

天津大学物理实验报告

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘菊

成绩

9.2

实验日期: 2015.4.22 学号 301320427 同组实验者

实验题目: 利用超声光栅测定液体中的声速

一. 实验目的

- 1) 了解产生超声光栅的原理, 明白测量超声波速度的原因;
- 2) 测微目镜的使用方法;

二. 实验仪器

超声光栅实验仪 (数字显示高频功率信号源及内置压电陶瓷片的液槽)、带测微目镜的光学测角计、仪器高压汞灯

三. 实验原理

在透明介质中传播的超声波使介质的局部发生周期性的压缩与膨胀, 以致密度随之发生相应的变化。如行波被反射, 可在一定条件下形成驻波, 从而加剧介质的疏密变化。某时刻, 纵驻波的在波节两边成为质点密集区, 而相邻的波节处为质点稀疏区; 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, 相邻波节处变为密集区。稀疏作用使介质折射率减小, 而压缩作用使介质折射率增大 (图 46-1)。

单色平行光束沿着垂直于超声波传播方向通过槽中液体时, 因超声波的波长很短, 只要槽足够宽, 槽中液体就像一个衍射光栅。图中声波的波长 Λ 即相当于光栅常数。根据光栅方程, 衍射的主极大 (光谱线) 由下式决定: $\Lambda \sin \theta_k = k\lambda$ ($k = 0, 1, 2$) (46-1)

超声的实验光路如图所示 46-2, 实际上因 θ 角很小, 可以认为 $\sin \theta_k = l_k/f$

其中: l_k 为光栅衍射零级至第 k 级光谱的距离; f 为透镜 L_2 的焦距。所以超声波波长

$$\Lambda = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda f / l_k \quad (46-2)$$

超声波在液体中传播的速度 $c = \Lambda \nu$ (46-3)

式中: ν 是高频功率信号源与压电陶瓷的共振频率。

天津大学物理实验报告

附 页

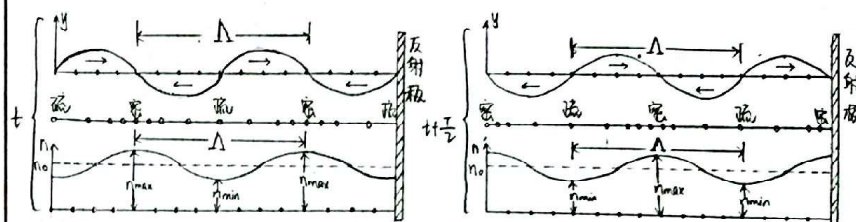


图 46-1 在 t 和 $t + T/2$ (T 为超声波振动周期) 两时刻振幅 y 、液体疏密分布和折射率 n 的变化。

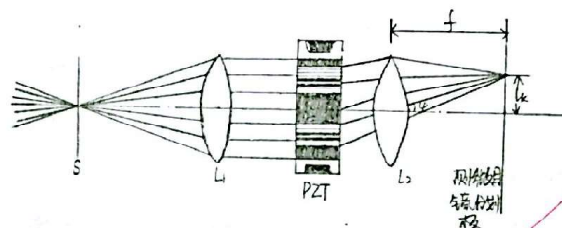


图 46-2 超声光栅衍射光路

四. 实验步骤

- 1) 按简易调节法调节光学测角计, 将测角计的阿贝式自准目镜换成测微目镜, 调节目镜使其分划板及准直管的狭缝竖直清晰, 并消除误差。参照图 46-2 所示光路, 将液槽稳妥地放在测角计的载物台上。

在压电陶瓷片上加高频功率信号电压, 仔细调节频率和液槽方位, 直到目镜视场出现稳定而清晰的衍射光谱。

- 2) 对蒸馏水和乙醇两种液体的声光衍射用测微目镜分别测量紫、绿、黄 3 谱线各级的位置, 并记录频率和液体温度 (可用室温)。

五. 数据处理

- 1) 测出在酒精中黄、绿、紫 3 谱线各衍射级的位置。

黄光波长 578.0nm 绿光波长 546.1nm 紫光波长 435.8nm 透镜焦距: 176mm

液体名称: 酒精 频率: 10.86MHz

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 王莉 成绩

实验日期: 2015.4.22 学号 301320427 同组实验者

实验题目: 利用超声光栅测液体声速

位置/mm	X_2	X_3	X_4	X_1'	X_2'	X_3'
黄	2.875	3.710	4.515	6.405	7.300	8.235
绿	2.935	3.818	4.638	6.352	7.142	8.108
紫	3.400	4.142	4.785	6.220	6.910	7.570

① 对于黄光而言: $2L_1 = 1.830 \text{ mm}$ $2L_2 = 3.590 \text{ mm}$ $2L_3 = 5.410 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言, $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 107249.01 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 107280.31 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 107799.5 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{黄}} = 108142.96 \text{ nm}$$

② 对于绿光而言: $2L_1 = 1.714 \text{ mm}$ $2L_2 = 3.324 \text{ mm}$ $2L_3 = 5.174 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言, $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 108353.17 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 111676.89 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 107641.26 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{绿}} = 109223.77 \text{ nm}$$

③ 对于紫光而言: $2L_1 = 1.436 \text{ mm}$ $2L_2 = 2.768 \text{ mm}$ $2L_3 = 4.170 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言, $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 103270.14 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 107076.17 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 106659.48 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{紫}} = 105661.93 \text{ nm}$$

