

2004 年攻读硕士学位研究生入学试题

考试科目: 半导体物理

招生专业: 微电子学与固体电子学

可带计算器

考生注意:

无论以下试题中是否有答题位置, 均应将答案做在考场另发的答题纸上 (写明题号)。

一、名词解释 (每题 4 分, 共 32 分)

施主	受主	功函数	本征半导体
迁移率	费米能级	雪崩击穿	俄歇复合

二、简答题 (每题 7 分, 共 56 分)

1. 讨论有效质量的物理意义
2. 分析 Si 和 GaAs 能带结构的特点
3. 定性分析掺杂半导体中电阻率随温度的变化情况, 并说明原因
4. 分析金在硅中形成的深能级情况, 并说明掺金对载流子寿命的影响
5. 试画出金属和 n 型半导体接触时的能带示意图 (假设金属功函数 $W_m >$ 半导体功函数 W_s)
6. 分析隧道二极管中负阻特性的形成机制
7. 什么是耿氏效应? 分析其形成机制和应用
8. 试画出 p-n 节正偏和反偏时的能带示意图, 并分析 p-n 节单向导电的机制

三、计算和讨论题 (共 62 分)

1. (10 分) 已知一维电子系统的能带 $E(k) = \frac{\hbar^2}{ma^2} (\cos ka - \frac{1}{8} \cos 2ka - \frac{7}{8})$,

其中 a 为晶格常数, m 为电子质量, \hbar 为普朗克常数。试求 (1) 能带宽度, (2) 能带底部和顶部的有效质量。

2. (10 分) 77K 时掺磷的硅半导体中费米能级 $E_F = (E_C + E_D)/2$, 其中 E_C 为硅的导带底位置, E_D 为磷在硅中的能级位置。试求 (1) 77K 时的电子浓度 (2) 需要掺入的磷的浓度。
3. (10 分) 施主浓度为 10^{14} 和 10^{17}cm^{-3} 的两个 Si 样品。设杂质全部电离, 分别计算 (1) 室温时的电导率。(2) 500K 时的电导率
4. (11 分) 已知 p-n 结势垒区中空间电荷密度为 $\rho(x) = q(N_A - N_D) = -q\alpha x$ ($\alpha > 0$), 其中 q 为电子电荷, N_A 和 N_D 为受主与施主浓度, 势垒区的边界在 $x = -X_D/2$ 和 $x = X_D/2$ 处, 求 (1) 该 p-n 结的电场和电势分布。(2) 画出电场、电势和电势能的分布示意图
5. (10 分) 室温下 p 型 Ge 半导体中电子寿命为 350 微秒, 电子迁移率为 $3600 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 求电子的扩散长度
6. (11 分) 已知一个由 n 型半导体构成的理想 MIS 结构。试分析加不同偏压时的半导体表面状况, 分别画出 MIS 结构的能带示意图, 并说明表面强反型的形成条件。

附: 相关参数

玻耳兹曼常数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$

电子电荷 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

磷在硅中的电离能为 44 meV

室温时 Si 材料: $N_C = 2.8 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, $n_i = 7.8 \times 10^9 \text{cm}^{-3}$, $10^{14}/\text{cm}^3$ 时电子迁移率 $1300 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 空穴迁移率 $500 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $10^{17}/\text{cm}^3$ 时电子迁移率 $800 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 空穴迁移率 $320 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

500K 时 Si 材料: $n_i = 3.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$, $10^{14}/\text{cm}^3$ 时电子迁移率 $400 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 空穴迁移率 $150 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $10^{17}/\text{cm}^3$ 时电子迁移率 $380 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 空穴迁移率 $150 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$