电阻式传感器

- 变阻器式传感器
- 工作原理

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

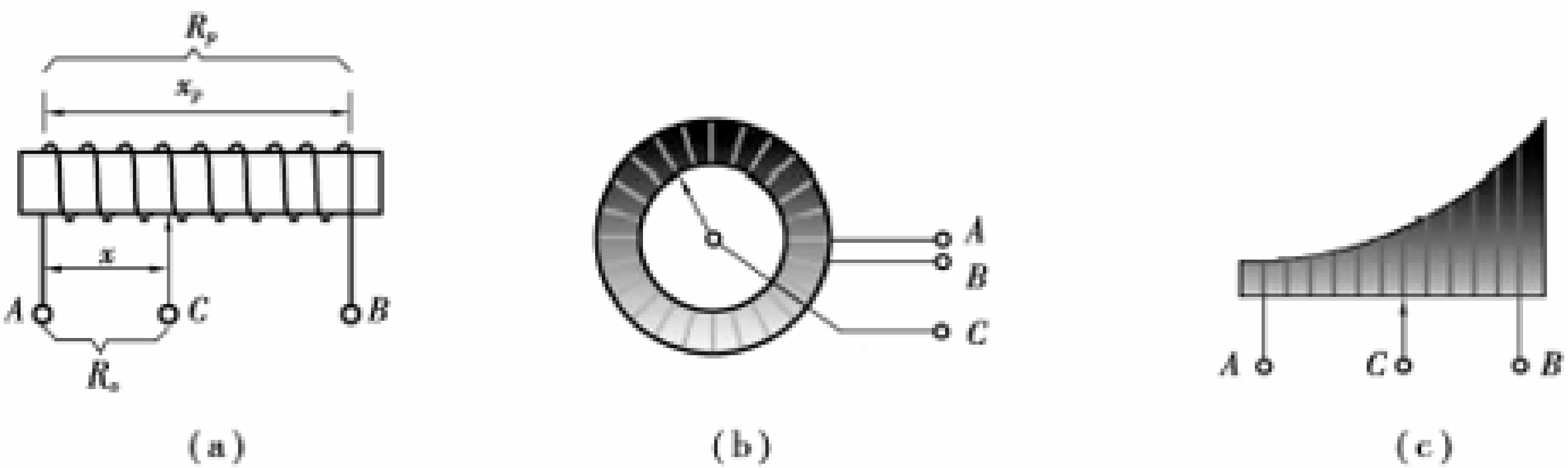
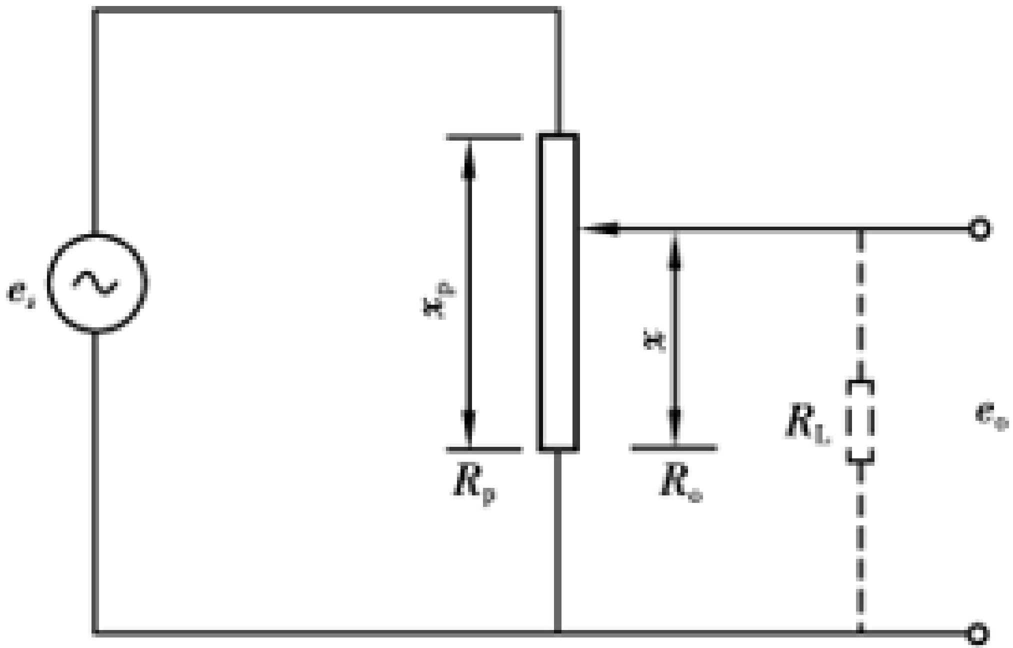


