

## (2) 灵敏度温度补偿

灵敏度温度漂移是由压阻系数随温度变化而引起的,当温度上升时,压阻系数变小;温度降低时,压阻系数变大,说明传感器的温度系数为负值。

补偿灵敏度温度漂移,可以采用在电源回路中串联二极管的方法。当温度升高时,由于灵敏度降低,使输出也降低,这时如果能提高电桥的电源电压,使电桥输出适当增大,便可达到补偿目的。反之,温度降低时,灵敏度升高,如果使电桥电源降低,就能使电桥输出适当减小,同样可达到补偿之目的。因为二极管的温度特性为负值,温度每升高  $1^{\circ}\text{C}$  时,正向压降约减小  $1.9\sim 2.4\text{ mV}$ 。这样将适当数量的二极管串联在电桥的电源回路中,图 2-36 所示,电源采用恒压源,当温度升高时,二极管正向压降减小,于是电桥电压增大,使输出也增大,只要计算出所需二极管的个数,将其串入电桥电源回路中,便可达到补偿之目的。

## 2.2.4 压阻传感器的应用

### 1. 压阻式压力传感器

压力传感器主要由三部分组成:感压部分,直接承受被测应力;转换部分,将待测应力转换为电信号;激励部分,外加的激励电源。在硅弹性膜片上,用半导体器件制造技术在确定晶向上制作相同的四个感压电阻,将它们连接成惠斯登电桥,接上外加电源,就构成了基本的压力传感器。

图 2-37 所示为硅压阻式压力传感器结构图,主要由外壳、硅膜片及引线等组成,其核心部分是一块圆形膜片,在膜片上利用集成电路的成形工艺方法设置了四个阻值相同的电阻,构成平衡电桥的四个桥臂。膜片的四周用一圆环(硅环)固定,如图 2-38 所示。膜片的两边有两个压力腔:一个是和被测系统相连接的高压腔;另一个是低压腔,通常与大气相通。

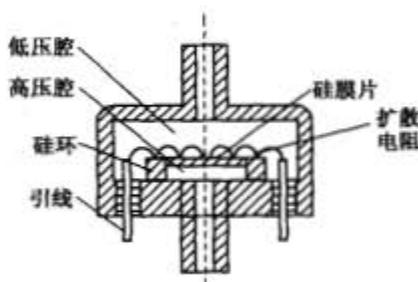


图 2-37 固态压力传感器结构图

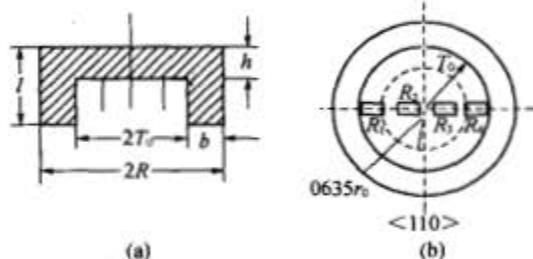


图 2-38 硅环上法线为  $\langle 110 \rangle$  晶向的膜片

压阻式传感器的基本应用就是测压,其工作原理如上所述。但是,根据不同的使用要求,它的结构形式、外形尺寸和材料选择,有很大的差异。例如,用于动态或点压力测量,则要求体积很小,生物医学用传感器,尤其是植入式传感器,则更要求微型化,其材料选取还应考虑与生物体相容;化工领域或在有腐蚀性气体、液体中使用的传感器,则要求防爆、防腐蚀;在岩土力学研究中使用的传感器,则应考虑岩土与传感器材料的匹配,以及由于传感器的埋入而对原有应力场的影响等问题;气象部门要用绝对压力传感器,它在结构及形式上要考虑真空腔的设计;石油勘探部门不仅要求量程能达 600 大气压,而且温度要求在  $200^{\circ}\text{C}$  下使用,如此等等。用户应根据自己的需要,选用合适的产品。

压阻式压力传感器的性能指标主要有:

- ① 量程:目前最高量程达  $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;
  - ② 精度:一般在  $0.2\% \sim 0.5\% \text{ FS}$  之间,最高达  $0.1\% \text{ FS}$ ;
  - ③ 满量程输出:通常不低于几十毫伏;
  - ④ 零点温漂:每摄氏度引起零位输出漂移,一般要求小于  $5 \times 10^{-3} \text{ FS}/^\circ\text{C}$ ;
  - ⑤ 零点时漂:要求小于  $0.3\% \text{ FS}/4 \text{ h}$ ;
  - ⑥ 阻抗:从几十欧到几千欧不等,用户可根据阻抗匹配及功耗要求进行选择;
  - ⑦ 工作电压:一般  $5 \sim 10 \text{ V}$ ;
  - ⑧ 工作温度:一般不高于  $80^\circ\text{C}$ ,但专门设计制造的高温传感器可达  $400^\circ\text{C}$ 。
- 目前,国内生产扩散硅压力传感器的厂家很多,选用时可参考厂家说明书。

