

C AILIAO KEXUE YANJIU YU CESHI FANGFA
XUEXI FUDAO

材料科学

研究与测试方法

学习辅导

朱和国 刘吉梓 尤泽升◎编著

沙 刚◎主审



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

材料科学研究与测试 方法学习辅导

朱和国 刘吉梓 尤泽升 编著
沙 刚 主审

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内 容 提 要

《材料科学研究与测试方法(第3版)》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”江苏省高校重点教材、2015 兵工高校优秀教材和江苏省 MOOC 网课程《材料研究方法》的指定教材。为使读者更好地理解 and 掌握该教材的核心内容,朱和国等从该教材各章节中提炼出 46 个知识点,分别细化各知识点的难点,详解学习过程中的注意点,在讲解中适当引入当前材料界的最新研究成果,并对教材前 1~6 章的课后习题进行了精选解答。

图书在版编目(CIP)数据

材料科学研究与测试方法学习辅导/朱和国,刘吉梓,
尤泽升编著. —南京:东南大学出版社,2018. 11

ISBN 978-7-5641-8074-4

I. ①材… II. ①朱… ②刘… ③尤… III. ①材料
科学-研究方法-高等学校-教学参考资料 ②材料科学-测试
方法-高等学校-教学参考资料 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 251354 号

材料科学研究与测试方法学习辅导

编 著 者 朱和国 刘吉梓 尤泽升
出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
责任编辑 张 煦
社 址 南京市四牌楼 2 号 (邮编:210096)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 南京玉河印刷厂
开 本 889 mm×1194 mm 1/16
印 张 11.75
字 数 286 千
版 次 2018 年 11 月第 1 版
印 次 2018 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-8074-4
定 价 36.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830)

前 言

本书是朱和国等编著普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”江苏省高校重点教材、2015 兵工优秀教材《材料科学研究与测试方法》(第 3 版)的配套教材。《材料科学研究与测试方法》自 2008 年第 1 版以来,被众多高校选为教材,2017 年又被定为 MOOC 网课程“材料研究方法”的配套教材,迄今 MOOC 网授课已完成两轮,受众人数分别达到 1 905 人和 1 464 人,作为专业基础课程,效果令人欣慰。然而,本教材在使用过程中,读者会有一些难点和重点特别是一些相近概念之间的区别与联系较难理解,为此,我们以 MOOC 讲授过程中采用的 46 个知识点进行归类、详解,对难点、重点和一些相近的概念进行梳理和说明,对每个知识点均配以一定量的习题练习,并附了相应的参考答案,从而使读者更好地理解 and 掌握,以全方位培养读者思考问题、分析问题和解决问题的能力。对教材 1~6 章中的思考题进行了精选解答。

本书由南京理工大学一线任课教师编著。全书共 12 章:第 1~10 章(朱和国);第 11 章(尤泽升),第 12 章(刘吉梓),全书朱和国教授统稿,沙刚教授主审。

本书得到南京理工大学教务处及材料学院徐锋院长的积极支持,东南大学吴申庆教授的热情鼓励,以及孙晓东、张大山、李成鑫、邱欢、贾婷、朱成艳、伍昊、兰利娟等研究生的鼎力协助,在此表示深深的敬意和感谢!

由于作者水平有限,本书中定有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

朱和国

2018.8 于南京

目 录

第 1 章 晶体学基础	1
1.1 《材料科学研究与测试方法》构架	1
1.2 本章小结	1
1.3 知识点 1-晶体投影	4
1.3.1 知识点 1 注意点	4
1.3.2 知识点 1 选择题	5
1.4 知识点 2-倒易点阵	5
1.4.1 知识点 2 注意点	5
1.4.2 知识点 2 选择题	6
1.5 本章思考题选答	7
第 2 章 X 射线的物理基础	17
2.1 本章小结	17
2.2 知识点 1-X 射线的产生	18
2.2.1 知识点 1 注意点	18
2.2.2 知识点 1 选择题	20
2.3 知识点 2-X 射线与物质的作用	21
2.3.1 知识点 2 注意点	21
2.3.2 知识点 2 选择题	22
2.4 本章思考题选答	23
第 3 章 X 射线的衍射原理	27
3.1 本章小结	27
3.2 知识点 1-劳埃方程与布拉格方程	29
3.2.1 知识点 1 注意点	29
3.2.2 知识点 1 选择题	32
3.3 知识点 2-布拉格方程图解与衍射方法	33
3.3.1 知识点 2 注意点	33
3.3.2 知识点 2 选择题	36
3.4 知识点 3-电子、原子、单胞对 X 射线散射	37
3.4.1 知识点 3 注意点	37
3.4.2 知识点 3 选择题	39
3.5 知识点 4-点阵消光与系统消光	40
3.5.1 知识点 4 注意点	40

