

广东工业大学

2021 年硕士学位研究生招生考试试题

考试科目（代码）名称：(841) 半导体物理

满分 150 分

(考生注意：请在答题纸答题区域作答，否则答题无效。答卷封面需填写自己的准考证编号，答完后连同本试题一并交回！)

基本参数：电子电量 $q=1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ 波耳兹曼常数 $k_0=1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$
室温下 $k_0T=0.026 \text{eV}$

一. 基本概念题(每题 5 分, 共 25 分)

1. 非简并半导体，直接带隙半导体、本征半导体
2. 施主杂质，施主杂质的能级和施主杂质电离能
3. 半导体的禁带和允带
4. 非平衡少数的小注入和大注入
5. 平衡态的载流子，非平衡态的载流子，过剩载流子

二. 选择和填空题(选择题每小题 3 分, 填空题每空 2 分, 共 25 分)

1. 半导体中不同的杂质有不同作用，有些浅能级的杂质，作为施主或受主中心，影响半导体中载流子的_____；电离后的施主和受主杂质，也可以作为载流子的散射中心，影响载流子的_____；有些深能级的也可以作为复合-产生中心，影响非平衡载流子的_____。
2. 硅的能带图如图 1 所示，导带的最小能量出现在[100]方向上，最小值附近一维方向上的能量可以近似为： $E = E_0 - E_1 \cos \alpha (k - k_0)$ 其中 k_0 是最小能量对应的 k ，则 $k=k_0$ 时电子的有效质量为_____；电子的准动量为_____。

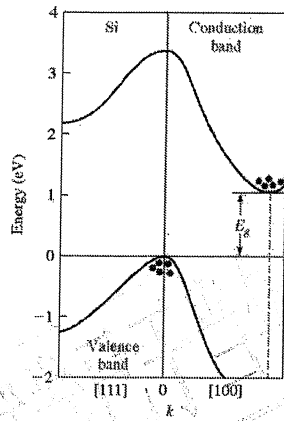


图 1

3. 在保持 300K 温度时, 使用如图 2 所示的能带图回答下列问题: (数值计算取 $n_i=10^{10}/\text{cm}^3$, $k_0T=0.026\text{eV}$, 禁带宽度 $E_g=1.12\text{eV}$) [根据图 2 回答下面 (1) - (4) 问]

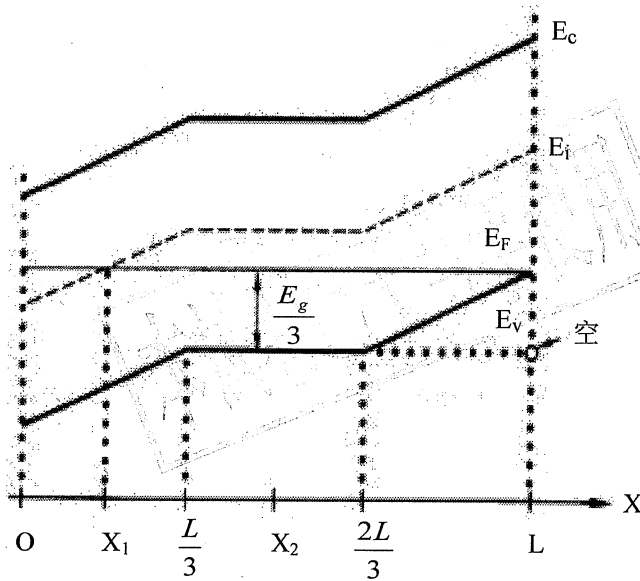


图 2

(1) 半导体处于平衡态吗?

(A) 平衡; (B) 不平衡; (C) 不能确定

(2) 半导体在何处是简并的?

(A) 在靠近 $X=0$ 处; (B) 在 $\frac{L}{3} \leq X \leq \frac{2L}{3}$; (C) 在靠近 $X=L$ 处; (D) 任何地方都不是。

(3) 在 $X=X_2$ 处, 空穴浓度 $p=?$

(A) $7.63 \times 10^6/\text{cm}^3$; (B) $1.35 \times 10^{13}/\text{cm}^3$; (C) $10^{10}/\text{cm}^3$; (D) $1.72 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

(4) 流过 $X=X_1$ 处, 空穴的漂移电流密度 J_p 为

- (A) 0; (B) $\frac{\mu_p n_i E_g}{L}$; (C) $-\frac{\mu_p n_i E_g}{L}$ (D) $q\mu_p N_D \frac{k_0 T}{q} L$

4. 在室温下, 低掺杂硅的载流子的散射机制主要是().

- (A) 载流子-载流子散射; (B) 晶格散射; (C) 电离杂质散射; (D) 压电散射

三. 计算题(每题 20 分, 共 60 分)

1. 有一块半导体硅, $T=300\text{K}$ 时, 实验测定值为 $p_0 = 4 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$.

