
中国科学院大学

2013 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题

科目名称：半导体物理

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。

一、（共 50 分，每题 5 分）解释下列名词或概念

1. 空穴；
2. 佛伦克尔缺陷；
3. 受主杂质；
4. 简并半导体；
5. 汤姆孙效应；
6. 单电子近似法；
7. pn 结势垒电容；
8. 欧姆接触；
9. MIS 平带状态；
10. 热载流子。

二、（共 20 分，每题 10 分）简答题

1. 用图示意地绘出一定掺杂浓度硅样品的电导率随温度的变化关系，并解释变化趋势及原因。
2. 简述半导体的热平衡状态。

三、（20 分）对一种施主浓度为 N_D 的非简并半导体，在 300K 下禁带宽度为 E_g ，导带和价带的有效态密度分别为 N_c 和 N_v ，证明由掺杂状态到本征状态的转折温度为 $T_d = \frac{E_g}{k_0 \ln \left[\frac{N_c \cdot N_v}{N_D^2} \cdot \left(\frac{T_d}{300} \right)^3 \right]}$ （式中， k_0 为玻耳兹曼常数）。

$$T_d = \frac{E_g}{k_0 \ln \left[\frac{N_c \cdot N_v}{N_D^2} \cdot \left(\frac{T_d}{300} \right)^3 \right]}$$

四、（20 分）试推导 pn 结的自建电势差 $V_D = \frac{k_0 T}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$ （式中， k_0 为玻耳兹曼常数， T 为温度， q 为电子电量， N_A 和 N_D 分别为 p 型区和 n 型区掺杂浓度， n_i 为本征载流子浓度）。

五、(20分) 室温下用恒定光照射一均匀掺杂的 n 型半导体。假定光被该样品均匀地吸收, 并产生过剩载流子, 产生率为 $g_p = 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$, 空穴寿命为 $\tau_p = 10 \mu\text{s}$ 。

- (1) 写出光照下非平衡载流子浓度所满足的连续性方程;
- (2) 求出光照下非平衡载流子达到稳定状态时的浓度。

六、(20分) 设 n 型硅掺杂浓度 $N_D = 10^{16} / \text{cm}^3$, 一金属板与 n 型硅相距 $0.4 \mu\text{m}$, 构成平行板电容器, 其间的干燥空气的相对介电常数 $\epsilon_{ra} = 1$ 。当金属端加负电压时, 半导体处于耗尽状态。

- (1) 求半导体耗尽层内的电势分布 $V(x)$, 并给出半导体表面势 V_S 的表达式;
- (2) 求当半导体表面势 $V_S = 0.4\text{V}$ 时, 半导体中的耗尽层宽度 X_d (单位 μm);

当表面势 V_S 为多大时, 耗尽层宽度达到最大值 X_{dm} , 并计算给出 X_{dm} (单位 μm);

- (3) 如忽略金属与半导体的功函数差, 求金属板上的电压 V_G 为多大时, 半导体耗尽层宽度刚好达到最大值?

(电子电量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, 本征载流子浓度 $n_i = 1.5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$, 真空介电常数 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$, 玻耳兹曼常数 $k_0 = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$, 硅的相对介电常数为 11.9。)