3.5.2	知识点4 选择题	42
3.6	知识点5-单晶体对X射线的散射与干涉函数	44
3.6.1	知识点5 注意点	44
3.6.2	知识点5 选择题	46
3.7	知识点6-多晶单相与多相对X射线的散射	48
3.7.1	知识点6 注意点	48
3.7.2	知识点6 选择题	48
3.8	本章思考题选答	49
第4章	X射线的多晶衍射法及其应用	56
4.1	本章小结	56
4.2	知识点1-X射线衍射仪原理	59
4.2.1	知识点1 注意点	59
4.2.2	知识点1 选择题	60
4.3	知识点2-物相定性分析	61
4.3.1	知识点2 注意点	61
4.3.2	知识点2 选择题	61
4.4	知识点3-物相定量分析	62
4.4.1	知识点3 注意点	62
4.4.2	知识点3 选择题	65
4.5	知识点4-点阵常数的精确测定	66
4.5.1	知识点4 注意点	66
4.5.2	知识点4 选择题	66
4.6	知识点5-宏观应力分析	67
4.6.1	知识点5 注意点	67
4.6.2	知识点5 选择题	68
4.7	知识点6-非晶分析	69
4.7.1	知识点6 注意点	69
4.7.2	知识点6 选择题	70
4.8	知识点7-丝织构	71
4.8.1	知识点7 注意点	71
4.8.2	知识点7 选择题	72
4.9	知识点8-板织构	74
4.9.1	知识点8 注意点	74
4.9.2	知识点8 选择题	74
4.10	知识点9-X射线衍射的其他应用	75
4.10.1	知识点9 注意点	75
4.10.2	知识点9 选择题	76
4.11	本章思考题选答	77

第 5 章 电子显微分析的基础	87
5.1 本章小结	87
5.2 知识点 1-电子散射及电子束与固体物质的作用	88
5.2.1 知识点 1 注意点	88
5.2.2 知识点 1 选择题	90
5.3 知识点 2-电子衍射原理	91
5.3.1 知识点 2 注意点	91
5.3.2 知识点 2 选择题	91
5.4 知识点 3-标准电子衍射花样及偏移矢量	92
5.4.1 知识点 3 注意点	92
5.4.2 知识点 3 选择题	95
5.5 本章思考题选答	96
第 6 章 透射电子显微镜	102
6.1 本章小结	102
6.2 知识点 1-透射电镜原理与电磁透镜	104
6.2.1 知识点 1 注意点	104
6.2.2 知识点 1 选择题	105
6.3 知识点 2-像差及景深与焦长	106
6.3.1 知识点 2 注意点	106
6.3.2 知识点 2 选择题	109
6.4 知识点 3-分辨率与电子光学系统	110
6.4.1 知识点 3 注意点	110
6.4.2 知识点 3 选择题	112
6.5 知识点 4-电镜附件与选区衍射	113
6.5.1 知识点 4 注意点	113
6.5.2 知识点 4 选择题	115
6.6 知识点 5-电子衍射花样与标定	116
6.6.1 知识点 5 注意点	116
6.6.2 知识点 5 选择题	117
6.7 知识点 6-复杂电子衍射花样	118
6.7.1 知识点 6 注意点	118
6.7.2 知识点 6 选择题	120
6.8 知识点 7-衬度理论及等厚与等倾条纹	121
6.8.1 知识点 7 注意点	121
6.8.2 知识点 7 选择题	123
6.9 知识点 8-层错的衍射衬度	124
6.9.1 知识点 8 注意点	124
6.9.2 知识点 8 选择题	125

6.10	知识点 9-位错及体缺陷的衍射衬度	126
6.10.1	知识点 9 注意点	126
6.10.2	知识点 9 选择题	130
6.11	本章思考题选答	131
第 7 章	薄晶体的高分辨像	136
7.1	本章小结	136
7.2	知识点 1-高分辨原理	136
7.2.1	知识点 1 注意点	136
7.2.2	知识点 1 选择题	141
7.3	知识点 2-高分辨图像	142
7.3.1	知识点 2 注意点	142
7.3.2	知识点 2 选择题	143
第 8 章	扫描电子显微镜及电子探针	145
8.1	本章小结	145
8.2	知识点 1-扫描电子显微镜	145
8.2.1	知识点 1 注意点	145
8.2.2	知识点 1 选择题	146
8.3	知识点 2-电子探针与扫描透射电镜	147
8.3.1	知识点 2 注意点	147
8.3.2	知识点 2 选择题	150
第 9 章	表面分析技术	152
9.1	本章小结	152
9.2	知识点 1-俄歇电子能谱分析	153
9.2.1	知识点 1 注意点	153
9.2.2	知识点 1 选择题	154
9.3	知识点 2-X 射线光电子能谱仪	155
9.3.1	知识点 2 注意点	155
9.3.2	知识点 2 选择题	155
9.4	知识点 3-X 射线荧光光谱与扫描隧道电子显微镜	156
9.4.1	知识点 3 注意点	156
9.4.2	知识点 3 选择题	157
9.5	知识点 4-原子力显微镜与低能电子衍射	158
9.5.1	知识点 4 注意点	158
9.5.2	知识点 4 选择题	158

