

# 实验报告——半导体温度计的制作

姓名：杨博涵 学号：PB20000328 班级：403 组 实验日期：2021 年 5 月 25 日

## 一. 实验目的

设计制作一个温度测量范围为 20~70 °C 的半导体温度计。熟练掌握万用表的使用，掌握电烙铁焊接电路的基本操作，学习对简单电路进行接线连接，并且利用半导体温阻关系测量温度。

## 二. 实验原理

半导体温度计以半导体热敏电阻作为温度传感器，利用半导体的阻值随温度变化而急剧变化的特性，将温度转化为相应的阻值，通过对其阻值的测量实现温度的测量。在测量过程中，充分利用物理量转化的方法，将温度转变成电流表的示数，利用半导体温阻关系将电流表表盘改写为温度盘，即完成半导体温度计的制作。

本实验采用负温度系数 (NTC) 热敏电阻器，该热敏电阻的电阻-温度特性是非线性的，阻值随温度的增加呈指数下降，其温度系数为负。

但是，我们必须认识到，热敏电阻值不仅与温度有关，还与电流有关，因此我们必须研究热敏电阻的伏安特性曲线。

如图，热敏电阻伏安曲线的起始部分接近线性，而电流较大时，热敏电阻伏安特性呈现出明显的非线性。因此，我们要控制路端电压在一定范围。

假设测量的温度范围为 [T1, T2]，如果预先测定热敏电阻的温度阻值特性，且微安计内阻已知，那么还要根据设计要求确定电路参数 E 和 R1、R2、R。

在温度下限 T1 时，热敏电阻值为  $R_{T1}$ ，此时要求微安计  $I_g = 0$ ，且设定电桥为对称电桥，设  $R_3 = R_T$ ，则电桥处于平衡状态，满足平衡条件

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_T}$$

当温度增加时，热敏电阻的电阻值就会减小，电桥失去平衡， $I_g \neq 0$ ，在微安计中就有电流流过。微安计中的电流的大小和温度变化存在一一对应的关系，因此就可以利用这种“非平衡电桥”特性实现一定范围内温度变化的动态测量。

在温度上限 T2 时，要求微安计的读数为满刻度  $I_g$ 。 $I_g$  与加在电桥两端的电压  $V_{CD}$  和 R1 与 R2 有关。这里我们取  $V_{CD} = 1V$ 。

由基尔霍夫方程组即可求出各物理量的关系

$$R_1 = \frac{2V_{CD}}{I_g} \left( \frac{1}{2} - \frac{R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} \right) - 2 \left( R_G + \frac{R_{T1}R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} \right)$$

由此可以确定所有电路元件的参数，此时一个半导体温度计的核心制作已完成，下面只需标定与测量即可。

## 三. 实验仪器

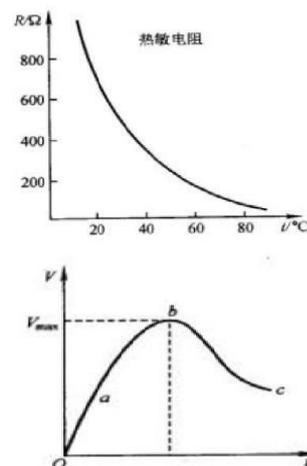
电烙铁，万用表，恒温水浴箱，热敏电阻（温度特性给定），微安计（内阻  $R_g$  已知），可变电阻箱，电位器，1.5V 电池，多档开关，待焊接的电路板，导线若干，操作面板（外壳）。

## 四. 原始数据

### 1. I-T 对应关系

I/ $\mu A$	0	6.3	12.1	18.1	23.9	30.2	35.1	39.9	44.0	47.1	50
T/ $^{\circ}C$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70

