# 浙江大学实验报告

专业：
姓名：
学号：
日期：March 13, 2026
地点：东 3-208

课程名称：电工电子学实验　指导老师：　成　绩：
实验名称：电路元件伏安特性测量　实验类型：基础实验　学　期：2025-2026 春夏

一、实验目的和要求　二、实验内容和原理
三、主要仪器设备　四、实验数据记录和处理
五、实验结果与分析　六、讨论、心得

## 一、 实验目的和要求

(1) 学会线性电阻和非线性电阻元件伏安特性的测量。

(2) 学会电压源外特性的测量。

(3) 学习函数发生器和示波器的使用。

## 二、 实验内容和原理

1.示波器校准信号测量原理

示波器校准信号通常用于帮助实验者熟悉示波器的基本操作方法，包括通道选择、触发方式、电压刻度和时间刻度的调节等。通过观察校准信号的幅值和周期，可以判断示波器显示是否正常，并为后续测量交流或动态信号提供基础。

校准信号一般为幅值和频率已知的标准方波，实验时可据此练习示波器的接线和参数设置方法。

2.电阻与二极管伏安特性测量原理

伏安特性是指元件两端电压与流过元件电流之间的关系。实验中通过改变外加电压或电流，记录对应的电流或电压数值，再根据测得数据绘制伏安特性曲线，即可分析元件的导电特性。

线性电阻满足欧姆定律，其电压与电流成正比关系，因此伏安特性曲线应接近通过原点的直线。二极管属于非线性元件，在正向偏置较小时电流增长缓慢，当端电压达到一定数值后电流迅速增大，因此其伏安特性曲线呈明显非线性。

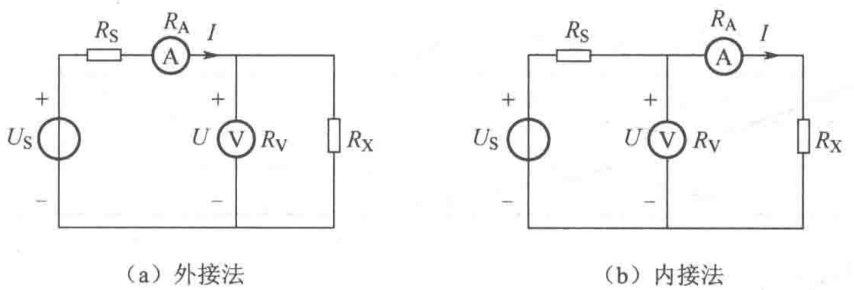



图 5.2-1　元件伏安特性测量电路

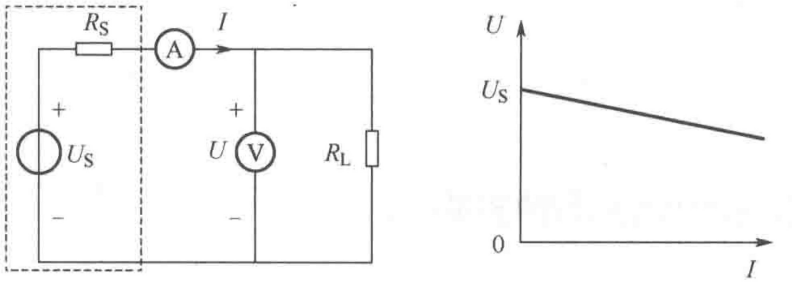
Figure 1: 元件伏安特性测量电路

3.电压源外特性测量原理

实际电压源可以等效为一个理想电压源与一个内阻串联的模型。当负载变化时，电源输出端电压会随着输出电流变化而改变，其关系式为

$$U = U_s - R_s I$$

其中，$U_s$ 为理想电压源电动势，$R_s$ 为电源内阻，$U$ 为负载端电压，$I$ 为负载电流。由此可知，随着输出电流增大，端电压将逐渐减小，因此电压源的外特性曲线通常为一条下降直线。




