

班号 自动化5班

学号 190320517

姓名 高旭

教师签字

实验日期 9.15

组号 B4

预习成绩

总成绩

实验(十一) 惠斯通电桥测电阻

一. 实验目的

1. 了解惠斯通电桥的构造和测量原理。
2. 熟悉电桥平衡的操作步骤。
3. 练习连接线路, 熟悉电阻箱、检流计等基本电学仪器的使用方法。

二. 实验原理

1. 惠斯通电桥工作原理

R_x, R, Y_x, Y_R 称作电桥的四个臂, 组成一个四边形 $ABCD$ 。对角 C 和 D 之间连接检流计 G , 构成“桥”, 用于比较电位。当 C 和 D 两点的电位相等时, 检流计指零, 电桥达到了平衡状态。

$$\text{可得 } \frac{R_x}{R} = \frac{Y_x}{Y_R} \quad \text{则 } R_x = \frac{Y_x}{Y_R} R$$

令 $Y_x/Y_R = N$ 则 $R_x = N \cdot R$, 通常取比值 N 为 10 的整数次方

2. N 值的选取

R_x 的有效位数由 N 和 R 的有效位数来决定。如果 Y_x 和 Y_R 的精度足够高, 使比值 N 具有足够多的有效位数, 则可视为常量。从测量精度和电桥灵敏度考虑, 一般取 Y_x 与 R_x 相同或相近数量级。桥臂 R 一般采用一个位数有限的电阻箱。例如具有 $\times 1000, \times 100, \times 10, \times 1$ 等四挡。

3. 电桥灵敏度

$S = \Delta n / \Delta R$ 式中 ΔR — 在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

电桥灵敏度 S 的单位是“格”。 S 越大, 在 R 基础上增减 ΔR 能引起的检流计偏转格数越多, 电桥越灵敏, 测量误差越小。

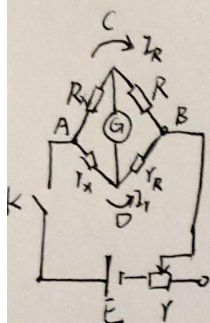
④ S 还可以写成 $S = \frac{\Delta n}{\Delta R} = \frac{\Delta n}{\Delta R} R$

4. 仪器误差

自组电桥的仪器误差主要是由电阻箱的误差引起的。箱式电桥是厂家生产的产品, 它的仪器误差有国家标准

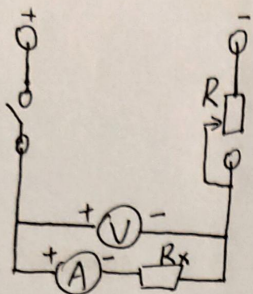
$$\Delta_{\text{仪}} = N(a\%R + \Delta R) \quad \text{式中 } N \text{ — 电桥比例臂比值} \quad a \text{ — 电桥准确度等级}$$

R — 比较臂示值
 ΔR — 比较臂的最小步进值

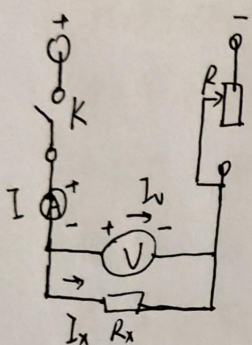


三. 数据处理

1. 判断使用内接还是外接



内接时 $R_{测} = R_A + R_x$ $\bar{E} = \frac{R_{测} - R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$



外接时 $R_{测} = \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_x}}$ $\therefore \frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_{测}} - \frac{1}{R_v}$

$R_x = \frac{R_v R_{测}}{R_v - R_{测}}$ $\bar{E} = \frac{R_{测} - R_x}{R_x} = -\frac{R_x}{R_x + R_v}$

所以当 $R_x \gg R_A$ 时, 内接法误差较小; 当 $R_x \ll R_v$ 时, 外接法误差较小

查表得知 20mA 电流表内阻为 10Ω . $\bar{E} = \frac{R_A}{R_x} = \frac{10}{1000} = \frac{1}{100}$

二极管正向导通, 电阻较小, 所以 $R_x \ll R_v$, 应用外接法

2. 惠斯通电桥灵敏度计算.

