

## 实验题目：电阻温度系数

一、实验名称：电阻温度系数。

二、实验目的。

1. 了解纯金属的电阻随温度变化特性在温度传感器中的应用。

2. 了解半导体电阻与温度的关系在测控领域中的应用。

三、实验仪器

KB203型恒流智能控温实验仪, QJ239型直流单臂电桥。

四、实验原理

1. 纯金属的电阻温度系数。

在通常温度下, 多数纯金属的电阻与温度成线性关系:

$$R = R_0(1 + \alpha)$$

式中,  $R$  是温度为  $t$  时的电阻;  $R_0$  为  $0^\circ\text{C}$  时的电阻;  $\alpha$  称为电阻温度系数, 单位为  $^\circ\text{C}^{-1}$ 。严格来说,  $\alpha$  与温度有关。但对本实验所用的纯铜而言, 在  $-50 \sim 100^\circ\text{C}$  范围内,  $\alpha$  的变化很小, 可看成常量。在上述温度范围内, 铜的  $\alpha$  值约为  $0.0043^\circ\text{C}^{-1}$ 。

利用纯金属的电阻随温度成线性变化的性质, 可制成电阻温度计, 也称电阻温度传感器。例如铜电阻温度传感器在  $-50 \sim 100^\circ\text{C}$  范围内, 线性很好, 应用广泛。



# 天津大学物理实验报告

附1页

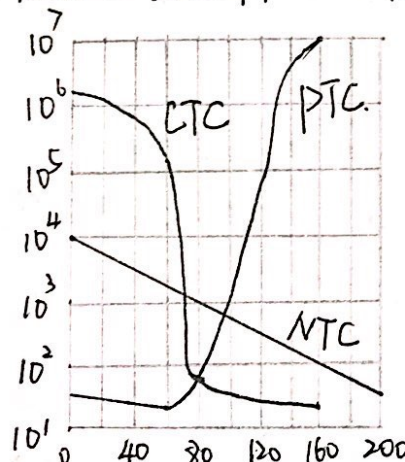
另一种温度传感器是铂电阻温度传感器,它具有准确度高,灵敏度高,稳定性好等优点,适用于 $-200\sim 650^{\circ}\text{C}$ 范围的温度测量,在国际实用温标中,铂电阻还作为 $-259.34\sim 630.74^{\circ}\text{C}$ 的温度基准。

实验室所用温度传感器多数为Pt100型铂电阻温度传感器, $T=0^{\circ}\text{C}$ 时, $R_0=100\Omega$ , $T=100^{\circ}\text{C}$ 时, $R=138.5\Omega$ ,在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内铂电阻与温度的关系也满足式 $R=R_0(1+\alpha t)$ ,其电阻温度系数近似为 $3.85\times 10^{-2}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

## 2. 热敏电阻的温度特性。

### (1) 热敏电阻的类型和特点

热敏电阻是用半导体材料制成的热敏元件,根据其电阻率随温度变化的特性不同,大致可分为三种类型:NTC,负温度型热敏电阻,PTC型热敏电阻,CTC型热敏电阻。这三种热敏电阻的电阻率随温度变化曲线见下图。



由图可知, PTC型和CTC型热敏电阻在一定温度范围内,阻值随温度剧烈变化,因此可用作开关元件,在温度测量中使用较多的是NTC型热敏电阻,实验中将测量其电阻温度特性。

实验题目:

## 12) NTC型热敏电阻特性.

NTC热敏电阻是具有负的温度系数的热敏电阻,即随着温度升高其阻值下降.其电阻温度特性符合负指数规律.在不太宽的温度范围内(小于 $450^{\circ}\text{C}$ ),NTC型热敏电阻的电阻-温度特性满足下式:

$$R_T = R_0 e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}.$$

式中,  $R_T$ ,  $R_0$  是温度为  $T$ ,  $T_0$  时的电阻值 ( $\text{K}$ );  $B$  是热敏电阻材料常量, 值为  $2000 - 6000 \text{ K}$ .

定义  $\alpha$  为热敏电阻的温度系数  $\alpha(T) = \frac{1}{R_0} (\frac{dR}{dT})$ . 将  $R_T = R_0 e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$  代入此式得

$$\alpha(T) = -\frac{B}{T^2}.$$

如果  $B = 4000 \text{ K}$ , 当  $T = 20^{\circ}\text{C}$  (即  $293.15 \text{ K}$ ) 时, 热敏电阻的  $\alpha(T) = 0.047^{\circ}\text{C}^{-1}$ , 约为铂电阻的 12 倍.

