

普物虚拟实验报告 3

雷远航 学号:3210105807

December 22, 2022

Abstract

热敏电阻温度特性研究

一、实验目的

- 了解热敏电阻的电阻——温度特性及测温原理
- 惠斯登电桥原理及使用方法
- 学习作图法进行数据处理

二、实验原理

热敏电阻温度特性

热敏电阻是一种传感器电阻，按照温度系数不同分为正温度系数热敏电阻器（PTC）和负温度系数热敏电阻器（NTC）。正温度系数热敏电阻器（PTC）在温度越高时电阻值越大，负温度系数热敏电阻器（NTC）在温度越高时电阻值越低。热敏电阻的电阻值，随着温度的变化而改变，通过电阻的变化，电阻两端的电压就会变化，所以可以用来制作感知温度变化的传感器。在微波炉上，它能够实时监测内部的温度，因为热敏电阻对温度极为敏感，如果没有它，微波炉里面会出现过热现象，那么就可能造成火灾的等人为灾害。

半导体热敏电阻的基本特性是它的温度特性，而这种特性是与半导体材料的导电机制密切相关的。对于负温度系数热敏电阻，由于半导体中的载流子数目随温度升高而按指数规律迅速增加，温度越高，载流子的数目越多，导电能力越强，电阻率也就越小。因此负温度系数热敏电阻随着温度的升高，它的电阻将按指数规律迅速减小。

热敏电阻公式:

在一定温度范围内, 半导体热敏电阻 R_T 和绝对温度 T ($T=273+t^\circ$) 之间的关系可用下式表示:

$$R_T = ae^{\frac{B}{T}}$$

其中常数 a 不仅与半导体材料的性质而且与它的尺寸均有关系, 而常数 B 仅与材料性质有关, a 和 B 两常数可以用实验方法求出。

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

利用多个 T 和 R_T 的组合测量值, 通过作图的方法 (或用回归法) 来确定常数 a 、 B , 为此, 将式两边取对数变成直线方程:

$$\ln R_T = \ln a + \frac{B}{T}$$

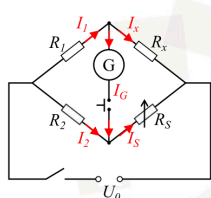
或写成 $Y = A + bX$

式中 $Y=\ln R_T$, $A=\ln a$, $b=B$, $X=1/T$, 然后取 X 、 Y 分别为横、纵坐标, 对不同的温度 $T(273+t^\circ)$ 测得对应的 R_T 值, 经过变换后作 $Y-X$ ($\ln R_T - 1/T$) 曲线, 它应当是一条截距为 A 、斜率为 b 的直线。由直线截距 $A=\ln a$ 得到 $a=e^A$, 根据斜率求出 B , 确定了半导体材料的常数 a 和 B 后, 便可计算负温度系数热敏电阻的电阻温度系数, 热敏电阻在不同温度时的电阻值, 可用惠斯顿电桥测得。

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \frac{dR_T}{dT} = -\frac{B}{T^2}$$

惠斯登电桥

惠斯登电桥电路图



基尔霍夫第一定律:

$$I_1 - I_x - I_G = 0$$

$$I_2 + I_G - I_S = 0$$

基尔霍夫第二定律:

$$I_1 \cdot R_1 + I_G \cdot R_G - I_S \cdot R_2 = 0$$

$$I_x \cdot R_x - I_S \cdot R_3 - I_G \cdot R_G = 0$$

$$I_G = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_x}{R_x + R_1} \right) \cdot \frac{U_0}{R_G}$$

