课程编号 180045000169

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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： 王光辉**

**报告人： 郭昌华 组号： 19**

**学号 2022190025 实验地点 致原楼204A**

**实验时间： 年 月 日**

**提交时间： 年 月 日**

|  |
| --- |
| 1. 实验目的   1、了解光的多普勒频移形成光拍的原理。  2、了解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。 |
| 1. 实验原理  * 谐振：又称“共振”。振荡系统在周期性外力作用下，当外力作用频率与系统固有振荡频率相同或很接近时，振幅急剧增大的现象。产生谐振时的频率称“频率”。     图 1力学谐振-乐器 图 2电学谐振-RC回路   * 振幅光栅：又称平面二元振幅光栅，简称光栅，是由一系列等宽a又等间距b的平行狭缝所组成，光栅由光栅常数d描述，为缝宽a和缝距b之和d=a+b。     沿衍射角方向的光程差为：d sinθ ,光程差满足波长的整数倍时，光线干涉加强，叠加为明条纹，即：光栅方程：(d 为光栅常数 ；θ 为衍射角；λ 为波长)   * 相位光栅：通常为正弦型位相光栅，为光密和光疏（折射率n）媒质周期性分布的位相延迟片，相位延迟2π对应的光栅长度为光栅常数d。   当平面波垂直入射到光栅时，出射光沿Y方向的相位以正弦规律变化,由入射的平面波变成出射时的正弦变化波阵面，如图所示。     * 比较：振幅光栅，透光狭缝出射光相位相同，光强\振幅周期性变化；正弦光栅，光栅所有部分均透光，振幅\光强相同，初始相位周期性变化。   由于衍射光的干涉，在远场主极大光栅方程为(两类光栅的光栅方程相同)：  d 为光栅常数，即相位变化2π对应的光栅长度 ；θ 为衍射角；λ 为波长  同相位区域周期性分布，如同振幅光栅一样。      当以速度v移动位相光栅时，在t时间后，光栅移动距离vt,对于衍射角为θ的k 级衍射光波而言，则产生一个附加的光程差∆s,对应相位差∆φ，称为多普勒频移   * 位相光栅的多普勒频移   (多普勒角频率)  d为光栅的相位变化2π对应的长度;n=1/d为光栅单位长度相位变化2π的次数。  则衍射光变为    即：移动的位相光栅的k 级衍射光波，相对于静止光栅有了一个多普勒频移  因此，衍射光波级数越高，多普勒频移引起的相位差越大     * 光拍的获得与检测：   将一光栅固定在音叉上，使得光栅随音叉振动一起运动（光栅垂直方向沿运动方向）；另一相同的光栅平行静止放置；则动光栅的零级衍射垂直入射静光栅，其它级衍射斜入射静光栅（考虑+1级）令动光栅的零级衍射出射静光栅后振幅E1，动光栅的+1级衍射出射静光栅后振幅E2，二者发生相干叠加（二者频率相差了wd）    在检测器方向上, 频率不同、频率差较小的的光束叠加产生光拍,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上式中第四项角频率为wd的拍频讯号  拍频  实验中，光栅粘在音叉上，是周期性变化的，所以光拍信号频率 也是随时间而变化的。   * 光栅振动幅度        * 拍频波形数计算     **双踪示波器显示的拍频波和音叉驱动波**  **单踪示波器显示的拍频波**  波群首尾是相对的，某一点如果是某一群首，同时也是上一波群的尾,波形数N=整波形数+分数波形数,不足一个完整波形的首数和尾数中，按满1/2或1/4或 3/4个波形取相应分数值. |
| 1. 实验仪器：   双光栅微弱振动测量仪面板结构见下图。    上图中，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。  可以看到，实验所需的激光源、信号发生器、频率计等已集成于一只仪器箱内，只需外配一台普通的双踪或单踪示波器即可。 |
| 四、实验内容：  1. 几何光路调整：微调半导体激光器的左右、俯昂调节手轮，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揩振曲线：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。  注意事项：   1. 音叉不要遮挡衍射光； 2. 激光要穿过静光栅和动光栅，要确保光斑的重合度（调整光栅架）； 3. 光电检测器窗口入射的是一级衍射光； 4. 示波器显示时间轴大于T/2，小于T，并将一个完整的光拍信号移到窗口中央； 5. 调整一个光拍内的波形数在10-20之间，且尽量大于15； 6. 频率调节要缓慢，且每调整一下后稳定一会再接着调整。 |
