

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-4-30

实验题目：半导体温度计的设计与制作

实验目的：进一步理解热敏电阻的伏安特性和惠斯通电桥测电阻的原理，学习非电学量的电测法，了解实验中的替代原理的应用，同时提高组装、焊接电路的操作能力。

实验器材：热敏电阻、待焊接的电路板、微安表、电阻器、电烙铁、电阻箱、电池、导线、万用表、恒温水浴

实验原理：半导体温度计就是利用半导体的电阻值随温度变化而发生急剧变化的特性而制作的，以半导体热敏电阻为传感器，通过测量其电阻值来确定温度的仪器。一般使用金属氧化物半导体作温度传感器。

热敏电阻的伏安特性曲线和测温电路原理图如下：

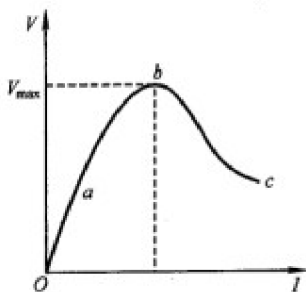


图 3.5.3-1 热敏电阻伏安特性曲线

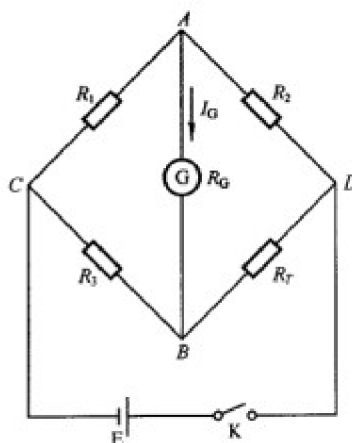


图 3.5.3-2 热敏电阻测温电路原理图

图一：热敏电阻的伏安特性曲线和测温电路原理图

当取伏安特性曲线的 a 段时，近似认为符合欧姆定律。当 I_G 使 G 满偏时，近似认为 $V_{CD}=I_T (R_3+R_T)$ 。由基尔霍夫方程组解得：

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

由上式可以确定 R_1 ($=R_2$)，其中 R_3 的确定是在下限温度电阻 R_{T1} 下，使电桥平衡，从而有 $R_3=R_{T1}$ 、 $R_2=R_{T1}$ 。由下表可以知道， $R_3=R_{T1}=2277$ ， $R_{T2}=462$ 。作出 R-T 曲线并计算得： $R_1=R_2=4545$ 。

| | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|---|
| T () | 15.0 | 20.0 | 25.0 | 30.0 | 35.0 | 40.0 | 45.0 |
| R () | 2750 | 2277 | 1922 | 1654 | 1388 | 1186 | 1004 |
| T () | 50.0 | 55.0 | 60.0 | 65.0 | 70.0 | 75.0 | $R_G=3970$ $I_G=50 \mu a$ $U_{CD}=1V$ |
| R () | 860 | 730 | 623 | 537 | 462 | 403 | |

表一：热敏电阻的 R-T 关系和基本实验条件

实 验 报 告

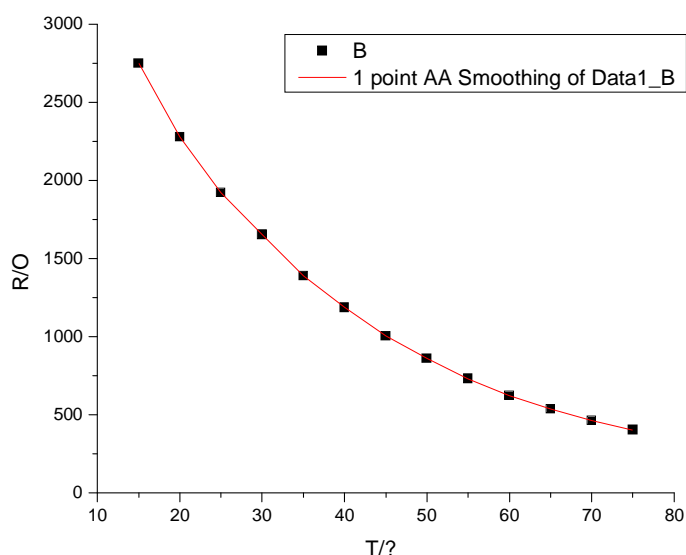
评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-4-30



图二：T-R 关系图

实验内容：

- (1) 在坐标纸上绘出热敏电阻的电阻-温度曲线，确定所设计的半导体温度计的下限温度（20°）所对应的电阻值 R_1 和上限温度（70°）所对应的电阻值 R_2 。再由热敏电阻的伏安特性曲线确定最大工作电流 I_0 。根据实验中采用的热敏电阻的实际情况，选取 $V_0=1V$ ，它可以保证热敏电阻工作在它的伏安特性曲线的直线部分。
- (2) 令 $R_0=R_1$ ，即测量温度的下限电阻值，由式 (3) 计算出桥臂电阻 R 和 R_0 的电阻值。式中 R_2 为量程上限温度的电阻值； R_0 为微安表的内阻。
- (3) 熟悉线路原理图（图 3.5.3-2）和底板配置图（图 3.5.3-4），对照实验所用元件、位置及线路的连接方向。
- (4) 注意正确使用电烙铁，学会焊接，防止重焊、虚焊、漏焊、断路。焊接时 K 放在 1 挡，电流计“+”端与 E 处要最后连接，以免损坏电表。
- (5) 标定温度计
 R 和 R_0 的调节和测量：开关置于 1 挡，拨下 E 处接线，断开微安计，用多用表检查 R 和 R_0 ，使之阻值达到式 (3) 的计算值（可以取比计算值略小的整数）。

