**4.7 双光栅测量微弱振动位移**

级 生物科学类 x **号**

**一、实验目的**

了解利用光的多普勒频移形成光拍的原理；

了解精确测量微弱振动位移的一种方法；

应用双光栅微弱振动测量仪测量音叉振动的微振幅。

**二、实验仪器**

型双光栅微弱振动测量仪、示波器。

**三、实验原理**

（一）移动光学相位光栅的多普勒频移

所谓**相位光栅**，是指**对单色光的光学性能（折射率）具有空间周期结构的光栅**。当光入射于这种光栅时**只改变出射光的相位，而不影响其振幅**。当激光平面波**垂直入射**到相位光栅上时，由于相位光栅上不同的光密和光疏媒质部分对光波的相位延迟作用，**使入射的平面波变成出射时的摺曲波阵面**。

由于光栅上单缝自身的衍射作用和缝之间的干涉作用，通过光栅后光的强度出现周期性的变化。在远场，我们可以用光栅衍射方程来表示主极大位置：

式中，整数为主极大级数，为光栅常数，为衍射角，为光波波长。

如果光栅在方向以速度移动，则从光栅出射的光的波阵面也以速度在方向移动。因此，在不同时刻，对应于**同一级的衍射**，它从光栅出射时，在方向也有个的位移量。这个位移量对应于出射光波相位的变化量为：

把首式代入上式得

式中，。若激光从一静止的光栅出射时，光波电矢量方程为

而激光从相应移动光栅出射时，光波电矢量方程则为

显而易见，**移动的相位光栅级衍射光波相对于静止的相位光栅有一个多普勒频移**，其频率为

。

（二）**光拍的获得与检测**

光频率很高，为了在光频中检测出多普勒频移量，必须采用“拍”的方法，**即要把已频移的和未频移的光束互相平行叠加，以形成光拍**。由于拍频较低，容易测得，通过拍频即可检测出多普勒频移量。

本实验形成光拍的方法是**采用两片完全相同的光栅平行紧贴**，片静止，片相对移动。激光通过双光栅后所形成的衍射光即为两种以上光束的平行叠加。其形成的第级衍射光波的多普勒频移。

光栅按速度移动，起频移作用，而光栅静止不动，只起衍射作用，故通过双光栅后射出的衍射光包含了**两种以上不同频率成分而又平行的光束**。**由于双光栅紧贴，激光東具有一定宽度，故该光束能平行叠加**，这样直接而又简单地形成了光拍。

激光经过双光栅形成衍射光叠加成光拍信号，光拍信号进入光电检测器后，其输出电流可由下述关系求得。设光束的电矢量为

光束的电矢量为

取，则光电流

其中为光电转换常数。因光波频率甚高，在上式第一、 二、四项中，光电检测器无法跟上反应，第三项即为**拍频信号**，因为**频率较低**，**光电检测器能作出相应的响应**，其光电流为

因此，光电探测则器能检测到的光光拍信号的频率就是拍频：

其中为光栅密度。**本实验。**

（三）微弱振动位移量的检测

从上式可知，**与光频率无关**，且当光栅密度为常数时，只**正比于光栅移动速度**。如果把光栅粘在音叉上，则是周期性变化。所以光拍信号频率也是随时间变化而变化的，**微弱振动的位移振幅**为

式中为音叉振动周期，表示时间内拍频波的波形数。所以，只要测得拍频波的波形数就可得到微弱振动的位移振幅。

波形数由完整波形数、波的首数、波的尾数三部分组成。根据示波器上显示计算为

式中，、分别为波群的首部和尾部的长度，为一个完整波形的平均长度。

**四、实验步骤**

1. 预操作
2. 线路连接：将示波器的**、、外触发器**接至双光栅微弱振动测量仪的**、、的输出插座**上，开启各自的电源；
3. 几何光路调整：调节激光器固定架，**左右调节和上下调节**使红色激光通过静光栅、动光栅，**并让某一级衍射光正好落入光电池前的小孔内**；
4. 音叉谐振调节：调节“**频率”粗调旋钮**使外力的频率约，调节“**功率”调节旋钮**使外力的功率约为，然后调节“**频率”细调旋钮**使音叉谐振，即**使音叉在半周期内振动的波形数最多**，得到音叉的谐振状态。记录此时音叉振动频率、屏上完整波的个数、不足一个完整波形的首数及尾数值以及对应该处完整波形的振幅值；
5. 测量与数据记录
6. 测出外力驱动音叉时的谐振曲线：固定“功率”旋钮位置，在音叉谐振点附近小心调节“频率”旋钮，**测出并记录音叉的谐振频率和内的波形个数**，由振幅公式（为示波器上半个周期内的波数)计算音叉在谐振点时作微弱振动的位移振幅；**依次改变外力的频率，频率间隔可以取，选个点，分别测出并记录对应的波的个数**，完成表，由振幅公式计算出各自的振幅，并作音叉的频率-振幅曲线；
7. 使频率保持在处，即使音叉在谐振附近的某一频率下振动，输出功率由开始，调节“功率”调节旋钮，每隔测量出每一信号输出功率作用下的音叉振幅，观察并测出音叉功率和音叉振幅的关系。

**五、数据处理**

在保持外力输出功率的条件下，测量外力驱动音叉的频率-振幅数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 功率 |  | | | | | | |
| 频率 | 507.81 | 507.91 | 508.01 | 508.11 | 508.21 | 508.31 | 508.41 |
| 波形数 |  |  |  |  |  |  |  |
| 振幅 |  |  |  |  |  |  |  |

表 外力驱动音叉的频率-振幅关系

由振幅公式（为示波器上半个周期内的波数)，计算出对应的振幅，其中测得音叉的谐振频率，计算得音叉在谐振点时作微弱振动的位移振幅。由实验数据作得振幅-频率曲线如下图所示：

图 振幅-频率曲线

**六、实验结果及分析**

本次实验在保持外力输出功率的条件下，测得音叉的谐振频率；音叉在谐振点时作微弱振动的位移振幅；作得振幅-频率曲线如图所示。

总体而言实验结果均比较理想。

**七、实验总结**