



HIT大物实验交流群2019

扫一扫二维码，加入群聊。

## 实验(十) 线性与非线性元件伏安特性的测定

### 一. 实验目的

1. 学习常用电学仪器的使用, 领会常规电表及数字电表使用中的特点。
2. 学习电学基本电路设计选取的原则, 练习电路连接。
3. 分析实验过程中可能系统误差产生的原因, 学习估算、修正的方法。

### 二. 实验原理

#### 1. 线性与非线性元件的伏安特性

流过一元件的电流随外加电压变化的关系曲线称为该元件的伏安特性,  $R_x = \frac{V}{I}$ . 若曲线为直线则称为线性元件, 否则为非线性元件。对于后者, 将  $R_0 = \frac{V}{I}$  称为静态电阻,  $R_p = \frac{\Delta V}{\Delta I}$  为动态电阻

#### 2. 实验电路的设计

下为测量伏安特性曲线的实验电路图。

##### (1) 电流表内接或外接的原则

① 内接:  $R_{测} = \frac{V}{I} = R_x + R_A$ ,  $E = \frac{R_A I}{R_x} = \frac{R_A}{R_x} I$ , 故当

$R_x \gg R_A$  时是合适的

② 外接:  $R_{测} = \frac{V}{I} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V}$ , 则  $R_x = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}}$ , 则  $E = \frac{R_x}{R_x + R_V} I$ , 故当

$R_V \gg R_x$  时是合适的

##### (2) 选用制流电路还是分压电路的原则

① 制流电路:  $I \approx \frac{E}{R_x + R}$ ,  $I_{max} \approx \frac{E}{R_x}$ ,  $I_{min} \approx \frac{E}{R_x + R}$ , 综合考虑阻值范围与电变器性能, 取  $R = (2R_x \sim 10R_x)$  为宜。

② 分压电路: 调节性能好以是主要考虑指标, 一般  $R = (2R_x \sim 10R_x)$ , 但  $R < R_x$  时,  $R$  上功耗较大。

3. 元件的额定功率: 线性元件  $I < \sqrt{P/R}$ ,  $V < \sqrt{PR}$ , 非线性元件要注意正向最大电流值、反向击穿电压等。

### 三. 实验主要步骤或操作要点

#### (一) 线性电阻伏安特性的测定

1. 根据待测电阻的大致阻值  $R_x$  及额定功率  $P$ , 选择电表合适量程。原则是

(1) 电流表的量程  $I_m < \sqrt{P/R_x}$ ; 电压表量程  $V_m < \sqrt{P R_x}$ , 亦即  $I_m V_m < P$ 。

(2) 通常我们使用的电压表和电流表都是多量程的, 能够满足上述条件的量程往往有好几个, 我们还必须考虑电压表和电流表的搭配, 使得电流表和电压表指针的摆角大致一致。即两者几乎同时达到满偏。

2. 查出该量程电压表内阻  $R_V$  和电流表内阻  $R_A$ , 由待测电阻  $R_x$  的大概数值, 确定采用电流表内接还是外接。



3. 由滑动变阻器的阻值和待测电阻  $R_x$  的大概值, 正确选定滑动变阻器采用制流电路还是分压电路。

4. 连接电路并开始测量, 记录实验数据, 读出 7 组不同的  $I, V$  值。

5. 在坐标纸上画出伏安特性曲线, 并由曲线斜率求出待测电阻  $R_{测}$ 。

6. 对测试结果  $R_{测}$  进行可定系统误差修正, 给出  $R_x$  的最后结果。

⑤ 发光二极管正向伏安特性的测定:

1. 根据发光二极管的正向电流—电压特性设计合理的测量电路 (发光二极管所加电压为  $1V$  左右时, 工作电流约为  $1mA$ , 大于  $1.7V$  后, 电流迅速增加)。

2. 合理选用仪器、仪表, 以及其他器材 (指针式、数字式电表及量程选择), 注意不要让通过发光二极管的电流过高, 避免其长时间处于高亮状态, 以免烧坏发光二极管;

3. 读数及数据列表。

4. 用坐标纸画出电阻的特性曲线。



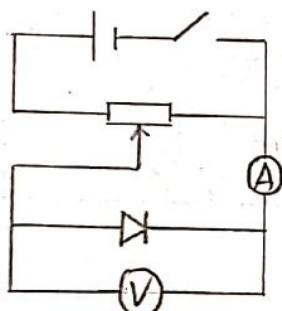
#### 四. 实验数据

##### 1. 发光二极管正向伏安特性的测定 (分压法, 电流表外接)

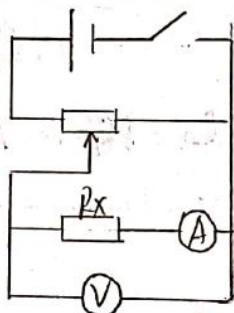
次 测量值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I/\text{mA}$	0.0125	0.0538	0.1422	0.3008	0.4690	0.7009	0.9083	2.005	4.622	6.259
$V/\text{V}$	1.5666	1.6461	1.6967	1.7340	1.7561	1.7763	1.7899	1.8357	1.8954	1.9222

