

北京工业大学 2005 年硕士研究生入学考试试题

★所有答案必须做在答题纸上, 做在试题纸上无效!

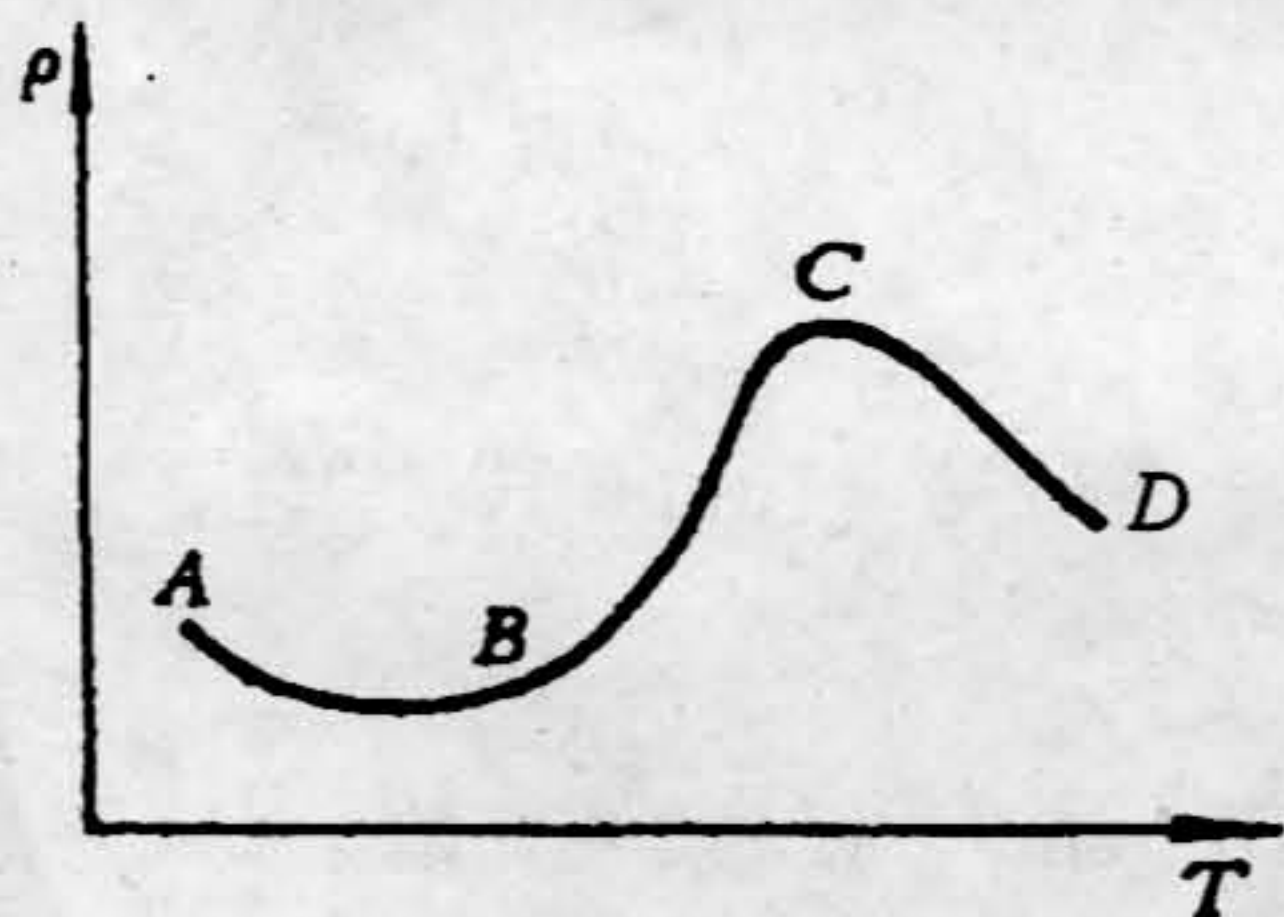
一、(32 分) 简答题

1. (4 分) 简要叙述金刚石结构和闪锌矿结构的晶格结构, 并各举出一个相应的半导体材料的例子。
2. (4 分) 在描述半导体中电子在外力作用下的运动规律的方程中, 出现的是电子的有效质量 m_n^* , 而不是电子的惯性质量 m_0 。在这里引入 m_n^* 的意义何在?
3. (6 分) 掺杂半导体费米能级与掺杂浓度和温度的关系是怎样的?
4. (6 分) 什么是 p-n 结的势垒电容和扩散电容?
5. (6 分) 金属-半导体肖特基接触的整流特性有什么特点?
6. (6 分) 什么是半导体异质结? 什么是同型异质结? 什么是反型异质结?

