

班级 土木一班 学号 190410102 姓名 方尧 教师签字

实验日期 7.16 组号 C1 预习成绩 总成绩

实验（八）惠斯通电桥与伏安特性

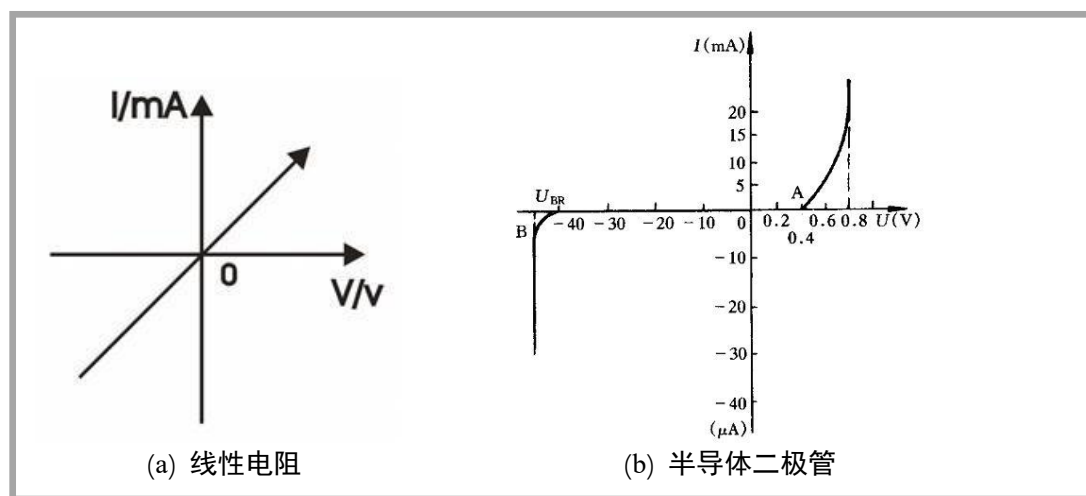
一. 实验目的

1. 用伏安法绘制非线性元件（二极管）的伏安特性曲线；
2. 利用惠斯通电桥测试线性元件的阻值及电桥灵敏度。

二. 实验原理

线性电阻的伏安特性曲线为一条直线，其两端电压与流过它的电流之比为常量。半导体二极管为非线性元件，即电压与电流关系并不呈现线性，而是与外加电压大小及电流方向密切相关，因此其阻值并不是常量。我们将 $R_Q = \frac{V}{I}$ 称为非线性元件在工作电压 V 下的静态电阻；

而将其在某个工作电压 V 附近电压的改变量与电流的改变量之比 $R_D = \frac{\Delta V}{\Delta I}$ 称为非线性元件在工作电压 V 下的动态电阻。

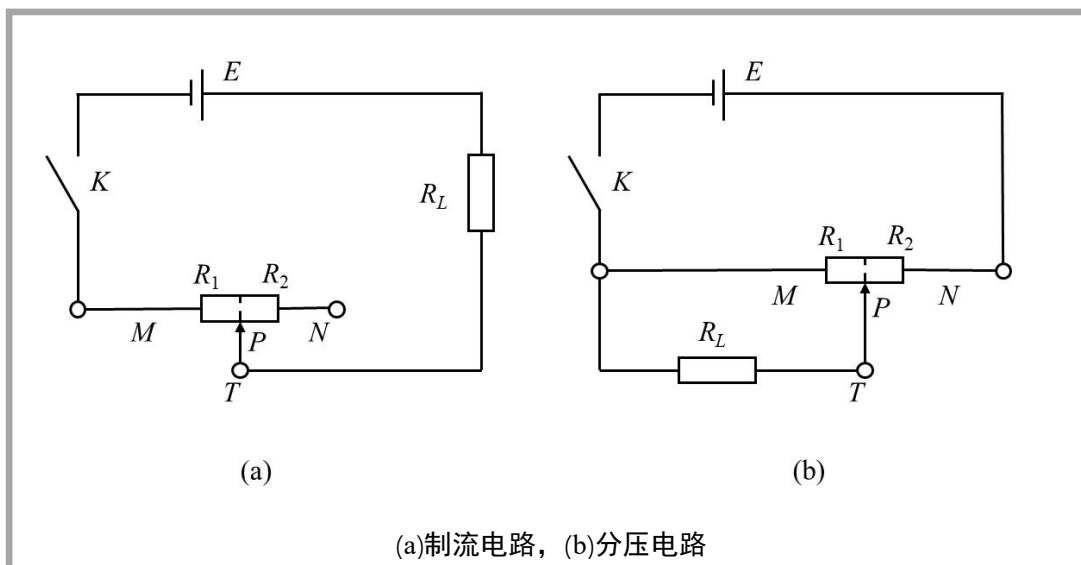


伏安法测电阻时，连接电表的方法有两种，即电流表外接和电流表内接，如图 2(a)、(b)

