

前 言

本标准根据 GB/T 1.1 标准化工作导则,表述了在可见光范围用棱镜最小偏向角法测量晶体折射率的试验方法。该方法相比于其他的油浸法、临界角法、干涉法而言,要求的条件比较容易满足,也能达到较高的精度,但要求晶体样品的尺寸较大。

本标准由中国科学院提出。

本标准由中国科学院物理研究所归口。

本标准起草单位:中国科学院物理研究所。

本标准主要起草人:周棠、张道范、杨华光。

中华人民共和国国家标准

晶体折射率的试验方法

GB/T 16863—1997

Method for testing
refractive index of crystals

1 范围

本标准规定在室温下,可见光波段范围内,用最小偏向角法测量晶体折射率的试验方法。
本标准适用于晶体折射率的测试。

2 试验方法

2.1 原理

晶体按其结晶学对称性分为七个晶系。研究晶体的光学性质时,可以分为光学各向同性晶体(立方晶系)、单轴晶体(包括三方、四方、六方晶系)和双轴晶体(包括正交、单斜、三斜晶系)。各晶系的晶轴取向与晶体的折射率椭球的主轴取向有一定关系。

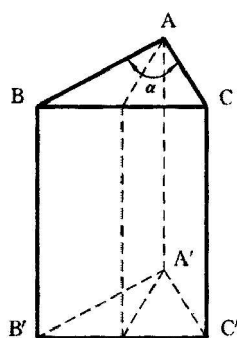
当光波在各向同性晶体中传播时,只存在一个折射率;当光波在单轴和双轴晶体中传播时,将发生双折射现象。光波在晶体中的传播过程,可引入被称为折射率椭球的三维光学示性曲面来描述,在主轴坐标系 X, Y, Z 中,它的几何表达式为:

$$\frac{X^2}{n_1^2} + \frac{Y^2}{n_2^2} + \frac{Z^2}{n_3^2} = 1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: n_1, n_2, n_3 ——为晶体的主折射率。

对于各向同性晶体, $n_1 = n_2 = n_3 = n$; 对于单轴晶体, 晶体的高次对称轴选为 Z 轴, 光轴与 Z 轴重合。 $n_1 = n_2 = n_o$ (正常光波的折射率), $n_3 = n_e$ (异常光波的折射率); 对于双轴晶体, 它的 $n_1 \neq n_2 \neq n_3$, 从几何上说这种折射率椭球只有两个通过坐标原点的圆截面, 通过原点垂直于两圆截面的两矢径方向为光轴方向。

在应用棱镜测折射率的方法中, 以最小偏向角法所达到的准确度为最高。由上可知, 若测光学各向同性的晶体折射率时, 只需加工一个任意取向的棱镜样品。测试单轴晶体的两个主折射率时, 需加工一个有一定取向的棱镜样品, 见图 1。晶体的结晶学高次对称轴, 即光轴, 必须位于棱镜折射棱角的等分面内(如虚线所示)。通常为了定向和测试的方便, 使高次对称轴与 AA' 平行或垂直。测试双轴晶体的三个主折射率时, 必须加工两个棱镜样品。对于正交晶系, 两个棱镜的折射棱角的等分面, 分别平行于晶体折射率椭球的三个主截面中不相同的任意两个, 则可得到三个主折射率, 通常折射率椭球的主坐标轴与 AA' 平行或垂直。对单斜晶系, 一个棱镜的折射棱角的等分面平行于晶体的结晶学 b 面(010), 当入射光波矢垂直入射到棱镜内的(010)面时, 可测出与主折射率 n_2 相垂直的另两个主折射率 n_1 与 n_3 , 为了确定晶体的折射率椭球的主坐标轴与其晶轴取向之间的关系, 还要求使棱镜的底面为晶体的结晶学 c 面(或 a 面)。在切割另一个棱镜时, 使晶体的结晶学 b 轴平行于棱镜的 AA' , 并使晶体的结晶学(001)面落在棱镜的折射棱角的等分面上, 可测出 n_2 及另一落在由 n_1 与 n_3 构成的椭圆截面内的一折射率 n' , 由 n_1, n_3 和 n' 可算出晶体的结晶学 a 轴相对于折射率主轴 n_3 的夹角。对三斜晶系, 本标准从略。



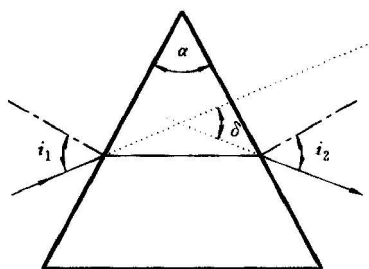
ABB'A'—棱镜的抛光面(即通光面); ACC'A'—棱镜的抛光面(即通光面);
A'B'C'—棱镜的底面; AA'—棱镜的棱柱边; α—棱镜的折射棱角, (°)

