

用光速测量仪测量折射率

朱佳佳 胡梁仓

(徐州工程学院 数学与物理科学学院, 江苏 徐州 221000)

摘要 折射率的测量有着极其广泛的应用,常用折射率的光学测量方法主要有干涉法、测角法和V型棱镜法。本实验采用一种新型的实验方法来测量折射率。实验通过现有的光速测定仪,通过改进仪器的光路,在光路上放上待测物体,使光通过有介质和无介质的光程相位差相同。相位差相同所以它们的光程差相同,并利用公式得出待测物体的折射率。这样可以在不接触待测物体的情况下测量折射率。

关键词 光速测定仪 折射率 液体 固体

1 研制背景及意义

在化工、医药、食品、石油等工业部门及高校实验中,经常要测定一些折射率。折射率是光在真空中和在介质中的速度之比,是导光材料的一个非常重要的物理参数。现在测量透明材料折射率的方法和机器有很多。对于一般固体而言一般采用最小偏向角法或者是自准直法,也可利用等厚干涉的原理通过迈克尔逊干涉仪测定。对于液体通常采用掠入射法测定,该方法是利用分光计进行测定,具有光路难调、观察困难等特定。文章采用一种新的方法进行液体折射率的测定,利用现有的光速测量仪,通过改进实验中的测试光路,达到测量待测液体折射率的目的。

2 设计方案

(1)研究目标。本实验是利用介质放入其中一个光路中改变该光程从而测出水的折射率。(2)主要内容。光程是一个折合量是光在相同时间内在真空中传播路程。由此可知对于不同的介质光在相同时间或者相同相位内传播的路程是不同的。假设待测液体沿光传播方向的长度为 d ,未将待测液体放入光路中时,光在这段距离 d 的光程为 d (假设光在空气中的折射率为1)。移动棱镜小车让反射光的波形移动一定的相位,记录相位差,此时这段相位差(时间)光通过空气产生的光程变化为 D_1 。若将待测物体置于光路中,则由于光在介质中会减慢传播速度因此根据光程的定义可得此时光程为 nd (n 为折射率),移动棱镜小车使反射光的波形移动相同的相位,此时同样这段相位差(时间)光通过介质产生的光程变化为 D_2 。故待测物体加入前后的理论光程差为 $nd-d=d(n-1)$,利用示波器等相位测量法测量的光程差为 $\Delta D=D_1-D_2$,然后代入公式 $(n-1)d=\Delta D$,因为公式中的字母都是现实中可测量量,因此可以计算出待测液体的折射率 n 。

3 实验原理

3.1 示波器测相

3.1.1 单踪示波器法。先将示波器输入通道接地(示波器可自动选择接地)使电子束打在水平基线上。接入信号后,调节垂直衰减开关使有一个适合的波幅。调节水平扫描速度开关使得示波器显示一个较完整的波形方便后续测量。如一个完整的测量波形在X轴方向展开是10大格,即10大格代表测试波形的相位 2π ,每一格就是 $\pi/5$,每一格又可细分为10格,因此可以估读至0.1大格,即 $\pi/50$ 可以大大提高实验精度。

开始测量时,观察波形某特征点(如测量波形的波峰或者波谷,或者与X轴交点处)的起始位置并记录特征点的起始X-Y坐标。左右移动棱镜小车,可以观察到示波器显示的波形也在做相应的移动,波形移动1大格即表示参考波形的相位与实际信号的相位之间的相位差是 $\pi/5$ 。

3.1.2 双踪示波器法。将光速测量仪背板的“参考”信号接至示波器的CH1通道,光速测量仪上的“信号”信号接至示波器的CH2通道,调节示波器面板上的垂直衰减开关和水平扫描速度开关,使示波器显示屏上出现一个完整的峰峰值合适的波形。后续的测量方法可以参考前面的单踪示波器测量的方法。

3.1.3 数字示波器。数字示波器带有自动测量的功能,容易进行时间差测量,实验原理同上,比模拟示波器精度要高。信号线联接等操作同上。本实验采用的是数字示波器,精度高,调节简便。