第 10 章 热分析技术	160
10.1 本章小结	160
10.2 知识点 1-热分析原理	161
10.2.1 知识点 1 注意点	161
10.2.2 知识点 1 选择题	161
10.3 知识点 2-热分析的应用	162
10.3.1 知识点 2 注意点	162
10.3.2 知识点 2 选择题	163
第 11 章 电子背散射衍射	165
11.1 本章小结	165
11.2 知识点 1-电子背散射衍射原理	166
11.2.1 知识点 1 注意点	166
11.2.2 知识点 1 选择题	166
11.3 知识点 2-电子背散射衍射应用	167
11.3.1 知识点 2 注意点	167
11.3.2 知识点 2 选择题	168
第 12 章 光谱分析	170
12.1 本章小结	170
12.2 知识点 1-红外光谱	171
12.2.1 知识点 1 注意点	171
12.2.2 知识点 1 选择题	172
12.3 知识点 2-拉曼光谱	174
12.3.1 知识点 2 注意点	174
12.3.2 知识点 2 选择题	175
12.4 知识点 3-电感耦合等离子体原子发射光谱	176
12.4.1 知识点 3 注意点	176
12.4.2 知识点 3 选择题	176
参考文献	178

第 1 章 晶体学基础

1.1 《材料科学研究与测试方法》构架

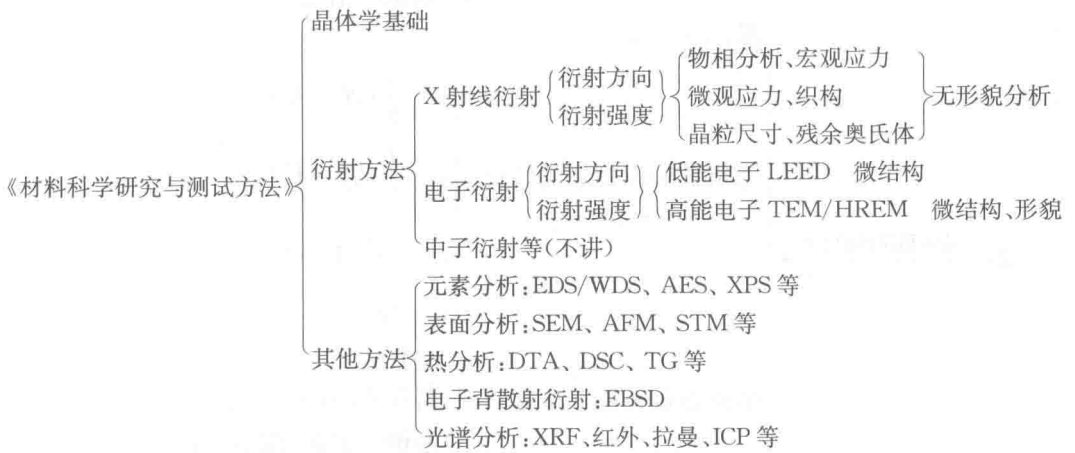
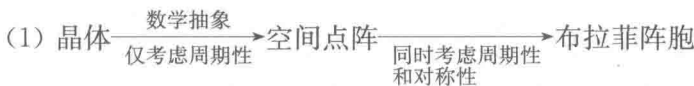
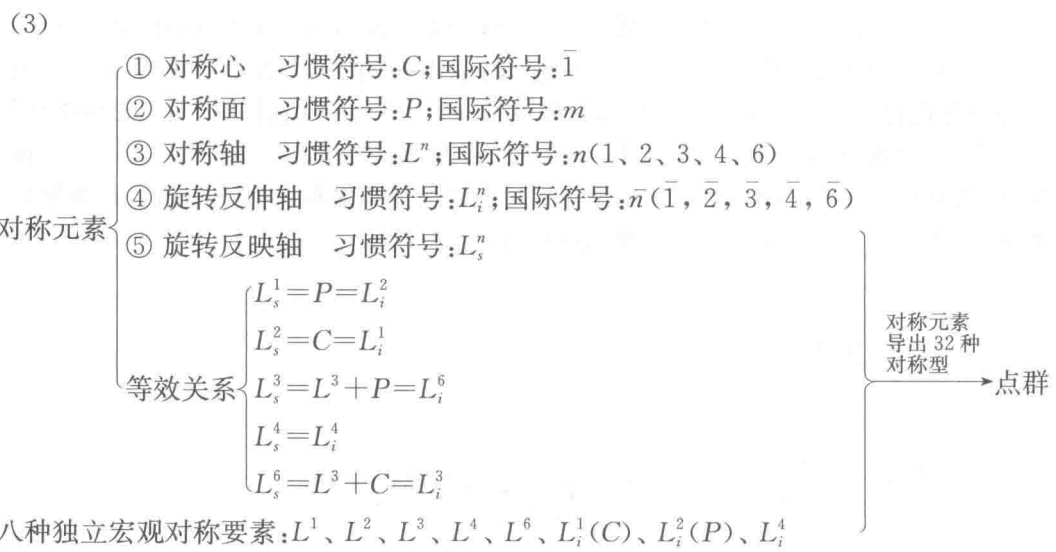
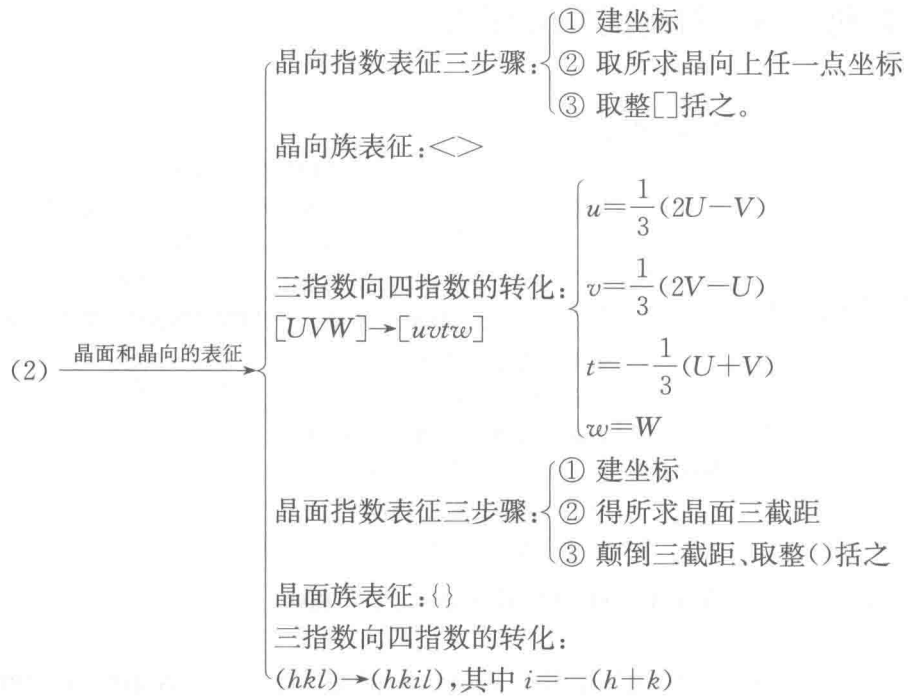
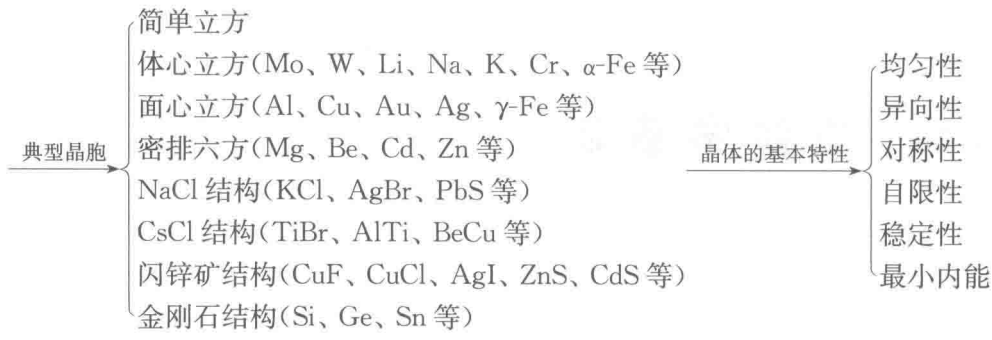


图 1-1 《材料科学研究与测试方法》构架

《材料科学研究与测试方法》构架见图 1-1,核心为“衍射”,衍射分为 X 射线衍射和电子衍射,衍射又包括衍射方向和衍射强度。X 射线与电子的衍射方向均由布拉格方程决定,而 X 射线的强度很弱,主要从电子、原子、单胞、单晶、多晶、单相、多相逐步介绍,而电子衍射的强度分析过程类似于 X 射线,且强度高,故不做介绍。X 射线衍射的应用主要有物相分析、宏观应力、微观应力、织构、晶粒尺寸、残余奥氏体及薄膜厚度测定等,核心应用在于物相鉴定,但没有形貌分析。电子衍射的应用主要是晶体的显微结构和形貌分析。其他分析方法很多,原理相对简单。本章分 2 个知识点介绍。

