

## MEMS 压力传感器基本介绍-惠斯通电桥

### 引言

惠斯通电桥，又称惠斯登电桥或单臂电桥，惠斯通电桥的应用非常广泛，例如在电子称、车辆称重管理、压力传感器等领域都有广泛的应用。在这些应用中，惠斯通电桥搭配调理芯片，可以有效地进行液压、压力等物理量的量。本文重点阐述了惠斯通电桥的基本原理及其在MEMS压力传感器方面的应用。

### 惠斯通电桥

惠斯通电桥是由四个电阻组成的电桥电路，这四个电阻分别叫做电桥的桥臂，惠斯通电桥利用电阻的变化来测量物理量的变化，是一种精度很高的测量方式。

惠斯通电桥的核心思想是利用三个已知电阻来测量一个未知电阻的值，通常将电阻的变化量转化为电压的变化，便于后端的信号处理。此外，惠斯通电桥还可以通过测量电压的大小来表征所测电阻的阻值，并且广泛应用于传感器技术，将外界的物理量如压力、形变、扭矩等转化为电阻变化，进而通过电信号表示。

用这种方法可测量应变、拉力、扭矩、振动频率等。惠斯通电桥不是惠斯通发明的，在测量电阻及其它电学实验时，经常会用到叫惠斯通电桥的电路，很多人认为这种电桥是惠斯通发明的，其实，这是一个误会，这种电桥是由英国发明家克里斯蒂在 1833 年发明的，但是由于惠斯通第一个用它来测量电阻，所以人们习惯上就把这种电桥称作了惠斯通电桥。

惠斯通电桥简单分析：如图 1 所示供电电源已知，R1、R2、R3 三个桥臂阻抗已知，RX 的变化引起电桥输出电压变化：

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{IN} - \frac{R_X}{R_3+R_X} V_{IN} = \left( \frac{R_2 R_3 - R_1 R_X}{(R_1+R_2)(R_3+R_X)} \right) V_{IN}$$

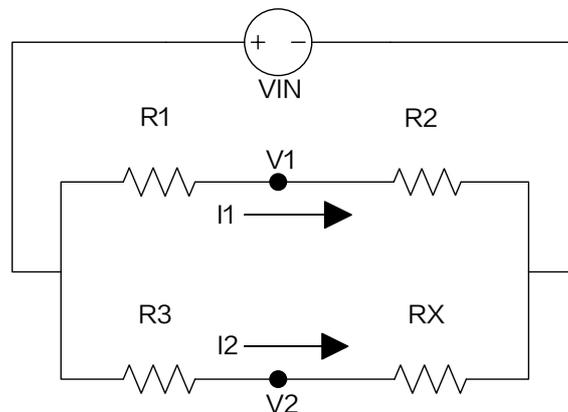


图 1. 惠斯通电桥电路示意图

### 硅阻式压力传感器

如图 2 所示，硅阻式压力传感器是由一个带有硅薄膜的底座和安装在其上的电阻结构组成，当外力施加时，电压与所施加的压力大小成比例变化。压阻式压力传感器元件根据膜片反射的大小测量电阻变化；整体线性度取决于膜片在规定测量范围内的稳定性，以及压阻元件的线性度。图 3 则是硅阻式压力传感器的结构示意图。

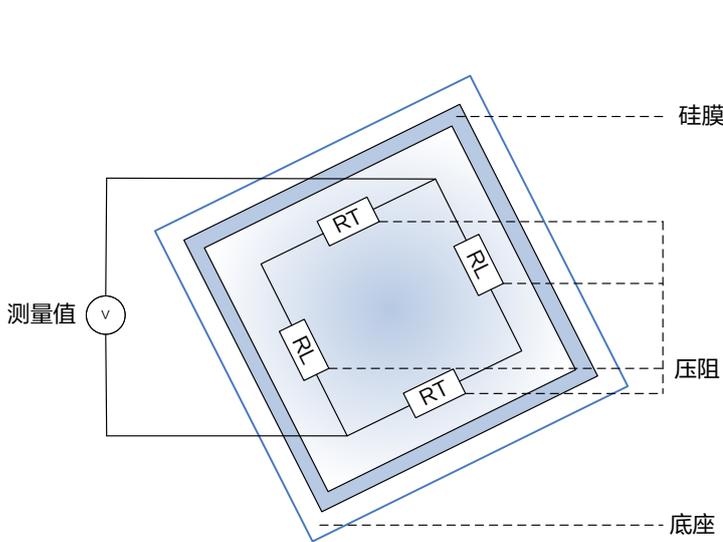


图 2. 硅阻式压力传感器

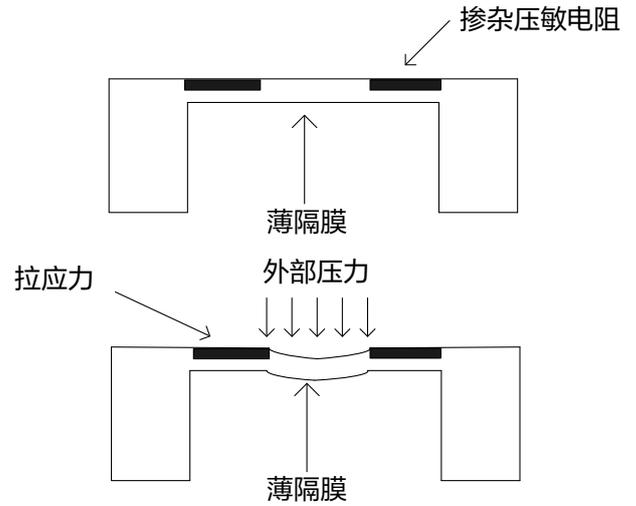


图 3. 硅阻式压力传感器结构示意图

硅阻式压力传感器是采用高精密半导体电阻条组成惠斯通电桥作为力电变换测量电路的，具有较高的测量精度、较低的功耗和极低的成本。所谓压阻效应，是指当半导体受到应力作用时，由于载流子迁移率的变化，使其电阻率发生变化的现象。它是 C.S 史密斯在 1954 年对硅和锗的电阻率与应力变化特性测试中发现的。压阻效应有各向异性特征，沿不同的方向施加应力和沿不同方向通过电流，其电阻率变化会不相同。它有以下优点：①灵敏度与精度高；②易于小型化和集成化；③结构简单、工作可靠，在几十万次疲劳试验后，性能保持不变；④动态特性好，其响应频率为 103~105Hz。

## 结论

惠斯通电桥是一种用于测量电阻的设备，广泛应用于多个领域。它通过比较已知电阻和未知电阻的电流和电压来计算出未知电阻的准确数值。这种测量方式不仅适用于测量小到几毫欧姆的电阻值，而且具有很高的精度和灵敏度。在工业领域，惠斯通电桥可以用于测量压力值，通过将应变电阻或压阻传感器作为未知电阻接入到电桥中，可以测量压力对电阻值的影响，从而计算出压力的大小。