$$R_x = \frac{R_3 U_0 - (R_2 + R_3) U_G}{R_2 U_0 + (R_2 + R_3) U_G} \cdot R_1$$

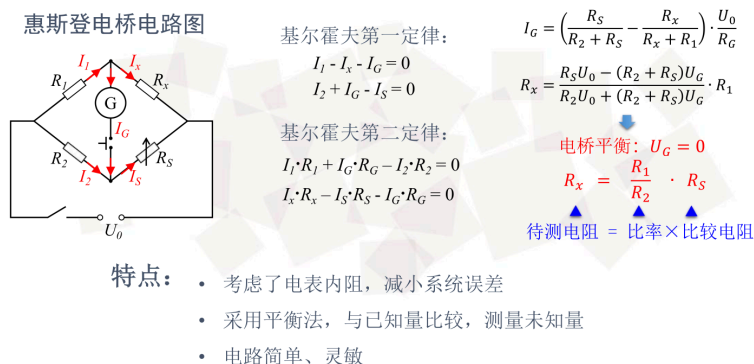
电桥平衡: $U_G = 0$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

待测电阻 = 比率 × 比较电阻

- 特点:
- 考虑了电表内阻, 减小系统误差
 - 采用平衡法, 与已知量比较, 测量未知量
 - 电路简单、灵敏

电桥灵敏度



12

电桥灵敏度分别为 (截图中的有效数字不准确):28.8、30.7、30.7

电桥灵敏度的平均值:30.0

三、实验内容

1. 用箱式电桥研究热敏电阻温度特性

- (1) 使用内接电源和内接检流计, 按照实验电路图连线。
- (2) 线路连接好以后, 检流计调零。
- (3) 调节直流电桥平衡。
- (4) 测量并计算出室温时待测热敏电阻值 R_x , 微调电路中的电阻箱, 测量并根据电桥灵敏度公式: $S = n / (R_x / R_x)$ 或 $S = n / (R_0 / R_0)$, 计算出室温时直流电桥的电桥灵敏度。
- (5) 调节适当的自耦调压器输出电压值, 使烧杯中的水温从 20°C 升高到 85°C 以上, 每隔 5°C 测量一次热敏电阻值 R_t ; 再将自耦调压器输出电压值调为 0V , 使水慢慢冷却, 降温过程中每隔 5°C 测量一次热敏电阻值 R_t , 最终求取升降温的平均电阻值, 并作出热敏电阻阻值与温度对应关系曲线。
- (6) 根据测量结果, 利用公式分别求取温度 T 趋于无穷时的热敏电阻阻值 R_∞ 、热敏电阻的材料常数 B 以及 50°C 时的电阻温度系数。

2. 用自组式电桥研究热敏电阻温度特性

- (1) 按实验电路图正确连线。
- (2) 线路连接好以后, 检流计调零。
- (3) 调节直流电桥平衡。
- (4) 测量并计算出室温时待测热敏电阻值 R_x , 微调电路中的电阻箱, 测量并根据电桥灵敏度公式: $S = n / (R_x / R_x)$ 或 $S = n / (R_0 / R_0)$, 计算出室温时直流电桥的电桥灵敏度。
- (5) 选择合适的自耦调压器输出电压值, 使烧杯中的水温从 20°C 升高到 85°C 以上, 每隔 5°C 测量一次热敏电阻阻值; 再将自耦调压器输出电压值调为 0V , 在水温的从 85°C 下降到室温的过程中, 每隔 5°C 测量一次热敏电阻阻值, 最终求取升降温的平均电阻值, 并作出热敏电阻阻值与温度对应关系曲线。

(6) 根据测量结果，求取温度 T 趋于无穷时的热敏电阻阻值 R_∞ 、热敏电阻的材料常数 B 以及 50°C 时的电阻温度系数 α 。

四、实验数据

箱式电桥研究热敏电阻温度特性

连接电路并且调节平衡：



计算电桥灵敏度

对实验数据进行记录

面列表中的 R_0)，然后在小范围内改变电阻箱 R_3 的电阻值，记下电阻箱相对平衡位置改变的值，即 ΔR_0 ，和检流计指针相对平衡位置偏转的格数，即 Δn_0 ，测量三次，记录实验数据：