| 五、数据记录：  组号： 19 ；姓名 郭昌华 ；实验名称 双光栅测微振动 ；  *d=*0.01 mm     |  |  |  | | --- | --- | --- | | 频率f | 波形数N | 位移振幅A | | 508.1 | 3.5 | 0.0175 | | 508.2 | 4 | 0.02 | | 508.3 | 4.25 | 0.02125 | | 508.4 | 4.75 | 0.02375 | | 508.5 | 6 | 0.03 | | 508.6 | 7.75 | 0.03875 | | 508.7 | 14 | 0.07 | | 508.8 | 17.25 | 0.08625 | | 508.9 | 23.25 | 0.11625 | | 509 | 28.5 | 0.1425 | | 509.1 | 32.75 | 0.16375 | | 509.2 | 13.75 | 0.06875 | | 509.3 | 12.25 | 0.06125 | | 509.4 | 8.75 | 0.04375 | | 509.5 | 8.25 | 0.04125 | | 509.6 | 6 | 0.03 | | 509.7 | 5.25 | 0.02625 | | 509.8 | 4.25 | 0.02125 | | 509.9 | 3.75 | 0.01875 |   表-位移振幅计算结果 |
| **六、数据处理**  已知光栅常数:    以频率508.1Hz为例,,由位移振幅计算公式计算得到振幅  同理计算其它频率下的位移振幅如下:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 频率f | 波形数N | 位移振幅A | | 508.1 | 3.5 | 0.0175 | | 508.2 | 4 | 0.02 | | 508.3 | 4.25 | 0.02125 | | 508.4 | 4.75 | 0.02375 | | 508.5 | 6 | 0.03 | | 508.6 | 7.75 | 0.03875 | | 508.7 | 14 | 0.07 | | 508.8 | 17.25 | 0.08625 | | 508.9 | 23.25 | 0.11625 | | 509 | 28.5 | 0.1425 | | 509.1 | 32.75 | 0.16375 | | 509.2 | 13.75 | 0.06875 | | 509.3 | 12.25 | 0.06125 | | 509.4 | 8.75 | 0.04375 | | 509.5 | 8.25 | 0.04125 | | 509.6 | 6 | 0.03 | | 509.7 | 5.25 | 0.02625 | | 509.8 | 4.25 | 0.02125 | | 509.9 | 3.75 | 0.01875 |   表-位移振幅计算结果  绘制出音叉的频率—振幅曲线如下图: |
| **七、结果陈述：**   * 音叉谐振频率：   观察音叉的频率—振幅曲线,位移振幅在频率509.1Hz达到最大,故谐振频率为509.1Hz   * 音叉受迫振动规律：   从受迫振动振幅与驱动频率关系角度分析, 频率从508.1Hz增大到509.1Hz, 位移振幅也不断增大,在509.1Hz达到最大, 达到最大共振条件后受迫振动振幅随远离共振条件而不断下降 |
| 八、实验总结与思考题  实验总结：  答：实验顺利完成, 了解了光的多普勒频移形成光拍的原理和精确测量微弱振动位移的方法。测量并绘制出外力驱动音叉时的谐振曲线。  思考题:  （1）如何判断动光栅与静光栅的刻痕已平行？   * 用平行光照射光栅，在光栅后面放一个屏幕，看经过光栅后出来的衍射光是否均匀，如果均匀则平行。   （2）作外力驱动音叉谐振曲线时，为什么要固定信号功率？   * 若改变了功率，则必然改变了音叉的驱动力，这就无法判定外力对谐振曲线的影响。   （3）本实验测量方法有何优点？测量微振动位移的灵敏度是多少？   * 扩大微小变量，使微小变量通过信号和计算后更加直观。该实验中，振动的幅度正比于波形的个数，波形的个数一般在5-20个之间，分辨波形的能力可以认为是最小为1/8个波，或者保守认为是1/4个波，对应的半导体激光器的波长是635nm，那么灵敏度等于635nm×1/4=160nm。 |
| 指导教师批阅意见： |
| 成绩评定：     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | 数据处理与结果陈述30分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  | |

原始数据记录表：

实验名称: 双光栅测微振动 组号 19 姓名 郭昌华

相关参数: *d=*0.01 mm



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率 | 波形数N | 位移振幅A(mm) |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |