

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 示波器的使用+声速的测定

学 院: 国际学院

班 级: 

姓 名: 

学 号: 

任课教师: 

实验日期: 

成 绩: 

实验目的

1. 了解示波器的结构和工作原理 2. 掌握示波器和信号发生器的作用及使用 3. 掌握测量后的数据处理过程 4. 学会用不同的方法测定空气中的声速 5. 掌握数字式函数发生器、示波器等的使用方法 6. 学会用逐差法处理测量结果, 并对结果的不定度进行分析

实验仪器名称 [型号、主要参数]

GOS6051型可读式示波器、8016型数字式函数发生器、声速测量仪

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

一、示波器的工作原理及使用

(1) 示波器显示波形的原理: 示波器是利用电子束的电偏转来观察电压的波形。当电子枪被加热后发出的电子束经电场加速打到荧光屏上时, 屏上的发光物质就会发光并产生一个亮点。由于电子束在到达荧光屏前要经过两组相互垂直的偏转板 X 和 Y , 并受到偏转板间电场的作用, 因此它的位置会发生改变。如果仅在 X 偏转板上加上一个变化的电压(如锯齿形电压), 电子束受到该电场的作用, 到达荧光屏的位置就会发生变化, 电子束不断的重复从左向右的扫描过程, 则看到的是一条水平的亮线。如果在 Y 偏转板上加一个变化的电压(如正弦波), 则看到的是一条垂直的亮线, 即亮点在该线上做正弦振荡。如果 Y 偏转板上加所要观察的周期性电压波形, 在 X 偏转板上加锯齿形电压, 则电子束将在两电场合力的作用下发生偏转, 亮点将在荧光屏上不断的改变位置。如果被观察信号的周期与锯齿形电压的周期完全一致, 或者后者是前者的整数倍时, 屏幕上的图形将通过一次次扫描得到同步再现, 从而形成稳定的显示曲线。

(2) 示波器显示李萨如图: 如果在 X 和 Y 偏转板上分别加上正弦信号, 此时屏幕上显示出李萨如图形。当它们的频率比为有理数时, 合成运动有稳定的闭合轨道, 因为沿这种闭合轨道环绕一周后在水平和竖直方向往返的次数

与两个方向的频率成正比。用公式的话可以写成 $\frac{f_x}{f_y} = \frac{n_x}{n_y}$ 。式中 f_x, f_y 分别代表 x 轴和 y 轴输入的信号频率, n_x 和 n_y 分别代表李萨如图与假想的水平线与垂直线的切点数。利用李萨如图除可测频率外, 还可以比较两个信号之间的相位差。

三、声速测定的实验原理

频率在 $20 \sim 20000 \text{ Hz}$ 的声振动在弹性媒质中所激起的纵波称声波。声波是一种机械波。频率超过 20000 Hz 的声波称为超声波。测量声速最简单、最有效的方法之一是利用声速 v , 振动频率 f 和波长 λ 之间的基本关系, 即 $v = f\lambda$ 。实验室中常利用示波器观察超声波的振幅和相位, 用振幅法和相位法测定波长, 由示波器直接读出频率 f 。

四、声速的测量方法

(1) 谐振频率

(2) 共振法 (振幅法)

假设发射波和反射波的频率相同、振幅相等, 设为 y_1, y_2 。

则 $y_1 = A \cos(\omega t - kx)$, $y_2 = A \cos(\omega t + kx)$ 应用三角公式可以得到合成波的方程: $y = y_1 + y_2 = 2A \cos kx \cos \omega t$ 。该公式所描绘的运动形式称为驻波。

(3) 相位法: 沿传播方向上的任何两点, 某振动状态相同时, 两点间的距离应等于波长 λ 的整数倍, 即 $l = n\lambda$ (n 为正整数)

(4) 李萨如图形: 设输出信号为 $x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$, 接收换能器的输出信号为 $y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$, 则形成的合成信号为 $(\frac{A_1}{A_2})^2 + (\frac{A_2}{A_1})^2 - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$

五、空气中的声速与空气的热力学参量: $v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

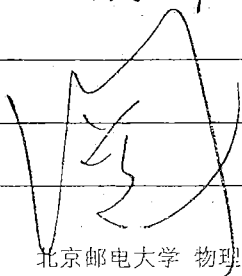
六、实验内容:

1. 用示波器观察接收器输出的电信号, 并同出压电陶瓷的谐振频率

2. 振幅法测波长求声速

(1) 行波比较法

(2) 李萨如图形法



实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

数据记录及处理

室温 19.8°C 示波器显示频率 $f = 39.3814\text{kHz}$ 信号发射器显示频率 $f = 39.381\text{kHz}$

1.20 振幅法测声速

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	2.74	7.50	12.00	16.48	20.50	24.63	29.06	33.40	38.20	42.46	46.50	50.85

$$\frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{6 \times 6} [X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} - (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)]$$

$$= \frac{1}{36} \times [(X_7 - X_1) + (X_8 - X_2) + (X_9 - X_3) + (X_{10} - X_4) + (X_{11} - X_5) + (X_{12} - X_6)]$$

$$= \frac{1}{36} \times (26.32 + 25.9 + 26.2 + 25.98 + 26.00 + 26.22)$$

$$\approx 4.351 \text{ mm}$$

$$\therefore \lambda = 2 \times 4.351 \text{ mm} = 8.702 \text{ mm} = 8.702 \times 10^{-3} \text{ m} \quad v = f\lambda = 39.3814 \times 10^3 \times 8.702 \times 10^{-3} \approx 342.6 \text{ m/s}$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{2} \lambda \times 6 = 26.108 \text{ mm} \quad \therefore \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{6} \Delta \bar{x} \quad \therefore \lambda = \frac{1}{3} \Delta \bar{x}$$

$$\therefore u(\lambda) = \frac{1}{3} u(\Delta \bar{x}) = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\Delta x_i - \Delta \bar{x})^2}{6-1}}$$

$$\therefore u(v) = f u(\lambda) = \frac{f}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\Delta x_i - \Delta \bar{x})^2}{6-1}}$$

$$= \frac{1}{3} \times 39.3814 \times 10^3 \times \left(\frac{1}{3} \times [(26.32 - 26.108)^2 + (25.90 - 26.108)^2 + (26.20 - 26.108)^2 + (25.98 - 26.108)^2 + (26.00 - 26.108)^2 + (26.22 - 26.108)^2] \right)^{\frac{1}{2}} \cdot (10^3)^{\frac{1}{2}} \approx 2.175 \text{ m/s}$$

$$u_r = \frac{u(v)}{v} \times 100\% \approx 0.65\%$$

$$\begin{cases} v = \bar{v} \pm u(v) = (342.6 \pm 2.1) \text{ m/s} \\ u_r = 0.65\% \end{cases}$$

② 行波比较法测声速

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	2.60	10.06	18.28	26.32	34.26	42.70	51.41	59.68	68.64	77.38	85.03	93.25

$$\lambda = \frac{1}{6 \times 6} [(X_7 - X_1) + (X_8 - X_2) + (X_9 - X_3) + (X_{10} - X_4) + (X_{11} - X_5) + (X_{12} - X_6)]$$

$$= \frac{1}{36} \times (48.81 + 49.62 + 50.36 + 51.06 + 50.79 + 50.55)$$

$$\approx 8.366 \text{ mm}$$

$$v = f\lambda = 39.3814 \times 10^3 \times 8.366 \times 10^{-3} \approx 329.5 \text{ m/s}$$

$$\Delta \bar{x} = 6\lambda = 50.196 \text{ mm} \approx 50.20 \text{ mm}$$

$$u(v) = f u(\lambda) = \frac{f}{\lambda} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= \frac{1}{6} \times 39.3814 \times 10^3 \times \left\{ \frac{1}{5} \times [(48.81 - 50.20)^2 + (49.62 - 50.20)^2 + (50.36 - 50.20)^2 + (51.06 - 50.20)^2 + (50.79 - 50.20)^2 + (50.55 - 50.20)^2] \times (10^{-3})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\approx 2.5 \text{ m/s}$$

$$u_r = \frac{u(v)}{v} \times 100\% \approx 0.76\%$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \bar{v} \pm u(v) = (329.5 \pm 2.5) \text{ m/s} \\ u_r = 0.76\% \end{array} \right.$$

③ 李萨如图形法

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	6.05	15.07	23.84	32.70	41.21	49.93	58.70	67.44	76.30	85.17	93.84	102.43

$$\lambda = \frac{1}{6 \times 6} [(X_{12} - X_6) + (X_{11} - X_5) + (X_{10} - X_4) + (X_9 - X_3) + (X_8 - X_2) + (X_7 - X_1)]$$

$$= \frac{1}{36} \times (52.50 + 52.63 + 52.47 + 52.46 + 52.37 + 52.65)$$

$$\approx 8.752 \text{ mm}$$

$$\Delta \bar{x} = 6\lambda \approx 52.51 \text{ mm} \quad v = f\lambda = 39.3814 \times 10^3 \times 8.752 \times 10^{-3} \approx 344.6 \text{ m/s}$$

$$u(v) = f u(\lambda) = \frac{f}{\lambda} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= \frac{1}{6} \times 39.3814 \times 10^3 \times \left\{ \frac{1}{5} \times [(52.50 - 52.51)^2 + (52.63 - 52.51)^2 + (52.47 - 52.51)^2 + (52.46 - 52.51)^2 + (52.37 - 52.51)^2 + (52.65 - 52.51)^2] \times (10^{-3})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\approx 0.8 \text{ m/s}$$

$$u_r = \frac{u(v)}{v} \times 100\% \approx 0.23\%$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \bar{v} \pm u(v) = (344.6 \pm 0.8) \text{ m/s} \\ u_r = 0.23\% \end{array} \right. \quad (344.6 \pm 0.8) \text{ m/s}$$

$$3. \quad V_e = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + 19.8}{273.15}} \approx 342.9 \text{ m/s}$$

$$\Delta V_{\text{测}} = 342.6 - 342.9 \text{ m/s} = -0.3 \text{ m/s} \quad \Delta V_{\text{计}} = 329.5 - 342.9 \text{ m/s} = -13.4 \text{ m/s} \quad \Delta V_{\text{总}} = 344.6 - 342.9 \text{ m/s} = 1.7 \text{ m/s}$$

4.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \Rightarrow \gamma = \frac{v^2 M}{R T}$$

$$\gamma_{\text{测}} = \frac{V_{\text{测}}^2 M}{R T} = \frac{342.6^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (19.8 + 273.15)} \approx 1.395 \text{ m}^3 \text{ kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$$

$$\gamma_{\text{计}} = \frac{V_{\text{计}}^2 M}{R T} = \frac{329.5^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (19.8 + 273.15)} \approx 1.291 \text{ m}^3 \text{ kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$$

$$\gamma_{\text{总}} = \frac{V_{\text{总}}^2 M}{R T} = \frac{344.6^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (19.8 + 273.15)} \approx 1.412 \text{ m}^3 \text{ kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$$

回答问题与实验总结

1. 不相同。调节信号的谐振频率使振幅最大，是为使换能器处于谐振状态。发射器发出的超声波功率最大，是最佳工作状态，减小误差。调节接收器位置使声波振幅最大是为使发射波和反射波处于共振位置，从而确定半波长。

2. 可以

3. (1) 正确。措施：调节压电陶瓷的谐振频率，使换能器工作频率等于谐振频率。

(2) 是。调整信号强度，使其清晰

(3) 是。调整 VOLT/DIV，使其清晰

4. (1) 可以

(2) 可以

(3) 不可行

5. 是。 $v = \lambda f$ ，对任意 f ， λ 成立，在荧光屏上便可测得声速。

实验总结：

1. 对示波器各个按钮的功能掌握得不是很熟练，导致实验做得有点慢

2. 测量的结果与真实值都存在或多或少的误差，其中用行波比较法测的误差最大，原因可能是：①观察波形存在偏差 ②仪器本身的误差 ③记录数据可能有负偏差。

任课教师指导意见

Experiment 1 Usage of the oscilloscope

Name Class Teacher Date Group

I. Points in Preparation

1. Learn the oscilloscope's structure, principle, and function of all knobs.
2. Learn the usage of the signal generator, get familiar with the function of all knobs.
3. Learn how to observe and measure different kinds of electric signals using the oscilloscope.

II. Experimental Contents

1. Get familiar with how to operate the oscilloscope and the signal generator.
2. Learn how to make simple measurements by using of oscilloscope.

III. Data Sheet

1. In the absence of signal, turn on the power of oscilloscope and set the sweeping mode to "AUTO", two horizontal lines or two fixed spots will be shown on the screen. Regulate the following knobs. Observe what will happen and explain the knobs' functions

Knob	Function	Knob	Function
"INTEN"	调节扫描亮度	"◆ POSITION"	调节垂直位移
"FOCUS"	调节扫描和文字的清晰程度	"◀▶ POSITION"	调节水平位移
press "X-Y"	用于观察李萨如图, 或磁滞回线	press "CH1" and "CH2"	信号输入通道

2. Press the button "SOURCE", the sequence of the parameters displayed on the right bottom of the screen CH₁, CH₂, LINE, EXT, VERT. During the process, when "SOURCE" becomes CH₁, LINE, VERT, the waveform from CH1 is stabilized when "SOURCE" is CH₁, LINE, VERT the waveform from CH2 is stabilized.
4. Vertical sector: Input a sinuous signal with frequency around 40kHz and proper strength into "CH2", press button "SOURCE", when the corresponding parameter on the right bottom of the screen is "CH2", regulate the following buttons, write down the phenomena and explain the knobs' functions.

Button	Phenomenon	
	The variance of waveform	The variance of parameter
"GND"	由正弦式曲线变为一条直线 ($y=0$)	f变为0. 出现接地符号 ⊥
"DC/AC"	无变化	交流电变为直流电. ($\sim \rightarrow \equiv$)
"INV"	波形反相	出现向下箭头 (↓)

5. Observe the variance on signal's amplitude, and measure the peak-peak value for it:

Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results (✓)
"VOLT/DIV"	电压变化, 正弦波的振幅变化	21.20 V
"VOLT/DIV" after pressing it	调整幅度变小	4.24 div
Describe the function of "VOLT/DIV": 旋转: 调节电压/分度值 按下再旋转为微调		

6. Horizontal sector: Observe the variance on signal's period, and measure the peak-peak value for the signal's period.

Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results (✓)
"TIME/DIV"	波形横向宽度改变, 分度值改变	24.8 us
"TIME/DIV" after pressing it	调整幅度变小	1.24 div
Describe the function of "TIME/DIV": 旋转时选择A扫描, 按下再旋转为微调, 微调时间前显示: >号		

7. Measure duty by using of $\Delta V - \Delta t - OFF$ (Optional): Regulate the signal generator, choose square wave with frequency larger than 1KHz, then regulate the knob "DUTY" on the signal generator, observe the variance of the waveform on the oscilloscope. Measure the duties when turning the knob "DUTY" clockwise (and anticlockwise) to the end by using of oscilloscope. (Note: Please turn the knob "DUTY" anticlockwise to the end.)

