

203  
5.14

# 北京工业大学 2003 年硕士研究生入学考试试题

物理电子学

科目代码: 423 科目名称: 半导体物理 适用专业: 微电子与固体电子学

**所有答案必须做在答题纸上, 写在试题上无效!**

## 一 (22 分)、简答题

- 1、(4 分) 什么是间接带隙和直接带隙半导体材料? 这种不同的能带结构对载流子复合有何影响?
- 2、(2 分) 在同样的温度和掺杂浓度下, 为什么电子的迁移率高于空穴?
- 3、(2 分) 浅能级杂质的浓度对半导体材料的过剩载流子寿命有何影响?
- 4、(2 分) 温度对半导体材料的过剩载流子寿命有何影响?
- 5、(4 分) 什么是载流子的漂移运动? 什么是载流子的扩散运动?
- 6、(4 分) 在金属-半导体接触中, 什么是多子阻挡层和多子反阻挡层?
- 7、(2 分) N 型半导体中掺入受主杂质, 其费米能级  $E_F$  如何变化?
- 8、(2 分) 在半导体器件生产中, 往往用掺金、铂来达到降低载流子寿命的目的。这样做的原理是什么?

## 二 (57 分)、计算题

- 9、(15 分) 有一块  $1\Omega\cdot\text{cm}$  的 N 型硅样品, 300K 时
  - (1) 计算载流子浓度、费米能级位置  $E_F - E_i$ ;
  - (2) 若过剩载流子寿命是  $30\mu\text{s}$ , 今用均匀光照射该样品, 光被半导体均匀吸收, 由此而引起的电子-空穴对的产生率为  $1\times 10^{21}\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ 。试计算光照下样品中的载流子浓度、准费米能级位置  $E_F^n - E_i$ 、 $E_F^p - E_i$  和电阻率 ( $\mu_n = 1000\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ,  $\mu_p = 400\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ )。
- 10、(10 分) 已知一个硅突变结, 其两边的电阻率分别为: N 型侧  $10\Omega\cdot\text{cm}$ 、P 型侧  $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ , 试求其在 300K 下热平衡时的势垒的高度和宽度。

11、 (12分) 设一块半无限大、均匀的N型半导体材料, 在其端面  $x=0$  处有稳定的过剩载流子注入, 使得  $x=0$  处的过剩载流子浓度维持在一个稳定值  $\Delta n(0) = \Delta p(0)$ 。求在稳定情况下, 此半导体材料中的过剩载流子分布。

12、 (20分) 一掺杂浓度为  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  的P型硅, 在室温 300K 下, 试求

(1) 费米能级的位置  $E_v - E_f$  和半导体的功函数  $\phi_s$ ;

(2) 若不考虑表面态的影响, 该P型硅与铝接触是否形成阻挡层?  
(铝的功函数  $\phi_m = 4.20 \text{ eV}$ );

(3) 若能形成阻挡层, 求金属侧的势垒高度  $q\phi_{ms}$  和半导体侧的势垒高度  $qV_{bo}$ 。

### 三 (30分)、证明题

13、 (10分) 证明本征半导体的费米能级

$$E_i = \frac{1}{2}(E_c + E_v) + \frac{1}{2}K_B T \ln \frac{N_v}{N_c};$$

14、 (10分) 证明热平衡下PN结自建电势  $V_D = \frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_D N_A}{n_i^2}$ ;

15、 (10分) 证明热平衡、非简并半导体中爱因斯坦关系成立

$$D = \frac{K_B T}{q} \mu。$$

### 四 (41分)、论述题

16、 (15分) 由布洛赫定理知道: 理想晶体中电子的状态是由布洛赫波函数描述。从布洛赫波函数特点可以看出, 处于某一确定  $\vec{k}$  状态的电子, 其波函数是一调幅平面波。那么如何理解电子的准经典图像中的电子的位置和速度的意义? 处于能带带顶的电子其速度是多少? 有效质量为正值还是负值? 处于能带带底的电子其速度是多少? 有效质量为正值还是负值?

科目代码: 423

科目名称: 半导体物理

物理电子学  
适用专业: 微电子与固体电子学

- 17、 (10分) PN 结的雪崩击穿和隧道击穿的机理各是什么? 由这两种机理决定的击穿电压的温度系数如何? 为什么?
- 18、 (10分) 现有两种材料, 材料一为 P 型, 材料二为 N 型, 其能带结构有如下关系:  $E_{g1} < E_{g2}$ ,  $\chi_1 < \chi_2$ ,  $W_1 < W_2$ 。试定性画出 (1)  $\chi_2 > \chi_1 + E_{g1}$  和 (2)  $\chi_2 < \chi_1 + E_{g1}$  两种情况下的异质结的能带图。
- 19、 (6分) 对于由直接复合过程所决定的半导体, 判断在下述条件下, 是否有载流子的净复合或净产生, 并解释原因: (1) 载流子完全耗尽 (即  $n$ 、 $p$  都远小于  $n_i$ ); (2)  $n = p \gg n_i$ ; (3) 多子为平衡值, 少子被耗尽 (即  $n$ 、 $p$  中的少子远小于  $n_i$ )。

## 附一、物理常数

名称	符号	数值
电子电荷	$q$	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
玻尔兹曼常数	$K_B$	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
真空介电常数	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
电子伏特	$eV$	$1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

## 附二、Si 材料的性质 (300K)

名称	符号	数值
禁带宽度	$E_g$	$1.12 \text{ eV}$
电子亲和能	$\chi$	$4.05 \text{ eV}$
本征载流子浓度	$n_i$	$1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
价带顶等效态密度	$N_v$	$1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
相对介电常数	$\epsilon_s$	12

科目代码: 423

科目名称: 半导体物理

适用专业: 物理电子学  
微电子学与固体电子学

附图、300K 时 Si 材料中的载流子迁移率和掺杂浓度的关系

