

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 23 日

半导体温度计实验报告

1 实验目的

- 1、测试温度在 $20\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的范围内，选用合适的热敏电阻和非平衡电桥线路来设计半导体温度计。
- 2、进一步理解热敏电阻的伏安特性曲线和惠斯通电桥测电阻的原理。
- 3、学习非电学量的电测法，了解实验中的替代原理的应用。

2 实验原理

2.1 热敏电阻

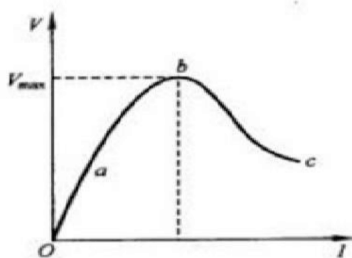


图 1: 热敏电阻的伏安特性曲线

图 1 为热敏电阻的伏安特性曲线。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。流过热敏电阻的电流较小，热敏电阻上消耗的功率不足以显著地改变热敏电阻的温度，因而符合欧姆定律。此时，电流的影响可以忽略不计，热敏电阻的阻值主要与外界温度有关。用热敏电阻设计制作半导体温度计，必须考虑热敏电阻的伏安特性。在温度计设计制作过程中要使热敏电阻工作在其小电流的线性区。

实验报告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 23 日

2.2 惠斯通电桥

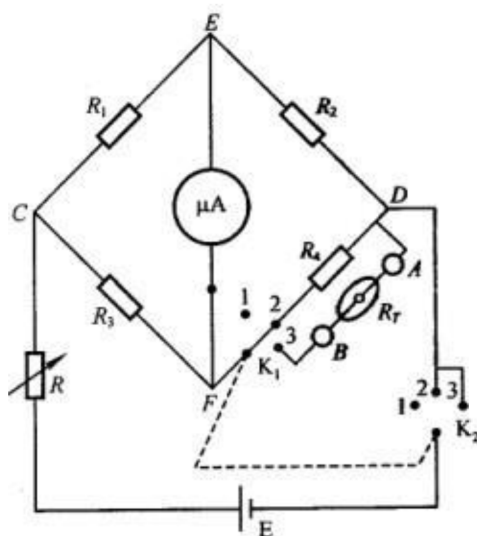


图 2: 热敏电阻测温电路原理图

图中 G 是微安表, R_T 为热敏电阻。当电桥平衡时, 表的指示必为 0, 此时满足条件:

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

若取 $R_1 = R_2$, 则 R_3 的数值即为 R_T 的数值。平衡后的电桥若其中某一臂的电阻又发生改变, 则平衡将受到破坏, 微安表中将有电流流过, 此为“非平衡电桥”。由基尔霍夫方程组求出:

$$I_G = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_{T2}}{R_3 + R_{T2}}}{R_G + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_{T2}}{R_3 + R_{T2}}}.$$

由此可见微安表中的电流大小直接反应了热敏电阻的阻值的大小程度。由于热敏电阻的大小与环境温度是一一对应关系, 因此可以利用这种“非平衡电桥”的电路原理来实现对温度的测量。

3 实验器材

热敏电阻、电阻器、电阻箱、微安表、多用电表、电池、多档开关、导线、电路板、电烙铁、恒温水浴锅等。

4 测量记录

4.1 确定各元件参数

选取 $V_{CD} = 1V$, 根据附表得 $R_G = 3439\Omega$, $I_G = 50\mu A$, $R_{T1} = 2281\Omega$, $R_{T2} = 436\Omega$, 并利用

$$R_1 = R_2 = \frac{2V_{CD}}{I_G} \left(\frac{1}{2} - \frac{R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} \right) - 2 \left(R_G + \frac{R_{T1} R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} \right) = 5971.1\Omega,$$

求出 R_1 、 R_2 。

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 23 日

4.2 温度计定标

开关置于 3 挡, 每隔 5°C 从热敏电阻的电阻-温度特性曲线上读出温度 $20^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 间一系列电阻值。电阻箱逐次选择前面所取的电阻值, 读出微安计的电流读数 I 。将微安计表盘刻度改成温度的刻度。

表 1: 原始数据

温度 $/^{\circ}\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
电流 $/\mu\text{A}$	0.0	6.0	12.0	18.0	24.0	29.0	34.0	39.0	43.0	46.5	50.0

