

实验一 线性电阻器伏安特性测量及测试电路设计

1、实验目的

按被测电阻大小、电压表和电流表内阻大小，掌握线性电阻元件伏安特性测量的基本方法。

2、伏安特性

在电阻器两端施加一直流电压，在电阻器内就有电流通过。根据欧姆定律，电阻器电阻值为： $R = \frac{U}{I}$ 1-1

上式中 R —电阻器在两端电压为 U ，通过的电流为 I 时的电阻值，单位 Ω ；

U —电阻器两端电压，单位 V ；

I —电阻器内通过的电流，单位 A 。

欧姆定律公式 1-1 表述成下式：

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

以 U 为自变量， I 为函数，作出电压电流关系曲线，称为该元件的伏安特性曲线。

对于线绕电阻、金属膜电阻等电阻器，其电阻值比较稳定不变，其伏安特性曲线是一条通过原点的直线，即电阻器内通过的电流与两端施加的电压成正比，这种电阻器也称为线性电阻器。

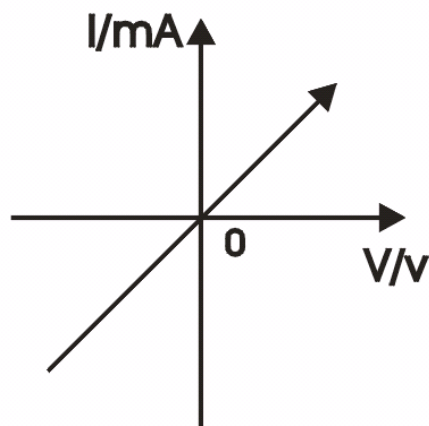


图 1-1 线性元件伏安特性

3、线性电阻的伏安特性测量电路的设计

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。

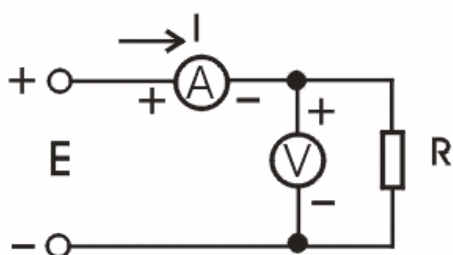


图 1-2 电流表外接测量电路

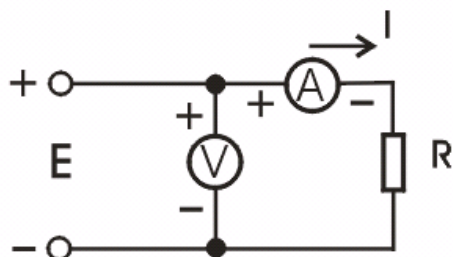


图 1-3 电流表内接测量电路

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？）

如果要得到测量准确值，就必须按下 1—2，1—3 两式，予以修正。

$$\text{即电流表内接测量时， } R = \frac{U}{I} - R_I \quad 1-2$$

$$\text{电流表外接测量时， } \frac{1}{R} = \frac{I}{U} - \frac{1}{R_U} \quad 1-3$$

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 。

4、实验设计及实验

1) 被测电阻器：选择 $1K \Omega$ 电阻器，误差 $\leq \pm 0.5\%$

2) 线路设计：见图 1—4

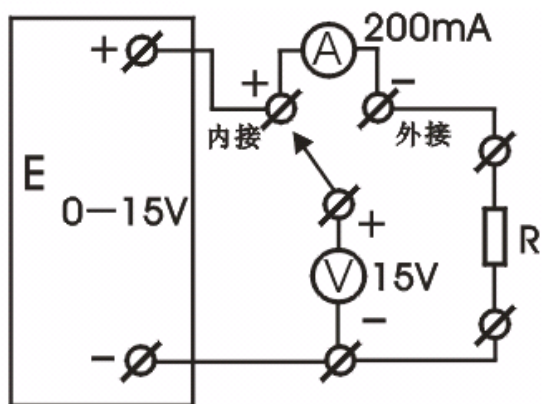


图 1-4 实验电路接线图

3) 实验内容

- 电流表外接测试
- 电流表内接测试
- 测试电路优选方法验证
- 按 1-2 式, 1-3 式修正计算结果

4) 实验记录见表 1-1

表 1-1 $1K\Omega$ 电阻器伏安曲线测试数据表

电流表内接测试				电流表外接测试			
U (V)	I (A)	R 直算 值 (Ω)	R 修正 值 (Ω)	U (V)	I (A)	R 直算 值 (Ω)	R 修正 值 (Ω)

