

河北工业大学 2010 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 [B]

科目名称 半导体物理 科目代码 890 共 3 页

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

适用专业 (专业学位)、集成电路工程(专业学位)

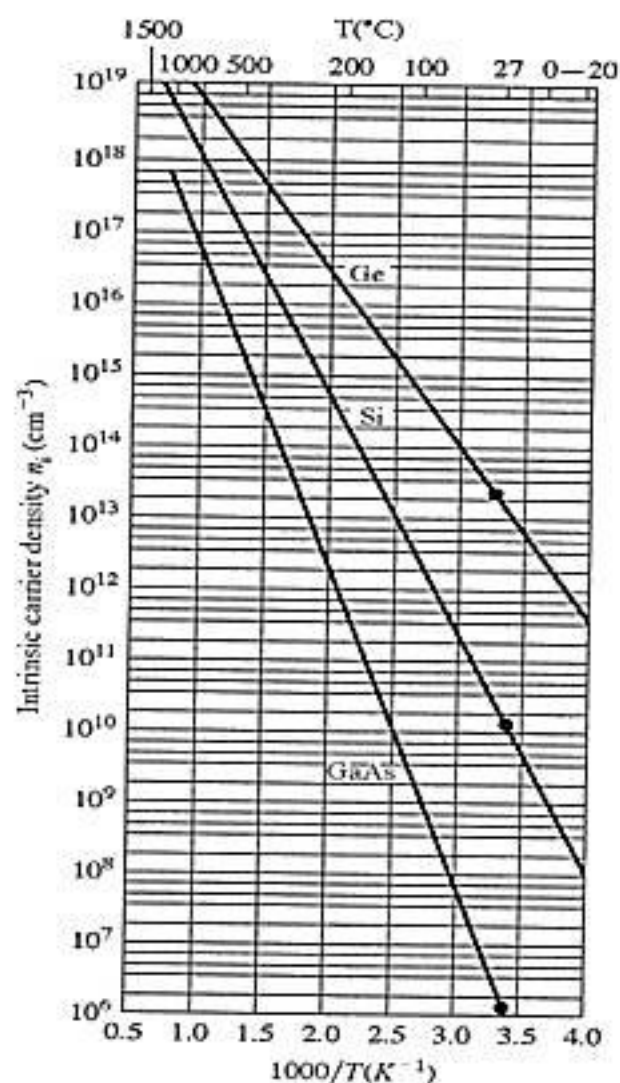
注: 所有试题答案一律写在答题纸上, 答案写在试卷、草稿纸上一律无效。

一、 填空题 (共 28 分, 每空 2 分, 答案一律写在答题纸上, 否则无效。)

- 自由电子的能量与波数的关系 $E(k)=$ _____, 孤立原子中的电子能量为 _____, 晶体中电子的能量为 _____ 形成的能带。
- 温度一定时, 对于同一种晶体, 体积大的能带中的能级间隔 _____; 对于同一块晶体, 当原子间距变大时禁带宽度变 _____。
- 玻耳兹曼分布适用于 _____ 半导体, 对于能量为 E 的一个量子态被电子占据的概率为 _____; 费米分布适用于 _____ 半导体, 对于能量为 E 的一个量子态被电子占据的概率为 _____, 当 E_F 满足 _____ 条件时, 须考虑该分布。
- 半导体材料中的 _____、 _____、 _____ 会影响非平衡载流子的寿命, 寿命值的大小反映了材料的晶格的 _____, 是衡量材料质量的一个重要指标。

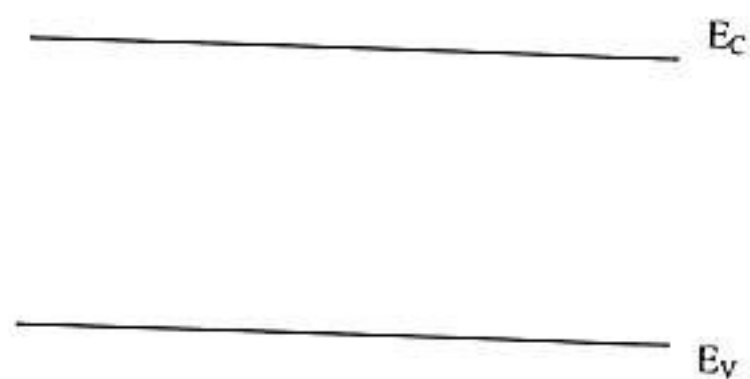
二、 问答题 (共 67 分, 答案一律写在答题纸上, 否则无效。)(定性讨论须给出必要的公式)

- (8 分) 硅和砷化镓均为复式格子, 为两个面心立方格子沿体对角线方向平移套构而成, 二者的解理面是否相同? 为什么?
- (10 分) 请指出硅和砷化镓的器件工作温度上限的决定因素, 当施主浓度同为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 时, 画出电子浓度随温度 (温度从室温开始上升) 的变化 (室温下可视



为全部电离); 本征载流子浓度随温度的变化如图所示。

3. (10分) 分析金属与本征半导体的导电机制有何区别, 画图并分析二者电阻率随温度的变化规律。
4. (10分) 分析影响常见半导体迁移率的因素, 解释为何纯净的 GaAs 的电子迁移率 ($8000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$) 远大于 Si 的 ($1350 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$)。
5. (10分) 请画图示意并解释当温度为室温时某 n 型半导体材料的扩散系数 D_n 随掺杂杂质浓度 N_D 的变化。
6. (9分) 何为表面复合? 属于直接复合还是间接复合? 会对器件的性能及电阻率测试精度带来什么影响?
7. (10分) 请在能带图中标出本征费米能级 E_i 、常用的浅施主能级 E_D 、浅受主能级 E_A 、p 型简并半导体的费米能级 E_F 和有效的复合中心能级 E_t 。加适当的标注或说明。



三、(20分) 掺有 $1.1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 硼原子和 $9 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 磷原子的 Si 样品, 已知室温下 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, 450K 时 $n_i = 6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, (迁移率值

杂质浓度 (cm^{-3})	室温下迁移率 $\mu(\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s}))$		450K 迁移率 $\mu(\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s}))$	
	电子	空穴	电子	空穴
2×10^{14}	1300	450	460	155
2×10^{15}	1250	430	450	150

见附表, 电子电量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)。试计算

- (1) 室温时样品的电导率。(8分)
- (2) 450K 时的多数载流子浓度 (4分)、少数载流子浓度 (4分)、样品的电导率。(4分)

四、(20分) 求室温下掺锑的 n 型硅, 使 $E_F = (E_c + E_D)/2$ 时锑的浓度。已知锑的电离能为 0.039 eV 。 ($N_c = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) (忽略简并)

五、(15分) 室温下掺施主浓度 $N_D = 2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 的 n 型硅, 由于光的照射在其边界 $x=0$ 处

产生了非平衡载流子 $\Delta n = \Delta p = 10^{14} \text{cm}^{-3}$, 而在 $x=L$ 处非平衡载流子浓度为 0, 如图所示。

(少子寿命 $\tau_p = 5\mu\text{s}$, 迁移率见三题附表)

- (1) 计算达到稳态时非平衡载流子的分布。(10分)
- (2) 画图示意准费米能级的位置, 并和原来的费米能级作比较。(5分)