由 $\bar{\Delta}_{\text{黄}}$, $\bar{\Delta}_{\text{绿}}$, $\bar{\Delta}_{\text{紫}}$ 可算出 $\bar{\Delta}_{\text{总}} = 107776.22 \text{ nm}$. 则根据式 (46-3) $C = \bar{\Delta} \nu$ 可得

$$C_{\text{酒精}} = \bar{\Delta}_{\text{总}} \nu = 1170.4497 \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{相对百分差 (与公认值 } 1168 \text{ m/s 比较): } U_r = \frac{1170.4497 - 1168}{1168} = 0.21\%$$

(2) 测出在蒸馏水中黄、绿、紫光谱线各行衍射的位置

黄光波长: 577.0 nm 绿光波长: 546.1 nm 紫光波长: 435.8 nm 透镜焦距: 170 mm

液体名称: 蒸馏水 频率: 10.85 MHz

位置/mm	X_2	X_3	X_4	X_1'	X_2'	X_3'
黄	3.405	4.075	4.765	6.202	6.915	7.615
绿	3.498	4.142	4.825	6.155	6.810	7.490
紫	3.870	4.425	4.975	6.630	6.580	7.160

① 对于黄光而言: $2L_1 = 1.028 \text{ mm}$ $2L_2 = 2.830 \text{ mm}$ $2L_3 = 4.210 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言 $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 136446.62 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 138701.92 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 139822.29 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{黄}} = 138310.28 \text{ nm}$$

② 对于绿光而言: $2L_1 = 1.330 \text{ mm}$ $2L_2 = 2.668 \text{ mm}$ $2L_3 = 3.992 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言 $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 139667.52 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 139133.76 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 139448.55 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{绿}} = 139449.94 \text{ nm}$$

③ 对于紫光而言: $2L_1 = 1.056 \text{ mm}$ $2L_2 = 2.156 \text{ mm}$ $2L_3 = 3.290 \text{ mm}$

则根据式 (46-2) 而言 $\Delta = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda / l_k$ 可得出

$$\Delta_1 = 140128.62 \text{ nm} \quad \Delta_2 = 137476.34 \text{ nm} \quad \Delta_3 = 135061.98 \text{ nm} \quad \text{其平均值 } \bar{\Delta}_{\text{紫}} = 137555.65 \text{ nm}$$

由 $\bar{\Delta}_{\text{黄}}$, $\bar{\Delta}_{\text{绿}}$, $\bar{\Delta}_{\text{紫}}$ 可算出 $\bar{\Delta}_{\text{总}} = 138428.62 \text{ nm}$. 则根据式 (46-3) $C = \bar{\Delta} \nu$ 可得

$$C_{\text{水}} = \bar{\Delta}_{\text{总}} \nu = 1502059 \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{相对百分差 (与公认值 } 1483 \text{ m/s 比较): } U_r = \frac{1502059 - 1483}{1483} = 1.29\%$$

六. 注意事项及感想

1. 在更换液体时必须先关闭信号源, 否则压电陶瓷片会破裂.

2. 实验感想: 虽然说做的过程中眼睛已经废了, 但是自己还是很努力地将其调出了三级条纹.

很高兴, 很骄傲. 每次做实验都感觉发明这个实验的人太聪明了. 这种思想都能想到. 别人的这种思想很值得我们学习. 今天可以说又复习了一次螺旋测微仪的读数. 感觉越来越熟练的. 感谢这项实验.



() 作业纸

系别 信息 班级 通信四班 姓名 文菊 第 3013204272 页

黄光波长 577.0nm 绿光波长 546.1nm 蓝紫光波长 435.8nm.

透镜焦距 170mm 液体: 酒精 频率: 10.86MHz

位置/mm	x_2	x_2	x_1	x_1'	x_2'	x_3'	l_1 /mm	l_2 /mm	l_3 /mm
黄	2.835	3.710	4.575	6.405	7.360	8.235	0.915	1.795	2.705
绿	2.935	3.818	4.638	6.352	7.142	8.168	0.857	1.662	2.587
蓝紫	3.400	4.162	4.785	6.720	6.970	7.570	0.718	1.384	>0.85

液体: 水 频率 10.85 MHz

位置/mm	x_2	x_2	x_1	x_1'	x_2'	x_3'	l_1	l_2	l_3
黄	3.405	4.095	4.765	6.702	6.925	7.615	0.719	1.415	2.105
绿	3.498	4.142	4.825	6.155	6.810	7.490	0.665	1.334	1.996
蓝紫	3.870	4.425	4.975	6.030	6.580	7.160	0.528	1.078	1.645

液体酒精

光	$\sin \theta_1$	$\sin \theta_2$	$\sin \theta_3$	λ_1 /nm	λ_2 /nm	λ_3 /nm	$\bar{\lambda}$ /nm
黄	0.00598	0.01056	0.015912	107249.07	108280.3	108199.5	108442.96
绿	0.00504	0.00978	0.01522	108233.17	111576.89	107641.26	109223.77
蓝紫	0.00432	0.00814	0.01226	103270.14	107076.17	106639.48	105661.93
$\bar{\lambda}_{\text{黄}}/\text{nm}$							107776.22
$C = \bar{\lambda} \nu$ (m/s)							1170.4497

3.104
22/4