

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 教师签字 王伦
 实验日期 2024/9/4 预习成绩 2 总成绩_____

实验名称 光强调制法测光速（虚拟仿真实验）

一. 实验预习

1. 请简述光强调制法测量光速的基本原理。

可见光频率为 10^{14} 数量级, 远过所有仪器的响应, 本实验用 50 GHz 的高频电信号进行调制。

调制光分为两路, 一路输入示波器 X 通道, 另一路从发射孔射出, 经过反射镜改变方向从接收孔输入 Y 通道。

这两路相干光在示波器内发生干涉, 得到李萨如图形。移动反射镜可以改变李萨如图形的形状, 当看到两次出现直线时, 相位差改变 2π , 光程改变 λ , 考虑经过两次反射, 则 $\frac{\lambda}{2} = 2L$, L 为反射镜移动距离。

已知调制频率 f , 则光速 $c = \lambda f = 4Lf$

2. 利用光强调制法如何测量透明介质的折射率?

让光透过光路中一定长度 L 的某种透明介质, 将李萨如图形调为直线。移去介质, 移动

反射镜 Δx 至图形重回直线, 则有: $(n-1)L = 2\Delta x$ 得 $n = \frac{2\Delta x}{L} + 1$

光在该介质中的速度为 $v = \frac{c}{n}$

二. 实验现象及原始数据记录

1. 利用光强调制法测光速实验, 实验步骤如下:

- (1) 调节示波器初始状态, 并进行校准。
- (2) 根据光强调制法测光速原理, 正确进行实验连线。
- (3) 开启光速测定仪, 并调节光路共轴。
- (4) 测量光在空气中速度和光在水中的速度。
- (5) 记录实验数据, 并完成相应的数据处理。

2. 测量光的调制的频率 $f = 59.2$ MHz

3. 测量光在空气中的传播速度


仪器上光的发射孔 A 和接收孔 B 外各有一个凸透镜, 调节透镜位置, 使发射孔处于其焦点附近。这样, 光通过透镜后就大体上成为平行光。在底板上前后移动直角反射镜, 使得它反射的光经过另一个透镜会聚到接收孔 B。为此, 首先调节两个反射镜片背后的螺钉, 使镜片垂直于底板目彼此成直角。其次, 调节透镜的位置, 使光线会聚到仪器的接收孔 B。完成光路调节后, 这时调节光速测定仪上的相位旋钮, 令李萨如图形成为一直线, 记录此时直角反射镜的坐标 X_1 ; 将反射镜向着仪器方向移动, 当反射镜靠近接收孔时, 示波器的上的李萨如图形又成为一条直线, 它的斜率应与开始时直线在不同象限, 记录此时反射镜坐标 X_2 。

- (1) 直角反射镜坐标 $X_1 = 0.156$ m
- (2) 直角反射镜坐标 $X_2 = 1.425$ m
- (3) X_1 与 X_2 之间的距离 = 1.269 m
- (4) 根据公式, 求得调制光强的波长: $\lambda = 5.076$ m
- (5) 测量得到的光速 $V = 3.005 \times 10^8$ m/s

4. 测量光在液体介质中的传播速度

调节相位旋钮, 使李萨如图成为一条直线, 记录反射镜的坐标 X_1 ; 然后去掉水管, 移动反射镜的位置, 直至示波器上的图形又成为一条直线, 记录此时反射镜的坐标 X_2 。设反射镜调节前后的两次位置之差为 ΔL , 计算光在水中传播的速度 V_s , 以及水的折射率 n 。(已知水管长度为 1 米)

- (1) 直角反射镜坐标 $X_1 = 1.176$ m
- (2) 直角反射镜坐标 $X_2 = 1.382$ m
- (3) 直角反射镜调节前后两次位置之差 $\Delta L = 0.206$ m
- (4) 计算光在水中传播的速度 $V_s = 2.128 \times 10^8$ m/s
- (5) 水的折射率 $n = 1.412$

教师	姓名
签字	

三. 实验数据处理

1. 分别计算空气和水中的光速

2. 计算水的折射率

$$f = 59.2 \text{ MHz}$$

$$\text{空气中} \quad \Delta x = 1.269 \text{ m}, \quad \lambda = 4\Delta x = 5.076 \text{ m}$$

$$v_{\text{空}} = \lambda f = 3.005 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{水中:} \quad \Delta x = 0.206 \text{ m}, \quad \text{由 } (n-1)L = 2\Delta x \text{ 得}$$

$$n = \frac{2\Delta x}{L} + 1 = 1.412$$

$$v_{\text{水}} = \frac{v_{\text{空}}}{n} = 2.128 \times 10^8 \text{ m/s}$$

四. 讨论题

1. 红光的波长约为 0.6 微米, 在空气中只走 0.3 微米就会产生相位差。而我们在实验中却将直角反射镜移动了 1.5 米左右的距离, 李萨如图表明两信号之间的相位才改变。这是为什么?

实验测量的是已调制的光的波长, 而非光源光波的波长。

2. 光从直角反射镜的一块镜片被反射到另一块镜片, 其间约为 10 厘米左右。而计算光速时却并未考虑到它。为什么?

光速约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, 传播 10cm 的距离仅需 $3.33 \times 10^{-10} \text{ s}$, 时间过于短暂, 可以忽略不计。

3. 设水管两端的玻璃片厚度均为 2 毫米, 玻璃的折射率为 1.5。本实验中忽略的影响会对测量产生多大的误差?

$$\text{玻璃片产生的附加光程} \quad \Delta s = 2(n-1)d = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{此时 } (n'-1)L + \Delta s = 2\Delta x \quad \text{即} \quad n' = \frac{2\Delta x - \Delta s}{L} + 1 = 1.410$$

$$\text{相对误差} \quad \varepsilon = \frac{n' - n}{n'} \times 100\% = 0.142\%$$