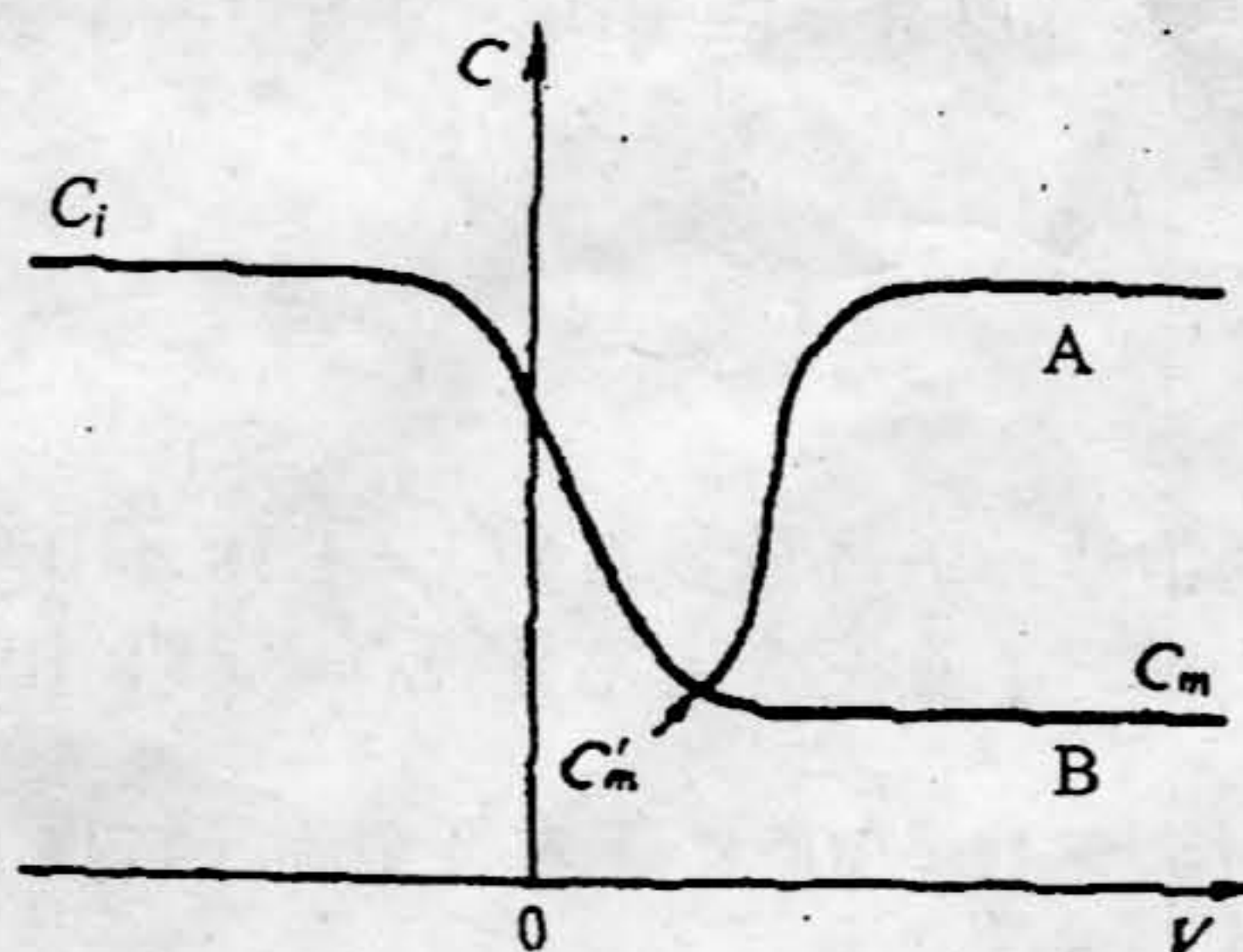
二、(10 分) 已知在热平衡条件下电子浓度 n_0 、空穴浓度 p_0 可以用等效态密度 N_C (导带底) 和 N_V (价带顶), 以及费米能级 E_F 与导带底 E_C 和价带顶 E_V 的相对位置表达为 $n_0 = N_C e^{-\frac{E_C - E_F}{kT}}$, $p_0 = N_V e^{-\frac{E_F - E_V}{kT}}$ 。其中 k 是玻尔兹曼常数。请解答: 1. (6 分) 证明: $n_0 p_0 = n_i^2$, 其中 n_i 为本征载流子浓度。2. (4 分) 说明所证等式的适用条件和物理意义。