5、就下述提示写出实验总结

- 电阻器伏安特性概述
- 电流表内接外接两种测试方法, 根据 $R=1K\Omega$, $R_U=1M\Omega$, $R_I=10\Omega$ 和测试误差, 讨论两种测试方式优劣。

实验二 二极管伏安特性曲线的研究

1、实验目的

通过对二极管伏安特性的测试，掌握锗二极管和硅二极管的非线性特点，从而为以后正确设计使用这些器件打下技术基础

2、伏安特性描述

对二极管施加正向偏置电压时，则二极管中就有正向电流通过（多数载流子导电），随着正向偏置电压的增加，开始时，电流随电压变化很缓慢，而当正向偏置电压增至接近二极管导通电压时（锗管为 0.2V 左右，硅管为 0.7V 左右），电流急剧增加，二极管导通后，电压的少许变化，电流的变化都很大。

对上述二种器件施加反向偏置电压时，二极管处于截止状态，其反向电压增加至该二极管的击穿电压时，电流猛增，二极管被击穿，在二极管使用中应竭力避免出现击穿现象，这很容易造成二极管的永久性损坏。所以在做二极管反向特性时，应串入限流电阻，以防因反向电流过大而损坏二极管。

二极管伏安特性示意图 2-1，2-2

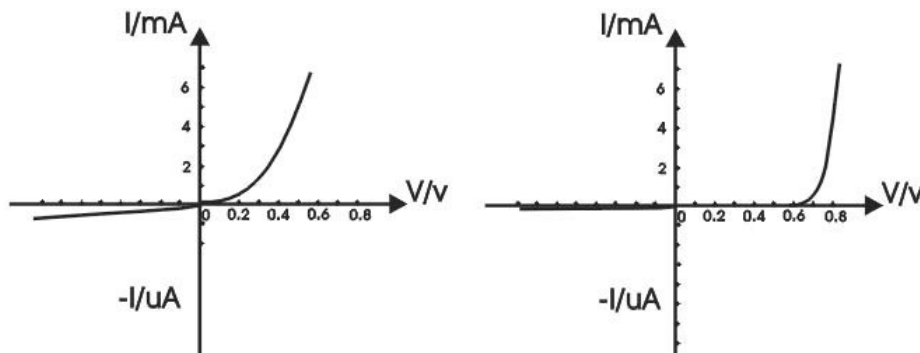


图 2-1 锗二极管伏安特性示意图

图 2-2 硅二极管伏安特性示意图

3、实验设计

1) 反向特性测试电路

二极管的反向电阻值很大，采用电流表内接测试电路可以减少测量误差。测试电路如下图，变阻器设置 $700\ \Omega$

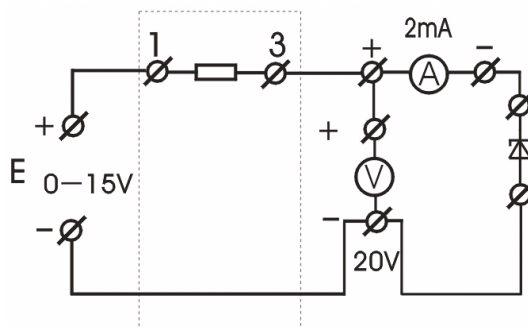


图 2-3 二极管反向特性测试电路

2) 正向特性测试电路

二极管在正向导通时，呈现的电阻值较小，拟采用电流表外接测试电路。电源电压在 0~10V 内调节，变阻器开始设置 700Ω，调节电源电压，以得到所需电流值。

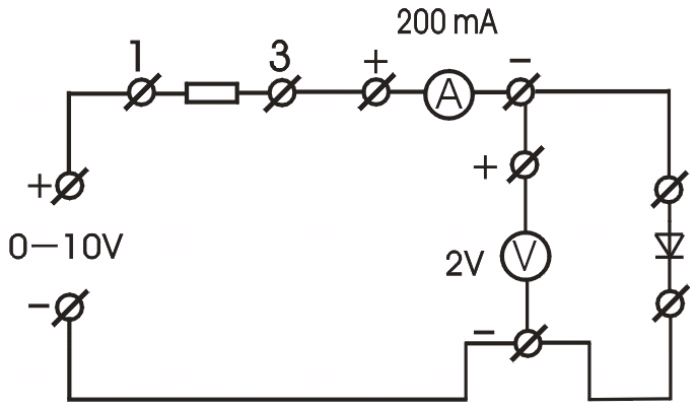


图 2-4 二极管正向特性测试电路

4、数据记录格式见表 2-1，2-2

表 2-1 反向伏安曲线测试数据表

U (V)								
I (uA)								
电阻计算值 (KΩ)								

表 2-2 正向伏安曲线测试数据表

正向伏安曲线测试数据 I (mA)								
U (V)								
电阻直算值 (KΩ)								
电阻修正值 (Ω)								

注：1)、电阻修正值按电流表外接修正公式 1-3 式计算所得。

2)、实验时二极管正向电流不得超过 20mA。

5、就下述提示可实验讨论

