

预习	操作记录	实验报告	总评成绩

《大学物理实验》课程实验报告

专业：实验人姓名：学号：

参加人姓名：

日期： 年 月 日 室温：相对湿度：

实验 3 电路设计基础

[实验前思考题]

1. 电表内接和外界对测量元件伏安特性的影响。
2. 简要描述二极管的伏安特性及其工作原理。
3. 简要描述全波整流相比于半波整流的优势。

实验部分一 电路元件伏安特性的测绘及电源外特性的测量

一、实验目的

- 1、学习测量线性和非线性电阻元件伏安特性的方法，并绘制其特性曲线
- 2、学习测量电源外特性的方法
- 3、掌握运用伏安法判定电阻元件类型的方法
- 4、学习使用直流电压表、电流表，掌握电压、电流的测量方法

二、仪器用具

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	11 只	$1\Omega\times 1$ $5.1\Omega\times 1$ $10\Omega\times 1$ $20\Omega\times 1$ $47\Omega\times 2$ $100\Omega\times 2$ $200\Omega\times 1$ $1k\Omega\times 1$ $3k\Omega\times 1$
4、白炽灯泡	1 只	12V/3W
5、灯座	1 只	M=9.3mm
6、稳压二极管	1 只	2CW56
7、电位器	1 只	470 Ω /2W
8、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

三、原理概述

1、电阻元件

(1) 伏安特性

二端电阻元件的伏安特性是指元件的端电压与通过该元件电流之间的函数关系。通过一定的测量电路，用电压表、电流表可测定电阻元件的伏安特性，由测得的伏安特性可了解该元件的性质。通过测量得到元件伏安特性的方法称为伏安测量法(简称伏安法)。把电阻元件上的电压取为纵(或横)坐标，电流取为横(或纵)坐标，根据测量所得数据，画出电压和电流的关系曲线，称为该电阻元件的伏安特性曲线。

(2) 线性电阻元件

线性电阻元件的伏安特性满足欧姆定律。在关联参考方向下，可表示为： $U=IR$ ，其中 R 为常量，称为电阻的阻值，它不随其电压或电流改变而改变，其伏安特性曲线是一条过坐标原点的直线，具有双向性。如图 1-1(a)所示。

(3) 非线性电阻元件

非线性电阻元件不遵循欧姆定律，它的阻值 R 随着其电压或电流的改变而改变，就是说它不是一个常量，其伏安特性是一条过坐标原点的曲线，如图 1-1(b)所示。

(4) 测量方法

在被测电阻元件上施加不同极性和幅值的电压，测量出流过该元件中的电流；或在被测电阻元件中通入不同方向和幅值的电流，测量该元件两端的电压，便得到被测电阻元件的伏安特性。

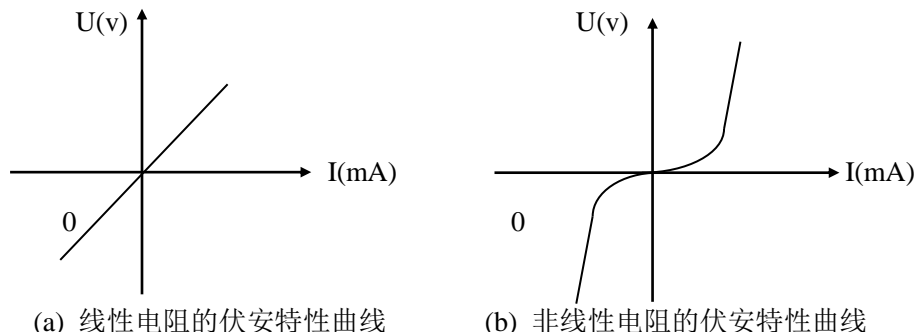


图 1-1 伏安特性曲线

2、直流电压源

(1) 直流电压源

理想的直流电压源输出固定幅值的电压，而它的输出电流大小取决于它所连接的外电路。因此它的外特性曲线是平行于电流轴的直线，如图 1-2(a)中实线所示。实际电压源的外特性曲线如图 1-2(a)虚线所示，在线性工作区它可以用一个理想电压源 U_s 和内电阻 R_s 相串联的电路模型来表示，如图 1-2(b)所示。图 1-2(a)中角 θ 越大，说明实际电压源内阻 R_s 值越大。实际电压源的电压 U 和电流 I 的关系式为：

