欧姆接触的方法？
5. 分别画出 n 型和 p 型半导体与金属接触时的能带图（忽略间隙），并分析 n 型和 p 型半导体形成阻挡层和反阻挡层的条件。
6. 画出金属与 n 型半导体接触形成整流接触的能带图(标出费米能级，导带底，价带顶及势垒高度),给出金属一侧和半导体一侧势垒高度对接触材料的依赖关系式（提示：对功函数或电子亲合势的依赖关系）
7. 金属半导体接触
 - （1）画出金属与半导体接触形成电子阻挡层的能带图（忽略间隙）；
 - （2）在加电压的情形下定性解释金属半导体接触的整流性质。

第八章 半导体表面与 MIS 结构

一、名词解释：

表面态

平带电压

表面反型层

表面强反型层

MIS 结构

MOS 结构

二、解答题：

- 1.对 MIS 结构加电压后，为什么半导体的表面会发生弯曲？说明能带向上弯和向下弯的条件。
2. 用 p 型 Si 衬底制成的 MOS 电容，（1）请画出理想状态下，该结构在积累、耗尽、弱反型及强反型下的能带示意图；（2）已知 $N_A=1\times 10^{16}/\text{cm}^3$ ，求单位面积的平带电容 C_{FB} (300 K 下)（ $\epsilon_0=8.854\times 10^{-12}\text{F/m}$, $\epsilon_{r\text{SiO}_2}=3.9$ ）。
3. 请定性画出理想情况下 P 型半导体形成 MOS 结构的高频 C-V 特性曲线，并对此变化规律进行定性解释。若 SiO_2 中存有丰富的固定氧化物正电荷和陷阱界面态，高频 C-V 特性曲线将发生变化，请在图中定性画出该曲线并说明理由。

第十二章 霍尔效应

一、名词解释：

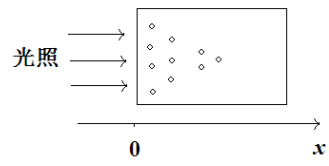
霍尔效应

二、解答题

1. 什么是霍尔效应？霍尔系数如何定义？
2. 计算 p 型半导体的霍尔系数。
3. 霍尔效应在半导体样品的测量中起什么作用？

计算题举例：

1. 在室温时若一块 Si 样品中的电子浓度分别为 $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ，
(1) 试求出其中的空穴的浓度，并判断样品的导电类型。
(2) 假如再在其中掺入浓度为 $2.25 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 的受主杂质，求出电子及空穴浓度，并判断这块样品的导电类型。（注：室温下的硅， $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ）
2. 含受主浓度为 $8.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 和施主浓度为 $7.25 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 的 Si 材料，试求温度为 300K 时：
(1) 电子和空穴浓度；
(2) 费米能级相对于价带顶的位置 $E_F - E_V$ 。
(注： $n_i = 1.25 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$)
3. 单晶硅中均匀地掺入两种杂质掺硼 $1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，掺磷 $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 。试计算：
(1) 室温下载流子浓度；
(2) 室温下费米能级相对于导带底的位置；
(3) 室温下电导率。
已知：室温下 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ， $N_c = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ， $N_v = 1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ， $k_0 T = 0.026 \text{ eV}$ ；
 $\mu_n = 500 (\text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s})$, $\mu_p = 1300 (\text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s})$
4. 推导爱因斯坦关系，并给出其物理意义。
5. 求解非平衡载流子扩散问题：
(1) 给出一维非平衡空穴的扩散定律；
(2) 给出一维稳态扩散方程；
(3) 并求解当样品足够厚（远大于扩散长度）时稳态扩散非平衡空穴的分布；
(4) 给出非平衡空穴的扩散电流密度。
6. 计算 pn 结中电场电势分布 (1) 突变结 (2) 线性缓变结



7. 试求本征硅室温时本征费米能级的实际位置？若给本征硅掺入某种 N 型杂质，费米能级上移了 0.441eV ，求 N 型杂质的掺杂浓度？（已知 $E_g=1.19\text{eV}$ ， $m_p^*=0.59m_0$ ， $m_n^*=1.08m_0$ ， $N_c=2.8\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ ）。