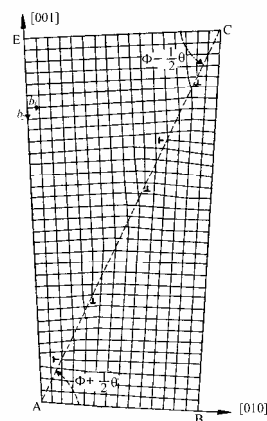


## 第 7 章 表面和界面习题

1. 估计 fcc 结构以  $\{111\}$ 、 $\{100\}$  和  $\{110\}$  作表面的表面能。设升华热为  $L_S(\text{J/mol})$ ，点阵常数为  $a$ 。

2. 简单立方晶体的  $[100]$  轴倾转晶界，晶界上排列柏氏矢量为  $[00\bar{1}]$  的位错的平均距离为  $4\text{nm}$ ，柏氏矢量为  $[010]$  的位错的平均距离为  $8\text{nm}$ ，点阵常数  $a=0.3\text{nm}$ 。这是具有几个自由度的晶界？取向差多大？求出晶界的法线与  $[010]$  夹角。

（右图给出  $(100)$  面，晶界的位置如图 AB 表示）



3. 简单立方晶体中，3 个倾转晶界相交 1 个晶粒棱上，它们两两之间获得取向差的转轴相同，各晶界与倾转对称位置夹角分别为  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$  和  $\varphi_3$ ，位错密度分别为  $\rho_1$ 、 $\rho_2$  和  $\rho_3$ 。求证：

$$\sum_i \frac{\rho_i}{\sin \varphi_i + \cos \varphi_i} = 0 \quad (i=1,2,3)$$

说明用这一式子来验证位错界面模型的优点。如图 7-53 三个晶界，测量得到如下数据，根据这些数据验证上述式子。

晶界	与 $[100]$ 方向的夹角 $\varphi$	$\rho/\text{cm}^{-1}$
CD	6	$2.01 \times 10^3$
AB	56	$1.95 \times 10^3$
EF	32.5	$4.46 \times 10^3$

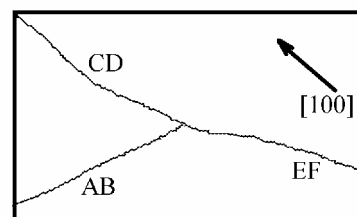


图 7-53

4. 测量 Fe 和 Pb 的小角度晶界能和取向差的数据如下，证明它们符合  $\gamma_b = E_0 \theta (A - \ln \theta)$  的关系，设  $A \approx 1$ ，估计  $E_0$  值。把估计的  $E_0$  值和理论计算的  $E_0$  值作比较。 $G_{\text{Fe}} = 8.8 \times 10^{10} \text{Pa}$ ， $G_{\text{Pb}} = 1.01 \times 10^{10} \text{Pa}$ ， $a_{\text{Fe}} = 0.286 \text{nm}$ ， $a_{\text{Pb}} = 0.494 \text{nm}$ ，设泊桑比  $\nu$  都为  $1/3$ 。

Fe	$\theta(\text{度})$	2.13	4.73	5.32	5.90	7.69	13.4
	$\gamma/\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	0.227	0.473	0.587	0.612	0.761	0.973
Pb	$\theta(\text{度})$	2.85	3.42	6.27	8.00	12.00	
	$\gamma/\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	0.065	0.081	0.115	0.122	0.149	

5. f.c.c 晶体以  $[100]$  为轴转动多大的角度才会出现  $\Sigma=5$  的相符点阵？画图加以证明。

6. Bi 在 Cu 的晶界上偏聚后按 ( $C_B/C_B^0=0.99$ ) 使 Cu 变脆, 估算室温下 Bi 在晶内的浓度为多大? 设 Cu 的晶粒直径约为 0.01mm, 估计 Bi 的平均浓度多大时能发生这种现象。设 Bi 原子在晶内引起的畸变能为  $6.6 \times 10^4 \text{ J/mol}$ , Bi 在 Cu 晶界上的畸变能可忽略, 晶界为单原子层,  $C_B^0 \approx 1$ 。原子体积约为  $0.0425 \text{ nm}^3$ 。
7. 如果 Bi 在 Cu 晶界中含量是饱和浓度的 1/3 就可以消除 Cu 的脆性, 问要加热到什么温度淬火才能消除其脆性?
8. 硫在  $\alpha$ -Fe 晶界中富集, 在  $700^\circ\text{C}$  时富集率  $C_B/C_0$  为 7170; 在  $500^\circ\text{C}$  时富集率为 15700, 估算硫原子与  $\alpha$ -Fe 原子的键合能 (答案以  $\text{kJ/mol}$  表示)。
9. 有一个 fcc 结构和 hcp 结构的共格界面, 两相取向关系为  $\{111\}_{\text{fcc}} \parallel \{0001\}_{\text{hcp}}$ ;  $\langle 110 \rangle_{\text{fcc}} \parallel \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{hcp}}$ , 点阵常数  $a_{\text{fcc}}=0.33 \text{ nm}$ ,  $a_{\text{hcp}}=0.26 \text{ nm}$ 。问晶界上有什么样的位错? 位错是如何布置的? 位错间距有多大?
10. 设二维长方形晶体, 边长为  $L_1$  和  $L_2$ ,  $L_1$  和  $L_2$  两边的界面能分别为  $\gamma_1$  和  $\gamma_2$ , 若面积保持不变, 求证其平衡形状有  $L_1/L_2=\gamma_2/\gamma_1$  的关系。

11. 一种金属板，其中含有稳定的第二相粒子（在退火时不溶解），体积分数为  $2 \times 10^2$ ，平均直径为  $0.5 \mu\text{m}$ 。问退火后晶粒直径能否超过  $50 \mu\text{m}$ ？（基体与第二相的界面能是常数）

12. 一根很细的铜丝，一个大角度晶界贯穿其截面，晶界和丝轴成  $25^\circ$ 。经退火后，晶界发生什么变化？变化的驱动力随界面与丝轴的夹角  $\theta$  如何变化？若上述的晶界是孪晶界，退火时会发生什么变化，为什么？

13. 金属 A 中的第二相在晶内为球状，在 A 的界面上为双球冠状。设 B 在 A 上的二面角  $2\theta$  为  $120^\circ$  以及  $0^\circ$ ，问在这两种情况下，B 在晶界上还是在晶内稳定？双球冠体积为  $2\{\pi R^3[(2-3\cos\theta+\cos^3\theta)/3]\}$ ；双球冠的表面积为  $2\{2\pi R^2[(1-\cos\theta)]\}$ ，其中  $R$  是球冠的曲率半径。

