

测绘线性电阻和非线性电阻的伏安特性曲线

【实验简介】

电阻是电学中常用的物理量。利用欧姆定律测导体电阻的方法称为“伏安法”。为了研究材料的导电性，通常作出其伏安特性曲线，了解它的电压和电阻的关系。伏安特性曲线是直线的元件称为“线性元件”，伏安特性曲线不是直线的元件称为“非线性元件”。这两种元件的电阻都可以用伏安法测量。但是，由于测量时电表被引入测量电路，电表内阻必然会影响测量结果，因而应考虑对测量结果进行必要的修正，以减小系统误差。

【实验目的】

- 1、了解电学实验常用仪器的规格、性能，学习它们的使用方法。
- 2、学习电学实验的基本操作规程和连接电路的一般方法。
- 3、掌握电阻元件伏安特性的测量方法，用伏安法测电阻。
- 4、了解系统误差的修正方法，学会作图法处理实验数据。

【实验仪器和用具】

名称	数量	型号
1、直流恒压源恒流源	1 台	自备
2、数字万用表	2 台	自备
3、电阻	2 只	510Ω×1 2200Ω×1
4、白炽灯泡	1 只	12V/3W
5、稳压二极管	1 只	2CW56
6、短接桥和连接导线	若干	SJ-009 和 SJ-301
9、九孔插件方板	1 块	SJ-010

【实验原理】

1、伏安特性曲线

实验中常用的线绕电阻、碳膜电阻和金属膜电阻等，它们都具有以下共同特性，即加在该电阻上的电压与通过其上的电流总是成正比例的变化(忽略电流热效应对阻值的影响)。若以纵坐标表示电流，横坐标表示电压，电流与电压的关系就表示为一条直线如图(a)所示。具有这种特性的电阻元件成为“线性电阻元件”。

2、非线性电阻

如果电阻元件两端的电流、电压关系为曲线，则这类电阻元件称为“非线性电阻元件”(如热敏电阻、二极管等)。这种元件的特点是电阻随加在它两端的电压改变而改变如图(b)所示。一般均用伏安特性曲线来反映非线性电阻元件的特性。

$$R = \frac{U}{I}$$

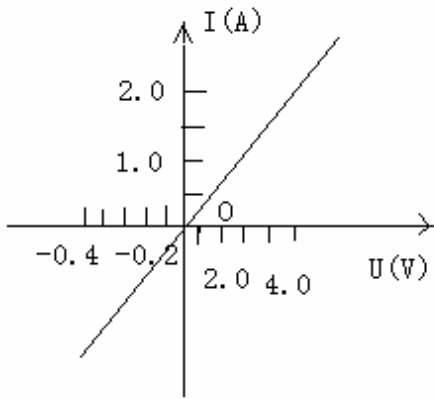


图 (a) 线性电阻的伏安特性曲线

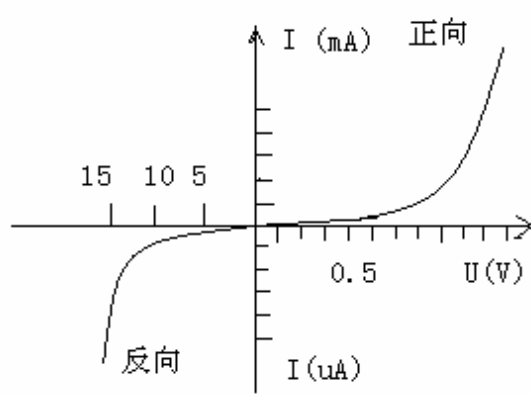


图 (b) 二极管的伏安特性曲线

3、伏安法测电阻

欧姆定律告诉我们，通过一段电路的电流，与这段电路两端的电压成正比，与这段电路的电阻成反比，即 $I = \frac{U}{R}$ 。由此可求得电阻

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-1)$$

这是伏安法测电阻所根据的基本原理。

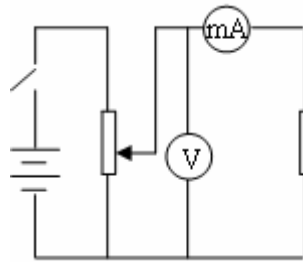


图 1 电流表内接测量电路

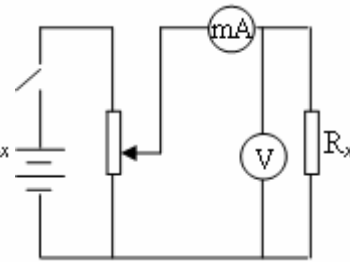


图 2 电流表外接测量电路

(1) 电流表内接法

如图 1 所示，电路属于电流表内接法。电流表测出的电流 I 就是通过待测电阻 R_x 的电流 I_x ，但电压表测出的电压 U 应等于 R_x 两端的电压 U_x 与电流表内阻 R_A 上的电压 U_A 之和。

$$R_{\text{测}} = \frac{U}{I} = \frac{U_x + U_A}{I_x} = R_x + R_A = R_x \left(1 + \frac{R_A}{R_x}\right) \quad (1-2)$$