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)、在制定表 2-2 时，考虑到二极管正向特性严重非线性，电阻值变化范围很大，在表 2-2 中加一项“电阻修正值”栏，与电阻直算值比较，讨论其误差产生过程。

实验三 稳压二极管反向伏安特性实验

1、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。

2、稳压二极管伏安特性描述

2EZ7.5D5 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 2EZ7.5D5 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 3—1。

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，2EZ7.5D5，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：

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

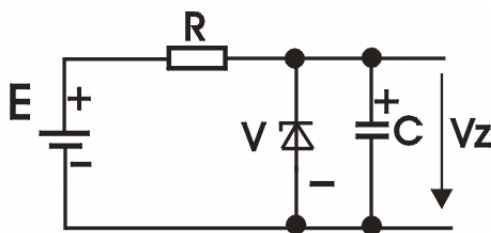


图 3—1 稳压二极管应用电路

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。

3、实验设计

1)、2EZ7.5D5 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 $R = \frac{8}{0.008} = 1\text{K}\Omega$ ），这时拟采用电流表外接测试电路。结合图 3—1，测试电路图见图 3—2。

2) 实验过程：

电源电压调至零，按图 3—2 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 1100 Ω 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 2EZ7.5D5 已开始进入反向击穿过程，这时将电流表改为外接式，按表 3—1 继续慢慢地将电源电压

增加至 10V。为了继续增加 2EZ7.5D5 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。

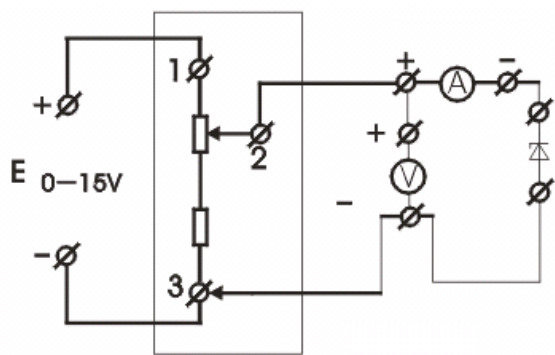


图 3—2 稳压二极管反向伏安特性测试电路

4、实验记录

表 3-1 2EZ7.5D5 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 2EZ7.5D5 伏安曲线，参考图见 3—3。有条件时，在老师指导下，利用计算机作图。

