

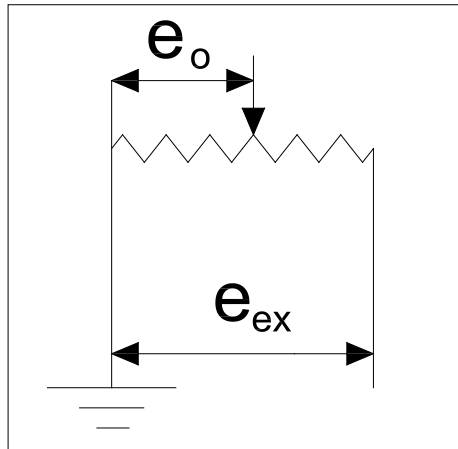
# Cap. 4 – Medição de deslocamentos e deformações

Iniciamos o estudo de instrumentos de medições específicas com deslocamentos e deformações, pois são medições baseadas em uma grandeza básica: comprimento.

A medição de deslocamento e deformações servem para medição indireta de outras grandezas, tais como: força, pressão, temperatura e etc.

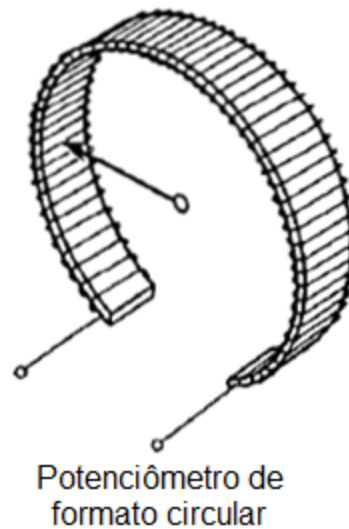
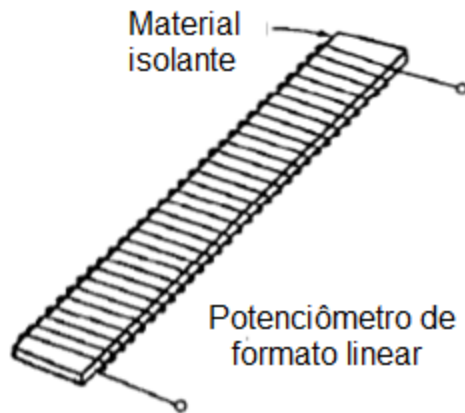
# 4.1 - Medição de deslocamentos

## 4.1.1 - Potenciômetros



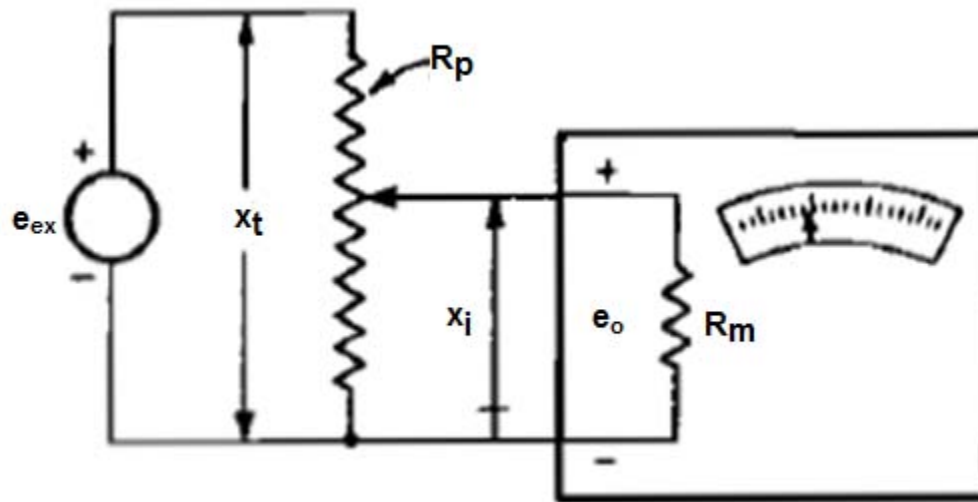
Basicamente, um potenciômetro resistivo consiste de um elemento resistivo com um contato móvel.