图 4.1　变阻器式传感器

(a) 直线位移型　(b) 角位移型　(c) 非线性型

$$R_o = \frac{x}{x_p} R_p$$

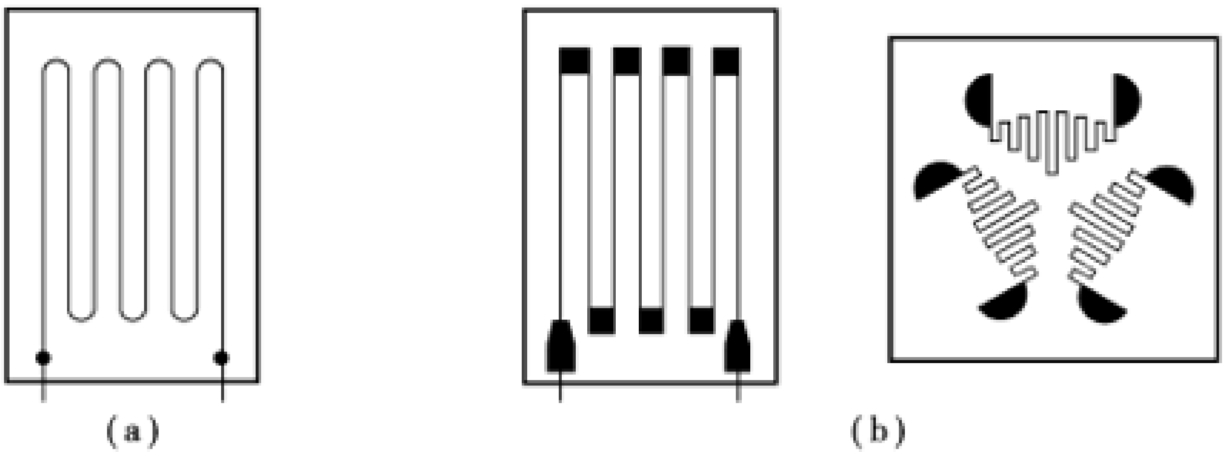
- 测量电路



$$e_o = \frac{1}{\frac{x_p}{x} + \frac{R_p}{R_L}\left(1 - \frac{x}{x_p}\right)} e_s$$

电阻应变式传感器
工作原理

1) 金属电阻应变片



金属电阻应变片的构造
(a)丝式(b)箔式

- 1) 金属电阻应变片

假设一根长度为L横截面积为A电阻率为ρ，则电阻R为

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{4.7}$$

当受到应变作用，L、A和ρ都会发生变化，使得R产生的相对变化为

$$\frac{\mathrm{d}R}{R} = \frac{\mathrm{d}L}{L} - \frac{\mathrm{d}A}{A} + \frac{\mathrm{d}\rho}{\rho} \tag{4.8}$$

设金属的截面半径为r,则有

$$\frac{\mathrm{d}R}{R} = \frac{\mathrm{d}L}{L} - \frac{2\mathrm{d}r}{r} + \frac{\mathrm{d}\rho}{\rho} \tag{4.9}$$

