

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验 _____ 一

实验名称 _____ 电路元件的伏安特性测量

一. 实验目的

- 1: 学习测量不同元件伏安特性的方法, 如: 怎样使电流表分压、电压表分流影响最小, 电压的变化幅度等;
- 2: 采用逐点测试法测试绘制不同元件对应的安特性曲线, 线性元件, 如: 定值电阻, 非线性元件, 如: 钨丝灯泡、普通二极管、稳压二极管;
- 3: 熟悉并掌握实验设备的使用, 如: 直流电压表、直流电流表的使用方法

二. 实验原理

1: 伏安特性曲线的定义:

任何一个二端元件可用该元件上的端电压 U 与通过该元件的电流 I 之间的函数关系 $I = f(U)$ 来表示, 即可用 $I-U$ 平面上的一条曲线来表征, 这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

三. 2: 不同元件对应伏安特性曲线的特点:

A: 线性电阻器是理想元件, 在任何时刻它两端的电压与其电流的关系服从欧姆定律, 它的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线;

B: 非线性电阻器元件的伏安特性不是一条通过原点的直线, 其阻值 R 不是常数, 即在不同的电压作用下, 电阻值是不同的。常见的非线性电阻如白炽灯丝、普通二极管、稳压二极管等

a: 一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态, 其灯丝电阻随着温度的升高而增大, 通过白炽灯的电流越大, 其温度越高, 阻值也越大;

b: 普通的半导体二极管的正向压降很小, 正向电流随正向压降的升高而急骤上升, 而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时, 其反向电流增加很小;

c: 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管, 其正向特性与普通二极管类似, 但其反向电压开始增加时, 其反向电流几乎为零, 但当反向电压增加到某一数值时 (稳压值), 电流将突然增加, 以后它的端电压将维持恒定, 不再随外加的反向电压升高而增大。

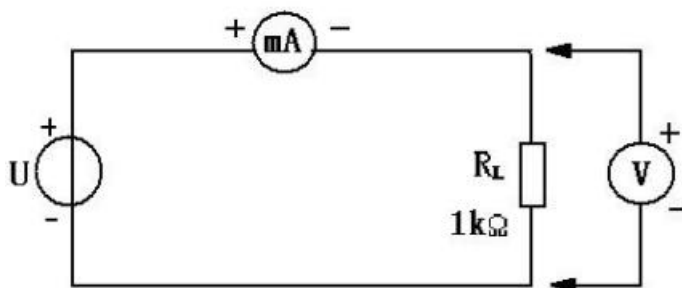
三. 实验设备

名称	数量	规格
直流可调稳压电源	1	0~30V
直流电压表	1	
直流电流表	1	
元件箱	1	
连接线	若干	

四. 实验内容及数据

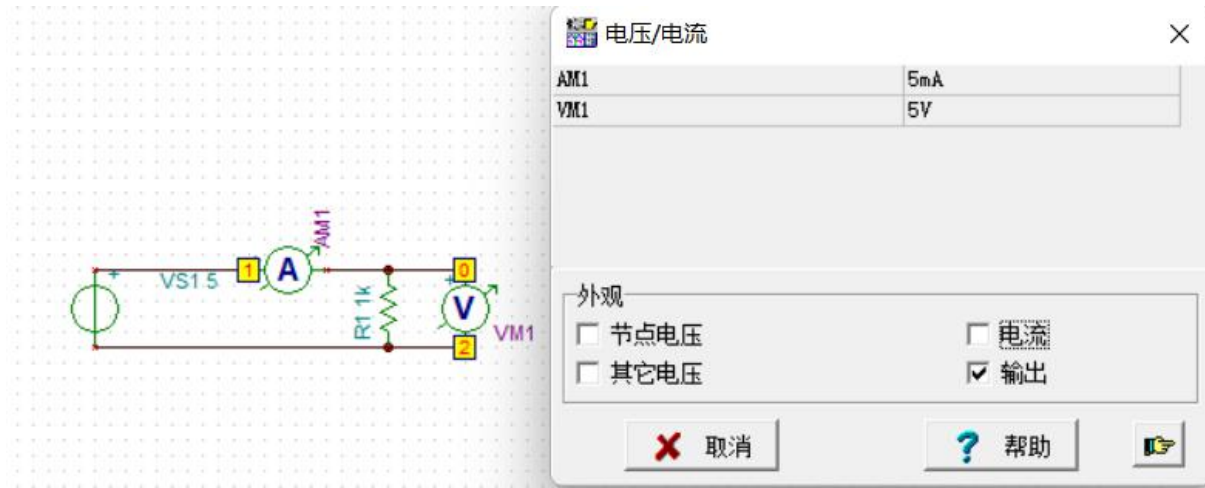
A: 测量线性电阻的伏安特性: (由 $R = U(\text{测}) / I$ 知其电阻大小及变化)

