

# 天津大学本科 生 实验报告 专用纸

课程名称: 物理实验

姓名: 曾成化

学号: 3013204315

学院: 信息学院 专业: 集成电路

年级: 2013

成绩: 9.3

## 一. 实验名称

利用超声光栅测定液体中的声速

## 二. 实验目的

(1) 了解超声光栅的原理为什么能够用它来测量超声波速度。

(2) 测微目镜的使用方法。

## 三. 实验仪器

超声光栅实验仪、带测微目镜的光学测微仪、仪器高压泵。

锆钛酸铅压电陶瓷片(PZT)在高频功率信号源, 交变电场作用下, 发生周期性的压缩和伸长, 这种高频机械振动在介质中的传播就是超声波。信号源是一个品字管自激振荡器。PZT片可与可变电容并联构成LC振荡回路的电容部分, 电感L是一个螺旋线圈, 通过品字管的正反馈电路的作用, 能够产生和维持等幅振荡。调整面板上的电容器可以改变振荡频率。

## 四. 实验原理

在透明介质中传播的超声波使介质的局部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, 纵驻波的一波节两边成为质点密集区, 而相邻的波节处为质点稀疏区; 经周期后, 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, 只容槽中液体就作为一个衍射装置光栅。图中声波的波长 $\lambda$ 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:

$$\lambda \sin \theta_k = k\lambda \quad (k=0, 1, 2) \quad (46-1)$$

超声的实验光路如图 46-2 所示, 实际上用 $\theta$ 角很小, 可以认为

$$\sin \theta_k = k/f$$

其中:  $k$  为光栅衍射零至第  $k$  级光谱的距离,  $f$  为透镜  $L$  的焦距。所以超声波波长

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

超声波在液体中传播的速度

$$c = \lambda \nu \quad (46-3)$$

式中:  $\nu$  是高频功率信号源与压电陶瓷的共振频率。

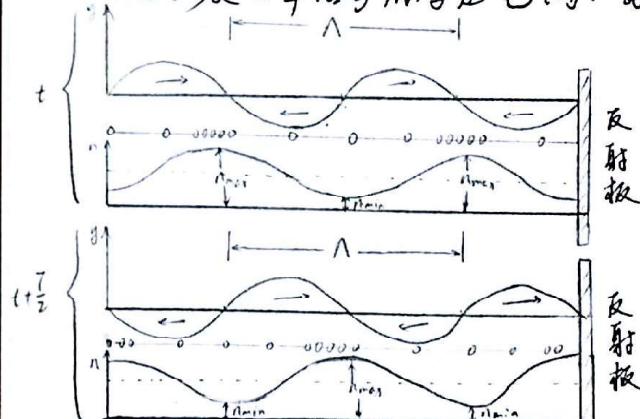


图 46-1 在  $t$  和  $t+T/2$  时刻超声波振动周期内两时刻振幅  $y$ 、液体疏密分布和折射率  $n$  的变化。

教师签字:

年 月 日

# 天津大学本科实验报告专用纸

课程名称:

姓名:

学号:

学院:

专业:

年级:

成绩:

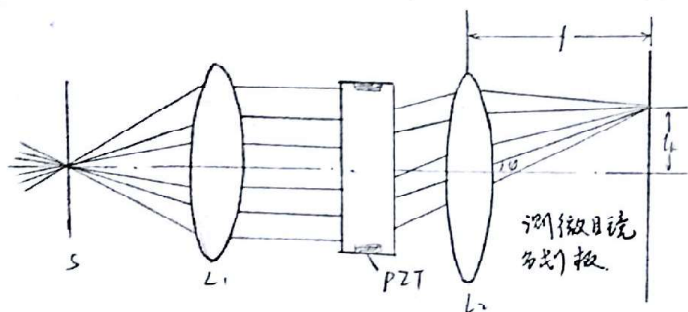


图46-2 超声波衍射光路。

## 五实验步骤

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值管的像清晰，并消除视差。

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左右对称的衍射光谱。

2. 对蒸馏水和乙醇两种液体的超声波衍射用测微目镜分别测量蓝紫绿黄光谱各级位置，并记录频率和衍射级数。

## 六. 数据处理.

1. (1) 酒精, 频率  $\nu = 9.84 \text{ MHz}$

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	7.750	7.010	6.205	4.575	3.775	2.945
绿	7.630	6.895	6.130	4.630	3.875	3.075
蓝紫	7.145	6.570	5.930	4.785	4.151	3.505

(2) 水 频率  $\nu = 10.78 \text{ MHz}$

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	7.440	6.792	6.049	4.648	3.950	3.253
绿	7.331	6.665	6.000	4.692	4.032	3.375
蓝紫	6.952	6.400	5.883	4.886	4.305	3.775

2. (1) 酒精.

