

科目名称 半导体物理学 科目代码 890 共 2 页
 适用专业、领域 物理电子学, 微电子学与固体电子学, 电磁场与微波技术, 电子与通信工程(专业学位), 集成电路工程(专业学位)

注: 所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上一律无效。

一、填空题 (50 分, 每小题 5 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上—律无效)

- 1、纯净的半导体 Si 晶体中掺入 V 族杂质 P(磷), 当杂质 P 电离时向导带释放_____, 这种杂质叫_____杂质, 这样的半导体 Si 主要靠_____导电, 称其为_____型半导体
- 2、当半导体中的受主杂质电离时, 受主杂质从价带“俘获”一个电子, 在价带留下一个空状态, 这个空状态叫_____。
- 3、施主杂质和受主杂质具有相互抵消的作用, 通常将这种抵消作用称作_____。有些杂质既可以成为施主, 又可以成为受主, 通常将这种杂质称作_____杂质。
- 4、半导体能带中电子的能量状态遵守_____分布规律, 其分布函数表达式为_____。
- 5、半导体中载流子浓度分布不均匀时, 载流子将做_____运动, 这种运动产生的电流叫做_____电流。半导体中存在电场时, 在电场作用下载流子将做_____运动, 这种运动产生的电流称为_____电流。
- 6、GaAs 具有在布里渊区中心简并的两个价带, 分别叫_____空穴带和_____空穴带, 重空穴带的曲率较轻空穴带的_____。
- 7、分别用 n_0 、 p_0 和 n_i 表示半导体导带电子浓度、价带空穴浓度和本征载流子浓度, $n_0p_0 = n_i^2$ 标志着半导体处于_____状态, 如果温度发生变化, 则 n_0p_0 _____ (选: 随温度变化、或不随温度变化), 如果掺杂浓度变化, 但满足非简并, 则 n_0p_0 _____ (选: 随掺杂浓度变化、或不随掺杂浓度变化)
- 8、半导体 Si 中的载流子主要受到两种机制的散射, 它们分别是_____散射和_____散射, 前者散射概率的温度关系为_____, 后者的散射概率的温度关系为_____。
- 9、半导体的费米能级与掺杂情况及温度有关。若温度不变, 则费米能级随着半导体中掺入施主杂质浓度增加而向_____ (远离, 靠近) 本征费米能级的方向移动, 若掺杂浓度不变, 则费米能级随温度升高而向_____ (远离, 靠近) 本征费米能级的方向移动。
- 10、当产生非平衡载流子的外界条件撤销后, 非平衡载流子逐渐消失, 非平衡载流子逐渐消失的过程称为非平衡载流子的_____, 非平衡载流子的_____称为非平衡载流子的寿命。当出现非平衡载流子时, 可认为导带电子和价带空穴具有不同的费米能级, 这时的费米能级称为_____费米能级

二、计算题 (20 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上—律无效)

(1) 设有一维晶格, 其导带极小值附近能量 $E_c(k)$ 可以表示为:

$$E_c(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{3m_0} + \frac{\hbar^2 (k - k_1)^2}{m_0}, \text{ 其中 } k \text{ 是电子的波矢, } k_1 \text{ 和 } m_0 \text{ 分别是常数和电子的惯性质量, 求该半导体}$$

导带中电子的速度; (10 分)

(2) 半导体能带中某能级的能量 E 满足 $E - E_F = 2k_0T$, 这里 E_F 是费米能级, k_0 和 T 分别是玻耳兹曼常数和温

度, 分别用费米分布函数和玻耳兹曼分布函数计算该能级被电子占据的概率。(10 分)

三、计算题 (20 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上一律无效)

半导体中均匀的掺入浓度为 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的施主杂质磷和浓度为 $0.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的受主杂质硼, 室温条件下杂质全部电离, 求:

- (1) 该半导体中的电子浓度和空穴浓度; (7 分)
- (2) 费米能级位置; (7 分)
- (3) 电导率; (6 分)

已知室温下导带有效状态密度 N_c 为 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 本征载流子浓度 n_i 为 $1 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$, 电子的迁移率为 $1000 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$, 空穴的迁移率为 $400 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$

四、分析和计算题 (20 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上—律无效)

- (1) 分别定性画出本征和掺杂 Si 晶体中电子迁移率随温度变化的曲线, 并作相应的解释; (10 分)
- (2) 已知半导体 Si 样品中掺入电离能为 0.026eV 的某种施主杂质, 若 Si 样品费米能级在导带底之下 0.052eV , 计算这种施主杂质能级被电子占据的概率; (10 分) (提示: 室温下 $k_0 T = 0.026 \text{eV}$)

五、分析题 (20 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上—律无效)

将一个半导体 Ge 晶片切成 A 和 B 两个样品, A 样品掺入浓度为 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的施主杂质磷和浓度为 $1.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的受主杂质硼, B 样品中只掺入浓度为 $0.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的施主杂质磷, 室温下两个样品中的杂质均全部电离, 分析:

- (1) 两个样品中电子浓度是否相同; (10 分)
- (2) 两个样品电阻率是否相同; (10 分)

六、画图 and 计算题 (20 分) (所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上—律无效)

- (1) 一个 n 型半导体样品受到光照均匀的会产生非平衡载流子, $\Delta n = \Delta p$, 已知非平衡电子空穴对的产生率为 $g = 1.0 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}/\text{s}$, 非平衡载流子寿命为 $1 \mu\text{s}$, 求光照下达到稳定时的非平衡载流子浓度; (10 分)
- (2) 在能带图中定性画出该 n 型半导体热平衡时的费米能级及光照产生非平衡载流子后电子和空穴的准费米能级; (10 分)