

浙江大学

2017 年硕士学位研究生入学考试试题及答案

试题编号: 836 试题名称: 材料科学基础

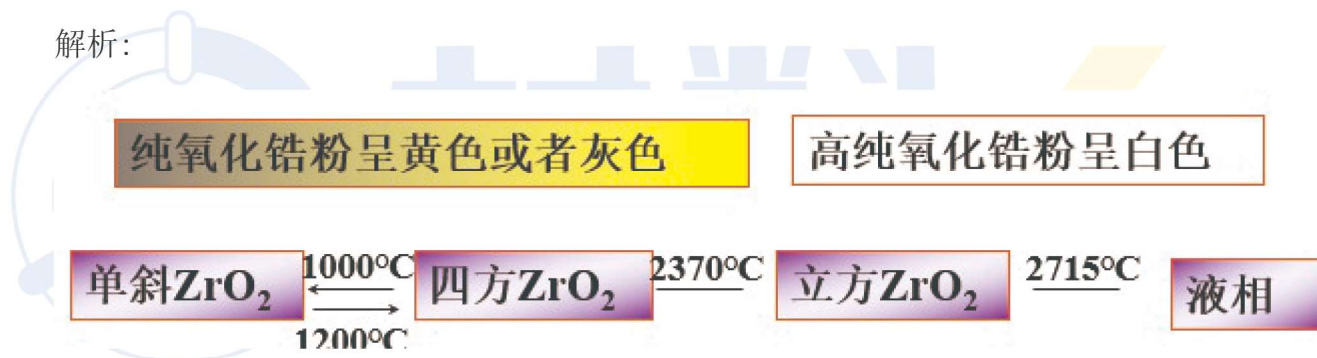
适用专业: 材料科学与工程材料工程(专业学位)

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

分析题 (共 6 题, 每题 25 分)

1. 氧化锆 (ZrO_2) 在 1070°C 下会由四方晶胞转变为单斜晶胞, 四方的晶胞参数如下: $a=0.5180\text{nm}$, $b=0.5180\text{nm}$, $c=0.5309\text{nm}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, 单斜的晶胞参数 $a=0.523\text{nm}$, $b=0.5268\text{nm}$, $c=0.5418\text{nm}$, $\alpha = \gamma = 90^\circ$, $\beta = 100.055^\circ$ (1) 分别计算两个晶胞的体积 (2) 若晶胞从 A 变为 B, 计算体积变化率。

解析:



由单斜相向四方相转化时会伴随有 7% 左右的体积变化。加热时由单斜 $\rightarrow \text{ZrO}_2 \rightarrow$ 四方 $\rightarrow \text{ZrO}_2$, 体积收缩。冷却时由四方 $\rightarrow \text{ZrO}_2 \rightarrow$ 单斜 $\rightarrow \text{ZrO}_2$, 体积膨胀。但这种收缩与膨胀并不发生在同一温度, 前者约在 1200°C , 后者约在 1000°C 。

四方晶胞体积: $v = a^2c = (0.5180\text{nm})^2 \times 0.5309\text{nm} = 1.424 \times 10^{-28} \text{m}^3$

单斜晶胞体积:

$v = a \times b \times c = abc \sin \beta = 0.523\text{nm} \times 0.5268\text{nm} \times 0.5418\text{nm} \times \sin(100.055^\circ) = 1.470 \times 10^{-28} \text{m}^3$

体积变化率 $\xi = \frac{v_{\text{单斜}} - v_{\text{四方}}}{v_{\text{四方}}} = 3.2\%$ (具体数值和选取的晶格参数有关)

2. Cu-Zn 合金, α 相和 β 相两种固溶结构形式, 二价 Zn 固溶在一价 Cu 中, 形成中间相, (1) Zn 在 Cu 中的最大固溶度为 38mol% 时, 求中间 α 相中的电子浓度 (2) Zn 在 β 相合金中的电

子浓度为 1.48, 求它在 β 相中的最大固溶度。(3) 此外 Cu-Zn 合金还有 $\gamma, \delta, \eta, \varepsilon$ 相等, 试从固溶形式及结构角度分析, 出现多种中间相的原因?

