

第 6 章 位错习题

1. 说明面心立方结构的潜在滑移系有 12 个，体心立方结构的潜在滑移系有 48 个。
2. 单晶体铜受拉伸形变，拉伸轴是 $[001]$ ，应力为 10^4Pa 。求作用在 (111) 面 $[\bar{1}01]$ 方向的分切应力。
3. 证明位错线不能终止在晶体内部。
4. 一个位错环能否各部分都是螺位错?能否各部分都是刃位错?为什么?
5. 单晶体受拉伸形变，拉伸轴是 $[001]$ ，求对 $b=a[\bar{1}01]/2$ 及 t 平行于 $[1\bar{2}1]$ 的位错滑移和攀移方向所受的力。已知 $a=0.36\text{nm}$ 。
6. 写出距位错中心为 R_1 范围内的位错弹性应变能。如果弹性应变能为 R_1 范围的一倍，则所涉及的距位错中心距离 R_2 为多大?
7. 晶体滑移面上存在一个位错环，外力场在其柏氏矢量方向的切应力为 $\tau=10^{-4}G$ ，此位错环

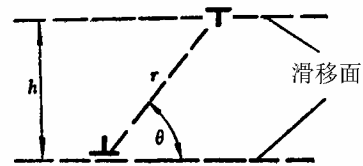
在晶体中能扩张的半径为多大? (用第 5 题的数据)

8. 面心立方晶体中,把 2 个平行的同号螺位错从 100nm 推进到 8nm 作功多少?已知 $a=0.3\text{nm}$, $G=7\times 10^{10}\text{Pa}$ 。
9. 晶体中,在滑移面上有一对平行刃位错,它们的间距该多大才不致在它们的交互作用下发生移动?设位错的滑移阻力(切应力)为 $9.8\times 10^5\text{Pa}$, $\nu=0.3$, $G=5\times 10^{10}\text{Pa}$ 。(答案以 b 表示)
- 10.若空位形成能为 73kJ/mol ,晶体从 1000K 淬火至室温(约 300K), b 约为 0.3nm ,问刃位错能否攀移?
- 11.当位错的柏氏矢量平行 x 轴,请证明不论位错线是什么方向,外应力场的 σ_{zz} 分量都不会对位错产生作用力。
- 12.当存在过饱和空位浓度时,请证明任意取向的位错环都受一力偶作用,这力偶使位错转动变成纯刃位错。
- 13.若面心立方晶体(铜)中开动的滑移系为 $(111)[\bar{1}01]$
- (a)若滑移是由刃位错运动引起的,给出位错线的方向。
 - (b)若滑移是由螺位错引起的,给出位错线的方向。
 - (c)如第 5 题的外力作用下,求刃位错及螺位错线受力的大小和方向。 $a=0.36\text{nm}$ 。

14. 设位错每隔 $10^3 b$ 长度有一个割阶，外力场在滑移面滑移方向的分切应力为 $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，求位错在室温（约 300 K ）下的滑移速度。 $b = 0.3 \text{ nm}$ ，自扩散系数 $D_s = 0.009 \exp(-1.9 \text{ eV}/kT) \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

15. 在同一滑移面上有 2 个互相平行的位错， b 大小相等，夹角为 30° ，这 2 个位错在滑移面上的相互作用力为零时，柏氏矢量和各自位错的夹角是多大？

16. 若两位错的相对位置如图所示，问外力场哪一个应力分量能使两位错在各自滑移面上滑移？问要附加多大的切应力才能使两个位错相对滑过？ $G = 5 \times 10^{10} \text{ Pa}$ ，两滑移面相距 $h = 20 \text{ nm}$ ， $b = 0.35 \text{ nm}$ ， $\nu = 0.3$ 。



17. 设使位错滑移需要克服的阻力（切应力）对铜为 $9.8 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，对 3%Si-Fe 合金为 $1.5 \times 10^8 \text{ Pa}$ ，合金的切变模量 G 分别是 $4 \times 10^{10} \text{ Pa}$ 以及 $3.8 \times 10^{11} \text{ Pa}$ 。问在表面的低位错密度层有多厚？点阵常数 $a_{\text{Cu}} = 0.36 \text{ nm}$ ， $a_{\text{Fe-Si}} = 0.28 \text{ nm}$ 。

18. 拉伸试验的应变速度一般是 $1 \sim 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ，设能动的位错密度为 10^8 cm^{-2} ，计算位错的平均速度。 $b = 0.3 \text{ nm}$ 。

19. 以爆破成形加工工件，应力波持续的时间约 10^{-6} s ，若工件变形量为 10%，可动位错密度为 10^{10} cm^{-2} ，位错的平均速度多大？ $b = 0.3 \text{ nm}$ 。

20.简单立方晶体(100)面有 1 个 $b=[0\bar{1}0]$ 的刃位错

- (a)在(001)面有 1 个 $b=[010]$ 的刃位错和它相截，相截后 2 个位错产生弯结还是割阶？
- (b)在(001)面有 1 个 $b=[100]$ 的螺位错和它相截，相截后 2 个位错产生弯结还是割阶？

