

课程编号 1800450001

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称: 大学物理实验(二)

实验名称: 双光栅测微振动

学 院: 计算机与软件学院

指导教师: 高阳

报告人: 吴艇 组号: 19

学号 2020281061 实验地点 204A

实验时间: 2021 年 12 月 29 日

提交时间: _____

一、实验目的

1. 了解光的多普勒频移形成光拍的原理；
2. 精确测量微弱振动位移的方法；
3. 测量出外力驱动音叉时的谐振曲线；

二、实验原理

1. 光栅和光栅方程

光栅：平行光栅时由一系列等宽又等距的平行狭缝所组成。

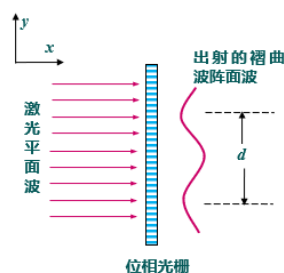
光程差满足波长的整数倍时，叠加为明条纹。

光栅方程： $d \sin \theta = k \lambda$

d 为光栅常数； θ 为衍射角； λ 为波长。

2. 位相光栅

当激光平面波垂直入射到正弦型位相光栅，由于位相光栅上不同的光密和光疏媒质部分对光波的位相延迟作用，使入射的平面波变成出射时的褶曲波阵面，如图所示。由于衍射干涉作用，在远场卡那里光栅方程为： $d \sin \theta = k \lambda$



3. 位相光栅的多普勒频移

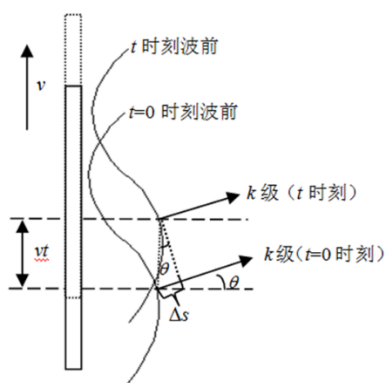


图 2 位相光栅相位改变

$$\Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta s = \frac{2\pi}{\lambda} vt \sin \theta$$

把 $\sin \theta = \frac{k\lambda}{d}$ 带入上式

$$\Delta \phi = \frac{2\pi}{\lambda} vt \frac{k\lambda}{d} = k 2\pi \frac{v}{d} t = k \omega_d t$$

$$E = E_0 \cos(\omega_0 t + \Delta \phi) = \cos(\omega_0 + k \omega_d) t$$

移动的位相光栅的 k 级衍射光波有一个多普勒频移

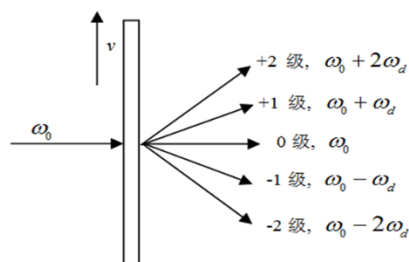


图 3 位相光栅多普勒频移

4.光拍的获得与检测

在检测器方向上，频率不同、频率差较小的光束叠加产生光拍

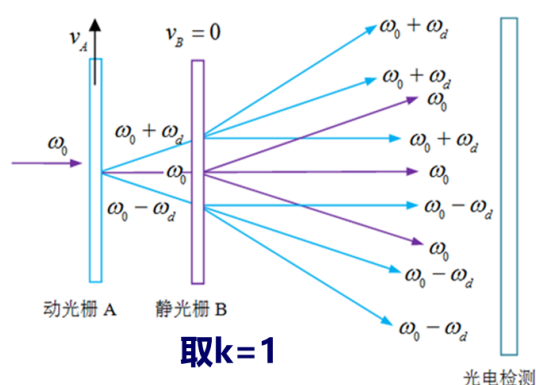


图4 光拍的形成

$$\text{光束 1: } E_1 = E_{10} \cos(\omega_0 t + \phi_1)$$

$$\text{光束 2: } E_2 = E_{20} \cos[(\omega_0 + \omega_d)t + \phi_2]$$

$$\begin{aligned} I &= (E_1 + E_2)^2 \\ &= E_{10}^2 \cos^2(\omega_0 t + \phi_1)t \\ &\quad + E_{20}^2 \cos^2[(\omega_0 + \omega_d)t + \phi_2] \\ &\quad + E_{10}E_{20} \cos [(\omega_0 + \omega_0 + \omega_d)t + (\phi_1 + \phi_2)] \\ &\quad + E_{10}E_{20} \cos [(\omega_0 - \omega_0 + \omega_d)t + (\phi_2 - \phi_1)] \end{aligned}$$