（a）测量电路　　（b）电压源外特性

图 5.2-2　电压源外特性测量电路

Figure 2: 电压源外特性测量电路

4.电流源外特性测量原理

实际电流源可以等效为一个理想电流源与一个内阻并联的模型。当负载变化时，输出电流与负载端电压之间满足关系

$$I = I_s - \frac{U}{R_s}$$

其中，$I_s$ 为理想电流源电流，$R_s$ 为等效内阻，$U$ 为负载端电压，$I$ 为输出电流。理想情况下电流源输出电流应保持恒定，但实际电流源由于存在内阻，其输出电流仍会随端电压变化而发生一定偏移。

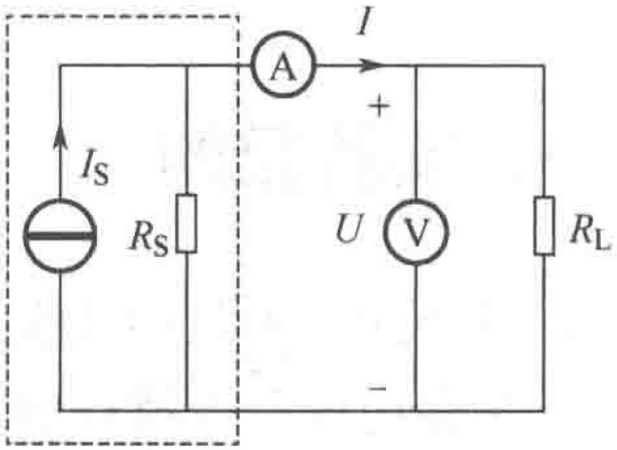



图 5.2-3　电流源外特性测量电路

Figure 3: 电流源外特性测量电路

## 三、 主要仪器设备

(1) 电工电子综合实验台

(2) 双踪数字示波器

(3) 函数信号发生器

(4) 数字式万用表

(5) 实验导线及连接线

(6) A+D Lab 理工实验套件、PC

## 四、 实验数据记录和处理

1.电阻伏安特性测量

测量得到的电阻伏安特性实验数据如表 1 所示。

Table 1: 电阻伏安特性实验数据

| 测量点 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 设定电压 $U$/V | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 20 |
| 实际电压 $U$/V | 0 | 1.002 | 2.000 | 3.997 | 6.002 | 8.01 | 10.00 | 20.00 |
| 测量电流 $I$/mA | 0 | 0.998 | 1.98 | 3.97 | 5.98 | 7.99 | 10.03 | 19.8 |

根据实验数据绘制电阻的伏安特性曲线，并进行线性拟合。理论上，线性电阻的伏安特性应为一条近似通过原点的直线。由实验数据可以初步看出，电压增大时电流也近似按比例增大，说明该电阻具有较好的线性特性。