内容	1	2	3
电阻臂 $R_0(\Omega)$	4600	4600	4600
变化量 $\Delta R_0(\Omega)$	160	300	450
偏转格数 Δn_0	1	2	3
电桥灵敏度	28.75	30.67	30.67

直流电桥的灵敏度 $S = \underline{\quad 30.03 \quad}$

将测量数据填入下列表格内。

选取合适的比例臂，测量 $20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ （每隔 5°C ）不同温度点对应的热敏电阻值，升降温各测一次求取平均值，记录实验数据：

温度值 (单位 $^\circ\text{C}$)	20	25	30	35	40	
升温时热敏电阻值 (Ω)	4000	3200	2600	2130	1760	1
降温时热敏电阻值 (Ω)	4000	3180	2580	2130	1750	1
热敏电阻平均值 (Ω)						

根据 $\ln(R_T) \sim (-1/T)$ 曲线，确定 T 趋于无穷时热敏电阻的阻值 R_∞ (单位： Ω) = $\underline{\hspace{2cm}}$

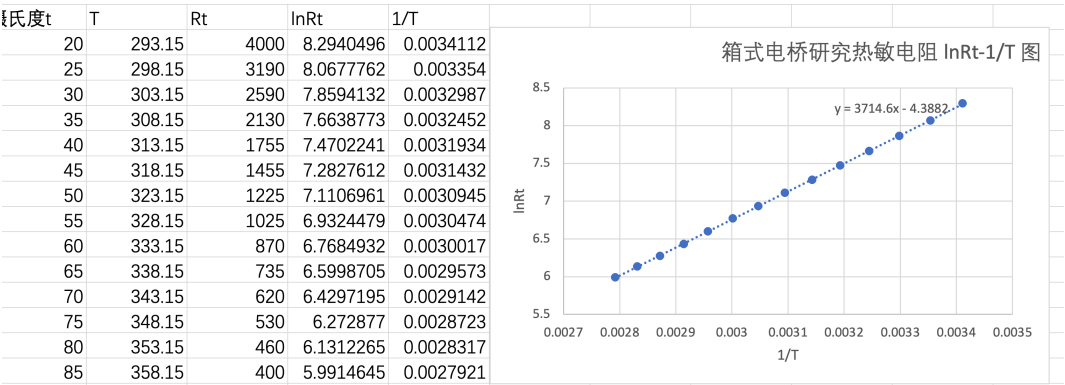
热敏电阻的材料常数 B (单位： K) = $\underline{\hspace{2cm}}$

