

# 天津大学本科实验报告专用纸

学院 机械学院 年级 2015 专业 机械 学号 3015201043  
课程名称 压力传感器和温度传感器 实验日期 2015.11.14 成绩 9  
同组实验者 路测气体的绝热指数

## 实验13 压力传感器和温度传感器测气体的绝热系数

a. 实验名称: 压力传感器和温度传感器测气体的绝热系数

b. 实验目的: 1. 用绝热膨胀法测定空气的绝热系数。  
2. 观察热力学过程中状态变化及基本物理规律。  
3. 学习气体压力传感器和电流型集成温度传感器的原理及使用方法。

c. 实验仪器: 空气绝热系数测量仪, 该仪器主要包含储气瓶(由玻璃瓶、进气活塞、橡皮塞组成)、两只传感器, 测量空气压强的三位半数字电压表, 测量空气温度的四位半数字电压表, 气压计, 用于测量大气压。

d. 实验原理:

1. 压力传感器与温度传感器。

传感器是利用某种效应将一待测量变换成易于测量的量(通常为电学量)的器件, 其种类繁多, 应用广泛。按能量变换的功能可分为物理传感器和化学传感器。根据传感的工作原理不同一般又分为物性型传感器和结构型传感器两种。

(1) 扩散硅压力传感器。

半导体材料因受力而产生应变时, 由于载流子的浓度和迁移率的变化而导



# 天津大学本科实验报告专用纸

致电阻率发生变化的现象称为压阻效应。

在硅膜片表面扩散一个四端元件,由于硅是各向异性材料,矩形四端应变片应设置在剪切应力最大的位置和剪切压阻系数最大的方向上,在四端应变片的一个方向上加电流源或电压源,当有剪切应力作用时,将会产生一个垂直电流方向的变化,引起该方向的电位分布发生变化,从而在该方向的两端可以得到由待测压力引起的输出电压。

扩散硅压力传感器具有体积小、灵敏度高、稳定性好等优点。

## 1.2 电流型集成温度传感器

温度传感器是利用金属、半导体材料的热敏特性及PN结的正向

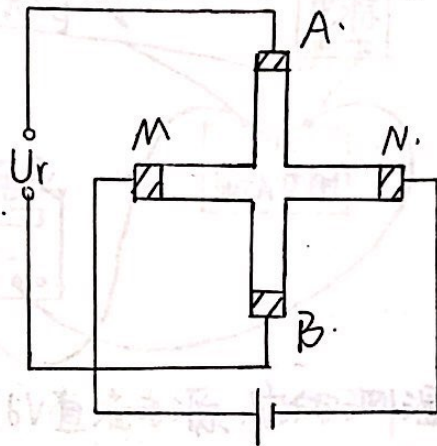
压降随温度的变化特性而制成的。半导体材料的温度升高时,激发到导带上的载流子数目增加,导致半导体中的载流子浓度和迁移率发生变化,引起电阻发生变化。

AD590电流型集成温度传感器是由多个参量相同的三极管和电阻组成,具有精度高、线性好、使用方便等优点,测量范围 $0^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

## 2. 空气比热容比的测量

气体的比热容比 $C_v$ 是指单位质量的气体当体积不变时,在不发生化学反应和相变的条件下,温度改变 $1\text{K}$ 所吸收的热量。

$$\text{即 } C_v = \frac{dQ_v}{dT}$$



教师签字:

年 月 日



$dQ_v$  为气体在体积不变时, 温度变化所吸收或放出的热量.

气体的定压热容  $C_p$  是指单位质量的气体, 当压强不变时, 在不发生化学反应和相变的条件下, 温度改变  $1K$  所吸收或放出的热量.

即  $\frac{dQ_p}{dT}$ ,  $dQ_p$  为气体在压强不变时, 温度变化所吸收或放出的热量.

根据热力学第一定律, 气体吸收或放出的热量等于气体的内能增加和对外做的功  $dQ = dU + W$ , 在定容条件下气体不做功, 则

$$dQ = dU = \frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} \right) R dT \Rightarrow \frac{dQ}{dT} = \frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} \right) R.$$

其中,  $M$  为摩尔质量,  $i$  为气体自由度,  $R$  为常量, 则  $C_v = \frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} \right) R$ .

同理在压强不变的条件下, 由热力学第一定律  $dQ = dU + W = \frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} \right) R dT + p dV$ .

