

光学材料色散关系的实验研究

刘竹琴, 许巧平

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

摘 要: 利用分光计精确地测定了不同波长的光入射时三棱镜的折射率, 按照 Cauchy 经验公式拟合实验数据, 得出了在可见光段, 三棱镜材料的色散关系, 即求出了色散常数 a 和 b 。

关键词: 分光计; 最小偏向角; 折射率; 色散

中图分类号: O4-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-602X(2011)01-0037-02

光学材料的色散是由于不同波长的光在光学材料介质中传播的速度不同, 从而折射率不同引起的。本文利用分光计, 通过测量最小偏向角, 求得不同波长的光入射时对应的棱镜材料的折射率, 最后按照 Cauchy 经验公式拟合实验数据, 得出了在可见光段, 三棱镜材料的色散关系。

1 测量原理与测量方法

1.1 实验仪器的调节

(1) 按照文献 [1], 将分光计的本体调节好, 即应用自准直原理将望远镜对无穷远调焦, 使望远镜的光轴垂直于仪器的主轴, 使准直管产生平行光, 并与望远镜共轴。

(2) 调节待测光路平面与观察平面重合, 即调节棱镜折射的主截面垂直于仪器的主轴。具体调节方法见参考文献 [1]。

1.2 棱镜顶角的测量

将待测棱镜置于棱镜台上。固定望远镜, 点亮小灯照亮目镜中的叉丝, 旋转棱镜台, 使棱镜的一个折射面对准望远镜, 用自准直法调节望远镜的光轴与折射面严格垂直, 即十字叉丝的反射像和调整叉丝完全重合。记录刻度盘上两游标的读数 v_1, v_2 ; 再转动游标盘联带载物平台, 依同样的方法使望远镜光轴垂直于棱镜的第二个折射面, 记录相应的游标读数 v_1', v_2' ; 同一游标两次读数之差等于棱镜顶角 A 的补角 θ 。

$$\theta = \frac{1}{2} [(v_2 - v_2') + v_1 - v_1'] \quad (1)$$

$$A = 180^\circ - \theta \quad (2)$$

1.3 最小偏向角的测量

(1) 打开光源, 照亮狭缝, 使准直管射出平行光束。

(2) 将待测棱镜放在棱镜台上, 转动望远镜, 能清楚的看见光经棱镜折射后形成的谱线。

(3) 将刻度内盘 (游标盘) 固定。慢慢转动棱镜台, 改变入射角 i_1 , 使谱线往偏向角减小的方向移动, 同时转动望远镜跟踪该谱线。

(4) 当棱镜台转到某一位置, 谱线不再移动, 这时无无论棱镜台向何方移动, 该谱线均向相反的方向移动, 即偏向角都变大。这个谱线方向移动的极限位置就是棱镜对该谱线的最小偏向角的位置。

(5) 左右慢慢转动棱镜台, 同时操作望远镜的微转动装置, 使竖直叉丝对准谱线的极限位置, 记录刻度盘读数 v_1, v_2 。

(6) 将棱镜转到对称位置, 使光线向另一侧偏转, 同上, 寻找准谱线的极限位置, 相应的游标读数为 v_1' 和 v_2' 。

同一游标左、右两次数值之差 $|v_1' - v_1|$ 、 $|v_2' - v_2|$ 是最小偏向角的 2 倍, 即^[1]

$$\delta_m = (|v_1' - v_1| + |v_2' - v_2|) / 4 \quad (3)$$

1.4 棱镜折射率的计算

由文献 [1] 知, 棱镜材料的折射率 n 与棱镜顶角 A 、最小偏向角 δ_m 有如下关系:

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \tag{4}$$

因此,只要测出 A 与 δ_m 就可以根据 (4) 式求得折射率。

1.5 棱镜色散常数 a 、 b 的确定

色散理论中^[2],关于波长 λ 和折射率 n 的关系,可由经验公式 Cauchy 方程表示为 $n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$ 式中 a 、 b 、 c 均为正常数,它们是由材料的性质决定的。在大多数情况下,只要取公式的前面两项就足够了,即 $n = a + b \frac{1}{\lambda^2}$ (5)

上式表明, n 与 $\frac{1}{\lambda^2}$ 成线性关系,于是可将测量结果进行线性拟合,用最小二乘法求得拟合系数 a 、 b 。

2 测量举例

在实验中,我们采用实验室现有的钠光灯(波长为 589.3 nm)、激光(波长为 632.8 nm)、低压汞灯(采用滤光片可获得波长为 365.0 nm、405.0 nm、436.0 nm、546.0 nm、577.0 nm 几条谱线)作为光源,分别测量不同波长的入射光对应的三棱镜的折射率。

(1) 三棱镜顶角的测量,数据记录见表 1。

表 1 三棱镜顶角测量数据记录表

测量次数	v_1	v_1'	v_2	v_2'
1	21° 30'	141° 30'	201° 28'	321° 29'
2	21° 29'	141° 30'	201° 28'	321° 15'
3	21° 20'	141° 15'	201° 20'	321° 14'
4	21° 27'	141° 26'	201° 26'	321° 26'
5	21° 26'	141° 25'	201° 26'	321° 24'
6	21° 29'	141° 30'	201° 30'	321° 33'

将表 1 的数据分别代入公式 (1) 得 θ 并取其平均值得 $\bar{\theta} = 120^\circ$, $A = 180^\circ - \bar{\theta} = 60^\circ$ 。

