

电路基础实验报告

实验名称： 元件伏安特性的测量

学 号： 22301077 姓 名： 张蕴东 班 级： 22高分子

合作者： 张泽钊 桌 号： 35

实验日期： 2024.4.30

实验考核

项目	实验预习	实验过程	分析与讨论	总评
评价				

1 实验目的

1. 学习线性电阻元件和非线性电阻元件伏安特性的测试方法
2. 学习直流稳压电源、万用表、直流电流表、电压表的使用方法

2 实验原理

2.1 元件的伏安特性

如果把电阻元件的电压取为横坐标（纵坐标），电流取为纵坐标（横坐标），画出电压和电流的关系曲线，这条曲线称为该元件的伏安特性。

2.2 线性电阻元件

线性电阻元件的伏安特性在 $u-i$ （或 $i-u$ ）平面上是通过坐标原点的直线，与元件电压或电流的方向无关，是双向性的元件，如图1，元件上的电压和元件电流之间的关系服从欧姆定律。元件的电阻值可由下式确定： $R = \frac{u}{i} = \frac{m_u}{m_i} \tan \alpha$ 其中 m_u 、 m_i 分别为电压和电流在 $u-i$ 平面坐标上的比例尺， α 是伏安特性直线与电流轴之间的夹角。我们经常使用的电阻器，如金属膜电阻、绕线电阻等的伏安特性近似为直线，而电灯、电炉等器件的伏安特性曲线或多或少都是非线性的。

2.3 非线性电阻元件

非线性电阻元件的伏安特性不是一条通过原点的直线，所以元件上电压和元件电流之间不服从欧姆定律，而元件电阻将随电压或电流的改变而改变。有些非线性电阻元件的伏安特性还与电压或电流的方向有关，也就是说，当元件两端施加的电压方向不同时，流过它的电流完全不同，如晶体二极管、发光管等，就是单向元件。根据常见非线性电阻元件的伏安特性，一般可分为下述三种类型：

1. 电流控制型电阻元件:如果元件的端电压是流过该元件电流的单值函数，则称为电流控制型电阻元件。
2. 电压控制型电阻元件：如果通过元件的电流是该元件端电压的单值函数，则称为电压控制型电阻元件。
3. 如果元件的伏安特性曲线是单调增加或减小的。则该元件既是电流控制型又是电压控制型的电阻元件。

3 实验电路及元器件参数

本实验采用电路原理实验箱《元件伏安特性的研究》单元。线性电阻元件 $R1 = 120\Omega/2W$ ， $R2 = 51\Omega/2W$ ；非线性电阻元件D3为二极管1N5401，D4为发光二极管高亮 3φ；

4 实验内容

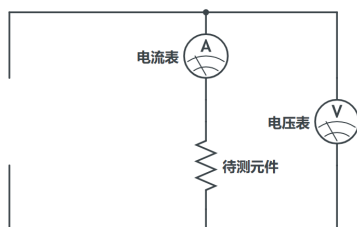
1. 测试线性电阻元件的伏安特性。用电压表和电流表分别采用方法一（电流表外接法）和方法二（电压表外接法）的两种接线方法进行测试，比较测试结果。