三、(24 分) 解答下列问题

1. (4 分) 写出半导体电阻率的普适表达式, 并说明公式中每个符号的含义。
2. (8 分) 以 n 型半导体为例, 影响其电阻率的主要因素是导带电子浓度 n 及其迁移率 μ_n 。请回答: 影响 n 和 μ_n 的主要因素又分别是那些?
3. (12 分) 请定性解释图一所示的一定杂质浓度的硅样品电阻率与温度关系的示意图。其中 AB 段为本征激发可忽略的低温区, BC 段是杂质已全部电离的室温附近, CD 段为本征激发占优的高温区。



图一 硅电阻率与温度关系示意图



图二 p 型 Si 理想 MOS 结构 C-V 特性

★所有答案必须做在答题纸上, 做在试题纸上无效!

四、(14 分) 假定突变同质 p-n 结的 p 型侧掺杂浓度高于 n 型侧, 两侧长度远大于少子扩散长度, 请分别画出热平衡、正偏 (小注入) 和反偏状态下的 p-n 结能带图 (含费米或准费米能级) 和载流子浓度分布示意图。

五、(22 分) 室温下硅突变 p-n 结 p 型侧均匀的掺杂浓度 $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, n 型侧均匀的掺杂浓度 $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, 请利用耗尽层近似解答: 1. (6 分) 接触电势差 V_D ; 2. (6 分) 耗尽区宽度 x_D ; 3. (6 分) 耗尽区最大电场强度 E_{\max} ; 4. (4 分) 定性地说简要说明耗尽层中电场分布有什么规律? 若 p-n 结为线性缓变结, 则该电场又按什么规律分布?

六、(22 分) 在室温下, 一硅样品在光照前处于热平衡态。在 $t=0$ 时刻开始光照 (小注入), 在样品内均匀产生浓度为 Δp 的过剩载流子, 若已知电子-空穴对的附加产生率 $\delta G = 2.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$, 过剩载流子寿命 $\tau_p = 10 \mu\text{s}$, 热平衡时 $E_F - E_i = 0.30 \text{ eV}$, 试解答以下问题: 1. (6 分) 样品中载流子的主要复合机构是什么? 请简明描述其复合过程。2. (8 分) 推导: 光照开始后, 样品中过剩载流子浓度随时间的变化规律为

$$\Delta p(t) = \delta G \cdot \tau_p (1 - e^{-\frac{t}{\tau_p}})$$

3. (8 分) 求光照下达稳态时的空穴浓度 p 及其准费米能级 E_F^p

与本征费米能级 E_i 的能量差 $\phi_p = E_F^p - E_i$ 。

七、(26 分) 第 1 页图二是 p 型 Si 理想 MOS 结构 C-V 特性示意图。试回答以下问题:

1. (14 分) 请正确选择 A 和 B 两条曲线中的一条, 在答题纸上重新画出高频小信号下该 MOS 电容随偏压变化的示意图, 给出选曲线 A 或 B 的理由, 并在图中标出半导体表面处于积累、耗尽、反型和强反型状态的大致界限。2. (8 分) 实际 MOS 结构 C-V 特性会受到哪些非理想因素的影响? 这些影响表现在 C-V 曲线上是怎样的? (以 p 型硅为例) 3. (4 分) 写出实际非理想 MOS 结构平带电压 V_{FB} 的表达式, 说明各个符号的含义。(以 p 型硅为例, 可假定一个最简单的情况)

附:

物理常数: 玻耳兹曼常数 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, 电子电荷 $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$,
真空介电常数 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ 。

硅材料参数: 300 K 下本征载流子浓度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, 相对介电常数 $\epsilon_r = 11.9$