

伏安法测电阻

2013599 田佳业 2023.4.4

实验目的

- 1.学会设计用伏安法测电阻的实验电路。
- 2.掌握各种电阻元件伏安特性曲线的测量方法。
- 3.学会用作图法处理实验数据。

实验原理

线性元件和非线性元件

当一电阻元件两端加上不同的直流电压 U 时，元件内则有相应的电流 I 流过，以电流 I 为纵坐标，电压 U 为横坐标，作出 $I-U$ 关系曲线，这便是该电阻元件的伏安特性曲线。通常情况下，导电金属丝、碳膜电阻、金属膜电阻等，其伏安特性曲线是一条通过原点的直线，这类元件称为线性元件，其阻值是一个不随 I 、 U 变化的常数。对于像晶体二极管、热敏电阻等类元件，它们的伏安特性曲线不是一条直线，这类元件称为非线性元件，其阻值不是常数

仪器选定和连接原理

变阻器

变阻器的用途是用来控制电路中的电压和电流，使其达到某一指定的数值，或使其在一定范围内连续变化。变阻器的连接方式按如下考虑：如所选电源的额定电流大于负载 R_X 额定电流的两倍以上，宜选用分压电路

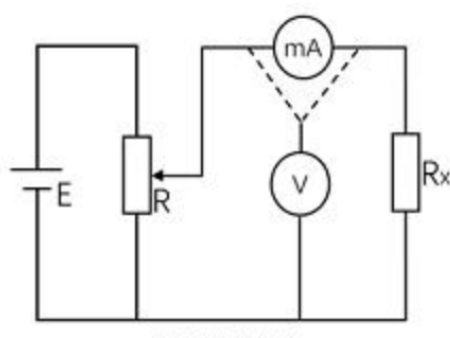
电表

电表选定后，电表的连接方式有两种，一种是电压表跨接在电流表和电阻的外侧，称为电压表外接法（或电流表内接法）；另一种是电压表跨接在R两端，称为电压表内接法（或电流表外接法）。不论采用哪一种接法，依欧姆定律 $R=U/I$ 算出的R值，由于电表内阻的影响，都会引入一定的误差。易看出，电压表外接时，测得的R值偏大，电压表内接时测得的R偏小。

本次实验选择分压法，电压表外接。

分压理由：能将电压从0调到最大，更适用于测较大的电阻

用电压表外接法，此次实验希望能够看到较明显的修正效果(非追求误差较小)



