4.2 超声光栅及其应用

一、实验目的

（1）了解超声光栅产生的原理和方法；

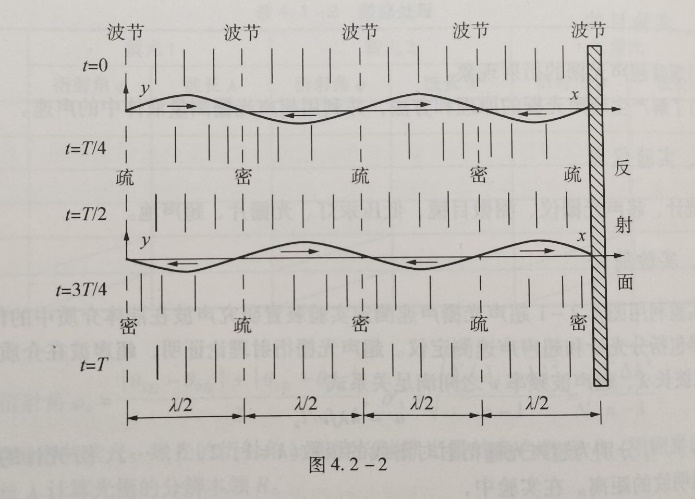
（2）观察超声光栅的衍射现象；

（3）掌握用超声光栅测量超声波速度的方法。

二、实验仪器

WSG—1型超声光栅声速仪（信号源、液体槽、锆钛酸铝陶瓷片），分光计，测微目镜，低压汞灯。

三、实验原理

超声波作为一种纵波在盛有液体的玻璃槽中传播时，液体被周期性地压缩与膨胀，其密度发生周期性的变化，形成疏密波。如果它被一个反射板或液槽的一个玻璃面反射，又会反向传播。在一定条件下，前进波与反射波叠加而形成超声频率的纵向振动驻波。由于驻波的振幅可达到单一行波的两倍，加剧了波源和反射板之间液体的疏密变化。在某一时刻，纵驻波任一波节两边的质点都涌向这个节点，使节点附近成为质点密集区，而相邻的波节处成为质点稀疏区。半个周期后，这个节点附近的质点又向两边散开变为稀疏区，相邻的波节处变为密集区。在这些驻波中，稀疏作用使液体折射率减小，而压缩作用使液体折射率增大。在距离等于波长d的两点，液体的密度相同，折射率也相同。在t和t +T/2（T为超声波振动周期）两时刻振幅y、液体疏密分布和折射率n的变化如图4.2-2所示。

单色平行光沿若垂直于超声波传播方向通过上述液体时，因折射率周期性变化使光波的波阵面产生相应的相位差，经透镜聚焦，出现干涉条纹。这种现象与平行光通过平面光栅的情况相似。因为超声波的波长很短，只要槽宽能维持平面波，槽中液体就相当于一个行射光栅。图4.2-2中的波长即相当于光栅常数d。

在调好的分光计上，由单色光源、平行光管中的可调狭缝S和汇聚透镜L1组成平行光系统。图4.2-3为超声光栅衍射光路。让平行光管射出的平行光束垂直通过装有锆钛酸铅陶瓷片（或称PZT晶片）的液槽。在玻璃槽的另一侧用自准直望远镜中的物镜L2和测微目镜组成测微望远镜系统。若振荡器输出的电信号使PZT晶片发生超声共振，且在液槽中形成稳定的超声驻波，则从测微目镜中即可观察到衍射光谱。衍射光谱中亮条纹位置调足光栅方程

dsinφk= kλ(k =0，±1，±2，…)