Position of "DUTY"	t (breadth)	T (period)	Duty: t/T (%)
The rightmost	4.8 us	24.8 us	19.6%
The leftmost	20.0 us	24.8 us	80.4%

Teacher's signature

IV. Questions

- If the waveform displayed on the oscilloscope always shifts rightwards or leftwards, how to regulate the oscilloscope and let the waveform to be fixed?
- What is the function of the knob "trig level" on oscilloscope? When should we regulate it? When observing Lissajous diagram, can we stabilize the pattern by regulating the knob "trig level"?
- What are reasons if, instead of horizontal lines, we only find one or two moving spots?

Experiment 2 Measuring the Speed of Sound in Air

ame  Class _____ Teacher _____ Date _____ Group _____

Points in Preparation

Preview the basic principles and measuring methods of acoustic velocity used in this experiment.

Preview the generating principles of ultrasonic wave through a piezoelectric ceramic transducer.

What physical parameters are related to the propagation of sound? How does the acoustic velocity change under different conditions? Try to figure them out by comparing the acoustic velocity at poles and equator, or comparing the acoustic velocity in water, air and metal materials.

Experimental Matters Need Attention

Digital telemeter has two types of unit, please choose mm as unit.

After experiment, please switch off the power of Digital telemeter.

The experiment should proceed with increased distance between the two transducers.

Set the output of signal generator as the maximum.

Experimental Contents

Measure the resonant frequency of piezoelectric ceramic transducer at room temperature.

Measure the wavelength of ultrasonic wave by using of the amplitude method, the traveling-wave comparison method and the Lisaru' diagram method.

Data Sheet

Room temperature $t = 19.8^{\circ}\text{C}$

Measure the resonant frequency of piezoelectric ceramic transducer

Adjust the position of receiving transducer and let the distance between two transducers be around 2cm; Then adjust the frequency of the signal generator around 40kHz and make the output signal of receiving transducer be the maximum which indicates that the transducers are in resonance, and record the frequency of the signal generator, that is, the resonant frequency.

The value displayed on the oscilloscope $f = 39.88141\text{Hz}$

The value displayed on the signal generator $f = 39.88174\text{Hz}$

Measure the acoustic velocity with the amplitude method (Start the measurement from the distance be around 2cm between two transducers).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
v	22.74	27.50	32.00	36.48	40.50	44.63	49.06	53.40	58.20	62.46	66.50	70.85

Measure the acoustic velocity with the traveling-wave comparison method.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
v	22.60	30.06	38.28	46.22	54.26	62.70	71.41	79.68	88.64	97.38	105.09	113.25

5. Measure the acoustic velocity with the Lisaru' diagram method.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$X(\text{mm})$	26.05	35.07	43.84	52.70	61.21	69.93	78.70	87.44	96.30	105.17	113.84	122.4

Teacher's signature

V. Data Processing

- List and calculate the acoustic velocity measured with the amplitude, traveling-wave comparison and Lisaru' diagram method by using of the method of successive difference. 列表用逐差法分别计算振幅法、行波比较法和李萨如图法测量的声速:
- Calculate the uncertainty of the acoustic velocity (Ignoring all errors of the instrument). Represent detailed derivation and calculation procedure of the uncertainty by using of one of the following three methods: the amplitude method, the traveling-wave comparison method and the Lisaru' diagram method. 从振幅法、行波比较法和李萨如图法中任选一个, 写出其不确定度的推导和计算过程, 写出结果表达:
- Calculate the acoustic velocity by using the following formula, and compare the calculated result with experimental result. 利用下式计算声速, 并将计算结果与实验值进行比较:

$$v_r = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + t}{273.15}}$$

- Calculate the ratio of specific heat (i.e, adiabatic coefficient) of the air, γ . (The theoretical value is 1.402) 利用实验测得的声速, 求出空气的比热比 (绝热系数) γ (理论值 1.402)。

VI. Questions

- The aims of both adjusting the frequency of signal and changing the position of the receiving transducer are to maximize the output of the receiving transducer, and both of them are called as resonance, are they the same things? 共振
- In the traveling-wave method, input the signal from the sending transducer into CH1, and input the signal from the receiving transducer into CH2, then how to choose the trigger source?
- In the amplitude method, there is no output waveform from the receiving transducer on the oscilloscope. However, the instruments and the cables are in good condition and the connections are also right. Then, are the following analyses reasonable? If yes, how to deal with them?
 - The frequency of signal is far away from the resonant frequency of the transducer.
 - The signal amplitude injecting the sending transducer is too weak.
 - Improper VOLT/DIV.
- In the amplitude method, if the maximum amplitude is over the display range of fluorescent screen, do you think the following three adjusting ways could be used to solve this problem? 振幅过大
 - Changing VOLT/DIV on the oscilloscope.
 - Adjusting the output amplitude of the signal generator.
 - Adjusting the frequency of the signal generator.
- In the experiment, is it possible to measure the acoustic velocity by changing the frequency of signal in that case the distance between the sender and the receiver is fixed?

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 光的偏振

学 院: 国际学院

班 级: [REDACTED]

姓 名: [REDACTED]

学 号: [REDACTED]

任课教师: [REDACTED]

实验日期: _____

成 绩: _____

A

1971-1972

1973-1974

1975-1976

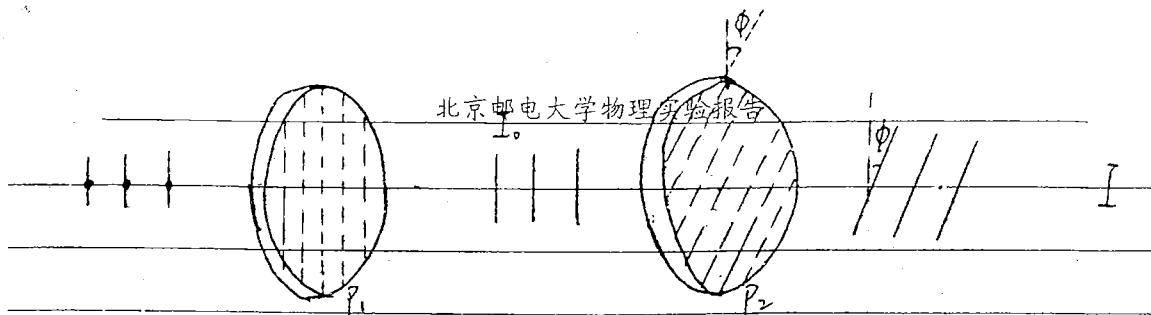
1977-1978

1979-1980

1981-1982

1983-1984

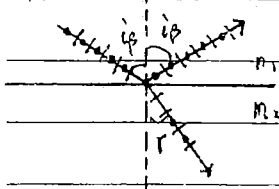
1985-1986



线偏振光经过检偏时,光振动方向与偏振化方向成 ϕ 角,则光强 $I = I_0 \cos^2 \phi$,其中 I_0 为入射的线偏振光强度, I 是经检偏器出射的光强.这就是马吕斯定律.

3. 布儒斯特定律

光入射到两种介质的分界面上,当入射角为某一特定的角时,折射光与反射光互相垂直,此刻反射光为完全偏振光,这一规律称为布儒斯特定律.这个特定的入射角称为布儒斯特角 i_B : $\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$



4. 椭圆偏振光与玻片

当一束光入各向异性介质时,被分为两束折射角不同的光波,且它们都是线偏振光,其光振动方向近乎互相垂直,这种现象称为双折射.在双折射现象中,服从折射定律的光称为寻常光,用 o 表示;不服从折射定律的光为非常光,用 e 表示.光轴是各向异性晶体中的对称轴,它是晶体中的一个特殊方向,光线在晶体内沿光轴方向传播,则不出现双折射.当振幅为 A 的平面偏振光垂直入射到光轴与界面平行的厚度为 d 的各向异性晶体上.若平面偏振光的振动方向与光轴成 θ 角,则 $\begin{cases} A_e = A \cos \theta \\ A_o = A \sin \theta \end{cases}$ 若在晶体内 $n_o > n_e$,于是当光束穿过晶体出来时, o, e 光将有光程差 $\Delta L = (n_o - n_e)d$.

相位差为 $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)d$. 用检偏器检验偏振光时,透过偏振片 P_2 后光强为 $I_2 = I_1 (\cos^2 \theta \cos^2 \phi + \sin^2 \theta \sin^2 \phi)$

5. 晶体的旋光效应

当线偏振光通过某些物质,振动面会转动一个角度,称为物质的旋光性.旋光有左、右旋之分.在旋光物质中,有不同的折射率 n_L 和 n_R ,光经过厚度 L 的晶体后,光程差为 $\Delta L = (n_R - n_L)L$. 相位差为 $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_R - n_L)L$. 旋光角度为 $\theta = \frac{\pi}{2} (n_R - n_L)L$.

实验目的

1. 掌握光的偏振特性, 验证马吕斯定律。
2. 熟悉常用的起偏和检偏的方法。
3. 了解椭圆偏振光、圆偏振光的产生方法和波片的作用原理。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

激光发射器、起偏器、检偏器, 半片, 旋光晶体, 功率指示计, 光具座

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

一. [实验原理]

1. 自然光与偏振光

光是电磁波, 电磁波是横波, 光波的电矢量 E 的振动方向和磁矢量 B 的振动方向相互垂直, 且均与波的传播方向 k 相垂直。由于光对物质的作用主要是电矢量 E 的作用, 研究光的偏振主要指电场的偏振。常用光源的发光部分包含大量发光原子和分子, 它们各自发出光的偏振方向不一样, 各个方向的振动都有, 且各方向振动强度平均相等, 不显示偏振性, 这种光称为自然光。在光的传播过程中, 光矢量的振动方向保持在某一确定方向的光称为线偏振光, 若光矢量随时间作有规则的变化, 光矢量的末端在垂直于传播方向的平面上的轨迹呈椭圆或圆, 则分别称为椭圆偏振光或圆偏振光。设沿同一方向传播的频率相同, 振动方向相互垂直, 两个振动的方程分别为 $E_x = A_x \sin \omega t$, $E_y = A_y \sin(\omega t + \Delta\varphi)$ 。当 $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$, $\frac{E_x^2}{A_x^2} + \frac{E_y^2}{A_y^2} = 1$ --- ①。这是椭圆方程, 说明合成结果是椭圆偏振光。

2. 偏振光的获得与检验

偏振光的获得与检验是通过起偏器获得的。常见起偏器是偏振片, 它只容许某一特定方向振动的光通过。这一特定方向, 称为偏振片的偏振化方向。如下图所示, P_1 为起偏器, P_2 为检偏器。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[数据处理]

1. 激光的偏振度

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{1.56 - 0.02}{1.56 + 0.02} \approx 0.97$$

When $I_{\max} = 1.56 \text{ mV}$, Orientation is 180° . When $I_{\min} = 0.02 \text{ mV}$, orientation is 90° . $\theta = 180^\circ - 90^\circ$ 并且 $I_{\min} = 0.02 \text{ mV}$ 接近于 0, 所以激光为线偏振光.

2. 线偏振光强 I 与 $\cos^2\phi$ 的关系图

$\phi(^{\circ})$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
intensity $I_{(\text{mV})}$	0.01	0.05	0.15	0.28	0.43	0.62	0.80	0.92	0.99	1.04
$\cos^2\phi$	0	0.03	0.12	0.25	0.41	0.59	0.75	0.88	0.97	1.00

由图可知, 在误差允许范围内, $I = I_0 \cos^2\phi$, 即马吕斯定律成立

3. 计算旋光晶体的厚度

$$\text{旋光角度 } \theta = \frac{\pi}{\lambda} (n_R - n_L) L$$

$$\text{所以旋光晶体的厚度 } L = \frac{\theta \lambda}{\pi (n_R - n_L)}$$

$$\text{因为 } \theta = 60^\circ = \frac{\pi}{3}, \lambda = 650 \text{ nm} = 650 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$n_R = 1.54427, n_L = 1.54420$$

$$\text{所以 } L = \frac{\theta \lambda}{\pi (n_R - n_L)} = \frac{\frac{\pi}{3} \times 650 \times 10^{-9}}{\pi [1.54427 - 1.54420]} \approx 0.31 \times 10^{-2} \text{ m} = 3.10 \text{ mm}$$

4. 用极坐标绘制不同偏振状态的偏振光的相对光强分布图.

[问题]

$$I_2 = I_1 (\cos^2\phi \cos^2\theta + \sin^2\phi \sin^2\theta)$$

$$\text{当 } \theta = 30^\circ \text{ 时, } I_2 = I_1 (\cos^2 30^\circ \cos^2 30^\circ + \sin^2 30^\circ \sin^2 30^\circ) = I_1 \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{16} \right) = \frac{5}{8} I_1$$

$$\theta = 60^\circ \text{ 时, } I_2 = I_1 (\cos^2 60^\circ \cos^2 60^\circ + \sin^2 60^\circ \sin^2 60^\circ) = I_1 \left(\frac{1}{4} + \frac{9}{16} \right) = \frac{5}{8} I_1$$

回答问题与实验总结

[思考题]

1. 若置于两个偏振片之间的波片不是半波片, 则

2. ① $\theta = 0^\circ$ 时, 透过偏振片 P_2 后光强为 $I_2 = I_1 \cos^2 \varphi$, 说明通过半波片后照射到偏振片 P_2 的是线偏振光

② $\theta = 45^\circ$ 时, 透过偏振片 P_2 后光强为 $I_2 = I_1 / 2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = I_1 / 2$
说明通过半波片后照射到偏振片 P_2 的是圆偏振光

③ $\theta = 60^\circ$ 时, 透过偏振片 P_2 后光强为 $I_2 = I_1 (\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \sin^2 \varphi)$, 则照射到偏振片 P_2 的是椭圆偏振光

3. 用一个偏振片, 转动时光强无明显变化为自然光或圆偏振光. 再加一个偏振片, 转动时仍无变化为自然光, 有变化为圆偏振光. 转动一个偏振片, 有变化且全黑视场为线偏振光. 转动一个偏振片时, 有变化但无全黑为部分偏振光或椭圆偏振光. 再放入半波片和另一个偏振片, 转动第二个偏振片, 有全黑为椭圆偏振光.