由物态方程可得在等压条件下  $p dV = \frac{1}{M} R dT$ .

$$\text{所以 } C_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{\frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} + 1 \right) R dT}{dT} = \frac{1}{M} \left( \frac{i}{2} + 1 \right) R.$$

根据热容比定义  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ , 则可得到  $\gamma$ , 其也被称为气体绝热指数, 且与气体自由度相关.

若系统的状态变化过程不与外界交换热量, 则称为绝热过程. 在良好的绝热的材料隔绝的系统中进行的过程, 或者由于过程进行很快, 以致同外界没有显著的热量交换过程均可近似看作绝热.

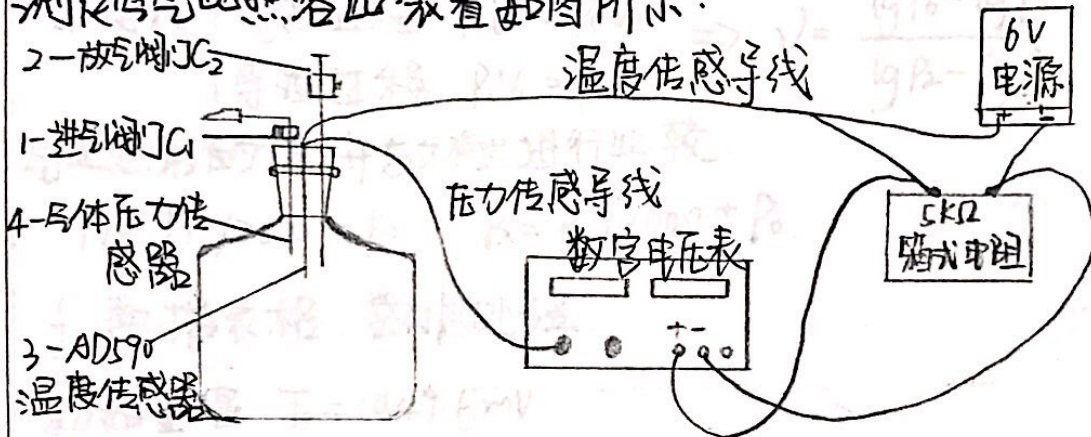


# 天津大学本科实验报告专用纸

方程应用热力学第一定律和理想气体状态方程,可导出绝热过程方程:

$$\left. \begin{aligned} PV^\gamma &= \text{常量} \\ V/T &= \text{常量} \\ P/T^\gamma &= \text{常量} \end{aligned} \right\} \text{可绝热过程中 } \gamma \text{ 是一个重要的物理量.}$$

测定空气比热容比装置如图所示:



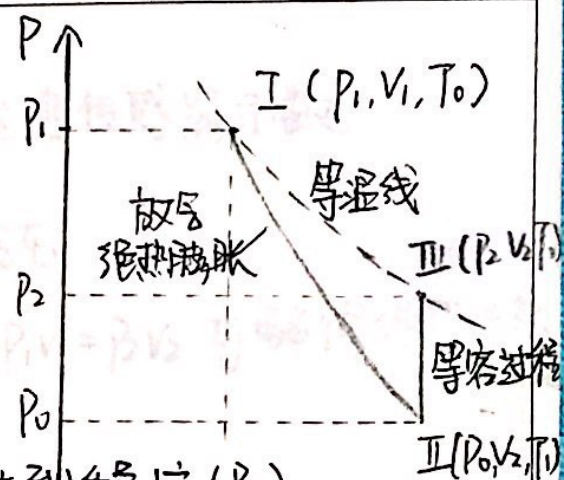
电流型集成温度传感器AD590,接6V直流电源,它的测温灵敏度为 $1\mu A/^{\circ}C$ ,若串接 $5k\Omega$ 电阻可产生 $5mV/^{\circ}C$ 的信号电压.接 $0\sim 2V$ 量程四位半数字电压表,可测量到 $0.02^{\circ}C$ 温度变化;4为气体压力传感器探头,当待测气体压强为环境大气压 $P_0+10.00kPa$ 时,数字电压表显示为 $200mV$ ,测量气体压强灵敏度为 $20mV/kPa$ .测量精度为 $5Pa$ .

