

## 浙 江 大 学

二〇〇五年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 半导体物理 编号 450

注意:答案必须写在答题纸上,写在试卷或草稿纸上均无效。

共六题, 总分 150 分。

1. (50 分) 回答下列问题或计算下列问题 (每小题 10 分)

a) 一块均匀掺杂的 N 型半导体材料, 掺杂浓度为  $N_D$ , 施主杂质能级在导带底下  $0.049\text{eV}$  处, 在温度为  $150\text{K}$  时该材料中电离的施主杂质浓度为掺杂浓度的七分之一, 求该温度下该材料的费米能级位置

b) 在室温下掺杂的锗、硅等半导体材料中, 主要的散射机构是哪几种, 说明其散射机理。

c) 砷化镓材料中体内负微分电导出现的物理机理 请叙述。

d) 在一个金属-二氧化硅-硅组成的实际 MOS 结构中, 影响该结构平带电压的主要参量有哪些, 它们对平带电学的影响如何? 可以列举公式来说明。

e) 在室温下一块 N 型硅材料其掺杂浓度  $N_{\text{DSi}} = 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ , 它与另一块 N 型锗材料的电阻率相等, 该块锗材料中的掺杂浓度为多少?

2. (20 分) 一块均匀掺杂的 n 型半导体锗材料, 在室温下其电阻率为  $3 \text{ 欧姆} \cdot \text{米}$ ,

要的  
为低  
1/3、  
3(b),  
为进

3

1/2

1

3

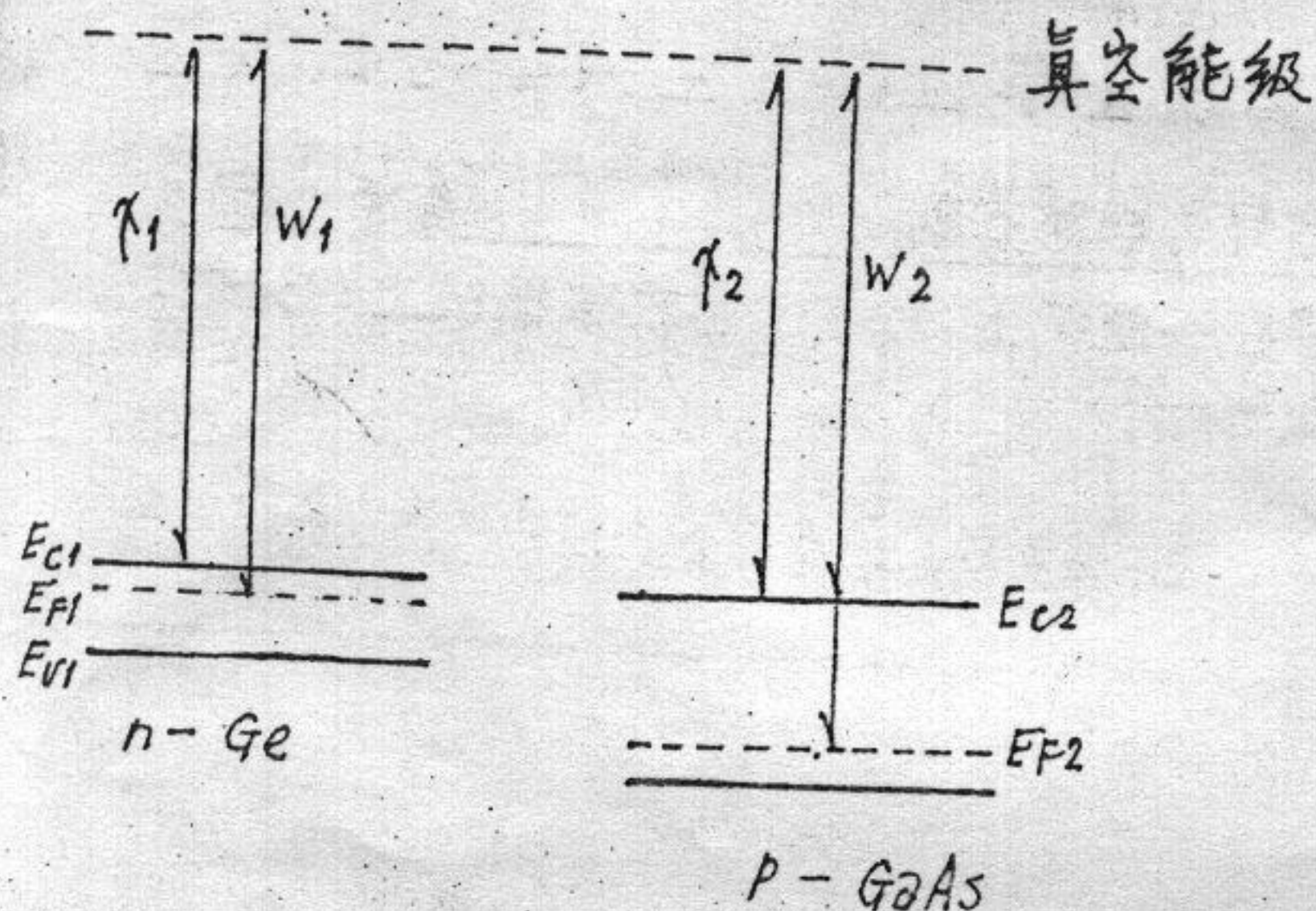
3



- a) 如何进行再次均匀掺杂使其电阻率改变为 n 型 1 欧姆·厘米?
- b) 如何进行再次均匀掺杂使其电阻率从 n 型 3 欧姆·厘米改变为 p 型 1 欧姆·厘米?
3. (20 分), 在室温下一块均匀掺杂的 n 型硅材料, 其掺杂浓度小于  $10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。当有一定光强均匀光照时, 该材料体内均匀产生了非平衡载流子  $\Delta n_1 = \Delta p_1 = 2 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ , 当增强光强后, 该材料体内均匀产生了非平衡载流子  $\Delta n_2 = \Delta p_2 = 5 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ , 后一种光强光照时该材料的电导率是前一种光强光照时材料电导率的 2 倍。求该块 n 型硅材料的掺杂浓度。
4. (20 分) 在室温下, 金属铝的脱出功为 4.30 电子伏特。金属铂的脱出功为 5.4 电子伏特, 半导体硅的亲能为 4.05 电子伏特。当金属铝和掺杂浓度为  $1 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$  的 n 型硅材料接触时 (不计及硅的表面态)
- a) 该种金属与半导体材料的接触电势差和硅表面能带弯曲量各为多少? 并作图表示。
- b) 若将金属铂与该种半导体材料接触时 (不计及硅的表面态), 其接触电势差和硅表面能带弯曲量又各为多少? 同样作图表示。
5. (20 分) 一个硅  $n^+ - p$  突变结二极管中,  $n^+$  区的掺杂浓度为  $N_{D1} = 5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ , p 区的掺杂浓度为  $N_{A1} = 1 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ , 另一个锗  $n^+ - p$  突变结二极管, 其相对应的区域掺杂浓度与该硅二极管相同。该两个二极管截面积相等, 并且所有的少数载流子的寿命均假设相等。
- a) 求这两种二极管的自建电势的比值  $V_{DSi}/V_{DGe}$ 。