## 2. 压阻式加速度传感器

压阻式加速度传感器的原理结构如图 2-39 所示。它采用  $\langle 100 \rangle$  晶面的 N 型硅单晶作为悬臂梁。在其根部沿  $\langle 110 \rangle$  和  $\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$  晶向各扩散两个 P 型电阻,并接成电桥。当悬臂梁自由端的质量块受加速度作用时,悬臂梁受弯矩作用产生应力,其方向为梁的长度方向。从而使四个电阻中两个电阻的应力方向与电流一致,另两个电阻的应力方向与电流垂直。

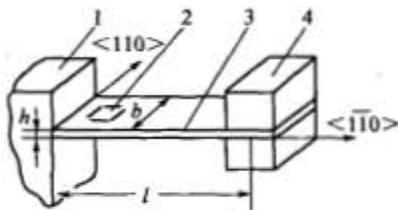


图 2-39 压阻式加速度传感器原理结构

1—基座;2—扩散电阻;3—硅梁;4—质量块

当加速度作用于悬臂梁自由端质量块时,悬臂梁受到弯矩作用产生应力,其应变  $\epsilon$  为

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\sigma}{E} \quad (2-47)$$

式中: $\sigma$  为应力; $E$  为杨氏模量; $L$  为悬臂梁长度。

压阻式加速度传感器用来测量振动加速度时,其固有频率按下式计算:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Ebh^3}{4ml^3}} \quad (2-48)$$

式中: $E$  为材料的弹性模量。只要正确选择尺寸和阻尼,就可以用来测量低频加速度。例如图 2-39 所示的一量程为  $100 \text{ ms}^2$  的加速度传感器,其参数如下:

$l = 1 \text{ cm}$ ,  $b = 0.3 \text{ cm}$ ,  $h = 0.015 \text{ cm}$ , 质量块  $m = 0.76 \text{ g}$ , 固有频率  $f_0 = 100 \text{ Hz}$ 。当使用  $6 \text{ V}$  的恒压源供电时,满量程输出为  $60 \text{ mV}$ ;其体积约为  $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ ;质量只有  $1.5 \text{ g}$ 。

压阻式加速度传感器结构简单,外形小巧,性能优越,尤其可测量低频加速度。它除了航空部门用于飞行器风洞试验和飞行试验等多种过载与振动参数的测试外,在工业部门可用于发动机试车台各段振动参数的测试。特别是对于从零赫兹开始的低频振动,是前述压

电式加速度传感器难于测得的。在高速自动绘图仪的笔架上装有消振器,其核心元件就是两只小型压阻式加速度传感器。它在感受抖动信号后可以进行前置控制,从而有效地消除了抖动。在建筑行业,可用它来监测高层建筑在风力作用下顶端的晃动,以及大跨度桥梁的摆动。在体育运动和生物医学等部门,也需要大量的小型加速度传感器。随着自动化技术和微处理机技术深入到各个领域,对低频振动和过载测试的需要日益广泛。这将促使微小型压阻式加速度传感器更快地发展,得到更广泛的应用。

### 习 题

1. 何谓电阻式传感器? 主要分为哪几种? 它们在输出的电信号上有何不同?
2. 什么叫电阻应变效应? 什么叫压阻效应?
3. 试比较金属丝电阻应变仪与半导体应变仪的相同点与不同点?
4. 何为直流电桥? 若按桥臂工作方式不同,可分为哪几种? 各自的输出电压及电桥灵敏度如何计算?

5. 一台采用等强度梁的电子秤,如图 2-42 所示,在梁的上下两面各贴有两片灵敏系数均为  $k = 2$  的金属箔式应变片做成称重传感器。已知梁的  $L = 100 \text{ mm}$ ,  $b = 11 \text{ mm}$ ,  $h = 3 \text{ mm}$ , 梁的弹性模量  $E = 2.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 。将应变片接入直流四臂电桥,供桥电压  $U_x = 6 \text{ V}$ 。试求:

- (1) 称重传感器的灵敏度(V/kg)?
- (2) 当传感器的输出为  $68 \text{ mV}$  时,物体的荷重为多少?

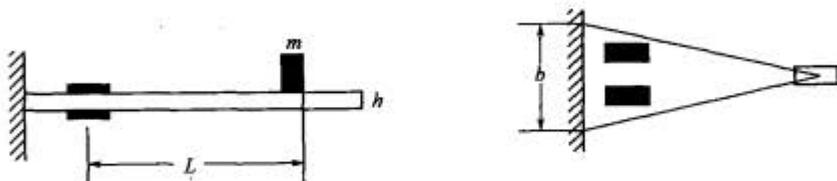


图 2-42

6. 图 2-43 为应变式力传感器的钢质圆柱体弹性元件,其直径  $d = 40 \text{ mm}$ , 钢的弹性模量  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ , 泊松比  $\mu = 0.29$ , 在圆柱体表面粘贴四片阻值均为  $120 \Omega$ 、灵敏系数  $K = 2.1$  的金属箔式应变片(不考虑应变片的横向灵敏度),并接入惠斯顿电桥。若供桥电压  $U_x = 6 \text{ V(DC)}$ , 试求:该力传感器的灵敏度(V/N)?

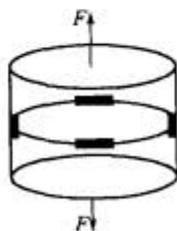


图 2-43