1: 如图连接电路:



2: 检查连接无误再接通电源; (勿带电工作)

3: 调节电压并用电压表测量电压值、电流表测量电流值, 并在表格中记录相应的电压和电流读数; 理论上可测 $U = -15 + 5k (k = 1, 2, \dots)$, 由 $I = U / R$ 可得理论电流 $I = -15 + 5k (R_L = 1$



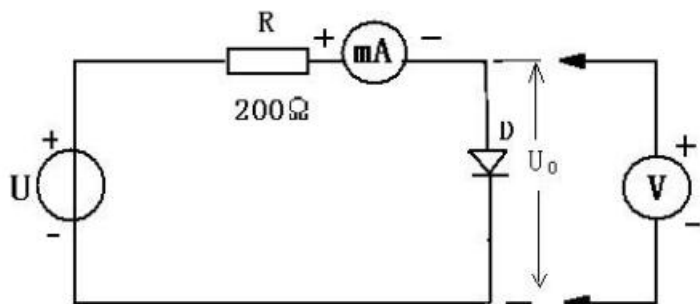
改变电压, 其他条件不变, 重复此操作, 仿真其电压电流, 截图如图:

U (V)	5	10	15	20	25	30
I (mA)	5	10	15	20	25	30

4: 分析数据, 画出伏安特性曲线;

B: 测量普通二极管的伏安特性 (1N4007)

1: 如图连接电路:

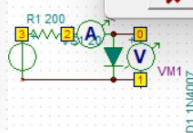
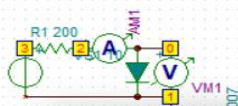
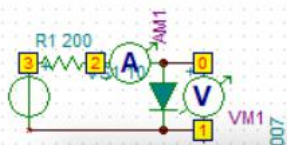


2: 检查连接无误再接通电源: (不要忘记限流电阻, 否则电流过大)

3: 调节输出细调旋钮同时用电压表测量电压值, 在伏安特性曲线变化明显的区域, 应测取更多的测量点;

4: 测定反向特性时, 将直流可调稳压电源的输出端正、负连线互换, 调节直流稳压电源, 从 $0V$ 开始缓慢的减少;





改变电压，其他条件不变，重复此操作，仿真其电压电流，截图如图：

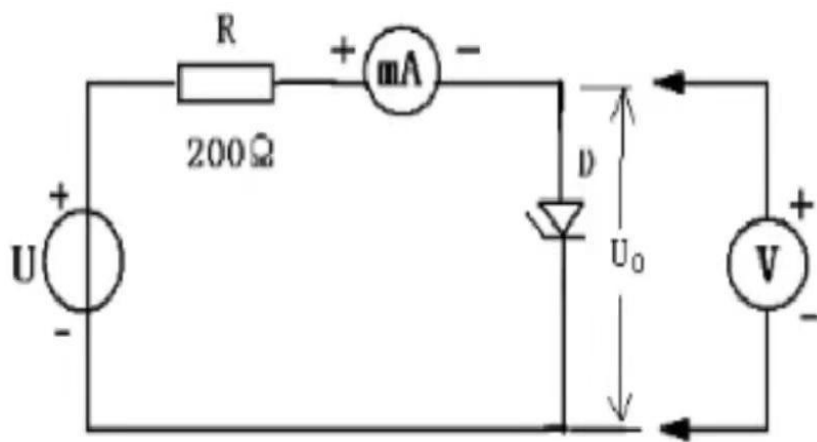
5: 将正、反向测得数据记入表中；（理论公式，调节电压值，电流随之变化， $R = U/I$ ）
普通二极管伏安特性的测量数据

U(v)	-0.5	-0.1	0.6321	0.7557	0.7742	0.7858
I(mA)	0	0	26.33	46.22	71.13	109.54

6: 分析数据，画出伏安特性曲线；

C:测量稳压二极管的伏安特性(1N4728)