2. 测试非线性电阻元件D3（二极管）、D4（发光二极管）的伏安特性。

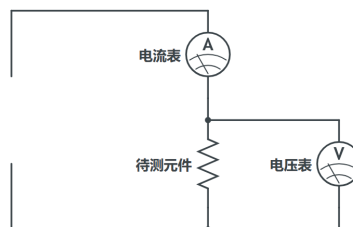
5 实验结果

5.1 线性电阻元件测量

分别采用了以下两种电路接法：

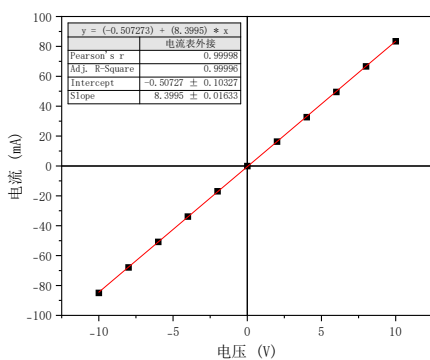


(a) 电流表外接法

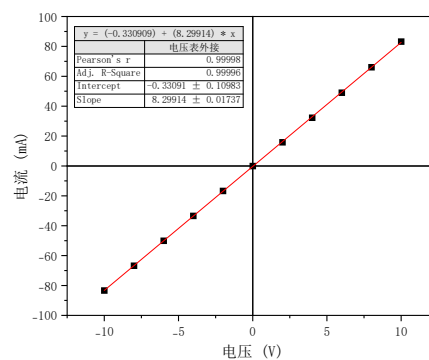


(b) 电压表外接法

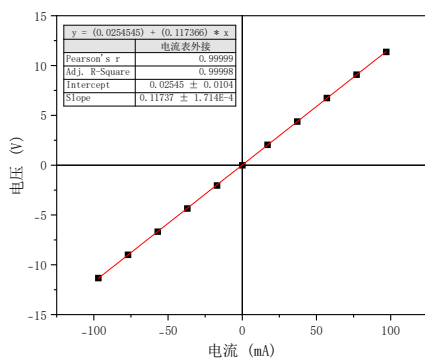
测量结果详见原始数据页，这里将不同方法得到的伏安特性曲线绘制出来：



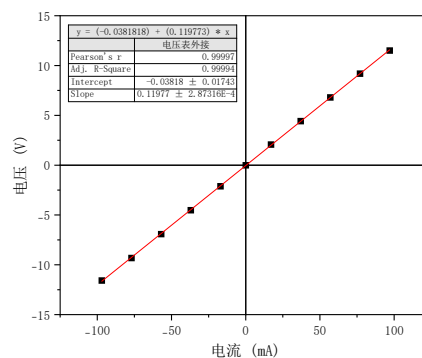
(a) 120Ω 电流表外接法 $i - u$



(b) 120Ω 电压表外接法 $i - u$

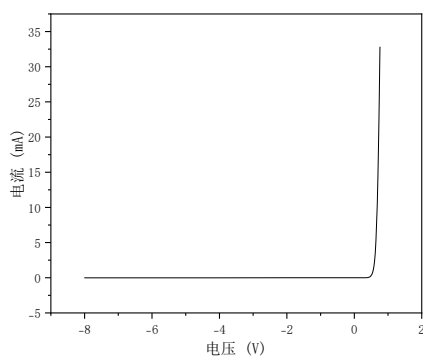


(c) 120Ω 电流表外接法 $u - i$

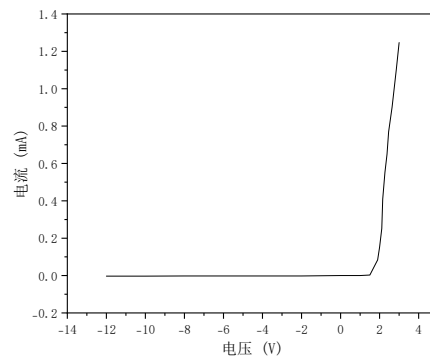


(d) 120Ω 电压表外接法 $u - i$

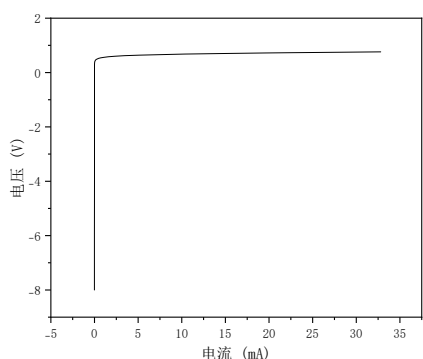
图 1: 线性电阻元件



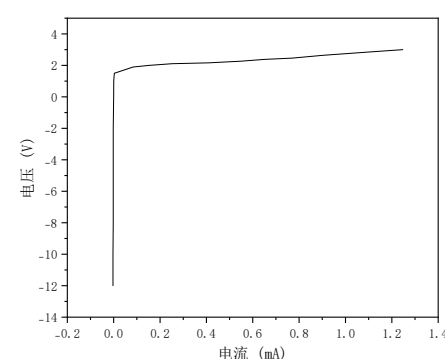
(a) D3 $i - u$



(b) D4 $i - u$



(c) D3 $u - i$



(d) D4 $u - i$

图 2: 非线性电阻元件

对线性电阻元件拟合得到的电阻值:

表 1: 线性电阻元件电阻值

元件	测量方法	电阻 R	相对误差
120 Ω 电阻	电流表外接	$117.3 \pm 0.2\Omega$	2.25%
	电压表外接	$119.7 \pm 0.3\Omega$	0.25%

事实上, 对于非理想电流表和电压表, 其分流和分压效果是不可以忽略的, 若是将其视为理想的表, 对于电流表外接法: 此时电流表测得的电流是流过电阻和流过电压表的总和, 在电压测量准确的情况下, 实际算出的电阻应当偏小; 而对于电压表外接法: 此时电压表测得的电压是电阻和电流表的总和, 在电流测量准确的情况下, 实际算出的电阻应当偏大。结合本次实验得到的结果, 可以认为该标称 120 Ω 的电阻实际值应当在117.3~119.7 Ω 之间。

