

北京工业大学 2022 年全国硕士研究生招生考试试题

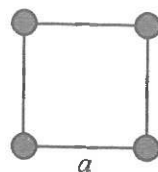
科目代码: 823

科目名称: 半导体物理

★所有答案必须做在答题纸上, 做在试题纸上无效

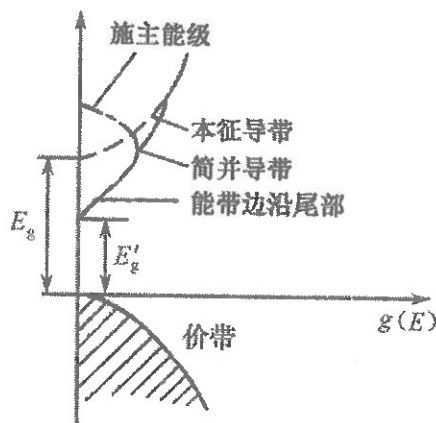
一、简答题 (共 49 分, 每题 7 分)

1. 右方题图中给出了简立方结构晶胞在 $[100]$ 面上的投影图。参照这个例子, 画出面心立方和金刚石结构晶胞在 $[100]$ 面上的投影。
2. 分别按禁带宽度 E_g 和本征载流子浓度 n_i 的大小给 Si、Ge、GaAs 三种半导体排序。
3. 示意性地画出 As、Al 和 Au 杂质能级在 Si 禁带中的位置。
4. 右方题图中显示的是什么效应? 请给出简要解释。
5. 简要解释下方题图所示的载流子迁移率变化规律。
6. 画出右下方题图所示的结构在热平衡下的能带图, 包含导带底 E_C 、价带顶 E_V 和费米能级 E_F 。当电极

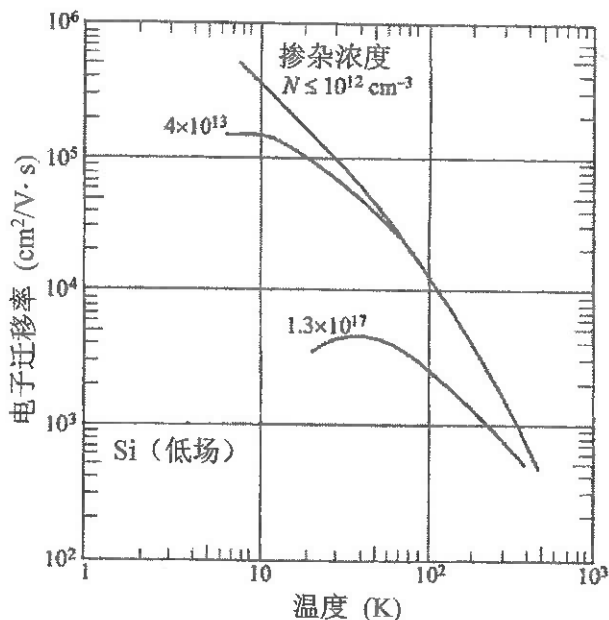


简立方晶胞在 $[100]$ 面上的投影 (a 为晶格常数)

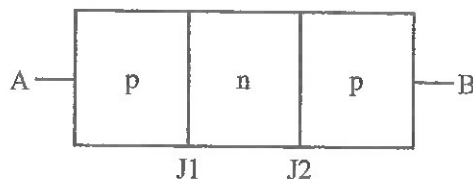
第 1 题图



第 4 题图



第 5 题图



第 6 题图

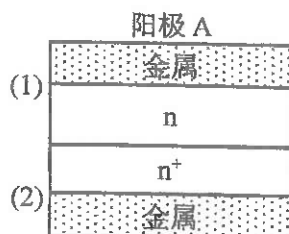
北京工业大学 2022 年全国硕士研究生招生考试试题

科目代码: 823

科目名称: 半导体物理

A 的电位高于电极 B 时, 图中两个 pn 结 J1 和 J2 的耗尽区宽度将如何变化? 能带图又将如何变化? 请画图作答。

7. 右方题图中给出了一个肖特基二极管结构。在 (1)、(2) 两个位置处, 哪个是肖特基接触, 哪个是欧姆接触? 为什么?