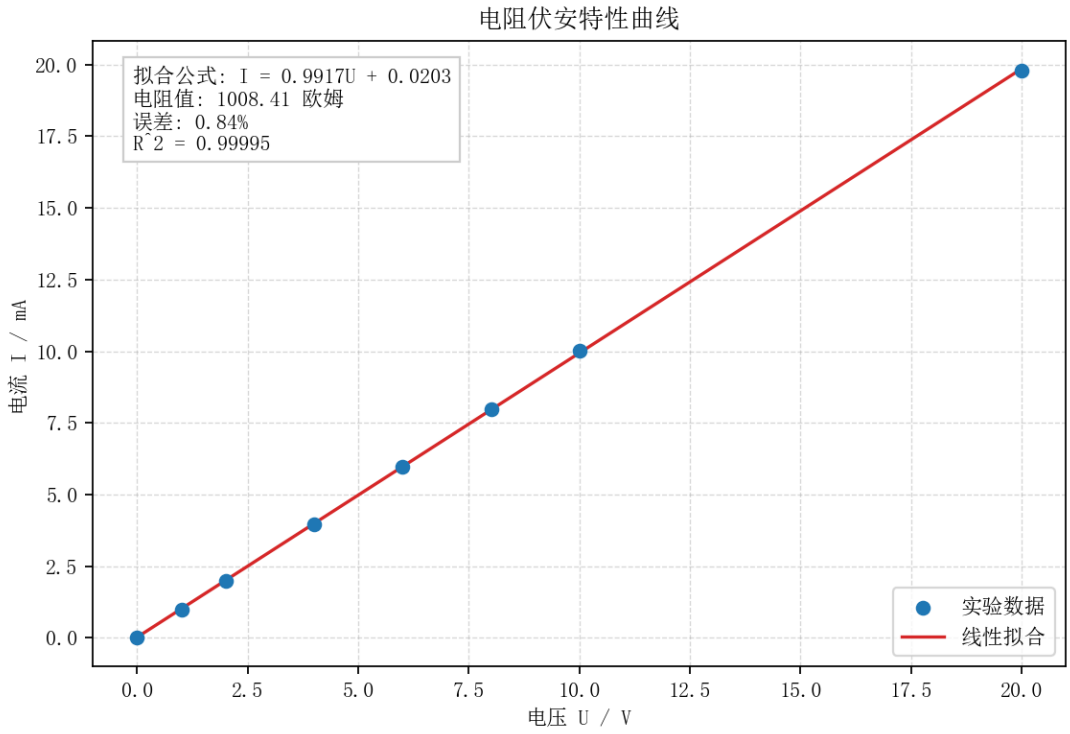



Figure 4: 电阻伏安特性曲线与线性拟合图

对实验数据进行线性拟合后，可得电阻伏安关系近似为 $I = 0.9917U + 0.0203$，其中 $I$ 的单位为 mA，$U$ 的单位为 V，拟合优度 $R^2 = 0.99995$。由斜率可计算得到电阻值约为 1008.41 Ω，相对于标称值 1 kΩ 的误差约为 0.84%，说明实验结果与理论值较为接近，测量结果较可靠。

2.二极管伏安特性测量

测量得到的二极管伏安特性实验数据如表 2 所示。

Table 2: 二极管伏安特性实验数据

| 设定电流 $I$/mA | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 实际电流 $I$/mA | 0 | 0.211 | 0.405 | 0.580 | 0.982 | 1.981 | 5.02 | 10.07 | 19.9 | 49.8 | 100.2 |
| 测量电压 $U$/V | 0.3626 | 0.441 | 0.462 | 0.474 | 0.492 | 0.520 | 0.564 | 0.602 | 0.643 | 0.704 | 0.753 |

根据测量数据绘制二极管的伏安特性曲线，并采用指数函数对实验数据进行非线性拟合。由数据可以看出，在较小电流范围内，二极管两端电压变化较缓；当电流继续增大时，二极管端电压逐渐升高，但增长速度明显小于电流的增长速度，体现出典型的非线性导电特征。