1: 如图连接电路：

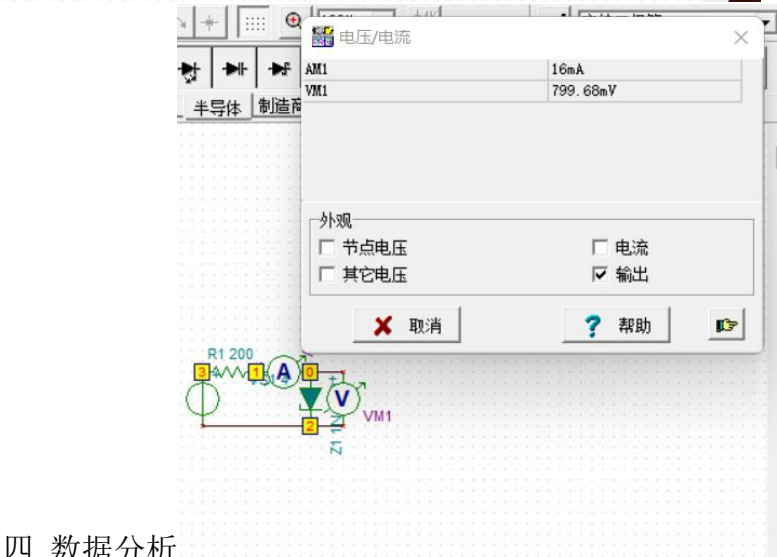
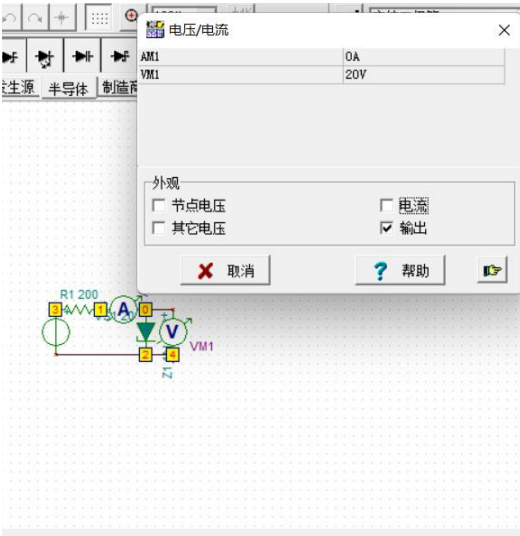


- 2: 检查连接无误再接通电源；（不要忘记限流电阻，否则电流过大）
- 3: 调节输出细调旋钮同时用电压表测量电压值，在伏安特性曲线变化明显的区域，应测取 更多的测量点；
- 4: 测定反向特性时，将直流可调稳压电源的输出端正、负连线互换，调节直流稳压电源，从 0V 开始缓慢的减少；
- 5: 将正、反向测得数据记入表中；（理论公式，调节电压值，电流随之变化， $R= U/I$ ）

稳压二极管伏安特性的测量数据

U(v)	-3.74	-3.13	0.7443	0.7997	0.8159	0.94818
I(mA)	-481.29	-34.34	6.28	16.00	20.92	145.24