3.2 测量折射率的原理

光程是一个折合量是光在相同时间内在真空中传播路程。由此可知对于不同的介质光在相同时间或者相同相位内传播的路程是不同的。假设待测液体沿光传播方向的长度为 d ,未将其放入光路中时,光在这段距离 d 的光程为 d (假设光在空气中的折射率为1),移动棱镜小车让反射光的波形移动一定的相位,记录相位差,此时

这段相位差(时间)光通过空气产生的光程变化为 D_1 。若将待测物体置于光路中,此时光路应与入射面垂直,减少光在液体中发生折射,是传播方向便偏移,影响测量。则介质中的光程为 nd (n 为折射率),移动测量仪上的棱镜小车使示波器接收到反射光的波形在X轴方向移动相同的距离,及相位差相等,此时同样这段相位差(时间)光通过介质产生的光程变化为 D_2 。

故待测物体加入前后的光程差为 $nd-d=d(n-1)$

利用等相位测量法测量实际的光程差 $\Delta D=D_1-D_2$

然后代入公式 $(n-1)d=\Delta D$

从而可以测出待测物体的折射率 n 。

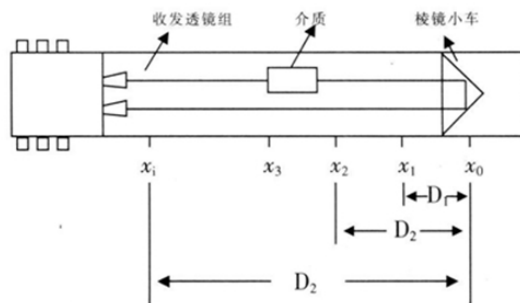


图1 实验原理图

4 实验过程

(1)预热。电子仪器都有温飘问题,光速测量仪和数字示波器必须预热半小时以上再进行测量。(2)光路调整。调整光速测量仪上的水平和垂直螺丝,使得在前后移动棱镜小车时,光斑在棱镜小车接收管处的位置变化最小。(3)示波器定标。按前面的数字示波器测相的方法将示波器调整至显示屏至少有一个适合的测量相位的波形。(4)测量沿光路方向待测液体的间距 d 。用游标卡尺测量出沿光

传播方向的液体长度 d ,多次测量并取平均值 \bar{d} 。(5)测量折射率。利用连接好的电路,先将棱镜小车位于导轨远离透镜组处,并记下此位置的棱镜小车在导轨上对齐的示数 x ,然后按照要求调整光路,从 x 处向靠近透镜组移动小车,待波形移过一定的相位 ϕ 后,记下此位置的棱镜小车对应导轨的读数 x_1 ,则 $D_1=x-x_1$ 。将小车移回 x 处,把装有待测液体的透明亚克力管置于仪器导轨上(如果光线不能在亚克力管里传播,或传播光线不合适,可以适当调整亚克力管高度,并保证光线恰好垂直穿过液体)原光路中放入装有待测液体的亚克力管后,由于光线在液体中速度减慢导致液体中的光程增加,示波器上光路波形相位也随之变化。然后通过移动棱镜小车使波形移动和上面相同的相位差 ϕ ,记下此位置的棱镜小车对应导轨读数 x_2 ,则 $D_2=x-x_2$,代入公式 $(n-1)d=\Delta D$ ($\Delta D=D_2-D_1$)即可测出待测物体的折射率 n 。

5 应用

在测定一些液体的折射率的时候,一些液体可能有毒,不小心沾染到液体会对人体造成危害。使用本实验的方法可以避免危害。可以广泛的用在化工、医药、食品、石油等工业部门及高校用于测量液体折射率的实验中。

参考文献

- [1]姜德生,魏仁选.基于光纤F-P干涉波长的溶液浓度测量系统研究[J].中国激光,2004.
- [2]李远琴,杨永安.用光速测量仪测量玻璃的折射率[J].楚雄师范学院学报,2008.
- [3]滕道祥.新编大学物理实验[M].浙江:浙江大学出版社,2015.