

# 航天科研机构 2016 年硕士研究生入学考试

## 半导体物理与集成电路试题

(本试题的答案必须全部写在答题纸上, 写在试题及草稿纸上无效)

(本试题共 2 页, 共十题, 总分 150 分)

一、说明下列概念或名词的物理意义。(15 分)

- (1) 费米能级和准费米能级
- (2) 直接跃迁和间接跃迁
- (3) 衬偏调制效应

二、近年来, 宽禁带半导体材料与器件因其优良的特性而越来越受到重视, 请简述宽禁带半导体材料的特点和主要应用。(10 分)

三、画出示意图, 并分析一定掺杂浓度的硅材料的电阻率随温度的变化情况。(10 分)

四、试分析 CMOS 电路产生 Latch-up 效应的原因, 通常使用哪些方法来防止或抑制 Latch-up 效应? (10 分)

五、比较沟道电阻与扩散电阻的工作原理和特性。(10 分)

六、若  $N_A$  与  $N_D$  分别为 P 型区和 N 型区的掺杂浓度, 试推导出 PN 结的接触电势差:  $V_D = k_0T/q * \ln(N_A N_D / n_i^2)$ , 并简要解释  $V_D$  与禁带宽度的

关系。(注:  $K_0$  为波尔兹曼常数,  $n_i$  为本征载流子浓度) (15 分)

七、试画出集成运算放大器的组成结构框图, 并指出框图各个部分的设计时应有哪些考虑? (15 分)

八、某金属与 n 型半导体构成金属半导体接触, 金属与半导体的功函数分别为  $W_m$  和  $W_s$ , 且满足  $W_m > W_s$ , 半导体的电子亲和能为  $\chi$ , 试画出平衡状态下以及外加电压  $V$  时的能带图(忽略间隙)。并利用扩散理论和耗尽层近似, 推导出肖特基势垒  $X_0$  的表达式。(20 分)

九、简述 CMOS 反相器的工作原理及特点, 试画出 CMOS 反相器的直流传输特性曲线, 开展工作区的特性分析。(20 分)

十、掺有  $1.4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  磷原子、 $9.0 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$  硼原子的硅样品, 室温下分别计算:

- (1) 热平衡态下的多子、少子浓度, 费米能级位置(以  $E_i$  为参考点);
- (2) 样品的电导率;
- (3) 在光照条件下产生  $\Delta n = \Delta p = 3 \times 10^{15}$  的非平衡载流子, 求光注入下的准费米能级  $E_f^n$  和  $E_f^p$  (以  $E_i$  为参考点)。

(注: 已知硅电子迁移率  $\mu_n = 1300 \text{cm}^2/\text{Vs}$ , 空穴迁移率  $\mu_p = 500 \text{cm}^2/\text{Vs}$ , 波尔兹曼常数  $K_0 = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ , 室温下  $K_0 T = 0.026 \text{eV}$ , 硅的  $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ , 硅的介电常数为  $\epsilon_r = 11.9$ , 真空介电常数为  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ,  $\ln 2 = 0.7$ ,  $\ln 3 = 1.1$ ,  $\ln 5 = 1.6$ 。) (本题共 25 分)