[实验总结]

1. 做实验前先调整实验仪器, 否则会造成实验数据有误差

2. 波片放置要与起偏器和检偏器平行.

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 弗兰克—赫兹实验

学 院: 国学院

班 级: [REDACTED]

姓 名: [REDACTED]

学 号: [REDACTED]

任课教师: _____

实验日期: [REDACTED]

成 绩: 72

实验目的

1. 学习弗兰克-赫兹实验为揭示原子内部量子化能级所作的实验材料以及采用的实验方法
2. 了解气体中低能电子与原子间相互作用的机理, 以及电子与原子碰撞的微观过程与实验中的宏观量的关系
3. 测量氢原子的第一激发电位

实验仪器名称 [型号、主要参数]

F-H实验管 F-H实验仪

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

1. 实验原理: ① 原子只能较长时间停留在一些特定状态, 原子在这些状态从一个定态跃迁到另一个定态 ② 原子从一个定态跃迁到另一个定态而发射或吸收辐射能量时, 频率一定的

$$h\nu = E_m - E_n \quad (h \text{ 为普朗克常量})$$

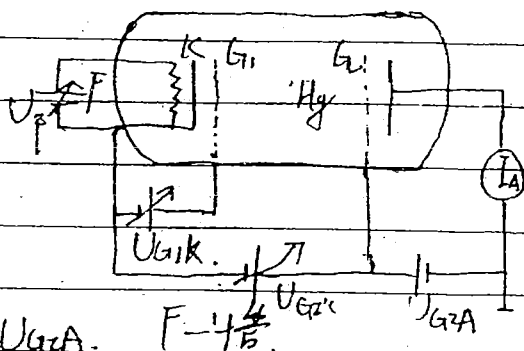
原子状态的改变 通常发生于原子本身吸收或发射光子辐射以及原子发生碰撞而交换能量两种情况, 控制原子外状态的量变方法是电子轰击原子 电子动能可通过改变加速电位方法加以调节 能量 eU , U 小时, 电子与原子发生弹性碰撞; 电位差为 U_0 时, 能量为 eU_0 使原子从基态跃迁到第一激发态 电压连续上升时, 从电子分离, U_0 被称为电离电位。

2. 激发电位的测定

F-H管中充以要测量的气体, 电子由K发出, 经过 U_{GK} 加速在阳极板上电子云, 在K与 G_1 间加电极电子加速, 由 G_1 G_2 距离大, 保证高碰撞概率。

在 G_1 与接收电子的板极A间加反向拒斥电压 U_{GA} 。

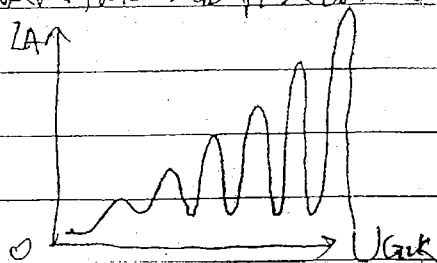
电子通过 KG_1 进入 G_2A , 若电压大 则电流 I_A 被控制, 若电压很小, 电流计中的电流需显著降低。



把 K_{G_2} 间电压调为 0，观察电流计的电流 I_A ，这样就能测出板 A 随 K_{G_2} 间电压变化

3. 扫描中心差，和空间电荷。

4. 实验内容：



A. 手动测试 $I_A - U_{G2k}$ 曲线，并求出电子管的屏一极发电位。

(1) 按 F-H 实验仪面板图上的连接导线，反复检查是否连接正确，确认后可开机。

(2) 设定电压源电压值，需设定的电压源有：电源电压 U_F 、 U_{G2k} 、 U_{G2A} 。

(3) 测试操作与数据记录

B. 开始启动自动测试，在示波器上观察 $I_A - U_{G2k}$ 曲线

(1) 自动测试状态设置

首先转换为自动测试状态，实验仪将自动产生 U_{G2k} 扫描电压，实验仪默认 U_{G2k} 扫描电压初始值为零， U_{G2k} 电压大约为 0.2V，直到扫描终止电压。

(2) 示波器显示输出。

将 F-H 实验仪的“信号输出”和“同步输出”分别连接到示波器的信号通道和外同步通道，调好示波器的同步状态并显示幅度，可直接在示波器上观察极板电流 I_A 随 U_{G2k} 变化曲线。

注意 (1) 各电压值须按照给定值进行设置。

(2) U_{G2k} 电压终止值不超过 80V

(3) 手动测试完毕后，尽快将 U_{G2k} 减为零

(4) 当 U_{G2k} 增大到 10V 时，电流仍然有增加的趋势，应立即关闭电源，请老师帮忙检查。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

1. 第二个峰 $U_2 = 30.5V$ 第六个峰 $U_6 = 78.5V$

第一激发态 $\bar{U}_g = (U_6 - U_2)/4 = 12.0V$

参考值 $U_g = 11.51V$ 相差不多

$$2. \bar{U}_g = \frac{T}{T \pm 4} 800 = \frac{0.754}{1.320 \times 4} \times 800 = 11.42V$$

$$\frac{\bar{U}_g - U_g}{U_g} = \frac{11.42 - 11.39}{11.39} = 0.002634 \approx \frac{0}{10}$$

3. 灯丝电压对实验曲线影响:

由图知灯丝电压越高, 曲线位置越高。这是因为升高灯丝电压, 灯丝温度升高, 电子更容易受激发逸出, 因此相比于低灯丝电压时, 与碰撞的电子密度高, 这样检测计检测到的电流就大些, 从而曲线位置随灯丝电压增大而升高。

4. U_{G2A} 对实验曲线影响

U_{G2A} 越高, 曲线位置越低。这是因为 U_{G2A} 为反向拒斥电压, U_{G2A} 越大, 电子在 U_{G2A} 空间损失的能量越多, 因而检测计检测到的电流就越小。

Experiment 9 Franck-Hertz Experiment

Name 胡 Class 4015/05 Teacher _____ Date _____ Group _____

● Points in Preparation

1. What are the Bohr's postulates? 什么是玻尔的假定?
2. How many electrodes in the F-H tube and what are the functions of them respectively?
3. What is the microcosmic physical process that the I_A-U_{G2K} curve indicates by increasing the U_{G2K} ? 随电压 U_{G2K} 的增大, 我们得到的 I_A-U_{G2K} 曲线反映的微观物理过程是什么。

● Experimental Matters Need Attention

1. F-H 管各电极的电压源一定不要相互接错。(U_{G2K} 和 U_{G1K} 的负极及易接错);
2. 各电极电压必须按照给定值进行设置 (各电压值贴在仪器上面板的左下角)。如果所得到的曲线不够理想, 应请教师对电压值进行适当的调整 (注意: 学生不能自行进行调整);
3. Turn on the power supply and warm-up about 10 minutes. (仪器预热 10 分钟)
4. During the manual (手动) testing, the voltage should increase monotonously (单调增加)。
5. After manual testing, U_{G2K} should be decreased to zero immediately or the life-span will be shortened.

● Experimental Contents

1. Get the I_A-U_{G2K} curve by manual testing. (手动测试 I_A-U_{G2K} 曲线)

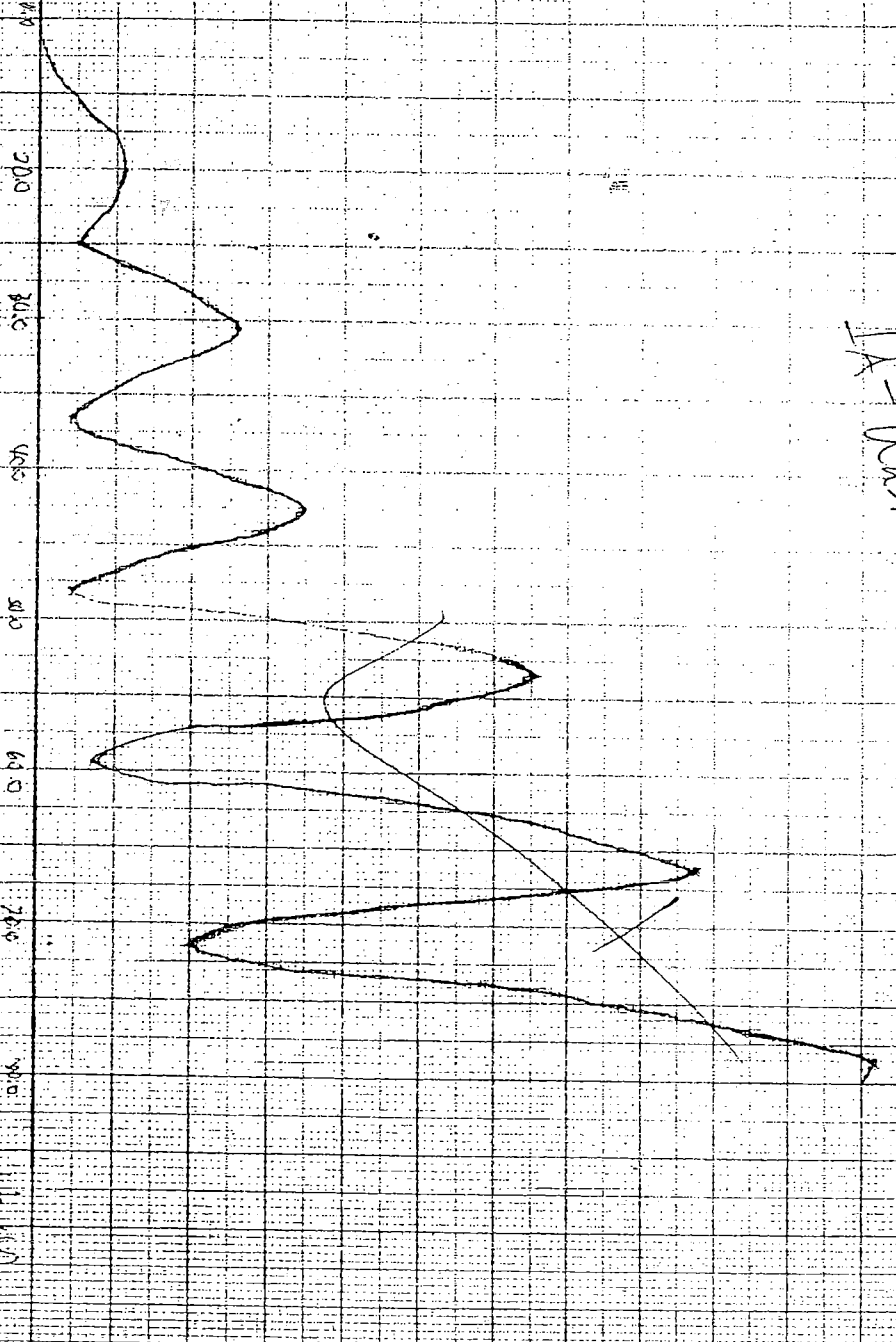
According to the label: Filament voltage (灯丝): 2.6 V, U_{G1K} : 1.5 V, U_{G2A} : 10 V, U_{G2K} : $\leq 80V$.

$U_{G2K}(V)$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$I_A(10^{-7}A)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$U_{G2K}(V)$	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
$I_A(10^{-7}A)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$U_{G2K}(V)$	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0
$I_A(10^{-7}A)$	0	0	0		0.011	0.011	0.025	0.044	0.066	0.090
$U_{G2K}(V)$	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.113	0.136	0.157	0.177	0.193	0.207	0.217	0.224	0.228	0.225
$U_{G2K}(V)$	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.222	0.247	0.240	0.200	0.186	0.171	0.154	0.138	0.122	0.111
$U_{G2K}(V)$	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.115	0.147	0.185	0.241	0.300	0.357	0.410	0.455	0.489	0.512
$U_{G2K}(V)$	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.522	0.518	0.501	0.471	0.431	0.384	0.333	0.277	0.226	0.177
$U_{G2K}(V)$	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.133	0.100	0.090	0.123	0.170	0.300	0.415	0.531	0.638	0.730
$U_{G2K}(V)$	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.805	0.856	0.888	0.875	0.879	0.830	0.776	0.675	0.576	0.490
$U_{G2K}(V)$	45.5	46.0	46.5	47.0	47.5	48.0	48.5	49.0	49.5	50.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.385	0.287	0.203	0.133	0.087	0.085	0.148	0.263	0.413	0.579
$U_{G2K}(V)$	50.5	51.0	51.5	52.0	52.5	53.0	53.5	54.0	54.5	55.0
$I_A(10^{-7}A)$	0.743	0.874	1.031	1.146	1.232	1.288	1.311	1.303	1.263	1.193
$U_{G2K}(V)$	55.5	56.0	56.5	57.0	57.5	58.0	58.5	59.0	59.5	60.0
$I_A(10^{-7}A)$	1.074	0.971	0.832	0.687	0.542	0.406	0.288	0.185	0.153	0.184
$U_{G2K}(V)$	60.5	61.0	61.5	62.0	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5	65.0

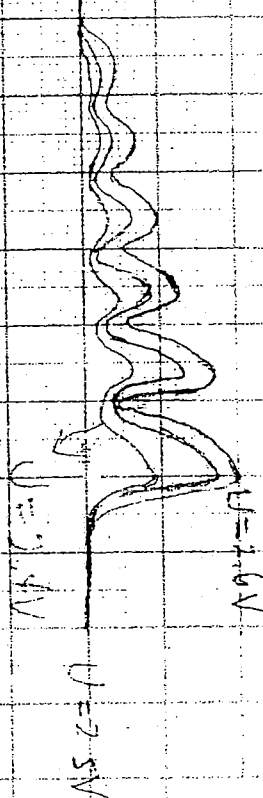
0.005
 0.007
 0.009

$I_{AL}(p^2A)$
 0.2
 0.4
 0.6
 0.8
 1.0
 1.2
 1.4
 1.6
 1.8
 2.0

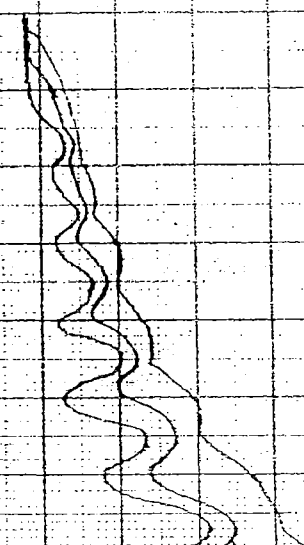
$I_A - I_{last}$



0.005
 0.007
 0.009



20



回答问题与实验总结

1. 改变原子状态的方法一般有哪两种? 本实验中采用的是哪种方法?