## 13) 金属材料.

康铜、锰铜合金的电阻几乎不随温度变化, 其  $\alpha$  值很小 (约为  $2 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 利用合金这一特性, 可用于制成标准电阻.



# 天津大学物理实验报告

附2页

## 五. 实验内容及要求

1. 用惠斯通直流电桥分别测出铜和NTC型热敏电阻在室温下的阻值.

(1) 打开电阻温度系数恒流控制仪的电源开关, 选择加热电流为“断”状态, 预热10分钟后记录测控仪数字温度示值, 即为室温温度 $T_0$ .

(2) 根据被测热电阻元件的初值, 合理选择直流电桥的倍率, 测出铜和NTC型热敏电阻的室温阻值. ( $20^{\circ}\text{C}$ 时铜电阻的阻值约为 $50\Omega$ , 热敏电阻的阻值约为 $3000\Omega$ )

2. 测不同温度时, 铜和热敏电阻的阻值.

(1) 设置温控仪的控温度为 $20^{\circ}\text{C}$ , 打开加热器和电扇电源开关, 加热电流取 $900\text{mA}$ , 待温度稳定后, 分别测出该温度下样品的电阻值.

(2) 从室温起每升高 $5^{\circ}\text{C}$ 测出各样品的电阻值, 测温至 $80^{\circ}\text{C}$ 即可.

(3) 用坐标纸作出铜电阻的 $R-T$ 曲线, 用图解法求出 $0^{\circ}\text{C}$ 的电阻及电阻温度系数 $\alpha(\frac{\Delta R}{\Delta T})$ .

(4) 作热敏电阻的 $\ln R = \frac{1}{T}$ 曲线, 求直线斜率 $k$ 即为材料常量 $B$ . 再根据式 $\alpha(T) = -\frac{B}{T^2}$ 求 $20^{\circ}\text{C}$ 时 ( $T = 293.15\text{K}$ ) 热敏电阻的温度系数 $\alpha(T_0) = -\frac{B}{T_0^2}$ .

实验题目:

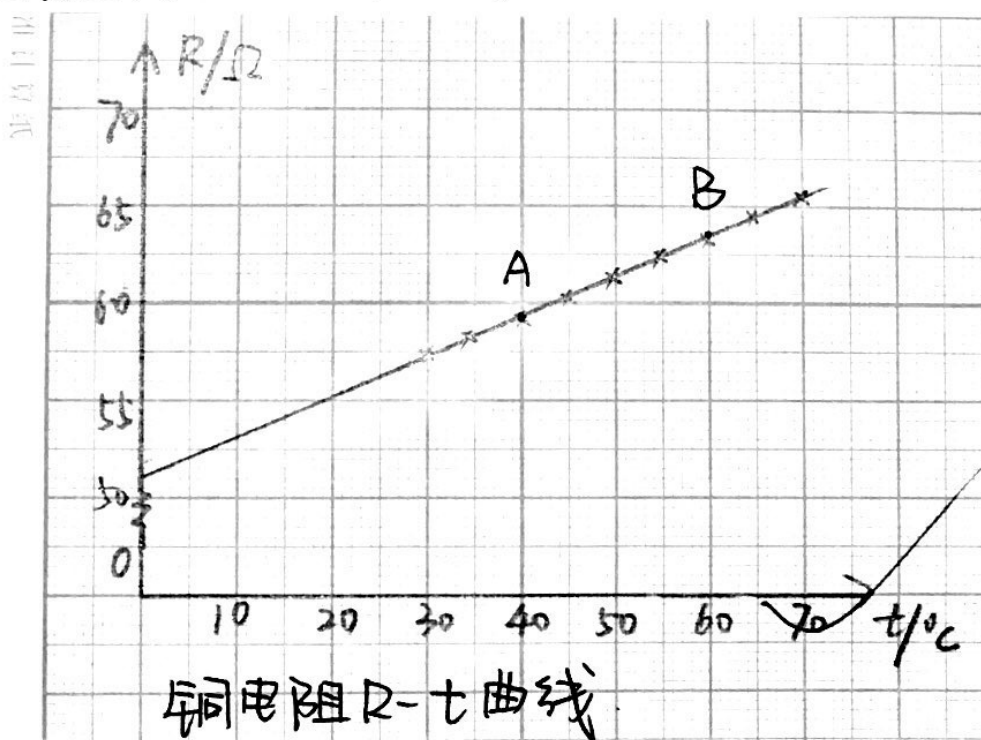
## 六、原始数据 + 数据处理

设定温度	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$Cu$	实际温度	29.9	35.4	39.9	44.9	49.9	54.9	60	64.5
	电阻 $R_{Cu}$	57.51	57.53	59.40	60.43	61.35	62.32	63.44	64.61
$NTC$	实际温度	30	34.9	40	44.90	50	54.9	59.9	65
	电阻 $R_{NTC}$	2458	2039	1715	1456	1225	1043	887	752

初始温度  $t_0 = 28.3^\circ C$ .  $R_{Cu} = 57.50 \Omega$ .  $R_{NTC} = 2591 \Omega$ .

