

用显微镜测量棱镜的顶角及折射率^{*}

袁 剑 辉

(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘 要 简要介绍用显微镜测量棱镜的顶角及折射率的测量原理及方法;简单易行,有较高的测量精确度.

关键词 棱镜, 顶角, 折射率, 显微镜

分类号 O 435. 1

在普通物理实验中,常用分光计来测量棱镜的顶角及折射率.本文介绍的是用读数显微镜的方法,其实验原理及测量方法都很简单,而且有较好的精确度.

在一张白纸上用钢笔涂一小黑点 D,将待测棱镜的一个光学面 BC 紧贴在小黑点上面,如图 1 所示.用一可测量纵向移动量的显微镜分别对小黑点 D 小黑点的象点 E 及棱镜的棱脊 C 聚焦,读出它们在显微镜纵向标尺和横向标尺上的位置读数,就能求出棱镜的顶角 T 及折射率 n .

1 实验原理与方法

1.1 原理

小黑点 D 发出的不同方向的光线通过空气薄层投射到棱镜的折射面 BC 上,经棱镜从另一折射面 AC 以不同方向出射,在各种不同出射光线中有一条如图 2 所示,折射点为 O,折射角为 h 的光线,它处于铅垂位置,其反向延长线垂直于折射面 BC,交点为 O';同时它又与小黑点 D 对折射面 AC 所作的垂线相交于 E, E 就是显微镜在铅垂方向上所观察到的小黑点 D 的象点.图 2 是图 1 的截面图,只要测出象点 E 至折射面 BC 的距离 h ,小黑点 D 至铅垂出射线的距离 a ,棱脊 C 至铅垂出射线的距离 b ,就能求出顶角 T 及折射率 n .

设出射角 h 所对应的在棱镜内的折射角为 i ,入射角为 i' ,由简单的几何原理可知,由于 h 的两边和角 T 的两边互相垂直,有 $h = T$,即出射角等于棱镜的顶角

$$T = h = \angle DEO \approx \arctg(a/b) \quad (1)$$

依据折射定律,有 $n \sin i' = \sin h$,

即 $n \sin(T - i) = \sin T$

$$n = \sin T / \sin(T - i) = \sin T / (\sin T \cos i - \cos T \sin i) \quad (2)$$

由 $\triangle DEO$ 可得出

* 收稿日期: 1996-12-06 袁剑辉,男,53岁,副教授

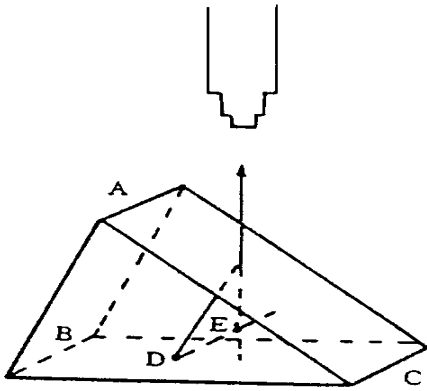


图 1 棱镜测试图

$$\sin T = a / \sqrt{a^2 + h^2}$$

(3)

$$\cos T = h / \sqrt{a^2 + h^2}$$

(4)

由 $\triangle DOO'$ 得出

$$\sin i = a / \sqrt{a^2 + \overline{oo'}^2}$$

$$\cos i = \overline{oo'} / \sqrt{a^2 + \overline{oo'}^2}$$

将 $\overline{oo'} = b \operatorname{tg} T$, $\operatorname{tg} T = a/h$ 代入上二式, 得

$$\sin i = a / \sqrt{a^2 + (b \operatorname{tg} T)^2} = a / \sqrt{a^2 + b^2 (\frac{a}{h})^2} = h / \sqrt{b^2 + h^2}$$

(5)

$$\cos i = b \operatorname{tg} T / \sqrt{a^2 + (b \operatorname{tg} T)^2} = b / \sqrt{b^2 + h^2}$$

(6)

将 (3) ~ (6) 式代入 (2) 式, 得棱镜折射率为

$$n = a \sqrt{b^2 + h^2} / (ab - h^2)$$

(7)