O contato móvel pode ser de translação ou rotação, permitindo a medição de deslocamentos lineares e angulares.



Potenciômetros lineares possuem escalas de 2,5 a 500 mm, e potenciômetros rotativos indicam de  $10^\circ$  a 60 voltas ( $60 \times 360^\circ$ ).

O elemento resistivo pode ser excitado tanto com tensão contínua ou alternada, e a tensão de saída é, em condições ideais de funcionamento, uma função linear do deslocamento do contato móvel, acoplado ao elemento cujo deslocamento se deseja medir.

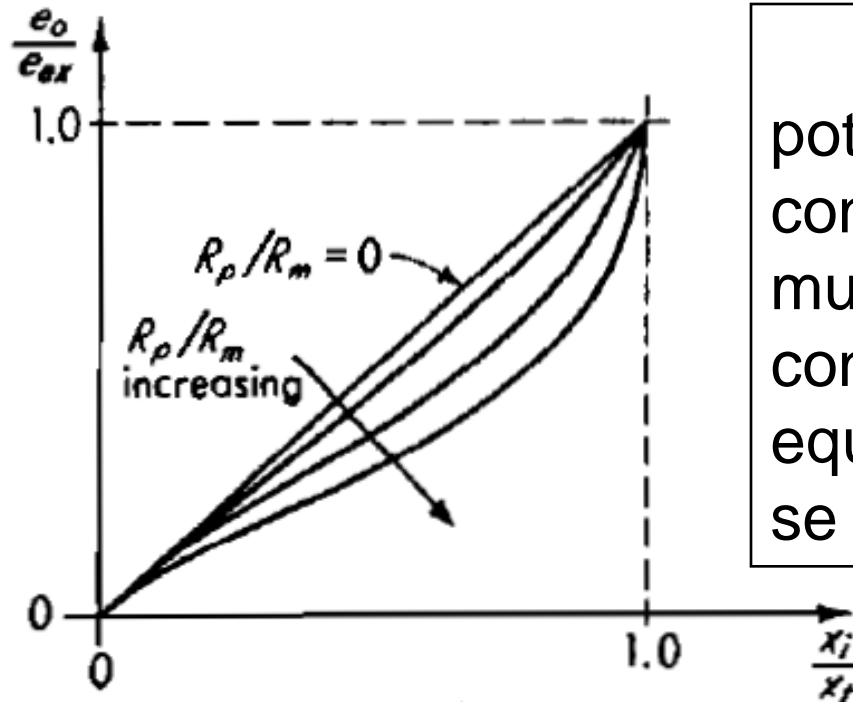


A análise do circuito de medição com potenciômetro fornece a seguinte equação:

$$\frac{e_o}{e_{ex}} = \frac{1}{1/(x_i / x_t) + (R_p / R_m)(1 - x_i / x_t)}$$

$$\frac{e_o}{e_{ex}} = \frac{1}{1/(x_i/x_t) + (R_p/R_m)(1 - x_i/x_t)}$$

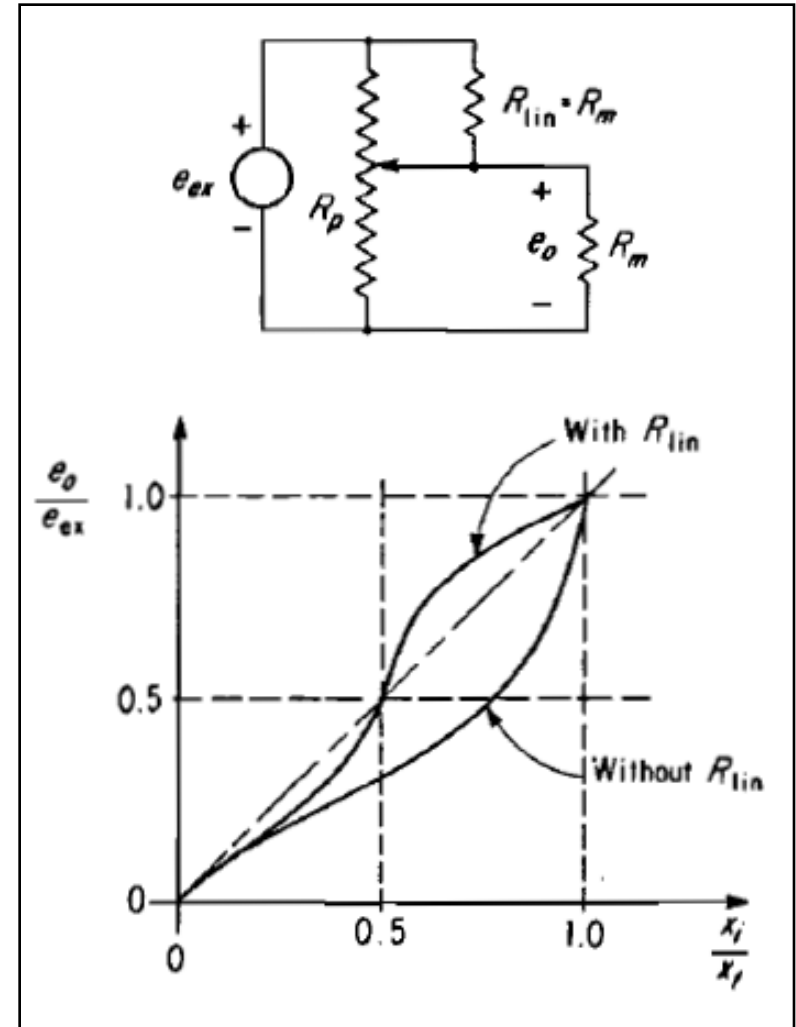
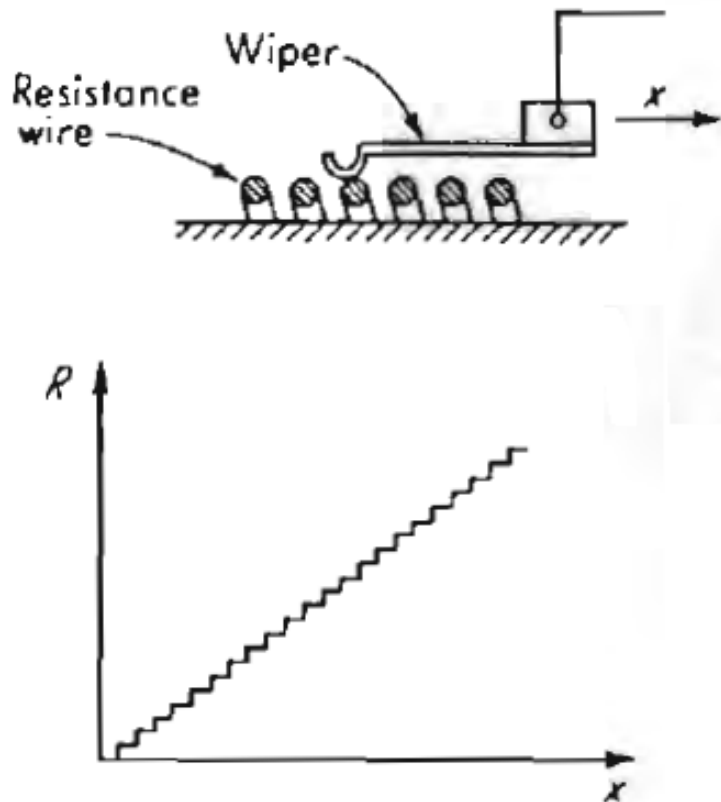
onde:  $x_i$  é o deslocamento a ser medido,  
 $x_t$  é o deslocamento máximo do potenciômetro,  
 $R_p$  é a resistência total do potenciômetro  
 $R_m$  é a resistência do circuito de medição.



