

材料科学及测试技术丛书

# X 射线定向仪的 应用技术

刘来保 编著

科学出版社



材料科学及测试技术

# X 射线定向仪 应用技术

刘来保 编著

科学出版社

1990



## 内 容 简 介

X射线定向仪是目前晶体切割加工中重要的定向专用设备。为了充分发挥此仪器的潜在功能,作者利用多种仪器作了许多重叠性的对照实验,证明了利用单一的X射线定向仪可以完成多项测试和研究工作。本书是作者多年工作总结。书中介绍了利用定向仪进行晶体各种测试的技术。内容如下:第一、二章介绍晶体学及X射线在晶体中衍射的基础知识;第三章简要说明X射线定向仪测偏原理及常规使用方法;第四章介绍定向仪对晶体面指数或晶轴进行快速测定的几种方法;第五章介绍几种用定向仪检测晶体的技术。书中附有近120种常用技术晶体或金属晶体的粉末衍射谱线卡及 $(\theta_{K\alpha}-\theta_{K\beta})$ 角差与 $d$ 值的对照表,供检测时查用。

本书主要为晶体定向切割加工技术人员编写,也可供从事晶体检测的研究人员或有关专业人员参考。

材料科学及测试技术丛书

## X射线定向仪的应用技术

刘来保 编著

责任编辑 陈菊华

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1990年6月第一版 开本:787×1092 1/32

1990年6月第一次印刷 印张:8 7/8

印数:0001—700 字数:198 000

ISBN 7-03-001662-9/O·330

定价:0.90元

# 材料科学及测试技术丛书

## 编辑委员会

主 编: 严东生

副 主 编: 柯 俊 颜鸣皋

编辑委员: 冯 端 刘嘉禾 孙珍宝 师昌绪  
许顺生 肖纪美 沈华生 李恒德  
吴人洁 范 棠 柯 成 徐祖耀  
钱人元 殷之文 郭可信 郭慕孙  
章守华 葛庭燧 程继健

# 材料科学及测试技术丛书

## 出版说明

材料科学是现代科学技术的基础,是属于全局性的重要科学技术领域。由于许多材料的局限性会影响国民经济和国防现代化的进程,因此,为了提高我国材料科研工作的理论水平和材料生产的技术水平,为各个部门提供充足和优质的材料,我们出版了这套材料科学及测试技术丛书。本丛书分为材料科学与测试技术两部分。材料科学部分主要介绍金属、非金属及其他新型材料的研究成果、原理与理论;测试技术部分主要介绍上述材料的微观组织与结构及其观测技术,也介绍有关性能测试和过程机理。我们力求本丛书能反映我国材料科学研究工作者和材料工程技术人员的实践经验与成就,以及他们在发展材料科学与技术方面的见解,同时也反映国外的最新经验和成果。读者对象为从事材料科学的科研工作者和从事材料测试的工程技术人员以及高等院校的有关专业师生。

我们不仅期望本丛书能对我国的材料科学与技术的发展起到一定的推动作用,并且希望它对材料科学与技术领域内的科技工作者有所启发,从而进一步写出反映我国科学技术水平和发展方向的专著,以满足广大读者的需要。

**材料科学及测试技术  
丛书编辑委员会**

# 科学出版社

## 材料科学及测试技术丛书

|                       |        |        |
|-----------------------|--------|--------|
| 金属材料热力学               | 徐祖耀著   | 1.80 元 |
| 电子衍射图在晶体学中的应用         | 郭可信等编著 | 2.55 元 |
| 马氏体相变与马氏体             | 徐祖耀著   | 2.30 元 |
| 现代功能材料导论              | 温树林编著  | 2.00 元 |
| 钢中的非金属夹杂物             | 李代钟编著  | 1.95 元 |
| 高分辨电子显微学在固体科学<br>中的应用 | 郭可信等主编 | 3.60 元 |
| X 射线衍射学进展             | 许顺生主编  | 2.70 元 |
| 金属的超塑性                | 何景素等编著 | 2.45 元 |
| 高空间分辨分析电子显微学          | 朱静等编著  | 3.10 元 |
| 陶瓷材料的力学性能             | 张清纯编著  | 4.40 元 |
| 金属高温疲劳                | 何晋瑞主编  | 2.80 元 |
| 材料结构科学 上册             | 温树林编著  | 3.70 元 |
| 材料结构科学 下册             | 温树林编著  | 9.30 元 |

