

东南大学考试卷 (考研回忆版)

课程名称 半导体物理 考试学期 2013 得分
 适用专业 电子科学与技术 考试形式 闭卷 考试时间长度 180 分钟

室温下, 硅的相关系数: $k_0T = 0.026eV$, $n_i = 1.5 \times 10^{10} cm^{-3}$, $N_c = 2.8 \times 10^{19} cm^{-3}$

$N_v = 1.1 \times 10^{19} cm^{-3}$, 电子电量 $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ 。

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 有效质量是将晶体中 作用概括在其中, 有效质量的引入, 使得处理晶体中的电子在 问题时忽略难以确定的晶格力, 使问题简单化。 实验可以测量有效质量。

2. 热平衡下半导体载流子电子遵循费米狄拉克分布, $f(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{E-E_F}{k_0T}}}$ 表示

几率。室温下, 硅的禁带宽度 $E_g = 1.12eV$, 估计室温下本征硅导带底的一个能态被电子占据的几率为 。硅导带底的一个能态被电子占据的几率为 10^{-4} , 此时费米能级的位置在 , 玻尔兹曼分布是否近似成立? 。

3. 室温下纯净的硅半导体掺入锑, 已知锑的电离能为 $0.039eV$, 半导体的费米能级 $E_F = \frac{E_C + E_D}{2}$, 半导体的状态为 (填“简并”, “弱简并”或“非简并”), 理由是 。

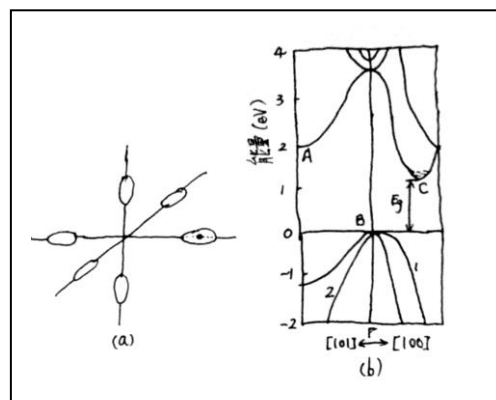
4. 半导体中的载流子寿命不是取决于材料的基本性质, 而是与半导体材料中的缺陷、 或应力相关, 因为这些因素影响到了半导体的复合作用, 非平衡载流子寿命达到极小值时的复合中心能级位置在 ; 在半导体材料中有一些缺陷能级, 它们可以俘获载流子, 并 在这些能级上, 这种现象称为陷阱效应, 最有利于形成陷阱的杂质能级的位置是 。

5. 室温下某半导体中载流子的迁移率为 $\mu = 1000 cm^2 / V \cdot s$, 载流子的扩散系数为 。半导体中的两种主要的散射机制为 和 。

6. 当 PN 结施加反向偏压到某一数值时, 反向电流密度突然开始增加的现象称为击穿, 击穿分为热击穿、_____和_____. 低掺杂、宽势垒更有利于_____击穿。
7. 一块补偿硅材料, 掺入了硼 $1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$, 掺入了磷 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$, 电子迁移率 $\mu_n = 1350 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$, 空穴迁移率 $\mu_p = 500 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$, 电子浓度为_____, 费米能级与禁带中央的差为_____, 半导体的电导率为_____。
8. 对于 Si、Ge 和 GaAs 材料, 同一掺杂浓度下_____材料 pn 结内建电动势最大, _____材料 pn 结内建电动势最小。随着温度的上升, 内建电动势_____ (填“增大”、“减小”或“不变”), 原因是_____。
9. PN 结在高频下整流特性显著减弱甚至消除, 常规功能也失效, 其原因是产生了_____. _____ PN 结接触面积, 能使 PN 结更加适合在高频电路中使用。
10. PN 结的理想伏安特性与实际伏安特性并不是完全吻合, 其原因是在正向偏压下忽略了_____电流, 在反向偏压下忽略了_____电流。

