

传感器实验报告1

小组成员：

•

1 光敏电阻

1.1 实验数据记录和处理

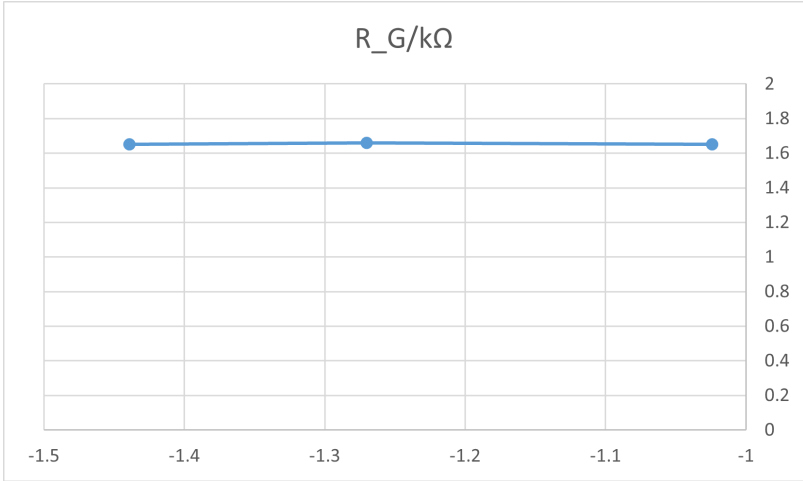
1.1.1 固定照下的伏安特性手动测量

用四个光源作为固定照明，改变 A_o 的值，记录数据得到的表格如下

A_o/V	i/mA	V_{out}/V	$R_G/k\Omega$
-1.024	0.1024	0.169	1.65
-1.270	0.1270	0.211	1.66
-1.439	0.1439	0.238	1.65

其中 $R_G = \frac{V_{out}}{i}$ ，电阻值的偏差来自万用表测量时的观测误差，是随机误差

可以认为，在固定照度下，光敏电阻的阻值不会变化，得到的拟合曲线如下



光敏电阻阻值随输入电压的变化

1.1.2 照度手动测量实验

固定 $A_o = -1V$ ，依次点亮四盏灯，不熄灭，得到的表格如下

点亮灯数目	i/mA	V_{out}/V	$R_G/k\Omega$	照度/lux
0	0.1	5.45	54.5	0.73
1	0.1	0.331	3.31	20.57
2	0.1	0.24	2.4	29.84
3	0.1	0.192	1.92	39.44
4	0.1	0.166	1.66	47.51

