

基于 Matlab 实现热敏电阻温度特性实验的数据处理

官华夏

(东莞市第六高级中学 广东 东莞 523000)

(收稿日期:2020-11-03)

摘要:用非平衡电桥研究热敏电阻的温度特性,采用传统的坐标纸作图法以及手工计算,计算量大且精度不高,利用通用软件 Matlab 实现实验数据的处理和分析,从而得出热敏电阻的温度特性。

关键词:Matlab 热敏电阻 图线绘制 拟合

1 引言

用非平衡电桥研究热敏电阻的温度特性曲线是普通物理实验中一个比较重要的电磁学实验,学生在进行实验操作后,对于实验数据的处理与分析,是一个比较困难的过程.实验数据曲线拟合及分析的传统方法,是采用最小二乘法和坐标纸作图法.这种手工做法,计算量大,精度不高.本文根据最小二乘法原理并结合数值分析方法,将曲线化直进行分析,利用 Matlab 软件编程计算对实验数据进行线性拟合,从而得出热敏电阻的温度特性。

Matlab 软件是由 Mathworks 公司发布的主要面对科学计算、数据可视化、系统仿真及交互程序设计的高科技计算环境.由于其功能强大,而且简单易学,Matlab 软件已经成为高校教师、科研人员和工程技术人员人员的必学软件,它能够极大地提高工作效率和质量.我们知道,Matlab 一词是矩阵实验室(Matrix Laboratory)的简称,与其他高级语言相比,Matlab 程序编写简单,计算高效,且提供了大量的专业工具箱,便于专业应用.特别是工具箱中的 Matlab 数学函数库包括了大量的计算方法,让笔者体现到了其强大的数学计算功能^[1,2]。

2 实验方法与原理

利用作图法研究半导体负温度系数热敏电阻随温度变化的规律,负温度系数热敏电阻 R_t 随热力学温度 T 的变化成指数函数关系

$$R_t = Ae^{\frac{B}{T}} \quad (1)$$

式中 A 和 B 为常数.为了能够更精确的测量,采用了将曲线化直的方法,对上式两边取对数得

$$\ln R_t = B \frac{1}{T} + \ln A$$

可见 $\ln R_t$ 与 $\frac{1}{T}$ 成线性关系,通过实验测得若干 R_t 和相对应的 T 值,利用最小二乘法线性拟合,通过作图法求出 $\ln A$ 和 B ,进一步求出激活能 $E = BK$ 和 20°C 时的温度系数。

采用非平衡电桥测量热敏电阻,电路如图 1 所示。

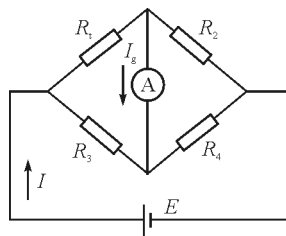


图 1 非平衡电桥测量热敏电阻电路图

当电桥不平衡时,电流计有电流 I_g 流过,我们用支路电流法求出 I_g 与热敏电阻 R_t 的关系,根据基尔霍夫定律列式,最后可得

$$R_t = \frac{R_2 R_3 E - I_g (R_2 R_3 R_4 + R_g R_2 R_3 + R_g R_2 R_4)}{I_g (R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_4 R_2 + R_g R_3 + R_g R_4) + R_4 E} \quad (2)$$

从式(2)以及(1)式可以看出, I_g 与 R_t 以及 R_t 与 T 都是一一对应的,也就是 I_g 与 T 有着确定的关系.因此我们可以通过测出 I_g 与 T 的关系来推出 R_t 与 T 的关系,即测得热敏电阻的温度特性^[3,4]。

原始实验数据如表 1 所示。

表1 用非平衡电桥测热敏电阻实验数据

温度 $t/^\circ\text{C}$	100.0	95.0	90.0	85.0	80.0	75.0	70.0	65.0	60.0	55.0	50.0	45.0	40.0	35.0	30.0
$I_g/\mu\text{A}$	100.0	96.4	90.8	85.6	80.4	75.0	68.0	61.6	54.8	44.6	39.2	31.8	22.4	13.8	6.0

