**3.6 电学元件的伏安特性**

一个电学元件两端电压与通过电流之间的关系称为伏安特性，通常用纵坐标表示电流*I*、横坐标表示电压*U*，以此画出的*I*-*U*图像称为伏安特性曲线图，用来研究电学元件的变化规律。电路中有各种电学元件，如碳膜电阻、线绕电阻，半导体二极管、三极管，以及光敏和热敏元件等，人们需要了解它们的伏安特性，以便正确地选用。

**【实验目的】**

(1) 学习使用基本电学仪器及线路连接方法。

(2) 测绘电阻、小灯泡和二极管的伏安特性曲线，了解晶体二极管的单向导电特性，学会用图线表示实验结果。

(3) 学习根据仪表等级正确记录有效数字及计算仪表误差

**【实验仪器】**

直流稳压稳流电源、滑线式变阻器、直流数字电压表、电流表、待测电阻、待测小灯泡、待测二极管、导线。

**【实验原理】**

**一、电学元件的伏安特性曲线**

1. 线性元件

对于碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等电学元件来说，在通常情况下，通过元件的电流与加在元件两端的电压成正比关系变化，即伏安特性曲线为一直线，这类元件称为线性元件，如图3-6-1所示



**图3-6-1 线性元件的伏安特性**

2. 非线性元件

通过半导体二极管、稳压管等元件的电流与元件两端的电压不是线性关系，其伏安特性为一曲线，这类元件称为非线性元件。此类元件其阻值为变量，不仅与外加电压的大小有关，而且还与其方向有关，图3-6-2就是非线性元件的一种，称为晶体二极管，又叫半导体二极管。



**图3-6-2晶体二极管的伏安特性曲线**

半导体的导电性能介于导体与绝缘体之间，如果在纯净的半导体中适当掺杂微量元素，其导电能力会显著增加。根据掺入的杂质可将半导体分为两种类型：一种是加入杂质后，在半导体中会产生许多带负电的电子，称为*n*型半导体，也叫电子型半导体；另一种是加入杂质后，半导体中会产生许多缺少电子的空穴，称为*p*型半导体，也叫空穴型半导体。

　晶体二极管为一个由*p*型半导体和*n*型半导体形成的*p-n*结，在其界面处两侧形成空间电荷层，并建有自建电场；它有正负两个电极，正极由*p*型半导体引出，负极由*n*型半导体引出，如图3-6-3(*a*)所示。



**图3-6-3晶体二极管的结构及其表示方法**

当不存在外加电压时，由于*p-n*结两边载流子浓度差引起的扩散电流和自建电场引起的漂移电流相等而处于电平衡状态，如图3-6-4



**图3-6-4 *p-n*结的形成和单向导电特性**

在电子电路中，将二极管的正极接在高电位端，负极接在低电位端，二极管就会导通，这种连接方式，称为正向偏置。当外界有正向电压偏置时，外界电场和自建电场的相互抑消作用使载流子的扩散电流增加引起了正向电流，如图3-6-4，二极管最重要的特性就是单方向导电性。

必须说明的是二极管两端的正向电压非常小时，二极管仍然不能导通，流过二极管的正向电流十分微弱。只有当正向电压达到某一数值(称为“门槛电压”，锗二极管约为0.2*V*，硅二极管约为0.6*V*)以后，二极管才能真正导通；导通后二极管两端的电压基本上保持不变(锗二极管约为0.3*V*，硅二极管约为0.7*V*)，称为二极管的“正向压降”。

　在电子电路中，二极管的正极接在低电位端，负极接在高电位端，此时二极管中几乎没有电流流过，此时二极管处于截止状态，这种连接方式，称为反向偏置。当外界有反向电压偏置时，外界电场和自建电场进一步加强，形成在一定反向电压范围内与反向偏置电压值无关的反向饱和电流*I*0，如图3-6-4

当二极管两端的反向电压增大到某一数值，*p-n*结空间电荷层中的电场强度达到临界值产生载流子的倍增过程，产生大量电子空穴对，反向电流会急剧增大，二极管将失去单方向导电特性，这种状态称为二极管的击穿现象。

　　用来表示二极管的性能好坏和适用范围的技术指标，称为二极管的参数。不同类型的二极管有不同的特性参数。对初学者而言，必须了解以下几个主要参数：

**1、额定正向工作电流**

　　是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过管子时会使管芯发热，温度上升，温度超过容许限度(硅二极管为140℃左右，锗二极管为90℃左右)时，就会使管芯过热而损坏。所以，二极管使用中不要超过二极管额定正向工作电流值。例如常用的IN4001－4007型锗二极管的额定正向工作电流为1***A***。

**2、最高反向工作电压**

　　加在二极管两端的反向电压高到一定值时，会将管子击穿，失去单向导电能力。为了保证使用安全，规定了最高反向工作电压值。例如，IN4001二极管反向耐压为50*V*，IN4007反向耐压为1000*V*。

