

山东大学

二〇一六年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目代码 830 科目名称 半导体物理

(答案必须写在答卷纸上, 写在试题上无效)

一、名词解释 (每小题 3 分, 共 27 分)

1. 纤锌矿结构
2. 有效质量
3. n 型半导体
4. 非简并半导体
5. 电离杂质散射
6. 晶格振动散射
7. 直接复合
8. 本征吸收
9. 量子霍尔效应

二、问答题 (每题 5 分, 共 45 分)

1. 布洛赫函数中的波矢 k 有什么物理意义? 什么是电子准动量? 它是否是布洛赫电子的动量?
2. 纯 Ge、Si 中掺入 III 族或 V 族元素后, 为什么使半导体导电性能有很大的改变? 杂质半导体 (P 型或 N 型) 应用很广, 但为什么我们很强调半导体材料的提纯?
3. 简述引入空穴概念的意义。
4. 为什么非简并半导体中载流子分布可以用玻耳兹曼分布描述而简并半导体则必须用费米分布来描述?
5. 金属和半导体谁的迁移率高? 为什么?
6. 半导体处于热平衡状态的标志是什么?
7. 简述费米能级、准费米能级及其意义。
8. 简述半导体光吸收过程。
9. 对于一 n 型半导体材料, 在什么情况下会出现半导体材料内的电场与电流不在同一个方向?

三、计算题 (共 78 分)

1. 设晶格常数为 a 的一维晶格, 导带极小值附近的能量 $E_c(k)$ 为

$$E_c(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{3m} + \frac{\hbar^2 (k - k_1)^2}{m}$$

价带极大值附近的能量 $E_v(k)$ 为

$$E_v(k) = \frac{\hbar^2 k_1^2}{6m} - \frac{3\hbar^2 k^2}{m}$$

式中, m 为电子质量, $k_1 = \frac{\pi}{a}$, $a = 3.14 \text{ \AA}$ 。试求:

- (1) 禁带宽度;
 - (2) 导带底电子的有效质量;
 - (3) 价带顶电子的有效质量;
 - (4) 导带底电子跃迁到价带顶时准动量的改变量。
- (本题 26 分)

2. 一块有杂质补偿的硅材料, 已知掺入受主密度 $N_A = 1 \times 10^{15} / \text{cm}^3$, 室温下测得其 E_f 恰好与施主能级重合, 并得知平衡电子密度为 $n_0 = 5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 。已知室温下硅的本征载流子密度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$, 试求:

- (1) 平衡少数子密度是多少?
 - (2) 掺入材料中的施主杂质密度是多少?
 - (3) 电离杂质和中性杂质的密度各是多少?
- (本题 13 分)

3. 试计算本征硅在室温时的电阻率。设电子和空穴的迁移率分别是 $1350 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 和 $500 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$, 当掺入百万分之一的砷 (As) 后, 设杂质全部电离, 试计算其电导率比本征硅 Si 的电导率增大多少倍? (本题 13 分)

4. 某 p 型半导体掺杂浓度 $N_A = 10^{16} / \text{cm}^3$, 少数子寿命 $\tau_n = 10 \mu\text{s}$, 在均匀光的照射下产生非平衡载流子, 其产生率 $g = 10^{18} / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$, 试计算室温光照情况下的费米能级并和原来无光照时的费米能级相比较。(本题 16 分)

5. 长 30mm, 宽 6mm, 厚 1mm 的 P 型半导体样品, 其电阻值为 500Ω 。把它放置于垂直样品表面的 0.5T 的磁场中, 当通过样品的电流为 10mA 时, 出现 5mV 的霍尔电压。试求半导体样品的霍尔迁移率和载流子浓度。(本题 10 分)