

实验题目:

用超声光栅测定液体中的声速

学号: 164309 姓名: 翟子悦 班级: 计163 成绩: 9.5
同组人: 周小波 实验日期、时段: 11月16日 二 时段 教师签名: 周小波

一、实验目的与要求

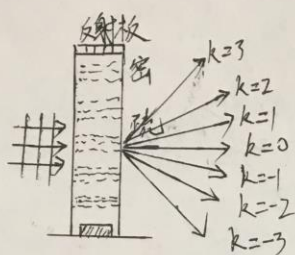
1. 学习声光学实验的设计思想及其基本的观测方法。
2. 测定超声波在液体中的传播速度。
3. 了解超声波的产生方法。

二、实验仪器

超声波发生器、振荡电源、光具座、测微目镜、
He-Ne激光器、透镜、狭缝等。

三、实验原理(用自己语言组织)

当一束平面超声波在液体中以纵波形式传播时, ~~其声压~~ 其声压使液体分子密度也产生周期性变化, 促使液体折射率也相应地作周期性变化, 形成所谓疏密波。此时若平行单色光沿着垂直于超声波传播的方向通过这种疏密相间的介质时, 就会被衍射。这一作用类似光栅, 所以称为超声光栅。为了使实验条件易实现, 衍射现象易于稳定观察, 在液体槽内放一表面光滑与超声波波阵面平行的金属反射器, 从而形成稳定的驻波。



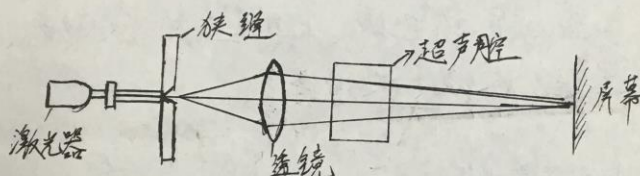
如左图所示,当超声束的宽度(方向)不太大时,超声束对光的衍射与光栅近似。超声光栅对垂直入射光的衍射可表示为:

$$A \sin \phi_k = k\lambda \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

式中, A 和 λ 分别为超声波和光的波长, ϕ_k 为 k 级亮纹衍射角, 所以有: $A = \frac{k\lambda}{\sin \phi_k}$

如果已知光波波长 λ , 再测出超声振动的频率 γ , 就能够求出声波在液体中的传播速度 $v = \gamma A = \frac{k\lambda\gamma}{\sin \phi_k}$ 。

四. 实验内容与步骤



按照上图将各器件放在光具座上, 然后进行如下操作。

- ① 开启激光器电源, 调节同轴等高, 移动透镜, 使成像清晰。
- ② 将酒精倒入超声腔内, 用导线连接压电陶瓷晶片与信号源, 开启信号源, 调到合适的频率范围 (10 MHz 挡)。
- ③ 开启超声信号源电源, 给压电陶瓷加上振荡电压, 调节电压频率适当, 观察到衍射条纹。调节频率微调旋钮, 辅以反射板调节, 使电压振荡频率与陶瓷片固有频率共振, 这时可观察到稳定的左右各三级或更多的衍射线谱。
- ④ 将屏换成调整好的测微目镜, 调节测微目镜上下位置, 使衍射条纹射入目镜筒内, 并穿过目镜从后面射出。

四、实验内容与步骤

⑤ 在激光管和狭缝之间加毛玻璃屏，以减弱光强，保护眼睛。再用显微镜测量各级衍射条纹的位置（左右各五级），求出谱线平均间距 $\bar{D}_{\pm k}$ 。

⑥ 测量超声腔中心到屏之间距离 A ，并记录超声波频率 ν ，因 $\sin \phi_k \approx \frac{D_{\pm k}}{2A}$ ，可得 $\nu_k = \frac{k\lambda\nu}{\sin \phi_k} = \frac{2kA\lambda\nu}{\bar{D}_{\pm k}}$ 。

五、数据记录（数据表格自拟）

液体名称： 激光波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ，超声频率 $\nu =$

$A(\text{mm})$	k	显微镜读数 $d(\text{mm})$		$D_{\pm k}(\text{mm})$
		-k级读数 d_{-k}	+k级读数 d_{+k}	
1122.2	1	2.981	5.519	2.538
	1	2.979	5.512	2.533
	1	2.985	5.510	2.525

六、数据处理(要有详细过程,包括不确定度计算等)

$$\bar{D}_1 = \frac{1}{3} \times (2.538 + 2.533 + 2.525) = 2.532 \text{ (mm)}$$

$$\sigma_A = \frac{\Delta A}{\sqrt{3}} = 2.89 \text{ mm}$$

$$\sigma_{D \pm k A} = t_p \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (D_{\pm k} - \bar{D}_{\pm k})^2}{3 \times 2}}$$

$$\sigma_Y = \frac{\Delta Y}{\sqrt{3}} = \frac{S}{\sqrt{3}} = 2.89 \text{ kHz}$$

$$= \frac{1.32 \times [(2.538 - 2.532)^2 + (2.533 - 2.532)^2 + (2.525 - 2.532)^2]}{3 \times 2} = 0.005 \text{ mm}$$

$$V = \frac{2KA\lambda}{D_1} = \frac{2 \times 1 \times 1122.2 \times 10^3 \times 2633.1 \times 10^3 \times 632.8 \times 10^{-9} \text{ m}}{2.532 \times 10^{-3}}$$

$$= 1476.97 \text{ m/s.}$$

$$E_{V_k} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_Y}{Y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{D_1}}{D_1}\right)^2}$$

$$\sigma_{D \pm k B} = \frac{\Delta D_{\pm k}}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{1.732} = 0.0058 \text{ mm}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2.89}{1122.2}\right)^2 + \left(\frac{2.89}{2633.1 \times 10^3}\right)^2 + \left(\frac{0.00766}{2.532}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{D \pm k} &= \sqrt{\sigma_{D \pm k B}^2 + \sigma_{D \pm k A}^2} \\ &= \sqrt{0.0058^2 + 0.0058^2} \\ &= 0.00766 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 4.1\%$$

七、实验分析

1. 移动凸透镜在屏上成像时, 应将透镜和超声腔尽量靠近, 超声腔到屏的距离取 $A \approx 1m$;
2. 不能直视激光光源, 加上毛玻璃之后才能在测微目镜中观察衍射条纹

八、思考题与思维拓展

1. 超声光栅是如何形成的?

答: 当一束平面超声波在液体中以纵波形式传播时,

其声压使液体分子密度, 也产生周期性变化, 从而使液体折射率也相应地作周期性变化, 形成所谓疏密波, 这种疏密波即称为超声光栅。

$$\sigma_{v_1} = V E_v = 1476.97 \times 4.1\% = 60.56 \text{ m/s}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = v \pm \sigma_{v_1} = (1.48 \pm 0.06) \times 10^3 \text{ m/s} \\ E_v = 4.1\% \end{array} \right.$$

$$E_v = 4.1\%$$



河北工业大学

HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

液体名称: 酒精 激光波长 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ 超声频率 $\nu = 2633.1 \text{ KHz}$

A(mm)	k	目镜读数 d(mm)		D \pm k(mm)
		-k级读数 d _{-k}	+k级读数 d _{+k}	
1122.2 1122.2	3	2.981	5.519	2.538
	4	2.979	5.512	2.533
	1	2.985	5.510	2.525
	3			
	2			
	1			

周11.6