实验仪器

直流稳压电源：DF1709SB

台式万用表：GDM-8342

手持万用表：UT61B

滑动变阻器：BX7-11

万用表测量数据

金属膜电阻 $R_{x1} = 109.1\Omega$

低值电阻 $R_{x2} = 0.9\Omega$

伏安法测量数据

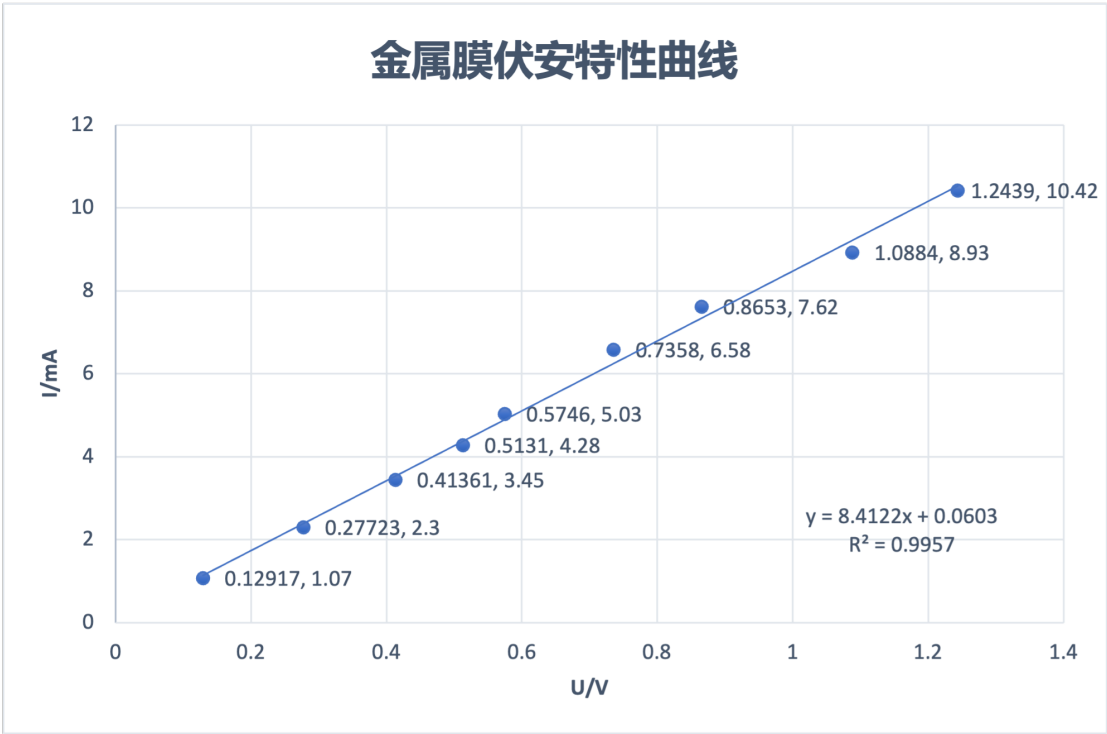
直流电源输出电压3.00V

金属膜电阻

原始数据表

U/V	0.12917	0.27723	0.41361	0.5131	0.5746	0.7358	0.8653	1.0884	1.2439
I/mA	1.07	2.3	3.45	4.28	5.03	6.58	7.62	8.93	10.42

数据处理



使用最小二乘法线性拟合，得： $y = 8.4122x + 0.0603$ $R^2 = 0.9957$

b 很小， R^2 很大，说明符合线性电阻特征，且拟合效果较好。

则下式中 U_2 和 U_1 分别取测量最大值和最小值。 I_2 和 I_1 同理。

根据仪表显示情况判断测量误差，再由此计算金属膜电阻的测量误差：

$$\Delta U = \pm(0.0002 \times 1.2439 + 0.0001) \text{ V},$$
$$\Delta I = \pm(0.012 \times 10.42 + 3 \times 0.01) \text{ mA}$$

相对误差：

$$\rho_x = \sqrt{\rho_u^2 + \rho_i^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U_2 - U_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I_2 - I_1}\right)^2} = 0.018$$

绝对误差: $\Delta R = \overline{R_x} \times \rho_x = 2.1$

最终测量结果为: $R_x = (116 \pm 2)\Omega$

```
import math

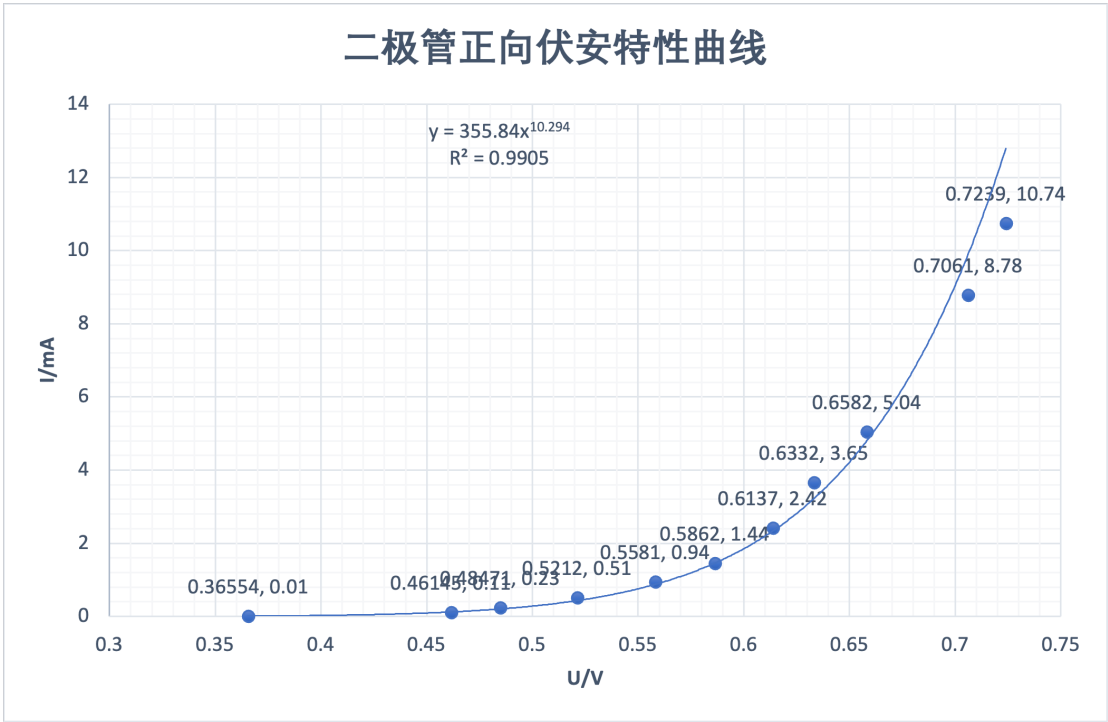
u2 = 1.2349
u1 = 0.12917
i2 = 10.42
i1 = 1.7
r_a = 2
i2 = i2 * 1e-3
i1 = i1 * 1e-3
# according regression argument in excel
regression_k = 8.4122
regression_k = regression_k * 1e-3
r_x = 1 / regression_k - r_a
delta_u = 2e-4 * u2 + 1e-4
# delta_i is mA! so i2 * 1000
delta_i = 0.012 * i2 * 1000 + 3 * 0.01
# convert mA to A
delta_i = delta_i * 1e-3
delta_r = math.sqrt((delta_u / (u2 - u1)) ** 2 + (delta_i / (i2 - i1)) ** 2)
print("delta_r = {}".format(delta_r))
abs_delta_r = delta_r * r_x
print("r_x = {}±{}".format(r_x, abs_delta_r))

#output:
#delta_r = 0.017782585492447493
#r_x = 116.87496730938399±2.0783390981061265
```

