



北京航空航天大学 实验报告

学号: 2032081
 班级: 200615
 姓名: 张博
 同组者: _____
 日期: 2021.10.31. 11.12m
 评分: _____

实验名称: 示波器的应用

一. 实验重点.

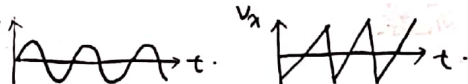
1. 了解示波器的主要结构, 弄清波形显示、参数测量基本原理, 掌握示波器、信号发生器的使用方法.
2. 学习示波器观察波形以及测量电压、周期和频率的方法.
3. 学会用连续波方法测量空气声速

二. 实验原理.

1. 示波器简介

1.1 模拟示波器.

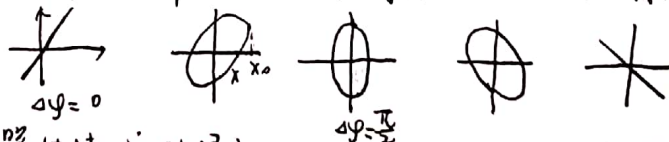
1) 工作原理, 被测信号经Y轴衰减后送至Y放大器, 经延迟后到X放大器, 信号放大后加到示波器的Y轴偏转板上. $y \uparrow$ $x \uparrow$



2) 李萨如图: X轴和Y轴同时有频率相同或成整数比的两个正弦电压输入. 封闭的李萨如图形与水平线相交的点数为 n_x , 与垂直线相交的点数, 数 n_y 之间的比值, 与两信号频率有 $\frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x}{n_y}$ 关系.

如果X轴Y轴输入的信号频率相同, 则两信号频率相同, 则两个信号的相位差 $\Delta\varphi$ 可表示为 $\Delta\varphi = \arcsin \frac{x}{x_0}$, 其中 x_0 为最大水平偏转距离, x 为椭圆与X轴交点坐标.

2. 模拟示波器特点



① 主要特点: 波形显示器快速, 实时显示; 波形连续, 真实. 垂直分辨率高, 捕获率高. 有时聚焦和亮度的控制, 可调节出锐利. 清晰所测显示结果.

② 不足: 无存储功能, 仅能边沿触发; 无自动参数测量功能, 只能手动测量. 所以准确度高, 由于CRT刷新时间很低的信号, 难以观察. 非重复性信号和瞬变信号.

2. 示波器的应用

1) 波形测量 (电压、时间的测量).

① 电压的测量 (微调整: 于校准).

由于时束在显示屏上偏转的距离与输入电压成正比, 所以只要量出被测波形的任意两点, 的垂直间距 (格数) Δy , 就可求出该两点间的电压 ΔU_y 即 $\Delta U_y = k \Delta y$ 式中 k 的灵敏度, 也称垂直偏转系数.



扫描全能王 创建

若被测为简谐电压, 则有 $U_e = \frac{U_{pp}}{2\sqrt{2}} = \frac{kay}{2\sqrt{2}}$.

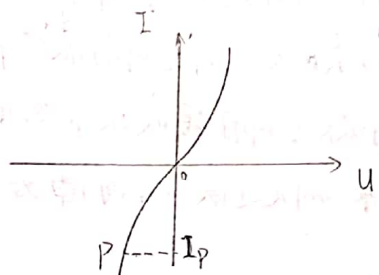
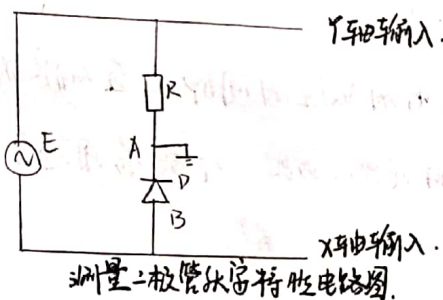
2. 时间的测量

信号从波形上某点, 传至另一点所用的时间 Δt . 等于两点间距(格数) (乘以观测时的每格扫描时间 t_0 . 即 $t = \Delta t \cdot t_0$.

