

## 【204】声速的测量

实验日期 9.28 实验组号 1 实验地点 204 报告成绩 45

## [实验目的]

1. 了解超声波的产生, 发射, 传播和接收。
2. 熟悉低频信号发生器, 数字频率计和示波器的使用
3. 掌握用共振干涉法, 相位比较法测量超声波的波长
4. 掌握并熟练运用逐差法的数据处理方法

## [实验仪器]

SV-DH-5A型声速测量仪

## [实验原理摘要]

1. 声波是一种在弹性介质中传播的 机械波。本实验的主要任务是测量超声波在空气中的传播速度。声速的测量公式  $v = \frac{\lambda}{T}$ 。需要测量声波的 频率 和 波长。

2. 压电陶瓷换能器, 它可将交变电压转换成 超声波, 同样, 也可将 超声波 转换成电信号。

## 3. 共振干涉(驻波)法

用共振干涉干涉法测波长时, 当移动  $S_1$  达到声波的某个干涉共振位置时, 示波器上出现了 正弦电信号 继续移动  $S_2$ , 当再次出现 正弦电信号 时, 则两次相邻干涉共振位置之间的距离 ( $S_1$  和  $S_2$  之间的距离)  $L$  为  $k \cdot \frac{\lambda}{2}$ , 发射波和反射波叠加干涉而形成驻波, 驻波方程

$$Y = \underline{Y_1 + Y_2 = (2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda})}$$

4. 声速从发射器  $S_1$  经过 介质 到达接收器  $S_2$ , 则发射面和接受面之间产生 相位差。相位比较法就是将  $S_1$  和  $S_2$  的 电压 信号, 分别输入示波器

X 轴和 Y 轴输入端，在示波器荧光屏上显示出 椭圆 图形来。

当  $S_1$  和  $S_2$  的间距每变化一个 相位差，就会重复出现同样 斜率 =  $\frac{A_2}{A_1}$  的直线，

位相差公式为  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi + \frac{2}{\lambda}$

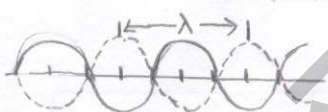
5. 实验中注意事项：

测温度时不要用手触摸温度计下端。

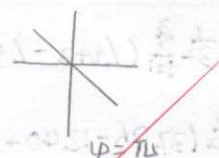
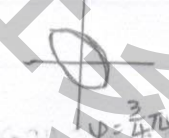
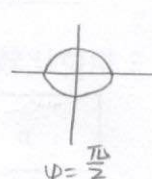
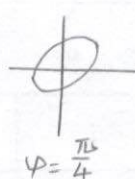
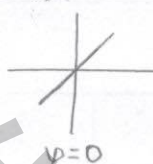
[实验原理图]

1. 共振干涉法和相位比较法原理图。

共振干涉：



相位比较：



[实验内容及步骤]

1. 声测测量对系统的连接与调试。

2. 测定压电陶瓷换能器系统的最佳工作频率。

3. 共振干涉法(驻波法)测波长

4. 相位比较法测量超声波波长。

预习遇到的问题：

对仪器的操作不能相对掌握，需要理解与实践



[数据表格及处理]

1. 压电陶瓷换能器系统最佳工作频率  $f = 39.058$  (kHz)

2. 共振干涉法测量波长

| n          | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $L_i$ (mm) | 6.20 | 11.10 | 15.50 | 20.10 | 24.20 | 28.21 |

$$\bar{\lambda} = 2 \times \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 (L_{i+3} - L_i) \text{ mm}$$

$$= 2 \times \frac{1}{2} [20.10 - 6.20 + 24.20 - 11.10 + 28.21 - 15.50] \text{ mm} = 8.82 \text{ mm}$$

$$v = \bar{\lambda} \cdot f = 8.82 \times 39.058 = 344.4916 \text{ m/s}$$

3. 相位比较法测量波长

| n          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $L_i$ (mm) | 12.40 | 21.00 | 29.98 | 37.96 | 40.96 | 55.40 |

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 (L_{i+3} - L_i) \text{ mm}$$

$$= \frac{1}{2} [37.96 - 12.40 + 40.96 - 21.00 + 55.40 - 29.98] \text{ mm} = 7.88 \text{ mm}$$

$$v = \bar{\lambda} \cdot f = 7.88 \times 39.058 = 307.777 \text{ m/s}$$

4. 测量结束时测出室温  $t^\circ\text{C}$ , 实验测得的声速值与公认值比较计算其百分误差.

$$E_1 = \frac{| \text{公认值} - \text{测量值} |}{\text{公认值}} = \frac{| 340 - 344.4916 |}{340} = 1.32\%$$

$$E_2 = \frac{| \text{公认值} - \text{测量值} |}{\text{公认值}} = \frac{| 340 - 307.777 |}{340} = 9.47\%$$

5. 计算不确定度.

$$u_A(\lambda) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(6.20 - 8.82)^2 + (11.10 - 8.82)^2 + (15.50 - 8.82)^2 + (20.10 - 8.82)^2 + (24.20 - 8.82)^2 + (28.21 - 8.82)^2}{6 \times 5}}$$

$$= 5.15$$

$$u_B(\lambda) = \frac{\Delta_{\lambda}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.0115$$

$$u(\lambda) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{(15.15)^2 + (0.0115)^2} = 15.16$$

$$u(f) = u_B(f) = \frac{\Delta_f}{\sqrt{3}} = \frac{0.001}{\sqrt{3}} = 0.00058$$

$$u(\bar{v}) = \bar{v} \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2} = 344.4916 \sqrt{\left(\frac{15.16}{8.82}\right)^2 + \left(\frac{0.00058}{39.058}\right)^2} = 201.539$$

结果:  $v = \bar{v} \pm u(\bar{v}) = 344.492 \pm 201.539 \text{ m/s}$

[思考题]

1. 准确测量谐振频率的目的是什么?

在谐振频率时, 波形最稳定, 能够观察  
读数准确测量, 以便于调整。

2. 系统为什么要在换能器的共振状态下测量空气中的声速?

因为在共振频率下, 反射面声压达到最大值,  
这样从示波器观察到的电压信号幅值  
最大, 从而有利于观察。

[实验体会与收获]

熟悉示波器的使用方法, 掌握了共振干涉法、相位比较法,  
来测量超声波的传播速度。

[指导教师意见]



# 声速的测定

## 原始数据记录

实验日期 9.30 实验组号 1 实验地点 204 仪器编号 7

[数据表格]

室温  $t =$  24  $^{\circ}\text{C}$

1. 压电陶瓷换能器系统最佳工作频率  $f =$  39.058 (kHz)

2. 共振干涉法测量波长

| n                | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $L_i(\text{mm})$ | 6.20 | 11.10 | 16.50 | 20.10 | 24.20 | 28.21 |

3. 相位比较法测量波长

| n                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $L_i(\text{mm})$ | 12.40 | 21.00 | 29.98 | 37.96 | 40.96 | 55.40 |

指导教师签字: 王.3

日期: 9.30