测量空气比热容比方法如下:

首先关闭储气瓶放气阀门 $C_2$ ,将原处于环境大气压 $P_0$ 、温度为 $T_0$ (室温)的空气从进气阀门 $C_1$ 打入储气瓶内,这时瓶内空气压强增大,温度升高.当达到适当压力后,关闭进气阀门 $C_1$ .待温度稳定后,瓶内空气处于状态I, $V_1$ 为储气瓶容积,然后突然打开放气阀门 $C_2$ ,使瓶内空气与大气相通,瓶内空气压力与大气压很快达到平衡,立即关闭 $C_2$ .此时达到状态II, $P_0$ 为大气压



$T_1$  为迅速膨胀后瓶内剩余空气的温度, 而  $V_2$  为瓶内剩余空气和放出瓶外那部分空气体积的总和, 由于放气过程进行的很快, 空气由状态 I  $\rightarrow$  II 来不及与外界发生热交换, 可以看作绝热过程, 满足  $P_1 V_1^\gamma = P_0 V_2^\gamma$  ①



关闭放气阀  $C_2$  后, 储气瓶内空气温度逐渐恢复到室温  $T_0$ , 同时空气压强也逐渐达到稳定 ( $P_2$ ).

相当于原状态 I  $\rightarrow$  III 可视为等温过程, 即  $P_1 V_1 = P_2 V_2$  ②

由式 ①、② 联立消去  $V_1, V_2$ , 并取对数后可得  $\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1}$

实验中只要测出  $P_0, P_1$  和  $P_2$  这三个量, 即可求得空气的比热容比.

### e. 实验步骤

1. 开启电源, 将仪器预热 20 min, 然后打开放气阀门, 用调零电位器, 将三位半数字电压表示值调为 0.

2. 用气压计测定大气压强  $P_0$ .

3. 用压力传感器和 AD590 温度传感器测量储气瓶内空气的压强和温度.

(1) 把放气阀门关闭, 进气阀门打开, 用打气球把空气缓慢地打进储气瓶内, 然后关闭进气阀门, 待瓶内压强均匀稳定后, 记录压



# 天津大学本科生实验报告专用纸

测  $P_1'$  和温度  $T_1$  的值

(2) 快速打开阀门  $C_1$ , 持续约 15 时间, 迅速关闭阀门  $C_1$ . 当仪器示数稳定后记下温度  $T_2$  和储气瓶内的气体压强  $P_2'$ .

(3) 重复上述步骤 (1)、(2) 8 次, 将所得数据填入数据表格内.

4. 用式  $\begin{cases} \text{绝热过程} & P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \\ \text{等温过程} & P_1 V_1 = P_2 V_2 \end{cases} \Rightarrow \gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1}$  求得  $\gamma$

与文献值比较, 并与文献进行比较.

$$P_1 = P_1' / 2000 + P_0 \quad P_2 = P_2' / 2000 + P_0$$

f. 数据表格. 数据处理.

初始室温  $T_0 = 1449.6 \text{ mV}$

实验	$P_0 / 10^5 \text{ Pa}$	$T_1 / \text{mV}$	$T_2 / \text{mV}$	$P_1' / \text{mV}$	$P_2' / \text{mV}$	$P_1 / 10^5 \text{ Pa}$	$P_2 / 10^5 \text{ Pa}$	$\gamma$	$\bar{\gamma}$	相对误差
1	1.0358	1449.7	1450.3	110.1	26.6	1.09085	1.0491	1.327		
2	1.0358	1452.2	1452.1	112.1	33.6	1.09185	1.0526	1.439	✓	
3	1.0358	1453.1	1454.7	116.4	29.4	1.094	1.0505	1.348		
4	1.0358	1453.3	1453.1	117.8	33.5	1.0947	1.0505	1.413	✓	
5	1.0358	1452.2	1453.2	112.8	27.2	1.0922	1.0494	1.324	1.394	0.57%
6	1.0358	1455.4	1455.6	116.0	28.1	1.0938	1.04985	1.329	✓	
7	1.0358	1452.9	1452.0	114.1	27.5	1.09205	1.04955	1.326		
8	1.0358	1454.6	1453.0	113.2	26.8	1.0924	1.0492	1.319		

教师签字:

年 月 日

表格物理量解释:

$P_0$  为大气压强,  $P_1, T_1$  为压力传感器和温度传感器示数.  
 $P_2, T_2$

$P_1 = \frac{P_1'}{2000} + P_0$ ,  $P_2 = \frac{P_2'}{2000} + P_0$  为实验前后的大气压.

