

武汉理工大学

武汉理工大学 2006 年研究生入学考试试题

440 课程 材料科学基础

(共 3 页, 共十题, 答题时不必抄题, 标明题目序号, 相图不必重画, 直接做在试题纸上)

一、填空题 (1.5×20=30 分)

1. 结晶学晶胞是 (从晶体结构中取出能反映晶体周期性重复排列的最小单元)。
2. 扩散的基本推动力是 (化学势梯度), 一般情况下以 (浓度梯度) 形式表现出来, 扩散常伴随着物质的 (定向迁移)。
3. 晶面族是指 (原子排列情况相同) 的一组晶面, 同一晶面族中, 不同晶面的 (面间距相等)。
4. 向 MgO 、沸石、 TiO_2 、萤石等晶体中, 加入同样的外来杂质原子, 可以预期形成间隙型固溶体的固溶度大小顺序是 (沸石 > 萤石 > TiO_2 > MgO)。
5. 根据烧结时有无液相出现, 烧结可分为 (固相烧结、液相烧结), 在烧结的中后期, 与烧结同时进行的过程是 (再结晶、晶粒长大)。
6. 依据硅酸盐晶体化学式中 (Si/O 比例) 不同, 硅酸盐晶体结构类型主要有 (岛状、链状、层状、架状)。
7. 液体表面能和表面张力数值相等, 量纲相同, 而固体则不同, 这种说法是 (对) 的, 因为 (固体不能自由移动, 包含了弹性能)。
8. 二级相变是指 (在相变过程中, 体系的熵、焓、自由能等连续, 但热容、膨胀系数等发生突变), 发生二级相变时, 体系的 (熵、焓、自由能等连续, 但热容、膨胀系数等发生突变)。
9. 弛豫表面是指 (在平衡态下, 由于表面原子排列的不规则性, 导致表面能随时间而变化的表面), $NaCl$ 单晶的表面属于 (弛豫表面)。
10. 固态反应包括 (扩散控制、界面控制、产物层控制), 化学动力学范围是指 (反应速率)。
11. 从熔体结构角度, 估计 a 长石、b 辉石 ($MgO \cdot SiO_2$)、c 镁橄榄石三种矿物的高温熔体表面张力大小顺序 ($c > b > a$)。
12. $CaTiO_3$ 结构中, 已知钛离子、钙离子和氧离子半径分别为 $r_{Ti^{4+}} = 0.068nm$, $r_{Ca^{2+}} = 0.11nm$, $r_{O^{2-}} = 0.14nm$ 。

$$r_{Ca^{2+}} = 0.099 \text{ nm} \quad r_{O^{2-}} = 0.132 \text{ nm}$$



$$[2r(O^{2-})]^2 + [2r(O^{2-})]^2 = [2r(O^{2-}) + 2r(Ti^{4+})]^2$$

1. 晶胞中心的钛离子是否会在八面体空隙中“晃动”： $\Rightarrow r_{Ti^{4+}} = 0.132(\sqrt{2}-1) = 0.0546 \text{ nm} < r_{O^{2-}}$

2. 计算 CaTiO_3 的晶格常数: $a = \sqrt{2}(r_{Ca} + r_{O}) = 0.326 \text{ nm}$

3. 钛酸钙晶体是否存在自发极化现象, 为什么? (15分) 不存在自发极化, 因为 Ca^{2+} 和 Ti^{4+} 的离子半径相近, 且 Ti^{4+} 的极化能力较强, 不易发生位移。

三、在还原气氛中烧结含有 TiO_2 的陶瓷时, 会得到灰黑色的 TiO_{2-x} 。

1. 写出产生 TiO_{2-x} 的反应式: $O_o = 2V_o^{..} + 2e' + \frac{1}{2}O_2 \uparrow$

2. 随还原气氛分压的变化, 该陶瓷材料的电导率和密度如何变化? $[V_o^{..}] \propto P^{-1/2}$

3. 从化学的观点解释该陶瓷材料为什么是一种 n 型半导体。(15分)

四、选择题: 下列 2 题任选 1 题 (12 分)

1. 简述金属材料、无机非金属材料以及高分子材料腐蚀的特点。(12 分)

2. 试述材料疲劳失效的含义及特点。(12 分)

五、现有三种陶瓷材料, 它们的主要使用性能如下: (15 分)

材料	最佳性能	用途
Y_2O_3	透明, 光线传递	光学激光杆
Si_3N_4	高温强度, 抗蠕变	燃气轮机部件
含 Co 铁氧体	较顽力	高能量永久磁铁

在烧结过程中希望材料获得预期的显微结构以使材料最佳性能充分发挥, 在控制显微

结构和工艺条件上应考虑哪些相关因素?