- b) 求这两种二极管在同样外界正偏压下正向电流密度的比值  $J_{Si}/J_{Ge}$ 。
6. (20 分) 下能带图为 n 型 Ge 和 p 型 GaAs 各自的能带结构, 以真空能级为基准  $E_{g1} = 0.67\text{eV}$ ,  $E_{g2} = 1.42\text{eV}$ ; 功函数  $W_1 = 4.31\text{eV}$ ,  $W_2 = 5.32\text{eV}$ ; 电子亲和能  $\chi_1 = 4.13\text{eV}$ ,  $\chi_2 = 4.07\text{eV}$ ; 画出这两种半导体材料接触后形成 n-p 结后的能带图



电势分布图，并在图上表示出， $\Delta E_c$ 、 $\Delta E_v$ 、 $E_F$ 、 $W_1$ 、 $W_2$ 、 $\chi_1$ 、 $\chi_2$ ，以及自建电势  $V_{bi}$  的位置。并求出  $\Delta E_c$ 、 $\Delta E_v$  数值。 $n$ - $p$  结的能带图请画在答题纸上。



所需要的物理常量与材料物理常数。

电子电量  $q$ :  $1.60 \times 10^{-19}$  库仑 (C)

电子静止质量  $m_0$ :  $9.10 \times 10^{-31}$  千克 (Kg)

普朗克常量  $h$ :  $6.63 \times 10^{-34}$  焦耳·秒 (J·s)

玻耳兹曼常数  $K_0$ :  $1.38 \times 10^{-23}$  焦耳/度 (J/K)

真空介电常数  $\epsilon_0$ :  $8.85 \times 10^{-12}$  法拉/米 (F/m)

$kT(300^\circ \text{K}) = 0.026 \text{eV}$ ,  $kT(500^\circ \text{K}) = 0.043 \text{eV}$ ,  $kT(77^\circ \text{K}) = 0.0067 \text{eV}$

相对介电常数  $\epsilon_r$ :

硅: 11.9, 锗: 16.0, 砷化镓: 13.2, 二氧化硅: 3.9

少数载流子迁移率: (低场与  $10^{18} \text{cm}^{-3}$  掺杂浓度以下)

$\mu_n$ :  $1350 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ,  $\mu_p$ :  $500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ; 硅

$\mu_n$ :  $3900 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ,  $\mu_p$ :  $1900 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ; 锗

$\mu_n$ :  $8000 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ,  $\mu_p$ :  $100-3000 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ; 砷化镓

本征载流子浓度

$n_i$ :  $300^\circ \text{K}$ ,  $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  硅;  $2.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  锗

$n_i$ :  $500^\circ \text{K}$ ,  $3.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  硅;  $2.1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  锗