解析: 此时 Cu 为 1 价, Zn 为 2 价。电子浓度的定义为价电子数和原子数的比值, 记作 e/a 一般由如下计算规则

$$\frac{e}{a} = Z_1 C_1 + Z_2 C_2 + \dots = 1 \times 0.6 + 2 \times 0.4 = 1.4$$

假设固溶体中含有原子价为 0 的溶质原子的百分数为 x , 溶质原子价为 V , 则

$$\frac{e}{a} = \frac{V(100-x) + 0x}{100}$$

(1) 对于 α 相中, 溶质的原子百分数为 38% (mol), Zn 为 2 价, 带入以上公式得:

$$\frac{e}{a} = \frac{V(100-x) + 0x}{100} = 1.38$$

(2) 设 Zn 在 Cu 中的 β 相的最大固溶度为 x , 则有

$$\frac{e}{a} = \frac{2x + (1-x)}{1} = 1.48 \Rightarrow x = 0.48 = 48\%(\text{mol})$$

(3) 出现多种相的原因分析:

- a. 当电子浓度不同时, 会形成不同的中间相, 即电价因素影响。比如 α 相和 β 相的极限电子浓度就有较大的差异, 产生较大的影响。
- b. 晶体结构不同, 也会产生一定的影响。比如 α 相固溶后, 整体是呈面心立方 FCC 结构, 而 β 相呈现体心立方 BCC 结构。

3. 可肯达尔扩散偶中假定 A, B 两种原子发生交互扩散, 晶体结构为简单立方结构 $a=0.25\text{nm}$;

单位体积内的原子数即体积浓度为 $10^{23} \text{atom}/\text{cm}^3$, 截面积为 0.25cm^2 , A 原子的跃迁频率

Γ_A 为 $1.05 \times 10^{10} \text{s}^{-1}$, B 原子的跃迁频率 Γ_B 为 $1.05 \times 10^9 \text{s}^{-1}$. 试求 A, B 两种原子的扩散系数,

以及标志界面移动速度 V 。书本 P207 页计算题 (书本有解析)

解析:

首先计算两种原子的偏扩散系数 D_A 和 D_B ，根据已知的条件并利用式 (5-38)，得

$$D_A = \frac{1}{6} a^2 \Gamma_A = \frac{1}{6} \times (2.5 \times 10^{-8})^2 \times 10^{10} = 1.04 \times 10^{-6} (\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$D_B = \frac{1}{6} a^2 \Gamma_B = \frac{1}{6} \times (2.5 \times 10^{-8})^2 \times 10^9 = 1.04 \times 10^{-7} (\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$$

单位体积内原子的浓度梯度为

$$\frac{dC}{dz} = 10^3 \% \times 10^{23} = 10^{24} (\text{at} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-3})$$

求出 A、B 原子的扩散通量值为（注意通量的方向相反）

$$J_A = D_A \frac{dC}{dz} = 1.04 \times 10^{-6} \times 10^{24} = 1.04 \times 10^{18} (\text{at} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$J_B = D_B \frac{dC}{dz} = 1.04 \times 10^{-7} \times 10^{24} = 1.04 \times 10^{17} (\text{at} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$$

则 A、B 原子通过给定截面面积的标志界面扩散量为

$$J_A \cdot S = 1.04 \times 10^{18} \times 0.25 = 2.6 \times 10^{17} (\text{at} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$J_B \cdot S = 1.04 \times 10^{17} \times 0.25 = 2.6 \times 10^{16} (\text{at} \cdot \text{s}^{-1})$$

而界面移动速度 V 则可利用式 (5-64) 求得如下

$$V = \frac{1}{C} (J_A - J_B) = \frac{1}{10^{23}} (10^{18} - 10^{17}) \times 1.04 = 9.36 \times 10^{-6} (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$$

4. 已知在一根中空的金属管长 20cm, 截面积为 3 cm^2 ，在管的正中央有一处铁膜，在铁膜一侧

通有 $0.5 \times 10^{20} \text{ atom/cm}^3$ 的氮气和 $0.5 \times 10^{20} \text{ atom/cm}^3$ 的氢气，另一侧通有