Para especificação de um potenciômetro, deve-se buscar a condição de projeto onde  $R_p$  seja muito menor que  $R_m$ . Nestas condições,  $R_p/R_m \cong 0$ , e a equação do potenciômetro torna-se linear:

$$\frac{e_o}{e_{ex}} = \frac{x_i}{x_t}$$

Quando não é possível alterar a resistência do potenciômetro, pode-se adaptar uma resistência em série com o voltímetro, para melhorar a linearidade do sistema.



## 4.2 - Medição de deformações

### 4.2.1 - Strain gage (sensor de deformação)

Considerando um condutor de área transversal,  $A$ , comprimento linear,  $L$ , feito de um material de resistividade,  $\rho$ , a resistência elétrica será  $R = \rho L / A$ .

Se este condutor for esticado ou comprimido, sua resistência elétrica se alterará devido a:

- Variação de dimensões;
- Variação de resistividade.

A propriedade dos materiais denominada piezo-resistência indica a dependência da resistividade em relação a deformações do material.

Diferenciando a equação básica da resistência elétrica do condutor, obtém-se:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \Rightarrow \quad dR = \frac{\rho}{A} dL - \frac{\rho L}{A^2} dA + \frac{L}{A} d\rho$$

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L} - \frac{dA}{A} + \frac{d\rho}{\rho}$$

Manipulando a equação acima, e utilizando o coeficiente de Poisson,  $\nu$ , obtém-se:

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L} (1 + 2\nu) + \frac{d\rho}{\rho}$$

Dividindo ambos os lados da equação acima por  $dL/L$ , que representa a deformação do material,  $\varepsilon$ , obtém-se a equação dos "strain gages":

$$\frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2.v + \frac{d\rho/\rho}{dL/L}$$

= k = “Gage factor”

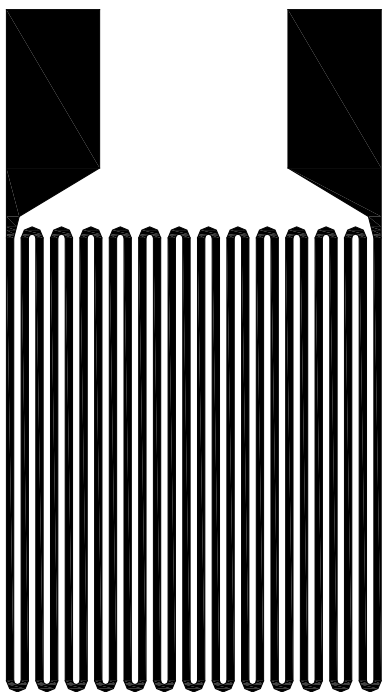
onde:

1 - representa a variação da resistência devido a deformação;  
 2v - representa a variação de resistência devido a variação de área, e o último termo se deve ao efeito da piezo-resistência (variação da resistividade devido a deformação).