若观测两正峰时是周期性信号相邻的两个同相位点, 且间距为 L 格, 则 $T = L t_0$ 为减少测周期误差的误差, 可以观察 n 个周期总长度进行计算.

同频率的两个简谐信号之间相差位差为 $\Delta \varphi = \Delta t \cdot \frac{2\pi}{T}$.

(2) 观察二极管伏安特性曲线.



在伏安特性曲线上可近似测量二极管的正向导通电压和反向击穿电压.

② 测量动态电阻: $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} R$.

3. 声速的测量

① 振幅法. 当发送换能器所激发的强迫振动满足空气柱的共振条件 $l_0 = n\lambda$ 时, 接收换能器在一系列特定的位置上将有最大的电压输出.

只要测出各极大值所对应的接收器的位置, 就可以测出波长 λ , 再根据公式 $v = f\lambda$ 求出波速.

② 相位法.

可以用测量相位差(李萨如图形)的办法来测定波长.

四. 实验内容.

(一) 模拟示波器的使用

1. 示波器预置并观察与测量“校准信号”

(1) 示波器预置

(2) 利用示波器观察其右下角的“校准信号”, 校准灵敏度系数(灵敏度)

校准信号幅值 2V, 频率 1kHz

2. 观察各种波形并测量正弦波的电压和周期

3. 观察李萨如图形, 用其测量正弦信号频率.

(二) 观察二极管伏安特性曲线并测动态电阻.



1. 观察二极管伏安特性曲线

打开信号发生器和示波器, 调节信号发生器输出信号 (频率 $100\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$) 示波器打到 $X-Y$ 档, 触发耦合在 DC 位置, 即可得到特征曲线

2. 测稳压二极管的动态电阻

(三) 声速测量

1. 测量正弦波谐振频率并用振幅法测量声波长

(1). 接线, 微调信号发生器的频率, 使其在压电换能器谐振频率附近, 缓慢移动 S_2 可以在示波器上看到正弦波振幅变化, 移到第一次振幅最大处, 固定 S_2 再仔细调节频率, 使示波器上的图形振幅最大, 此即达到谐振频率。

(2). 振幅法测波长是利用接收换能器电压输出相邻值的间隔位置确定的, 为提高精度, 要求测定连续 10 个间隔为 30cm 的距离, 由此 20 个数据用逐差法计算

(3). 计算声速测量中各直接测量的不确定度。

(4). 计算测定的空气声速 c 及其不确定度 $U(c)$, 计算相应室温下空气声速的理论值与测量值比较, 计算百分差。

2. 相位法测量声速

相位比较法测波长是利用李萨如图形来比较发射器接收电压和接收器电信号之间的相位差, 移动接收器, 记下椭圆蜕化为斜直线时换能器的位置。

五. 实验数据处理

实验一. 模拟示波器的使用




校准信号	电压峰峰值 $U_{pp}=2V$		频率 $f=1\text{kHz}$		偏转系数 $=U_{pp}/Y$	
Y轴灵敏度	$0.5V/\text{Div}$		$1V/\text{Div}$		$2V/\text{Div}$	
	格数 Y	K	格数 Y	K	格数 Y	K
Y轴微调校准位	4.0	0.50	2.0	1.0	1.0	2.0
Y轴微调中间位	1.8	1.1	0.8	2.5	0.5	4.0
Y轴微调逆时针位	1.2	1.7	0.6	3.3	0.3	6.7