黄,  $l_1 = \frac{x_1 - x_1'}{2} = 0.815 \text{ mm}$   $l_2 = 1.6175 \text{ mm}$   $l_3 = 2.405 \text{ mm}$

绿:  $l_1 = 0.75 \text{ mm}$   $l_2 = 1.51 \text{ mm}$   $l_3 = 2.2775 \text{ mm}$

蓝紫,  $l_1 = 0.5725 \text{ mm}$   $l_2 = 1.21 \text{ mm}$   $l_3 = 1.82 \text{ mm}$

$\lambda = \frac{2\lambda}{\sin \theta_k} = \frac{2\lambda}{l_k}$

黄:  $\lambda_1 = 1.204 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.213 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.223 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\bar{\lambda}_\text{黄} = 1.213 \times 10^{-4} \text{ m}$

教师签字:

年 月 日



# 天津大学本科实验报告专用纸

课程名称:

姓名:

学号:

学院:

专业:

年级:

成绩:

绿:  $\lambda_1 = 1.237 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.229 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.222 \times 10^{-4} \text{ m}$   
 $\bar{\lambda}_{\text{绿}} = 1.229 \times 10^{-4} \text{ m}$

蓝紫:  $\lambda_1 = 1.294 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.224 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.221 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\bar{\lambda}_{\text{蓝紫}} = 1.246 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\therefore \bar{\lambda} = \frac{\bar{\lambda}_{\text{蓝}} + \bar{\lambda}_{\text{绿}} + \bar{\lambda}_{\text{蓝紫}}}{3} = 1.229 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\bar{c} = \bar{\lambda} \nu = 1.229 \times 10^{-4} \text{ m} \times 9.84 \times 10^6 \text{ Hz} = 1209 \text{ m/s}$

相对百分差:  $\frac{1209 - 1168}{1168} \times 100\% = 3.51\%$

水:

黄:  $\lambda_1 = 0.7005 \text{ mm}$   $\lambda_2 = 1.421 \text{ mm}$   $\lambda_3 = 2.0935 \text{ mm}$

绿:  $\lambda_1 = 0.654 \text{ mm}$   $\lambda_2 = 1.318 \text{ mm}$   $\lambda_3 = 1.978 \text{ mm}$

蓝紫:  $\lambda_1 = 0.4985 \text{ mm}$   $\lambda_2 = 1.0475 \text{ mm}$   $\lambda_3 = 1.589 \text{ mm}$

黄:  $\lambda_1 = 1.420 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.408 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.408 \times 10^{-4} \text{ m}$   
 $\bar{\lambda}_{\text{黄}} = 1.412 \times 10^{-4} \text{ m}$

蓝紫:  $\lambda_1 = 1.486 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.414 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.385 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\bar{\lambda}_{\text{蓝紫}} = 1.433 \times 10^{-4} \text{ m}$

黄:  $\lambda_1 = 1.400 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_2 = 1.381 \times 10^{-4} \text{ m}$   $\lambda_3 = 1.406 \times 10^{-4} \text{ m}$   
 $\bar{\lambda}_{\text{黄}} = 1.396 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\therefore \bar{\lambda} = 1.413 \times 10^{-4} \text{ m}$

$\bar{c} = \bar{\lambda} \nu = 1.413 \times 10^{-4} \text{ m} \times 10.78 \times 10^6 \text{ Hz} = 1523 \text{ m/s}$

相对百分差:  $\frac{1523 - 1483}{1483} \times 100\% = 2.7\%$

3. 不确定度的计算

$\Delta \lambda = \sqrt{\frac{\sum (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n(n-1)}} = 9.812 \times 10^{-7} \text{ m}$

$\Delta \nu = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.02 \text{ MHz}}{\sqrt{3}} = 0.01155 \text{ MHz}$

$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{\Delta \lambda}{\bar{\lambda}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \nu}{\bar{\nu}}\right)^2} \times 100\% = 0.7026\% \quad (P \approx 68\%)$

$u = \bar{c} \Delta r = 10.701 \text{ m/s}$

则测量结果表示为

$c = \bar{c} \pm u = 1523 \pm 10.701 \text{ (m/s)}$

$\Delta r = 0.7026\% \quad (P \approx 68\%)$

教师签字:

年 月 日



( ) 作业纸

系别 \_\_\_\_\_ 班级 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 页

液体名称: 酒精 频率: 9.84 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	7.750	7.010	6.205	4.575	3.775	2.945
绿	7.639	6.895	6.130	4.630	3.875	3.075
蓝紫	7.145	6.570	5.930	4.785	4.158	3.505

液体名称: 水 频率: 10.78 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	7.440	6.792	6.049	4.648	3.950	3.253
绿	7.331	6.665	6.000	4.692	4.032	3.375
蓝紫	6.952	6.400	5.883	4.886	4.305	3.725

穆晓宇 (60)

2015. 5. 13