$$U = U_s - R_s \cdot I \quad (1-1)$$

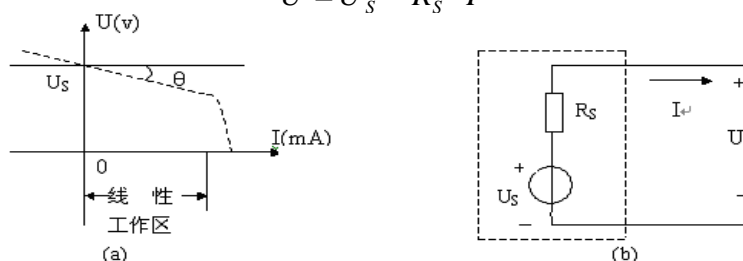


图 1-2 电压源特性

(2)测量方法

将电压源与一可调负载电阻串联，改变负载电阻 R_L 的阻值，测量出相应的电压源电流和端电压，便可以得到被测电压源的外特性。

3、直流电流源

(1) 直流电流源

理想的直流电流源输出固定幅值的电流，而其端电压的大小取决于外电路，因此它的外特性曲线是平行于电压轴的直线，如图 1-3(a)中实践所示。实际电流源的外特性曲线如图 1-3(a)中虚线所示。在线性工作区它可以用一个理想电流源 I_s 和内电导 G_s ($G_s=1/R_s$)相并联的电路模型来表示，如图 1-3(b)所示。图 1-3(a)中的角 θ 越大，说明实际电流源内电导 G_s 值越大。实际电流源的电流 I 和电压 U 的关系式为：

$$I = I_s - U \cdot G_s \quad (1-2)$$

(2) 测量方法

电流源外特性的测量与电压源的测量方法一样。

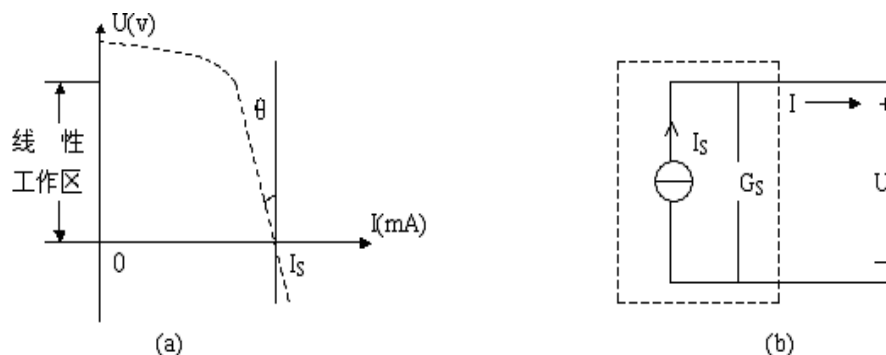


图 1-3 电流源特性

四、实验步骤

1、测量非线性电阻元件的伏安特性(钨丝灯电阻伏安特性测量)

(1) 实验目的

通过本实验了解钨丝灯电阻随施加电压增加而增加的特性，并了解钨丝灯的使用情况。

(2) 钨丝灯特性描述

实验仪用灯泡中钨丝和家用白炽灯泡中钨丝同属一种材料，但丝的粗细和长短不同，就做成了不同规格的灯泡。

本实验的钨丝灯泡规格为 12V 0.1A。金属钨的电阻温度系数为 $4.8 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ ，为正温度系数，当灯泡两端施加电压后，钨丝上就有电流流过，产生功耗，灯丝温度上升，致使灯泡电阻增加。灯泡不加电时电阻称为冷态电阻。施加额定电压时测得的电阻称为热态电阻。由于钨丝点亮时温度很高，超过额定电压时，会烧断，所以使用时不能超过额定电压。由于正温度系数的关系，冷态电阻小于热态电阻。在一定的电流范围内，电压和电流的关系为：

$$U = KI^n \quad (1-3)$$

式中 U — 灯泡二端电压，V

I — 灯泡流过的电流，A

K — 与灯泡有关的常数

N — 与灯泡有关的常数

为了求得常数 K 和 n ，可以通过二次测量所得 U_1 、 I_1 和 U_2 、 I_2 ，得到：

$$U_1 = KI_1^n \quad (1-4)$$

$$U_2 = KI_2^n \quad (1-5)$$

将 式(1-4)除以式(1-5)式可得

$$n = \frac{\lg \frac{U_1}{U_2}}{\lg \frac{I_1}{I_2}} \quad (1-6)$$

将式(1-6)式代入式(1-4)式可以得到:

$$K = U_1 I_1^{-n} \quad (1-7)$$

(3) 实验设计

注意：一定要控制好钨丝灯泡的两端电压！因为超过额定电压使用会烧坏钨丝！

灯泡电阻在端电压 12V 范围内，大约为几欧到一百多欧姆，电压表在 20V 档内阻为 $1M\Omega$ ，远大于灯泡电阻，而电流表在 200mA 档时内阻为 10Ω 或 1Ω (因万用表不同而不同)，和灯泡电阻相比，小的不多，宜采用电流表外接法测量，电路图见图 1-5。注意：接线前应确认电压源的输出已经调到最小！按表 1-2 规定的过程，逐步增加电源电压，**注意不要超过 12V！** 记下相应的电流表数据。