50°C 时的电阻温度系数 α (单位： $1/\text{K}$) = $\underline{\hspace{2cm}}$

电桥灵敏度分别为 (截图中的有效数字不准确):30.0、28.1、25.0
 电桥灵敏度的平均值:27.7

温度系数计算

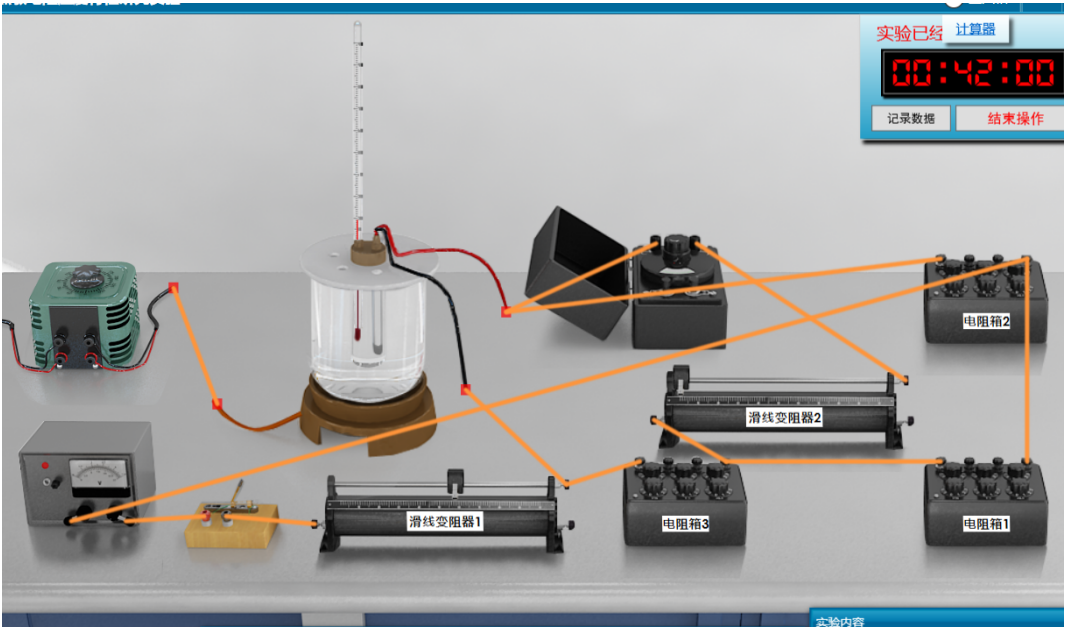
用 excel 对数据进行处理



- 确定 T 趋于正无穷时热敏电阻的值:
 截距 $A=-4.3882$, 由: $\ln a=A$, 计算得: $a=0.01243\Omega$
- 热敏电阻的材料常数 B (单位:K):
 材料常数 B 为拟合曲线的斜率:3714.6
- 50 摄氏度时的电阻温度系数 α (单位:1/K):
 $50+273.15=323.15K$ 由 $\alpha = -\frac{B}{T^2}=-0.0355$

自组式电桥研究热敏电阻温度特性:

对电路进行连接:



计算电桥灵敏度:

实验数据记录

选定一个合适的比例臂，调节电桥平衡，记下电桥平衡时电阻臂的电阻值 R_0 ，然后在小范围内改变电阻臂的电阻值，记下电阻臂相对平衡位置改变的值，即 ΔR_0 ，和指针相对平衡位置偏转的格数，即 Δn_0 ，测量三次，记录实验数据：

内容	1	2	3
电阻臂 $R_0(\Omega)$	4500	4500	4500
变化量 $\Delta R_0(\Omega)$	150	320	180
偏转格数 Δn_0	1	2	1
电桥灵敏度	30	28.1	25

电桥灵敏度 $S = \underline{27.7}$

将测量数据填入下列表格内。

选取合适的比例臂，测量 $20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ （每隔 5°C ）不同温度点对应的热敏电阻值，升降温各测一次，求取平均值，记录实验数据：

	30	35	40	45	50	55	60
	2700	2200	1820	1500	1270	1050	890
	2700	2280	1800	1500	1250	1020	880

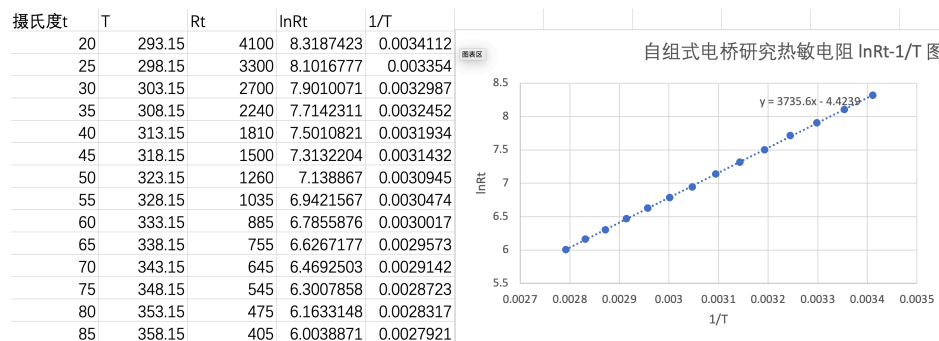
根据 $\ln(R_t) \sim (-1/T)$ 曲线，确定 T 趋于无穷时热敏电阻的阻值 R_∞ （单位： Ω ）= _____