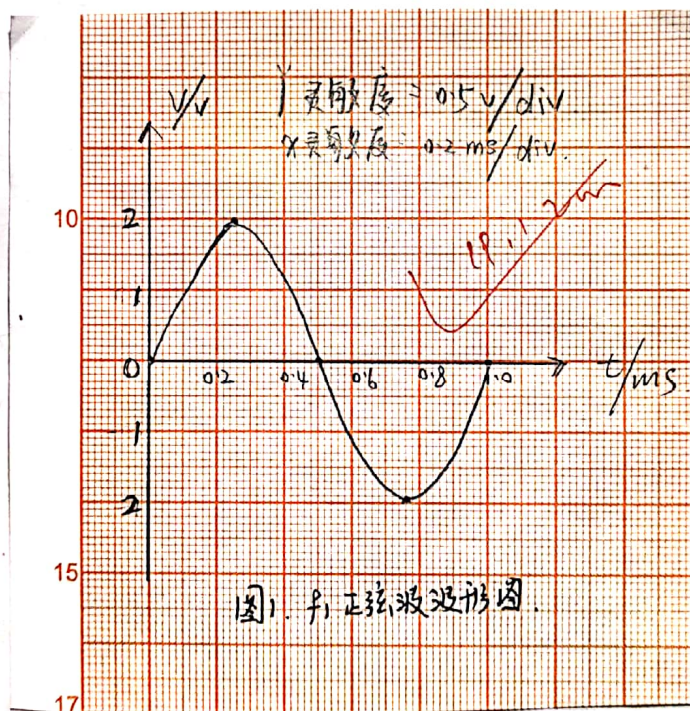


2. 观察各种波形并测量正弦波幅电压与周期。
f₁ 图像如图1。

项目	Y轴灵敏度	Y轴偏转格数	X轴灵敏度	X轴偏转格数	测量结果			
					U_{pp}/V	U_e/V	T/s	f/Hz
f ₁	0.5V/div	3.9格	0.2ms/div	5.0格	1.95	0.69	1×10^{-3}	10^3
f ₂	1V/div	5.8格	50μs/div	6.8格	5.8	2.1	3.4×10^{-4}	2941.17

3. 观察李萨如图形, 用李萨如图测量正弦信号频率。

图形	f_x	f_y	交点, n_x	交点, n_y	$f_x:f_y$	$n_x:n_y$
	1kHz	1kHz	2	2	1:1	1:1
	1kHz	2kHz	4	2	1:2	2:1
	1kHz	3kHz	6	2	1:3	3:1



实验2. 观察二极管的伏安特性曲线

信号频率(Hz)	信号 $V_{pp}(V)$	图形	偏转格数	正向偏转格数	正向导通电压	反向偏转格数	反向击穿电压
500Hz	15V	如下	1V/div	0.5	0.5V	4.8	4.8V