(4) 实验记录

表 1-2 钨丝灯泡 伏安特性测试数据

灯泡电压 V(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
灯泡电流 A(mA)													
灯泡电阻计算值(Ω)													

由实验数据在坐标纸上画出钨丝灯泡的伏安特性曲线，并将电阻直算值也标注在坐标图上。

五、注意事项

- 1、电流表应串接在被测电流支路中，电压表应并接在被测电压两端，要注意直流仪表“+”、“-”端钮的接线，并选取适当的量限。
- 2、使用测量仪表前，应注意对量程和功能的选择。
- 3、直流稳压电源的输出端不能短路。
- 4、实验中用到的 R_L 可以用 $470\Omega/2W$ 的电位器代替，通过调节电位器接入不同的 R_L (用万用表测出)，并记下各测量数据。
- 5、实验元件的功率都已标出，使用时不要超过其功率范围以免损坏元件。

六、分析和讨论

- 1、比较 47Ω 电阻与白炽灯的伏安特性曲线，得出什么结论？
- 2、试从钨丝灯泡的伏安特性曲线解释为什么在开灯的时候容易烧坏？

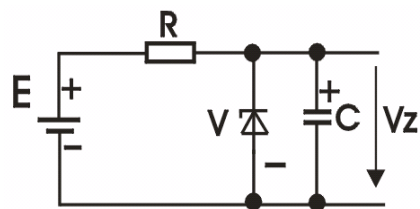
实验部分二 稳压二极管反向伏安特性实验

一、实验目的

通过稳压二极管反向伏安特性非线性的强烈反差,进一步熟悉掌握电子元件伏安特性的测试技巧;通过本实验,掌握二端式稳压二极管的使用方法。

二、稳压二极管伏安特性描述

2CW56 属硅半导体稳压二极管,其正向伏安特性类似于 1N4007 型二极管,其反向特性变化甚大。当 2CW56 二端电压反向偏置,其电阻值很大,反向电流极小,据手册资料称其值 $\leq 0.5\mu\text{A}$ 。随着反向偏置电压的进一步增加,大约到 7—8.8V 时,出现了反向击穿(有意掺杂而成),产生雪崩效应,其电流迅速增加,电压稍许变化,将引起电流巨大变化。只要在线路中,对“雪崩”产生的电流进行有效的限流措施,其电流有小许一些变化,二极管二端电压仍然是稳定的(变化很小)。这就是稳压二极管的使用基础,其应用电路见图 1-14。



图中, E—供电电源,如果二极管稳压值为 7~8.8V,则要求 E 为 10V 左右; R—限流电阻, 2CW56, 工作电流选择 8mA, 考虑负载电流 2 mA, 通过 R 的电流为 10 mA, 计算 R 值:

$$R = \frac{E - U_z}{I} = \frac{10 - 8}{0.01} = 200\Omega$$

图 1-14 稳压二极管应用电路

C—电解电容,对稳压二极管产生的噪声进行平滑滤波。

U_z —稳压输出电压。

三、实验设计

1、2CW56 反向偏置 0~7V 左右时阻抗很大,拟采用电流表内接测试电路为宜;反向偏置电压进入击穿段,稳压二极管内阻较小(估计为 $R = 8/0.008 = 1\text{K}\Omega$),这时拟采用电流表外接测试电路。结合图 1-14,测试电路图见图 1-15。

2、实验过程

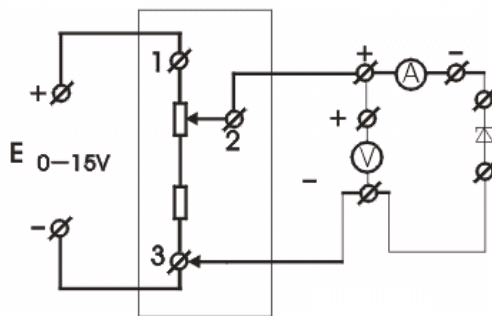


图 1-15 稳压二极管反向伏安特性测试电路

电源电压调至零,按图 1-15 接线,开始按电流表内接法,将电压表+端接于电流表+端;变阻器旋到 1000Ω 后,慢慢地增加电源电压,记下电压表对应数据。

当观察到电流开始增加,并有迅速加快表现时,说明 2CW56 已开始进入反向击穿过程,这时将电流表改为外接式,按表 1-9 继续慢慢地将电源电压增加至 10V。为了继续增加 2CW56 工作电流,可以逐步地减少变阻器电阻,为了得到整数电流值,可以辅助微调电源电压。