根据材料力学理论，对于受拉压得圆杆有

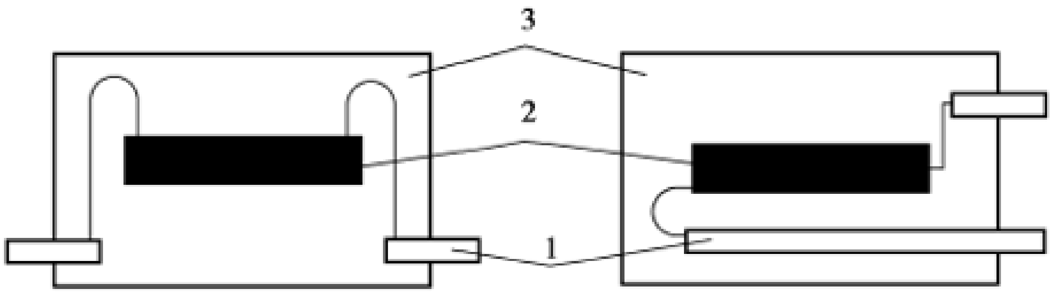
$$\frac{dL}{L}=\varepsilon,\frac{dr}{r}=-\mu\frac{dL}{L}=-\mu\varepsilon,\frac{d\rho}{\rho}=\lambda\sigma,\sigma=E\varepsilon \tag{4.10}$$

其中：ε---所承受的应变　　μ---材料的泊松比
σ---轴向应力　　　　　λ---材料的压阻系数
E---材料的弹性模量

带入原式有

$$\frac{dR}{R}=(1+2\mu+\lambda E)\frac{dL}{L}=(1+2\mu+\lambda E)\varepsilon \tag{4.11}$$