1.2 本章小结





- (4) 晶体的微观对称性 → 微观对称元素: { 平移轴
滑移面(反映-平移)
螺旋轴(旋转-平移)

晶体的宏观和微观对称元素的组合体构成晶体的空间群

- (5) 晶体的球面投影 { 球面投影 { 极式球面投影
迹式球面投影
- 平面投影 { 以赤道平面为投影面, 经纬线坐标网的极射赤面投影——极式网
以过南北轴的平面为投影面, 经纬线坐标网的极射平面投影网——乌氏网
- 乌氏网的作用 { 夹角的测量
晶体的转动
投影面的转换

(6) 标准投影图——以晶体的某一简单晶面为投影面, 将各晶面的球面投影再投影所形成的极射平面投影图

- (7) 倒易点阵 { 正倒空间之间的关系 { ① 同名基矢点积为 1, 异名基矢点积为 0
② a^* 垂直于 b, c 所在面
 b^* 垂直于 c, a 所在面
 c^* 垂直于 a, b 所在面
③ 倒空间的倒空间为正空间: $(a^*)^* = a; (b^*)^* = b; (c^*)^* = c$
④ 正倒空间的单胞体积互为倒数: $V \cdot V^* = 1$
⑤ 正倒空间中角度之间的关系:
 $\cos \alpha^* = \frac{\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha}{\sin \beta \sin \gamma}, \cos \beta^* = \frac{\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta}{\sin \gamma \sin \alpha}$
 $\cos \gamma^* = \frac{\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma}{\sin \alpha \sin \beta}$
⑥ 倒易点阵保留了正点阵的全部宏观对称性
⑦ 正倒空间矢量的点积为一整数
⑧ 正空间的一族平行晶面, 对应于倒空间的一个直线点列
- 倒易点阵的性质 { ① $g_{hkl} = ha^* + kb^* + lc^*$
② 倒易矢量 g 的大小等于 (hkl) 晶面间距的倒数, 即 $|g| = \frac{1}{d_{hkl}}$; 方向为晶面 (hkl) 的法线方向

- (8) 晶带定律 { 广义晶带定律 $uh + vk + wl = N (N \text{ 为整数})$
狭义晶带定律 $uh + vk + wl = 0$

晶体的布拉菲点阵有 14 种, 合并同类项得 4 个大类: 简单型、底心型、体心型、面心型, 其原子个数分别为 1、2、2、4。原子坐标分别为简单型: 000; 底心型: 000, $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$; 体心型:

000, $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$; 面心型: 000, $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$, $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$, $0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}$ 。

四指数的产生是由晶面族和晶向族的规定决定的。晶面族中各晶面和晶向族中各晶向原子排列的规律相同,晶面族和晶向族指数中的数字相同,只是位置顺序或符号不同,立方系中能完全符合这一规定,如立方系中,六个表面:(100), (010), (001), ($\bar{1}00$), ($0\bar{1}0$), ($00\bar{1}$)构成了同一个{100}晶面族;十二个对角面:(110), (101), (011), ($\bar{1}\bar{1}0$), ($\bar{1}0\bar{1}$), ($0\bar{1}\bar{1}$), ($\bar{1}10$), ($1\bar{1}0$), ($0\bar{1}1$), ($01\bar{1}$), ($\bar{1}01$), ($10\bar{1}$)构成{110}晶面族。但在六方系中会存在差异见图 1-1。如六个侧面的原子排列情况相同,晶面间距也相等,但空间位向不同,属同一晶面族。三指数时,六个侧面的晶面指数分别是:(100)、(010)、($\bar{1}10$)、($\bar{1}00$)、($0\bar{1}0$)、($1\bar{1}0$)。这与前面晶面族的定义不吻合,同样过底心的三条对角线阵点排列也应相同,属于同一个晶向族,也应为相同的指数,实际上为[100]、[010]、[110]。为此,通过增加一根轴 a_3 ,采用四轴制 a_1 、 a_2 、 a_3 和 c 表征时即可解决这个问题,其中 a_1 、 a_2 、 a_3 互成 120° ,且 $a_3 = -(a_1 + a_2)$,此时六个侧面的晶面指数分别为:($10\bar{1}0$)、($01\bar{1}0$)、($\bar{1}100$)、($\bar{1}010$)、($0\bar{1}10$)、($1\bar{1}00$),它们的数字相同,只是排列顺序和符号不同,同为一个晶面族{1100}。同样过底心的三条对角线指数分别为:[$2\bar{1}\bar{1}0$]、[$\bar{1}2\bar{1}0$]、[$11\bar{2}0$]、与晶向族的定义吻合,同属晶向族 $\langle 1120 \rangle$ 。