四、实验记录

表 1-9 2CW56 硅稳压二极管反向伏安特性测试数据表

电流表接法	数 据								
内接式	U(V)								
	I(μ A)								
外接式	I(mA)								
	U(V)								

将上述数据在坐标纸上画出 2CW56 伏安曲线，参考图见 1-16。有条件时，在老师指导下，利用计算机作图。

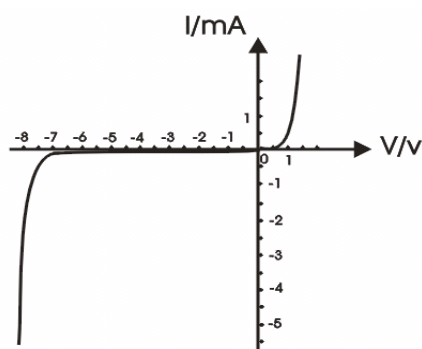


图 1-16 2CW56 伏安曲线参考图

五、思考题

- 1、二极管反向电阻和正向电阻差异如此大，其物理原理是什么？
- 2、在测试稳压二极管反向伏安特性时，为什么会分二段分别采用电流表内接电路和外接电路？

附录 1

电表内接和外接对测量元件伏安特性的影响

当电流表内阻为 0，电压表内阻无穷大时，下述两种测试电路都不会带来附加测量误差。

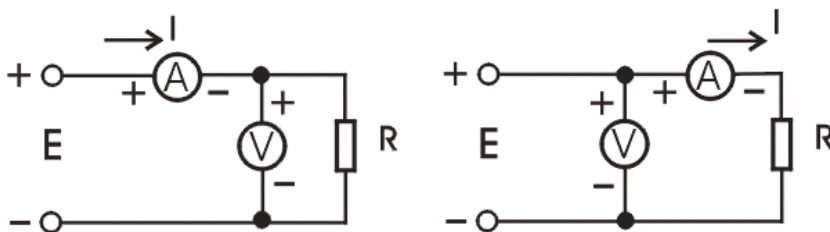


图 1-17

电流表外接测量电路

图 1-18 电流表内接测量电路

被测电阻 $R = \frac{U}{I}$ 。

实际的电流表具有一定的内阻，记为 R_I ；电压表也具有具有一定的内阻，记为 R_U 因为 R_I 和 R_U 的存在，如果简单地用 $R = \frac{U}{I}$ 公式计算电阻器电阻值，必然带来附加测量误差。

为了减少这种附加误差，测量电路可以粗略地按下述办法选择：

- A、当 $R_U \gg R$ ， R_I 和 R 相差不大时，宜选用电流表外接电路，此时 R 为估计值；
- B、当 $R \gg R_I$ ， R_U 和 R 相差不大时，宜选用电流表内接电路，
- C、当 $R \gg R_I$ ， $R_U \gg R$ 时，必须先用电流表内接和外接电路作测试而定。

方法如下：先按电流表外接电路接好测试电路，调节直流稳压电源电压，使两表指针都指向较大的位置，保持电源电压不变，记下两表值为 U_1 ， I_1 ；将电路改成电流表内接式测量电路，记下两表值为 U_2 ， I_2 。

将 U_1 ， U_2 和 I_1 ， I_2 比较，如果电压值变化不大，而 I_2 较 I_1 有显著的减少，说明 R 是高值电阻。此时选择电流表内接式测试电路为好；反之电流值变化不大，而 U_2 较 U_1 有显著的减少，说明 R 为低值电阻，此时选择电流表外接测试电路为好。

当电压值和电流值均变化不大，此时两种测试电路均可选择(思考：什么情况下会出现如此情况？)

在实际应用中，为了更加简便判断，也可以这样判断：

比较 $\lg(R/R_I)$ 和 $\lg(R_U/R)$ 的大小，比较时 R 取粗测值或已知的约值。如果前者大则选电流表内接法，后者大则选择电流表外接法

如果要得到测量准确值，就必须按下 1-8， 1-9 两式，予以修正。

$$\text{即电流表内接测量时， } R = \frac{U}{I} - R_I \quad (1-8)$$

$$\text{电流表外接测量时， } \frac{1}{R} = \frac{I}{U} - \frac{1}{R_U} \quad (1-9)$$

上两式中： R —被测电阻阻值， Ω ；

U —电压表读数值, V ;