**3、反向电流**

　　反向电流是指二极管在规定的温度和最高反向电压作用下流过二极管的反向电流，反向电流越小，二极管的单向导电性能越好。值得注意的是反向电流与温度有着密切的关系，大约温度每升高10℃，反向电流增大一倍。例如2AP1型锗二极管，在25℃时反向电流若为250uA，温度升高到35℃，反向电流将上升到500uA，依此类推，在75℃时，它的反向电流已达8mA，不仅失去了单方向导电特性，还会使管子过热而损坏。

**二、分压电路**

如图3-6-5所示，将变阻器*R*的两个固定端*A*和*B*接到直流电源E上，而将滑动端*C*和任一固定端(*A*或*B*，图中为*B*)作为分压的两个输出端接至负载*R*L。



图 3-6-5分压电路

图3-6-5中*B*端电位最低，*C*端电位较高，*CB*间分压大小*U*随滑动端*C*的位置改变而改变，*U*值可由电压表来测量。变阻器的这种接法通常称为分压器接法。分压器的安全位置一般是将*C*滑至*B*，这时分压为零。

**三、实验线路的比较与选择**

****

**图 3-6-6电流表的内接法和外接法**

在测量电阻*R*的伏安特性的线路中，常用两种接法，即图3-6-6(*a*)中电流表内接法和图3-6-6 (*b*)中电流表外接法。电压表和电流表都有一定的内阻(分别设为RU和RI)。简化处理时直接用电压表读数*U*除以电流*I*得到被测电阻值*R*，即，这样会引起一定的系统误差。当电流表内接时，电压表读数比电阻端电压值大，这时应有

 (3-6-1)

在电流表外接时，电流表读数比电阻R中流过的电流大，这时应有

 (3-6-2)

显然，如果简单地用作为被测电阻值，电流表内接法的结果偏大，而电流表外接法的结果偏小，都有一定的系统误差。为了减少上述系统误差，测电阻的方案就可这样选择：比较和的大小(*R*取粗测值或已知约值)，前者大则选电流表内接法，后者大则选电流表外接法。如果实验中所用的电压表和电流表为指针式磁电式表，量程和准确度等级一定时，则误差估算：

由，得

 (3-6-3)

可见，要使电阻的测量准确度高，线路参数的选择应使电表读数尽可能接近满量程。

**【注意事项】**

(1)在每次改换线路之前都应将滑线式变阻器(分压器)的输出电压调至最小，并断开电源。

(2)实验操作时注意电压表和电流表都不要超过量限。

**【实验内容】**

**一、测绘电阻的伏安特性曲线**

线路的连接、电表量程的选取及电源的取值如图3-6-7所示，在0~10 *V*范围内测电阻的伏安特性，记录数据填入表3-6-1中，并描绘出其伏安特性曲线。



**图3-6-7测绘电阻的伏安特性线路图**

二、测绘小灯泡的伏安特性曲线

线路的连接、电表量程的选取及电源的取值如图3-6-8所示。在0~2 *V*范围内测量小灯泡的伏安特性，记录数据填入表3-6-2中，并描绘其伏安特性曲线。



**图3-6-8测绘小灯泡的伏安特性线路图**

三、测绘二极管的伏安特性曲线

(1)二极管正向伏安特性。线路的连接、电表量程的选取及电源的取值如图3-6-9所示。将滑线式变阻器的滑动端调至电压为零位置，然后接通电源，逐渐增加电压，测出8组电压与相对应的电流值，填入表3-6-3中，并描绘其伏安特性曲线。实验中要保证电流小于20 mA，以免烧坏二极管。

(2)二极管反向伏安特性。线路的连接、电表量程的选取及电源的取值如图3-6-10所示。测出二极管的反向伏安特性，并描绘其伏安特性曲线，实验中保证电流小于100 μA。

(3)二极管的正向及反向伏安特性曲线应画在同一个图上，反向的U和I均取负值，坐标轴的正反向单位可以不同。

 

**（*a*）正向 （*b*）反向**

**图3-6-9测绘二极管伏安特性线路图**

**【数据与结果】**

1. 电阻伏安特性曲线的测定（表3-6-1）

**表3-6-1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| *U*/V |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *I*/mA |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. 小灯泡的伏安特性曲线的测定表（表3-6-2）

**表3-6-2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| *U*/V |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *I*/mA |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. 二极管的伏安特性曲线的测定表（表3-6-3）

**表3-6-2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量序数 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 正向 | *U*/V |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *I*/mA |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 反向 | *U*/V |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *I*/mA |  |  |  |  |  |  |  |  |

**思考题**

1. 半导体二极管的正向电阻小，而反向电阻很大，在测定其伏安特性时，线路设计应注意什么问题？

2. 如图3-6-10所示的分压电路中，取活动端C和固定端A作为分压输出接至负载，哪端电位高，哪端电位低？分压输出为零时，C端应在什么位置？



图3-6-10分压电路

3. 如果分压电路误接成图3-6-11所示的接法，将会发生什么问题？



图3-6-11 分压电路的一种错误接法