$T=300\text{K}$ 时, $n_i=1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$

(1) 该半导体硅是 n 型半导体还是 p 型半导体? (3 分)

(2) 求出其多数载流子浓度和少数载流子浓度各是多少? $E_F - E_i = ?$ (6 分)

(3) 判断半导体硅中存在哪些类型的杂质, 浓度各是多少? (3 分)

(4) 如果温度升高到 $T=500\text{K}$, 此时 $n_i = 8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, 求此时半导体硅中电子、空穴的浓度各是多少? $E_F - E_i = ?$ (8 分)

2. 如下图 3 所示, 无限长半导体棒 $x > 0$ 的部分受到光照。在棒 $x > 0$ 的区域内, 单位时间单位体积内均匀地产生 $G = 10^{15} / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$ 的电子空穴对。在 $x < 0$ 的区域内 $G = 0$, 稳态条件成立, 半导体为硅材料, 硅棒内均匀掺杂 $N_D = 10^{16} / \text{cm}^3$, $\tau_p = 10^{-6} \text{ s}$, 温度 $T = 300\text{K}$.

(1) 在 $x = -\infty$ 时, 空穴的浓度是多少? 为什么? (2 分)

(2) 在 $x = +\infty$ 时, 空穴的浓度是多少? 为什么? (3 分)

(3) 小注入条件成立吗? 说明其原因(3 分)

(4) 对所有的 $x (-\infty < x < \infty)$, 求非平衡空穴的浓度分布函数 $\Delta p(x)$ (12 分)

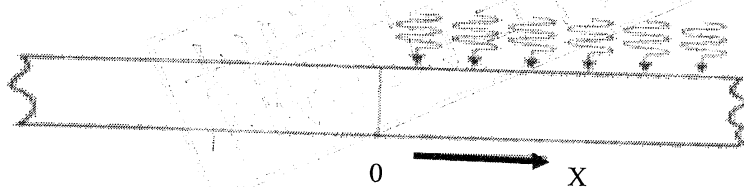


图 3

3. 已知半导体的长 $L = 10^{-1} \text{ cm}$, 宽 $W = 10^{-2} \text{ cm}$, 厚 $d = 10^{-3} \text{ cm}$, 设 $I_x = 1.0 \text{ mA}$, $V_x = 12.5 \text{ V}$, $V_H = -6.25 \text{ mV}$, $B_z = 5 \times 10^{-2} \text{ T}$, 如图4所示, 求:

- (1) 霍尔系数 R_H 。(7分)
- (2) 多子的浓度。(6分)
- (3) 多子的迁移率。(7分)

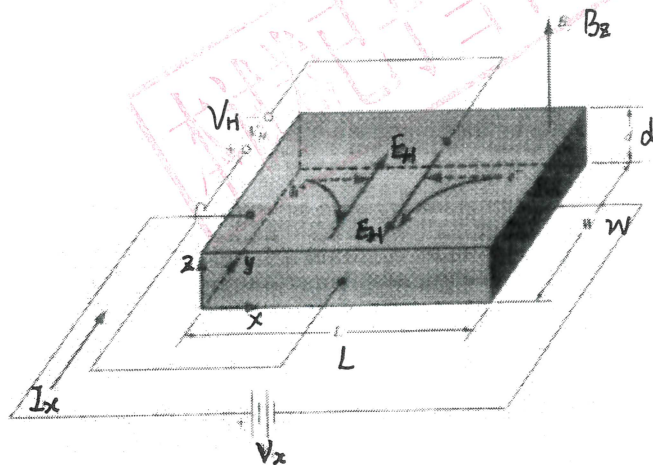


图 4

四. 分析题 (每题 10 分, 共 20 分)

1. 写出电子的费米分布函数表达式及其物理意义? 假设在半导体硅中掺入 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 的施主杂质, 其能带图如图 5 所示。请在图 5 中画出 $T=30\text{K}$ 和 $T=300\text{K}$ 费米能级的位置, 并说明你的理由?

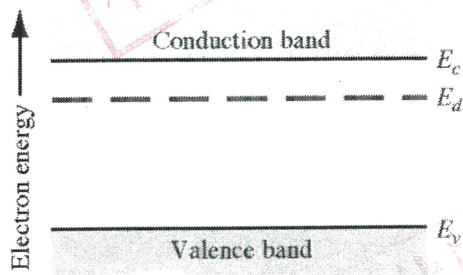


图 5

2. 假设一理想非简并半导体, 其导带中的态密度为:

$$g_c(E) = \frac{N_C}{kT}, E \geq E_c$$

推导该理想半导体导带中的电子浓度表达式。

五、画图题：(每题 5 分, 共 20 分)

1. 分别用共价键模型和能带模型, 画出本征激发产生的电子和空穴
2. 请在能带图中分别画出 n 型半导体在 $T=0K, 50K, 300K$ 时杂质电离的示意图
3. 画出 p 型半导体在光照 (小注入) 前后的能带图, 标出原来的费米能级和光照时的准费米能级。

4. 在给出的能带图 6 中, 出下列能级通常的位置

- (1) 本征费米能级 E_i ;
- (2) 施主杂质能级 E_D ;
- (3) 受主杂质能级 E_A ;
- (4) 非简并 n 型半导体的费米能级 E_F
- (5) 复合-产生能级 E_T

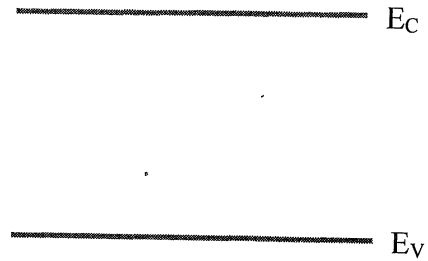


图 6