晶体二极管

晶体二极管正向伏安特性原始数据表

U/V	0.36554	0.46145	0.48471	0.5212	0.5581	0.5862	0.6137	0.6332	0.6582	0.7061	0.7239
I/mA	0.01	0.11	0.23	0.51	0.94	1.44	2.42	3.65	5.04	8.78	10.74



虽然理论上应当是指数增长的，但由于为避免损坏二极管未测量更大的电流，因此在实验数据下使用乘幂拟合效果较好。

在 2.00 mA 下的阻值 = $\frac{U_a}{I_a} = \frac{0.6045}{0.0020} = 302\Omega$

在 8.00 mA 下的阻值 = $\frac{U_b}{I_b} = \frac{0.6916}{0.0080} = 86\Omega$

```
import math

# i=355.84u^10.294
# i=2
u1 = 2 / 355.84
u1 = math.pow(u1, 1 / 10.294)
print("x1 = {}".format(u1))
# i=8
u2 = 8 / 355.84
u2 = math.pow(u2, 1 / 10.294)
```

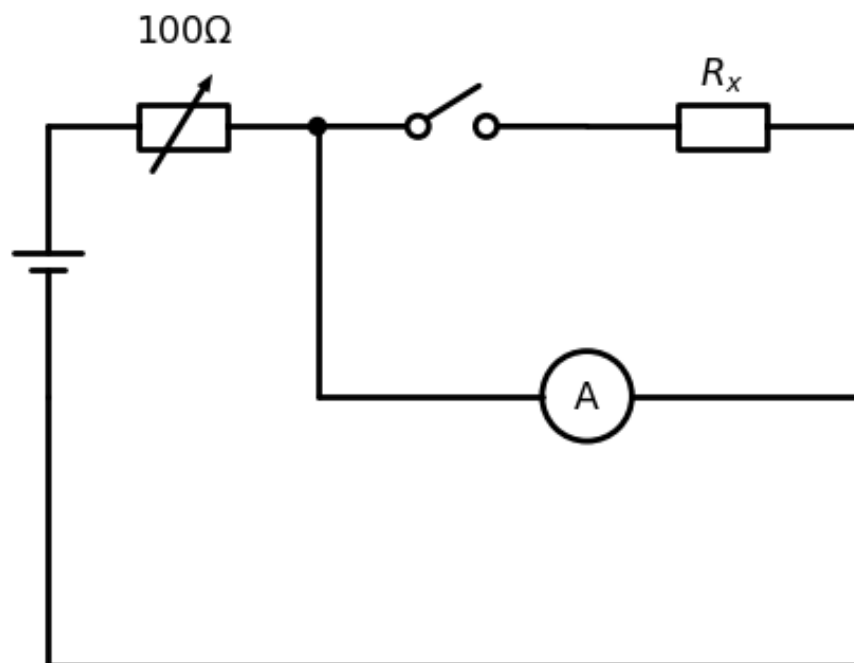
```
print("x2 = {}".format(u2))
r1 = u1 / 0.002
r2 = u2 / 0.008
print("r1 = {}".format(r1))
print("r2 = {}".format(r2))
```

思考题

欲测导线电阻（约 0.05Ω ），给定直流电流表($15mA$, 2.4Ω)，甲电池，滑线电阻(100Ω , $1.5A$)，画出电路图并说明测量方法。

```
import schemdraw
import schemdraw.elements as elm

# use IEC style
elm.style(elm.STYLE_IEC)
d = schemdraw.Drawing()
Battery = d.add(elm.BatteryCell().reverse().up())
d += elm.ResistorVarIEC().right().label('100Ω')
d += elm.Dot()
d.push()
d += elm.Switch()
R_X = d.add(elm.Resistor().right().label('$R_x$'))
d += elm.Line().down()
d.pop()
d += elm.Line().down()
d.add(elm.MeterA().right().tox(R_X.end))
d.add(elm.Line().down())
d.add(elm.Line().left().tox(Battery.start))
d.add(elm.Line().up())
d.draw()
```



分析：三个元件的阻值数量级差别都很大，在现有条件下无论选择怎样的方法都会造成较大的误差。

按照图中的方法，可以先断开开关，根据 $(100 + R_G)I_{G1} = U$ 先求得电路总电压，然后合上开关，利用 $\frac{U - I_{G2}R_G}{100} - I_{G2} = \frac{I_{G2}R_G}{R_x}$ 求得 R_x 。