## 前 言

X射线定向仪是目前晶体切割加工中重要的定向专用设备。在仪器设备自动化程度迅速提高的今天,它虽算不上精密仪器,但仍在实际工作中发挥很大的作用。在以往的应用中,人们只利用它特有的一种功能——测定已知晶面与某结晶面的偏差。这种测偏工作只能先用X射线单晶仪照劳厄相,在大致定好被测平面的面指数的基础上才能进行。这样,使不少单位或晶体加工部门由于缺乏劳厄照相条件,对晶体定向加工工作带来很大困难,延长了加工周期,造成不必要的时间、人力和财力的浪费。

为了充分发挥此仪器的潜在功能,作者利用有关实验室现有多种仪器作了许多重叠性的对照实验,证明利用单一的定向仪可以完成多项测试和研究工作。作者对这些工作的主要内容分别作了整理,其中有十多篇报告相继发表于《物理》、《无机材料学报》和《理化检验》等刊物上。由于这些期刊的篇幅有限,测试方法中必备的对照表格较长,无法登载,因此使这些方法无法推广应用。在有关专家的评审过程中及不少读者来信中均建议将这些方法整理成册,以供有关检测人员参考。基于以上情况,本人决心完成此书的编写工作。

应指出的是,这些测试方法利用的是一些基本原理,由于受仪器设备自动化程度的限制,操作过程以手动为主,因此应用时经验性较强。望读者从实践中不断扩大其应用,在应用中不断总结提高和发挥这一技术,从而使方法更为完善有效,以发挥更大的作用。

本书主要内容承蒙钱临照学部委员，吴自勤、傅平秋、李德宇教授及周贵恩、蒋树声、赵宗颜、陈金庚等副教授的审阅并提出宝贵意见。部分方法的建立及数据的计算机处理得到高余铭、黄鲁同志的协助，杭寅、薛家恒、龙申荣等同志对本书的出版给予大力支持和帮助，全书由周贵恩副教授审稿，在此一并致谢。