热敏电阻的材料常数 B （单位： K ）= _____

50°C 时的电阻温度系数 α （单位： $1/\text{K}$ ）= _____

温度系数计算:

Excel 进行数据处理



(1) 确定 T 趋于正无穷时热敏电阻的值:

截距 $A = -4.4239$ ，由: $\ln a = A$ ，计算得: $a = 0.01198\Omega$

(2) 热敏电阻的材料常数 B (单位: K):

材料常数 B 为拟合曲线的斜率: 3735.6

(3) 50°C 时的电阻温度系数 α (单位: $1/\text{K}$):

$50 + 273.15 = 323.15\text{K}$ 由 $\alpha = -\frac{B}{T^2} = -0.0357$

四、总结与分析

思考题

1. 本实验的误差主要来源是什么？

误差的主要来源是:(1) 自热: 热敏电阻有一个可变电阻一个小电流, 因此须加热和它的热量消散在环境中。这个自加热效应的特征是热敏电阻的规格为扩散常数。热量是毫瓦的量级, 因此对环境的影响是可以忽略的, 在大多数情况下, 但自加热效应显示为一个测量误差。耗散常数是功率来加热热敏电阻在空气中 1 摄氏度 (1.8 摄氏度) 以上的环境温度下所需的量。较高的耗散常数是测量结果会更准确。

(2) 热时间常数: 热敏电阻有少量的质量, 这是通常进行封装, 用于机械保护。作为一个结果, 将花费一定量的时间用于热敏电阻, 以正确地测量温度时突然改变。热敏电阻器的热时间常数是时间, 单位为秒, 需要的热敏电阻来适应温度变化的 63.2 个百分点。例如, 如果温度为 50 至 60 摄氏度改变 10 度, 时间常数是读取 56.32 度所需的热敏电阻的时间。

(3) 准确性: 由于自加热和时间常数测量的不准确, 热敏电阻本身具有一定的耐受性在它的测量。这个误差可以在电阻或温度, 要么在一个特定的点或在测量范围内的术语来表示一热敏电阻规格。误差的典型规范值可能是加/减 1 度在 25 度或 ± 2 度从零度到 100 度。在电阻方面, 类似的规范可能加/减 10 欧姆。这种误差被添加到其它测量系统不准确。

2. 利用半导体热敏电阻的温度特性, 能否制作一只温度计?

利用半导体热敏电阻的温度特性, 可以制作一只温度计, 根据温度和阻值对应的关系设计传感器, 从而可以用于温度计的制作。

实验总结:

热敏电阻是一种用于测量温度的电子元件, 它的电阻值与周围环境温度成正比。在热敏电阻温度特性研究实验中, 通常会测量热敏电阻在不同温度下的电阻值, 并利用这些数据来研究热敏电阻的温度特性。在实验中, 首先需要准备所需的设备和材料, 包括热敏电阻、电阻测量仪、加热器和温度计等。接下来, 将热敏电阻放置在加热器上, 并使用电阻测量仪测量热敏电阻的电阻值。同时, 使用温度计测量热敏电阻周围的温度。这样, 就可以记录下温度和电阻值之间的关系。随着温度的升高, 热敏电阻的电阻值也会随之增大。因此, 通常可以画出温度和电阻值之间的曲线, 从而更好地理解热敏电阻的温度特性。在实验的最后, 可以总结出热敏电阻的温度特性, 包括其电阻值随温度变化的规律以及在不同温度下的电阻值变化范围等。此外, 还可以对实验过程中出现的问题进行分析, 并提出改进建议。例如, 在实验过程中, 如果发现热敏电阻的电阻值变化幅度较小, 可以考虑使用更灵敏的测量仪器或者选用具有更大温度灵敏度的热敏电阻来提高测量精度。

总的来说, 热敏电阻温度特性线上研究实验是一个有趣且有意义的实验, 既可以帮助我们了解热敏电阻的工作原理, 又简化了实验的过程。