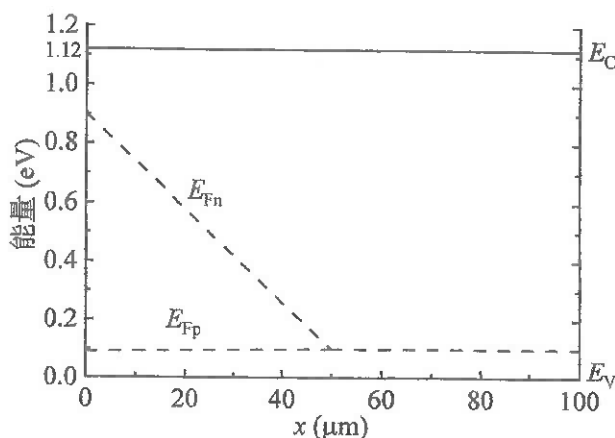
第 7 题图

二、综合分析和计算题(共 101 分)

8. (12 分) 在温度为 300 K 的热平衡条件下:

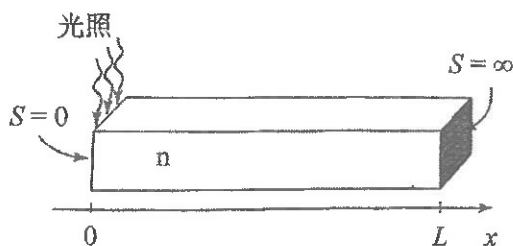
- (1) 计算 p 型掺杂浓度 $N_A = 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 的 Si 样品中多子、少子浓度和电导率 σ ; (计算所需参数查试题附件 1, 下同)
- (2) 随着掺杂浓度持续降低, 样品将趋向于本征半导体, 电导率将持续下降, 试推导和计算在降低掺杂浓度过程中可获得电导率最小值。

9. (18 分) 一个 $100 \mu\text{m}$ 长的 Si 样品, 在 300 K 和稳态下的能带图如题图所示。(1) 该样品是 p 型还是 n 型? 是均匀还是非均匀掺杂? 是处于热平衡还是非平衡态? 是小注入还是大注入? (2) 计算样品的掺杂浓度, 以及热平衡下价带顶不被电子占据的几率 (采用玻尔兹曼近似, 计算所需参数查附件 1); (3) 以 x 轴方向为正方向, 推算电子在 $x = 0$ 处的扩散电流密度 j_{dn} (必要时查附件 2)。



第 9 题图

10. (15 分) 如题图所示, 一根均匀掺杂的 n 型半导体棒, 长度为 L , 体内过剩流子寿命为 τ_p , 少子扩散系数为 D_p , $x = 0$ 处的表面复合速度 $S = 0$, $x = L$ 处 $S = \infty$ 。样品在 $x = 0$ 处被入射光透射, 在极窄范围内均匀产生过剩载流子, 稳态下过剩空穴浓度为 $\Delta p(0)$ 。



第 10 题图

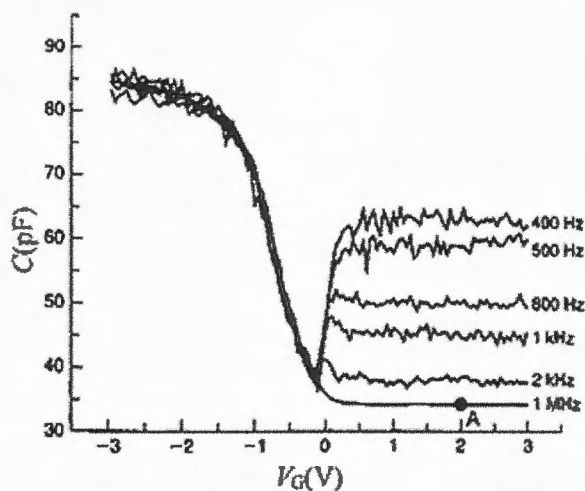
- (1) 如果稳态下沿 x 轴方向少子空穴扩散电流近似为恒量, 求过剩空穴浓度分布 $\Delta p(x)$, 以及长度 L 所需满足的条件;
- (2) 光照停止后, 过剩载流子将很快因复合而消失, 请简述半导体体内可能发生的两种复合过程。