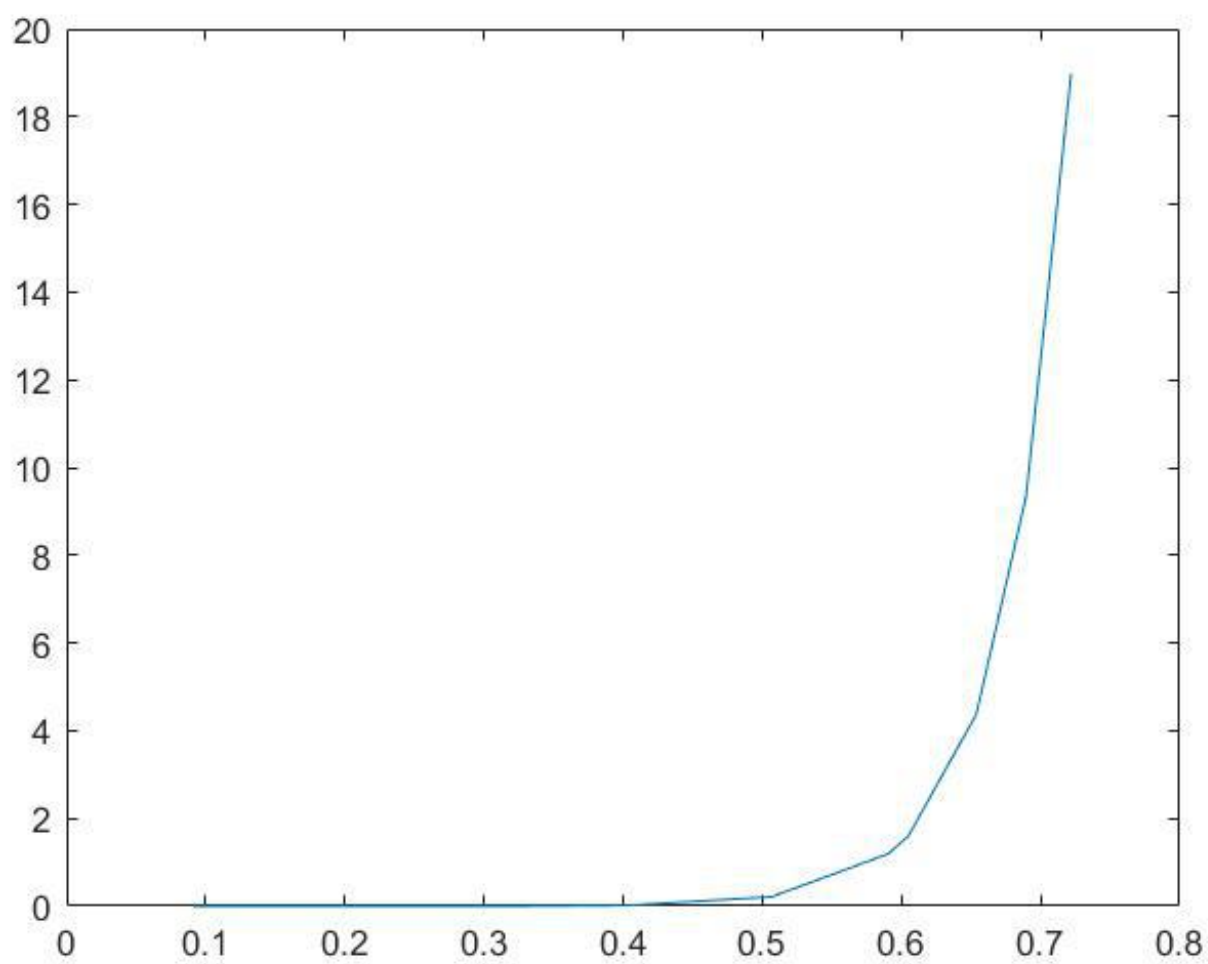
$$S = \Delta n / \frac{\Delta R}{R}$$

N	R_s	R_x	ΔR_s	Δn
1	986.9	986.9	0.4	12

$S = 12 / \frac{0.4}{986.9} = 29604$
 \therefore 灵敏度为 29604 (格)

