

天津大学本科实验报告专用纸

课程名称: 物理实验

姓名: 曾成伦

学号: 3013204315

学院: 电子信息工程学院专业: 集成电路

年级: 2013

成绩: 93

一. 实验名称

用传感器测空气的比热容比

二. 实验目的

根据热力学原理, 分别用扩散硅压力传感器和电流型集成温度传感器测量空气的压强和温度, 从而测定空气的比热容。

三. 实验仪器

传感器、储气瓶、数字电压表、稳压电源、电阻箱等。

四. 实验原理

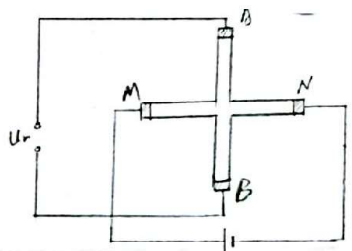
1. 压力传感器与温度传感器

传感器是利用某种效应将一被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(包括温度传感器、压力传感器、光电传感器、磁传感器、压电传感器等)和化学传感器(包括气体传感器、温度传感器、离子传感器)。根据传感器原理不同, 一般又分为物理型传感器(利用一些材料的物理特性变化来实现检测)和结构型传感器(利用弹性元件、双金属片、电感、电容器等结构元件进行测量)两种。

(1) 扩散硅压力传感器

半导体材料(如单晶硅)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致电阻率发生变化的现象称为电阻效应。压力传感器就是利用半导体电阻效应制成的。

在硅膜片表面扩散的一个四端元件, 由于硅是各向异性材料, 十字形四端应变片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。在心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, 将产生一个垂直电流方向的电阻变化, 引起该方向的电压分布发生变化, 从而在该方向的两端可以测得由被测压力引起的输出电压(如图0所示)



扩散硅压力传感器
具有体积小、灵敏度高、稳定性好等优点

图(0) 扩散硅压力传感器

(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(硅、砷化镓等)的热敏特性及PN结的正向压降随温度变化的特性制成的。当半导体材料的温度升高时, 激发到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。

ADS90 电流型集成温度传感器是由多个参数相同的二极管和电阻组成, 具有精确度高、线性好、使用方便等特点。测量范围 $-50 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 空气比热容比的测量

气体比热容比 γ 是指单位质量的气体, 当容积保持不变, 在没有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

$$(dQ)_V = C_V dT$$

气体的定压比热容 C_p 是指单位质量的气体, 当压力保持不变, 在没有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

$$(dQ)_p = C_p dT$$

气体的定压比热容 C_p 与定容比热容 C_V 的比值称为气体的比热容比, 又称气体的绝热系数, 常用符号 γ 表示, 即

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

若系统的状态变化过程中并不与外界交换热量, 则称为绝热过程。在良好的绝热材料隔绝的系统中进行的过程, 或由于过程进行得很快, 以致外界没有显著热量交换的过程都可以近似地看做绝热过程。应用热力学第一定律和理想气体状态方程可以导出绝热过程方程:

$$\left. \begin{aligned} PV^\gamma &= \text{恒量} \\ V T^\gamma &= \text{恒量} \\ P T^{1-\gamma} &= \text{恒量} \end{aligned} \right\}$$

可见, 在绝热过程中 γ 是一个重要的物理量。

教师签字:

年 月 日

天津大学本科实验报告专用纸

课程名称: 物理实验

姓名: 曾成龙

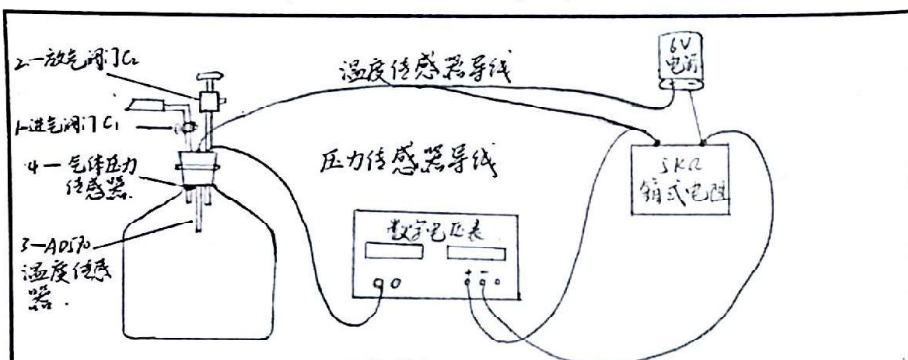
学号: 3013204315

学院: 信息

专业: 集成电路

年级: 2013

成绩:



测量空气比热容比实验装置

测量空气比热容比的装置如上图: 1为进气阀门 C_1 ; 2为放气阀门 C_2 ; 3为电流型集成温度传感器ADJ90, 接6V直流电源, 它的测温灵敏度为 $14\mu A/^\circ C$, 若接 $5K\Omega$ 电阻后可产生 $5mV/^\circ C$ 的信号电压, 接0-2V量程四位半数字电压表, 可检测 $0.02^\circ C$ 温度变化; 4为气体压力传感器探头, 由同轴电缆输出信号, 与仪器内的放大器及三位半数字电压表相接。当待测气体压强为环境大气压 P_0 时, 数字电压表显示为0, 当待测气体压强为 $P_0 + 10.00kPa$ 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5%。

测量空气比热容比的方法如下:

首先关闭储气瓶的放气阀门 C_2 , 将原处于环境大气压 P_0 , 温度为 T_0 (室温) 的空气中以进气阀门 C_1 打入储气瓶内, 这时瓶内空气压强增高, 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 (P_1, V_1, T_0), 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很快达到平衡, 立即关闭放气阀门 C_2 , 此时瓶内空气达到状态II (P_2, V_2, T_0) P_0 为大气压, T_0 即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为迅速膨胀后瓶内剩余空气的体积, 状态I体积的总和。瓶外那部分空气 (如果也保持压力 P_0 和温度 T_0 状态) 体积的总和。由开放气过程进行得很快, 空气由状态I变到状态II来不及与外界发生热交换, 所以可以近似为绝热过程, 状态变化满足绝热方程或

