

无机非金属材料专业部分  
无机材料专业部分  
一、名词解释（每小题 6 分，共 30 分）

- 1、晶体、晶胞
- 2、点缺陷、线缺陷
- 3、硼反常现象
- 4、均匀成核、非均匀成核
- 5、固相烧结、液相烧结

## 二、问答题（40 分）

- 1、影响置换型和间隙型固溶体形成的因素有那些？（10 分）
- 2、试述石英晶体、石英熔体、 $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2$  熔体结构和性质上的区别。（10 分）
- 3、分析影响固相反应的因素。（10 分）
- 4、烧结过程中的传质机理有那些类型？比较各传质机理的差异，它们的推动力是什么？（10 分）

## 三、计算题（45 分）

1、将  $\text{CaO}$  外加到  $\text{ZrO}_2$  中去能生成两种不等价置换固溶体，即阴离子空位固溶体或阳离子填隙固溶体。在  $1600^\circ\text{C}$  时，该固体具有立方萤石结构，当溶入  $0.15\text{molCaO}$  时，晶胞参数  $a=0.5131\text{nm}$ ，实验测定密度  $D=5.477\text{g/cm}^3$ 。（其中  $\text{Zr}$  的原子量为  $91.22$ ， $\text{Ca}$  的原子量为  $40.08$ ， $\text{O}$  原子量为  $16$ ，阿佛加德罗常数为  $6.023 \times 10^{23}$ ）

(1) 请写出生成两种固溶体缺陷的方程式和固溶体的化学式。（5 分）

(2) 通过计算判断生成的是哪一种固溶体。（10 分）

2 已知  $\text{MgO}$  多晶材料中  $\text{Mg}^{2+}$  离子本征扩散系数 ( $D_{in}$ ) 和非本征扩散系数 ( $D_{ex}$ ) 由下式给出：

$$D_{in} = 0.249 \exp\left(\frac{-486000}{RT}\right) \quad \text{cm}^2/\text{s}$$

$$D_{ex} = 1.2 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-254500}{RT}\right) \quad \text{cm}^2/\text{s}$$

① 分别求出  $25^\circ\text{C}$  和  $1000^\circ\text{C}$  时， $\text{Mg}^{2+}$  的  $D_{in}$  和  $D_{ex}$ 。（5 分）

② 试求在达到多少温度时，非本征扩散能占优势。（5 分）

3. 熔体析晶过程在  $1000^\circ\text{C}$  时，单位体积自由焓变化  $\Delta G_V = 418\text{J/cm}^3$ ；在  $900^\circ\text{C}$  时是  $2090\text{J/cm}^3$ 。设固-液界面能  $\gamma_{SL} = 5 \times 10^{-5}\text{J/cm}^2$ ，求：

(1) 在  $900^\circ\text{C}$  和  $1000^\circ\text{C}$  时的，临界晶核半径；（5 分）

(2) 在  $900^\circ\text{C}$  和  $1000^\circ\text{C}$  时进行相变所需的能量。（5 分）

4、在  $1500^{\circ}\text{C}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  正常晶粒生长期间，观察到晶体 1h 内从  $1\mu\text{m}$  长大到  $10\mu\text{m}$ ，如已知晶界扩散活化能为  $335\text{kJ/mol}$ ，试预测在  $1700^{\circ}\text{C}$  下保温时间为 4h 后，晶粒尺寸是多少？你估计加入  $0.5\%$   $\text{MgO}$  杂质对晶粒生长速率会有什么影响？（10 分）

四、作图、分析题（35 分）

1、推导固态反应中扩散动力学方程的杨德方程（10 分）

2、下图为一个三元系统相图，分析图并回答以下问题：

- (1) 说明化合物  $S_1$ 、 $S_2$  的性质；（2 分）
- (2) 在图中划分三元系统并用箭头指示出各界线的温降方向及界线性质（转熔界线用双箭头）；（4 分）
- (3) 指出无变量点并写出各点的平衡关系；（6 分）
- (4) 分析点 1、3 点组成的熔体的冷却结晶过程（表明液固相组成点的变化及各阶段的相变化）（6 分）
- (5) 计算熔体 1 结晶结束时各相百分含量，若在低共熔点结晶过程开始前将其急剧冷却，各相的百分含量有如何（用线段表示）（3 分）
- (6) 加热组成 2 的三元混合物将于哪一点开始出现液相？在该温度下的最大液相量是多少？在什么温度下完全熔融？写出它的加热过程。（4 分）

