

浙 江 大 学

二〇〇三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 455

注意:答案必须写在答题纸上,写在试卷或草稿纸上均无效。

本试卷试题共计总分 150 分

(一) 回答或计算下列问题,共 10 小题,每小题 6 分,共 60 分。

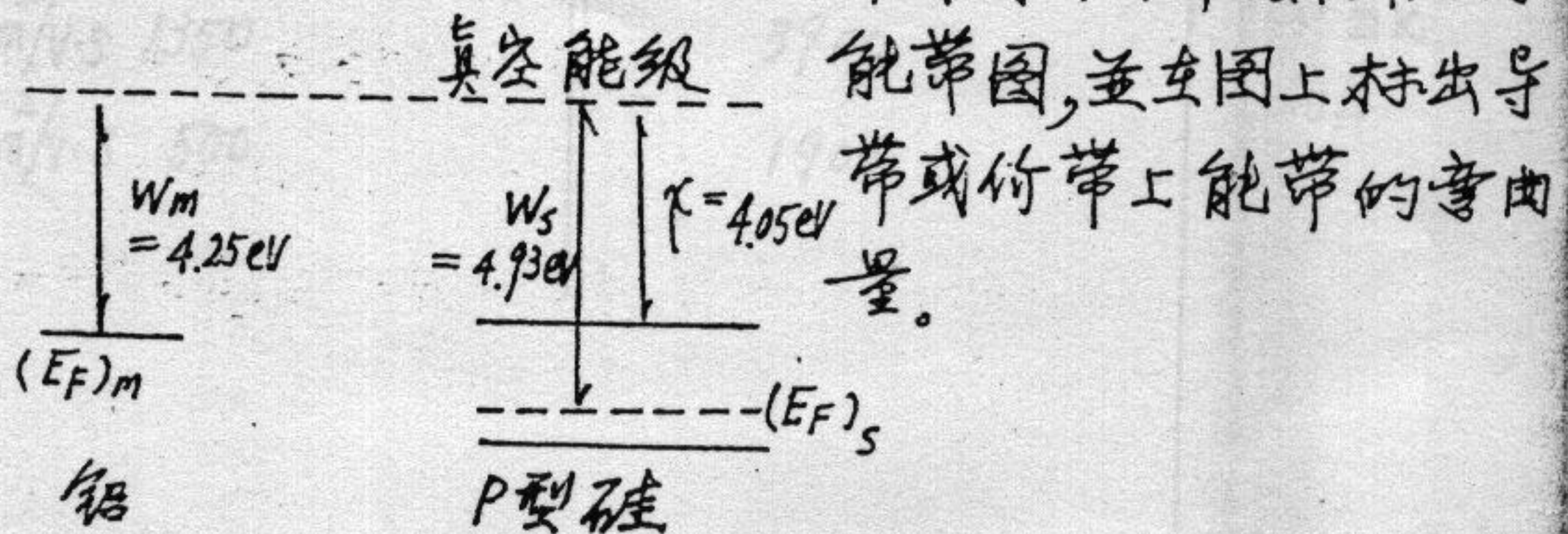
1. 何谓深能级杂质,列举两种在半导体硅材料中产生深能级的杂质化学元素名称。
2. 能够在高温下(例如 300°C)工作的半导体材料,其能带结构上有什么特点,并说明其物理机理。
3. 一块掺有一定量杂质磷的硅材料,在 77°K 时,其费米能级在导带底以下 0.055 eV 处,磷的施主能级在导带底以下 0.044 eV 处,试问该情况下掺入的磷杂质中有多少百分比的磷原子已经电离。
4. 在室温下一块掺磷的 n 型硅材料与一块掺硼的 p 型硅材料,两者的电阻率相等(数量级在几个欧姆·厘米范围中),试问其掺杂浓度的比值 N_0/N_A 为多少。
5. 半导体材料中载流子在这过程中受到散射,其中主要的散射机构有几种,并对其作简单解释。
6. 在强电场下 ($|E| > 5 \times 10^3\text{ V/cm}$) 硅材料中载流子的迁移率不再是常数,将出现什么样的规律性? 并解释其原因。
7. 半导体材料中载流子的复合过程主要有哪几种?

在掺有一定数量 (例如 10^{15} cm^{-3}) 金的硅材料中载流子的主要复合过程为哪一种, 说明其机理。

8. 在金属/二氧化硅/硅的 MOS 结构中, 二氧化硅层中一般具有固定的表面电荷 (其电荷面密度为 Q_{fc}) 和可动电荷 (主要是可动钠离子, 其电荷面密度为 Q_{Na}) 说明它们对该 MOS 电容的平带电压的影响。

9. 在室温下一个理想的 MOS 结构中, 其 P 型硅材料的掺杂浓度为 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, 它达到强反型的条件是多少? 当温度上升到 500°K 时, 它的强反型条件又变为多少?

10. 画出以下金属铝与 P 型半导体材料接触后的能带图, 并在图上标出导带或价带上能带的弯曲量。



(二) 20分: 在室温下一块 N 型硅材料, 其电阻率为 5 欧姆·厘米, 当环境温度上升到 500°K 时, 其电阻率变为多少?

(三) 20分: 在室温下一块 N 型硅材料, 其掺杂浓度 $N_D = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 当光注入产生非平衡载流子浓度 $\Delta n = \Delta p = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 时, 求有光照引入非平衡

载流子时的电导率与无光照时该材料的电导率的比值？并求出有光照非平衡载流子时电子和空穴的准费米能级？

(四) 15分：在半导体器件制造工艺中是如何来实现金属铝与P型半导体硅区域间的欧姆接触？其物理机理如何？

(五) 15分：在室温下一个硅材料的理想二极管和一个锗材料的理想二极管的反向电流密度相等，试求当温度升高到500K时，该两个二极管的反向电流密度 J_{Si}/J_{Ge} 之比为多少？（设在温度变化中，各个二极管中有关的掺杂浓度，扩散系数，扩散长度均保持不变）

(六) 20分：在一个铝—二氧化硅—P型硅组成的MOS结构中，二氧化硅层中存在有固定表面电荷其面密度为 $Q_{fc} = 1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ ，并已知由固定电荷引起C-V特性曲线对理论曲线的偏移 $\Delta V_{FB}|_{fc} = 1.20 \text{ V}$ ，二氧化硅层中还存在着一定的可动电荷，在温度—偏压C-V特性实验中测得C-V特性曲线的偏移量 $\Delta V_{FB}|_{Na} = 1.65 \text{ V}$ 。求该二氧化硅层中可动电荷面密度。

物理常数及硅和锗的常用参数

电子电量: $q = 1.602 \times 10^{-19}$ 库仑 (C)

波尔兹曼常数 $k_0 = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K (焦耳/度)

室温 (300°K) 的 kT 值: 0.026 eV

500°K 时的 kT 值: 0.043 eV, 77°K 时的 kT 值: 0.0067 eV

Si 硅	锗 Ge
300°K 本征载流子浓度: $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$	$2.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$
500°K 本征载流子浓度: $3.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$	$2.1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
电子迁移率 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 1350	3900
空穴迁移率 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 500	1900