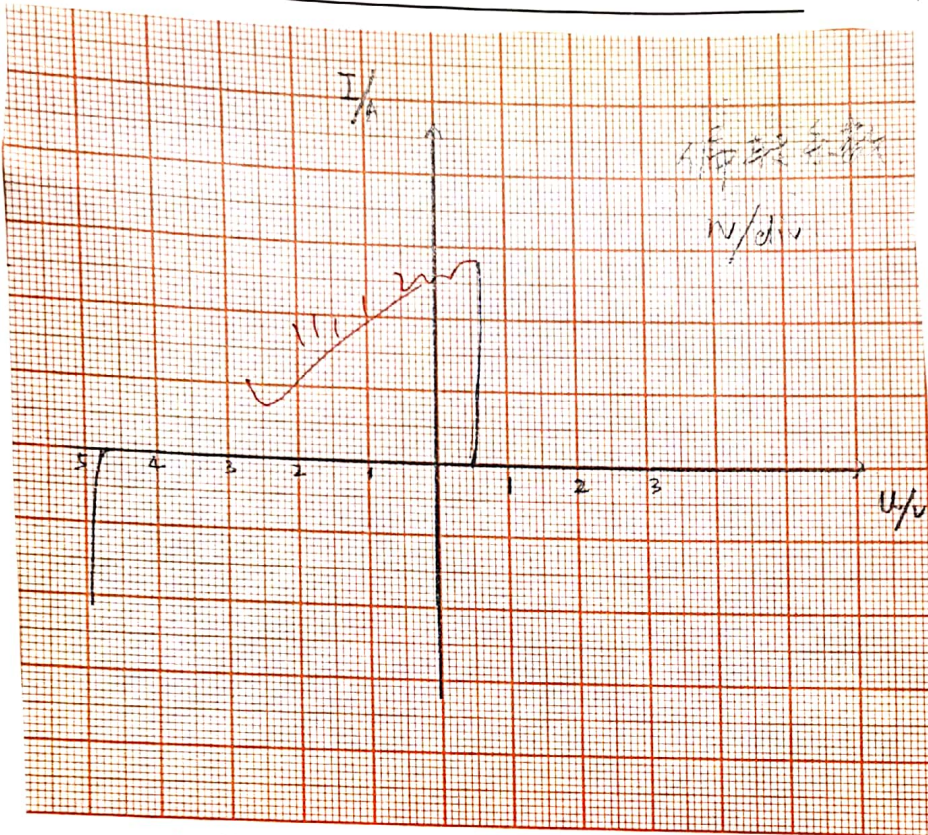
扫描全能王 创建



北京航空航天大学 实验报告

实验名称: _____

学号: _____
 班级: _____
 姓名: _____
 同组者: _____
 日期: _____
 评分: _____



标准计算纸

上海小画家纸业有

实验三 声速测量

(1) 振幅法

位置	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
读数	22.991	26.520	31.982	35.445	40.968	44.445	49.940	53.499	58.920	62.450
位置	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}	x_{40}
读数	157.710	161.25	165.862	170.312	174.760	178.952	183.158	187.888	192.410	197.030

$$f_1 = 38.740 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 38.756 \text{ kHz}$$

$$T = 22^\circ \text{C}$$

(2) 相位法

位置	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
读数	35.465	39.820	44.324	49.840	53.211	57.765	62.252	66.688	71.180	76.570
位置	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}
读数	80.372	84.489	89.990	94.672	98.995	102.475	107.259	111.470	115.960	120.462

$$f_1 = 38.746 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 38.751 \text{ kHz}$$



扫描全能王 创建

选择振幅法数据进行分析.

1. 逐差法:

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
$\Delta x_i = \Delta x_{i+10} - \Delta x_i$ (mm)	134.71	134.75	134.80	134.73	133.72	134.57	133.28	134.59	133.57	134.53	134.22

$$\Delta \bar{x} = \frac{\lambda}{2} \Delta n = 134.203 \quad \lambda = \frac{2\Delta \bar{x}}{30} = 8.947 \text{ mm.}$$

不确定度计算.

$$U_A(\Delta x) = U_A(\Delta l) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta x_i - \Delta \bar{x})^2}{10 \times 9}} = 0.1767 \text{ mm.}$$

$$U_{B1}(\Delta l) = \frac{\Delta b_1}{\sqrt{3}} = 2.887 \times 10^{-3} \text{ mm.} \quad U_{B2}(\Delta l) = \frac{\Delta b_2}{\sqrt{3}} = 5.774 \times 10^{-2} \text{ mm.}$$

$$U(\Delta \bar{x}) = \sqrt{U_A(\Delta l)^2 + U_{B1}(\Delta l)^2 + U_{B2}(\Delta l)^2} = 0.2543 \text{ mm.}$$

$$U(\lambda) = \frac{2 \cdot U(\Delta \bar{x})}{30} = 0.0169 \text{ mm.}$$

$$\lambda \pm U(\lambda) = (8.95 \pm 0.02) \text{ mm.}$$

2. 计算 f 及 $U(f)$

$$\bar{f} = \frac{1}{2}(f_1 + f_2) = 38.749 \text{ kHz.}$$

$$\Delta f = \frac{1}{2}|f_2 - f_1| = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kHz}$$

$$U(f) = U_B(f) = \frac{\Delta f}{\sqrt{3}} = 1.44 \times 10^{-3} \text{ kHz} = 0.00144 \text{ kHz}$$

$$f \pm U(f) = (38.749 \pm 0.001) \text{ kHz}$$

3. 计算 C 及 $U(C)$.