I —电流表读数值, A ;

R_I —电流表内阻值, Ω ;

R_U —电压表内阻值, Ω 。

实验部分三 整流、滤波和稳压电路

一、实验目的

- 1、掌握整流、滤波电路工作原理及各元件在电路中的作用

二、实验设备

名称	数量	型号
1、交流电源盒	1 台	DH-AV1(6V、12V、18V)
2、低频功率信号源	1 台	自备
3、通用示波器	1 台	自备
4、数字万用表	1 只	自备
5、稳压块	2 只	LM317×1 LM7812×1
6、二极管	2 只	IN4007×4
7、电容	6 只	0.1μF×1 1μF×1 10μF×2 100μF×2
8、电阻	2 只	100Ω/2W×1 510Ω/1W×1
9、电位器	1 只	1kΩ×1
10、短接桥和连接导线	若干	SJ-009、SJ-301、SJ-302
11、九孔插件方板	1 块	SJ-010

三、电路原理简述

1、整流滤波电路

常见的整流电路有半波整流、全波整流和桥式整流电路等。这里介绍半波整流电路和桥式整流电路。

(1) 半波整流电路

如图 3-1 所示为半波整流电路，交流电压 U 经二极管 D 后，由于二极管的单向导电性，只有信号的正半周 D 能够导通，在 R 上形成压降；负半周 D 截止。电容 C 并联于 R 两端，起滤波作用。在 D 导通期间，电容充电； D 截止期间，电容 C 放电。用示波器可以观察 C 接入和不接入电路时的差别，以及不同 C 值和 R 值时的波形差别，不同电源频率时的差别。

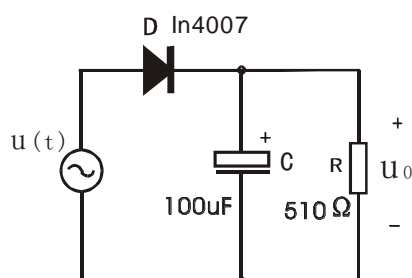


图 3-1 半波整流电路

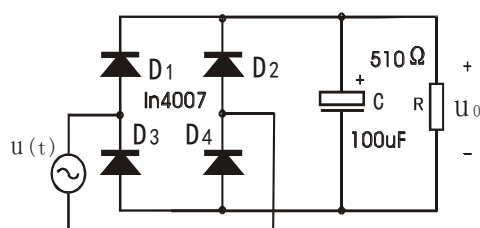


图 3-2 桥式整流电路

(2) 桥式整流电路

如图 3-2 所示电路为桥整流电路。在交流信号的正半周，D2、D3 导通，D1、D4 截止；负半周 D1、D4 导通，D2、D3 截止，所以在电阻 R 上的压降始终为上“+”下“-”，与半波整流相比，信号的另半周也有效的利用了起来，减小了输出的脉动电压。电容 C 同样起到滤波的作用。用示波器比较桥式整流与半波整流的波形区别。

四、实验内容与步骤

1、整流滤波电路

(1) 半波整流电路,按图 3-1 接线。

A、 $u(t)$ 用低频功率信号源提供，预先把信号源的频率调节到 50Hz，幅度 3V 左右。

B、进行下列测试：

将整流二极管 D 短路，滤波电容 C 断路(拔掉)，用示波器观察负载电阻 R_L 两端的电压波形(R_L 取 510Ω)，并用万用表直流档测其电压数值。

去掉二极管 D 的短路，电容 C 仍断路，用示波器观测负载电阻 R_L 两端的电压波形，并用万用表直流档测其电压数值。

在上述实验基础上插上电容 C($100\mu F$)，观察电压输出波形，并测出其数值。

固定电容 C($100\mu F$)，改换 R_L 为 100Ω ，观测其电压波形及数值。

固定 R_L (510Ω)，改变电容 C 的数值(C 取 $10\mu F$)，观测输出电压的波形及数值。

C、试着改变信号的 $u(t)$ 的频率，重复实验 B。

(2)全波整流电路,按图 3-2 接线。

重复半波整流电路的实验 A、B、C。

五、分析与讨论

1、列表整理所测的实验数据，绘出所观测到的各部分波形。

2、简要叙述实验中所发生的故障及排除方法。