

东南大学考试卷（卷）

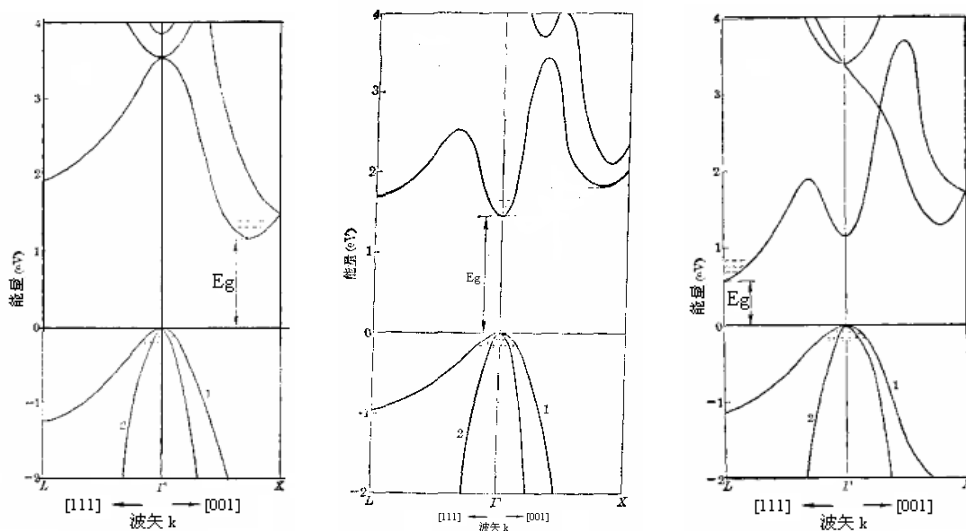
课程名称 半导体物理 考试学期 得分
适用专业 电子科学 考试形式 闭卷 考试时间长度 120 分钟

一、 填空（每空 1 分，共 27 分）

1. 纯净半导体 Si 中掺 III 族元素的杂质，当杂质电离时从 Si 中夺取 ，在 Si 晶体的共价键中产生了一个 ，这种杂质称 杂质；相应的半导体称 型半导体。
2. 当半导体中载流子浓度存在浓度梯度时，载流子将做 运动；半导体存在电势差时，载流子将做 运动，其运动速度正比于 ，比例系数称为 。
3. $np > n_i^2$ 意味着半导体处于 状态，其中 $n = \underline{\hspace{2cm}}$ ；
 $p = \underline{\hspace{2cm}}$ 。这时半导体中载流子存在净复合还是净产生？ 。
4. 半导体中浅能级杂质的主要作用是 ；深能级杂质所起的主要作用 。
5. 非平衡载流子通过 而消失， 叫做寿命 τ ，寿命 τ 与 在 中的位置密切相关，当寿命 τ 趋向最小。 。
6. 半导体中的载流子主要受到两种散射，它们分别是 和 。前者在 下起主要作用，后者在 下起主要作用。
7. 半导体中掺杂浓度很高时，杂质电离能 （增大、减小、不变？），禁带宽度 （增大、减小、不变？）。
8. p-n 结电容包括 电容和 电容，在反向偏压下， 电容起主要作用。

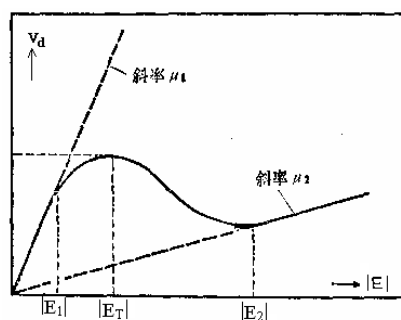
二、 简要回答（共 40 分）

1. 什么是直接复合？什么是间接复合？试述它们在半导体器件中的作用。
2. 何谓非简并化半导体？何谓简并化半导体？
3. 下图分别是半导体材料 Si、Ge、GaAs 的能带结构示意图。



- (1) 请指出图 a、图 b、图 c 分别对应何种材料，您判断的依据是什么？
- (2) 在三幅图中，价带对于同一个 K ， $E(K)$ 可以有两个值，表明对应两种有效质量不同的空穴，即重空穴和轻空穴。试指出曲线 1、2 分别对应哪种空穴，依据是什么？

4. 当 GaAs 样品两端加电压时，样品内部便产生电场 E 。电子的平均漂移速度 v_d 随电场的变化关系如下图所示，请解释之。



5. 若在掺有受主杂质 N_A 的 p 型衬底上采用扩散工艺又掺入一层浓度为 N_D 施主杂质，且 $N_D \gg N_A$ ，本征载流子浓度为 n_i 。(1) 写出接触电势差 V_D 的表达式；(2) 画出平衡时 p-n 结的能带图，请问 p 区和 n 区哪边的势垒宽度宽？(3) 说明外加正向偏置时，正向扩散电流的主要成分是电子电流还是空穴电流？(4) 若外加正向电压为 V_f 时，分别写出注入 p 区和 n 区的载流子浓度？

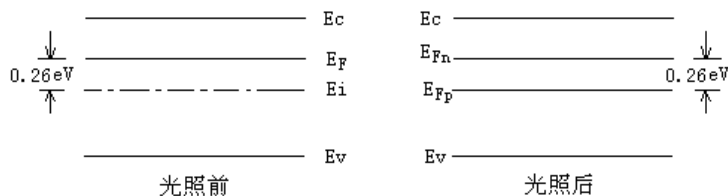
三、 计算 (共 33 分)

1. (8 分) 早期锗硅等半导体材料常利用测其电阻率的办法来估计纯度，若测得室温下电阻率为 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ ，试估计 N 型锗的纯度，并讨论其局限性。(300K 较纯锗样品的电子迁移

率 $\mu_n = 3900 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，锗原子密度 $d = 4.42 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ ，电量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}$ 。

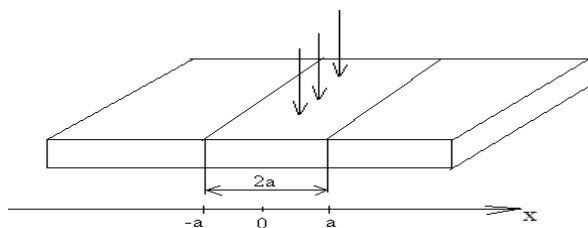
2. (9 分) 一个半导体棒，光照前处于热平衡态，光照后处于稳定态的条件，分别由下图给出的能带图来描述。设室温 (300K) 时的本征载流子浓度 $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ，试根据已知的数据确定：

- (1) 热平衡态的电子和空穴浓度 n_0 和 p_0 ；
- (2) 稳定态的空穴浓度 p ；
- (3) 当棒被光照射时，“小注入”条件成立吗？试说明理由。



3. (8 分) 如图所示，一个很长的掺杂均匀的 n 型半导体样品，其中心附近长度为 $2a$ 的范围内被一稳定光照射，假定光均匀的穿透样品，电子-空穴对的产生率为 G 。

(少子的连续性方程为 $\frac{\partial p}{\partial t} = D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \mu_p \left| \bar{E} \right| \frac{\partial p}{\partial x} - \mu_p P \frac{\partial \left| \bar{E} \right|}{\partial x} - \frac{\Delta p}{\tau} + G$)



(1) 写出整个样品在小注入条件下的少数载流子方程表达式

(2) 写出边界条件