北京工业大学 2022 年全国硕士研究生招生考试试题

科目代码: 823

科目名称: 半导体物理

11. (20 分) 300 K 下一个两侧均匀掺杂的突变 pn 结, p 侧掺杂浓度 $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 接触电势差 $V_D = 0.75 \text{ V}$: (1) 计算 n 侧掺杂浓度 N_D ; (2) 计算反偏 100 V 下单位面积势垒电容 C_T ; (3) 该 pn 结的击穿电压随温度提高如何变化? 要提高击穿电压, n 侧掺杂浓度应如何变化? 为什么?



第 12 题图

12. (24 分) 一个由金属/ SiO_2 / Si 构成的 MOS 电容 $C-V$ 特性的实测结果如题图所示, 电容面积为 0.12 mm^2 : (1) 图中点 A 处衬底表面处于什么状态? 画出此时的电荷分布图和能带图; (2) 估算氧化层厚度 d_0 和最大耗尽区厚度 x_{dm} ; (3) 根据试题附件 3、4 所附图表估算衬底的掺杂浓度 N 、平带电容 C_{FB} 和平带电压 V_{FB} ; (4) 计算该 MOS 结构的阈值电压 V_T 。
13. (12 分) 利用霍尔效应或热探针实验可以检测半导体样品的导电类型。请分别简述这两种方法的原理并给出必要的图示。

北京工业大学 2022 年全国硕士研究生招生考试试题

科目代码: 823

科目名称: 半导体物理

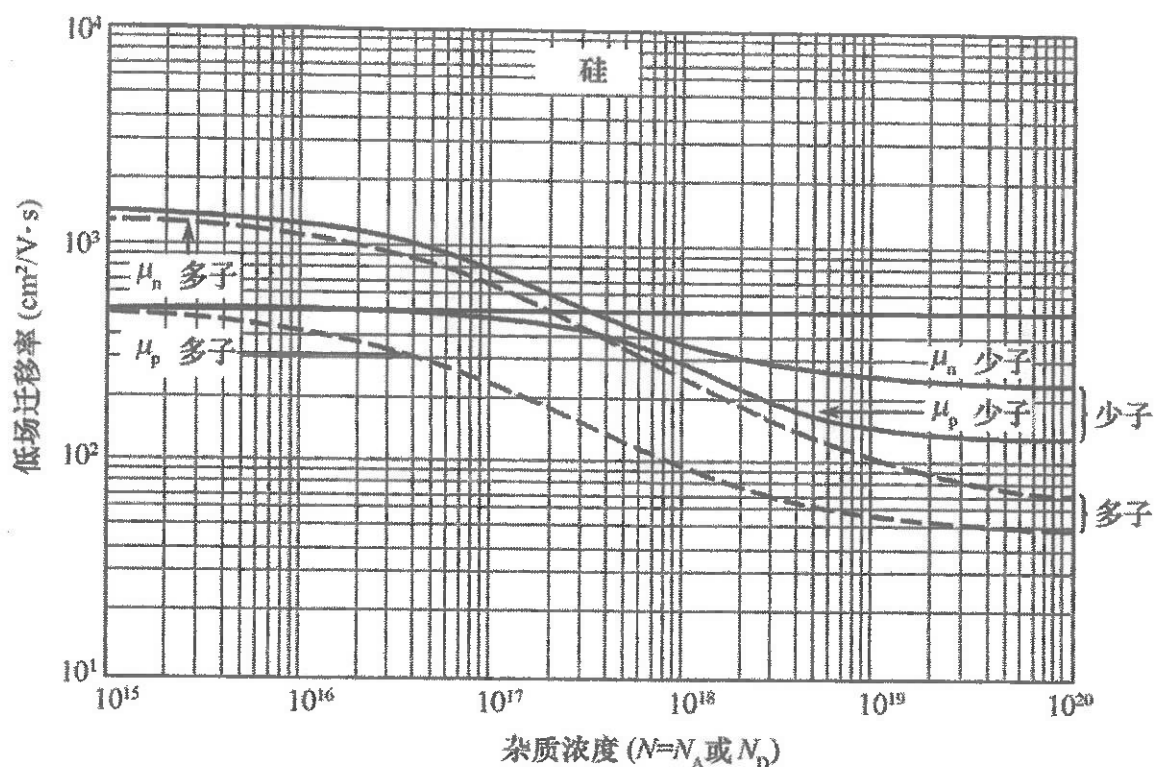
附件 1 一些常用的参数 (300 K 下)