所示。电流表内接时， $R_x = R_{测} - R_A$, $E = \frac{R_{测} - R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$, 电流表外接时，

$$R_x = \frac{R_V R_{测}}{R_V - R_{测}}, E = \frac{R_{测} - R_x}{R_x} = -\frac{R_x}{R_x + R_V}, \text{ 由上述公式可得，当 } R_x \gg R_A \text{ 时，采用电流内接}$$

电路误差较小，而当 $R_x \ll R_V$ 时，宜采用电流外接电路误差较小。



其中 $K = \frac{R_L}{R}$ 为负载电阻与滑线电阻的比值, 知 K 值取 0.5~1 较为合适。

以 $K = \frac{R_L}{R}$ 表示负载电阻与滑线电阻的比值, $X = \frac{R_1}{R}$ 代表滑动点的位置, 得到分压比 V/E

与滑动头相对位置 X 的关系为 $\frac{V}{E} = \frac{KX}{K + X - X^2}$, 当 $K > 1$ 时, 分压比与滑动头的相对位置基本呈线性关系。

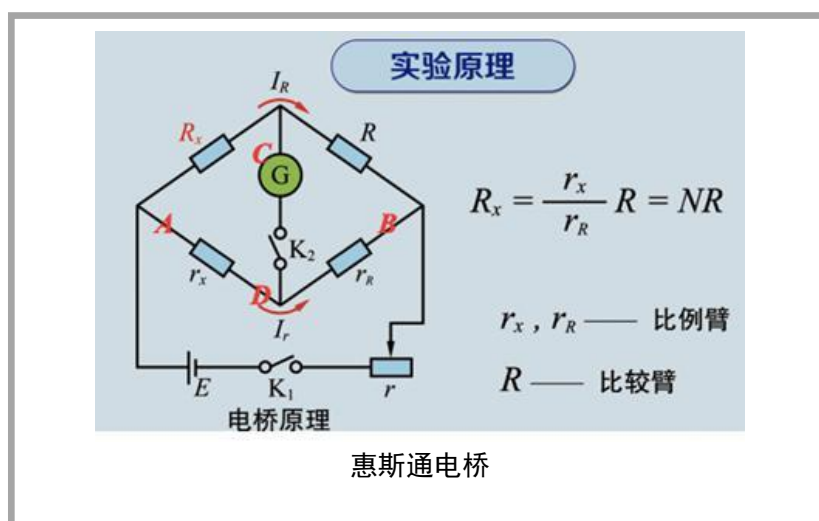
1. 电路元件的额定功率 P

电路元件的额定功率 P 和电路中允许通过的电流以及电路中不能超越的电压关系分别为:

$$I = \sqrt{P/R}, V = \sqrt{PR}, \text{ 这是在电路设计过程中必须要考虑的。}$$

2. 惠斯通电桥的构造及测量原理

图 6 显示的是惠斯通电桥的构造及测量原理, 注意所测电阻 R_x 有效位数是由比值 N 和比较臂 R 的有效位数所决定的。一般 N 的选取要使 R 用到最高位, 保证测量结果达到 4 位以上有效数字。



3. 惠斯通电桥的灵敏度

电桥灵敏度 S 的定义为: $S = \Delta n / \frac{\Delta R}{R}$ (单位: 格), 式中, ΔR — 电桥平衡后比较臂电阻 R

的微小增减量, Δn — 相应的检流计偏转格数。 S 还可写为: $S = \frac{\Delta n}{\Delta I_G} = \frac{\Delta I_G}{\Delta R} R$, 该式指

