

文章编号: 1005-8893 (2006) 01-0062-03

布儒斯特角测量装置测量块材折射率

王叶荟¹, 倪重文¹, 唐 丽¹, 陈宪锋¹, 是度芳^{1,2}

(1. 江苏工业学院 信息科学系, 江苏 常州 213016; 2. 华中科技大学 物理系, 湖北 武汉 430074)

摘要: 设计了布儒斯特角测量装置, 利用简单的机械装备实现了测量装置的转速2倍于样品转速。接收装置采用光电管, 定量记录反射光的强度变化。利用光的偏振特性测量了块材样品的折射率和介电常数。该装置具有操作简单, 现象明显等优点。

关键词: 布儒斯特定律; 偏振; 折射率; 介电常数

中图分类号: TH 741.2

文献标识码: A

Device for Measuring Brewster Angle to Determine the Refractive Index of Mass Specimen

WANG Ye-hui¹, NI Zhong-wen¹, TANG Li¹, CHEN Xian-feng¹, SHI Du-fang^{1,2}

(1. Department of Information Science, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China; 2. Department of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A device is designed for measuring Brewster angle. By use of geostatics and simple machanic process, the rotating speed of receiver is two times that of the sample. In addition, a photoelectric cell is used for the receiver to quantitatively measure the reflective beam. The Brewster angle is measured by the device with the polarization characteristic, then the refractive index and permittivity of a PTC mass specimen are obtained. This device posseses virtues such as simple operation and obvious phenomena.

Key words: Brewster's law; polarization; refractive index; permittivity

表征材料电学性能的物理量有极化率 χ 和相对介电常数 ϵ_r , 表征光学性能的物理量有折射率 n 等, 它们之间有麦克斯韦关系 $\epsilon_r = 1 + \chi = n^2$ ^[1]。如果知道了其中的1个物理量, 就可以清楚其他的几个物理量, 从而也就对材料的特性有了初步的了解。

测量材料的折射率常用的方法是光学方法。利用几何光学的斯涅耳(Snell)定律, 对透明块材可利用阿贝折射仪测量^[2], 或制成三棱镜利用最小偏向角原理进行测量^[3]; 对薄膜材料, 一般利用波动光学的相干性和偏振性, 使用棱镜耦合法、干涉

法和椭圆偏振法进行测量^[4,5]。但对块材折射率利用光的波动性进行研究的工作不多, 特别是块材为不透明物质时研究更少。对于不透明的块材样品, 只能利用光的反射特性, 即布儒斯特定律进行研究。由于样品偏转 θ 角, 反射光线将偏转 2θ 角, 这就使得利用分光仪进行角度的精确测量很为不便, 操作较复杂^[6]。

基于这一思想设计了一套布儒斯特角测量装置, 利用简单的机械传动装配克服了上述缺点, 实现了测量装置的转速2倍于样品转速。本装置采用光电管作为接收装置, 设计刻度盘进行样品旋转角

收稿日期: 2005-09-19

作者简介: 王叶荟(1965-), 女, 江苏常州人, 实验师。

的精确测量, 具有操作简单, 现象明显的优点。利用该装置测量了块材样品的折射率, 效果甚佳。

1 基本原理与设计制造

当一束自然光入射到材料的表面时, 将发生反射和折射现象。通常反射光是部分偏振光。当反射光和折射光成直角时, 反射光是光矢量振动方向垂直于入射面的完全线偏振光, 图 1 (a)。假如入射光是线偏振光, 且其光矢量振动方向平行于入射面, 那么在此状态时, 反射光将出现消光现象, 图 1 (b)。该规律称为布儒斯特定律, 此时的入射角称为布儒斯特角 i_b , 材料的折射率 $n = \tan i_b$ 。

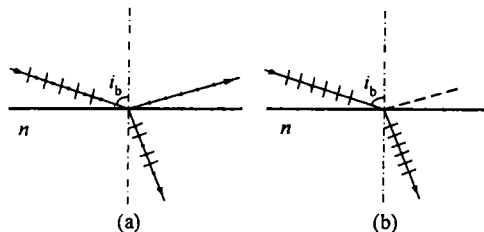


图 1 布儒斯特定律示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Brewster's law

根据光的反射定律, 样品旋转 θ 角则反射光线转过 2θ 角。为了能够在样品旋转的同时又能跟踪反射光束的强度变化, 利用刚体的运动规律进行了设计。如图 2 所示, A、B、C、D 为 4 个齿轮。其中 A、C 同轴成一体, B、D 轮亦同轴, 两轴平行。为使 D 轮的转速始终是 B 轮的 2 倍, 4 个齿轮的半径有一定的关系:

$$(r_B/r_A) \cdot (r_C/r_D) = 2, \quad r_A + r_B = r_C + r_D$$

选 $r_A = r_B = 4.2 \text{ cm}$, $r_C = 5.6 \text{ cm}$, $r_D = 2.8 \text{ cm}$ 。

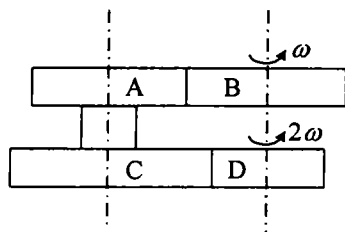


图 2 传动装置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of gearing

根据这一设计, 利用简单的机械加工制成了 1 台机械传动装置, 同轴的 B、D 轮能够很好地实现预期效果。为了在 B 轮上放置样品且能够测量样品的旋转角, 又在 B 轮上同轴地固定配置了一套带有刻度盘的载物台; 在 D 轮上也同轴地固定配备了一套测量装置。此外再配备一些外置设备如单色光源、偏振片和接收屏 (或光电检流计), 就构