由此式可知，电阻的测量值 $R_{\text{测}}$ 比实际值 R_x 要大， $\frac{R_A}{R_x}$ 是由于电流表内接带来的误差，

称为接入误差。在粗略测量的情况下，一般在 $R_x \gg R_A$ （如 R_x 为几千欧）时用“内接法”。

为精确计算出 R_x 的值，应按式 $R_x = R_{\text{测}} - R_A$ 进行修正。（ R_A 由实验室给出）。

(2) 电流表外接法

图 2 中，电路属于电流表外接法。电压表测出的电压 U 就是 R_x 两端的电压 U_x ，但电流表测出电流 I 应等于 I_x 与 I_V 之和。

$$R_{\text{测}} = \frac{U}{I} = \frac{U_x}{I_x + I_V} = \frac{U_x}{I_x(1 + \frac{I_V}{I_x})} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_V}} \quad (1-3)$$

由此式可知，电阻的测量值 $R_{\text{测}}$ 比实际值 R_x 要小， $\frac{R_x}{R_V}$ 是由于电流表外接带来的接入误差。在粗略测量的情况下，一般在 $R_x \ll R_V$ （如 R_x 为几欧或几十欧）时用“外接法”。为

精确计算出 R_x 的值，应按式 $R_x = \frac{R_{\text{测}}}{1 - \frac{R_{\text{测}}}{R_V}}$ 进行修正。（ R_V 由实验室给出）。

4、半导体二极管

半导体二极管是一种常用的非线性电子元件，两个电极分别为正极、负极。二极管的主要特点是单向导电性，其伏安特性曲线如图（b）所示。其特点是：在正向电流和反向电压较小时，伏安特性呈现为单调上升曲线；在正向电流较大时，趋近为一条直线；在反向电压较大时，电流趋近极限值 $-I_S$ ， I_S 叫做反向饱和电流。

由于二极管具有单向导电性，它在电子电路中得到了广泛应用，常用于整流、检波、限幅、元件保护以及在数字电路中作为开关元件。

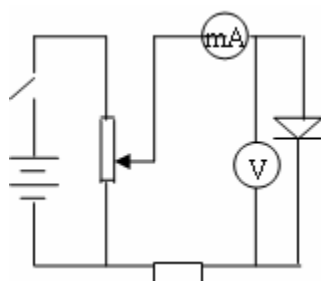


图 3 二极管电阻测量电路

【实验内容和要求】

1、用电流表内接法测电阻

按图 1 所示电路，先合理摆放好各仪器的位置，然后连接电路。适当选择电压表，电流表的量程及电源输出电压。电路经教师检查无误后方可接通。调节滑线变阻器，使待测电路的电压和电流逐渐增大，当 U 和 I 的值各自接近量程的 $2/3$ 时，开始记录数据。改变滑线变阻器 6 次测出 6 组 U 、 I 的值。

2、用电流表内接法测小灯泡电阻

按图 1 所示电路，换接小灯泡，重新选择电表量程和电源电压。调节滑线变阻器，测出 8 组 U 、 I 值。

3、测量二极管的伏安特性曲线

按图 3 所示电路，将待测电阻换为非线性电阻元件二极管，选择“外接法”测量非线性电阻元件伏安特性曲线，实验参数自己选定，自拟实验数据记录表格，实验结束，数据送交教师审阅，教师认可后，再拆除电路，归整仪器。

【数据记录与处理】

1、用“内接法”测电阻的数据记录及处理

次序	1	2	3	4	5	6
$U(V)$						
$I(A)$						
$R_{测}(\Omega)$						

2、非线性电阻元件伏安特性曲线测量数据记录，表格自拟，画出伏安特性曲线。

【思考题】

电流表内接法和电流表外接法有何不同？这两种接法都适用于什么情况？