

2.5 固态压阻式传感器

半导体应变片虽具有体积小、灵敏度高等优点，但其温度系数太大，且应变时非线性严重。随着新材料、新工艺的发展，人们选用晶体（硅、锗、蓝宝石、石英等）材料，采用微电子技术和微细加工技术研制出了新型的半导体应变式传感器——压阻式传感器。这种传感器测量精度高，工作可靠，工作温度范围宽，容易实现数字化，比普通应变式传感器体积小而输出信号大，并且克服了半导体应变片存在的问题，又能将电阻条、补偿线路、信号转换电路集成在一块硅片上，甚至将计算处理电路与传感器集成在一起，因此得到了广泛的应用，是一种具有发展前途的传感器。

2.5.1 压阻式传感器的结构与工作原理

压阻式传感器是用集成电路工艺技术，在硅片上制造出四个等值的薄膜电阻，并组成电桥电路。当不受力作用时，电桥处于平衡状态，无电压输出；当受到力作用时，电桥失去平

衡, 输出与应力成正比的电压。

压阻式传感器的工作原理与传统的半导体应变式传感器的工作原理一样, 都是基于半导体材料的压阻效应: 当半导体 (单晶硅) 材料某一轴向受外力作用时, 其电阻率会发生变化。详见本书 2.1.3 节中的半导体应变片的工作原理。

2.5.2 压阻系数

1. 压阻系数的定义

半导体电阻的相对变化近似等于电阻率的相对变化, 而电阻率的相对变化与应力成正比, 二者的比例系数定义为压阻系数。由 (2-11) 式可得

$$\pi_l = \frac{\Delta\rho/\rho}{\sigma} = \frac{\Delta\rho/\rho}{E\epsilon_x} \quad (2-47)$$

式中: π_l 即为压阻系数。

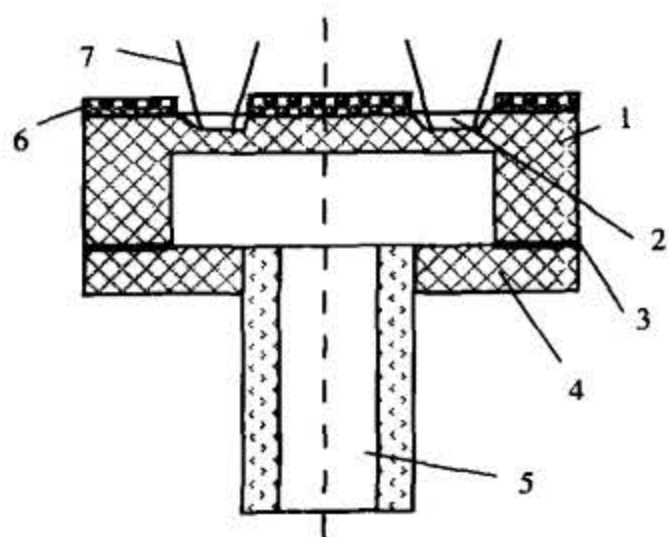
2. 影响压阻系数的因素

影响压阻系数的因素主要是扩散电阻的表面杂质浓度和温度。扩散杂质浓度增加时, 压阻系数就会减小。另一方面, 表面杂质浓度低时, 温度增加, 压阻系数下降得快; 表面杂质浓度高时, 温度增加, 压阻系数下降得慢。为了降低温度影响, 扩散电阻表面杂质浓度高些较好, 但扩散表面杂质浓度高时, 压阻系数要降低。N 型硅的电阻率不能太低, 否则, 扩散 P 型硅与衬底 N 型硅之间 PN 结的击穿电压就要降低, 从而使绝缘电阻降低。因此, 采用多大的表面杂质浓度进行扩散为宜, 在实际制作时需全面考虑。