本书第一、二章的内容主要从第一、二章所列的参考文献中收集整理，在此向这些文献的作者致谢。

本书主要内容为作者多年工作总结，由于水平有限，错误之处恳切希望有关专家及广大读者批评指正。

刘来保

1989年11月于合肥

# 目 录

|                   |    |
|-------------------|----|
| 前言                | v  |
| 第一章 晶体学的基础知识      | 1  |
| 1.1 晶体的一般概念       | 1  |
| 1.2 晶体的分类         | 1  |
| 1.3 晶体的通性         | 5  |
| 1.4 晶体的几何学        | 7  |
| 1.4.1 晶体的对称性      | 7  |
| 1.4.2 晶体的外形       | 18 |
| 1.4.3 晶面有理数定理     | 31 |
| 1.4.4 晶面符号        | 33 |
| 1.5 晶体坐标轴的选择规则    | 35 |
| 1.6 晶带            | 41 |
| 1.7 面间距 $d$ 的计算   | 41 |
| 1.8 230 种空间群      | 43 |
| 参考文献              | 46 |
| 第二章 X 射线衍射的基本知识   | 47 |
| 2.1 X 射线          | 47 |
| 2.1.1 X 射线的名称及其性质 | 47 |
| 2.1.2 X 射线的产生     | 48 |
| 2.1.3 X 射线谱       | 49 |
| 2.1.4 X 射线的吸收     | 52 |
| 2.2 X 射线在点阵平面上的反射 | 53 |
| 2.2.1 布喇格定律       | 54 |
| 2.2.2 系统消光及其应用    | 55 |
| 参考文献              | 56 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>第三章 X 射线定向仪的常规应用</b> .....                                                        | 57 |
| 3.1 X 射线定向仪的工作原理 .....                                                               | 57 |
| 3.2 仪器零位的调整 .....                                                                    | 60 |
| 3.2.1 X 射线管位置的调整 .....                                                               | 61 |
| 3.2.2 平行光管位置的校正 .....                                                                | 61 |
| 3.2.3 样品轴中心线是否与光束相交 .....                                                            | 61 |
| 3.3 $K_{\alpha_1}$ , $K_{\alpha_2}$ , $K_{\beta}$ 特征谱线的鉴别 .....                      | 63 |
| 参考文献 .....                                                                           | 64 |
| <b>第四章 晶体的快速定向法</b> .....                                                            | 65 |
| 4.1 关于晶体定向的概念 .....                                                                  | 65 |
| 4.2 晶面夹角的计算及其在定向中的应用 .....                                                           | 66 |
| 4.3 棒状晶体的快速定向法 .....                                                                 | 68 |
| 4.3.1 人工合成棒状晶体结晶学特性 .....                                                            | 68 |
| 4.3.2 定向方法 .....                                                                     | 72 |
| 4.4 测定 ( $hkl$ ) 面族中多级衍射等偏角的简易定向法 .....                                              | 74 |
| 4.4.1 基本概念和原理 .....                                                                  | 74 |
| 4.4.2 定向方法 .....                                                                     | 74 |
| 4.4.3 应用实例 .....                                                                     | 76 |
| 4.5 测定同一晶面 ( $\theta_{K_{\alpha}} - \theta_{K_{\beta}}$ ) 角差 ( $\delta$ ) 的定向法 ..... | 77 |
| 4.5.1 原理和方法 .....                                                                    | 78 |
| 4.5.2 测量精度分析 .....                                                                   | 81 |
| 4.5.3 应用实例 .....                                                                     | 81 |
| 4.6 测定晶棒端面面指数的定向方法 .....                                                             | 84 |
| 4.7 几种定向方法的配合应用 .....                                                                | 85 |
| 4.8 X 射线定向仪的快速定向法应用于衍射仪 ...                                                          | 85 |
| 4.8.1 棒状晶体在衍射仪上的定向方法 .....                                                           | 86 |
| 4.8.2 $2\theta$ 及 $\theta$ 角异步调节定向法 .....                                            | 87 |

|            |                                                             |            |
|------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 4.8.3      | $2\theta$ 及 $\theta$ 固定, 调节样品方位的定向法                         | 88         |
| 4.9        | 部分晶体粉末衍射谱线卡                                                 | 90         |
|            | 参考文献                                                        | 182        |
| <b>第五章</b> | <b>检测晶体的几种方法</b>                                            | <b>183</b> |
| 5.1        | 单晶与多晶的快速鉴别                                                  | 183        |
| 5.2        | 棒状晶体轴向差的快速测定                                                | 184        |
| 5.2.1      | 测定方法                                                        | 185        |
| 5.2.2      | 误差分析                                                        | 186        |
| 5.2.3      | 应用实例                                                        | 186        |
| 5.3        | 晶体胞常数及其变化的测定                                                | 190        |
| 5.3.1      | 原理及计算方法                                                     | 190        |
| 5.3.2      | 测量误差分析及其校正                                                  | 193        |
| 5.3.3      | 应用实例                                                        | 196        |
| 5.4        | 晶体连生体的简易检测法                                                 | 197        |
| 5.4.1      | 检测方法                                                        | 198        |
| 5.4.2      | 应用实例                                                        | 199        |
| 5.5        | 应用X射线定向仪快速检测金属单晶丝的方<br>法                                    | 208        |
| 5.5.1      | 仪器的调整及样品放置                                                  | 208        |
| 5.5.2      | 检测内容及方法                                                     | 209        |
| 5.5.3      | 应用实例                                                        | 211        |
| 5.6        | 金属多晶材料择优取向的快速测定                                             | 215        |
| 5.6.1      | 多晶、多晶择优取向及单晶金属材料的区别                                         | 215        |
| 5.6.2      | 方法与实例                                                       | 216        |
| 5.7        | 附表                                                          | 220        |
|            | 附表 1: 立方系晶体晶面间夹角                                            | 220        |
|            | 附表 2: 230 种空间群及其反射条件                                        | 225        |
|            | 附表 3: $d$ 值与 $(\theta_{K_\alpha} - \theta_{K_\beta})$ 角差关系表 | 233        |
|            | 参考文献                                                        | 272        |