$1.8 \times 10^{18} \text{ atom/cm}^3$ 的氮气和 $1.8 \times 10^{18} \text{ atom/cm}^3$ 的氢气，（1）如果要保证氮气通过铁膜的损失量不超过每小时 1%，铁膜的厚度为多少？（2）如果要使氢气有 90% 通过铁膜，则铁膜的厚度为多少？（3）若要使通过气体的量在两者之间，则铁膜的厚度需要满足什么条件？

已知：扩散指前因子 $D_{0N_2} = 0.0047$ ， $D_{0H_2} = 0.0012$ ， $R = 1.987 \text{ cal/mol}$ ， $Q_N = 18300$ ，

$Q_H = 3600$ ，所求温度为 $t = 700^\circ\text{C}$ ，考虑为稳态扩散。

解析：

如图所示，气缸左侧含氮原子总数为

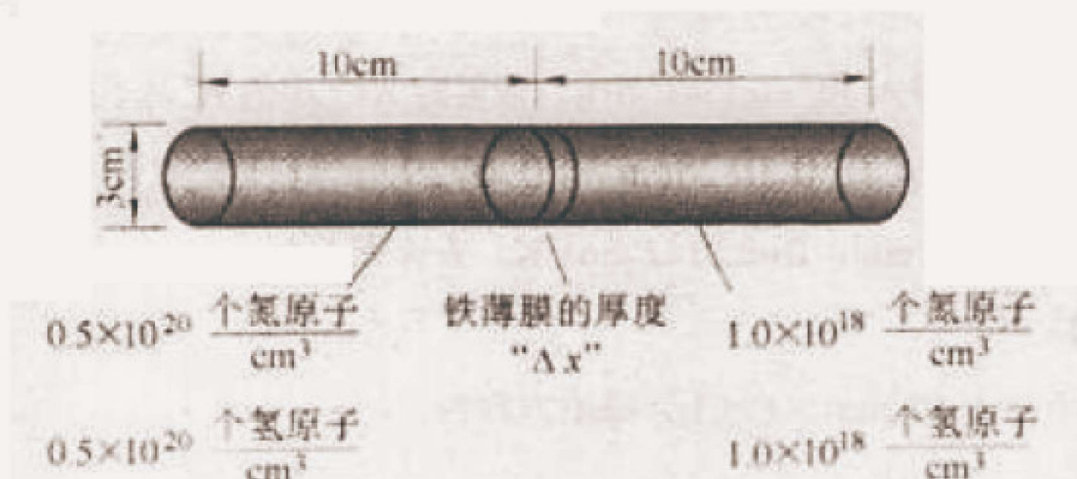


图 为不渗透气缸设计铁薄膜

(1) 气缸左侧含有 N_2 的总数为：

$$0.5 \times 10^{20} \times 3 \times 10 = 1.5 \times 10^{21}$$

薄膜的最小厚度应满足使每小时通过薄膜的 N_2 为总 N_2 的 1%，则每秒通过的 N_2 的原子数为：

$$\frac{1\% \times 1.5 \times 10^{21}}{3600} \text{ atom/s} = 4.17 \times 10^{15} \text{ atom/s}$$

$$\text{即扩散通量为 } J_1 = \frac{4.17 \times 10^{15}}{3} = 1.39 \times 10^{15} \text{ atom/(cm}^2 \cdot \text{s)}$$

$$N_2 \text{ 的扩散系数 } D_{N_2} = \exp\left(\frac{-18300}{1.987 \times 973}\right) = 3.64 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\text{根据菲克第一定律: } J_1 = -D_{N_2} \frac{\partial c}{\partial x} = -D_{N_2} \frac{\Delta c}{\Delta x} \Rightarrow \Delta x = 0.0126 \text{ cm}$$

同理如果要有 90% 的 H_2 通过铁膜，此时 $\Delta x = 0.0717 \text{ cm}$

因此铁膜的厚度于 0.0126cm 和 0.0717cm 直接即可满足要求。

5. 晶格常数 $a=0.3\text{nm}$ 的简单立方单晶，单晶内位错考虑为 Frank-Read 源模型。由一段可滑移位错和两个被孔钉扎的端点构成。两端点之间的距离为 L ，无论以何方向施加应力时，

材料的切变模量 μ 不变, (1) 沿 $\langle 110 \rangle$ 晶相, 位错滑移的最小应力为多少? (2) 沿 $\langle 100 \rangle$ 晶向, 位错移动的最小切应力为多少? (3) 比较上述结果并说明原因?