需注意点:①离开立方系时,数字相同,而顺序不同的晶面指数所表示的晶面就不一定属于同一个晶面族了,如在正交系中,晶面(100)、(010)、(001)上的原子排列情况和晶面间距均不相同,故其不属于同一个晶面族。②底心点阵的四个侧面属于同一晶面族{100},显然不包含顶面和底面。③六方结构的晶面、晶向均可用三指数和四指数表征。

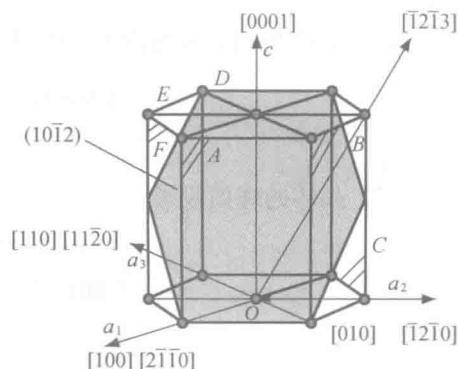


图 1-2 六方结构中常见晶面和晶向的三轴指数与四轴指数

1.3 知识点 1-晶体投影

1.3.1 知识点 1 注意点

1) 投影的目的是将晶面、晶向的空间关系转变为平面几何关系,从而便于分析。

2) 球面投影只是一个中介投影,是将晶面、晶向以一定规则投射到球面上。迹式球面投影是指晶体的几何要素(晶面、晶向)通过直接延伸或扩展与投影球相交,在球面上留下的痕迹,属于直接投影。极式球面投影是指晶体的几何要素(晶面、晶向点除外)通过间接延伸或扩展后与投影球相交,在球面上留下的痕迹,属于间接投影。然后再将球面投影以一定的规则向某选定平面投影,从而获得极射赤面投影或标准极射赤面投影。

3) 晶面的极式球面投影与晶向的迹式球面投影的结果均为点,它们的平面投影也均为点,这样晶体中的晶面、晶向空间关系系统转变为平面中点与点之间的几何关系,为研究提供方便。

4) 投影面有球面、赤平面、晶体的低指数晶面、轧平面等。

1.3.2 知识点1 选择题

1. 晶体投影是指()
(A) 晶体中的晶面、晶向以一定的规则在二维面上的投影
(B) 晶体外形的直接投影
(C) 晶体晶面的投影
(D) 晶体晶向的投影
2. 晶体投影面有()
(A) 球面一种
(B) 赤平面一种
(C) 球面和赤平面两种
(D) 球面、赤平面、轧平面和晶体的晶面等
3. 晶体的球面投影分为()
(A) 迹式一种
(B) 极式一种
(C) 迹式、极式和复式三种
(D) 迹式和极式两种
4. 极射赤面投影是()
(A) 晶面、晶向球面投影的再投影,二次投影
(B) 晶面、晶向在赤平面上的直接投影
(C) 晶面、晶向在赤平面上的垂直投影
(D) 晶面、晶向在赤平面上的平行投影
5. 标准投影图()
(A) 针对单晶体,以晶体的某一简单晶面为投影面,将各晶面的球面投影再投影到此平面上去所形成的投影图
(B) 针对单晶体,以晶体的某一高指数晶面为投影面,将各晶面的球面投影再投影到此平面上去所形成的投影图
(C) 针对多晶体,以晶体的某一简单晶面为投影面,将各晶面的球面投影再投影到此平面上去所形成的投影图
(D) 针对多晶体,以晶体的某一高指数晶面为投影面,将各晶面的球面投影再投影到此平面上去所形成的投影图

答案: ADDAA

1.4 知识点2-倒易点阵

1.4.1 知识点2 注意点

1) 倒空间的建立目的是解释衍射花样(X射线衍射与电子衍射)产生的原因,倒空间的理论基础是数学傅立叶变换。倒易矢量的方向:晶面的法线方向,倒易矢量的大小:晶面间距的倒数。

2) 正空间中的所有晶面可转化为倒空间中的一系列倒易矢量,倒易矢量的端点规则排列构成倒易点阵,这样正空间中的晶面与晶面之间的空间关系转化为倒空间中的点与点之间的关系。

3) 倒易点阵中的任何一阵面上的所有阵点对应的晶面在正空间中构成一个晶带, 倒易阵面的法线为该晶带轴的方向。设晶带轴为 $[uvw]$, 晶面指数 (hkl) , 则 $uh + vk + wl = N$ 。 $N = 0$ 时, 倒易阵面通过原点, $N \neq 0$ 时, 倒易阵面不通过原点, 即为广义晶带。