其中 $R_G = \frac{V_{out}}{i}$ ，照度由软件给出

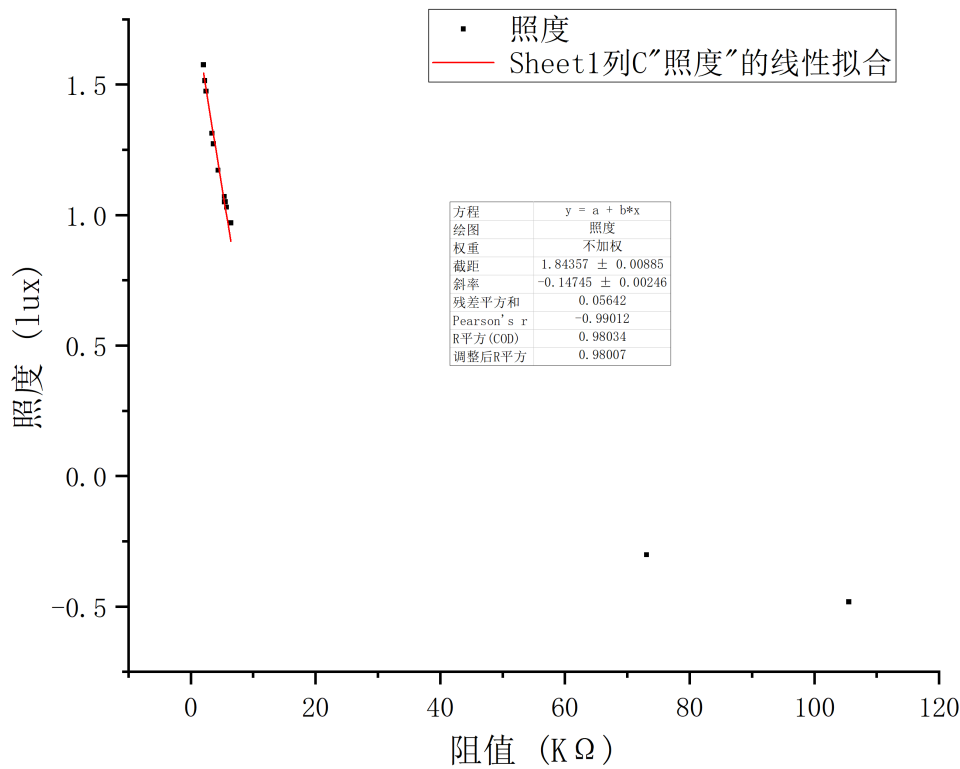
1.1.3 灵敏度手动测量

使用多件黑色衣服盖住灵敏度测量区，测量到的暗阻稳定为2.45kΩ；使用手机手电筒照射光敏电阻，测量亮阻稳定为0.09kΩ；得到的灵敏度为27.22

1.1.4 照度的自动测量

和手动测量的对比略去，因为根本做不了手动的，数据是借的版本一组的

通过自动测量得到的数据作图，结果如下



照度随阻止的变化

因为弱光照时电阻的阻值和光强的非线性误差极大，不在传感器的有效区间，故选取有光照时的数据作为线性拟合区域，得到的拟合直线方程（如图单位下）为

$$\lg(L) = -0.147R + 1.84$$

R^2 和 R_{adj}^2 都接近1，线性度还行，计算非线性误差

$\Delta_{\max} = 0.03633$ ，当 $R = 3.61\text{k}\Omega$ 时取到， $Y_{scale} = 0.5189$ ，得到的非线性误差为

$$\delta = \frac{\Delta_{\max}}{Y_{scale}} = 7.0\%$$

对于一个缺乏修正的传感器来说可以接受

将灵敏度定义为 $S = \frac{dR}{dL/L}$ ，单位是 $\text{k}\Omega$ ，得到在线性区的灵敏度为 $S = -6.80\text{k}\Omega$

1.2 思考与讨论

不同波长的光，在相同照度下，光敏电阻的阻值变化一样吗？

不一样，相同的照度下不同波长光的光通量相同，但是光子数目不同，波长短的光子少。而半导体被激发的载流子于激发光子是一一对应的，在照度变化相同水平下，波长短的光光子数目变化少，载流子的数目变化也小，那么电阻变化就小。

看光谱特性也知道不一样。

接入电源会影响 R_i 的阻值吗？

会。不接电源时， R_i 与手册上接近；接上电源再测量，会有很大差别。因为使用万用表测量电阻时，万用表内部本身有一个电路。若是开着平台的电源，接入的便是电路等效电阻，并非独立的待测电阻。

此传感器是线性传感器吗？为什么？

根据实验数据来看，显然不是，且公式是带指数项的。但在一定的量程内可以近似为线性传感器，因为在这个范围内可以将指数项近似展开为线性项，而且误差比较小。

试从你的角度思考该实验中哪些环节可能存在实验误差。

1. 传感器很久没校准了，存在系统误差
2. 实验电路的参数随时间变化，而软件计算时还是出厂水平，存在系统误差
3. 测量过程存在随机误差
4. 系统有过程噪声

请结合实验，观察光源发光颜色，推测波长，并结合课程所学，思考与总结光敏电阻材料与光谱特性的关联。

光源是绿色的，因为硫化镉的激发波长在这个波长附近。

光敏电阻的光谱特性频带通常比较宽，但是在激发波长附近是最容易吸收光子产生载流子的，材料决定了光谱特性。

2 热敏电阻

2.1 实验数据记录和处理

使用万用表测量的电阻阻值分别是9.9kΩ, 19.97kΩ, 29kΩ

2.1.1 恒流源手动测量

V_{cc} – GND之间的电压 $V_{cc} = 2.58\text{V}$ ，其他数据见下表

备用电阻 $R_i/\text{k}\Omega$	V_t/V	i/mA	$R_t/\text{k}\Omega$
9.9	2.52	0.261	9.66
19.97	1.186	0.129	9.19
29	0.85	0.089	9.55