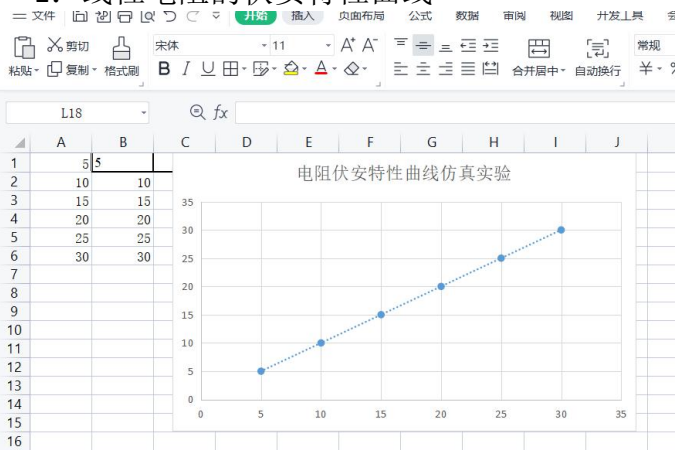
6: 分析数据，画出伏安特性曲线



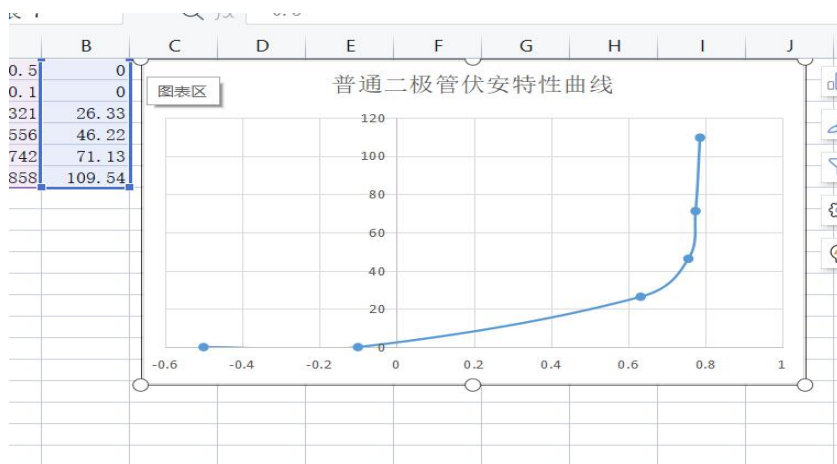
四. 数据分析

将分别经仿真得到数据作图，以电压为横坐标，电流为纵坐标，做图，如下

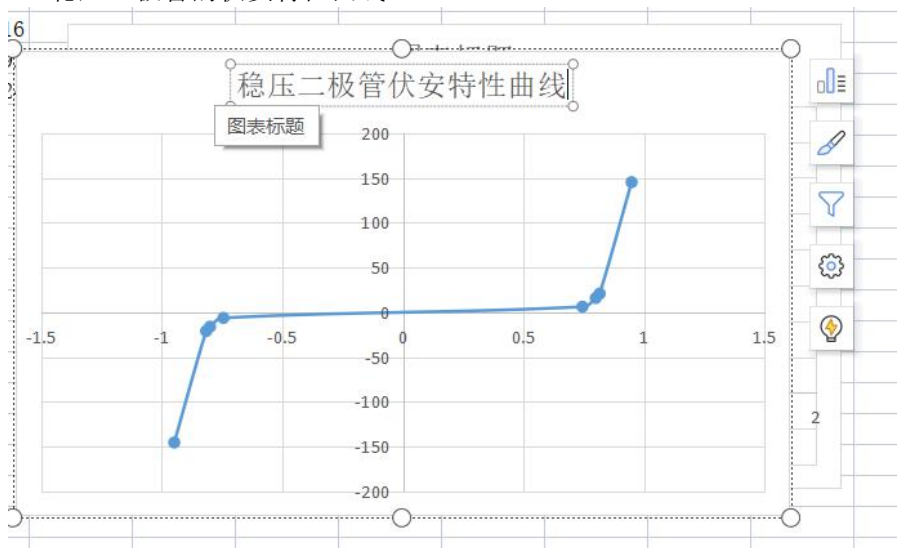
1: 线性电阻的伏安特性曲线



2: 普通二极管的伏安特性曲线

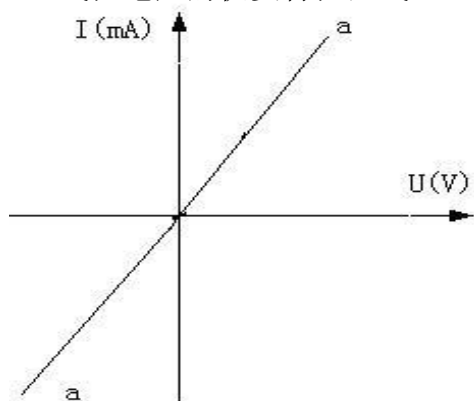


3: 稳压二极管的伏安特性曲线

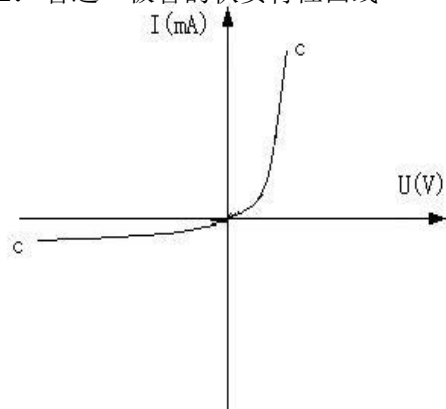


理论曲线如图：

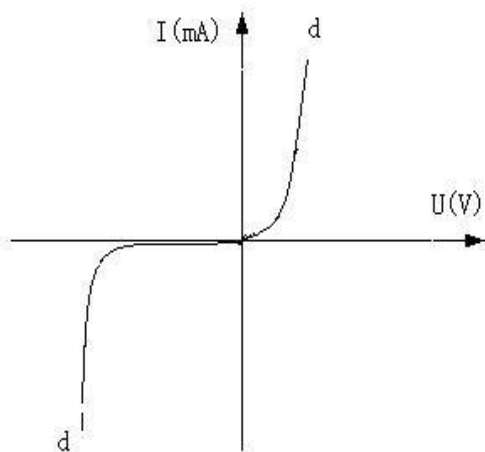
1: 线性电阻的伏安特性曲线





2: 普通二极管的伏安特性曲线



3: 稳压二极管的伏安特性曲线



实验原始数据如图:

		 									
$R: 1k\Omega$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U(V)$		0.28	0.56	0.95	1.31	1.78	^{2.48} 2.48	2.96	3.56	4.23	5.06
$I(mA)$		0.71	0.59	0.98	1.34	1.81	2.53	3.01	3.61	4.28	5.13
		11	12	13	14	15					
		5.59	6.20	6.92	7.59	8.19					
		5.66	6.28	7.01	7.68	8.28					

① 正向		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C: 1N4007$	$U(V)$	0.078	0.244	0.378	0.493	0.563	0.542	0.518	0.502		
	$I(mA)$	0.01	0.01	0.02	0.15	0.63	0.41	0.25	0.18		
		8	9	10	11	12	13	14	15		