2.5.3 固态压阻器件

在弹性形变限度内, 硅的压阻效应是可逆的, 即在应力作用下硅的电阻发生变化, 而当应力除去时, 硅的电阻又恢复到原来的数值。扩散硅压阻式传感器的基片是半导体单晶硅。单晶硅是各向异性材料, 取向不同其特性就不一样, 压阻效应也不同。硅压阻传感器的芯片就是选择压阻效应最大的晶向来布置电阻条的。

利用固体扩散技术, 将 P 型杂质扩散到一片 N 型硅底层上, 形成一层极薄的导电 P 型层, 装上引线接点后, 即形成扩散型半导体应变片。若在圆形硅膜片上扩散出四个 P 型电阻, 构成惠斯通电桥的四个臂, 这样的敏感器件通常称为固态压阻器件, 如图 2-17 所示。



1—N-Si 膜片; 2—P-Si 导电层; 3—粘贴剂; 4—硅底座;
5—引压管; 6—Si 保护膜; 7—引线

图 2-17 固态压阻器件

2.5.4 压阻式传感器的测量电路

压阻式传感器的输出信号一般较小, 需要用电路进行放大。图 2-18 所示是压阻式传感器常用的一种放大电路。其中 A_1 部分是恒流源电路, A_2 和 A_3 为两个同相放大器, A_4 为

第2章 应变式电阻传感器

差动放大器。这种运算放大器输入阻抗高，放大倍数调节方便。

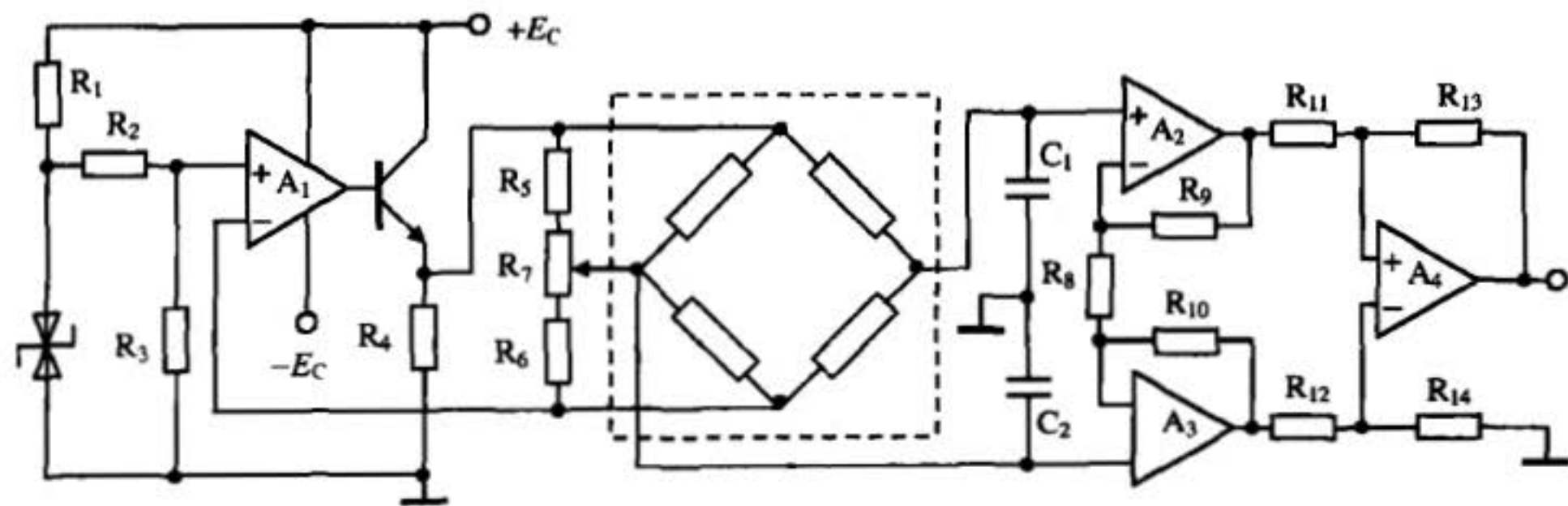


图 2-18 压阻式传感器常用放大电路