

浙江大学实验报告

专业：材料科学与工程
姓名：_____
学号：_____
日期：2024.9.21,9.24
地点：东 3-201

课程名称：电路与电子技术实验 I 指导老师：王旂 实验类型：基础规范性实验
实验名称：电路元件特性曲线的伏安测量 成绩：_____
签 名：无

一、实验目的

1. 熟悉常用电路元件的特性曲线。
2. 学习非线性电阻元件特性曲线的伏安测量方法。
3. 掌握伏安法中测量样点的选择和曲线绘制方法。
4. 学习非线性电阻元件特性曲线的示波器观测方法。

二、实验内容和原理

1. 元件的特性曲线

线性电阻元件的伏安特性符合欧姆定律，它在 $u-i$ 平面上是一条通过原点的直线，如图 7-3-2 所示。该特性曲线各点斜率与元件电压、电流的大小和方向无关，所以线性电阻元件是双向性元件。

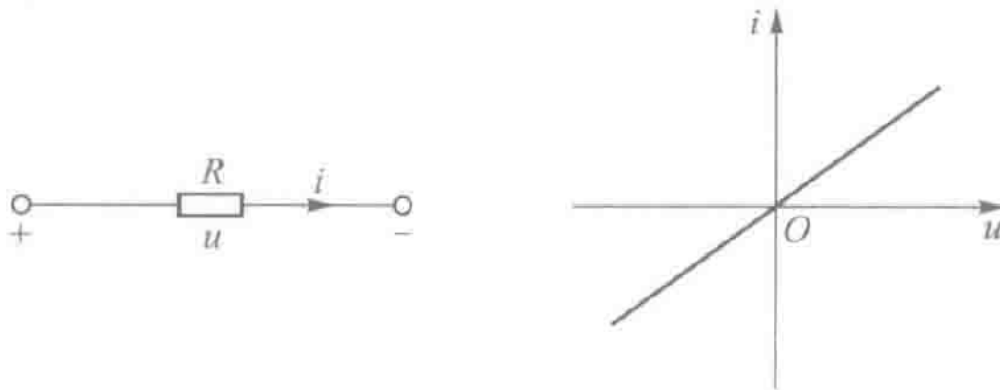
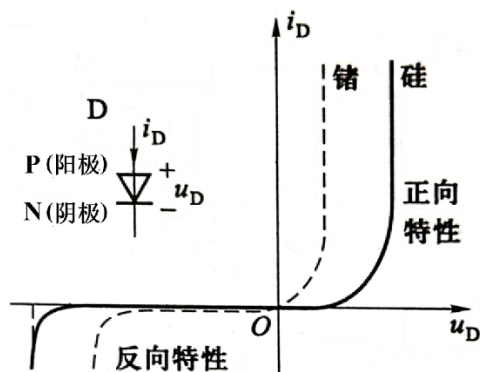


图 7-3-2 线性电阻及其伏安特性曲线

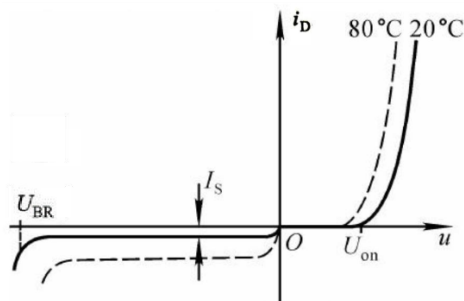
2. 整流二极管特性和主要参数

(1) 整流二极管特性

整流二极管的正向电阻和反向电阻区别很大。正向压降很小，正向电流随正向压降的升高而急剧上升；当反向电压增加，反向电流却增加很小，近似为零，称反向饱和电流或漏电流。若反向电压超过某一数值时，电流开始急剧增大，称之为反向击穿。其伏安特性曲线不对称于坐标原点，具有非线性和单调性，是单向导向性元件。整流二极管的主要用途是整流、开关、限幅等。



整流二极管的特性曲线



正向特性（位于第 I 象限）：

死区电压/开启电压 U_{on} ：硅管 0.5V, 锗管 0.1 V

导通电压/正向电压 U_D ：硅管 0.7V, 锗管 0.3 V

反向特性（位于第 III 象限）：

反向饱和电流 I_S ：小功率硅管（nA）小功率锗管（ μA ）

反向击穿电压 U_{BR} ：较大

(2) 整流二极管主要参数

1. 最大整流电流 I_F 二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流。超过此值，管子将因 PN 结温升过高而烧毁。

2. 最高反向工作电压 U_R 二极管工作时允许外加的最大反向电压，通常为击穿电压的一半。

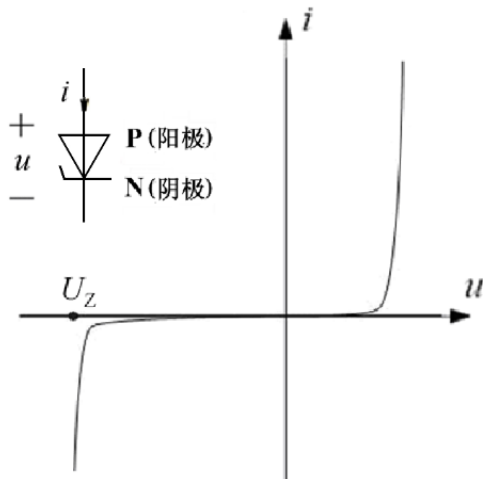
3. 反向电流 I_R ：二极管未击穿时的反向漏电流。此值越小，二极管的单向导电性越好。该值受温度影响很大。