出: 选用灵敏度高、内阻低的检流计, 在桥臂电阻额定功率容许的情况下适当提高电源电压, 桥臂电阻均衡取值等都可以提高电桥的灵敏度。

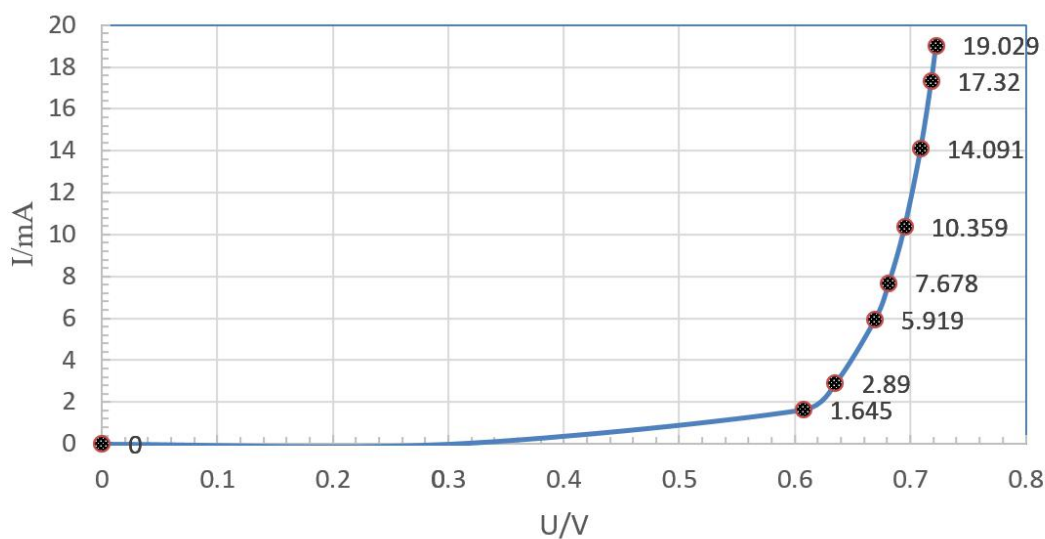
4. 惠斯通电桥的误差分析来源

箱式电桥仪器误差计算: $\Delta_{\text{仪}} = N(a\%R + \Delta R)$ 。

三. 数据处理

1、对于半导体二极管的伏安特性曲线，根据数据绘图：

二极管伏安特性曲线

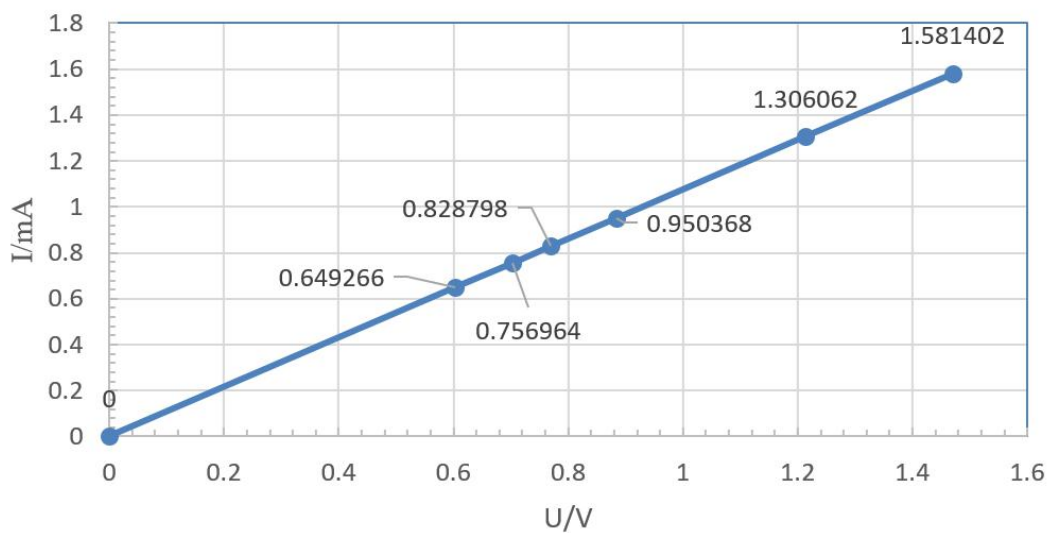


2、对于线性电阻，采用 $E = 2V$ ；量程 $I = 20mA$ ($R_A = 10\Omega$)； $V = 2V$ ($R_V = 3M\Omega$)

(1) 内接时： $I_{\text{真}} = I_{\text{测}}$ ； $R_{\text{真}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} - R_A$ ；则 $U_{\text{真}} = I_{\text{真}} \cdot R_{\text{真}} = I_{\text{测}} \left(\frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} - R_A \right) = U_{\text{测}} - I_{\text{测}} \cdot R_A$