$$C = \lambda f = 346.6873 \text{ m/s.} \quad \text{理论值 } C_t = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} = 331.45 \sqrt{1 + \frac{22}{273.15}} = 344.5393 \text{ m/s.}$$

$$\frac{U(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{U(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{U(f)}{f}\right)^2} = 1.89 \times 10^{-3}.$$

$$\text{相对误差: } \gamma = \frac{C - C_t}{C_t} \times 100\% = 0.62\%.$$

$$\therefore U(C) = \frac{U(C)}{C} \cdot C = 0.655 \text{ m/s.}$$

$$\therefore C \pm U(C) = (346.7 \pm 0.6) \text{ m/s.}$$

思考题

$$1. T = 0.2 \times 3 = 0.6 \text{ ms.}$$

$$3. \textcircled{a} f_y : f_x = n_x : n_y = 1 : 1.$$

$$\textcircled{b} f_y : f_x = n_x : n_y = 2 : 1.$$

$$\textcircled{c} f_y : f_x = n_x : n_y = 2 : 3.$$

4. ① 没有误差. 每次测量都有 5° 倾角余. 相减后抵消.

② 有误差. 速度随温度变化. 可利用 $C_t = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}}$ 计算误差.

$$\text{③ } \Delta b_2(\Delta l) = 0.1 \text{ mm. } U_{B2}(\lambda) = \frac{\Delta b_2(\lambda)}{\sqrt{3}} \text{ 计算不确定度.}$$



扫描全能王 创建

1. 观察与测量 校准信号

校准信号	电压峰值 $U_{pp} = 2V$	频率 $f = 1kHz$	偏转系数 $k = U_{pp}/Y$
Y轴灵敏度	0.5 V/Div	1V/Div	2V/Div
	格数 Y k	格数 Y k	格数 Y k
Y轴微同校准	4.0 0.5	2.0 1.0	1.0 2.0
Y轴微同中间位	1.8 1.1	0.8 2.5	0.5 4.0
Y轴微同逆时	1.2 1.7	0.6 3.3	0.3 6.7

2. 测量 正弦波的电压周期

项目	Y轴灵敏度	Y轴偏转格数	X轴灵敏度	X轴偏转格数	测量结果
					U_{pp}/V U_0/V T/s f/Hz
$f_1 (1kHz/2V)$	0.5V/div	3.9	0.2ms/div 0.2ms/div	5.0	
$f_2 (3kHz/6V)$	1V/div	5.8	50μs/div	6.8	



数学作业纸

第 页

班级:

姓名:

编号:

科目:

图形

f_x f_y

交点 n_x

交点 n_y

$f_x = f_y$

$n_x = n_y$



1kHz 1kHz

2

2

1=1

1=1



1kHz 2kHz

4

2

1=2

2=1



1kHz 3kHz

6

2 2.0

1=3

3=1

~~11.1~~

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

11.1

二. 二极管伏安特性.

信号频率. 信号 $V_{pp}(V)$ · 图形. 偏转系数. 正向导通格数. 正向导通电压.

500 Hz

15V

1V/div

0.5

0.5V

反向击穿格数.

反向击穿电压.

4.8

4.8V

11.1

二. 声速测量.

1. 振幅法

$f_1 = 38.740$ kHz.

$f_2 = 38.757$ kHz.

$T = 22^\circ\text{C}$

位置. x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_9 x_{10} .

读数. 22.991 26.520 31.982 35.475 40.968 46.445 49.940 53.447 58.920 62.450

位置. x_{31} x_{32} x_{33} x_{34} x_{35} x_{36} x_{37} x_{38} x_{39} x_{40} .

读数. 157.710 161.225 165.862 170.22 174.700 178.92 183.158 187.888 192.420 197.830.

2. 相位法.

$f_1 = 38.746$ kHz.

$f_2 = 38.757$ kHz

11.1

位置. x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_9 x_{10} .

读数. 35.365 39.820 44.329 49.840 53.291 57.765 62.252 66.688 71.180 76.570

位置. x_{11} x_{12} x_{13} x_{14} x_{15} x_{16} x_{17} x_{18} x_{19} x_{20} .

读数. 80.972 84.489 89.990 94.472 98.995 102.475 107.759 111.470 115.960 120.472



扫描全能王 创建