4. 最高工作频率 f_m ：二极管工作的上限截止频率。超过此值，二极管将失去单向导电性。

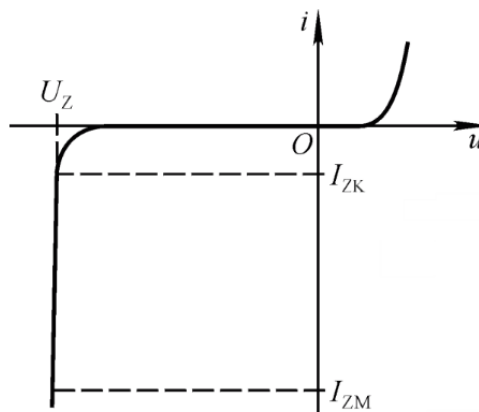
3. 稳压二极管特性和主要参数

(1) 稳压二极管特性

稳压二极管是一种特殊工艺制造的半导体二极管。其正向特性类似于整流二极管。常工作在反向击穿状态。当反向电压增加到某一数值时，电流将突然增加，此后端电压维持恒定，近似于恒压源特性，以此达到稳压的目的。稳压值即击穿电压值，从几伏——几百伏分档。这种反向击穿是可逆的，但若超出管子的最大允许功耗，则出现不可逆的热击穿，管子将因PN结温升高而烧毁。伏安特性曲线具有非线性和单调性。稳压二极管主要用途是稳压、电压基准。



稳压二极管的特性曲线



稳压二极管的特性曲线

(2) 稳压二极管主要参数

1. 稳定电压 U_Z 规定电流下稳压管的反向击穿电压。由于工艺原因，其值具有离散性。
2. 稳定电流 I_Z 稳压管在稳压状态时的电流值通常有一定的范围，即 I_{ZK} —— I_{ZM} 。工作时应使 $I_{ZK} \leq I_Z \leq I_{ZM}$ ，否则会超过最大允许功耗；但也不能低于 I_{ZK} ，否则将不能稳定输出电压。在不超过 I_{ZM} 前提下，电流越大稳压效果越好。
3. 最大允许功耗 P_{ZM} 由管子温升决定， $P_{ZM} = U_Z \times I_{ZM}$ 。稳压管正常使用时，一般应串联限流电阻。

三、 主要仪器设备

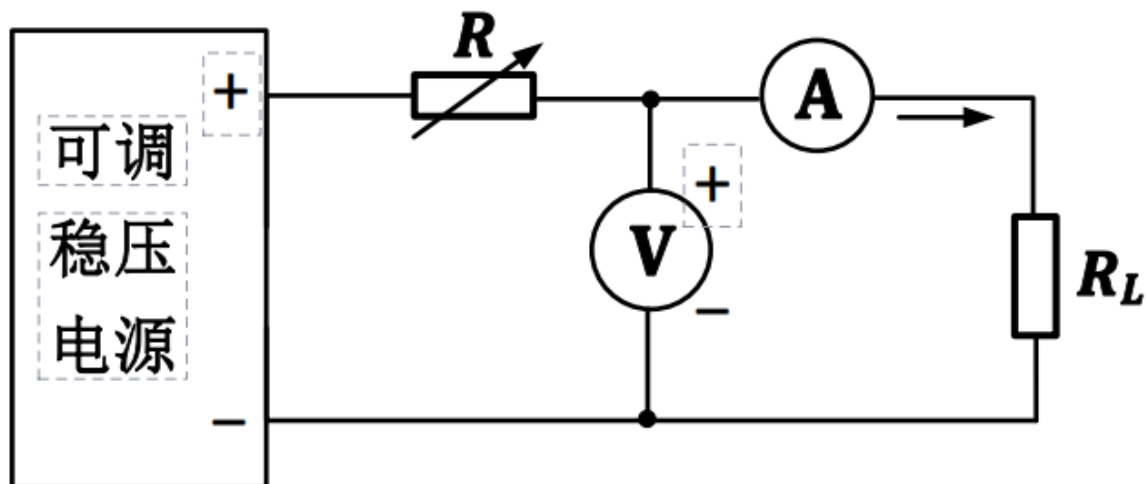
1. 数字万用表
2. 电工综合实验台
3. DGO7 多功能网络实验组件
4. 信号源
5. 双通道示波器