根据数据绘图得：

线性电阻伏安特性曲线（内接）

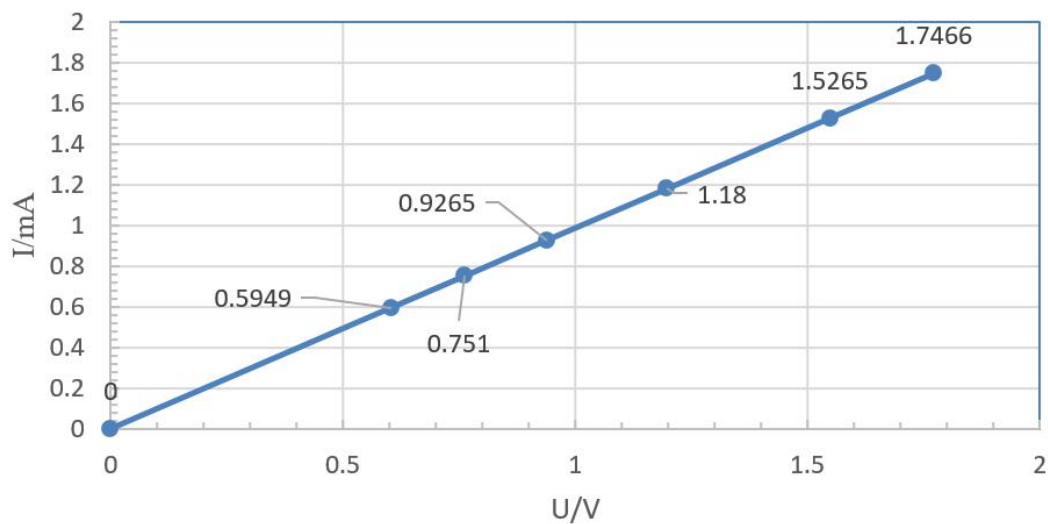


$$R_1 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{U_{\text{真}i}}{I_{\text{真}i}} = 1075.9883\Omega$$

(2) 外接时: $U_{\text{真}} = U_{\text{测}}; \frac{I_{\text{测}}}{U_{\text{测}}} = \frac{1}{R_{\text{真}}} + \frac{1}{R_V}$; 则 $I_{\text{真}} = \frac{U_{\text{真}}}{R_{\text{真}}} = I_{\text{测}} - \frac{U_{\text{测}}}{R_V}$

根据数据绘图得:

线性电阻伏安特性曲线（外接）



$$R_2 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{U_{\text{真}i}}{I_{\text{真}i}} = 986.0064 \Omega$$

3、测惠斯通电桥的灵敏度

$$R_{xi} = N_i R_{si}$$

$$R_{x1} = 951.1 \Omega; R_{x2} = 966.79 \Omega; R_{x3} = 792 \Omega; R_{x4} = 1000 \Omega;$$

由 $S_i = \Delta n_i / \frac{\Delta R_i}{R_i} (i = 1, 2, 3, 4)$ 得

$$S = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 S_i = 306.87 (\text{格})$$

四. 实验结论及现象分析

半导体二极管及线性电阻的伏安特性曲线如上;

内接测得线性电阻 $R_1 = 1075.9883\Omega$; 外接测得线性电阻 $R_2 = 986.0064\Omega$

$R_{x1} = 951.1\Omega$; $R_{x2} = 966.79\Omega$; $R_{x3} = 792\Omega$; $R_{x4} = 1000\Omega$;

惠斯通电桥各个 N 下测得 $R_{x1} = 951.1\Omega$; $R_{x2} = 966.79\Omega$; $R_{x3} = 792\Omega$; $R_{x4} = 1000\Omega$;

惠斯通电桥的灵敏度 $S = 3067.87$ (格)

五. 讨论问题

问题一:

因为惠斯通电桥的原理是基于 $R_1 \cdot R_S = R_x \cdot R_2$, 如果电阻小于 1Ω , 其两端的电压变化就非常不明显, 以至于惠斯通电桥上的电流表无法显示。故无法测 1Ω 以下的电阻。

问题二:

电路总支路上接一个电阻, 或者采用限流电路。

问题三:

若互换电源和检流计位置, 互换之后还是 $R_1 \cdot R_S = R_x \cdot R_2$, 故无电流, 电桥仍然平衡。

实验现象观察与原始数据记录

二极管伏安特性曲线 20mA 2V E=1.732V

	1	2	3	4	5	6	7	8
U(V)	0.6076	0.6351	0.6693	0.6815	0.6952	0.7091	0.7183	0.7224
I(mA)	1.645	2.890	5.919	7.678	10.359	14.091	17.320	19.029

待测电阻伏安特性曲线 E=2V 20mA 2V

内接		外接	
U(V)	I(mA)	U(V)	I(mA)
0.6553	0.6034	0.5949	0.6036
0.7640	0.7036	0.7510	0.7618
0.7702 ←→ 0.8365		0.9265	0.9400
0.9592	0.8832	1.1800	1.1971
1.3182	1.2138	1.5265	1.5487
1.5961	1.4698	1.7466	1.7720

N	$R_S(\Omega)$	$\Delta R_S(\Omega)$	$\Delta n(\text{格})$	S(格)
1	951.1	1	7	
0.1	9667.9	20	7	
10	79.2	0.2	5	
100	10.0	0.2	5	

方尧
190410102
7.16

韩建卫

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	7.10

教师	姓名
签字	