解析: F-R 位错源开动时, 位错不断增值, 并且最终引起滑移, 即当晶体滑移时。此时的

最小应力即 F-R 源的临界切应力。此时的曲率半径取 $l/2$, 有 $\tau = \frac{\mu b}{l}$

(1) 在 $\langle 110 \rangle$ 方向, $|\vec{b}| = \sqrt{2}a$, 此时开动的最小切应力 $\tau = \frac{\sqrt{2}\mu a}{l}$

(2) 在 $\langle 100 \rangle$ 方向, $|\vec{b}| = a$, 此时开动的最小切应力 $\tau = \frac{\mu a}{l}$

(3) 比较得到在 $\langle 110 \rangle$ 方向开动需要的应力大于在 $\langle 100 \rangle$ 方向上开动需要的应力, 故在 $\langle 100 \rangle$ 更容易滑移。

6. MgO 是 NaCl 型晶体, 已知 $a=0.396\text{nm}$, 假定其电导率由 Mg^{2+} 离子的扩散决定

(1) 求在 1800°C 下 Mg^{2+} 的迁移率?

(2) 求 MgO 在 1800°C 下的电导率, 其中波尔兹曼常数为 $k=1.38\times 10^{-23}$, 元电荷 $e=1.6021892\times 10^{-19}$, 1800°C 下 Mg^{2+} 在 MgO 中的扩散系数为 $10^{-10}\text{cm}^2/\text{s}$

解析: (1) Mg^{2+} 的迁移率为 $\mu = \frac{Dq}{kT}$, 其中是单位电场作用下带电粒子的迁移率, q 是带电量,

k 是玻尔兹曼常数, T 是热力学温度, D 是扩散系数。

(2) 电导率为 $\sigma = \frac{j}{E} = q\mu c = \frac{Dq^2 c}{kT}$, c 是载流子浓度。(应该缺少条件)

扩散系数与电导率的关系

研究扩散系数的目的之一就是为研究化合物的导电规律。

电流的表达式: $I = J \cdot Z \cdot e$, 其中 Z 为导电离子的价数, J 为电流密度, e 为电子电量。晶体中该导电离子沿 x 方向的运动速度:

$$V_x = B \cdot F = B \cdot \left(-\frac{\partial \varphi}{\partial x} eZ\right)$$

其中的 φ 为电势, $-\frac{\partial \varphi}{\partial x} eZ$ 就是作用在该导电离子上的力。也就是前面提到的扩散的驱动力。

考虑到 $J = V_x \cdot C$ (C 是该离子的密度)，将式 $I = J \cdot Z \cdot e$ 代入电流表达式，有：

$$I = V_x C e Z = -B \frac{\partial \phi}{\partial x} C Z^2 e^2。又电导率 \sigma = \frac{I}{-\frac{\partial \phi}{\partial x}}, 故 \sigma = B C Z^2 e^2。再由 D = B k T，则：$$

$$\frac{\sigma}{D} = \frac{\sigma}{B k T} = \frac{B C Z^2 e^2}{B k T} = \frac{C Z^2 e^2}{k T}。$$

$$\therefore D = \frac{\sigma k T}{C Z^2 e^2}$$

也可写成： $\sigma = D \cdot \frac{n q^2}{k T}$ ，其中的 n 是载流子浓度， q 是载流子电量。由此，在知道载流

子情况的基础上，可以通过测电导率而得知扩散系数。

以上我们只考虑了晶体中的某一种离子的贡献，而实际上可能有多种离子（包括电子和

空穴）都参与导电，总的电导率 $\sigma = \sigma_{\text{各种离子}} + \sigma_{\text{电子}} + \sigma_{\text{空穴}}$ 。定义“迁移数” $t_i = \frac{\sigma_i}{\sigma}$ ，它描述

