

【实验目的】

1. 掌握利用调制法测量光速的基本原理和方法
2. 学会用示波器测量光波信号时间差

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. 光速测量原理

光信号能用一个将其转变为具有同样时间变化行为的电压信号的接收器加以测量： $U = A \cos(2\pi \cdot \nu \cdot t)$ 。设接收器距光源 ΔS ，则时间延迟 $\Delta t = \frac{\Delta S}{c}$ 。它引起的相位变化 $\Delta\varphi = 2\pi \nu \Delta t = 2\pi \frac{\nu \Delta S}{c}$ ，忽略光强衰减则接收器测量到的相变信号为 $U = A \cos(2\pi \nu t - \Delta\varphi)$ 。由此可得 $c = \frac{\Delta S}{\Delta\varphi} \cdot 2\pi \cdot \nu$ 。

当 ν 很高时，很小的 ΔS 即可获得可观的相位变化，但高频使得在示波器上显示接收到的信号较为困难，因此将接收到的信号与一个 $\nu' = 99.545 \text{ MHz}$ 的信号叠加，此功能由 LM1496 集成块实现。叠加后的输出信号为

$$U = A' \cos(2\pi \nu t - \Delta\varphi) \cdot \cos(2\pi \nu' t) = A'' (\cos(2\pi (\nu + \nu') t - \Delta\varphi) + \cos(2\pi (\nu - \nu') t - \Delta\varphi))$$

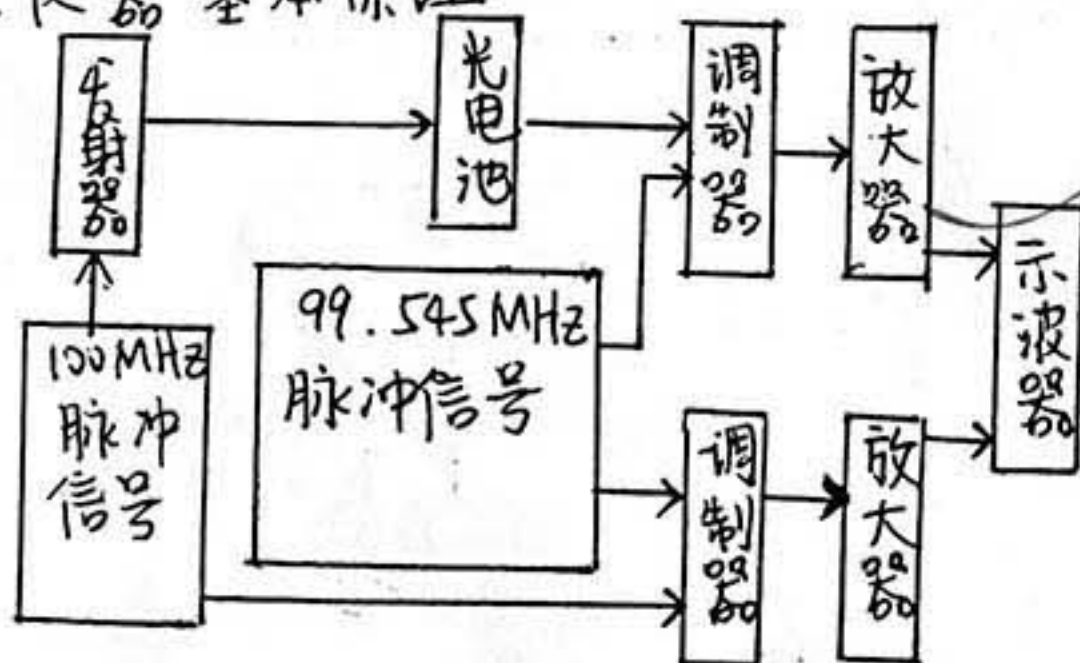
将其中高频信号成分可被低频滤波器滤去，因此只剩下：

$U = A'' \cos(2\pi (\nu - \nu') t - \Delta\varphi)$ 。相变 $\Delta\varphi$ 并未因叠加而改变，但是现在对应另一个传播时间 $\Delta t'$ ，它可以从示波器上读得，而叠加信号的周期 T' 也可读得。

所以 $\Delta\varphi' = 2\pi \frac{\Delta t'}{T'}$ ，由上得光信号实际通过 ΔS 的传播时间 $\Delta t = \frac{\Delta t'}{T' \cdot \nu}$ 。

所以最终光速计算公式为 $c = \frac{\Delta S}{\Delta t} \cdot \frac{T'}{1} = \frac{\Delta S}{\Delta t'} \cdot T' \cdot \nu$ 。