室温 $t_0 = 25.6^\circ\text{C}$, $R_1 = 5000\ \Omega$, 输出电压 $E = 0.9\ \text{V}$, $R_2 = 5000\ \Omega$, $R_3 = 1950\ \Omega$, $R_4 = 1950\ \Omega$, $R_g = 2.156\ \text{k}\Omega$

3 利用 Matlab 软件进行实验数据处理

通过实验原理的学习,可以知道 R_t 与 T 成指数关系

$$R_t = Ae^{\frac{B}{T}}$$

$\ln R_t$ 与 $\frac{1}{T}$ 成线性关系

$$\ln R_t = B \frac{1}{T} + \ln A$$

利用 Matlab 编程求出系数 B 和 $\ln A$ 的最小二乘估计,并拟合出曲线。

3.1 利用 Matlab 进行编程

打开 Matlab7.0 界面,在命令窗口输入命令语句:

```
t=input('t=');
```

```
ig=input('ig=');%以数组的方式输入相应实验数据,即[...]的形式
```

接着对“t”和“ig”的数组大小进行定义,获取行数和列数,调用 size 函数:

```
m=size(t);
```

```
n=size(ig);
```

以下是主要的程序内容:

```
for i=1:n(2) %从第一个数据到最后一个连续运算
```

```
    r(i)=(5000*1950*0.9-ig(i)*(5000*1950*1950+2156*5000*1950+2156*5000*1950))/(ig(i)*(5000*1950+1950*1950+1950*5000+2156*1950+2156*1950)+1950*0.9);%根据公式和相对应系数得出电阻值
```

```
end
```

```
for i=1:m(2)
```

```
    tf(i)=1/t(i);
```

```
end
```

```
for i=1:n(2)
```

```
    lnrt(i)=log(r(i));
```

```
end
```

```
a=polyfit(tf,lnrt,1);%线性拟合 ln Rt 与 1/T
```

```
f=@(x)a(1)*x+a(2);%其中 a(1) 是 B, a(2) 是 ln A
```

```
g=@(y)exp(a(1)/y+a(2));
```

```
subplot(2,2,1);%将显示框分为两行两列,共两个图,创建第一个子图
```

```
fplot(f,[0.0026,0.0034],k);%调用 fplot 函数绘制图形
```

```
hold on;
```

```
plot(tf,lnrt,'*k');%绘制 1/T - ln Rt 关系曲线
```

```
hold on;
```

```
subplot(2,2,2);%创建第二个子图
```

```
fplot(g,[300,380],k);
```

```
hold on;
```

```
plot(t,r,'*k');%绘制 T - Rt 关系曲线
```

```
hold off;
```

```
r1=corrcoef(tf,lnrt);%拟合直线的相关系数
```

3.2 实验数据处理

保存之后按 enter 运行,分别以数组的形式输入对应的实验数据,可以得到

$$B = 3.3483 \times 10^3$$

$$\ln A = -0.0027 \times 10^3$$

$$r_1 = 0.9997$$

即拟合后的直线是

$$\ln R_t = 3.3483 \times 10^3 \frac{1}{T} + (-0.0027) \times 10^3$$

拟合直线的相关系数是

$$r_1 = 0.9997$$

并得到

$$R_t = \begin{matrix} 0.5419 & 0.6005 & 0.6972 & 0.7940 & 0.8982 \\ 1.0151 & 1.1820 & 1.3521 & 1.5544 & 1.9096 \end{matrix}$$

2.1286 2.4728 3.0046 3.6178 4.3226
 ($\times 10^3 \Omega$)

$\frac{1}{T} = 0.0027$ 0.0027 0.0028 0.0028 0.0028

0.0029 0.0029 0.0030 0.0030 0.0030

0.0031 0.0031 0.0032 0.0032 0.0033

(K^{-1})