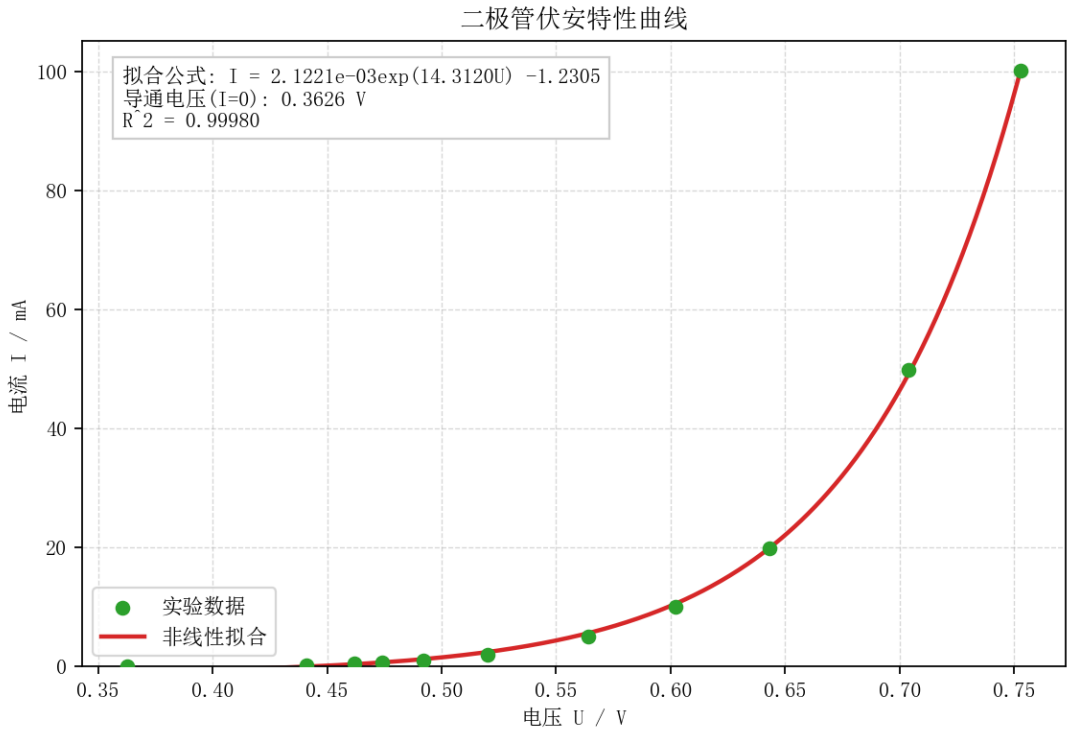



Figure 5: 二极管伏安特性曲线与非线性拟合图

从实验结果看，二极管的正向伏安特性具有明显非线性。对实验数据采用指数模型 $I = a\exp(bU) + c$ 进行非线性拟合后，拟合优度达到 $R^2 = 0.99980$，说明该模型能够较好描述二极管的正向伏安特性。按照教材定义，以 $I = 0$ 时对应的电压作为导通电压，则由实验数据点可直接读出其导通电压为 0.3626 V。此外，从实验曲线还可以看出，当二极管端电压继续升高到约 0.6 V 附近后，电流增长明显加快，这与硅二极管的常见导通特性相符。

3.电压源外特性测量

测量得到的电压源外特性实验数据如表 3 所示。

Table 3: 电压源外特性实验数据

| 负载电阻 $R_L/\Omega$ | 1000 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 | 50 | 20 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 电压 $U$/V | 9.02 | 8.23 | 7.95 | 7.44 | 6.61 | 4.939 | 3.255 | 1.622 | 0.009 |
| 电流 $I$/mA | 8.96 | 16.48 | 19.78 | 24.4 | 32.7 | 49.2 | 65.8 | 81.9 | 97.9 |

根据实验数据绘制电压源外特性曲线，并对 $U - I$ 关系进行线性拟合。由原理可知，实际电压源的端电压应随着输出电流增大而下降，因此其外特性曲线应近似为一条负斜率直线。