阴影阵面上标注的 9 个阵点, 除原点外 8 个阵点对应正空间中 8 个晶面, 分别为 (100) 、 (200) 、 (210) 、 (220) 、 (110) 、 (120) 、 (010) 、 (020) , 这些晶面属于同一晶带轴 $[001]$ 的晶带面。原点与点阵中任一阵点如 A 点相连, 即得一倒易矢量 $\vec{O^*A}$, 该矢量即为晶面 (121) 的倒易矢量, 方向与晶面 (121) 垂直, 该倒易矢量的大小为 (121) 晶面间距的倒数。

- 1) 倒易矢量的端点表示正空间中的晶面; 端点坐标由不带括号的三位数表示;
- 2) 倒易矢量的长度表示正空间中晶面间距的倒数;
- 3) 倒易矢量的方向表示该晶面的法线方向;
- 4) 倒空间中的直线点列表示正空间中一个系列平行晶面;
- 5) 倒空间中的阵平面表示正空间中同一晶带的系列晶带面。
- 6) 倒空间中的阵球面表示正空间中多晶体中同一晶面族。

倒易点阵是解释衍射的有力工具, 同一晶带面在倒阵空间中为平面, 衍射花样即为倒阵面上斑点的投影。

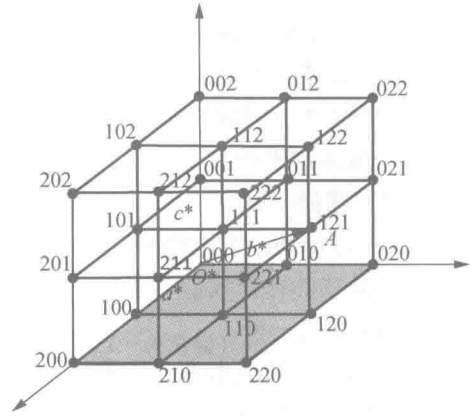


图 1-3 倒易点阵示意图

1.4.2 知识点 2 选择题

1. 倒易点阵是指()
 - (A) 正空间中的晶向按一定的规则转变为另一空间的一阵点, 晶体的所有晶面转变为一系列规则排列的点阵, 是一虚拟点阵
 - (B) 正空间中的晶面按一定的规则转变为另一空间的一阵点, 晶体的所有晶向转变为一系列规则排列的点阵, 是一实点阵
 - (C) 正空间中的晶向按一定的规则转变为另一空间的一阵点, 晶体的所有晶向转变为一系列规则排列的点阵, 是一虚拟点阵
 - (D) 正空间中的晶面按一定的规则转变为另一空间的一阵点, 晶体的所有晶面转变为一系列规则排列的点阵, 是一虚拟点阵
2. 晶带面是指()
 - (A) 平行或通过同一晶轴的一系列晶面
 - (B) 平行或垂直同一晶轴的一系列晶面
 - (C) 垂直于同一晶轴的一系列晶面
 - (D) 平行或通过同一晶面的一系列晶面
3. 晶带定律中的晶带面在倒阵空间中阵点的几何关系是()
 - (A) 共面
 - (B) 共线
 - (C) 共点
 - (D) 无规律
4. 正倒空间的变换理论是()
 - (A) 傅立叶变换
 - (B) 对称变换
 - (C) 投影变换
 - (D) 正交变换

5. 倒空间为球面表明是()
- (A) 由正空间中不同晶体中同一个指数的晶面所对应的倒易阵点组成
 (B) 由正空间中单晶体中同一个指数的晶面所对应的倒易阵点组成
 (C) 由正空间中单晶体中不同指数的晶面所对应的倒易阵点组成
 (D) 由正空间中不同晶体中不同指数的晶面所对应的倒易阵点组成
6. 倒空间中的阵点表示()
- (A) 正空间中的晶面 (B) 正空间中的晶向
 (C) 正空间中的质点 (D) 正空间中的晶体
7. 倒易矢量表示()
- (A) 正空间中的晶面 (B) 正空间中的晶向
 (C) 正空间中的质点 (D) 正空间中的晶体
8. 晶带轴与晶带面()
- (A) 垂直 (B) 平行
 (C) 相交, 角度大于 0° 、小于 90° (D) 相交, 角度大于 90° 、小于 180°
9. 球面投影中的一个 大圆(极圆)反映()
- (A) 一个晶带 (B) 一个晶面
 (C) 一根晶轴 (D) 一个单晶体中的系列质点
10. 倒空间中的直线点列表示()
- (A) 正空间中的一个系列晶面, 它们相互垂直
 (B) 正空间中的一个系列晶面, 它们相互平行
 (C) 正空间中的一个系列晶面, 它们共面
 (D) 正空间中的一个系列晶面, 它们之间有的垂直有的平行
11. 立方晶体中, 正倒空间对应的坐标矢量轴()
- (A) 垂直 (B) 平行 (C) 相交 (D) 重合
12. 正空间中对称关系对应于倒空间()
- (A) 同样存在 (B) 不存在 (C) 部分存在 (D) 不确定
13. 倒易矢量的方向与其对应的正空间中晶面()
- (A) 垂直 (B) 平行 (C) 呈锐角相交 (D) 呈钝角相交
14. 倒易球面反映()
- (A) 多晶体中同一晶面 (B) 单晶体的同一晶面
 (C) 多晶体中的同一晶向 (D) 单晶体的同一晶向
15. 倒易球面的致密性取决于()
- (A) 多晶体的粒度 (B) 单晶体的粒度
 (C) 多晶体的粒度和数量 (D) 单晶体的位向