成了一套完整的布儒斯特角测量装置^[7], 如图 3 所示。利用该测量装置就可以进行块材样品折射率和介电常数的测量。

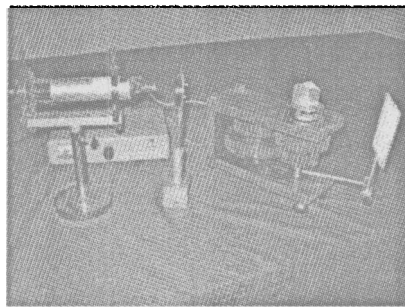


图 3 布儒斯特角测量装置

Fig. 3 The device for measuring Brewster angle

2 操作与测量

测量样品折射率的实验图如图 4 所示。图中 S 为单色光源, P 为偏振片, R 为接收装置。P 的作用是使光源 S 发出的自然光变为线偏振光。为了使线偏振光的光矢量振动方向平行于入射面, 能出现如图 1 (b) 所示的消光现象, 必须对该装置的光路进行调整。

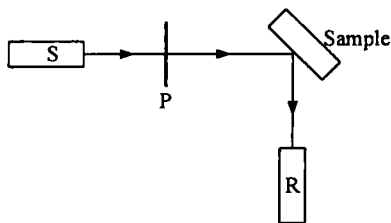


图 4 测量实验图

Fig. 4 Experiment process for measure

利用已知折射率的玻璃片或三棱镜来作定标, 如某三棱镜对红光 632.8 nm 的标准折射率为 1.64, 则布儒斯特角 58.6° 。可以预置样品的入射角为 58.6° , 然后旋转偏振片的偏振化方向, 使得在接收装置 R 上接收到的信号最小, 直至消光。这样经过偏振片 P 后的线偏振光就达到了实验测量要求。

要测量块材样品的折射率, 必须对块材样品进行抛光处理, 尤其是不透明的块材样品更应如此, 使其表面平整光亮才能达到预期的效果。利用该调整好的实验装置作者测量了样品 PTC 的折射率, PTC 材料是一种以 BaTiO_3 为主的新型功能材料, 在家用电器、工业测量、工业自动化、防实安全和能源开发等领域有着极大的广泛应用^[8]。为了能定量记录反射光的强度变化, 本装置采用光电管作为接收装置。PTC 样品的测量结果如图 5 所示。

由图 5 的测量曲线可知, 当入射角为 64.0° 时反射光强度最小, 即 PTC 样品的起偏角 $i_b = 64.0^\circ$ 。从而易知功能陶瓷 PTC 对红光 (632.8 nm) 的折射率为 2.05, 相对介电常数为 4.20。

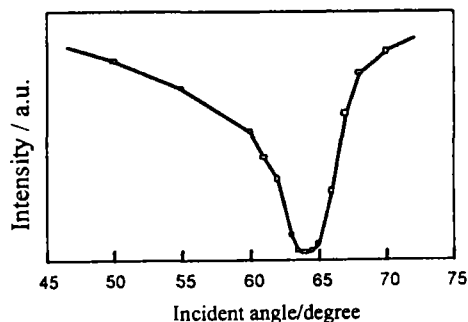


图 5 PTC 样品的反射光强度随入射角的变化关系

Fig. 5 The relation between intensity of reflective beam and incident angle

3 结 论

设计了一套布儒斯特角测量装置, 通过设计利用简单的机械装备实现了测量装置的转速 2 倍于样品转速, 克服了一般光学仪器跟踪测量的不便。利用光的偏振特性测量了块材样品的折射率和介电常数, 效果甚佳。本装置具有操作简单, 现象明显等优点。缺点是本装置结构简单, 且手动操作, 在样品的起偏角处反射光的光强变化缓慢, 使得装置的

测量精度降低。尽管使用光电管作为接收装置, 但由于暗电流的存在, 手动操作的方法依然不能更好地提高测量精度。若是对测量的全过程利用计算机自动控制, 实现数据的实时采集, 则可大大提高测量的精确度。

参考文献:

- [1] 赵凯华, 钟锡华. 光学 (下) [M]. 北京: 北京大学出版社, 1984. 238—243.
- [2] 汪静霞. 用阿贝折射仪测定折射率实验的一点笔记 [J]. 物理实验, 1995, 15 (5): 239—240.
- [3] 陈宪锋. 三棱镜折射率的测定 [J]. 江苏工业学院学报, 2001, 13 (1): 62—64.
- [4] 黄佐华, 何振江. 测量薄膜厚度及其折射率的光学方法 [J]. 现代科学仪器, 2003, 4: 42—44.
- [5] 唐贵德, 马长山, 等. 近代物理实验 [M]. 河北: 河北科学技术出版社, 2003.
- [6] 钟振平, 吴文旺, 郑乔. 布氏折射装置的设计 [J]. 大学物理实验, 1997, 10 (2): 55—56.
- [7] 蔡彦加. 创新与成功 [M]. 江苏: 南京师范大学出版社, 2004. 207.
- [8] 石嘉良. PTC 主要特性及其应用前景 [J]. 电子工程师, 1994, Z1: 13—16.