$\ln R_t = 6.2951$ 6.3977 6.5471 6.6771 6.8004

6.9228 7.0750 7.2094 7.3489 7.5546

7.6632 7.8131 8.0079 8.1936 8.3716

由此也可以得出该热敏电阻随温度的变化规律为

$$R_t = 0.067 2e^{\frac{334.8 \cdot 300.0}{T}}$$

进一步可以计算出该热敏电阻的激活能

$$E = 4.62 \times 10^{-20} \text{ J}$$

Matlab 所作的 $\ln R_t - \frac{1}{T}$ 关系曲线以及 $R_t - T$ 关

系曲线如图 2 和图 3 所示。

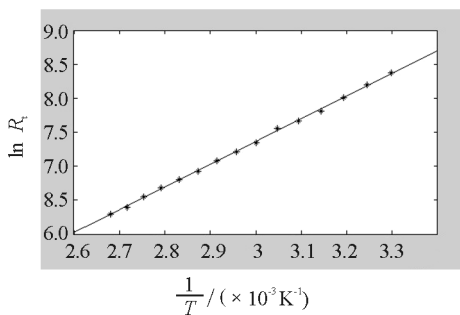


图 2 Matlab 拟合的 $\ln R_t - \frac{1}{T}$ 直线图

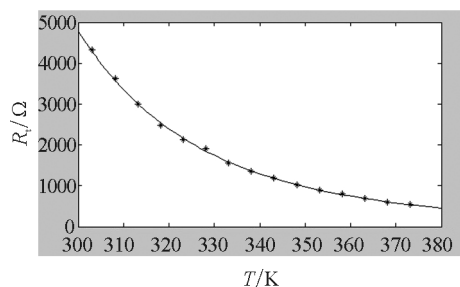


图 3 Matlab 拟合的 $R_t - T$ 曲线图

图中的“*”表示实验数据点,实线表示拟合直线,从图 2、图 3 中可以看出,所测量的实验数据没有粗大误差,实验数据点较合理地分布在拟合直线近旁,直线拟合相关系数 r_1 约为 1,因此用线性回归函

数比较合理. Matlab 软件编程过程简单明了,学生容易上手并学会使用.

3 结束语

随着智能化时代的来临,大量计算软件应运而生. Matlab 摆脱了传统非交互式程序语言(如 C, Fortran)的编辑模式,将数值分析、矩阵计算、数据可视化等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中,已成为教学和科研中最基础的软件之一.

利用 Matlab 软件进行实验数据处理,过程简单方便、准确度高、直观可视,让学生从繁重的数据处理中找到了帮助,这也大大减小了学生的学业负担. 学生在使用计算机软件解决实际问题的过程中,既锻炼了能力,也激发了对物理实验的兴趣. 这不仅培养了学生对所学知识的综合运用,也为后续的科研训练打下良好的基础. 当然,对实验数据的处理也要分层次,对简单的数据分析,笔者还是建议学生独立对数据进行分析处理、作图计算,对于复杂的实验可以采用 Matlab 软件进行处理.

Matlab 软件,作为一种通用软件,使用者需要掌握一定的计算机编程知识和矩阵知识,也需要熟悉其中的函数和命令,是一种高级的基于矩阵、数组的语言,使用者既可以用它来快速编写简单的程序,也可以编写庞大复杂的应用程序. 编程语言作为人类和计算机交流的通用语言必将会是未来人类主要的语言之一,这也让笔者认为介绍 Matlab 软件是相当有必要的.

参考文献

- 1 王正林,刘明. 精通 MATLAB(升级版)[M]. 北京:电子工业出版社,2011. 1
- 2 徐敏,柳青,马廷琴,等. 基于 Matlab 的最小二乘曲线拟合在大学物理实验中的应用[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2010(9):16 ~ 18
- 3 李静,厉志明. 普通物理实验[M]. 广州:华南理工大学出版社,1994. 185
- 4 吴肖,廖文,何艳阳,等. Origin 在大学物理实验中的应用[J]. 中国现代教育装备,2008(10):32 ~ 34
- 5 欧阳芸,吴先球,肖化. 基于 Matlab 的物理实验数据处理方法[J]. 大学物理(教育专刊),2009(6)