对于 D3,D4 两个非线性电阻元件, 可以在图上读出几个重要信息:

1. 这两个二极管元件具有很明显的单向性, 反向时即使电压很高也没有电流通过
2. 电压正向时存在一个最小的电压阈值可以使其导通, 即在这一点后电阻由无穷大变为一个很低的值

误差分析：本次实验所采用的仪器精度很高，实验结果所包含的误差中，仪器误差占比较小，并且从实验结果可以看到，此次实验测量的误差都很小，可以认为是实验操作较规范。其余具体的误差来源如下：

1. 实验箱上的待测元件与标称值本身存在误差，且长时间放置也会产生变化
2. 测试线路上的电阻、寄生电容
3. 测试当天的温度湿度导致的误差
4. 引脚可能生锈而产生额外变化

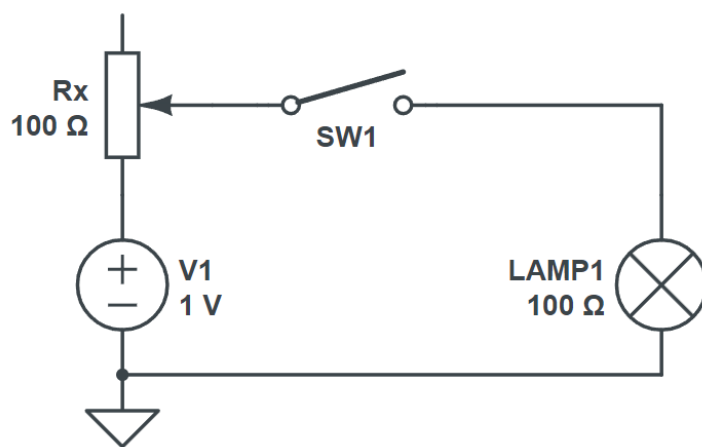
6 思考题

6.1 线性电阻元件的两个特殊情况“开路”、“短路”的含义是什么？

开路又称断路，此时元件两端可能有电压但一定没有电流通过；短路则相反，此时元件相当于与导线并联，元件两端无电压，也没有电流通过。

6.2 试说明可调三端电阻最常见的三个用途，最好能画图说明

可调三端电阻即电位器，广泛运用在需要调节电流的场景，如调节灯光亮暗、音响声音大小、电机转速。以下是一个非常简单示例，用可调三端电阻实现灯光亮暗调节：



6.3 思考题3

电流表应与被测元件串联，电压表应与被测元件并联，电流表、电压表都有内阻，而电流表内阻应越小越好，电压表内阻应越大越好，这是因为电流表内阻越小，分压越小；电压表内阻越大，分流越少，在伏安法测量当中可以进一步缩小系统误差。

6.4 试分析接入电路的电流表内阻大、电压表内阻小时，对测试结果有何影响？

1. 对于电流表外接法，此时电压表内阻变小会导致电压表分到的电流增大，内阻越小，测得的电流越偏离实际电流，结果越偏小。

2. 对于电压表外接法，此时电流表内阻变大会导致电流表分到的电压增大，内阻越大，测得的电压越偏离实际电压，结果越偏大。

6.5 如果被测元件阻值小应采用电流表外接法不是电压表外接法？被测元件阻值大又应如何连接？为什么？

记电流表阻值为 R_A ，电压表阻值为 R_V 。于是有：

$$\text{电压表外接法： } R_{\text{measure}} = R_A + R_{\text{real}}$$

$$\text{电流表外接法： } R_{\text{measure}} = \frac{R_V R_{\text{real}}}{R_V + R_{\text{real}}}$$

计算其相对误差，并令两个相对误差相等即可求出临界的 R_{real} 对于两种方法来说误差一样。解得临界的 R_{real} 为： $\sqrt{R_V R_A + R_A R_{\text{real}}}$ （一个近似解为高中时学过的 $\sqrt{R_V R_A}$ ）。故当 R_{real} 大于临界值时，应当使用电压表外接法，反之则使用电流表外接法。

7 实验心得

本次实验采取了多种方法来测量同一元件的阻值，实际上这些方法各有各的最佳使用场景，正如思考题最后一题推导出来的临界值。因此在实际测量中应当活用各种测量方法，找到系统误差最小的最优方案进行测量。

8 原始数据

张逸东 张逸东 2024.5.7

表1.1 电流表外接 120Ω 正向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电压 (V)	0	1.93	3.85	5.82	7.8	9.71			
测量电流 (mA)	0	16.36	32.7	49.58	66.68	83.46			
计算电阻 (Ω)	\	117.9707	117.737	117.386	116.9766	116.3432			