六、熔体结晶时: (1) 图示核化速率-温度、晶化速率-温度关系及其对总结晶速率的影响;

(2) 核化速率与晶化速率的不同对新相的显微结构有何影响, 为什么?

(3) 指出在某一温度范围内对形成玻璃有利, 为什么? (12 分)

七、X 射线给出立方 MgO 的晶胞参数是 0.4211 nm , 它的密度是 3.58 g/cm^3 (Mg^{2+} 和 O^{2-} 的离子半径分别是 0.072 nm 和 0.140 nm)

1. 求单位晶胞中有多少 Mg^{2+} 和 O^{2-} : $\frac{\rho a^3}{M} \cdot N_A = 3.9 \approx 4$

2. 若有 $0.05 \text{ mol Al}_2\text{O}_3$ 溶解于 MgO 晶格中, 假定体积不变, 晶体密度改变百分数最多多少? (12 分)

八、当反应物通过产物层的扩散控制反应速率时, 由 NiO 和 Cr_2O_3 的球形颗粒形成 NiCr_2O_4 晶体, 假定 NiO 颗粒包围着 Cr_2O_3 颗粒, 反应符合杨德动力学规律。(15 分)

1. 请绘出反应初期的反应模型, 并推导反应初期的形成速率关系;

2. 在 1300°C , NiCr_2O_4 中 $D_{Cr^{3+}} > D_{Ni^{2+}} > D_{O^{2-}}$, 试问哪一个离子控制着 NiCr_2O_4 的形成速率? 为什么?



在 1300°C , NiCr_2O_4 中 $D_{Cr^{3+}} > D_{Ni^{2+}} > D_{O^{2-}}$, 试问哪一个离子控制着 NiCr_2O_4 的形成速率? 为什么?

速率? 为什么?