电子电荷	q	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
波尔兹曼常数	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
电子伏特	eV	$1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
二氧化硅相对介电常数 ϵ_{ox}		3.9
真空介电常数	ϵ_0	$8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$

Si 材料的性质

本征载流子浓度	n_i	$1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
导带底等效状态密度	N_C	$2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
价带顶等效状态密度	N_V	$1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
相对介电常数	ϵ_{Si}	11.9
电子迁移率	μ_n	$1400 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$
空穴迁移率	μ_p	$500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

附件 2 硅中多子和少子低场迁移率随掺杂浓度的变化

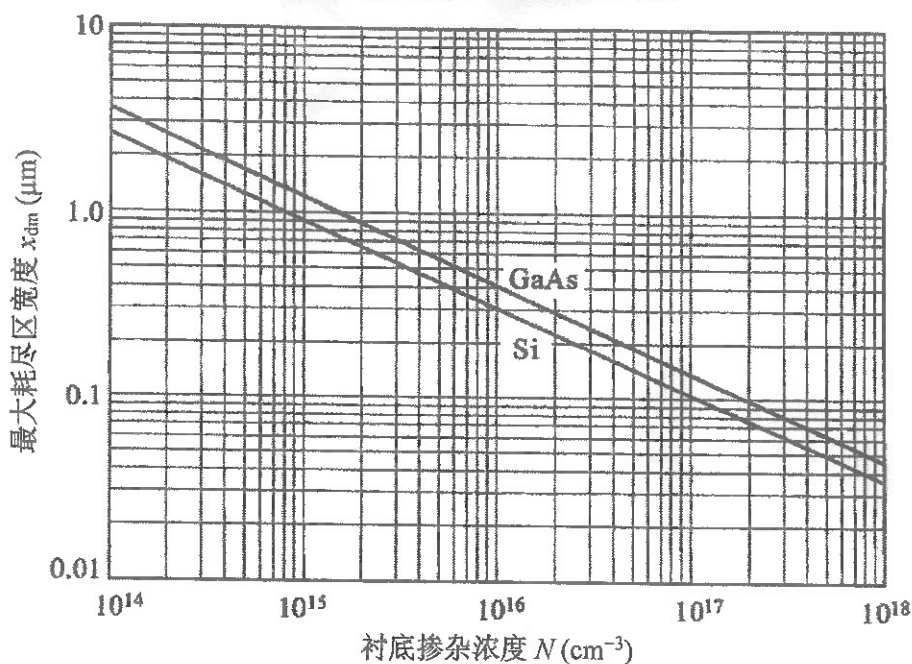


北京工业大学 2022 年全国硕士研究生招生考试试题

科目代码: 823

科目名称: 半导体物理

附件 3 MOS 结构衬底掺杂浓度与最大耗尽区宽度的关系



附件 4 硅 MOS 结构归一化平带电容与氧化层厚度关系