了当晶体中有多种离子导电时，第 i 种离子对总电导率的贡献。当然 $\sum_i t_i = 1$ 。那么第 i 种离子

的扩散系数 $D_i = \frac{\sigma_i k T}{C_i Z_i^2 e^2}$ ，同理可以由 σ_i 求出 D_i 。

材料人考学

所有分类 首页

大促优惠

我的1212

- 时髦女装
- 家具灯具
- 美妆个护
- 精选美食
- 童装玩具
- 潮流男装
- 生活百货
- 家装设计
- 运动户外
- 更多会场



2018浙江大学
836《材料科学基础》

院校介绍、考情介绍（历年分数线、报录比）、大纲详解、材料科学基础试题、考研经
历年真题及解析（2002—2017年）

word版80g白纸印刷，不伤眼
2018材料人浙大考研群：613635362

收藏宝贝 (26人气)

分享

2018材料考研浙江大学836《材料科学基础》初试资料一发顺丰

价格 **¥89.00**

活动 天猫：聚划算半价，每天都是双11
限时免费课程：跟帕丁顿熊走进英音世界
白菜价19.9元封顶包邮 12:00/20:00更新

配送 北京 至 北京海淀区 快递 ¥15.00
12小时内发货

付款方式 全额支付

数量 件(库存24件)

立即购买 加入购物车

承诺 不支持7天无理由

支付 集分宝

钻级卖家

材料人考学

信誉：
掌柜：kmh51003680

联系：
资质：**10000元**

描述 4.7 服务 4.8 物流 4.8

进入店铺 收藏店铺

看了又看

2018浙江大学 836《材料科学基础》

院校介绍、考情介绍（历年分数线、报录比）、大纲详解、材料科学基础试题、历年真题及解析（2002—2017年）

word版80g白纸印刷，不伤眼
2018材料人浙大考研群：613635362

¥69.00

2018浙江大学 836《材料科学基础》

院校介绍、考情介绍（历年分数线、报录比）、大纲详解、材料科学基础试题、历年真题及解析（2002—2017年）

word版80g白纸印刷，不伤眼
2018材料人浙大考研群：613635362

¥89.00

2018浙江大学 836《材料科学基础》

院校介绍、考情介绍（历年分数线、报录比）、大纲详解、材料科学基础试题、历年真题及解析（2002—2017年）

word版80g白纸印刷，不伤眼
2018材料人浙大考研群：613635362

¥79.90

2018浙江大学 836《材料科学基础》

院校介绍、考情介绍（历年分数线、报录比）、大纲详解、材料科学基础试题、历年真题及解析（2002—2017年）

word版80g白纸印刷，不伤眼
2018材料人浙大考研群：613635362

¥89.00

搜本店

宝贝详情手机购买 累计评论 57 专享服务

查看所有宝贝
按销量 按新品 按价格 按收藏
清华大学
838《物理化学+材料科...
839《固体物理+材料科...
838《物理化学+材料科...
北京科技大学
814《材料科学基础》
804A《物理化学》
814《材料科学基础》视...
北京航空航天大学
911《材料综合》
西北工业大学
832《材料科学基础》真...
832《材料科学基础》知...
东北大学
835《金属学与热处理》...
835《金属学与热处理》...
829《材料科学基础》
哈尔滨工业大学
825《金属学与热处理》
上海交通大学
827《材料科学基础》真...
827《材料科学基础》知...

付款方式: 全额支付 品牌: 材料人考学 培训班类型: 一对一
培训类别: 考研 学习平台: 线下学习 科目: 考研专业课

浙江大学
836《材料科学基础》初试资料

资料内容介绍：

- 1.浙江大学材料考研考情介绍（学校介绍，材料学院介绍，研究方向介绍，历年分数线介绍，初复试参考教材介绍）
- 2.考试大纲及大纲解析
- 3.历年真题及完整解析（2002-2017年）
- 4.《材料科学基础》试题
- 5.考研经验贴