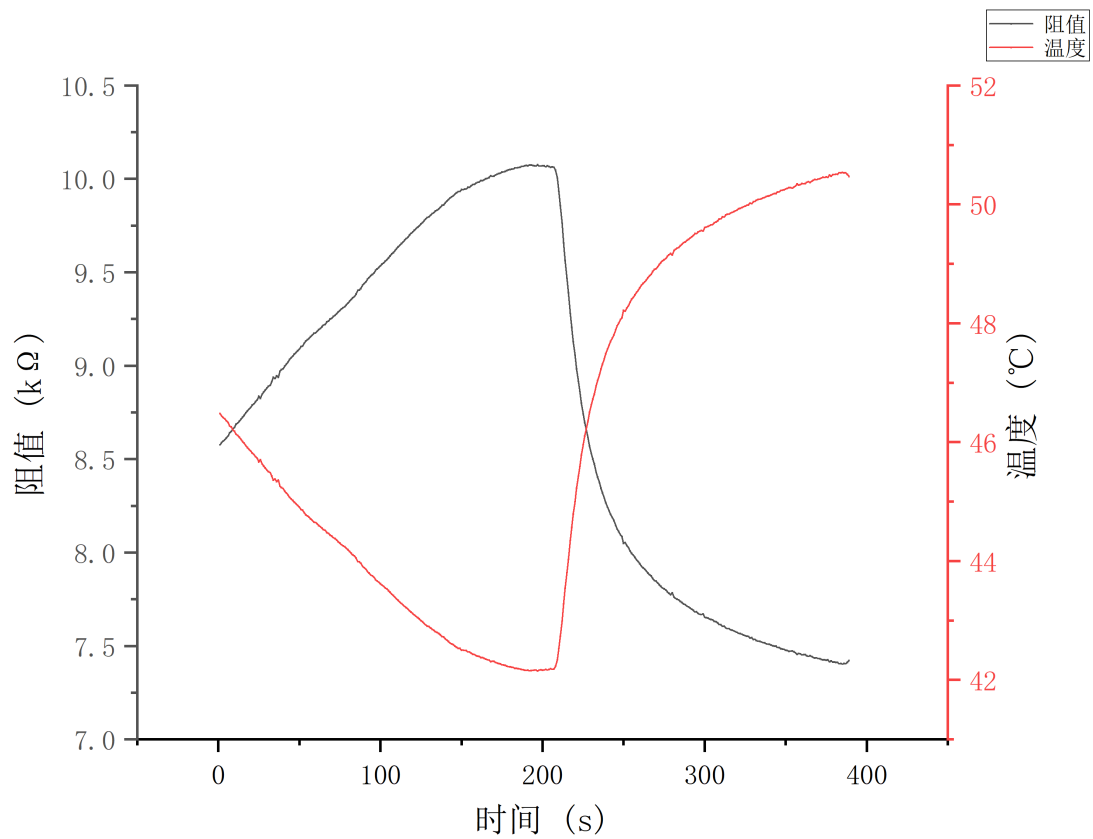
其中 $i = \frac{V_{cc}}{R_i}$, $R_t = \frac{V_t}{V_{cc}} R_i$

由于只有三个数据，线性拟合也没意义，就不计算线性误差和灵敏度了

可以看到热敏电阻的阻值变化还是存在的，但是不大，应该是持续通电发热后阻值变化导致的，或是其他的环境扰动。且每次实验间隔也不同，降温不足也有可能

在用手捂住传感器足够久后，进行手动测量。使用 $R_i = 19.97\text{k}\Omega$ 测得的 $V_t = 0.81\text{V}$ ，计算得到的 $R_t = 6.27\text{k}\Omega$ ，根据特性曲线读出温度为36.49℃，挺准的

2.1.2 恒流源自动测量



在温度跳变点，用手握住了传感器

可以发现两条曲线的形状是一样的，但是关于水平线对称了，说明测量的温度都在传感器的线性区间内，非线性度很低

但是传感器存在很大的系统误差，测量得到的环境温度是42℃左右，而人体温度是46℃左右，考虑到±5℃的误差，人体温度是41 – 51摄氏度，取51℃，和环境温差为9℃，比较合理，系统误差大概是+14℃

2.1.3 分压法手动测量

之间的电压 $V_{cc} = 15.63V$ ，其他数据见下表

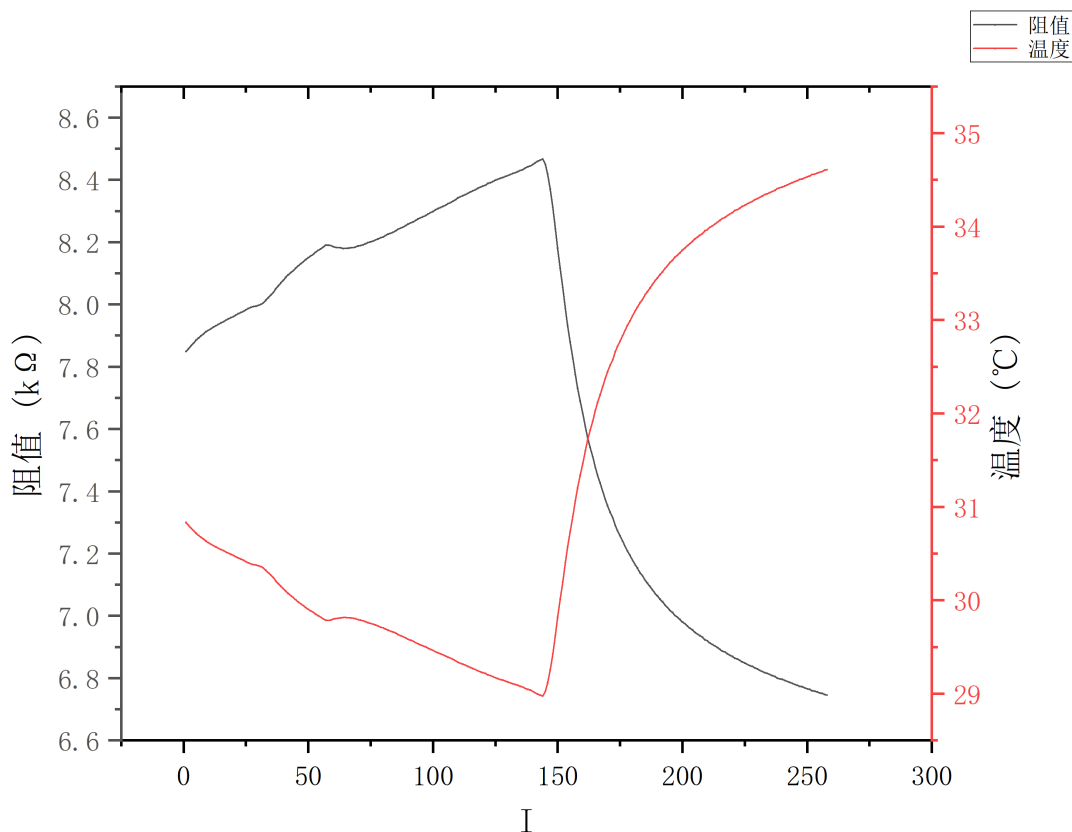
备用电阻 $R_i/k\Omega$	V_t/V	i/mA	$R_t/k\Omega$
9.9	6.98	0.874	7.99
19.97	4.77	0.544	8.77
29	3.72	0.411	9.05