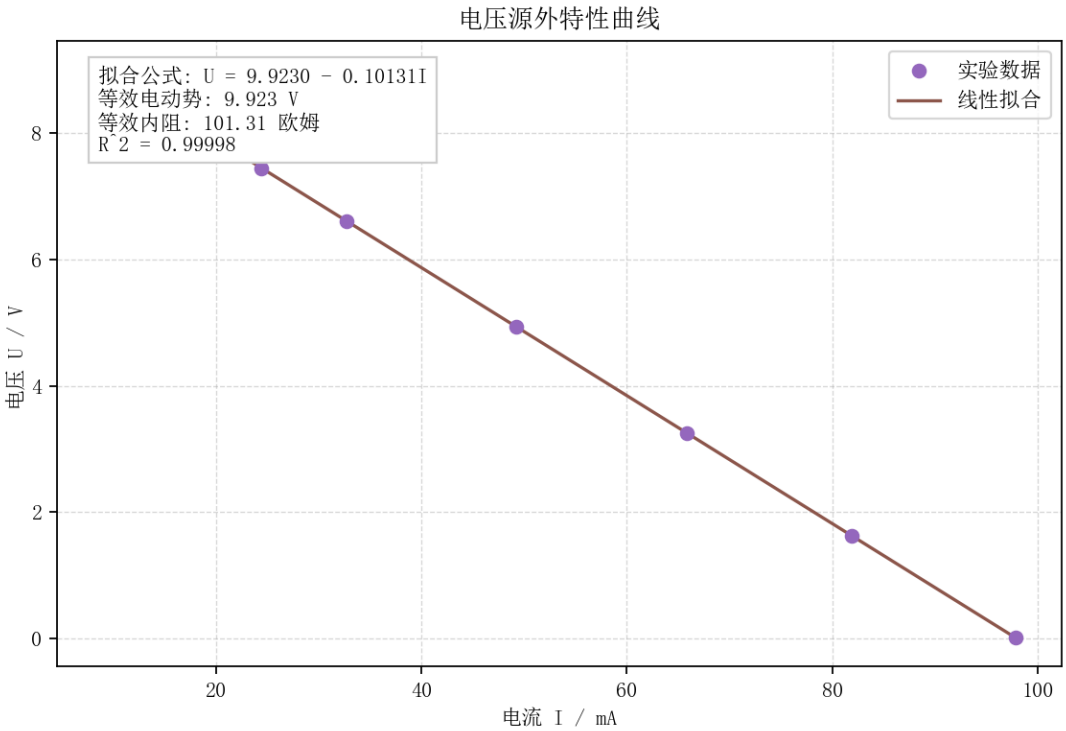



Figure 6: 电压源外特性曲线与线性拟合图

从测量数据可以直接看出，随着负载电阻减小，输出电流不断增大，而端电压逐渐减小。当负载开路趋势较明显时，端电压接近电源电动势；当负载接近短路时，端电压迅速减小到接近零。对数据进行线性拟合后，可得该电压源的等效电动势约为 9.923 V，等效内阻约为 101.31 Ω，拟合优度 $R^2 = 0.99998$。这说明该电源具有较典型的实际电压源外特性。

4.电流源外特性测量

测量得到的电流源外特性实验数据如表 4 所示。

Table 4: 电流源外特性实验数据

| 负载电阻 $R_L/\Omega$ | $\infty$（开路） | 1000 | 500 | 300 | 200 | 100 | 50 | 20 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 电压 $U$/V | 1.814 | 1.579 | 1.498 | 1.342 | 1.188 | 0.881 | 0.577 | 0.286 | 0.001 |
| 电流 $I$/mA | 0 | 1.563 | 2.94 | 4.45 | 5.91 | 8.80 | 11.77 | 14.54 | 17.25 |

根据实验数据绘制电流源外特性曲线，并对其关系进行线性分析。实际电流源虽然具有恒流特性，但其输出电流并不能在所有负载条件下完全保持不变，因此测得曲线仍会呈现一定的变化规律。

