

# 南京大学 2008 年攻读硕士学位研究生入学考试试题 (3 小时)

考试科目名称及代码    材料物理基础 839  
适    用    专    业    材料物理与化学、材料学

- 说明:
1. 请将所有答案写在答题纸上, 写在试卷和其他纸上无效
  2. 本试题 150 分
  3. 考试时间为 180 分钟
  4. 本科目允许使用无字典存储和编程功能的计算器

有关的基本常数:

阿佛加德罗常数:  $L=6.0222 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  
单位电荷:  $e=1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  
摩尔气体常数:  $R=8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  
原子质量常数:  $m_0=1/12m(^{12}\text{C})=1\text{u}=10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}/L=1.66053873 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;  
光速:  $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  
电子质量:  $m_e=9.11 \times 10^{-28} \text{ g}=0.511 \text{ MeV}/c^2$ ;  
普朗克常数:  $h=6.626176 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $\hbar=1.0545887 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}=6.582173 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$ ;  
真空介电常数:  $\epsilon_0=107/4\pi \text{ C}^2$ ;  
玻尔兹曼常数:  $K_B=1.3806505 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

## 一、名词解释 (30 分=5 分×6)

1. 色心
2. 布里渊区
3. 金属电子费米面和费米半径
4. 相位匹配理论和准相位匹配理论
5. 极化激元
6. Cooper 对

## 二、简答题 (40 分=10 分×4)

1. 比较热容的爱因斯坦模型和德拜模型, 指出金属的低温热容和高温热容随温度依赖关系的异同。
2. 简述介电极化的几种机制, 并解释各种机制相应的频率响应情况。
3. 简述 Bloch 定理及其相关推论和物理意义, 并写出能带结构的三种表示方法。
4. 写出您所知道的几种不同类别的光与物质的相互作用, 至少四种。

三、(25 分) 假设金属中电子是自由气体, 假设该金属的电子密度为  $5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ , 弛豫时间为 20ps, 试分析:

- 1) 该金属的费米面和费米能;
- 2) 写出该金属的态密度;
- 3) 该金属的电导率, 分别计算经典电导率和量子电导率;
- 4) 计算该金属的电子热容和电子热导率;

- 5) 比较金属的电子电导率和电子热导率。

四、(15 分) 在如图 1 所示的金刚石晶体结构：

- 1) 写出各原子的分数坐标（在二维平面上提示）；
- 2) 推导该结构的 x 射线衍射的结构因子；
- 3) 从 x 光衍射运动学理论出发，证明 Bragg 公式和 Laue 定理的一致性。

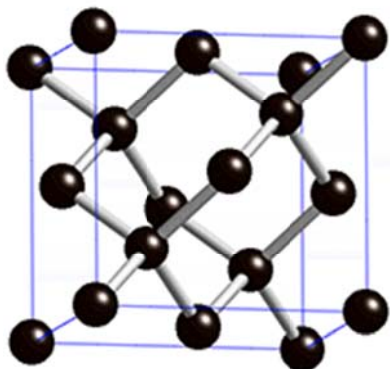


图 1

五、(20 分) 一个本征半导体锗样品：

- 1) 证明本征半导体的电子和空穴的浓度为

$$n = p = 2 \left( \frac{k_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} (m_e m_h)^{3/2} \exp\left(\frac{-E_G}{2k_B T}\right)。$$

其中  $E_G$  为半导体的能隙， $k_B$  为玻尔兹曼常数， $m_e$  和  $m_h$  分别为电子和空穴的有效质量；

- 2) 假定该本征半导体的空穴迁移率和电子迁移率分别是  $\mu_h$  和  $\mu_e$ ，试证明该半导体的

$$\text{Hall 系数为: } R_H = \frac{p\mu_h^2 - n\mu_e^2}{e(p\mu_h - n\mu_e)^2}；$$

- 3) 实验测得一锗样品不呈现霍尔效应，若已知电子的迁移率为  $3500\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，空穴的迁移率为  $1400\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，问电子电流在该样品中的总电流所占的比例为多少。（提示：在稳定状态下，载流子的漂移速度  $v$  与电场  $E$  之间的绝对值之比  $\mu$  为载流子迁移率。）

六、（20 分）一个二维晶体,其倒易点阵为六方点阵: $a^*=b^*$ ,  $\varphi=120^\circ$ , 其对应的正点阵的晶格参数为  $a$ 。

- 1) 使用扩展的布里渊区表示（未简约的图），画出其前三个布里渊区，假定其每个元胞里含有两个传导电子。
- 2) 考虑周期边界条件和弱的库仑势，画出在前三个布里渊区的费米面。
- 3) 需要多大的带隙（和费米能比较），使得第二能带和第三能带不效叠，使得第二能带和第一能带不效叠。在这两种情况下，哪种是导体。
- 4) 考虑实空间中的三角晶格，波函数的零级特征矢量为  $\varphi_0(x, y)$ ，一级特征矢量为  $\varphi_1(x, y)$ ，给出在最近邻耦合的紧束缚近似下，薛定谔方程的解的形式。并证明其

$$\text{能量满足关系 } \varepsilon^2 = \gamma^2 \left( 1 + 4 \cos\left(\frac{k_x a}{2}\right) \cos\left(\frac{k_y \sqrt{3} a}{2}\right) + 4 \cos^2\left(\frac{k_x a}{2}\right) \right), \text{ 其中 } \gamma$$

表示最近邻的耦合能。

(戚焱注:08 年的试题中给的条件是  $a^*=b^*=a$ , 但是我觉得这个条件是证不出第四问的. 如果有谁看到真正的复印的试卷就会发现, 这道题每年给的第四问的结论都少了一个平方, 我手打的卷子自己加上了.)