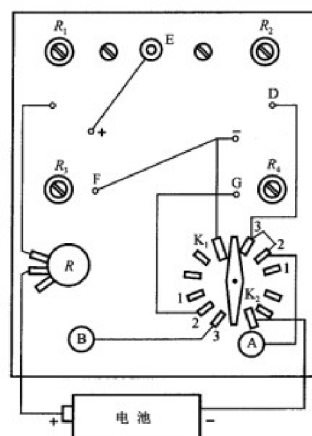


图 3.5.3-4 底板配置图

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-4-30

将电阻箱接入接线柱 A 和 B, 用它代替热敏电阻, 开关置于 3 位置, 令电阻箱的阻值为测量下限温度 (20) 所对应的 R_1 , 调节电位器 R_0 , 使电表指示为零 (注意, 在以后调节过程中, R_0 保持不变)。然后, 使电阻箱的阻值为上限温度 (70) 所对应的 R_2 , 调节电位器 R_0 , 使微安计满量程。
(为什么调 R_0 可使电表满刻度?)

开关置于 2 挡, 调节电位器, R_0 , 使微安计满量程, 这时, $R_1 = R_2$ (其目的何在?)

开关置于 3 挡, 从热敏电阻的电阻 温度特性曲线上读出温度 20 ~ 70 , 每隔 5 读一个电阻值。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 。将图 3.5.3-5 的表盘刻度改成温度的刻度。另外, 作出对应的 I - T 曲线并与表盘刻度比较。

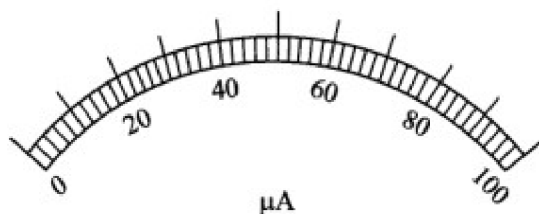


图 3.5.3-5 微安计表盘刻度

用实际热敏电阻代替电阻箱, 整个部分就是经过定标的半导体温度计。用此温度计测量两个恒温状态的温度 (如 35 、 55)。读出半导体温度计和恒温水浴自身的温度, 比较其结果。

实验数据：

| | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| T () | 20.0 | 25.0 | 30.0 | 35.0 | 40.0 | 45.0 |
| R () | 2277 | 1922 | 1654 | 1388 | 1186 | 1004 |
| I (μA) | 0 | 6.3 | 12.0 | 18.4 | 24.0 | 29.9 |
| T () | 50.0 | 55.0 | 60.0 | 65.0 | 70.0 | |
| R () | 860 | 730 | 623 | 537 | 462 | |
| I (μA) | 34.5 | 39.0 | 43.0 | 46.8 | 50.0 | |

表二：T-I 对应关系

实际测量恒温水浴的情况为：

36.7 下, 电流为 20.0 μA ; 57.6 下, 电流为 40.9 μA 。

实验数据和结果分析：

将 T-I 的关系作成曲线如下

实 验 报 告

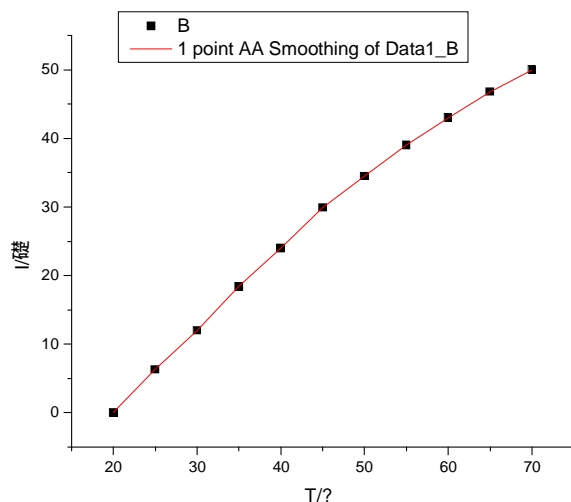
评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-4-30



图三：T-I 关系图

根据上图并利用 ORIGIN 的读数功能可以读出，在 36.7 时，对应的电流大约是 $20.2 \mu A$ ；在 57.6 时，对应的电流大约是 $40.8 \mu A$ ，这两个数据和实际测量所得到的值吻合得比较好，可以认为实验中的温度标定是成功的。

实验中误差的来源主要是对电桥中电阻初始化和对微安表的读数，如果不认为给定的热敏电阻的温度和电阻的关系是精确的话，那么最大的误差来源于对热敏电阻实际的温度-电阻关系的测定（注：通过“用热敏电阻测温度”这个实验可以深切体会到）。由于这些误差来源不确定性很大而且几乎不能定量计算，故不作定量的误差分析。

另外，由于技术原因，纸质微安表盘随预习报告和实验数据一同交上。

实验小结：

本实验操作中的难点来源于对电路的焊接。我由于过度相信课本上的电路图而缺乏自身分析，没有注意到实际电路和书本上电路的细微不同，导致线路错误，调试过程耗费了不少时间，但是最后还是凭借自己的观察分析发现了问题，提高了自己的能力。其他操作基本顺利。

思考题：为什么在测 R_1 和 R_2 时，需将开关置于 1 档，拨下 E 处接线，断开微安表？

Sol：由电路结构可以知道，这样做的目的是使两个电阻从电路中断开，从而能够准确得到两个电阻的阻值，如果没有这些操作，那么测量的电阻值就是错误的。