当φk很小时，有

sinφk＝lk/f(sinφk≈tanφk) （4.2 - 1）

式中，lk为衍射光谱零级至k级的距离，f为望远镜物镜的焦距。根据光栅方程可求得超声波的波长（即超声光栅的光栅常数）为

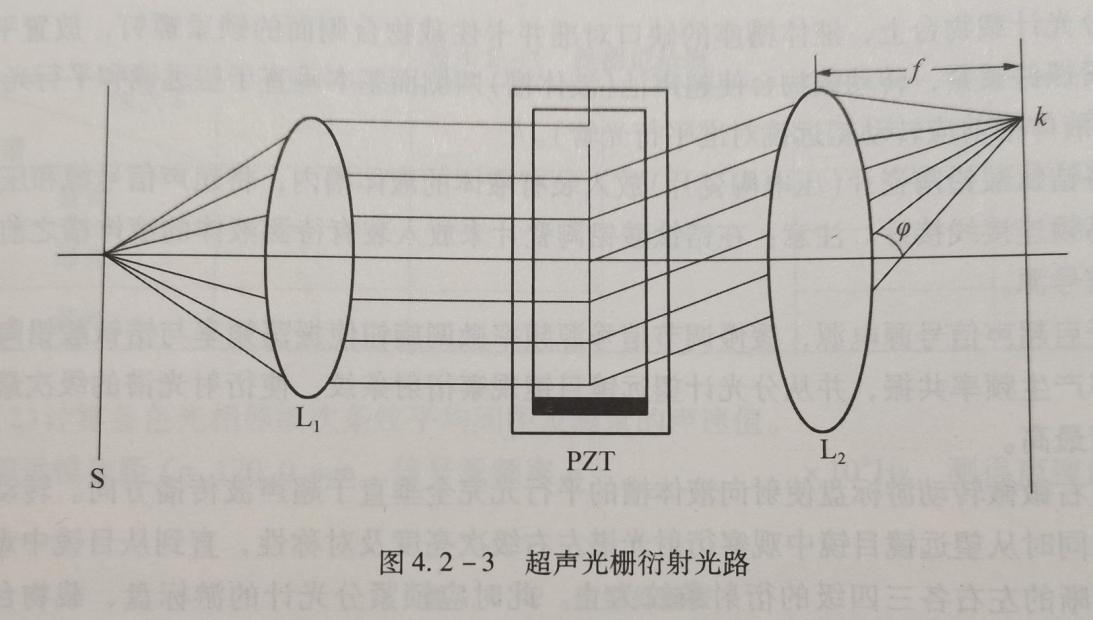
d=kλ/sinφk＝kλf/lk （4.2-2）

从而可以求得超声波在液体中的传播速度u：

u= dν=kλfν/lk （4.2-3）

也可以表示为

u＝λfν/Δlk （4.2 -4）

式中，ν为超声共振驻波频率（由信号源频率计读出，12MHz左右），Δlk为同一色光相邻级次条纹间距。

四、实验内容与主要步骤

1.调整分光计到使用状态；

2.将超声光栅盒放在分光计的载物台上并接好线，开启光栅仪电源，调节其“频率调节旋钮”使望远镜中看到的衍射光谱级次最多而且明亮，转动游标盘使衍射光谱左右对称，级次谱线亮度一致；

3.调节测微目镜调焦手轮直至看清分化板十字准线，将望远镜目镜换成测微目镜，前后移动测微目镜使衍射条纹最清晰，旋转测微目镜，使目镜视场中分划板标尺与衍射条纹平行，固定测微目镜；

4.测微目镜沿一个方向逐级测量各种颜色光谱线位置的读数填入表1；

5 数据处理：完成表格1即可。

五、数据记录及处理

表1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 透镜焦距f： | | 170mm | | 共振频率 | | 12MHz | |
| 级次 | | 黄-1 | 黄+1 | 绿-1 | 绿+1 | 蓝-1 | 蓝+1 |
| 位置（mm） | | 3.095 | 4.767 | 3.125 | 4.671 | 3.270 | 4.510 |
| lk（mm） | | 0.836 | | 0.773 | | 0.62 | |
| 超声波的波长 | | 0.118 | | 0.110 | | 0.123 | |
| 超声波的速度 | | 1416 | | 1320 | | 1476 | |
| 超声波声速平均测量值（m·s-1）：1404 | | | 超声波声速理论值（m·s-1）：1495 | | | |
| 相对误差：6.09% | | | | | | |