		0.547	0.563	0.579	0.593	0.601	0.624	0.640	0.647		
		0.45	0.63	0.85	1.13	1.32	2.10	2.93	3.39		
		16	17	18	19	20	21	22			
		0.656	0.667	0.680	0.690	0.700	0.703	0.707			
		0.411	5.12	6.76	8.34	10.39	11.33	12.30			
		23	24	25	26	27					
		0.712	0.720	0.730	0.737	0.739					
		13.68	16.46	19.00	22.00	25.00					

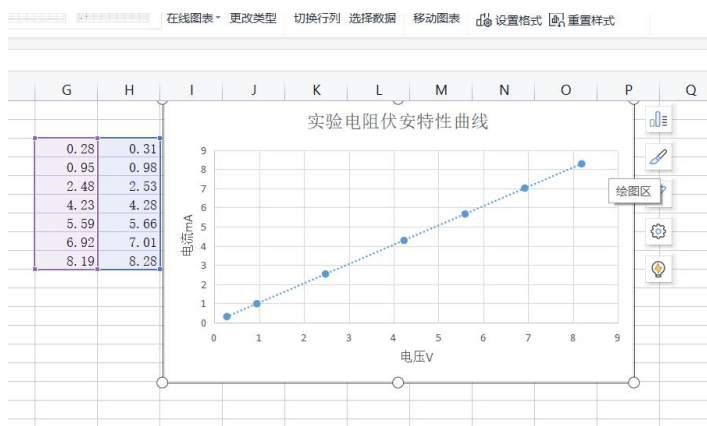
稳压二极管 (1N4728)		1	2	3	4	5	6	7	8
① 正向:	$U(V)$	0.161	0.304	0.554	0.615	0.662	0.696	0.712	0.727
	$I(mA)$	0.01	0.01	0.01	0.03	0.10	0.31	0.53	0.92
		9	10	11	12	13	14	15	16
		0.737	0.753	0.765	0.770	0.777	0.778	0.780	0.786
		1.35	2.45	3.75	4.55	5.87	6.29	6.74	8.34
		17	18	19	20	21	22	23	
		0.789	0.793	0.798	0.801	0.804	0.806	0.807	
		9.64	11.17	13.24	15.15	17.21	18.60	19.88	
② 反向:	$U(V)$	1.023 -0.208 -0.42	2	3	4	5	6	7	8
			-0.59	-0.84	-1.07	-1.33	-1.66	-1.76	-2.10
	$I(mA)$	0	0	0	0	0	-0.01	-0.02	-0.14
		9	10	11	12	13	14	15	16
		-2.34	-2.45	-2.82	-2.65	-2.97	-3.18	-3.29	-3.40
		-0.35	-0.51	-1.55	-0.95	-2.35	-4.08	-5.39	-7.32