原子状态的改变, 通常发生于原子本身吸收或发射电磁辐射, 以及原子与其它粒子发生碰撞而交换能量这两种情况, 本实验采用的是后一种情况。

2. 为什么 $I_A - U_{G2K}$ 曲线中第一个峰到电压零点的距离不等于第一激发电位?

实际的 F-片管的阴极和栅极丝是不同的金属材料制成的, 因此会产生接触电位差。接触电位差的存在, 使真正加到电子上的加速电压不等于 U_{G2K} , 而是 U_{G2K} 与接触电位差的代数和, 这会影响 F-H 实验曲线上第一个峰的位置, 使它向右移。

3. $I_A - U_{G2K}$ 曲线中峰值点为什么会呈现增大趋势?

实验开始时, 阴极丝附近的积累较多电子, 这些空间中电荷从发出的电子受到阻滞而不能全部参与导电, 随着 U_{G2K} 增大, 空间中电荷逐渐被驱散, 参与导电的电子逐渐增多, 所以 $I_A - U_{G2K}$ 曲线中峰值点的纵坐标会增大趋势。

4. 实验中板极电流的下降并不是完全突然的, 其峰只有一定的宽度, 为什么?

加速电压的改变需时一定的时间, 理论上, 通过加速后电子能量足够使原子从基态被激发到第一激发态, 而实际上仍有一些电子未达到此能量, 没有与原子发生能量交换, 仍有足够的动能到达板极 A 被检流计检测出来, 因此板极电流的下降并不是突然的。

5. $I_A - U_{G2K}$ 曲线中板极电流为什么不会降到零?

当 U_{G2K} 间的加速电压达到氩原子的第一激发电位时, 电子在栅极附近的 G_2 与原子碰撞, 将自身的能量传递给原子, 使原子从基态被激发到第一激发态, 而电子几乎失去全部动能, 但仍有少数电子仍有足够的动能到达板极 A 被检流计检测出来。

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 分光计的调整和使用

学 院: 国际学院

班 级:

姓 名:

学 号:

任课教师:

实验日期:

成 绩: 70

实验目的

1. 了解分光计的构造原理及各部件的作用。

2. 学习分光计的调整方法。

3. 学会用分光计测量光的偏转角度。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

分光计

光学平板

三棱镜

汞灯

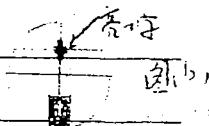
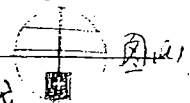
实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等；操作步骤]

1. 分光计简介

分光计主要由平行光管、望远镜、载物台和读数圆盘等部分组成。

(1) 平行光管：平行光管的一端装有一个消色差的透镜，另一端有一个宽度可调的狭缝，狭缝装在一个可伸缩的套筒的一端，当平行光管外有光照明狭缝时，通过狭缝的光经透镜后就成为了平行光。

(2) 望远镜：望远镜是由物镜和阿贝式自准直目镜组成。消色差的物镜固定在望远镜筒的一端，镜筒另一端的阿贝式自准直目镜由目镜、分划板、阿贝棱镜和照明系统组成。分划板上有叉丝刻线，且边上粘有一块45°全反射棱镜，棱镜上涂有不透明膜，薄膜上刻有一个空心十字，它被电珠灯光所照亮时，调节目镜前后位置，可看到图(a)的图像。当分划板在物镜的焦平面时，若用一个光学平面反射镜将被电珠发出的光照亮的空心十字反射，使之进入物镜，则在物镜的平面上形成亮十字像。若平面镜的镜面与望远镜光轴垂直，亮十字像恰好落在叉丝刻线部的交叉点上，如图(b)。



(3) 载物台：一圆形平台，用于放置光学元件。

(4) 读数圆盘：读数圆盘由刻度盘和游标盘两部分组成。测量时，使望远镜带动刻度盘一起随分光计转动，而将游标盘锁紧。分光计上24个分度小格对应刻度盘上的30个分度小格，所以刻度盘最小分度值为1'。读数盘是根据游标盘的零刻线所在的位置，读出

刻盘上读数,再读出望远镜上刻盘与望远镜分划板的值,二者相加即为所测角度的值。分光计在相隔 180° 的对称方向上有两个望远镜,要同时读数,分别算出2望远镜处前后2次读数之差,再取平均值,可消除偏心差。当望远镜处于位置1时,左右2望远镜读数分别为 θ_1 ,转到2时,读数分别为 θ_2 , θ_3 ,则读数差分别为 $\theta_1 - \theta_2$, $\theta_2 - \theta_3$; $\theta_4 = \theta_1 - \theta_3$; 因此角度为 $\psi = \frac{1}{2}(\theta_1 + \theta_4)$;

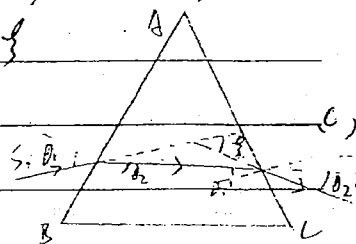
5) 分光计的调整, ①调整要求: 望远镜能接收平行光(聚焦于无穷远); 平行光管能发出平行光; 望远镜与平行光管的光轴共轴,且与分光计中心轴垂直。②调整方法: 粗调, 用目视法使其大致平行与垂直。细调可分为四步。①调整望远镜聚焦于无穷远处。②调整望远镜光轴与分光计中心轴垂直。当光学平行板的一光学面与望远镜光轴平行时,亮十字像和叉丝刻线上的点重合,完全重合,若将物体旋转 180° 后,光学平行板的另一光学面对准望远镜时依然完全重合,即为垂直。③调整平行光管发出平行光,将已聚焦于无穷远处的望远镜作为标准进行调整。④载物台上取下光学平行板,点燃光源灯,将狭缝照亮。松开狭缝套筒锁紧螺钉,前后移动狭缝装置,使望远镜中看到清晰狭缝像,慢慢转动狭缝宽度调节手轮,使狭缝宽度利于观测。

①调整平行光管光轴与分光计中心轴垂直。用已垂直于分光计中心轴的望远镜作为标准,转动狭缝使之呈水平,调节平行光管光轴倾斜角调节螺丝,使狭缝与分划板中间水平刻线重合,再转动狭缝使之呈铅直状,与分划板上竖直刻线重合,锁紧螺钉。

③注意事项,在调整平行光管的过程中,不能再调整望远镜; 调整好的分光计在使用过程中,不能再调整望远镜和平行光管。

2. 最小偏向角法测三棱镜的折射率。

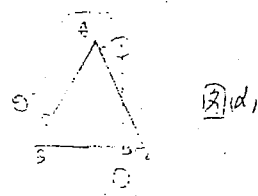
①测量原理: 光线由一种介质进入另一种介质时,在界面发生折射。 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
 θ_1, θ_2 分别表示入射角与折射角, n_1, n_2 表示不同介质的折射率。折射率不仅与介质有关,还与光的频率有关。如图,入射光与出射光延拓的夹角为 δ 称为偏向角。偏向角是一个变化的角,当 δ 光与 δ 光处于光路对称时,即 $\theta_1 = \theta_2$,偏向角最小,记作 δ_{\min} ,称作最小偏向角。根据图中几何关系以及公式,



玻璃的折射率为1, 可以得到三棱镜对某单色光的折射率 n 与最小偏向角 δ_{\min} 与顶角 A 的关系。
$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

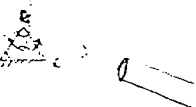
③测量方法: ①调节三棱镜2个光学面的法线垂直平分光计中心轴。将待测三棱镜放在载物台上, 采用自准法即利用已调好的望远镜自身产生的平行光校准三棱镜的2个光学面法线, 使它们都能与望远镜的光轴平行, 亦即与分光计中心轴垂直。

为了便于调节, 可按图(d)的方法放置三棱镜。当从望远镜中看到三棱镜的2个光学面反射的亮十字都能与分划板的叉丝刻线上交点, 重合为止。

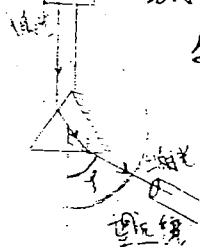


②三棱镜顶角的测量, ①自准法测顶角: 利用望远镜自身产生的平行光, 测量顶角。将三棱镜按照调整分光计时的位置摆放到载物台上, 将望远镜对准一个光学面, 使亮十字像与分划板上交叉线重合, 记下两个游标处的读数 θ_{L1}, θ_{R1} ; 然后转动望远镜, 同上, 记下 θ_{L2}, θ_{R2} , 则 $A = 180^\circ - \frac{1}{2}(\theta_{L2} - \theta_{L1} + \theta_{R2} - \theta_{R1})$

②反射法测顶角: 将待测三棱镜放在载物台上, 让三棱镜的顶角正对着平行光管光轴, 使平行光管射出的平行光束被2个光学面分为2部分, 则顶角应在载物台中部, 否则反射光进入不了望远镜。将望远镜对准从三棱镜的一个光学面反射的光线, 可读出角度 θ_{L1} 和 θ_{R1} ; 再转动望远镜使2对准另一个光学面反射的光线, 读出 θ_{L2} 和 θ_{R2} , 则 $A = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{4}(\theta_{L2} - \theta_{L1} + \theta_{R2} - \theta_{R1})$



③最小偏向角的测定: 将三棱镜按图(f)摆放, 转动载物台



与望远镜, 使望远镜光轴大致在出射光线, 并同时通过望远镜观察,

直到视野内出现光谱线。将望远镜对准谱线, 然后转动载物台,

同时注意谱线的移动情况, 观察偏向角变化。沿偏向角减小的方向

慢慢转动载物台, 使偏向角继续减小, 载物台转到某一位置时,

谱线开始反向移动, 谱线的转折点, 对应角度就是最小偏向角。用游标盘止动螺钉

固定游标, 转动望远镜光轴支架, 使分划板上的竖线对准待测谱线的中心, 从2个

游标, 标出此位置对应角度 θ_1 与 θ_2 , 转动载物台或三棱镜, 使镜处于对称位置, 重复以上步骤, 测出 θ_1 , θ_2 , 则最小偏向角 $\theta_{\min} = \frac{1}{4} (|\theta_2 - \theta_1| + |\theta_2 - \theta_1|)$

② 注意事项: 读数时, θ_1 与 θ_2 应对应同一位置, θ_1 与 θ_2 同样, 不能搞反。若望远镜从位置 1 转到位置 2 时刻度盘 0° 刻线通过了某游标的 0 刻线, 则该游标读数应加上 360° (或 -360°)。若固定得当可以避免此情况。

实验内容: 1. 对照图 3.1 或实物, 熟悉分光计各部分的结构及调整、使用方法。

2. 调整分光计至测量要求。

3. 测定三棱镜顶角。

4. 测定汞灯光谱线的最小偏向角。

阅

Experiment 3. The adjustment and application of Spectrometer

name 任 斌 class 2011215105 Teacher 18 张 琳 Date _____ Group _____

Points in Preparation

分光计的调整是本实验的难点，学生应掌握分光计的设计原理与结构，清楚调节的要求和对应的实验现象，以及每个螺钉的作用；

如何摆放棱镜的位置，才能有效地调整望远镜与光轴垂直？

如何调整狭缝使平行光管发出平行光？

理解用自准法测量顶角的光路图及其测量公式；

测量最小偏向角的光路图及测量公式。如何判定所测量的角度是最小偏向角。

Experimental Matters Need Attention

不能用手接触三棱镜的光学面；

不要频繁开启汞灯；

要重视分光计的粗调。

Experimental Contents

熟悉分光计的结构及调整要求，利用平面镜调节望远镜光轴与分光计主轴相垂直；

Adjusting the collimator to make the collimator perpendicular to the main axis of spectrometer

调节三棱镜两个光学面与望远镜光轴相垂直，即望远镜中观察到的三棱镜两个光学面反射十字像成像在叉丝刻线的上交点 P；

用自准法和反射法（选作）测量三棱镜的顶角；

测量绿光、兰紫光的最小偏向角。

Data Sheet

	$\theta_{左1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{右2}$
兰紫光	$219^{\circ}10'$	$326^{\circ}45'$	$39^{\circ}10'$	$146^{\circ}45'$
绿光	$221^{\circ}0'$	$324^{\circ}45'$	$41^{\circ}0'$	$144^{\circ}45'$

$$\theta_{min} = \frac{1}{4} (|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|)$$

$$\text{所以 兰紫光: } \theta_{min} = \frac{1}{4} (107^{\circ}35' + 107^{\circ}35') = 53^{\circ}47'50''$$

$$\text{绿光: } \theta_{min} = \frac{1}{4} (103^{\circ}45' + 103^{\circ}45') = 51^{\circ}52'50''$$

$$n(\theta_{min}) = \frac{1}{4} (n^2(\theta_{左2}) + n^2(\theta_{左1}) + n^2(\theta_{右1}) + n^2(\theta_{右2})) = 1$$

$$= 2.9 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\text{所以 } \theta_{min} + n(\theta_{min}) = (53^{\circ}47'50'' \pm 1') = (0.9389 \pm 2.9 \times 10^{-4}) \text{ rad}$$

$$\theta_{min} \pm n(\theta_{min}) = (51^{\circ}52'50'' \pm 1') = (0.9055 \pm 2.9 \times 10^{-4}) \text{ rad}$$

3. 计算蓝紫光和绿光的折射率 n 以及不确定度 $\mu(n)$.

