

# 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  $\mu\text{m}$ );

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  $\mu\text{m}$ );

- (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。)