(2) 入射光波长为 589.3 nm 所对应的最小偏向角测量,测量数据见表 2。

将表 2 的数据分别代入公式 (3) 得 $\delta_{m1} = 50^\circ 52'$, $\delta_{m2} = 50^\circ 51'$, $\delta_{m3} = 50^\circ 51'$, $\delta_{m4} = 50^\circ 48'$, $\delta_{m5} = 50^\circ 45'$, $\delta_{m6} = 50^\circ 47'$ 。取其平均值得 $\bar{\delta}_m = 50^\circ 49'$ 。将测量结果代入公式 (4) 得 $n = 1.6462$ 。

由于篇幅原因,略去了波长为 365.0 nm、405.0 nm、436.0 nm、546.0 nm、577.0 nm、632.8 nm 的入

表 2 波长为 589.3 nm 所对应的最小偏向角测量数据记录表

测量次数	v_1	v_1'	v_2	v_2'
1	29° 16'	130° 58'	209° 14'	310° 59'
2	21° 15'	130° 58'	209° 16'	310° 58'
3	29° 15'	130° 58'	209° 15'	310° 59'
4	29° 20'	130° 56'	209° 21'	310° 57'
5	29° 25'	130° 55'	209° 23'	310° 55'
6	29° 21'	130° 54'	209° 20'	310° 55'

射光所对应的测量数据,只列出了测量结果,见表 3。

表 3 不同波长所对应的三棱镜折射率

λ / nm	n
365.0	1.6820
405.0	1.6735
436.0	1.6716
546.0	1.6512
577.0	1.6482
589.3	1.6462
632.8	1.6422

(3) 用最小二乘法处理数据

由于 n 与 $\frac{1}{\lambda^2}$ 成线性关系,所以令 $y = n$, $x = \frac{1}{\lambda^2}$ 。

则 $y = a + bx$ 用最小二乘法处理数据得 $a = 1.6238$, $u(a) = 0.0011$, $b = 8143.6$, $u(b) = 0.8$, $r = 0.890$ 。

由相关系数显著性检验表得^[3], $k = 7$, 显著性为 0.01 时, $r = 0.874$ 为显著性标准。现在 $r = 0.890 > 0.874$, 是显著相关,即回归直线的直线性是很好的。所以 $a = 1.6238 \pm 0.0011$, $b = 8143.6 \pm 0.8$ 。

$$n = 1.6238 + 8143.6 \frac{1}{\lambda^2}$$

上式就是实验室常用三棱镜材料的色散关系。

3 结束语

本文通过实验的方法得出了三棱镜材料的色散关系,拓宽了“三棱镜折射率的测定”这一常规实验的实验内容,在教学中可以增设这一实验项目,进一步加深学生对材料折射率的理解,加深对材料色散概念的理解。也可以作为设计性实验,让学生在开放实验室独立完成,以培养学生分析问题、解决问题的能力。

(下转第 42 页)

3.2 实验结果

当给单元电路提供 5 V 电源, 没有检测到有害气体时, 语音播报: “没有发现有害气体, 请放心”; 当给单元电路提供 5 V 电源, 检测到有害气体时, 语音播报: “发现有害气体, 请注意”。

4 结论

分析上述试验结果可知根据该方案可以准确地对易燃易爆气体进行监测, 并实现对检测结果的语音播报。

总体上该检测系统是以 SPCE061A 单片机和 MQ-2 传感器为基础, 实现了对易燃易爆气体浓度的监测, 检测结果可以语音播报 (也可以扩展为语音播报和夜晶显示同时进行)。本系统具有体积小、性价比高等优点可用于各种场地, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] ADI 大学生创新设计竞赛组委会编. 2006 年度 ADI 大学生创新设计竞赛 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 405-451.
- [2] 余锡存, 曹国华. 单片机原理及接口技术 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006: 24-48, 147-172.
- [3] 胡乾彬, 李光斌, 李玲, 等. 单片机微型计算机原理与应用 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003: 103-141.
- [4] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 71-126, 446-454.
- [5] 王乃成, 仲元昌, 许刚, 等. 电子爱好者进阶读本 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2002: 572-583.
- [6] 宋家友. 电子爱好者集成电子线路设计手册 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2002: 243-244.
- [7] Peyton A. J., Walsh V. Analogue electronics with Op Amps a source book of practical [M]. New York: Campridge University Press, 1993.

[责任编辑 贺小林]

Design of An Intelligent Monitoring Instrument in Flammable and Explosive Gas Concentrations

ZHOU Mei-li LIU Sheng-chun

(College of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract To detect flammable and explosive gas concentrations so as to provide a safe comfortable place to people a monitoring system has been designed to achieve a natural gas smoke and other inflammable and explosive gas concentrations when exceeded and give the intelligent voice warning people. Both the hardware structure and detailed description of the software designing process have been provided in the text. And the experimental tests is satisfactory. The designing of the system is based SPCE061A MCU and MQ-2 sensors which are low cost electronic devices. The hardware structure is simple and with a small volume, cost-effective, high sensitivity and other characteristics. The system can be applied to all kinds of places and has broad application prospects.

Key words SPCE061A single-chip MQ-2 gas sensors, voice output

(上接第 38 页)

参考文献:

- [1] 杨述武. 普通物理实验 (三、光学部分). 第 3 版 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 25-28, 57-62.
- [2] 姚启钧. 光学教程. 第 2 版 [M]. 北京: 高等教育出版社,

1989: 421-429.

- [3] 龚镇雄. 普通物理实验中的数据处理 [M]. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1985: 143.

[责任编辑 贺小林]

Optical Materials Dispersion Relationship of Experiments

LIU Zhu-qin XU Qiao-ping

(College of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract Using spectrometer accurately determine the different wavelengths of light incident when the refractive index, according to the prism Cauchy experience formula fitting experimental data, concludes that the visible section prism materials of the dispersion relations, namely, find out the dispersion constants a and b .

Key words spectrometer, angle of minimum deviation, refractive index, dispersion