### 2. 恒温箱温度

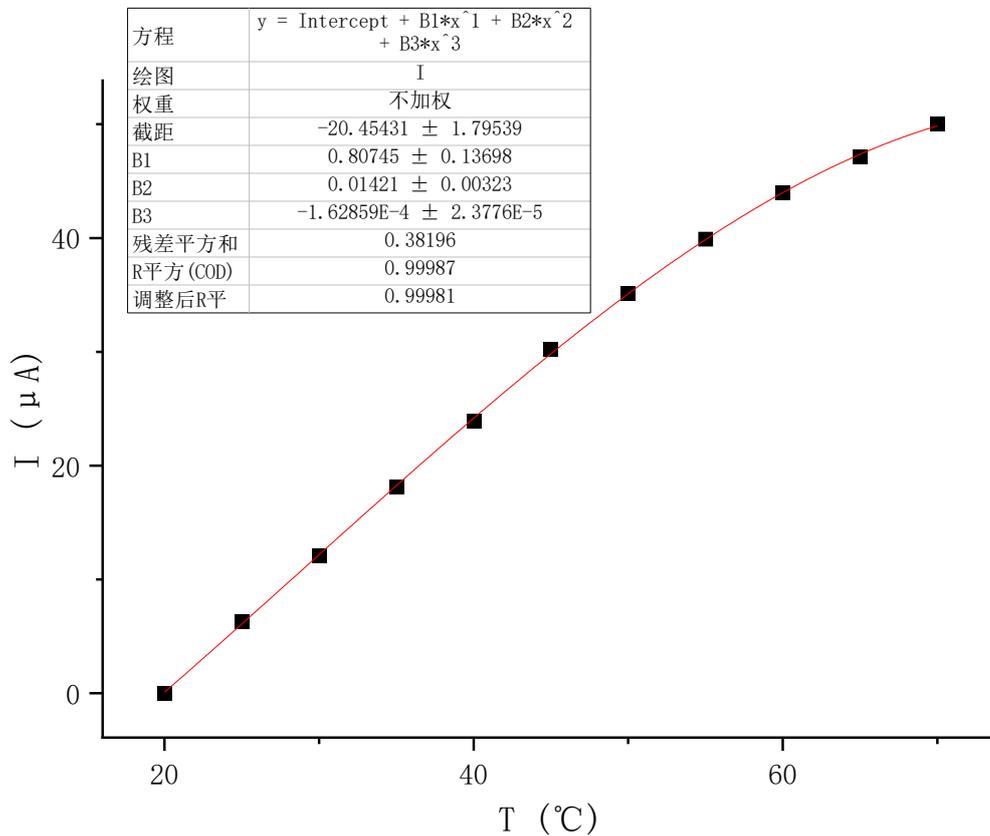


实际温度	32.0°C	59.0°C
测量电流	13.8 μA	42.0 μA

3.

### 五. 数据处理

根据实验数据, 拟合 I-T 曲线 (3 次多项式拟合)



令  $I=13.8 \mu\text{A}$ , 得方程

$$13.8 = -20.45 + 0.80745T + 0.01421T^2 - 1.62859 * 10^{-4}T^3$$

解得

$$T_1 = 31.3^\circ\text{C}$$

令  $I=42.0 \mu\text{A}$ , 得方程

$$42.0 = -20.45 + 0.80745T + 0.01421T^2 - 1.62859 * 10^{-4}T^3$$

解得

$$T_2 = 57.5^\circ\text{C}$$

此处  $T_1$ ,  $T_2$  即为两个水浴箱的测量温度。

相对误差分别为:

$$\delta_1 = \frac{|32.0 - 31.3|}{32.0} \times 100\% = 2.19\%$$

$$\delta_2 = \frac{|59.0 - 57.5|}{59.0} \times 100\% = 2.54\%$$

根据最终结果, 我们在相对误差 < 5% 的精度下制作了半导体温度计, 并测得了恒温水浴箱的温度, 实验取得成功。

## 六. 思考与讨论

本次实验是一个富有趣味的动手设计型实践,通过本次实验掌握了基本电路焊接方法,深刻领会了转化法思想,深化了对电路理论的理解,提高了动手能力,收获颇丰。

本次实验的误差主要来自于温度计设计方面的主观因素,比如焊接电路可能出现虚焊漏焊的问题(接触电阻),没有完全保证  $R_1=R_2$ ,电表读数误差等。客观上可能给定的热敏电阻数据不够精确,或是万用表误差,水浴箱温度计不准等。

总体上说是一次很成功的实验。

### 半导体温度计制作思考题:

1. 用万用表测量并调节  $R_1$  和  $R_2$  的阻值时,可以取比式(16-4)计算值略小的整数。为什么?

答:因为取较小的整数时,根据公式,相应的  $V_{CD}$  也会变小,能够保证仍处于热敏电阻的线性区段。否则若取大于 16-4 式计算值则可能超出。

2. 完成电路连接后,如果需要测  $R_1$  和  $R_2$ ,为什么需将开关置于 1 挡,拨下 E 处接线,断开微安计?

答:万用表测电阻的原理是外置电源加在电阻两边,通过电流来测量电阻。开关置于 1 挡是防止内部电流影响万用表自身电流大小(导致测量不精确),断开微安计是防止外置电流过大超过其量程,造成损坏。

3. 开关置于 3 档,电阻箱接入接线柱 A 和 B。使电阻箱的阻值为上限温度(70°C)所对应的  $R_T$ 。为什么此时调节电位器 R 可以使微安计满刻度?

答:此时电桥处于非平衡状态,调节调节电位器 R 可以通过调节  $V_{CD}$  的大小,来改变通过微安计的电流为满刻度,从而完成设计要求。故此时调节电位器 R 可以使微安计满刻度。反之根据电路理论,在电桥平衡时调 R 是没有用的,微安表始终示零。

4. 开关置于 2 挡,调节电位器  $R_4$  使微安计满量程,这时,  $R_4=R_T$ 。这样做的目的何在?

答:干电池电源电压会随着使用时间的变长而变小,导致测量精度下降。调节  $R_4$  的目的是设置一个检验装置,每次使用前调至 2 挡,若电流计基本满偏,则可以正常使用,若示数有明显下降,则必须重新设置仪器再使用。

### 示波器的使用思考题:

1.YT 模式下,若要测量波形电压,应如何操作?

答:将电势零线调至屏幕一端,调节电压基使电压最大值点尽量处于另一端,此时可用肉眼或光标进行读数,方法与测波形周期一样(只是一个横着一个竖着)。

2.XY 模式下,李萨如图形中的比值为 Y/X 轴切点数之比,若比值取倒数,图形会有什么变化?

答:图形会关于  $y=x$  直线对称于原图形。

3.测量示波器自备方波时,哪种时基测量最准确?

答:用  $100\mu s/cm$  的时基测量更准确,因为此时单位时间在屏幕上的长度更长,在人眼读数误差一定时,相对误差更小。