##### 2. 线性电阻伏安特性的测定 (分压法, 电流表内接)

次 测量值	1	2	3	4	5	6	7
$I/\text{mA}$	0.6306	0.7077	0.8386	0.9729	1.1426	1.3272	1.8018
$V/\text{V}$	1.000	1.170	1.430	1.618	1.900	2.212	3.000

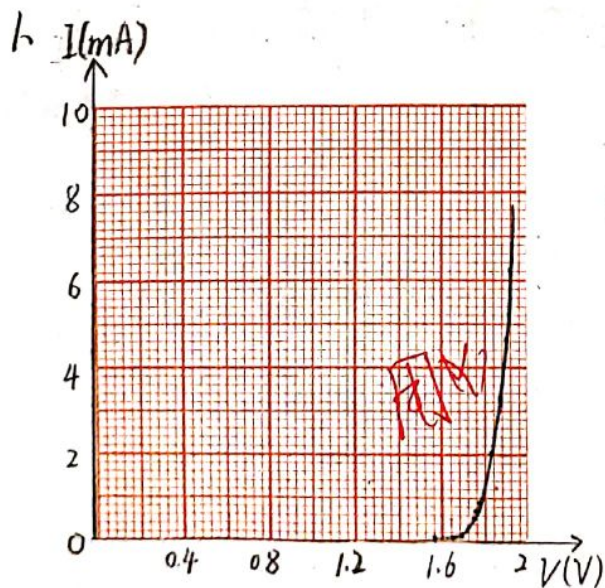


二极管正向伏安特性  
测定 电路图

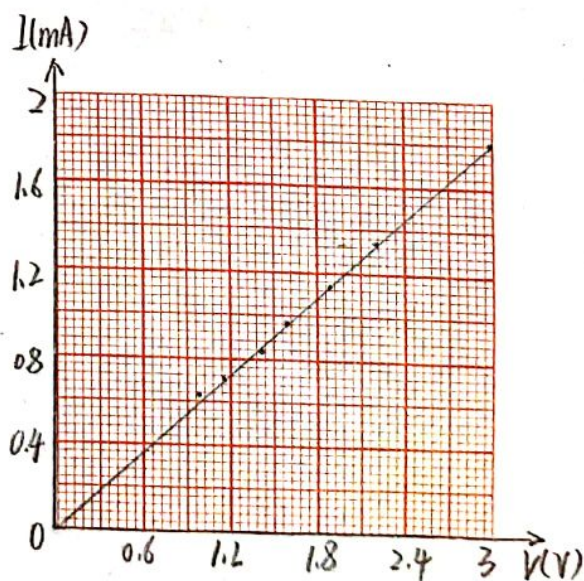


电阻伏安特性测定  
电路图

#### 五. 数据处理



发光二极管正向伏安特性曲线



电阻的伏安特性曲线

2. 最小二乘法求电阻阻值, 并对其进行系统误差修正.

$$\bar{V} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 V_i = \frac{1}{7} (1.000 + 1.170 + 1.430 + 1.618 + 1.900 + 2.212 + 3.000) \text{ V} = 1.761 \text{ V}$$

$$\bar{V}^2 = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 V_i^2 = \frac{1}{7} (1.000^2 + 1.170^2 + 1.430^2 + 1.618^2 + 1.900^2 + 2.212^2 + 3.000^2) \text{ V}^2 = 3.505 \text{ V}^2$$

$$\bar{I} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 I_i = \frac{1}{7} (0.6306 + 0.7077 + 0.8386 + 0.9729 + 1.1426 + 1.3272 + 1.8018) \text{ mA} = 1.0602 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \bar{VI} &= \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 V_i I_i = \frac{1}{7} (1.000 \times 0.6306 + 1.170 \times 0.7077 + 1.430 \times 0.8386 + 1.618 \times 0.9729 + 1.900 \times 1.1426 + \\ &\quad 2.212 \times 1.3272 + 3.000 \times 1.8018) \text{ V} \cdot \text{mA} \\ &= 2.106 \text{ V} \cdot \text{mA} \end{aligned}$$

应用最小二乘法, 有  $\frac{1}{R_{x\text{测}}} = \frac{\bar{V} \cdot \bar{I} - \bar{VI}}{(\bar{V})^2 - \bar{V}^2}$  故  $R_{x\text{测}} = \frac{(\bar{V})^2 - \bar{V}^2}{\bar{V} \bar{I} - \bar{VI}} = \frac{(1.761)^2 - 3.505}{1.761 \times 1.0602 \times 10^{-3} - 2.106 \times 10^{-3}} \Omega$

$$= 1690 \Omega$$

则由于电流表内接,  $R_x = R_{x\text{测}} - R_A = 1690 \Omega - 150 \Omega = 1540 \Omega$  ✓