答案: DAAAA, AABAB, BAAAC

1.5 本章思考题选答

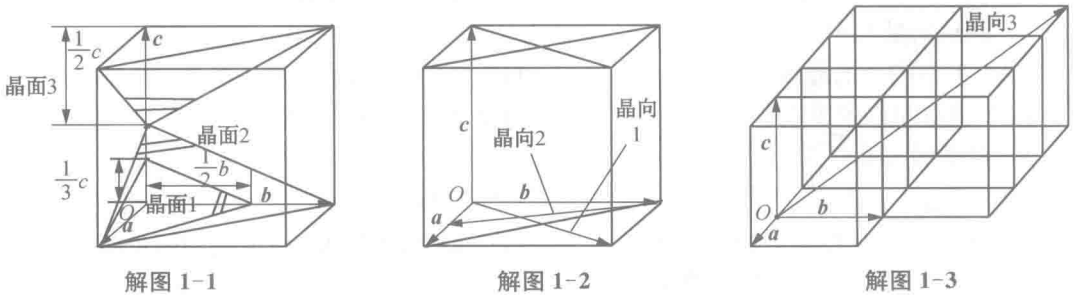
1.1 写出立方晶系 $\{110\}$ $\{123\}$ 晶面族的所有等价面。

答: $\{110\}$ 的等价面: $(110), (101), (011), (\bar{1}10), (\bar{1}01), (0\bar{1}1), (1\bar{1}0), (10\bar{1}), (01\bar{1}), (\bar{1}\bar{1}0), (\bar{1}0\bar{1}), (0\bar{1}\bar{1})$

$\{123\}$ 的等价面: $(123), (\bar{1}23), (\bar{1}\bar{2}3), (1\bar{2}3), (132), (\bar{1}32), (\bar{1}\bar{3}2), (1\bar{3}2), (213), (\bar{2}13), (\bar{2}\bar{1}3), (2\bar{1}3), (231), (\bar{2}31), (\bar{2}\bar{3}1), (2\bar{3}1), (312), (\bar{3}12), (\bar{3}\bar{1}2), (3\bar{1}2), (321), (\bar{3}21), (3\bar{2}1), (3\bar{2}\bar{1})$

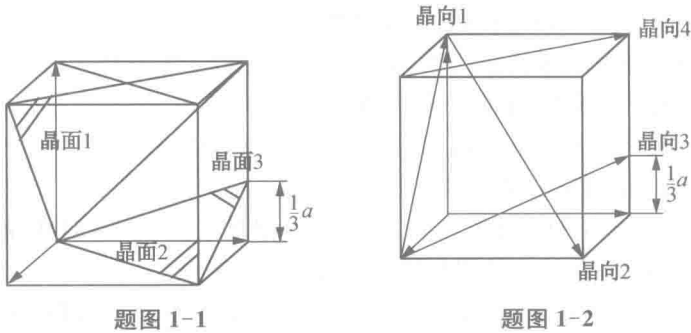
1.2 立方晶胞中画出 $(123), (112), (11\bar{2}), [110], [1\bar{2}0], [\bar{3}21]$ 。

答: $(123), (112), (11\bar{2})$ 分别为解图 1-1 中的晶面 1、晶面 2 和晶面 3。



晶向 $[110], [1\bar{2}0]$ 见解图 1-2 图中晶向 1 和晶向 2, $[\bar{3}21]$ 见解图 1-3。

1.3 标注下图立方晶胞中各晶面和晶向的指数:



答: 晶面 1、晶面 2、晶面 3 分别为 $(11\bar{1}), (\bar{1}10), (1\bar{1}3)$

晶向 1、晶向 2、晶向 3、晶向 4 分别为 $[\bar{1}01], [11\bar{1}], [\bar{3}31], [\bar{1}10]$

1.4 标注下图六方晶胞中各晶面和晶向的指数。