其中 $i = \frac{V_{cc}-V_t}{R_i}, R_t = \frac{V_t}{i}$

同样存在误差，这是我们做完自动测量后做的，应该是散热不完全，随时间温度下降后阻值上升，符合实验结果

在用手捂住传感器足够久后，进行手动测量。使用 $R_i = 9.9k\Omega$ 测得的 $V_t = 6.23V$ ，计算得到的 $R_t = 6.56k\Omega$ ，根据特性曲线读出温度为35.34℃，不同同学的手温度不太一样，但也挺准的

2.1.4 分压法自动测量



阻值和测量温度随时间的变化

在温度跳变点，用手握住了传感器

可以发现两条曲线的形状是一样的，但是关于水平线对称了，说明测量的温度都在传感器的线性区间内，非线性度很低

但是传感器存在很大的系统误差，测量得到的环境温度是29°C左右，而人体温度是34°C左右，考虑到 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的误差，人体温度是29 – 39摄氏度，取37°C，比较合理，系统误差大概是 -3°C

相比于恒流源法，分压法的测量结果更准，系统误差更小

2.2 思考与讨论

请从使用范围、特点等方面对恒流源法、分压法的比较。

恒流法：

1. 适用于高精度小阻值测量，在线性区运放的精度比简单的分压电路高很多
2. 但是当电压超出运放最大值，就不再准确，测量范围小
3. 电路相对更加复杂，成本高，功耗大

分压法：

1. 适用于大阻值的测量，没有非线性区的限制
2. 电路简单，成本低，功耗小
3. 电路接触电阻影响大，系统误差大

横流的灵敏度高，但是量程小；分压的灵敏度低，但是量程大

请从原理、温度变化特性、测温范围、灵敏度、精度等方面对热敏电阻、RTD 热电阻、热电偶进行比较。

热敏电阻：

1. 原理：半导体材料的电阻随温度变化，主要因素是载流子浓度和迁移率随温度的变化关系
2. 温度变化特性：分为三类，但都是非线性
 1. 负温度系数（NTC）热敏电阻，随温度上升，电阻值减小
 2. 正温度系数（PTC）热敏电阻，随温度上升，电阻值增加
 3. 临界温度系数（CTR）热敏电阻，当温度升高到某临界点时，电阻值突然下降
3. 测量范围：相对来说最小
4. 灵敏度：相对来说最高
5. 精度：三者的中间水平

RTD热电阻：

1. 原理：由线圈或纯金属沉积膜组成，电阻以已知且可重复的方式随温度变化
2. 温度变化特性：几乎是纯线性，正温度系数
3. 测量范围：三者的中间水平
4. 灵敏度：三者的中间水平
5. 精度：相对来说最高

热电偶：

1. 原理：当热电偶的两端处于不同温度时，两种不同的金属的连接产生可测量的电压
2. 温度变化特性：非线性
3. 测量范围：相对来说最大
4. 灵敏度：相对来说最低
5. 精度：相对来说最低

试思考半导体温度计和水银温度计有何异同之处？

相同点：

1. 都需要一定时间达到热平衡
2. 都是利用温度对物理量的影响

不同点：

1. 原理完全不同
2. 前者需要外加电源，后者不用
3. 前者响应更快
4. 前者输出量为电信号，后者是液柱高度
5. 前者测量范围更大