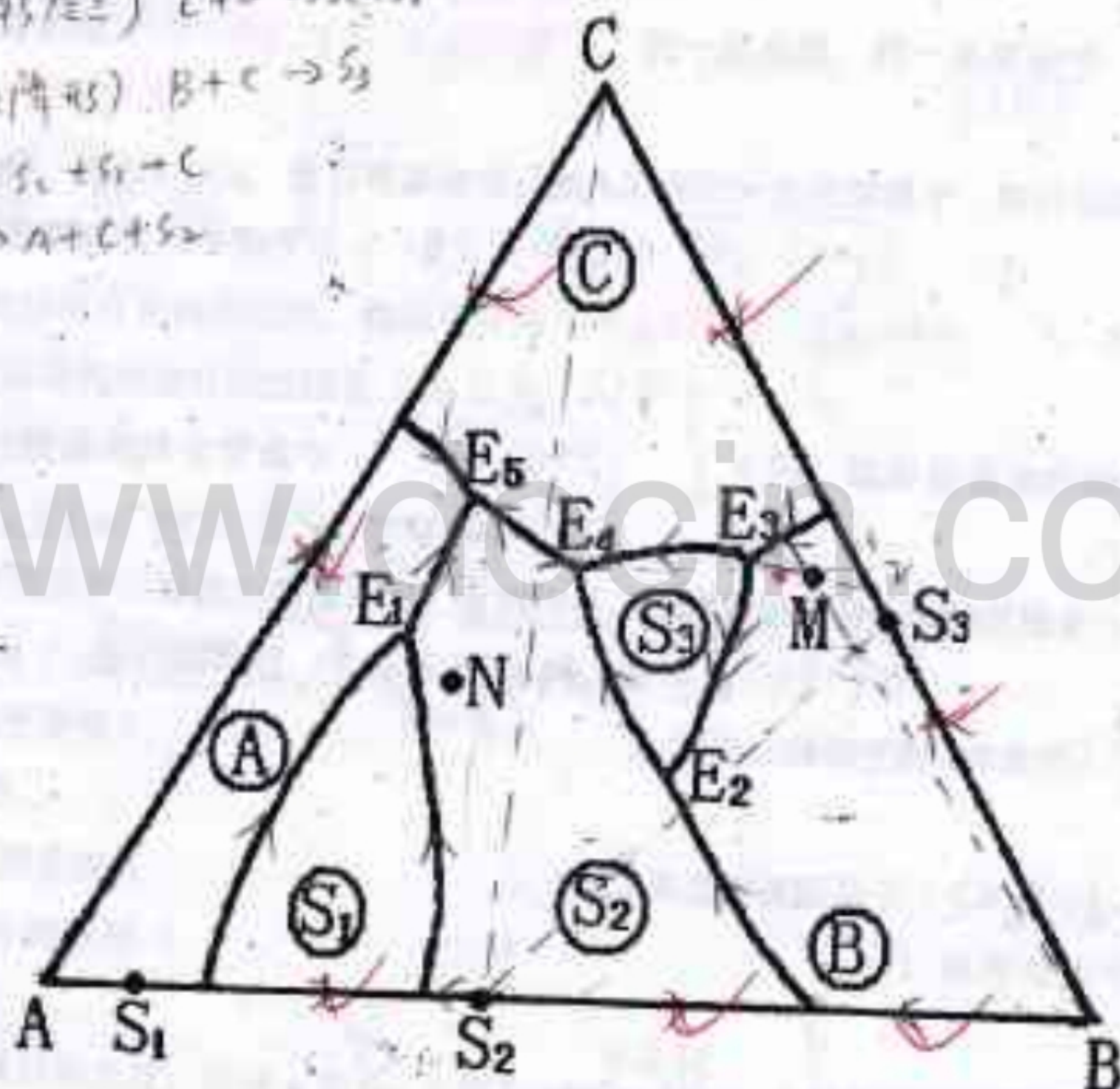
为什么?

3. 如将细铂丝涂在两种氧化物 NiO 和 Cr_2O_3 的分界线上, 然后将这些压制成型的样品进行扩散退火 (标记物铂丝非常细, 不影响离子在不同氧化物之间的扩散)。在保持电中性的前提下, 判断铂丝将向哪一方向移动? Cr_2O_3

九. 下图是 A-B-C 三元系统相图, 根据相图回答下列问题:

1. 判断化合物 S_1 、 S_2 、 S_3 的性质: S_1 不稳定, S_2 稳定, S_3 稳定
2. 用箭头表示相区界线温度变化方向及界线性质的: Δ 边界上温度升高 (或不升高)
3. 划分副三角形, 并写出各三元无变量点的平衡过程及性质;
4. 用规范化写法写出 M 点对应组分的平衡结晶过程: $E_4 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow C$
5. N 点对应的三元组成点加热时在那一点温度下开始出现液相? 哪一点温度下完全熔化? (24 分)

E_1 过液点 (22 开 H3) $S_1 \rightarrow A + S_2$
 E_2 双液点 (常压熔点) $L + B \rightarrow S_2 + S_1$
 E_3 过液点 (22 开 H3) $B + C \rightarrow S_3$
 E_4 过液点 $L \rightarrow S_1 + S_2 + C$
 E_5 过液点 $L \rightarrow A + C + S_2$



第十题图

液 = M $\xrightarrow[F=2]{L \rightarrow B}$ $\xrightarrow[F=1]{L \rightarrow C+B}$ E_3 $\left(\begin{array}{l} B+C \xrightarrow{L} S_3 \\ F=0, B \text{ 析出} \end{array} \right)$ $\xrightarrow{L \rightarrow C+S_2} E_4$ $\left(\begin{array}{l} L \rightarrow C+S_1+S_2 \\ F=0, L \text{ 消失} \end{array} \right)$

$B \xrightarrow{B} B \xrightarrow{B+C} 2 \xrightarrow{B+C+S_3} 2 \text{ (B 消失)} \xrightarrow{C+S_2} 3 \xrightarrow{C+S_1+S_2} M \text{ (3 消失 } C+S_1+S_2)$