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

关闭放气阀门后, 储气瓶内空气温度逐渐恢复到室温 T_0 , 同时空气压强也达到稳定 (P_0), 相当于原状态I (P_1, V_1, T_0) 变化到状态II (P_0, V_2, T_0), 而由状态I (P_1, V_1, T_0) 变化到状态II (P_0, V_2, T_0) 可视为等温过程

$$P_1 V_1 = P_0 V_2$$

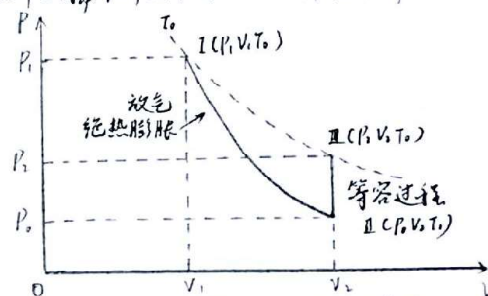
消去 V_1, V_2 后得:

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^\gamma = \frac{P_2}{P_1}$$

两边取对数后有

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

实验中只需测出 P_1, P_2 和 P_0 三个量, 即可求得空气的比热容比。



测量空气比热容比的热力学过程

五实验步骤

- 1) 连接电路, 开启电源, 将仪器预热20min, 然后打开放气阀门, 用调零电位器调零, 把三位半数字电压表示值调到0。
- 2) 用气压计测定大气压 P_0 。
- 3) 用压力传感器和ADJ90温度传感器测得储气瓶中空气的压强和温度, 把放气阀门 C_2 关闭, 进气阀门 C_1 打开, 用打气球把空气稳定在地, 待打气球打进储气瓶内, 然后关闭进气阀门 C_1 , 待瓶内压强均匀稳定后, 记录压强 P_1 和温度 T_0 的值。

教师签字:

年 月 日

天津大学本科实验报告专用纸

课程名称:

姓名:

学号:

学院:

专业:

年级:

成绩:

(4) 突然打开阀门 C₂, 当储气瓶内的空气压强降低至环境大气压强 P₀ 时 (此时放电声消失, 三位半数字电压表显示低于 8mV 即可), 迅速关闭阀门 C₂, 当储气瓶内空气的温度上升至室温 T, 压强稳定后, 记下储气瓶内空气的压强 P₁。

(5) 重复步骤 (2)-(5), 共 8 次, 将所有数据填入表格。

(6) 用 $\gamma = \frac{\lg P_1 - \lg P_2}{\lg P_2 - \lg P_0}$ 进行计算, 求得空气比热容比值并求平均值。

第一次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{127.8}{2000} = 1.0783 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{29.8}{2000} = 1.0293 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.314$$

第二次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{131.3}{2000} = 1.0801 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{29.9}{2000} = 1.0294 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.305$$

第三次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{125.1}{2000} = 1.0770 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{28.6}{2000} = 1.0287 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.305$$

第四次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{126.6}{2000} = 1.0777 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{28.1}{2000} = 1.0290 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.309$$

第五次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{133.9}{2000} = 1.0814 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{28.7}{2000} = 1.0293 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.302$$

第六次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{131.9}{2000} = 1.0804 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{28.8}{2000} = 1.0293 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.301$$

第七次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{120.4}{2000} = 1.0746 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{27.3}{2000} = 1.0281 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.303$$

第八次实验

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000} = 1.0144 + \frac{120.4}{2000} = 1.0746 (10^5 P_0)$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000} = 1.0144 + \frac{27.8}{2000} = 1.0288 (10^5 P_0)$$

$$\gamma = \frac{\lg P_0 - \lg P_1}{\lg P_2 - \lg P_1} = 1.304$$

教师签字:

年 月 日



() 作业纸

系别 _____ 班级 _____ 姓名 李正 第 _____ 页

| $P_0/(10^5 P_a)$ | T_0/mv | P_1'/mv | P_2'/mv | $P_1/(10^5 P_a)$ | $P_2/(10^5 P_a)$ | γ | $\bar{\gamma}$ | 相对百分差 |
|------------------|----------|-----------|-----------------|------------------|------------------|----------|----------------|-------|
| 1.0144 | 1434.8 | 127.8 | 29.8 | 1.0783 | 1.0283 | 1.314 | 1.305 | 6.92% |
| | 1435.6 | 131.3 | 29.9 | 1.0801 | 1.0294 | 1.305 | | |
| | 1436.3 | 125.1 | 28.6 | 1.0770 | 1.0287 | 1.315 | | |
| | 1437.0 | 126.6 | 29.1 | 1.0777 | 1.0290 | 1.309 | | |
| | 1437.8 | 133.9 | 29.7 | 1.0814 | 1.0293 | 1.302 | | |
| | 1438.1 | 131.9 | 29.8 | 1.0804 | 1.0293 | 1.301 | | |
| | 1438.8 | 120.4 | 27.3 | 1.0746 | 1.0281 | 1.303 | | |
| | 1438.8 | 126.4 | 28.8 | 1.0776 | 1.0288 | 1.304 | | |

$$P_1 = P_0 + \frac{P_1'}{2000}$$

$$P_2 = P_0 + \frac{P_2'}{2000}$$

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

相对百分差 $\frac{|\bar{\gamma} - \gamma|}{\bar{\gamma}} = 6.92\%$

$$\frac{1.0144 \times 10^2}{10^5} = 1.0144 \times 10^{-3} P_a$$