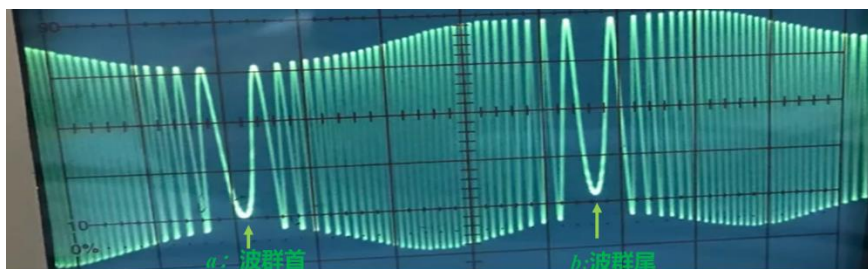
频率太高
检测不到

光的频率很高，光电检测器对这么高的频率不能有所反应，所以光电检测器只能反应（5）式第四项拍频讯号。

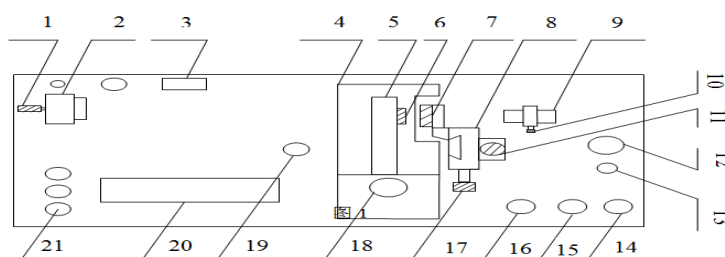
$$\text{拍频 } f_{\text{拍}} = \frac{\omega_d}{2\pi} = \frac{v_A}{d} = nv_A$$

$$n = 1/d, n = 100 \text{ 条} \cdot \text{mm}^{-1}, 2\pi \frac{v}{d} = \omega_d$$

$$A = \frac{1}{2} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^T \frac{f_{\text{拍}}}{n} dt = \frac{1}{2n} \int_0^T f_{\text{拍}} dt, \int_0^T f_{\text{拍}} dt \text{ 表示 } T/2 \text{ 内的波形的个数}$$



三、实验仪器：



1—光电池升降调节手轮，2—光电池座，在顶部有光电池盒，盒前有一小孔光阑，3—电源开关，4—音叉座，5—音叉，6—动光栅（粘在音叉上的光栅），7—静光栅（固定在调节架上），8—静光栅调节架，9—半导体激光器，10—激光器升降调节手轮，11—调节架左右调节止紧螺钉，12—激光器输出功率调节，13—耳机插孔，14—音量调节，15—信号发生器输出功率调节，16—信号发生器频率调节，17—静光栅调节架升降调节手轮，18—驱动音叉用的蜂鸣器，19—蜂鸣器电源插孔，20—频率显示窗口，21—三个信号输出插口，Y1 拍频信号，Y2 音叉驱动信号，X 为示波器提供“外触发”扫描信号，可使示波器上的波形稳定。

四、实验内容：

(1) 几何光路调整

微调半导体激光器的左右、俯仰调节手轮，让光束从安装静止光栅架的孔中心通过。调节光电池架手轮，让某一级衍射光正好落入光电池前的小孔内。锁紧激光器。

(2) 双光栅调整

慢慢转动光栅架，务必仔细观察调节，使得二个光束尽可能重合。去掉观察屏，轻轻敲击音叉，在示波器上应看到拍频波。

(3) 音叉谐振调节

先将“功率”旋钮置于 6--7 点钟附近，调节“频率”旋钮，(500Hz 附近)，使音叉谐振。如音叉谐振太强烈，将“功率”旋钮向小钟方向转动，使在示波器上看到的 $T/2$ 内光拍的波数为 10~20 个左右较合适。

(4) 波形调节

光路粗调完成后，就可以看到一些拍频波，但欲获得光滑细腻的波形，还须作些仔细的反复调节。稍稍松开固定静光栅架的手轮，试着微微转动光栅架，改善动光栅衍射光斑与静光栅衍射光斑的重合度，在两光栅产生的衍射光斑重合区域中，不是每一点都能产生拍频波，所以光斑正中心对准光电池上的小孔时，并不一定都能产生好的波形，有时光斑的边缘即能产生好的波形，可以微调光电池架或激光器的 X-Y 微调手轮，改变一下光斑在光电池上的位置，看看波形有否改善。

(5) 测出外力驱动音叉时的谐振曲线

固定“功率”旋钮位置，小心调节“频率”旋钮，作出音叉的频率——振幅曲线。

五、数据记录:

组号: _____ ; 姓名_____

频率(HZ)									
波数									
A(mm)									
频率(HZ)									
波数									
A(mm)									