# 第一章 晶体学的基础知识

## 1.1 晶体的一般概念

关于晶体的概念，不同时期有不同的定义。50年代时，我国晶体矿物学老前辈何作霖先生称异向非均质体为晶体；60年代时，许顺生先生定义晶体为由许多质点（包括原子、离子或原子群等）在三维空间作有规则排列而成的固体物质；80年代时，晶体又被定义为长程有序，由构造基元（原子、原子团或离子团）近似无限地、周期性重复排列构成的固体或液体物质。

按照这些定义和客观存在的情况，晶体并不必须有一定的几何外形，任何物质（包括液体），只要其物质质点在三维空间作有规则的排列，并在相同方向具有相同性质，都叫晶体。

## 1.2 晶体的分类

目前，所谓的晶体材料是指在尖端科学技术中有广泛用途的单晶材料，它已成为材料科学的一个重要研究对象，并日益发挥出愈来愈重要的作用。张克从教授将单晶材料按其功能性质分为下列几种：

1) 半导体晶体 它是比较早发展起来的晶体之一，首先得到应用的第一代元素半导体是锗（Ge）单晶，继而是硅（Si）单晶，第二代为 III-V 族化合物，如砷化镓（GaAs）、磷化镓（GaP）等，而今已发展到三元或多元化合物等半导体

晶体材料,但目前主要的半导体基础材料仍是硅单晶。

2) 硅化单晶薄膜 如电子计算机中用的磁性单晶薄膜,就是在非磁性单晶衬底上,外延生长稀土铁石榴石( $\text{Re}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ )薄膜,常用的外延材料为钆镓石榴石( $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ )等晶体。

3) 光学晶体 用光学晶体可制成各种光学透镜、棱镜、偏光镜和观察窗口等。一般根据其透光波段的不同而选用不同单晶体。作透镜、棱镜用的晶体有  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KBr}$ 、 $\text{LiF}$ 、 $\alpha\text{-SiO}_2$  及  $\text{SrF}_2$  等。作偏光镜用的晶体有 方解石 ( $\text{CaCO}_3$ )、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{NaNO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  及  $\text{CaWO}_4$  等。作观察窗口用的有氟金云母、水晶 ( $\alpha\text{-SiO}_2$ )、金红石 ( $\text{TiO}_2$ ) 及钛酸锶 ( $\text{SrTiO}_3$ ) 等。

4) X射线分光晶体 X射线分光晶体的分光效应类似于光谱仪的光栅或棱镜,根据欲分析元素的特征X射线波长来选择适宜的分光晶体。常用的分光晶体有  $\text{LiF}$ 、水晶 ( $\alpha\text{-SiO}_2$ )、磷酸二氢铵 ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )、邻苯二甲酸钾 ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_4\text{K}$ )、季戊四醇 ( $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$ ) 以及皂膜晶体  $\text{M}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$  (其中M为  $\text{Pb}$ 、 $\text{Ba}$  等)。

5) 激光晶体 激光晶体是激光的工作物质,其中包括掺入激活离子的激光晶体,如红宝石 ( $\text{Cr-Al}_2\text{O}_3$ )、 $\text{Nd-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{DY-CaF}_2$  等。还有化学计量激光晶体,如五磷酸铈 ( $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$ )、四磷酸铈锂 ( $\text{LiNdP}_4\text{O}_{12}$ )、四硼酸铝铈 ( $\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$ ) 等。

6) 电光晶体 凡因外加电场而能使光的折射率发生变化的晶体统称为电光晶体,它可用来制作电光调制器、参量振荡器等。常用的电光晶体有磷酸二氘钾 ( $\text{KD}_2\text{PO}_4$ )、砷酸二氘铯 ( $\text{CsD}_2\text{AsO}_4$ )、铌酸锂 ( $\text{LiNbO}_3$ )、钽酸锂 ( $\text{LiTaO}_3$ )、氯化亚铜 ( $\text{CuCl}$ )、铌酸锶钡 ( $\text{Ba}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ )、铌酸钡钠 ( $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$ ) 等。