$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\beta_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

$$\text{所以, } n_{\text{蓝紫}} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\beta_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A} = 1.6754$$

$$n_{\text{绿}} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\beta_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A} = 1.6569$$

$$\begin{aligned} \text{所以, } \mu n_{\text{蓝紫}} &= \frac{n}{2} \left[(\cot \frac{A}{2} - \cot \frac{A + \beta_{\min}}{2})^2 n^2(A) + \cot^2 \frac{A + \beta_{\min}}{2} \mu^2(\beta_{\min}) \right] \\ &= \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{2} \sin^2 \frac{A}{2} \cos \frac{A + \beta_{\min}}{2} - \frac{1}{2} \cot \frac{A}{2} \sin \frac{A + \beta_{\min}}{2}}{\sin^2 \frac{A}{2}} \right)^2 \mu^2(A) + \left(\frac{\frac{1}{2} \cot \frac{A + \beta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \right)^2 \mu^2(\beta_{\min})} \\ &= \sqrt{0.2047 \times 3.6 \times 10^{-7} + 0.2953 \times 8.4 \times 10^{-5}} \\ &\approx 0.0003 \end{aligned}$$

$$\text{同理, } \mu n_{\text{绿}} = \sqrt{0.1913 \times 3.6 \times 10^{-7} + 0.3336 \times 8.4 \times 10^{-5}} \approx 0.0003$$

$$\text{所以, } n_{\text{蓝紫}} + \mu n_{\text{蓝紫}} = 1.6754 \pm 0.0003$$

$$n_{\text{绿}} + \mu n_{\text{绿}} = 1.6569 \pm 0.0003$$

4. 计算结果

$$A = 60^\circ 0', \mu(A) = 0.0006 \text{ rad}, A + \mu(A) = (1.0472 \pm 0.0006) \text{ rad}$$

$$\beta_{\text{蓝紫 min}} = 53^\circ 47' 50'', \mu(\beta_{\min}) = 2.9 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\beta_{\text{绿 min}} = 51^\circ 52' 50''; \beta_{\text{蓝紫}} + \mu(\beta) = (0.9359 \pm 2.9 \times 10^{-4}) \text{ rad}, \beta_{\text{绿}} + \mu(\beta) = (0.9055 \pm 2.9 \times 10^{-4}) \text{ rad}$$

$$n_{\text{蓝紫}} = 1.6754, \mu n_{\text{蓝紫}} = 0.0003$$

$$n_{\text{绿}} = 1.6569, \mu n_{\text{绿}} = 0.0003$$

$$n_{\text{蓝紫}} + \mu n_{\text{蓝紫}} = 1.6754 \pm 0.0003, n_{\text{绿}} + \mu n_{\text{绿}} = 1.6569 \pm 0.0003$$

回答问题与实验总结

1. 若采用图 11 式的放法, 则应调节载物台上的分划灯与望远镜的倾斜调节螺钉。
 ② 若望远镜光轴与分光计中心轴垂直, 那么当光学平行平板一面朝向望远镜时, 亮十字像与叉丝刻线上交点重合; 转动载物台 180° 使其另一面朝向望远镜, 亮十字像依然与叉丝刻线上交点重合。

2. ① 调节狭缝套筒锁紧螺钉。② 当从望远镜中可以观察到轮廓清晰的狭缝像时, 平行光管已经发出平行光。

3. 当核镜按图示方法摆放时, 若要调节亮十字像位置, 只需调节一个载物台螺钉即可, 例如若为双面向望远镜, 则调节 X 点螺钉; 若为双面向望远镜, 则调节 Y 点螺钉。如此可以尽量减少调节中每个螺钉之间的相互影响。

4. 应返回粗调步骤, 先用肉眼使望远镜光轴大致与分光计中心轴垂直, 载物台大致水平且与中心轴垂直, 再按原来步骤进行细调。

5. ① 系用双游标读数可消除读数圆心的圆心与分光计的中心轴不重合所引起的偏心差。② 2 个读数相差约 180° 。

6. 光谱为彩色光带, 从顶角往下依次为红橙黄绿蓝靛紫, 红光折射率最小, 向底边偏折最少; 紫光折射率最大, 向底边偏折最大。

实验总结: 本次实验前各仪器状态良好, 实验步骤与操作正确合理, 实验数据记录得当, 处理认真。本次实验仪器精密, 产生的系统误差较小, 同时系用正确得当的操作减小随机误差, 使得本次实验误差较小。

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 惠斯登电桥

学 院: 国际学院

班 级: ~~XXXXXXXXXX~~

姓 名: ~~XXXXXXXXXX~~

学 号: ~~XXXXXXXXXX~~

任课教师: _____

实验日期: _____

成 绩: 80 3



THE



THE

THE

THE

THE



实验目的

1. 掌握惠斯登电桥原理
2. 了解惠斯登电桥的灵敏度概念
3. 自搭惠斯登电桥, 并利用交换法测量

实验仪器名称 [型号、主要参数]

3V 干电池, 直流式指针式检流计, 1X21 电阻箱, 滑线变阻器, 电阻, 开关, 导线

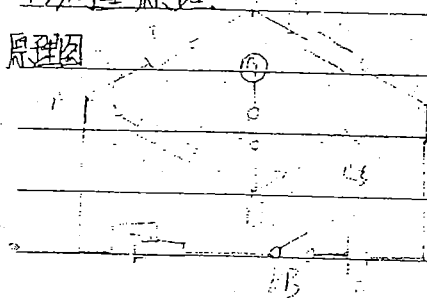
实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

实验原理

基本原理: 通过调节桥臂电阻, 使电桥达到平衡, 完成待测电阻的测量。

1) 测量原理

原理图



R_x : 待测电阻

R_1, R_2, R_3 : 阻值可调的标准电阻

若 B/D 间电压为零, 即 G 上电流为零, 电桥达到平衡

$$\text{则 } I_1 R_1 = I_2 R_x \quad (1)$$

$$I_1 R_2 = I_2 R_3 \quad (2)$$

$$\text{由 } (1) \div (2): \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_3}$$

$$\therefore R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad (3)$$

通常 R_1, R_2 取确定值称比率臂; 调节电阻 R_3 使电桥平衡, 称为比较臂

2) 交换法减小误差原理

交换 R_x 和 R_3 的位置, 调节电阻 R_3 至 R'_3 使电桥重新平衡 (R_1, R_2 不变)

$$\text{则 } R_x = \frac{R_1}{R_2} R'_3 \quad (4)$$

$$\text{由 } (3) \times (4): R_x^2 = R_3 R'_3 \quad \Rightarrow R_x = \sqrt{R_3 R'_3}$$

$$R_x \text{ 的不确定度 } \frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{U(R_3)}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{U(R'_3)}{R'_3}\right)^2} \quad (\text{利用交换法})$$

若 $R_1 \approx R_2$ 则 $\frac{U(R_1)}{R_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{U(R_2)}{R_2} \rightarrow$ 故利用交换法减小了误差

3) 电桥灵敏度

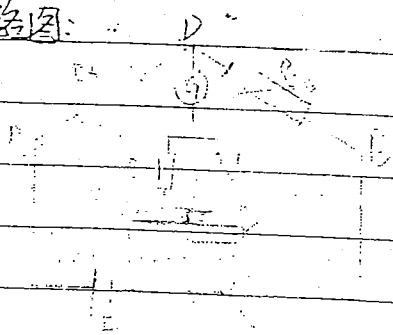
由于④灵敏度有限, 电桥平衡时, ④不可能绝对没有电流。设电桥在 R_1/R_2 时调到了平衡, 则有 $R_x = R_2$, 此时把 R_2 改为一小量 ΔR_2 , 则电桥应失去平衡, 从而④中有电流, I_g 通过; 若④检不出 I_g , 则认为电桥平衡, 故 $R_x = R_2 + \Delta R_2$ (ΔR_2 : 即因④灵敏度不够带来的测量误差)

电桥灵敏度 S 的定义: $S = (\frac{\Delta n}{\Delta R_x}) / R_x$

若 Δn 为一小量, 则 $\Delta R_x \approx \frac{R_1}{R_2} \Delta R_2$, 故 $S = (\frac{\Delta n}{\Delta R_x}) / R_x$, 进一步分析:

$$S = \frac{S_1 E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_x + R_5 + (R_6 + R_7)} \quad (S_1: \text{④的灵敏度}; R_g: \text{内阻})$$

电路图:



应有结论:

①电桥灵敏度与④灵敏度 S_1 成正比

②电源电压越高, S 越高

LP S 提高 E 时, 应考虑电桥的额定功率防损坏

③ R_g 越小, S 越高

④桥臂电阻 R_1, R_2, R_3, R_4 越大, S 越低

[实验内容]

1. 自搭建惠斯登电桥, 测未知电阻

2. 用交换法测电阻

3. 测电桥灵敏度 (1) 调节 R_2 使电桥平衡 (2) R_2 改变一小量 ΔR_2 , 记录④相应偏转格数 Δn

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[实验数据]

	R_x	$R_s(\Omega)$	$R_s'(\Omega)$	$\Delta R_s(\Omega)$	Δn	
1	200 Ω	206.7 172.7	27192.7	2.7	3	
2	1000 Ω	1026.2	961.3	17	2	✓

[数据处理]

1) Calculate the resistances of the unknown resistor

$$R_{b1} = \sqrt{R_{s1} \cdot R_{s1}'} = \sqrt{206.7 \times 192.7} = 199.6 \Omega$$

$$R_{b2} = \sqrt{R_{s2} \cdot R_{s2}'} = \sqrt{1026.2 \times 961.3} = 993.2 \Omega$$

2) Calculate the sensitivity of the wheatstone bridge

$$S_1 = \frac{\Delta n}{\Delta R_{s1}} = \frac{3}{206.7} \approx 0.0145$$

$$S_1 = 3 / (\frac{\Delta R_{s1}}{R_{s1}}) \approx 230$$

$$S_2 = \frac{\Delta n}{\Delta R_{s2}} = \frac{2}{1026.2} \approx 0.00195$$

$$S_2 = 2 / (\frac{\Delta R_{s2}}{R_{s2}}) \approx 120$$

3) Calculate the uncertain.

$$\text{电阻箱 } \frac{U(R_s)}{R_s} = (0.1 + 0.2 \frac{m}{R_s})\% \quad m=6$$

$$\frac{U(R_{s1})}{R_{s1}} = (0.1 + \frac{1.2}{206.7})\% \approx 0.001 = 0.1\%$$

$$\frac{U(R_{s2})}{R_{s2}} = (0.1 + \frac{1.2}{1026.2})\% \approx 0.001 = 0.1\%$$

$$\frac{U(R_{s1}')}{R_{s1}'} = (0.1 + \frac{1.2}{192.7})\% \approx 0.1\%$$

$$\frac{U(R_{s2}')}{R_{s2}'} = (0.1 + \frac{1.2}{961.3})\% \approx 0.1\%$$

$$\frac{U(R_{b1})}{R_{b1}} = \sqrt{(\frac{1}{2} \frac{U(R_{s1})}{R_{s1}})^2 + (\frac{1}{2} \frac{U(R_{s1}')}{R_{s1}'})^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.1\% \Rightarrow \frac{U(R_{b1})}{R_{b1}} = 0.14\%$$

$$\frac{U(R_{b1})}{R_{b1}} = 0.07\%$$

$$\frac{U(R_{b2})}{R_{b2}} = \sqrt{(\frac{1}{2} \frac{U(R_{s2})}{R_{s2}})^2 + (\frac{1}{2} \frac{U(R_{s2}')}{R_{s2}'})^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.1\% \Rightarrow \frac{U(R_{b2})}{R_{b2}} = 0.14\%$$

$$\frac{U(R_{b2})}{R_{b2}} = 0.07\%$$

$$R_x \pm U(R_x) \text{ 电阻}$$

北京邮电大学物理实验报告

回答问题与实验总结

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 非线性电路与混沌

学 院: 国际学院

班 级:

姓 名:

学 号:

任课教师:

实验日期:

成 绩:

实验目的

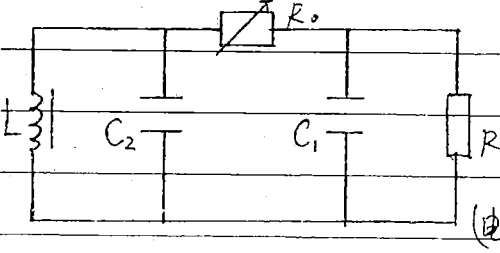
1. 通过 Chua 电路, 了解非线性是产生混沌的重要条件 2. 通过调整 Chua 电路的参数, 学习倍周期分叉走向混沌的过程 3. 学习 LabVIEW 软件的基本知识, 在计算机上观察各种相图, 包括混沌单吸引子和双吸引子 4. 了解 Chua 电路中非线性电阻的实现
实验仪器名称 [型号、主要参数]

示波器, 数字万用表, 直流稳压电源, 电感, 两个电容, 两个电位器, 电阻箱, 导线等

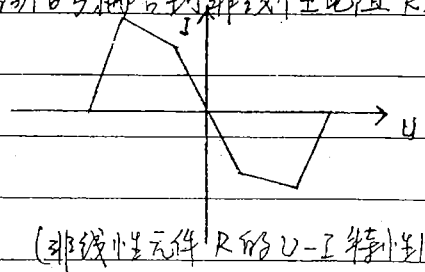
实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[实验原理]

一. Chua 电路是一种简单的产生混沌的电路. 电路中一共有 5 个基本电路元件, 4 个线性元件 L, C_1, R_0, C_2 和一个非线性元件 R . 电路中电感 L 和电容 C_1 并联构成一个 LC 振荡电路. 可变电阻 R_0 的作用是把振荡信号耦合到非线性电阻 R 上.