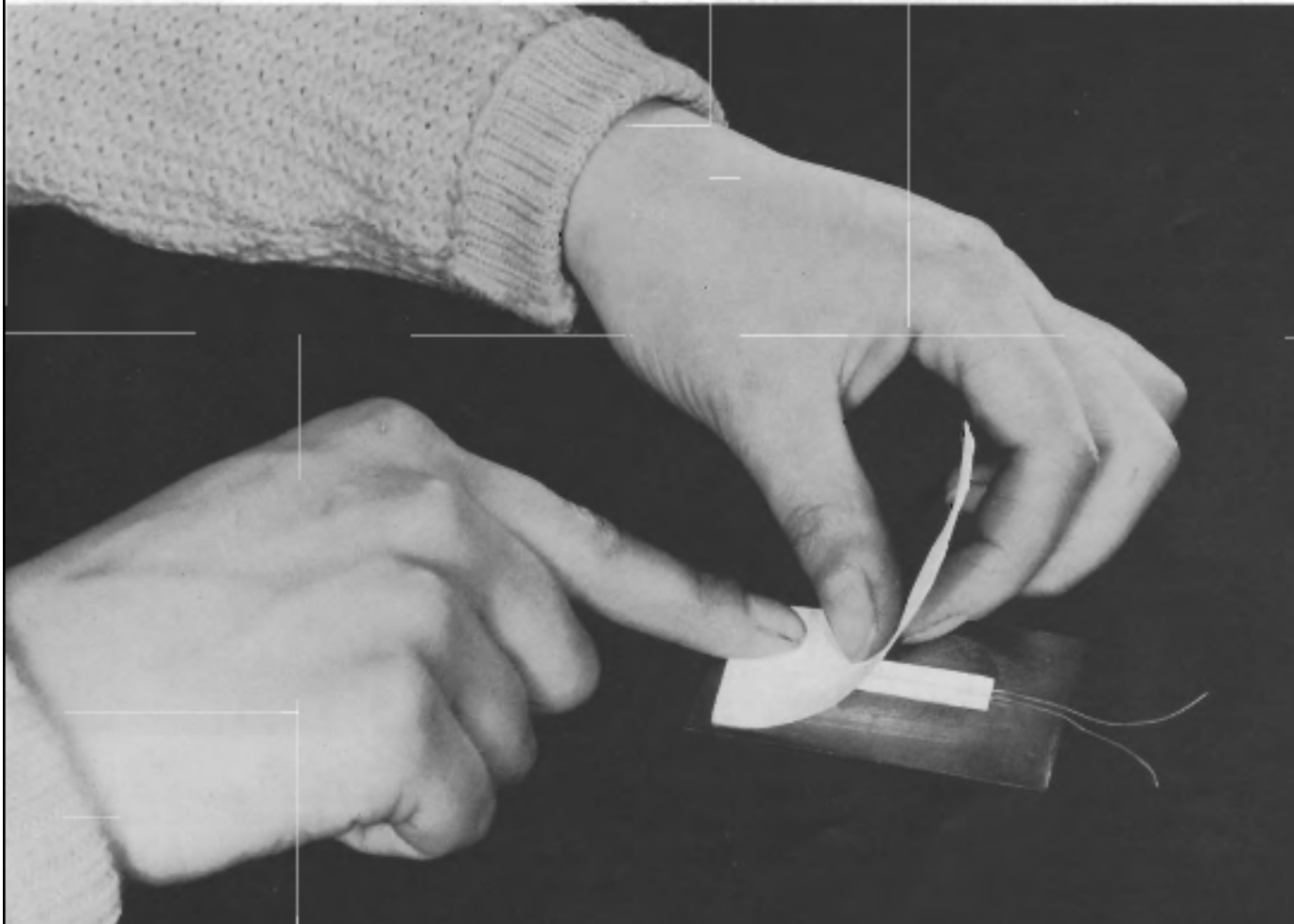
A equação básica de um sensor de deformação será, portanto:

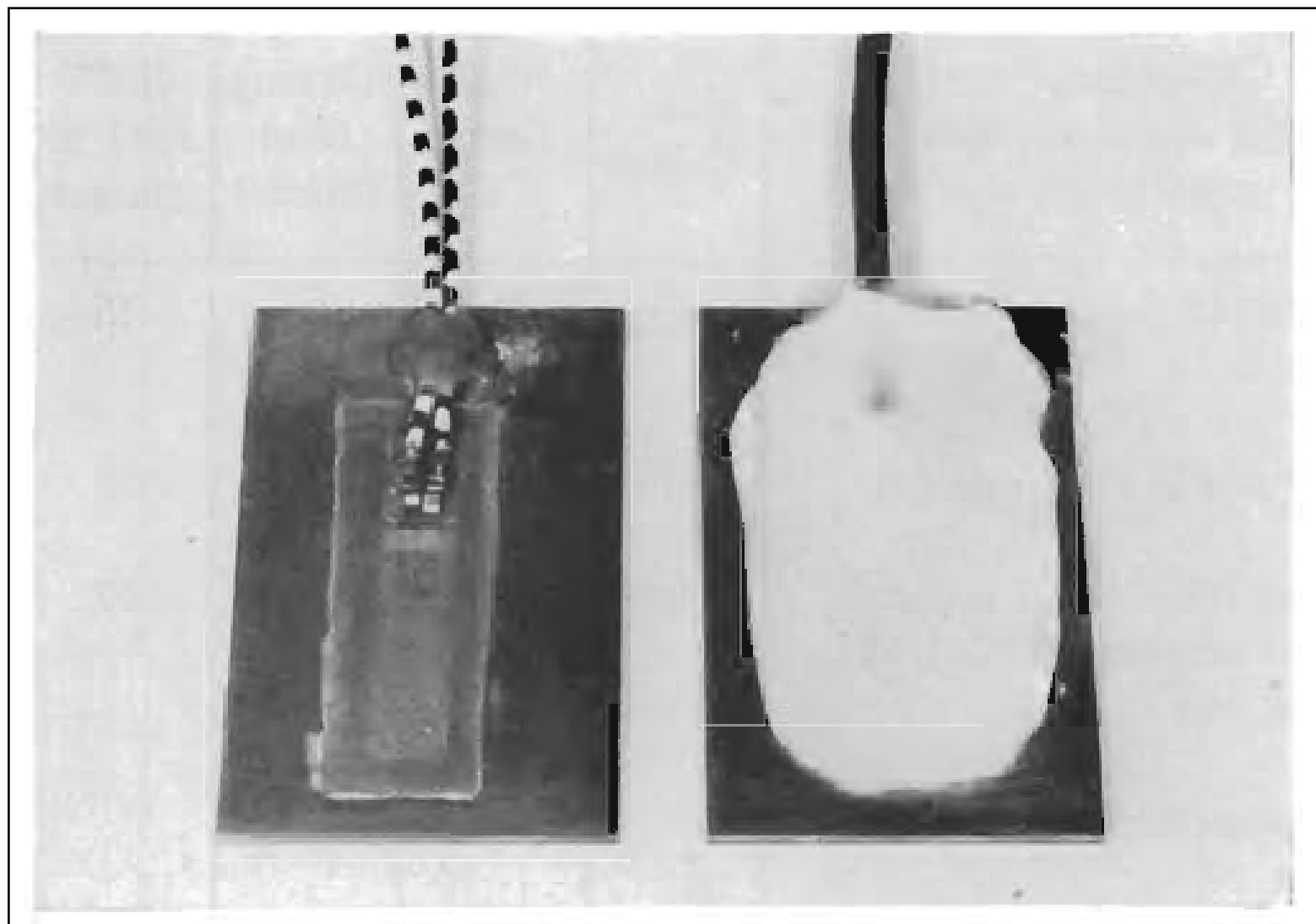
$$\frac{dR}{R} = k \cdot \frac{dL}{L}$$





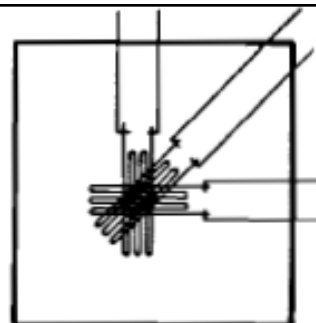
Many years of development and experience have given the strain gauge properties which can be fully exploited; however, only if the gauges are correctly applied to the surface to be investigated. Cementing strain gauges is not difficult, but it does call for a definite procedure. Some rules are set forth below, while further details are contained in the directions packed with the various cements. Experience is always a great help.







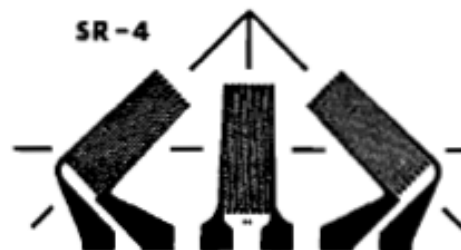
FABR-50D-12SX  
3-Element Rosette  
60° Planar  
(foil)



AR-1  
3-Element Rosette  
45° Stacked  
(wire)



FABX-50-12SX  
2-Element Rosette  
90° Stacked  
(foil)



SR-4  
FAER-25RB-12SX  
3-Element Rosette  
45° Planar  
(foil)



FABT-25A-12SX  
2-Element Rosette  
90° Planar  
(foil)



FAED-25B-35SX  
2-Element Rosette  
90° Shear Planar  
(foil)