② 反向

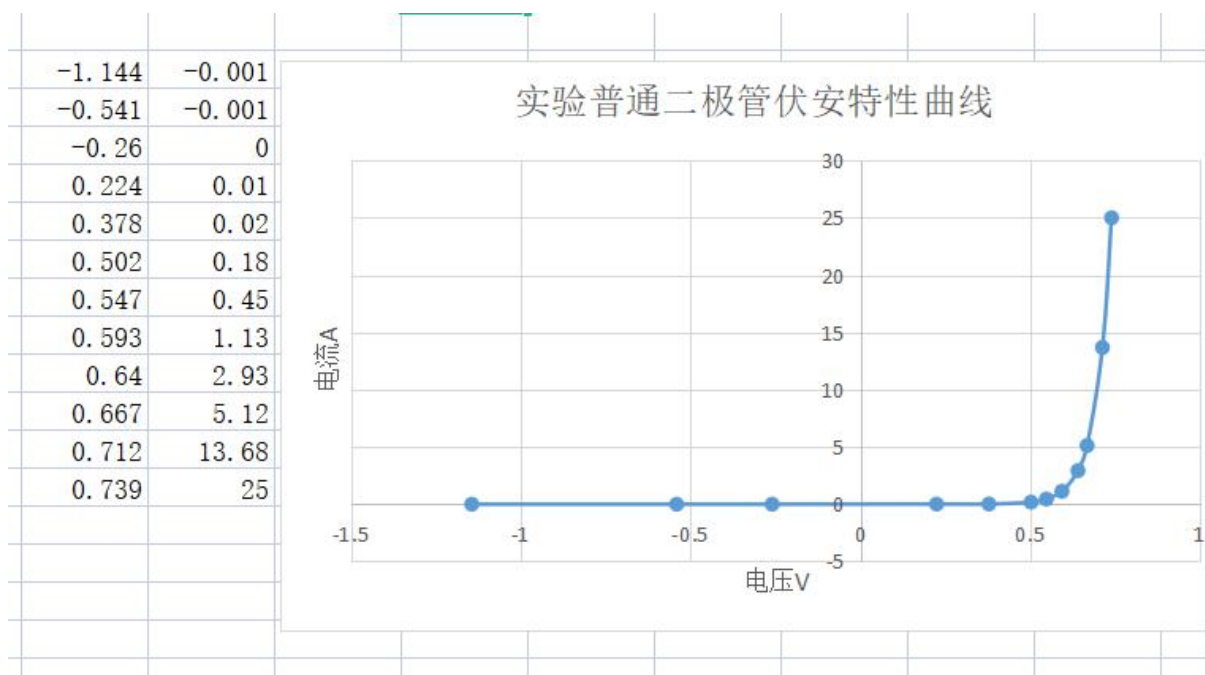
U (V)	①	②	③	4	5	6	7
	-22.60	-0.372	2.6 -0.605	-9.89	-1.144	-1.541	-1.714
I (mA)	0.001	0.000	0	0	0	-0.001	-0.001
	8	9	10	11	12	13	14
	-1.908	-2.30	-2.89	-4.85	-6.35	-7.67	-9.79
	-0.001	-0.001	0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	15	16	17	18	19	20	21
	-12.04	-15.52	-20.2	-22.6	-26.1	-27.0	-28.5
	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.004
							22
							-30.0
							-0.004