(电路原理图)



(非线性元件 R 的 U-i 特性图)

根据电路原理, 可建立如下方程组:

$$\begin{cases} C_1 \frac{dU_{C1}}{dt} = G(U_{C2} - U_{C1}) - g(U_{C1}) \\ C_2 \frac{dU_{C2}}{dt} = G(U_{C1} - U_{C2}) + i_L \\ L \frac{di_L}{dt} = -U_{C2} \end{cases} \quad \begin{matrix} (U_{C1}, U_{C2} \text{ 是电容 } C_1, C_2 \text{ 上的电压, } G \\ \text{是电导, } G = 1/R_0, g(U_{C1}) \text{ 是一个分段线性} \\ \text{的函数, } i_L \text{ 是电感 } L \text{ 上的电流.}) \end{matrix}$$

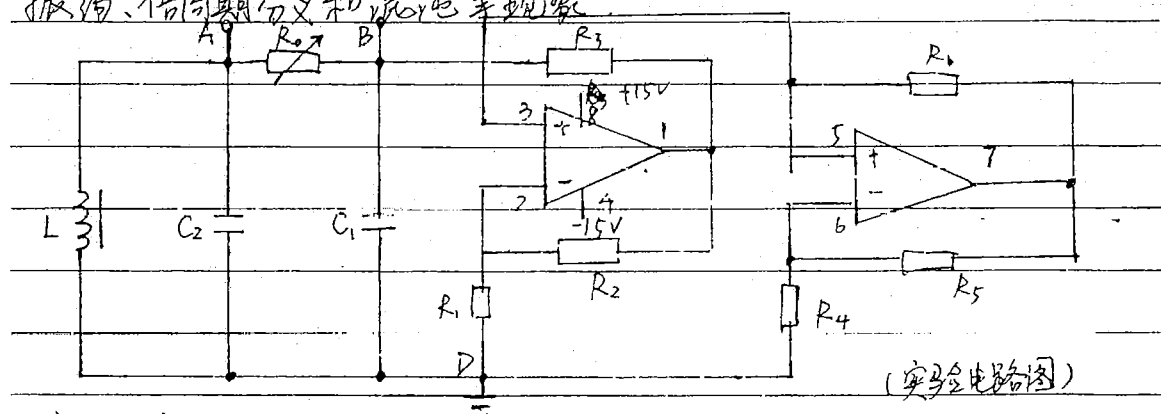
作以下变换: $x(t) = U_{C1}(t)$, $y(t) = U_{C2}(t)$, $z(t) = \frac{1}{G} i_L(t)$, $t = \frac{G}{C_2} \tau$, 简化得:

$$\frac{dx}{d\tau} = \begin{cases} \alpha(y - bx - (b-a)) & \text{if } x < -1 \\ \alpha(y - ax) & \text{if } -1 \leq x \leq 1 \\ \alpha(y - bx - (a-b)) & \text{if } x > 1 \end{cases}$$

$$\frac{dy}{d\tau} = x - y + z \quad \frac{dz}{d\tau} = -\beta y$$

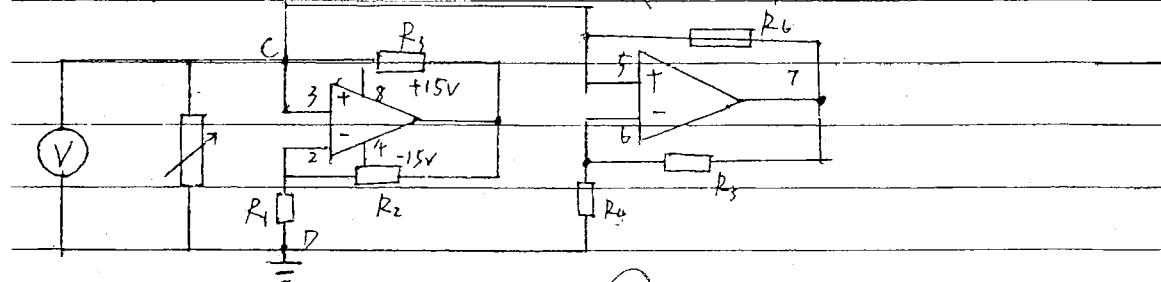
其中 $\alpha = \frac{C_2}{C_1} > 0$, $\beta = \frac{C_2}{LG^2} > 0$

二、本实验采用的 Chua 电路如下图。图中，非线性电阻采用两个运算放大器和六个电阻来实现，是一个有源电路。双运放器件 TL082 的前级和后级的正负反馈同时存在，正反馈的强弱与比值 R_3/R_0 , R_6/R_0 有关，负反馈的强弱与比值 R_1/R_0 , R_5/R_0 有关。当正反馈大于负反馈时，LC 电路才能产生并维持振荡。若调节 R_0 ，正反馈强度的变化可以改变 LC 的震荡情况，出现周期振荡、倍周期分叉和混沌等现象。



[实验内容]

1. 熟悉仪器电路各部分的作用，并测量非线性电阻的伏安特性曲线。通过改变电阻箱的阻值改变非线性电阻两端的电压值，当电压值（绝对值）大于 9.6V 时，每改变 0.2V 测量一个点（记录电压值和电阻箱的示值），从 9.5V 到 2.5V，每改变 0.5V 测量一个点，从 2.4V 到 0.0V，每改变 0.2V 测量一个点。



2. 了解 LabVIEW 的基本性能，并能设计测量仪器。

3. 将观察到的现象分别截图，并留待数据处理时间。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[数据处理]

1.

U (V)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
R (Ω)	1223	1268.6	1284.7	1292.9	1298	1301.3	1303.7	1305.9	1349.9
I (mA)	0.164	0.315	0.467	0.619	0.770	0.922	1.073	1.225	1.333
U (V)	2.0	2.2	2.4	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
R (Ω)	1411.9	1469	1519	1543.3	1645	1727	1794	1850	1897.4
I (mA)	1.417	1.498	1.580	1.620	1.823	2.027	2.230	2.432	2.635
U (V)	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
R (Ω)	1938	1972	2003	2031	2055	2077	2096.2	2114.3	2563.3
I (mA)	2.838	3.043	3.245	3.447	3.650	3.852	4.055	4.257	4.306
U (V)	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2
R (Ω)	2719	3069	3519	4099	4879	5970	7630	10500	16390
I (mA)	3.531	3.193	2.842	2.488	2.132	1.776	1.415	1.048	0.683

第一段的斜率 $k_1 = \frac{2.4 - 0.2}{1.580 - 0.164} = 1.554$ $k_1 = \frac{(1.620 - 0.164) \times 10^{-3}}{2.4 - 0.2} \approx 0.664 \times 10^{-3}$

第二段的斜率 $k_2 = \frac{9.5 - 2.5}{4.306 - 1.620} = 2.264$ $k_2 = \frac{(4.306 - 1.620) \times 10^{-3}}{9.5 - 2.5} \approx 0.384 \times 10^{-3}$

第三段的斜率 $k_3 = \frac{(0.683 - 4.306) \times 10^{-3}}{11.2 - 9.6} \approx -2.264 \times 10^{-3}$

① 当 $U \in [0, 2.5]$ 时, $f(x) = 0.664 \times 10^{-3} x$.

② 当 $U \in (2.5, 9.5]$ 时, 设 $f(x) = k_2 x + b_1$, 把点 $(2.5, 1.620 \times 10^{-3})$ 代入上式, 得 $b_1 = 0.66 \times 10^{-3}$. 所以, $f(x) = 0.384 \times 10^{-3} x + 0.66 \times 10^{-3}$

③ 当 $U \in (9.5, +\infty)$ 时, 设 $f(x) = k_3 x + b_2$, 把点 $(9.6, 3.531 \times 10^{-3})$ 代入上式, 得 $b_2 = 25.265 \times 10^{-3}$. 所以, $f(x) = -2.264 \times 10^{-3} x + 25.265 \times 10^{-3}$

综上所述可得,

$$f(x) = \begin{cases} 0.664 \times 10^3 x, & x \in [0, 2.5] \\ 0.384 \times 10^3 x + 0.66 \times 10^3, & x \in (2.5, 9.5] \\ -2.264 \times 10^3 x + 25.265 \times 10^3, & x \in (9.5, +\infty) \end{cases}$$

2. 本实验采用了倍周期分岔进入混沌, 系统运动变化的周期行为是一种有序行为, 但在一定的条件下, 系统经过周期加倍, 会逐渐丧失周期行为进入混沌, 从不动点开始, 曲线周期开始加倍, 经历了周期一、二、三、四、单吸引子, 双吸引子, 最终走向混沌。

3. 特征

① 初值敏感性: 混沌的产生依赖于初始条件, 随着初始条件的变化倍周期逐渐分岔直至无穷解, 而系统对初始条件十分敏感。

② 内在随机性: 现象内部十分复杂。

回答问题与实验总结

1. 混沌系统的结构与参数是确定的，但其却表现出不确定性、不可预测性。因为输入值发生微小变化，其结果便会发生变化，即表现为随机性。
2. 倍周期分岔是一条通向混沌的典型道路。通过倍周期分岔到达混沌现象的过程中，依次经过周期一、二、~~三~~四、单吸引子和双吸引子。从任意初始值出发迭代时，一般有个暂态过程。当迭代次数很大，演化会导致一个确定形态。

[总结]

- ① 不要触碰设备或敲打桌面，否则会对结果造成影响。
- ② 熟悉各仪器的使用方法。

任课教师指导意见

Experiment 8. Nonlinear Circuits and Chaos

Name [Signature] Class [Signature] Teacher _____ Date _____ Group _____

● Points in Preparation

1. What's chaos? The role of the nonlinear factor in producing chaos.
2. What characteristics do the chaos have? Understand the double-period bifurcation to chaos.
3. Write out the dynamic equations of nonlinear circuit. In this experiment, how to realize nonlinear resistor?

● Experimental Matters Need Attention

1. Keep well connections of all elements.
2. Keep ampere meter being in series connections and voltammeter being in parallel connections.

● Experimental Contents

1. 熟悉仪器电路各部分的作用，并测量非线性电阻的伏安特性曲线。 (由电阻箱)

按书上图 8.4 所示将电阻箱和仪器自带数字万用表接入非线性电阻。通过改变电阻箱的阻值改变非线性电阻两端的电压值，当电压值（绝对值）大于 $9.6V$ 时，每改变 $0.2V$ 测量一个点（记录电压值和电阻箱的示值），从 $9.5V$ 到 $2.5V$ ，每改变 $0.5V$ 测量一个点，从 $2.4V$ 到 $0.0V$ ，每改变 $0.2V$ 测量一个点。

The Data Sheet

U(V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
R(Ω)	120	1223	1268.6	1284.7	1292.9	1298	1301.3	1303.7	1305.9	1349.9
U(V)	2.0	2.2	2.4	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
R(Ω)	1411.9	1469	1519	1543.3	1645	1727	1794	1850	1897.4	1938
U(V)	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.6	9.8
R(Ω)	1972	2003	2031	2055	2077	2096.2	2119.3	2563.3	2719	3069
U(V)	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8
R(Ω)	3519	4099	4879	5970	7630	10580	16390	36390		
U(V)	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8
R(Ω)										

Teacher's signature [Signature] 4/5

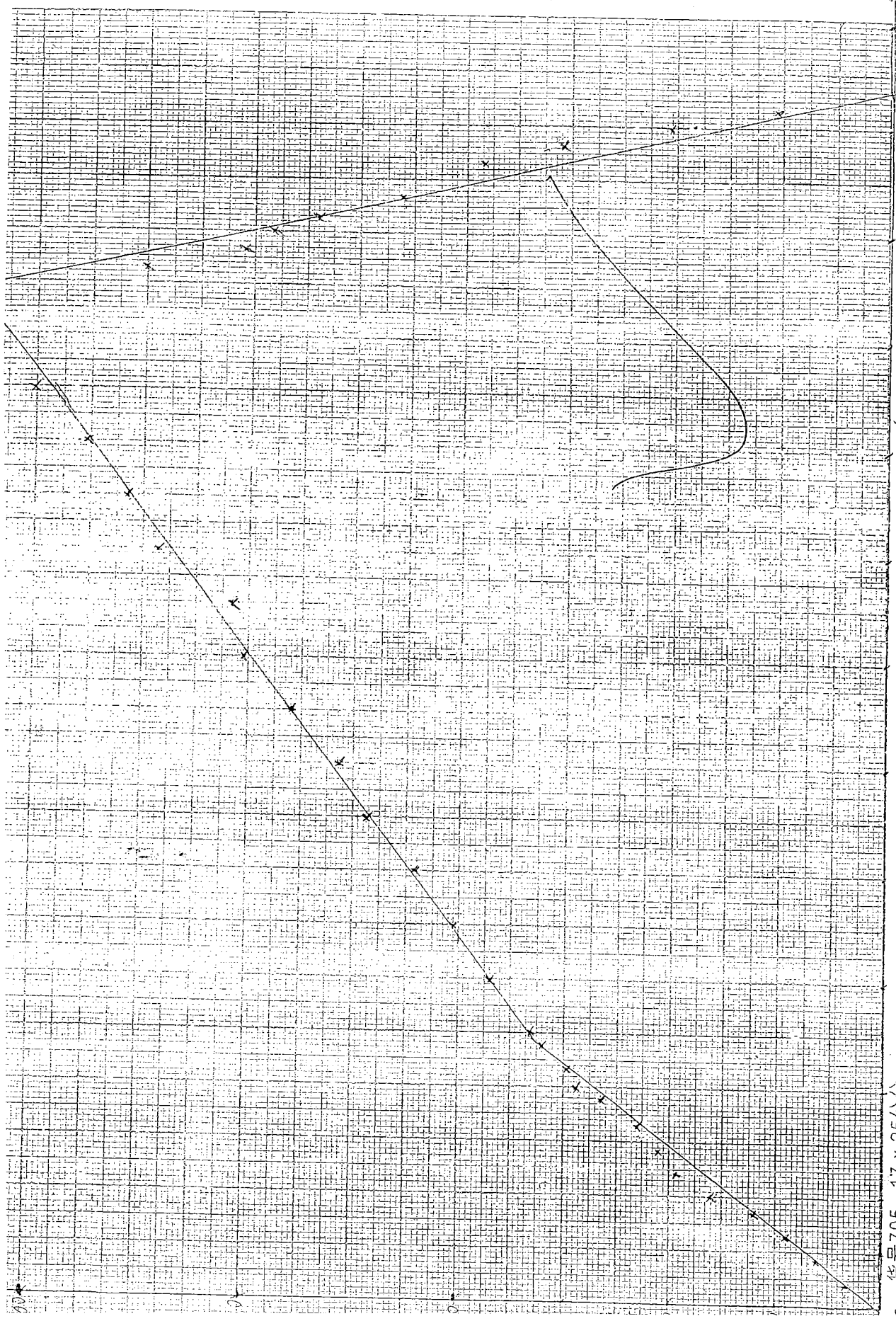
2. 在了解 LabVIEW 的基本性能的基础上, 自己设计测量仪器。要求: (1) 观察信号 A 和 B 的李萨如图。分别将电容 C_1, C_2 上的电压输入到数据采集卡的 a01 和 a02 通道, 调节 R_0 可以得到固定点、周期 1、周期 2、周期 4、混沌单吸引子、混沌双吸引子, 以及周期窗口 (如周期 3) 等状态; (2) 观察信号 A 和 B 的时序图; (3) 观察信号 A 的频谱图 (选作)。

● Data Processing

1. Plot the I-V characteristic curve of the nonlinear resistance, and calculate the slopes of three segments. 作 I-V 曲线, 利用图解法求各段直线的斜率, 并给出拟合函数 $f(x)$ (提示: 电流 I 可以由电压和电阻的关系得到)。
2. Descript various phase diagrams observed by you and discuss the generating paths to chaos. 对观察的各种相图进行说明, 并说明产生混沌现象的途径:
3. Discuss the characteristics of chaos that you observed. 讨论你所观察的混沌现象有哪些特征。

● Questions

1. How do you understand the random behavior of chaos?
如何理解“混沌是确定系统的随机行为”
2. Present the physical meanings of the double-period bifurcation based on this experiment.
通过本实验阐述倍周期分叉等概念的物理意义。