由绝热方程  $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$  和等温过程  $P_1 V_1 = P_2 V_2$  可解得绝热指数

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1}$$

故数据处理过程:

$$P_1 = 110.1/2000 + P_0 = 1.09085 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \text{同理} \quad P_2 = 1.0491 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{实验 1: } \lg P_0 = \lg(1.0358 \times 10^5) = 5.015276$$

$$\lg P_1 = \lg(1.09085 \times 10^5) = 5.037765$$

$$\lg P_2 = \lg(1.0491 \times 10^5) = 5.0208169$$

$$\therefore \gamma_1 = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = \frac{-0.022489}{-0.016948} = 1.327$$

$$\text{实验 2: } P_1 = 112.1/2000 + P_0 = 1.09185 \times 10^5 \text{ Pa} \quad P_2 = \frac{32.6}{2000} + P_0 = 1.0526 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\lg P_1 = 5.038163$$

$$\lg P_2 = 5.022263$$

$$\therefore \gamma_2 = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = \frac{-0.022887}{-0.0159} = 1.439. \quad \text{同理可得 } \gamma_3, \gamma_4, \dots, \gamma_8.$$



# 天津大学本科生实验报告专用纸

因为8组实验中 1.3.5.7.8 五组实验前后温度差  $\Delta T$  过大, 大于0.3, 均舍弃, 只采用 2.4.6 三组数据取平均.

$$\bar{y} = (y_2 + y_4 + y_6) / 3 = 1.394$$

相对百分差  $|1.394 - 1.402| / 1.402 \times 100\% = 0.57\%$ .

## 9. 实验分析讨论

### [误差分析]

1. 系统误差, 压力传感器和温度传感器存在精度问题, 可能存在误差; 储气瓶漏气.
2. 等待时间不够未等到瓶内气体稳定就记录数据.
3. 放气时间过长或过短可能导致误差.
4. 室温可能在实验过程中波动, 初始大气压  $P_0$  也可能存在波动, 可导致误差.

[拓展与设计] 设计一种测量氧气比热容比的实验装置和方法. 装置图仍为空气比热容比装置. 将进气口接一打气泵, 打气时装瓶内气压打到 110~130 mV. 其它步骤与此实验仍一致. 重复多次实验取平均值.

教师签字:

年 月 日



初始室温  $T_0$  1449.6 mV

实验	$P_0/(10^5 Pa)$	$T_1/mV$	$T_2/mV$	$P_1/mV$	$P_2/mV$	$P_1/(10^5 Pa)$	$P_2/(10^5 Pa)$	$\gamma$	$\bar{\gamma}$	相对误差
1	1.0358	1449.7	1450.3	110.1	26.6	1.09085	1.0491	1.327		
2	1.0358	1452.2	1452.1	112.1	33.6	1.09185	1.0526	1.439 ✓		
3	1.0358	1453.1	1454.7	116.4	29.4	1.094	1.0505	1.348		
4	1.0358	1453.3	1453.1	117.8	33.5	1.0947	1.05255	1.413 ✓		
5	1.0358	1452.2	1453.2	112.8	27.2	1.0922	1.0494	1.324		
6	1.0358	1455.4	1455.6	116.0	28.1	1.0938	1.04985	1.329 ✓		
7	1.0358	1452.9	1454.0	114.1	27.5	1.09285	1.04955	1.326		
8	1.0358	1454.6	1453.0	113.2	26.8	1.0924	1.0492	1.319		

1.394 0.57%

数据处理 1.  $\lg P_0 = \lg(1.0358 \times 10^5) = 5.015276$

$$\lg P_1 = 5.037765$$

$$\lg P_2 = 5.0208169$$

$$\therefore \gamma_1 = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.327$$

$$= \frac{-0.022489}{-0.016948}$$

$$2. \lg P_1 = 5.038163$$

$$\lg P_2 = 5.022263$$

$$\gamma_2 = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = \frac{-0.022887}{-0.0159} = 1.439$$

$$3. \lg P_1 = 5.039$$

$$\lg P_2 = 5.0214$$

$$\gamma_3 = \frac{-0.023724}{-0.0176} = 1.348$$

穆晓宇 (60)