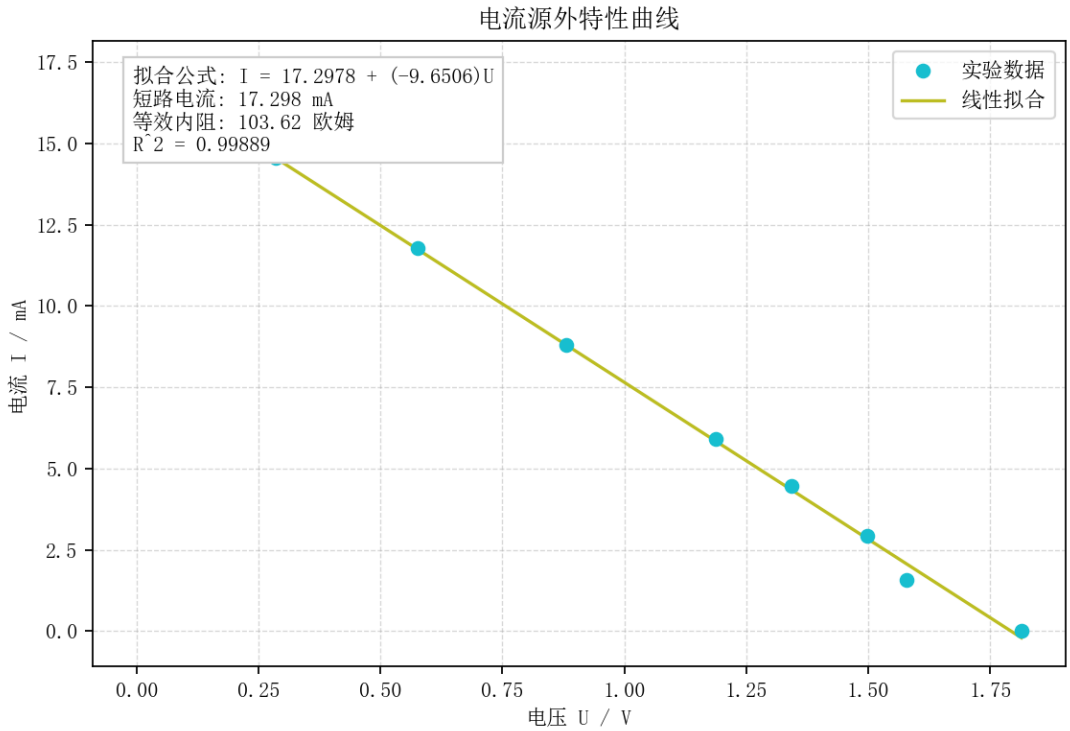



Figure 7: 电流源外特性曲线与线性拟合图

由实验数据可见，当负载电阻从开路逐渐减小时，电路中的输出电流逐步增大，而负载端电压逐步减小。当负载接近短路时，电流接近最大值；当负载开路时，端电压达到较大值而输出电流为零。这表明该电流源在一定范围内表现出恒流特性，但仍受到内部参数的影响，因而与理想电流源存在差异。对数据拟合后，可估算其等效短路电流约为 17.298 mA，等效内阻约为 103.62 Ω，拟合优度 $R^2 = 0.99889$。

## 五、 实验结果与分析

由本次实验结果可知，电阻的伏安特性曲线基本为一条直线，说明线性电阻在实验范围内较好地满足欧姆定律。根据拟合结果，电阻值约为 1008.41 Ω，与标称值 1 kΩ 的误差约为 0.84%，说明实验测量精度较高。二极管的伏安特性曲线则呈现明显非线性特征，在较低电压范围内电流较小，而当电压达到一定范围后电流迅速增大，体现出典型的 PN 结导通特性。按照教材中 $I = 0$ 时对应电压为导通电压的定义，由实验数据点可直接读出其导通电压约为 0.3626 V。

对电压源外特性的测量表明，随着输出电流增大，端电压逐渐减小，其关系近似满足线性变化规律。根据拟合结果，该电压源可近似等效为电动势为 9.923 V、内阻为 101.31 Ω 的实际电压源。对电流源外特性的测量表明，输出电流虽然具有一定恒定趋势，但仍会随端电压和负载变化而发生偏移。根据拟合结果，该电流源可近似等效为短路电流为 17.298 mA、内阻为 103.62 Ω 的实际电流源。

本次实验中的误差主要可能来自以下几个方面：一是电压表和电流表本身存在测量精度限制；二是实验接线和接触电阻会对测量结果产生一定影响；三是元件本身参数与标称值存在偏差；四是在调节负载和读取数据过程中存在人工读数误差。这些因素都会使实验曲线与理论曲线之间出现一定差别，但总体上不影响实验结论。

## 六、 讨论、心得

通过本次实验，可以更加直观地理解线性元件与非线性元件在导电特性上的差别。对于线性电阻，其电压与电流之间保持近似正比关系，伏安特性曲线简单明确；而二极管由于其单向导电特性，伏安关系明显不同于线性元件，这加深了对非线性器件工作特性的认识。

此外，通过对电压源和电流源外特性的测量，可以认识到实际电源并不是理想模型，而是会受到内部电阻影响，从而在不同负载条件下表现出不同的输出特性。实验中利用数据作图和拟合分析的方法，也使我进一步体会到实验

数据处理在电路分析中的重要作用。虽然示波器部分本次未进行实际测量，但通过原理复习，也加深了对示波器基本用途的理解。