表1.2 电流表外接 120Ω 反向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电压 (V)	0	1.97	3.95	5.92	7.9	9.88			
测量电流 (mA)	0	16.87	33.8	50.81	67.93	84.95			
计算电阻 (Ω)	\	116.7753	116.8639	116.5125	116.2962	116.3037			

表2.1 电流表外接 120Ω 正向									
给定电压 (mA)	0	17	37	57	77	97			
测量电压 (V)	0	2.05	4.39	6.75	9.09	11.37			
测量电流 (mA)	0	17.45	37.31	57.41	77.57	97.37			
计算电阻 (Ω)	\	117.4785	117.6628	117.5753	117.1845	116.7711			

表2.2 电流表外接 120Ω 反向									
给定电压 (mA)	0	17	37	57	77	97			
测量电压 (V)	0	2.03	4.34	6.67	9	11.33			
测量电流 (mA)	0	17.42	37.25	57.29	77.4	97.35			
计算电阻 (Ω)	\	116.5327	116.5101	116.4252	116.2791	116.3842			

表3.1 电压表外接 120Ω 正向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电流 (mA)	0	15.87	32.32	49.06	66.08	83.26			
计算电阻 (Ω)	\	126.0239	123.7624	122.2992	121.0654	120.1057			

表3.2 电压表外接 120Ω 反向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电压 (V)	0	2	4	6	8	10			
测量电流 (mA)	0	16.66	33.36	50.08	66.77	83.36			
计算电阻 (Ω)	\	120.048	119.9041	119.8083	119.8143	119.9616			

表4.1 电压表外接 120Ω 正向									
给定电压 (mA)	0	17	37	57	77	97			
测量电压 (V)	0	2.06	4.43	6.81	9.19	11.51			
测量电流 (mA)	0	17.43	37.26	57.33	77.48	97.23			
计算电阻 (Ω)	\	119.3345	118.8943	118.786	118.6113	118.3791			

表4.2 电压表外接 120Ω 反向									
给定电压 (mA)	0	17	37	57	77	97			
测量电压 (V)	0	2.11	4.51	6.92	9.32	11.58			
测量电流 (mA)	0	17.51	37.37	57.43	77.59	97.26			
计算电阻 (Ω)	\	120.5026	120.685	120.4945	120.1186	119.0623			

表5.1 电流表外接 D3 正向									
给定电压 (V)	0	0.3	0.35	0.4	0.45	0.48	0.52	0.54	0.56
测量电压 (V)	0	0.002	0.006	0.028	0.096	0.194	0.466	0.7	1.056
测量电流 (mA)	0	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.58	1.58

表5.2 电流表外接 D3 反向									
给定电压 (V)	0	0.5	1	2	4	6	8		
测量电压 (V)	0	0.003	0.009	0.003	0.004	0.005	0.005		
测量电流 (mA)	0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005		

表6.1 电流表外接 D4 正向									
给定电压 (V)	0	1	1.5	1.9	2	2.11	2.16	2.27	2.38
测量电压 (mA)	0	1.00E-04	0.003	0.084	0.152	0.252	0.409	0.551	0.65
测量电流 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.77	0.902

表6.2 电流表外接 D4 反向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10	12		
测量电压 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003		
测量电流 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003		

给定电压 (V)	0	0.3	0.35	0.4	0.45	0.48	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.68	0.69	0.7	0.72	0.73	0.74	0.76
测量电压 (V)	0	0.002	0.006	0.028	0.096	0.194	0.466	0.7	1.056	1.58	2.32	3.445	5.147	10.342	12.412	14.434	19.64	22.446	25.7	32.8
测量电流 (mA)	0	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.58	1.58	1.58	2.32	3.445	5.147	10.342	12.412	14.434	19.64	22.446	25.7	32.8

表5.2 电流表外接 D3 反向									
给定电压 (V)	0	0.5	1	2	4	6	8		
测量电压 (V)	0	0.003	0.009	0.003	0.004	0.005	0.005		
测量电流 (mA)	0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005		

表6.1 电流表外接 D4 正向									
给定电压 (V)	0	1	1.5	1.9	2	2.11	2.16	2.27	2.38
测量电压 (mA)	0	1.00E-04	0.003	0.084	0.152	0.252	0.409	0.551	0.65
测量电流 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.77	0.902

表6.2 电流表外接 D4 反向									
给定电压 (V)	0	2	4	6	8	10	12		
测量电压 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003		
测量电流 (mA)	0	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003		