7) 声光晶体 光波和声波同时射到晶体上,在一定条件

下,声波和光波之间的相互作用可用来控制光束,如光束的传播方向发生偏转、光束的强度和频率发生变化等,这些效应称为声光效应。利用晶体的声光效应可制出声光器件,如声光偏转器、声光调Q开关、声表面波器件等。目前应用较广的声光晶体有钼酸铅( $\text{PbMoO}_4$ )、锗酸铋( $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ )、二氧化碲( $\text{TeO}_2$ )、硫化砷酸铊( $\text{Tl}_3\text{AsS}_4$ )等。

8) 非线性光学晶体 光与物质之间的非线性作用可以导致光波之间非线性作用,当使用激光时,这种作用会更为显著,这种与光强有关的光学效应,称为非线性光学效应。这种效应可产生激光倍频、和频与差频、光参量放大与振荡、多光子吸收和非线性光谱等。当前应用最广泛的倍频晶体有 $\alpha$ 碘酸锂( $\alpha\text{-LiIO}_3$ )、铌酸钡钠( $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$ )、砷酸二氘铯( $\text{CsD}_2\text{AsO}_4$ )、磷酸二氘钾( $\text{KD}_2\text{PO}_4$ )、磷酸钛氧钾( $\text{KTiOPO}_4$ )、五硼酸钾( $\text{KB}_3\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )、尿素 $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ 和偏硼酸钡( $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ )等。

9) 磁光晶体 晶体因受外加磁场作用其折射率发生变化的现象称为磁光效应。磁光晶体可用来制作磁光偏转器等。常用的磁光晶体有 $\text{EuX}$ (X为O, S, Se, Te等)及偏铁酸钇( $\text{YFeO}_3$ )晶体等。

10) 压电晶体 当电介质晶体在外力作用下发生形变时,它的某些表面会出现电荷积累,这种现象称为正压电效应。反之,称反压电效应。具有压电效应的晶体称压电晶体。目前具有实用价值的压电晶体有水晶( $\alpha\text{-SiO}_2$ )、磷酸二氢铵( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )、磷酸二氢钾( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )、钽酸锂( $\text{LiTaO}_3$ )、钛酸钡( $\text{BaTiO}_3$ )、磷酸铝( $\text{AlPO}_4$ )等。用量最大的是水晶,大多数用来制作滤波器、谐振器及石英钟表中的振子、光偏转器、机电换能器和观察窗口等。

11) 热释电晶体 某些晶体不仅可以用机械应力的作用

产生极化(压电现象),而且还可以因温度变化而产生极化,如加热三方系电气石晶体时,在晶体唯一的三次轴两端即产生数量相等而符号相反的电荷,若将晶体冷却,则电荷改变符号,晶体的这种性质称为热释电性。具有这种性质的晶体称为热释电晶体,如硫酸三甘肽(简称 TGS)晶体系列、碲镉汞、铌酸锶钡(SBN)、铌酸锂(LN)、钽酸锂(LT)和亚硝酸钠等。

12) 铁电晶体 在热释电晶体中,有一类晶体不但具有自发极化,而且自发极化强度可以因外加电场作用而反向。这样的电极化强度  $P$  与外电场  $E$  之间的关系,构成了和铁磁体中的磁滞回线类似的电滞回线。由于这类物质的介电性质在许多方面与铁磁物质的磁性行为相类似,所以就将这一类晶体称为铁电晶体(其实晶体中不含铁)。目前已发现了上千种铁电晶体,从成份上看主要为酒石酸盐、磷酸盐、砷酸盐、硫酸盐、钨酸盐、钼酸盐以及复合氧化物等晶体。

13) 闪烁晶体 闪烁晶体是一种用来制造探测放射性的闪烁计数器的材料,目前最常用的闪烁晶体有 锗酸铋(BGO)、掺铈的碘化钠和碘化钾、氟化钡( $\text{BaF}_2$ )、钨酸锌( $\text{ZnWO}_4$ )等。