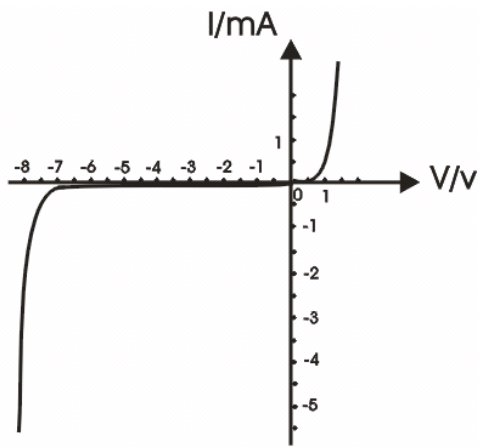


图 3—3 2EZ7.5D5 伏安曲线参考图

5、思考题

1) 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？

2) 稳压二极管的限流电阻值如何确定？（提示：根据要求的稳压二极管动态内阻确定工作电流，由工作电流再计算限流电阻大小）

3) 选择工作电流为 8mA ，供电电压 10V 时，限流电阻大小是多少？供电电压为 12V 时，限流电阻又多大？

实验四 钨丝灯伏安特性的测试试验

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,并了解钨丝灯的使用。

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。

本实验仪用钨丝灯泡规格为 12V 0.1A。只要控制好两端电压,使用就是安全的,金属钨的电阻温度系数为 $48 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$,系正温度系数,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:

$$U=KI^n \quad 4-1$$

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:

$$U_1=KI_1^n \quad 4-2$$

$$U_2=KI_2^n \quad 4-3$$

将 4-2 除以 4-3 式可得

$$n = \frac{\lg \frac{U_1}{U_2}}{\lg \frac{I_1}{I_2}} \quad 4-4$$

将 4-4 式代入 4-2 式可以得到:

$$K=U_1 I_1^{-n} \quad 4-5$$

3、实验设计

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 $1\text{M}\Omega$, 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 4-1。变阻器置 100Ω , 按表 4-1 规定的过程, 逐步增加电源

电压，记下相应的电流表数据。

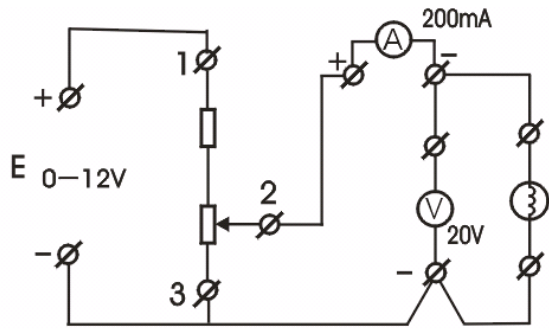


图 4—1 钨丝灯泡伏安特性测试电路

4、实验记录

钨丝灯泡 伏安特性测试数据表

灯泡电压 V (V)													
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。

选择二对数据（如 $U_1=2V$ ， $U_2=8V$ ，及相应的 I_1 、 I_2 ），按 4—4 和 4—5 式计算出 K 、 n 两系数值。由此写出 4—1 式，并进行多点验证。

5、思考题：

- 1) 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？
- 2) 在电子振荡器电路中，经常利用正温度系数的灯泡，作为振荡器电压稳定的自动调节元件，参考电路图 4—2，试从钨丝灯伏安特性说明该振荡器稳幅原理。

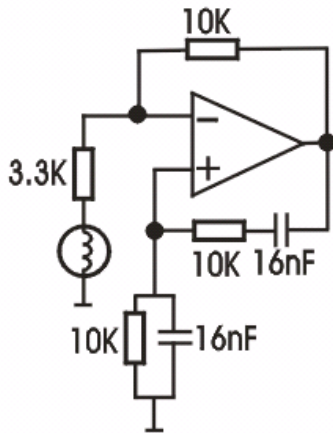


图 4—2 钨丝灯稳幅的 1KHz 振荡电路