图 1 单轴晶体棱镜的取向

2.2 最小偏向角法

图 2 为最小偏向角法测折射率的光路图, 图中光波通过棱镜的出射方向与光波射入棱镜的方向之间的夹角叫偏向角 δ。

当光波进入棱镜, 入射角 i_1 改变时, 从棱镜射出的折射角 i_2 也要改变, 偏向角 δ 也随之改变。可以证明, 当入射角 i_1 等于出射角 i_2 时, 偏向角 δ 最小, 叫最小偏向角。当处于最小偏向角位置时, 棱镜内光波矢垂直通过棱镜折射棱角的等分面, 如图 2 所示。



δ—偏向角, (°); α—棱镜折射棱角, (°); i_1 —入射光波矢的入射角, (°); i_2 —出射光波矢的折射角, (°)

图 2 光线通过棱镜时的最小偏向角

根据折射率定义, 则晶体的折射率 n 、 α 、 δ 满足如下关系:

$$n = \frac{\sin[0.5 \times (\alpha + \delta)]}{\sin(0.5 \times \alpha)} \dots\dots\dots (2)$$

从试验中可测得 α 和 δ , 然后计算出棱镜晶体的折射率 n 。

3 仪器及用具

- 3.1 测角仪, 精度 2"。
- 3.2 标准原子光谱灯和单色仪作光源。
- 3.3 用以确定光波矢的偏振面和晶体光性方位的偏光镜。

4 样品制备

- 4.1 参照 2.1 中所述原理, 根据所测量的主折射率, 借助于偏光显微镜观测和 X 射线衍射仪定向, 切割晶体棱镜。
- 4.2 棱镜的折射棱角 α 的选择主要由晶体的折射率大小来决定; 同时考虑到拥有的晶体尺寸以及所要求测折射率的精度, 通常 α 角在 $34^\circ \sim 60^\circ$ 之间。
- 4.3 晶体的晶轴定向误差应小于 8' 以下。
- 4.4 棱镜的通光面的平面度为十分之一波长。

- 4.5 棱镜通光面的光洁度为光学加工标准三级。
 4.6 棱镜的两个通光面应垂直于棱镜的底面,误差不大于 30'。
 4.7 棱镜晶体样品尺寸:底边长度约为 15 mm,棱柱高度约为 10 mm。

5 试验步骤

- 5.1 开启测角仪并调整仪器水平度。
 5.2 将标准平面反射镜(测角仪附件)置于样品台上,调节望远镜准直,然后取走标准平面反射镜,利用准直好的望远镜调节平行光管和光源部分,使之形成高质量平行光。
 5.3 用清洁剂清理样品通光面,并把样品平稳、牢固地固定在样品台上,放置 30 min 后,调节棱镜棱柱边平行于测角仪的主轴。

5.4 测量棱镜的折射棱角的度数

当光波分别入射在晶体棱镜的两个通光面时,得到的两个反射像依次投影于望远镜的十字叉丝的中心,记下样品台转动的两次读数之差 $\theta(^{\circ})$,折射棱角 $\alpha=180-\theta(^{\circ})$ 。

考虑到测角仪的机械系统误差,应改变望远镜相对于样品台不同角度的位置,重复上述测量,取多次测量的算术平均值。

5.5 测量最小偏向角 δ

5.5.1 采用狭缝和不同波长的单色光波,当自平行光管发出的单色平行光波入射到棱镜的一个通光面时,可在另一通光面后用望远镜观察到两个偏向角不同的折射光,当棱镜位于最小偏向角位置时,用偏光镜可测定两个折射光的偏振方向。它们分别平行或垂直于晶体的一个折射率主轴方向。

5.5.2 测定偏振方向平行于折射率主轴方向(一般为 AA')的光束的最小偏向角

当转动样品台时,可发现这一折射光束向棱镜顶角方向偏转,当发现这光束到达某个偏向位置后会向相反方向偏转时,此时为最小偏向角的位置。将样品台固定在该转折点位置,用望远镜中十字叉丝中心对准该光束像,记下望远镜的读数。

旋转样品台,使棱镜的另一个通光面作为入射面,重复上述步骤,记下另一个最小偏向角的位置时相对应的望远镜的读数。这两个读数差值的一半,即为最小偏向角 δ 值。

5.5.3 测定偏振方向垂直于折射率主轴方向的光束的最小偏向角

重复 5.5.2 中的步骤,求得这一折射光束所对应的最小偏向角。

5.5.4 对于双轴晶体,应换另一个棱镜作同样的试验,以求得不同波长时的三个主折射率。

上述试验过程中,每个数据最少测量三次,取算术平均值得到 δ 值后,用公式(2)得到不同波长的主折射率。

5.6 用最小二乘方方法将测量出不同波长下的主折射率 n_1, n_2, n_3 值分别作塞尔迈尔(Sellmeier)色散方程拟合,求出方程中各系数 A_i, B_i, C_i, D_i ,从而可得出折射率色散曲线。

$$n_i^2 = A_i + \frac{B_i \lambda^2}{\lambda^2 - C_i} - D_i \lambda^2 \quad (i = 1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (3)$$

在公布结果时,必须指明试验温度。

6 试验误差

本标准用最小偏向角法测出的不同波长的折射率精度可达到 $\pm 2 \times 10^{-5}$ 。