14) 硬质晶体 因为这类晶体硬度高而得名,它是发展现代工业的重要工具材料,其中用途最大的是金刚石。它的大颗粒同时又是力学、热学、光学和高温半导体材料,立方氮化硼(BN)、红宝石( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )、碳化硅( $\text{SiC}$ )等是主要的研磨材料。

此外,还可以划出绝缘晶体、色心晶体、液晶、敏感晶体、光存储晶体、热光晶体、光色晶体、超导体晶体、快离子导体晶体等。有些晶体本身具有多种功能效应,如四硼酸铝铈 $[\text{NdAl}(\text{BO}_3)_4]$ ,它既是激光晶体又是电光、声光和非线性光

学晶体。这些性质正是发展晶体综合应用使晶体器件多功能化的重要研究课题。

以上晶体是按功能分类，此外还可按成分划分为无机非金属材料、金属晶体、有机晶体等，按晶体的内部结构对称关系划分为一轴晶体、二轴晶体及立方晶体等，以及其它各种分类，在此不一一介绍了。

### 1.3 晶体的通性

晶体除了各自的特性外，各类晶体还具有一些仅仅与晶体的空间点阵规律有关的基本性质，称为晶体的通性。概括如下：

1) 自限性 晶体具有自发地形成封闭几何多面体的特性，称为自限性。这种特性是由晶体内部点阵构造的特性所决定的。正如图 1.1 所示，晶体在自发成核生成晶体以后，如果在外界条件充分的情况下，晶体经过自我完整而形成与某组分有联系的晶体几何外形，这种外形虽然因生长条件有差异而有所不同，但它的晶面、晶棱及晶顶三者的数目满足如下关系式：

$$\text{晶面数} + \text{晶顶数} = \text{晶棱数} + 2$$

而且各晶面之间的大小虽然也因生长条件不同而有所差异，但其相应的两个晶面之间的夹角总是恒定的。这一规则称为晶体的面角守恒定律。无论是天然产出的还是人工合成的晶体，只要它形成封闭体，就严格遵循此定律。

2) 均匀性 在晶体中，所有构造基元都是按点阵规律周期性排列的。如果在晶体的不同部位，从彼此平行的相同的方向上进行观察，则在该方向上所有构造基元的取向和间距都是一样的，如图 1.2 所示。所以，晶体在相同方向上的宏观

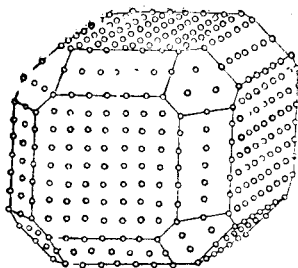


图 1.1 结晶多面体与点阵构造

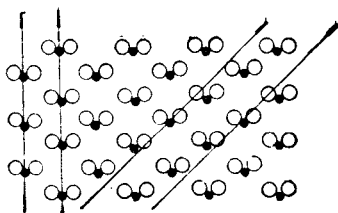


图 1.2 晶体的均匀性和各向异性

性质与观察的具体位置无关,也就是说,晶体在不同部位上具有相同性质,这就是晶体的均匀性。

3) 各向异性性 晶体因方向不同而表现出性质差异的特性,称为晶体的各向异性。

晶体的各向异性是晶体区别于非晶质体的重要特性。

在晶体中,构造基元是按点阵规律排列的,晶体不同部位构造基元的排列和取向是完全一致的,这就是晶体结构上的均匀性。晶体的均匀性和各向异性是晶体的点阵结构在宏观性质上表现出来的两个侧面。

从本质上说,晶体的物理性质是各向异性的,如光的传播、弹性、硬度、电导率、压电性、热释电性、非线性光学性质等都是具有方向性的,对这些性质来说,晶体是各向异性体。但是,晶体的某些性质却是各向同性的,如晶体的密度、立方晶系晶体的介电常数、电导率、折射率等。

4) 对称性 晶体的外形在自身的不同方位上自相重合或晶体的内部结构在不同位置上有规则地重复出现,称为晶体的对称性。由于晶体的外形或内部结构的对称性存在,使晶体的某些物理性质也具有对称性。了解晶体内部与外形的对称规律,对研究晶体的物理性能或应用晶体的某些效应是十分有用的。