4.3 测量实际温度

表 2: 原始数据

温度计读数 $/^{\circ}\text{C}$	31.8	59.0
电流表读数 $/\mu\text{A}$	13.5	41.1

5 分析与讨论

5.1 数据处理

5.1.1 定标的 I-T 曲线及半导体温度计测量值

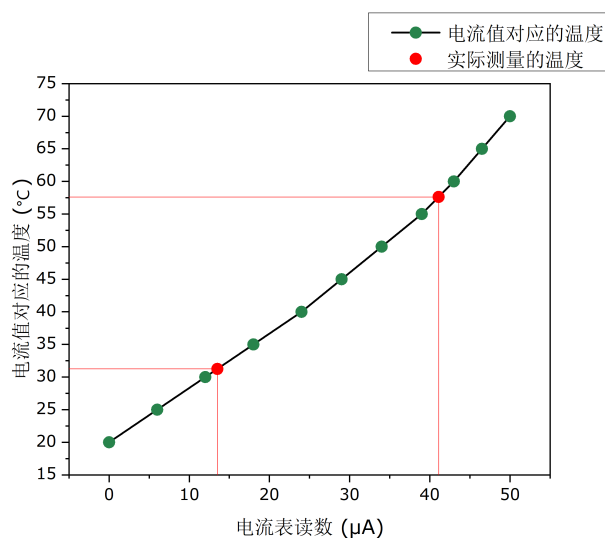


图 3: 利用 Origin2020 作出的定标的 I-T 曲线

表 3: 酒精温度计与“半导体温度计”测量值

酒精温度计读数 $/^{\circ}\text{C}$	31.8	59.0
“半导体温度计”读数 $/^{\circ}\text{C}$	31.3	57.6

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 23 日

5.2 误差分析

通过转换成热力学温标计算出两次测量的相对误差：

$$\delta_1 = \left| \frac{31.8 - 31.3}{31.8 + 273.2} \right| \times 100\% = 0.16\%,$$

$$\delta_2 = \left| \frac{59.0 - 57.6}{59.0 + 273.2} \right| \times 100\% = 0.42\%.$$

从中可以发现，电表测量值比温度计测量值偏小，且温度更高的时候误差更大。

在不考虑二者测量对象的温度差异的情况下，可以认为误差由以下几个来源：

5.2.1 系统误差

1、虽然热敏电阻的伏安特性曲线在电流较小的时候可以近似成线性关系，但不代表就是线性关系，利用线性模型一定会产生误差。

5.2.2 随机误差

1、 R_1 和 R_2 的调节困难。实验中使用的圆柱形电容器无级调节，用手旋转时稍有不慎电阻就会有很大变化，以致几乎无法使二者分别与计算值相等。

2、焊接操作对器材有明显干扰。使用高温电烙铁会使精密的仪表测量不准。

3、导线电阻不能忽略不计。

5.3 实验讨论

5.3.1 安全

焊接电路是本实验中有安全隐患的一项操作，需要注意以下几点：

1、当工作时不需要使用电烙铁的时候，应将其置于专用支架上，避免烧伤、烫伤。避免烫坏导线或其他物件，并将电烙铁的放置地点远离易燃品。

2、电烙铁使用完毕后，上面多余的焊锡尽可能不要乱甩。

3、在电烙铁头没有确信脱离电源及没有冷却时，坚决不能用手摸！

6 思考题

6.1 用万用表测量并调节 R_1 和 R_2 的阻值时，可以取比计算值略小的整数，为什么？

本实验原理中的电流只从 A 流向 B（图 2），若 R_1 和 R_2 的阻值略小，则该支路电流比理论值更大，流经电流计的电流也会更大，现象更明显；但也不宜过小，否则与理论计算相差过大。这里 R_1 和 R_2 本来就是近似计算，再加上调节困难，取近似值影响不大。

6.2 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，拔下 E 处接线，断开微安计？

如果不将开关置于 1 挡，拔下 E 处接线，断开微安计，那么用万用电表测量 R_1 或 R_2 的电阻的时候，电路中的其他有电阻的部分与之并联，所测的不是 R_1 或 R_2 的电阻。

实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2021 年 4 月 23 日

6.3 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_2} 。为什么此时调节电位器 R 可以使微安计满刻度?

当路端电压为 U 的时候, A、B 两点 (图 2) 的电势差可估算为

$$\Delta U = U \times \left(\frac{1}{2} - \frac{436}{2281 + 436} \right) = \frac{U}{3},$$

此时电流为

$$I = \frac{\frac{U}{3}}{3439} (\text{A}) \approx \frac{U}{10000} (\text{A}).$$

而满偏电流为 50 微安, 故只需等效电源路端电压达到 0.5V。电源电动势为 1V, 很容易达到。

6.4 开关置于 2 挡, 调节电位器 R_4 使微安计满量程, 这时, $R_4 = R_{T_2}$, 这样做的目的何在?

这样做后就可以将开关置于 2 档对半导体温度计作调零操作, 而不必在每次测量前找到温度为 70 度的物体来完成调零。