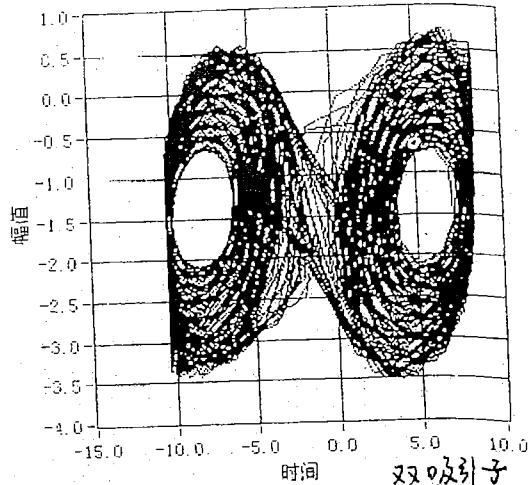


货号 705 17 x 25 公分

上海 909 照相 技术 院 有限公司

相图

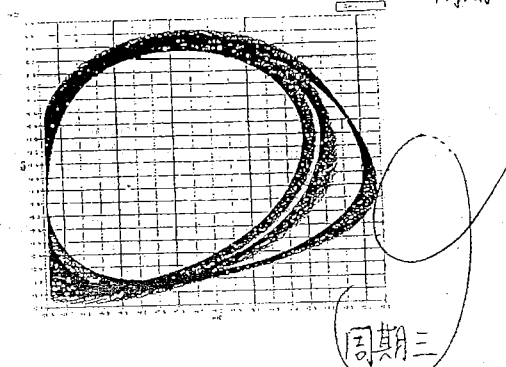
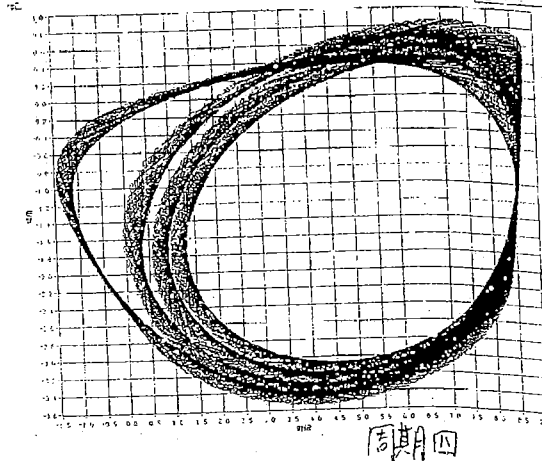
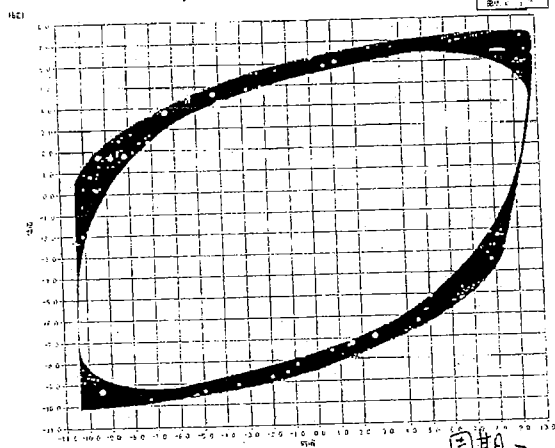
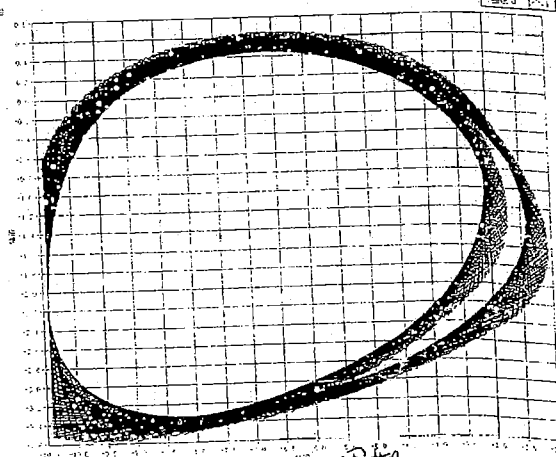
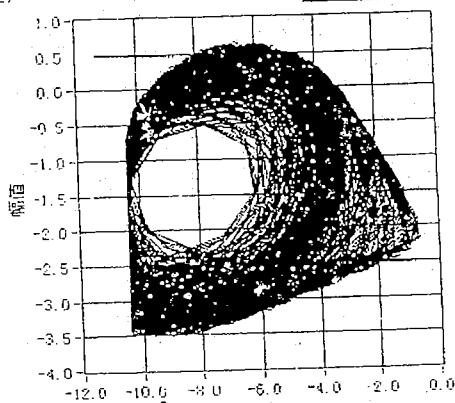
曲线 0



不动点

相图

曲线 0



北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 硅光电池的日照特性

学 院: 国际学院

班 级: ~~XXXXXXXXXX~~

姓 名: ~~XXXXXXXXXX~~

学 号: ~~XXXXXXXXXX~~

任课教师: _____

实验日期: _____

成 绩: 80 2

实验目的

1. 了解光生伏特效应产生的基本原理
2. 测绘硅光电池的特性曲线
3. 学习用电流补偿法测定硅光电池的短路电流及负载电

实验仪器名称 [型号、主要参数]

硅光电池, 数字万用表, 电阻箱, 滑线电阻, 光具座, 卤钨灯
卤钨灯电源, 同孔光阑, 检流计, 干电池, 导线

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[实验原理]

(1) 半导体受到光的照射而产生电动势的现象, 称为光生伏特效应, 硅光电池是根据光生伏特效应原理制成的半导体光电转换器件。

(2) 硅光电池的结构是由N型硅片, 以及掺入的很薄的P型层, 其中P型层引出正极引线, N型层引出负极引线。当光照到硅光电池时, 价带电子受激发跃迁到导带, 形成自由电子, 并使得P-N结两边形成电子-空穴对。并散到内电场的电子-空穴对受内电场 E 的作用, 电子被推向N区, 空穴被推向P区, 产生P-N结的电动势。若接入一负载, 只要有光不断照射, 电路中就有持续电流通过, 实现了光电转换。

(3) 光电池的输出端接一负载电阻时, 当该负载电阻最佳匹配电阻时, 输出功率 P 可以达到最大。

(4) 用点光源照射光电池时, 光照强度 I 与光电池受光面到光源距离的平方 r^2 成反比。

[实验内容]

(1) 测绘硅光电池的开路电压与光照强度的关系。

用数字电压表(数字万用表有毫电压档)测绘硅光电池开路电压 U_{oc} 。数字电压表内阻较大, 一般都在 $10^8 \Omega$ 以上, 所以测开路电压时, 内阻产生的误差完全可以忽略。

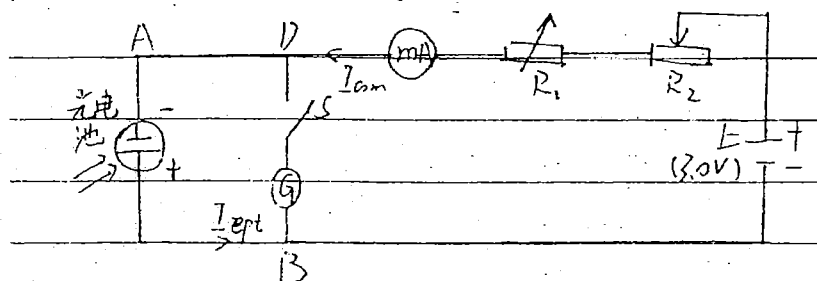
将光源放在光具座一端, 接通电源使光源在16A的电流下发光。将光源对准硅光电池, 改变硅光电池与光源的距离 r 测出硅光电池的开路电压 U_{oc} , 列表记录数据。

作 $U_{oc} - \ln(1/I^2)$ 的图线, 并说明结论

(2) 测硅光电池短路

硅光电池短路时, 其两端间电势差为零, 此时通过硅光电池的电流为短路电流。为了避免毫安表直接测量时, 由于电表本身存在的内阻而对测量结果产生影响, 这里采用电流补偿法测量硅光电池的短路电流。如图, R_1 为电阻箱, R_2 为滑动电阻, G 为检流计, S 为检流计开关, E 为干电池。当硅光电池有光照射时, 从检流计 G 的指针偏转方向来判断 B, D 两点电势的高低。通过调节 R_2 , 使 B, D 两点电势相等, BD 支路上的补偿电流 I_{com} 与光电流 I_{opt} 大小相等方向相反, 检流计无电流通过, 此时通过毫安表的电流即为硅光电池的短路电流 I_{sc} 。

对不同的光照强度, 硅光电池有不同的短路电流的值。



实验时, 改变光源与硅光电池距离 L (取值与测硅光电流的开路电压时相等), 测出相应的光电短路电流 I_{sc} , 列表记录数据, 作 $I_{sc} - 1/L^2$ 图线, 并说明结论。

(3) 光照强度一定时, 硅光电池输出功率与负载电阻关系。

在上图 A, D 间接入电阻箱 R 作为负载电阻, 测量电路图如图 6.5 所示, 用电流补偿法测负载电流。保持光源与硅光电池距离 L 不变, 改变负载电阻, 测出相应的负载电流 I 。

测量时, 应安排好测量表点的分布, 可先根据长外路的开路电压和短路电流, 估算负载电阻 $R_0 = U_{oc} / I_{sc}$ 。

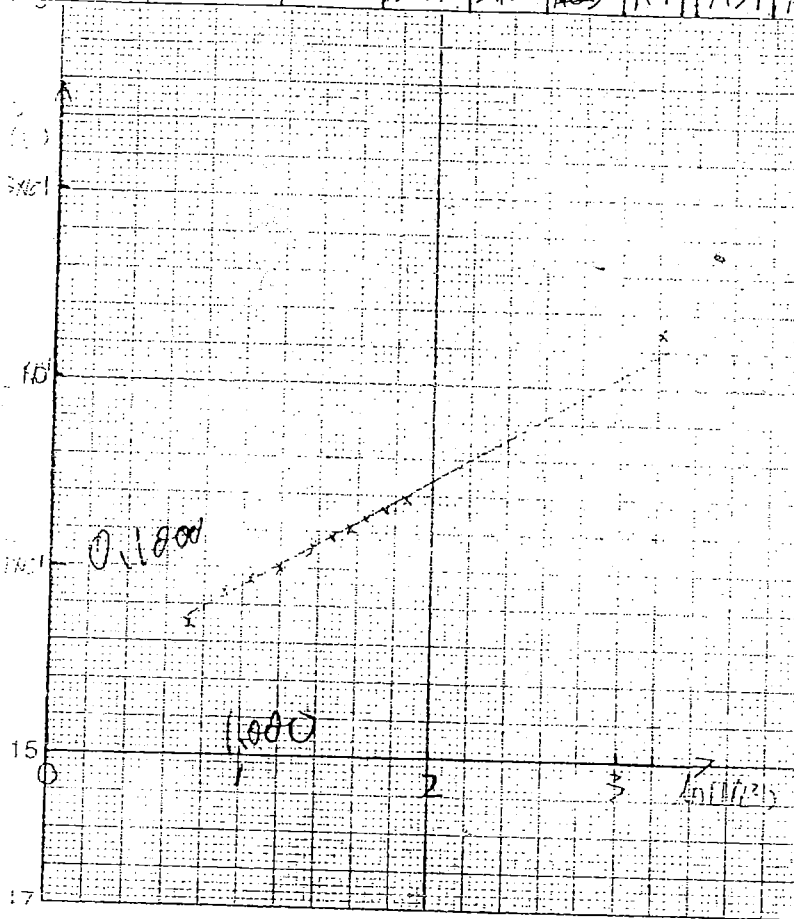
列表记录数据, 并算出各输出功率 P 的值, 作 $P - R$ 曲线, 求最小值负载电阻, 说明曲线的意义。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[数据处理]

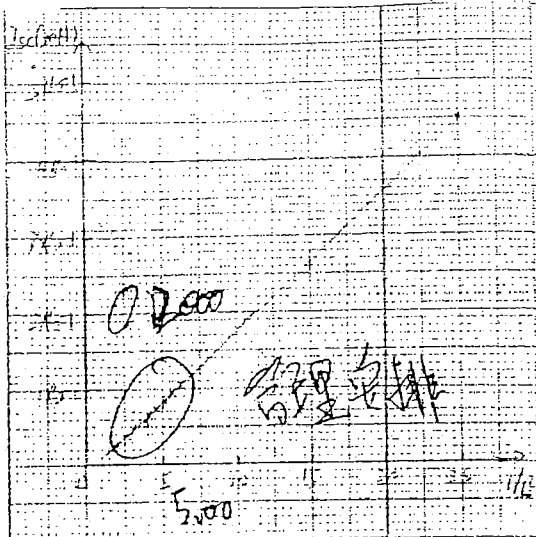
1. 改变光源与硅光电池的距离, 测硅光电池的开路电压

$L(m)$	0.200	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	
$U_{oc}(V)$	0.2328	0.1392	0.1340	0.1290	0.1244	0.1190	0.1139	0.1030	0.0929	0.0848	0.0777	
$\ln(1/L^2)$	3.22	1.83	1.74	1.64	1.55	1.47	1.39	1.20	1.02	0.862	0.713	

 $U_{oc} - \ln(1/L^2)$ 图像

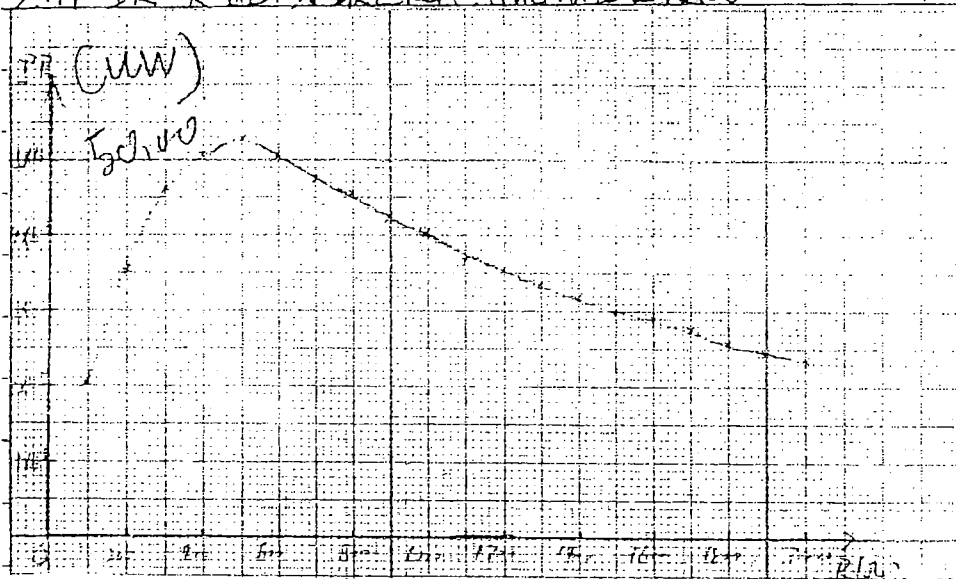
2. 改变光源与硅光电池距离, 测硅光电池短路电流

$L(m)$	0.200	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	
$I_{sc}(mA)$	0.451	0.103	0.094	0.085	0.079	0.070	0.067	0.053	0.044	0.035	0.027	
$1/L^2$	25.0	6.25	5.67	5.17	4.73	4.34	4.01	3.31	2.78	2.37	2.04	