N	R_s	R_v	ΔR_s	Δn
0.1	9867.0	986.7	10	9

$S = 9 / \frac{10}{986.7} = 8709.3$
 \therefore 灵敏度为 8709.3 (格)



四. 实验结论及现象分析

结论: ① 二极管在电压较小时保持开路, 电流为0, 当电压增大, 二极管的电流成指数式增长。
 ② 调节电阻箱电阻, 最终使灵敏电流计在灵敏度最大时也能保持偏转小于一格, 此时电桥平衡了。

五. 讨论问题

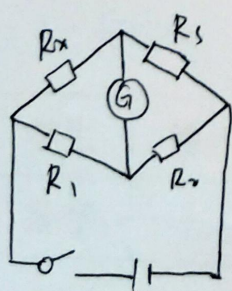
1. 电桥测电阻为什么不能测量小于1 Ω 的电阻?

对于小于1 Ω 的电阻, 电阻箱最小步进阻值为0.1 Ω , 则待测电阻在实际上与测量阻值存在0~0.09的误差, 即最高可达到9%的误差, 并且普遍存在1%~6%的误差, 误差较大, 不宜用于测量小于1 Ω 的电阻。

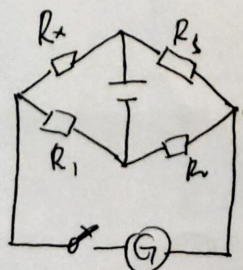
2. 用什么方法保护电流计, 不至于因电流过大而损坏?

首先要将灵敏度调到最小, 然后电源接通后采取“点按接通”的方式, 防止电流计过度偏转而损坏。

3. 当电桥平衡后, 若互换电源和检流计位置, 电桥是否仍然平衡? 并证明



如图, 若已经达到平衡 则 $\frac{R_x}{R_s} = \frac{R_1}{R_2}$ 则
若互换位置



$$\text{则 } U_x = \frac{R_x}{R_x + R_1} U = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_x}} U$$

$$U_s = \frac{R_s}{R_s + R_2} U = \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_s}} U$$

$$\frac{R_1}{R_x} = \frac{R_s}{R_2} \therefore U_x = U_s$$

\therefore 互换位置电桥依然平衡

1. 二极管的正向伏安特性曲线测定

	1	2	3	4	5
U(V)	0.0912	0.1936	0.3176	0.4037	0.5067
I(mA)	0	0	0	0.017	0.211
	6	7	8	9	10
U(V)	0.5906	0.6051	0.6539	0.6896	0.7220
I(mA)	1.192	1.603	4.377	9.340	18.986

2. 惠斯通电桥测电阻

电阻(阻值)	N	$R_s(\Omega)$	$R_x(\Omega)$	$\Delta R_s(\Omega)$	$\Delta n(\text{格})$	S(格)
1 k Ω	0.1	9867.0	986.7	0.8	10	12336.25
10 k Ω	1	9926.5	9926.5	7	10	14180.71

3. 分析电桥灵敏度变化

N	$R_s(\Omega)$	$R_x(\Omega)$	$\Delta R_s(\Omega)$	$\Delta n(\text{格})$	S(格)
1	986.9	986.9	0.4	12	29604
0.1	9867.0	986.7	10	9	8709.3

学生 姓名 学号 日期 教师签字
 签字 高旭 190320517 9.15 王 国 强