四、 操作方法与实验步骤

非线性电阻元件特性曲线的逐点伏安测量法。元件的伏安特性可以用电压表、电流表测定,称为逐点伏安测量法。伏安法原理简单,测量方便,但由于仪表内阻会影响测量的结果,因此必须注意仪表的合理接法。按图接线, R 为限流电阻。我采用的做法时将电流表外接,保持固定电阻 $R=1\Omega$ 不变,改变电压源的电压大小,使二极管两端的电压不断变化,并记录测得的二极管电压和电流值。在测量过程中,我发现正向电压在实验室最大电源电压条件下只能达到 $0.6V$ 左右,所以后续我将限流电阻阻值调为 0 ,测得了二极管正向电压 $0.6V$ 以上的电压和电流数据。做反向特性实验时,只需将二极管 D 反接。

注意事项:

1. 测二极管 D 的正向特性时,其正向电流不得超过二极管长期运行时允许通过的最大半波整流电流平均值,否则,二极管将被烧坏。
2. 做反向特性实验时,其反向电压不能超过反向击穿电压。当反向电压超过 U_{BR} 时,反向电流剧增,二极管的单向导电性能被破坏,甚至引起二极管损坏。



五、实验数据记录和测量

1. 原始数据

(1) 整流二极管

电压/V	0	0.216	0.352	0.443	0.501	0.511	0.520	0.530	0.540	0.550	0.571	0.580	0.592	0.600	0.609	0.618	0.630
电流/mA	0	0	0.034	0.828	4.10	5.18	6.26	7.98	9.72	14.41	17.18	19.4	24.0	27.6	34.3	37.9	46.0
电压/V	0.637	0.649	0.662	0.673	0.686	0.692	0.703	0.712	0.721	0.736	0.758	0.778	-1.00	-4.96	-9.95		
电流/mA	50.4	60.0	70.3	81.3	99.6	106.0	119.9	133.6	148.6	177	229	215	0	0	0		

(2) 稳压二极管

电压/V	0	-1	-4.96	-6.45	-6.84	-6.86	-6.87	-6.90	-6.95	-7.02	-7.07	-7.13	-7.20	-7.23
电流/mA	0	0	0	-0.018	-0.257	-0.666	-1.525	-5.50	-12.31	-21.2	-43.2	-82.2	-131.5	-189.4
电压/V	0.188	0.515	0.524	0.577	0.601	0.625	0.635	0.656	0.680	0.690	0.702	0.723	0.755	0.780
电流/mA	0	0.0	0.020	0.139	0.334	0.782	1.142	2.31	5.56	8.65	12.22	26.1	92.7	261

2. 特性曲线

见附页

六、实验结果与分析

1. 由晶体二极管的特性曲线可知，在正向电压小于 0.44V 的时候，电流几乎等于零，此时二极管未被导通。在 0.45V 左右，开始出现明显电流，粗略估计开启电压 U_{on} 在 0.45V 左右。在 0.75V 往后，特性曲线近似为恒压源，所以导通电压在 0.75V 左右。在加上反向电压进行测量时，电流一直为零，说明二极管一直未被导通。

2. 由稳压二极管的特性曲线可知，正向电压的方向上和晶体二极管非常类似，只是开启电压和导通电压之间差距很小，较难准确测得。由伏安特性曲线粗略估计开启电压在 0.6V 左右，导通电压在 0.75V 左右。但稳压二极管的反向电压与整流二极管不同。在反向电压刚开始增加时，其反向电流几乎为零，与整流二极管一致。但当反向电压增加到某一数值时，电流将突然增加，以后它的端电压将维持稳定，不再随外加的反向电压升高而增大。实验中测得反向稳定电压约为 6.9V。

七、 讨论与心得

1. 要选择合适的限流电阻。如电源电压是 U ，发光二极管正常发光时端电压为 U_L ，电流为 I ，则限流电阻阻值为 $R = \frac{U-U_L}{I}$ 。也不能太大，不然对数据拟合有影响。在测量整流二极管和稳压二极管正向伏安特性曲线时，我用电阻箱固定 $R=1\Omega$ ，但发现整流二极管的正向电压在这一情况下，即使电压源调到最大，也无法达到 $0.6V$ 以上，是因为电流表存在内阻的缘故。

2. 要选取适当的测量点。在变化较快的区域，应适当增加测量点，以增加数据拟合的准确性。

3. 特性曲线测量时，要保证二极管安全工作，也就是说，测二极管的正向特性时，其正向电流不得超过二极管长期运行时允许通过的最大半波整流电流平均值。作反向特性实验时，其反向电压不能超过反向击穿电压。

4. 用伏安法测量电阻元件的伏安特性曲线时，由于电流表内阻不为零，电压表的读数包括了电流表两端的电压，给测量结果带来了误差。应根据电压表和电流表具体内阻选择适当的连接方式。本实验我采取了外接法。

5. 电流表和电压表测量尽量不要选择使用自动量程，量程变化时内阻会有较大变化，若此时二极管恰好导通，会出现较大误差。

5. 使用示波器对二极管的伏安特性进行观测，其结果与理论是相符的，与用传统的“伏安法”相比，更加形象、直观和快捷。