实验伏安特性曲线如图：

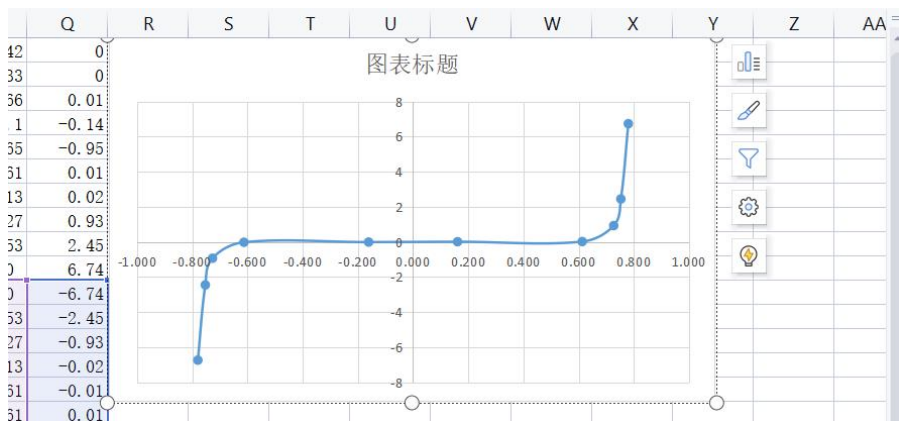
1：线性电阻的伏安特性曲线



2：普通二极管的伏安特性曲线



3: 稳压二极管的伏安特性曲线



六：思考题

1. 如何计算线性电阻与非线性电阻的电阻值

线性电阻是不会随输入的电压电流值的改变而改变，遵从欧姆定律，即， $R = U / I$ ，其伏安特性曲线在任一时刻都是过原点的直线， $R = \Delta U / \Delta I$ ；

非线性电阻通常情况下 U 、 I 不能写成函数形式，根据通过其此时此刻的 U 、 I 值，以 $R = U / I$ 得出电阻值；

2. 分析常见元件的伏安特性曲线

线性电阻器是理想元件，在任何时刻它两端的电压与其电流的关系服从欧姆定律，它的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，直线的斜率只由电阻元件的电阻值 R 决定，其阻值为常数，与元件两端的电压 u 和通过该元件的电流 i 无关；

一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态，其灯丝电阻随着温度的升高而增大，通过白炽灯的电流越大，其温度越高，阻值也越大；

普通的半导体二极管的正向压降很小，正向电流随正向压降的升高而急骤上升，而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时，其反向电流增加很小，粗略地可视为零；

稳压二极管是一种特殊的半导体二极管，其正向特性与普通二极管类似，但其反向特性较特别。在反向电压开始增加时，其反向电流几乎为零，但当反向电压增加到某一数值时(稳压值)，电流将突然增加，以后它的端电压将维持恒定，不再随外加的反向电压升高而增大。

3. 如果误将电流表并联至电路，会出现什么后果

电流表并联在电路中被烧坏，电流表内阻非常小，出现短路现象，根据欧姆定律，通过电流表的电流非常大，损坏电流表；

4. 假如在测量二极管的伏安特性实验中，误漏接限流电阻 R ，会出现什么后果

在正向测量二极管阻值时，因二极管阻值较小，漏接保护电阻，使电路中电流过大，超出量程或损坏电流表

5. 分析常见元件的伏安特性曲线

线性电阻器是理想元件，在任何时刻它两端的电压与其电流的关系服从欧姆定律，它的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，直线的斜率只由电阻元件的电阻值 R 决定，其阻值为常数，与元件两端的电压 u 和通过该元件的电流 i 无关；

一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态，其灯丝电阻随着温度的升高而增大，通过白炽灯的电流越大，其温度越高，阻值也越大；

普通的半导体二极管的正向压降很小，正向电流随正向压降的升高而急骤上升，而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时，其反向电流增加很小，粗略地可视为零；

稳压二极管是一种特殊的半导体二极管，其正向特性与普通二极管类似，但其反向特性较特别。在反向电压开始增加时，其反向电流几乎为零，但当反向电压增加到某一数值时(稳压值)，电流将突然增加，以后它的端电压将维持恒定，不再随外加的反向电压升高而增大。

6. 如果误将电流表并联至电路，会出现什么后果

电流表并联在电路中被烧坏，电流表内阻非常小，出现短路现象，根据欧姆定律，通过电流表的电流非常大，损坏电流表；

7. 假如在测量二极管的伏安特性实验中，误漏接限流电阻 R ，会出现什么后果

在正向测量二极管阻值时，因二极管阻值较小，漏接保护电阻，使电路中电流过大，超出量程或损坏电流表；

8. 本实验中，用伏安法测量电阻元件的伏安特性的电路模型采用如下图 7(a)所示。由于电流表内阻不为 0，电压表的读数除了包括负载两端的电压，还包括了电流表两端的电压，给测量结果带来了误差。为了使被测元件的伏安特性更准确，设电流表的内阻是已知的，是否有办法对测得的伏安特性曲线进行校正？

$$U(\text{真}) = U(\text{测}) - R(\text{电流表}) * I(\text{电流表}); \quad I(\text{测}) = I(\text{真}); \quad I(\text{真}) = U(\text{真}) / R;$$

若将实验电路改为如图 7(b)所示，电流表的读数除了包括负载电流还包括了电压表支路的电流，给测量结果带来误差。设电压表的内阻是已知的，是否有办法对测得的伏安特性进行校正？