2. 仪器基本原理



实验用的光速测量值

$$c = \frac{2(S_2 - S_1)}{\Delta t'} \cdot \frac{\nu}{\nu'}$$

【实验内容】（重点说明）

1. 仪器调整

开启仪器电源。根据射出的红光位置，调整直角折光器，使光束能进入到接收器。将带交流符号测相接口与示波器 CH1 和 CH2 端相连。

开启示波器，观察示波器上双踪显示的光信号与参考信号波形图像，再次调整直角折光器位置，使光信号与参考信号波形重合。然后移动直角折光器装置，记录直角折光器起始位置 S_1 和终止位置 S_2 （即光走过的路程），记录此时光信号与参考信号波形间相对时间差 $\Delta t'$ 。把 V, V', S_1, S_2 和 $\Delta t'$ 代入 $c = \frac{2(S_2 - S_1)}{\Delta t'} \cdot \frac{V}{V'}$ 就得到光速值（也可以不用参考信号波形来获取时间差 $\Delta t'$ ）。

2. 光速测量

按上述步骤操作，并记录数据填写表格。

【实验器材及注意事项】

实验器材：光速测量仪、示波器

注意事项：① 光路一定要调正确

② 远程光和近程光必须保证都进入光电池

③ 入射光要通过声光移频器

④ 禁止打开机壳

⑤ 实验结束后及时关闭电源

⑥ 讲究卫生，整理好桌面。

【数据处理与结果】

| 实验次数 | S_1/m | S_2/m | $\Delta t/s$ | $c/(10^8 m/s)$ | $\bar{c}/(10^8 m/s)$ |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------|----------------------|
| 1 | 3.00×10^{-2} | 47.00×10^{-2} | 0.648×10^{-6} | 2.977 | |
| 2 | 4.60×10^{-2} | 49.00×10^{-2} | 0.656×10^{-6} | 2.967 | |
| 3 | 5.50×10^{-2} | 50.30×10^{-2} | 0.660×10^{-6} | 2.976 | 2.974 |
| 4 | 7.00×10^{-2} | 47.70×10^{-2} | 0.664×10^{-6} | 2.972 | |
| 5 | 1.00×10^{-2} | 45.00×10^{-2} | 0.648×10^{-6} | 2.977 | |

$$\Delta C = u_{AC} = 0.002 \times 10^8 (m/s)$$

$$\therefore C = \bar{C} \pm \Delta C = (2.974 \pm 0.002) \times 10^8 (m/s)$$

$$2.97 \pm 0.01$$

【误差分析】

实验测得的 \bar{c} 与准确值 $2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$ 的相对误差

$$\Delta E = 0.8\%$$

用示波器读数时, 由于峰值的判定不一定准确, 读取的可能是与峰值对应的某邻域的数值, 会产生误差。

【实验心得及思考题】

思考题: 1. ①假位移产生的原因: ^{光电}二极管光敏面上各点的灵敏度不同和电子渡越时间不一致。②假位移的防止: 近程光(L_1)沿透镜 L 光轴入射, 会聚于 P_1 点, 远程光(L_2)离轴入射会聚于 P_2 点, 由于上述原因将产生波形假移位, 为防止, 可行的方法是使 L_1 和 L_2 均沿 L 轴同轴入射。③检验 L_1 、 L_2 同轴的方法: 在滑块前或近程光路上置一光栏片, 用斩光器依次让远、近程光通过。观察二光束在光敏面上反射的光经透镜是否都成像在光轴上。

2. ①光路位移差 ②示波器读数误差。

3. 斐索齿轮法、傅科旋转镜法、迈克尔孙旋转棱镜法、克尔盒法。

实验心得: 在实验前应先将滑块以小刻度移至大刻度, 观察示波器上显示的波形是否有变化, 若会变化则应调节滑块上的旋钮直至波形稳定。

【数据记录及草表】

$$\nu = 100\text{MHz}, \quad \nu' = 456.19\text{kHz}$$

| 实验次数 | S_1/m | S_2/m | $\Delta t/s$ | $c/(10^8\text{m/s})$ | $\bar{c}/(10^8\text{m/s})$ |
|------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 3.00×10^{-2} | 47.00×10^{-2} | 0.648×10^{-6} | 2.977 | 2.974 |
| 2 | 4.60×10^{-2} | 49.00×10^{-2} | 0.656×10^{-6} | 2.967 | |
| 3 | 5.50×10^{-2} | 50.30×10^{-2} | 0.660×10^{-6} | 2.976 | |
| 4 | 7.00×10^{-2} | 47.70×10^{-2} | 0.664×10^{-6} | 2.972 | |
| 5 | 1.00×10^{-2} | 45.00×10^{-2} | 0.648×10^{-6} | 2.977 | |

教师签字:

[Signature]