2)半导体应变片

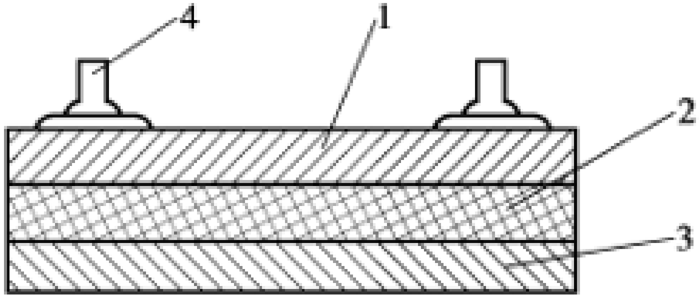


体型半导体应变片的构造
1—引线；2—半导体片；3—基片

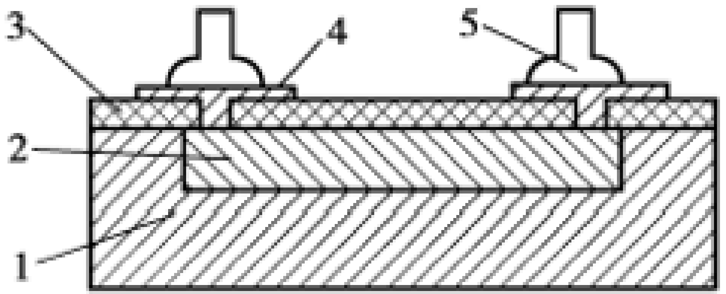
测量电路

直流电桥电路

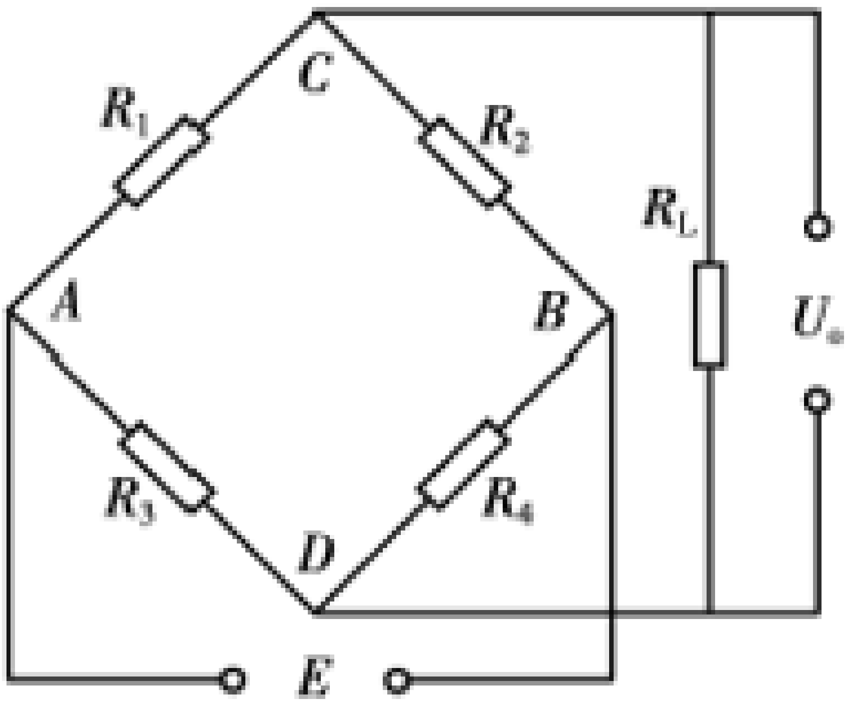
(1)平衡条件



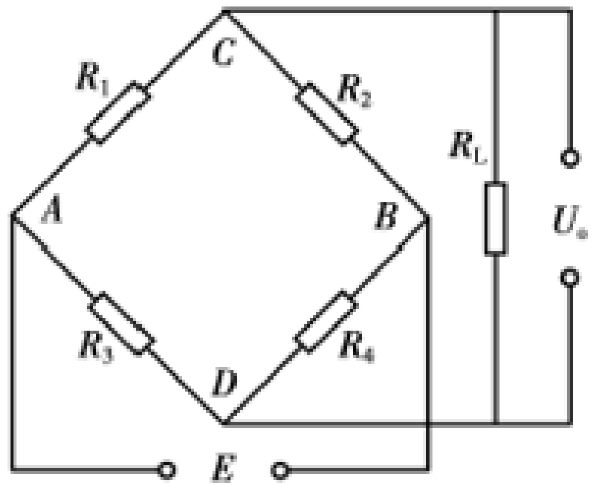
薄膜型半导体应变片的构造
1—锗膜；2—绝缘层；3—金属箔基底；
4—引线



扩散型半导体应变片的构造
1—N型硅；2—P型硅扩散层；
3—二氧化硅绝缘层；4—铝电极；5—引线



直流电桥电路



当R_L无限大时，电桥有输出电压

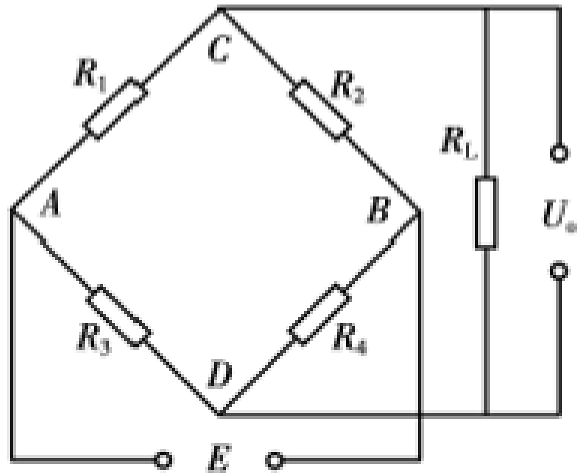
$$U_o = E\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4}\right)$$

$$= \frac{E(R_1R_4 + R_2R_3)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

假如R_1为应变片电阻，初始时应变片未受应变，电桥处于平衡状态

$$R_1R_4 = R_2R_3 \text{或} \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

此时$U_0 = 0$ 电桥处于平衡条件



当电桥R_1承受应变产生ΔR_1的变化时，输出电压为

$$U_o = E\left(\frac{R_1+\Delta R_1}{R_1+\Delta R_1+R_2} - \frac{R_3}{R_3+R_4}\right) = \frac{E\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\cdot\frac{R_4}{R_3}\right)}{\left(1+\frac{\Delta R_1}{R_1}+\frac{R_2}{R_1}\right)\left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)} \qquad (4.15)$$

假设 $n=\frac{R_2}{R_1}=\frac{R_3}{R_4}$ 略去分母中微量 $\frac{\Delta R_1}{R_1}$ 则有

$$U_o \approx \frac{nE}{(1+n)^2}\frac{\Delta R_1}{R_1} = K_v\frac{\Delta R_1}{R_1} \qquad (4.16)$$