公众号 qq: 1689929593



## 六. 实验结论及现象分析

### 1. 发光二极管正向伏安特性的测定

由于满足  $R_V \gg R_x$ , 且  $V: 1.7V$  时  $I \approx 1mA$ ,  $R_x \approx 1.7k\Omega$ , 又滑动变阻器  $R: 0 \sim 300\Omega$ , 故采用分压电路, 电流表外接, 画出伏安特性曲线后发现, 大约在  $1.7V$  以下, 电流  $I$  很小且随电压增大而增大幅度很小, 而电压增至  $1.7V$  以上后电流迅速增大, 说明开始时电阻较大 ( $0 \sim 1.7V$ ), 电压  $1.7V$  后电阻迅速减小。

实验时也可发现,  $V$  在  $0 \sim 1.7V$  时二极管发光强度极小,  $1.7V$  之后迅速变亮。

### 2. 线性电阻伏安特性的测定

线性电阻的电流随电压线性变化, 由最小二乘法得  $R_{x测} = 169\Omega$ , 考虑电流表内接带来的影响  $R_{x测} = R_x + R_A$ , 故  $R_x = R_{x测} - R_A = 154\Omega$

其他分析: 测二极管伏安特性时, 电流表量程改变会使电压、电流、二极管发光强度变化, 这是因为电流表的量程不同电阻不同。

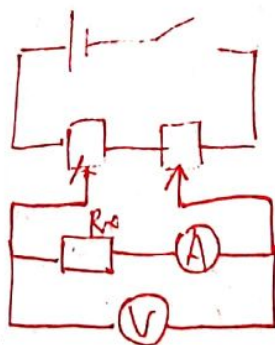
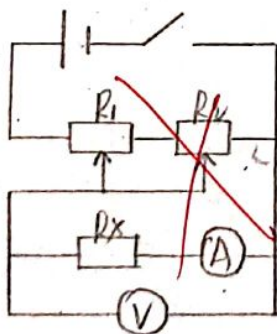
为了减小误差, 应该使测量时表针指示在表盘  $1/3$  至满刻度之间。

## 七. 讨论问题

- 优点: ① 由于电流表是  $mA$  量级的, 故  $R_1 = 600\Omega$  可用于保护电路和电流表  
②  $R_1$  的调节使电路中电压、电流变化较大, 可使它们较快调至所需值附近  
③ 之后  $R_1$  不再调节, 调节  $R_2$  使表盘示数变化, 记录数据。

### 设计电路:

- ① 由于  $R_x \gg R_A$ , 故电流表内接  
②  $R_1$  与  $R_x$  相比  $R_x$  太小, 故分流电路时电流调节范围太小, 故选取分压电路  
电路如下:



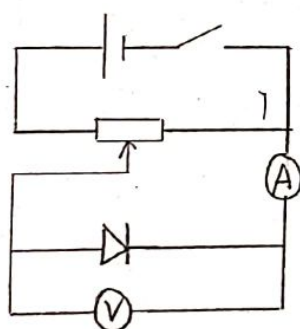
# 实验现象观察与原始数据记录

## 1. 发光二极管正向伏安特性的测定

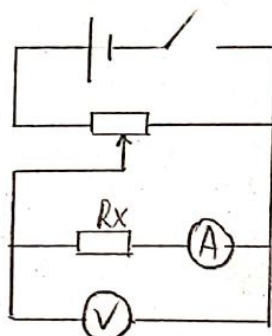
次 测量值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I/\text{mA}$	0.0125	0.0538	0.1422	0.3008	0.4690	0.7009	0.9683	2.005	4.622	6.259
$V/\text{V}$	1.5666	1.6461	1.6967	1.7340	1.7561	1.7763	1.7899	1.8357	1.8954	1.9222

## 2. 线性电阻伏安特性的测定

次 测量值	1	2	3	4	5	6	7
$I/\text{mA}$	0.6306	0.7877	0.8386	0.9729	1.1426	1.3272	1.8018
$V/\text{V}$	1.000	1.170	1.430	1.618	1.900	2.212	3.000



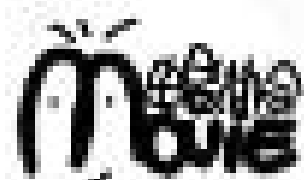
二极管正向伏安特性测定  
电路图



线性电阻伏安特性测定  
电路图

公众号 qq: 1689929593

教师	姓名
签字	申艳青



电影协会

扫一扫二维码，加入群聊。