1.2 测量方法

将涂有小白点 D 的白纸紧贴在显微镜下面的工作台上, 再将待测棱镜压在小黑点上面, 用钠光灯照明, 转动手轮, 从显微镜中观察, 找出棱镜两折射面间的棱脊 C, 并与显微镜中的垂直叉丝重合, 进一步聚焦并达到无视差, 从显微镜的横向标尺上记下棱脊 C 的位置读数 X_C . 继续转动手轮, 使垂直叉丝对准象点 E, 聚焦并达到无视差, 从横向标尺和纵向标尺上记下象点 E 的位置读数 X_E, Y_E . 拿开棱镜, 再转动手轮, 使垂直叉丝对准物点 D, 聚焦并达到无视差, 记下 D 的位置读数 X_D, Y_D . 因此有

$$h = Y_E - Y_D, \quad a = X_E - X_D, \quad b = X_C - X_E$$

将 h, a, b 代入 (1)(7) 式算出棱镜的顶角 T 及折射率 n .

2 测量举例与讨论

用杭州光学仪器厂 JCD₃ 型读数显微镜, 对材料为重火石玻璃, 牌号是 ZF1 的三棱镜作了测量. 由于该显微镜的工作距离为 54 mm, 大于一般棱镜的尺寸, 因此不会影响对棱镜内各点 D, E, C 的聚焦. 实验时, 白纸上的小白点 D 离棱镜棱脊 C 约 10 mm 的位置, 测量结果如表 1 所示.

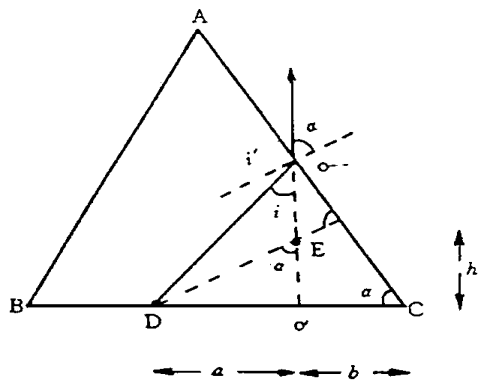


图 2 测量原理图

表 1 ZF1 棱镜测量结果 /mm

次序	X_C	X_E	Y_E	X_D	Y_D	h	a	b
1	40.314	35.544	8.20	30.628	5.50	2.70	4.921	4.765
2	40.423	35.650	8.30	30.615	5.50	2.80	5.035	4.773
3	40.438	35.678	8.10	30.585	5.40	2.70	5.093	4.760
4	40.460	35.705	8.10	30.620	5.30	2.80	5.085	4.755
5	40.468	35.701	8.20	30.560	5.60	2.60	5.141	4.767
平均	—	—	—	—	—	2.72	5.055	4.764

将 \bar{h} 、 \bar{a} 代进 (1) 式, 得棱镜顶角

$$T = \arctg(5.055/2.72) = \arctg 1.858 = 61^\circ 43'$$

\bar{h} 、 \bar{a} 、 \bar{b} 代进 (7) 式, 得棱镜折射率

$$n = 5.055 \sqrt{4.764^2 + 2.72^2} / (5.055 \times 4.764 - 2.72^2) = 1.662$$

该棱镜的标算值是: 棱角 $60^\circ \pm 5'$, 对钠光折射率 1.647 5, 则相对误差为

$$E_T = [(61^\circ 43' - 60^\circ) / 60^\circ] \times 100\% = 3\%$$

$$E_n = [(1.662 - 1.6475) / 1.6475] \times 100\% = 0.9\%$$

由于显微镜纵向标尺的精密度不高及象点 E 有象散作用, 因此在测量 h 时, 要对象点 E 仔细聚焦和精确的读数, 以减小测量误差。

对形状为楔形的样品, 也可按此方法测量楔形的顶角及该样品的折射率, 当然楔角不能太小。

参 考 文 献

- 1 CΘ 福里斯, AB 季莫列娃. 普通物理学. 程路合译. 北京: 人民教育出版社, 1963. 314
- 2 吴洪才, 刘本鸿, 张国强. 物理学概念. 公式及计算. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982. 327

The Measurement for the Top Angle and Refractivity of the Prism with Microscope

Yuan Jianhui*

Abstract The principle and method for measuring the top angle and refractivity of the prism by use of microscope are introduced. It is simple and more precise.

Keywords prism, top angle, refractivity, microscope

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275