21.简单立方晶体(100)面有一个 $b=[001]$ 的螺位错。

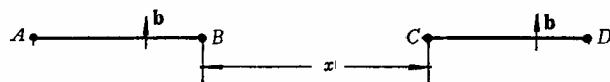
- (a)在(001)面有 1 个 $b=[010]$ 的刃位错和它相截，相截后 2 个位错产生弯结还是割阶？
- (b)在(001)面有一个 $b=[100]$ 的螺位错和它相截，相截后 2 个位错产生弯结还是割阶？

22.晶粒直径为 $50\mu\text{m}$ ，若在晶界萌生位错所需的应力约为 $G/10$ ，晶粒中有位错源，问要多大的外力才能使晶界萌生位错？塞积群中位错很多时，可以假设塞积群长度和位错源到领头位错的距离相同。 $b=0.3\text{nm}$ 。

23.设三维位错密度 $\rho=10^6 \sim 10^7 \text{cm}/\text{cm}^3$ ，粗略假设位错源开动是塑性变形的开始，估算 Pb、Cu、Al 和 Ni 开始塑性变形的应力。已知它们的切变模量分别是 Al： $2.6 \times 10^{10} \text{Pa}$ ；Cu： $4 \times 10^{10} \text{Pa}$ ；Pb： $0.5 \times 10^9 \text{Pa}$ ；Ni： $7.9 \times 10^{10} \text{Pa}$ 。点阵常数分别是 Al： 0.40nm ；Cu： 0.36nm ；Pb： 0.49nm ；Ni： 0.35nm 。

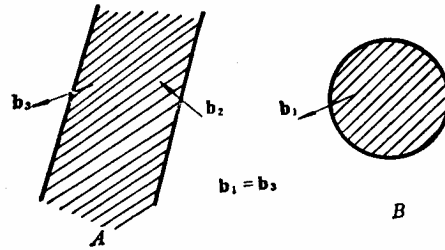
24.下图表示在同一直线上有柏氏矢量相同的 2 个同号刃位错 AB 和 CD ，距离为 x ，他们作 F-R 源开动。

- (a)画出这 2 个 F-R 源增殖时的逐步过程，二者发生交互作用时，会发生什么情况？
- (b)若 2 位错是异号位错时，情况又会怎样？



25. 在 f.c.c 结构中，下面的 2 个位错反应 $a[\bar{1}10]/2 + a[101]/2$ 及 $a[\bar{1}10]/2 + a[110]/2$ ，哪一个能进行？对于后一个反应，2 个位错和 $[1\bar{2}1]$ 平行，假设位错心部能量为位错弹性应变能的 $1/10$ ， $\nu=1/3$ ，这时又会怎样？
26. 证明面心立方结构中，如果 $a[100]$ 位错是纯螺位错，下式的反应是可行的： $a[110]/2 + a[1\bar{1}0]/2 \rightarrow [100]$ 。如果是纯刃位错则是不可行的。若 $a[110]/2$ 位错滑移运动，上式反应在哪些面上进行？
27. 写出位错反应 $a[01\bar{1}]/2 + a[2\bar{1}1]/2$ 的反应结果，这个反应能否进行？形成的位错能不能滑动？为什么？
28. 有一反应： $a[10\bar{1}]/2 \rightarrow a[11\bar{2}]/6 + a[2\bar{1}\bar{1}]/6$ 。设 2 个 Shockley 部分位错的间距为 d
- 若 $a[10\bar{1}]/2$ 是纯刃位错，计算两个 Shockley 部分位错间的作用力；若 $a[10\bar{1}]/2$ 是螺位错，作用力又是多少？
 - 设层错能 $\gamma=10^{-6}\text{J/cm}^2$ ， $G=7\times 10^{10}\text{Pa}$ ，点阵常数为 0.3nm ， $\nu=1/3$ 。求上述两部分位错的扩展宽度。
 - 问把这扩展位错从平衡距离拉到 2nm ，要做功多少？
29. 以螺位错为例，计算 Al、Ni 和 Cu 的扩展位错的平衡宽度。切变模量见第 23 题，层错能数据见 6.8.1 节。

30. 图 6-68 中 A 是面心立方结构中的扩展位错, B 是封闭的位错环, 它的柏氏矢量和 A 左边的部分位错的相同。 A 和 B 向左移动时, 不改变其形状和尺寸, 问位错扫过后滑移面两侧原子的移动方式是否相同?



31. AB 是 B_2 型有序结构

- 画出垂直于 (101) 并包含 $[\bar{1}11]$ 方向的面的原子排列。
- 利用上图画出一个纯刃位错, 它的滑移面为 (101) , $b = a[\bar{1}11]/2$ 。
- 位错移动后是如何破坏有序排列的?
- 若此时有序合金中有一对平行的同号位错, 它们一起移动会有什么效果? 试推测这对位错是否稳定。