$I_{sc} - 1/L^2$ 图线

3. 作 $I_R - R$ 曲线求最佳负载并说明曲线的意义

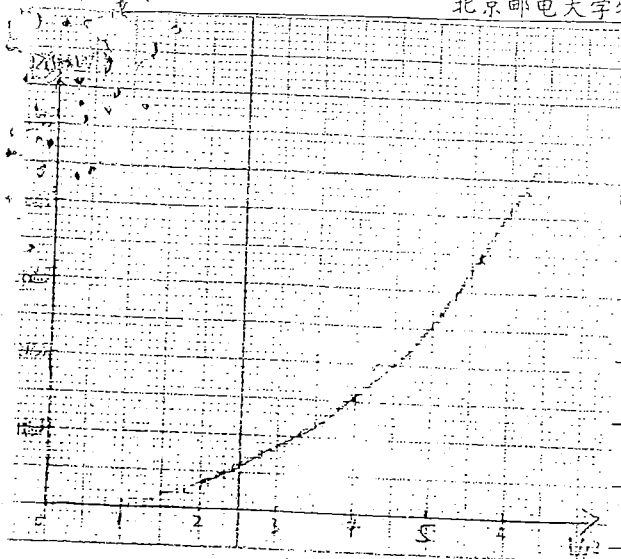


$I_R - R$ 曲线

由图可知, 最佳负载电阻的阻值是 500 Ω , 此时输出功率最大

功率随电阻增加, 先增大后减小

4. 针对第四点内容, 绘制 $P - 1/L^2$ 曲线



$P-1/L^2$ 曲线

5. 对实验结果进行讨论

- ① 硅光电池开路电压与入射光强度的对数成线性关系。
- ② 硅光电池短路电流与入射光强度成正比。
- ③ 光照强度一定时，硅光电池输出功率先随负载电阻先增大后减小。
- ④ 当负载电阻一定时，硅光电池输出功率随光照强度增大而增大。

任课教师指导意见

Experiment 6 The photo-electrics characteristics of Silicon solar cell

实验 6 硅光电池的光照特性

姓名 冯颖 班级 2011215115 教师 _____ 实验时间 _____ 实验组号 _____

S/N: 20112132-9

一、预习要点

1. 了解硅光电池的基本特性;
2. 电流补偿法的基本原理, 以及如何利用电流补偿法测定硅光电池的短路电流及负载电流;
3. 光功率计的使用。

二、实验注意事项

1. 实验中硅光电池的正、负极不要弄错。
2. 实验仪器比较多, 每做一项都要重新连接线路;
3. 闭合开关 K 的时候要注意检流计的指针偏转, 不要把指针打坏。

三、实验内容

1. 测定硅光电池的开路电压与光照强度的关系;
2. 测量硅光电池短路电流与光照强度的关系;
3. 光照强度不变的条件下, 测定硅光电池输出功率与负载电阻的关系;
4. 测量光照强度与距离之间的关系。

四、数据表格

1. 改变光源与硅光电池的距离, 用数字电压表测量硅光电池的开路电压。

Change the distance between the light source and the Si-cell, Measure the open circuit voltage with digital voltage meter.

$L(m)$	0.200	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700
$U_{oc}(V)$	0.2328	0.1372	0.1340	0.1270	0.1244	0.1170	0.1137	0.1030	0.0927	0.0848	0.0777

2. 改变光源与硅光电池的距离, 用电流补偿法测量硅光电池的短路电流。

Change the distance between the light source and the Si-cell, measure the short circuit current of Si-cell with current compensation method

$L(m)$	0.200	0.400	0.420	0.440	0.460	0.480	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700
$I_{sc}(mA)$	0.45	0.105	0.094	0.085	0.079	0.070	0.067	0.053	0.044	0.035	0.027

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: LED伏安特性的测量

学 院: 国际学院

班 级:

姓 名:

学 号:

任课教师:

实验日期:

成 绩:

85

实验目的

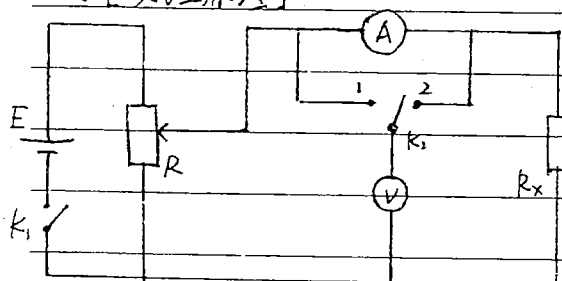
1. 测量电阻和非线性电阻的伏安特性。
2. 系统误差的产生和修正
3. 电表的选择对测量结果的影响

实验仪器名称 [型号、主要参数]

干电池, 电阻, 滑线变阻器, LED灯, 电流表, 电压表, 开关, 导线

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

一、[实验原理]



测出通过电阻 R_x 的电流 I 和电阻两端的电压 U , 根据欧姆定律 $R_x = \frac{U}{I}$, 便可计算出未知电阻。

(伏安法测电阻电路图)

1. 系统误差的产生和修正

在实际测量中, 无论是采用电流表内接还是外接, 由于电流表和电压表的接入 (两个表都有内阻, 分别为 R_A 和 R_V), 都会使测量结果产生误差, 这种系统误差可以通过修正消除。

a) 电流表内接

电键 K_2 接入 1 时, 电流表内接, 电压表的值为 U 和电流表的值为 I , 则

$$R'_x = \frac{U}{I} = R_x + R_A \quad \text{可见由于电流表的接入, 使测量结果 } R'_x \text{ 总是偏大,}$$

存在一个正的系统误差。当 R_A 较小时, R_A 的影响可以忽略, $R_A \approx R'_x$, 即

$R_x \gg R_A$ 时, 用内接法测量误差较小, 若要得到准确的测量者, 可利用

$R_x = \frac{U}{I} - R_A = R'_x - R_A$ 对结果进行修正, 以消除电流表内阻的影响。

b) 电流表外接

电键 K_2 接入2时, 电流表外接, 电压表的值为 U 和电流表的值为 I .

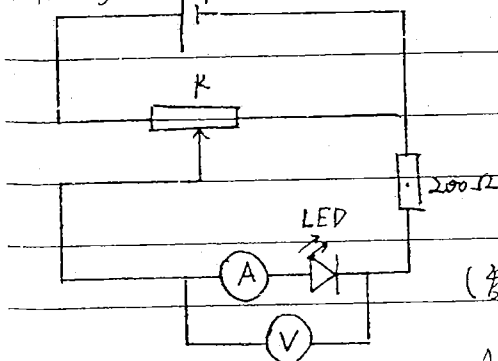
$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} = \frac{U}{I} \cdot \frac{R_v}{R_v - \frac{U}{I}} = R_x' \cdot \frac{R_v}{R_v - R_x}$. 可见测量值 R_x' 总是比实际值 R_x 偏小, 存在一个负的系统误差. 如果 $R_x \ll R_v$ 时, R_v 的影响可以忽略, $R_x \approx R_x'$, 即 $R_x \ll R_v$ 时采用外接法测量误差较小. 若要得到准确的测量者, 可利用 $R_x = R_x' \cdot \frac{R_v}{R_v - R_x'}$ 得到修正后的测量值 R_x , 以消除电压表内阻的影响.

2. 电表的选择对测量结果的影响

由于电表的仪器误差 = 等级% \times 量程, 因此电表的等级和量程将直接影响测量结果. 在等级一定时, 量程越大, 仪器误差越大. 例如: 用一块0.5级的电压表测量4V左右的电压, 则采用5V量程的相对应的仪器误差为 $\Delta_{\text{仪器}} = 0.5\% \times 5 = 0.025\text{V}$. 所以为了减小误差, 应选择合适的量程, 一般保证测量值在满量程的 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 之间.

实验内容1

(1) 用伏安法测量发光二极管(LED)的伏安特性



(发光二极管伏安特性测量电路图)

(2) LED的简单介绍.

$$h\nu \approx E_g = eU. \quad (E_g \text{ is the bandgap energy})$$

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[数据处理]

1. 开启电压 $U_0 = 1.68 \text{ V}$. 从 $I-U$ 图象中可知.

2. 在 $I-U$ 图上取两点 $A(1.68, 1.75)$ $B(1.74, 6.35)$

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{(1.74 - 1.68) \text{ V}}{(6.35 - 1.75) \text{ mA}} \approx 13.1 \Omega$$

3. $E = eU_0 = \frac{hc}{\lambda}$

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{eU_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1.68} \approx 7.39 \times 10^{-7} \text{ m}$$

附表:

$U(\text{V})$	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.52	1.54
$I(\text{mA})$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.15
$U(\text{V})$	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70
$I(\text{mA})$	0.18	0.20	0.30	0.50	0.70	1.10	1.75	2.80
$U(\text{V})$	1.72	1.74	1.76					
$I(\text{mA})$	4.40	6.35	8.80					

北京邮电大学物理实验报告

Experiment 5 Volt-ampere Characteristics of LED

Name Class Teacher Date Group

I. Points in Preparation

1. Understand the meaning of accuracy grade of the electric meter, and the influence of its selection on the measurement results.
2. Definition and characteristics of linear and nonlinear resistance.

II. Experimental Matters Need Attention

1. Use the electric source in right way without short circuit. Both of connection and disconnection are forbidden while the power is on.
2. The provided current should not be over the maximum range of the milliammeter when you measure the volt-ampere characteristics of the nonlinear resistance.

III. Experimental Contents: Measure the volt-ampere characteristic curves of a LED.

IV. Data Sheet

1. Recording the ranges, resistances and grades of voltmeter and ampere meter.

Output of power supply: 3V

	voltmeter	milliammeter
Range (V/ mA)	2.5 2V	10mA 100A
Resistance (Ω)	2500 1000 Ω	208 Ω
grade:	0.5级	0.5级

2. Measurement the volt-ampere characteristic of a LED

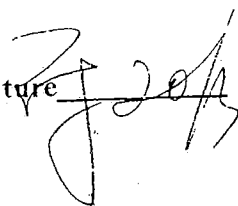
The ampere meter is internally connected.

Set up the circuit according the figure above. The selection of measuring points: Recording a point at every 0.30V under 1.50V. The interval should be as small as one can after voltage above 1.50V until the current reach 10mA. (原则上1.50V以下每间隔0.30V测一个点; 1.50V以上间隔尽可能取得小些 (0.02V), 直到流过发光二极管的电流等于10mA。)

U (V)	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.52	1.54	1.56
I (mA)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.15	0.18 0.20

U (V)	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74
I (mA)	0.20	0.30	0.40 0.50	0.70	1.10	1.75	2.80	4.40	6.35
1.76	1.75	1.82	1.82	1.84					
8.80									

Teacher's signature



V. Data Processing

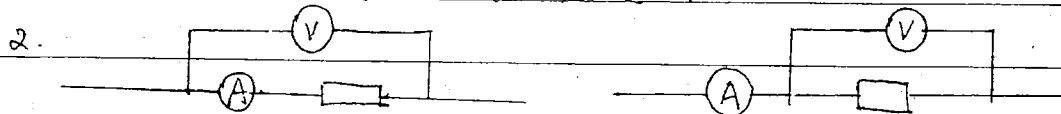
1. Plot the volt-ampere characteristic curve (I-V) of the LED in coordinate paper, and define its threshold voltage. 作伏安特性曲线，并在曲线上标出开启电压；
2. Calculate the on-resistance according to the I-V figure. 计算导通电阻；
3. For the known Planck constant h , calculate the wavelength λ of the LED using the threshold voltage obtained from the I-V curves. 已知普朗克常数 h (书后附表一)，试用公式 $E=eU=hc/\lambda$ 求出该LED的波长。

VI. Questions

1. In experiment, does it influence the measurement results by changing ranges of the voltmeter and ammeter? Why?
2. How to judge the ammeter is connected internally or externally according to the indicating values of the voltmeter and the ampere meter?
3. In the circuit, can we connect the sliding resistor by current limiting method (限流接法)? Why?

回答问题与实验总结

1. 会影响测量结果。因为电表的仪器误差 = $\text{等级}\% \times \text{量程}$ ，所以在等级一定时，量程越大，仪器误差越大。



从电压表分析，由于电流表有内阻，所以内接时比外接时示数大

从电流表分析，由于电压表有内阻，所以外接时比内接时示数大

所以，电压表示数偏大，电流表偏小时为内接，反之为外接

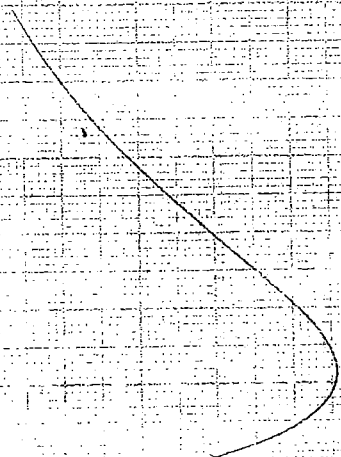
3. 不能，限流法不能使LED两端的电压从0开始变化。

[实验总结]

- ① 由于第一次使用面包板，仪器使用不熟练，以后要加强动手能力。
- ② LED的正负极搞反，导致灯一直不亮。所以接通电源前要先检查电路。

任课教师指导意见

2-V 曲线



8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

3.00

2.00

1.00

0.00

0.10

0.20

0.30

0.40

0.50

0.60

0.70

0.80

0.90

1.00

货号705

17 x 25.0

上海航发动力有限公司

1902