由于初始室温约为  $28^\circ C$ , 故实验从  $30^\circ$  开始测量. 在不同温度下铜和  $NTC$  型热敏电阻阻值如上表所示.

2. 根据上表画  $Cu$  的  $R-t$  曲线.



# 天津大学物理实验报告

附 3 页

由图可知  $T=0^{\circ}\text{C}$  时,  $R_{Cu}=51\Omega$ .

选取图上 A、B 两点, A(40, 59.35) B(60, 63.55) 代入得电阻温度

系数  $\frac{1}{R}(\frac{\Delta R}{\Delta T}) = \frac{1}{51}(\frac{63.55-59.35}{60-40}) = 0.0042^{\circ}\text{C}^{-1}$

4. 根据上表得出热敏电阻的  $\ln R - \frac{1}{T}$  关系表如下:

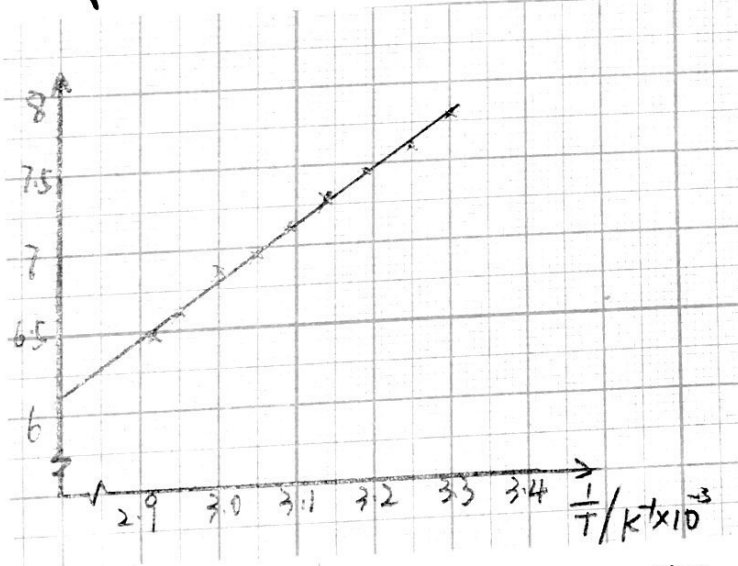
$\ln R / \Omega$	7.81	7.62	7.45	7.28	7.11	6.95	6.79	6.62	6.48
$\frac{1}{T} (\text{K}^{-1} \times 10^{-3})$	3.30	3.25	3.19	3.14	3.09	3.05	3.00	2.95	2.92

$\ln 2458 = 7.81$  .  $\ln 2039 = 7.62$  .  $\ln 1715 = 7.45$   $\ln 1456 = 7.28$

$\ln 1225 = 7.11$   $\ln 1043 = 6.95$   $\ln 887 = 6.79$   $\ln 752 = 6.62$

$\ln 649 = 6.48$   $30^{\circ}\text{C} \rightarrow \frac{1}{273.15+30} = 3.30 \cdot \text{K}^{-1} \times 10^{-3}$  同理.

由表得曲线: NTC 型热敏电阻  $\ln R - \frac{1}{T}$  曲线



选取点, (3.30, 7.81) 和点, (3.05, 6.95) 代入得.

$$k = \frac{7.81 - 6.95}{3.30 - 3.05} = 3.44 \times 10^3$$

$$B = 3440 \text{ K}$$

20 $^{\circ}\text{C}$  时, 热敏电阻温度系数  $\alpha(20^{\circ}) = -\frac{3440}{(20+273.15)^2} = -0.004001^{\circ}\text{C}^{-1}$

# 电阻温度系数数据记录表

初始温度  $t_0 = 28.3^{\circ}\text{C}$        $R_{Cu} = 57.50 \Omega$        $R_{NTC} = 2591 \Omega$ .

设定温度		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Cu	实际温度	29.9	35.4	39.9	44.9	49.9	54.9	60	64.5	69.9	
	电阻 $R_{Cu}$	57.51	58.53	59.40	60.43	61.35	62.32	63.44	64.61	65.55	
NTC	实际温度	30	34.9	40	44.9	50	54.9	59.9	65	69.9	
	电阻 $R_{NTC}$	2458	2039	1715	1456	1225	1043	887	752	649	