二、 简要回答（每题 11 分，共 77 分）

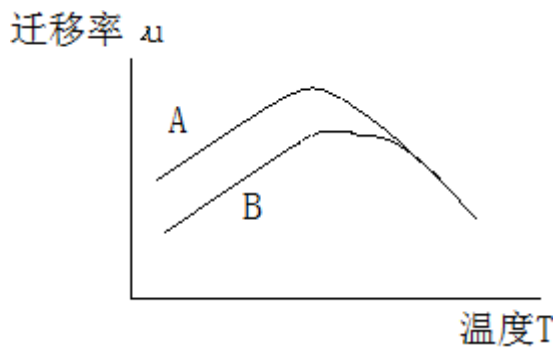
1. 分析右图，回答相关问题。
 - (1) 此材料为什么材料？
 - (2) 图 a 中的椭圆代表什么？为什么有六个椭圆？
 - (3) 图 a 中椭圆中的黑点对应图 b 中的哪点？
 - (4) 试指出曲线 1、2 分别对应重空穴还是轻空穴，依据是什么？



2. 图中 A、B 两曲线为 n 型硅半导体的电子迁移率随温度变化的曲线。

(1) 解释两曲线对应半导体的掺杂大小。

(2) 解释说明 A、B 在低温下分开，随着温度的升高两曲线逐渐重合。



3. 对于硅材料和砷化镓材料，砷化镓材料在高频器件或激光器等发光器件具有更优良的特点。试分析说明砷化镓材料相对于硅材料用在高频器件或激光器等发光器件时的优势。

4. 试画出 p 型半导体的费米能级随温度变化规律，并加以解释。

5. 金属与 n 型半导体形成反阻挡层。(1) 金属与半导体的功函数哪个大？(2) 画出接触后的能带图；(3) 实际加工中在对半导体进行电互连时，往往不能直接相连，试解释其原因；(4) 实际是怎样实现的？

6. 半导体物理中，非平衡载流子的寿命、平均自由时间及介电弛豫时间有何不同？

7. 什么是热载流子？随着温度的升高，热载流子的迁移率将怎么变化，为什么？

三、 计算题（43 分）

1. (13 分) 已知半导体中 $n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_p = 1900 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$, $\mu_n = 3800 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$, 试问当半导体中电子浓度 n_0 和空穴浓度 p_0 （除了 $n_0 = p_0 = n_i$ 以外）为何值时，电导率等于本征电导率？并分别求出电子浓度 n_0 和空穴浓度 p_0 。

2. (15 分) 稳定光照射在均匀掺杂的 n 型半导体表面, 非平衡载流子的产生率 $G_s = 1.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 空穴迁移率 $\mu_p = 430 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$, $\tau_p = 5 \mu\text{s}$, 半导体的长度远远大于空穴的扩散长度。

(1) 写出并解出空穴的连续性方程; (2) 什么位置非平衡载流子的浓度为 10^{12} cm^{-3} ?

(提示: 非平衡载流子的产生只是在表面非常薄的一层内发生, 所以非平衡载流子的产生率只是以边界条件出现: $G_s = -D_p \left. \frac{d\Delta p}{dx} \right|_{x=0}$, 非平衡载流子的连续性方程:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - p\mu_p \frac{d\varepsilon}{dx} - \varepsilon\mu_p \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\Delta p}{\tau_p} + g_p)$$

3. (15 分) 室温下, 一块 p 型 Si 半导体, 其费米能级在价带顶上方 $0.1eV$ 处。

(1) 求半导体中载流子的浓度;

(2) 这块半导体掺有一定量的金, 金在硅中的施主能级在价带顶上方 $0.35eV$ 处, 受主能级在导带底带下方 $0.54eV$ 处。

➤ 解释说明金的带电状态;

➤ 小注入条件下, 画出复合中心位置与能带图, 并化简非平衡载流子的寿命;

➤ 复合中心浓度 $N_t = 10^{10} cm^{-3}$, 半导体载流子的俘获系数 $c_x = 1.5 \times 10^{-3} cm^3 / s$

(x 为 n 或者 p), 求非平衡载流子的寿命 τ .

(提示: 小注入条件下间接复合作用非平衡载流子的寿命 $\tau = \frac{c_n(n_0 + n_l) + c_p(p_0 + p_l)}{N_t c_n c_p (n_0 + p_0)}$)