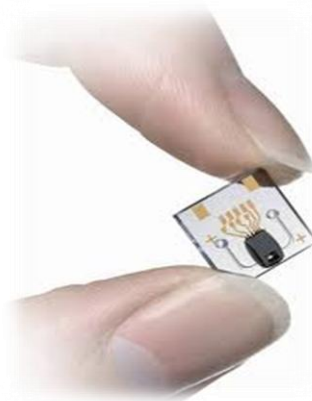


# Bài giảng Kỹ Thuật Cảm Biến (sensors)

**Hoang Si Hong**

**-----2011-----**

**Faculty of Electrical Eng., Hanoi Univ. of Science and Technology (HUST),  
Hanoi, VietNam**





# Nguồn tham khảo

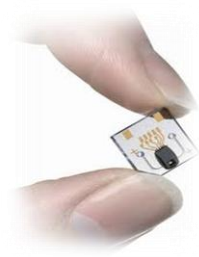
**Note: Bài giảng môn học này được tham khảo, trích dẫn và lược dịch từ các nguồn sau:**

## ✓ Sách

- Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1, 2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- Các bộ cảm biến trong đo lường-Lê Văn Doanh...
- Các bộ cảm biến-Nguyễn Tăng Phô
- Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và [Hoàng Sĩ Hồng](#)
- Sensor technology handbook (edited by JON WILSON)
- Elements of Electronic Instrumentation and Measurement (Prentice-Hall Company)
- Sách giải thích đơn vị đo lường hợp pháp của Việt Nam

## ✓ Bài giảng và website:

- Bài giảng kỹ thuật cảm biến-[Hoàng Sĩ Hồng-BKHN\(2005\)](#)
- Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo:P.T.N.Yến, Ng.T.L.Hương –BKHN (2010)
- Bài giảng MEMs ITIMS – BKHN
- Một số bài giảng về cảm biến và đo lường từ các trường đại học KT khác ở Việt Nam
- Website: sciendirect/sensors and actuators A and B



# Nội dung môn học và mục đích

---

## Nội dung

- Chapter 1: Khái niệm chung về Cảm biến (2b)
- Chapter 2: **Cảm biến điện trở (2b)**
- Chương 3: Cảm biến đo nhiệt độ (2b)
- Chương 4: Cảm biến quang (2b)
- Chương 5: Cảm biến tĩnh điện (2b)
- Chương 6: Cảm biến Hall và hoá điện
- Chương 6: Cảm biến và PLC(1b)

**Mục đích:** nắm được cấu tạo, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của các loại cảm biến thông dụng trong công nghiệp và đời sống. Nắm được xu thế phát triển chung của công nghệ cảm biến trên thế giới.



# Chương 3: Cảm biến điện trở

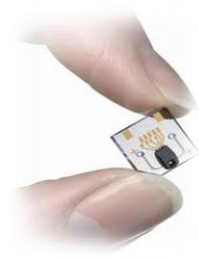
---

## Nội dung

- Cảm biến điện trở lực căng
- Biến trở

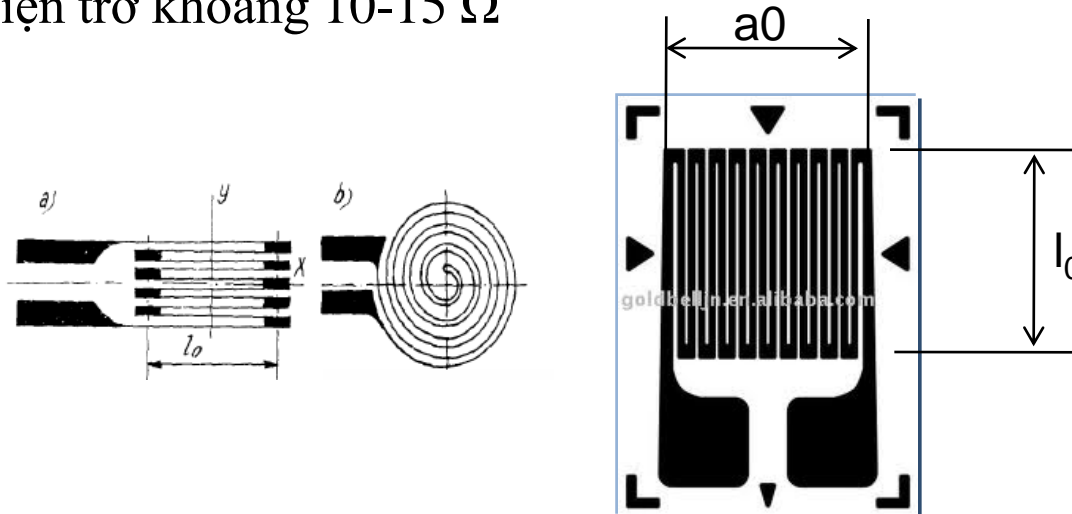


Bao nhiêu kg ?

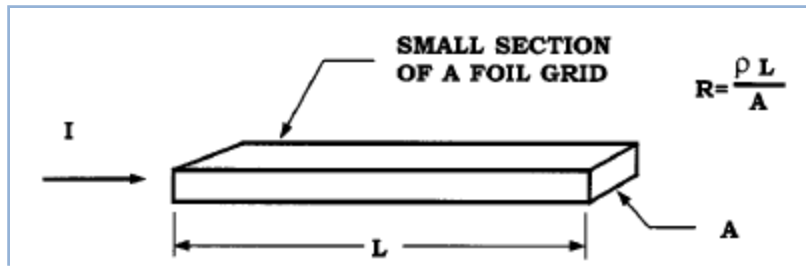


# Điện trở lực căng (strain gage)-Cấu tạo

- Cấu tạo (dây điện trở, màng mỏng kim loại...)
- Dây mảnh, lá mỏng và màng mỏng
- Trên giấy mỏng cách điện, dán dây điện trở (constantan, nicrom..) hình răng lược đường kính 0.02 – 0.03 mm. Chiều dài lo thường từ 8-15 mm, chiều rộng a0 3-10 mm. Điện trở ban đầu 800 – 1000  $\Omega$ , lượng thay đổi điện trở khoảng 10-15  $\Omega$



Khi dây dẫn chịu biến dạng cơ khí thì điện trở của nó thay đổi, hiện tượng đó gọi là hiệu ứng tenzo (piezoresistive). Chuyển đổi làm việc dựa trên hiệu ứng đó gọi là chuyển đổi điện trở lực căng



where  $R$  = Resistance  
 $\rho$  = Resistivity  
 $L$  = Length  
 $A$  = Area of the cross-section

Ta có  $\frac{\Delta R}{R} = f\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$

ư hay  $\varepsilon_R = \varepsilon_l$

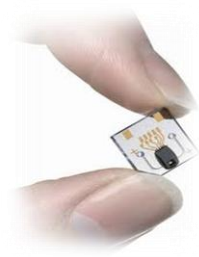
Mặt khác ta có  $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta S}{S}$

$\varepsilon_R = \varepsilon_\rho + \varepsilon_l - \varepsilon_S$

Trong cơ học ta có  $\varepsilon_S = -2K_p \varepsilon_l$ ;  $K_p$  hệ số Poisson

→  $\varepsilon_R = \varepsilon_l (1 + 2K_p + m) = K \varepsilon_l$

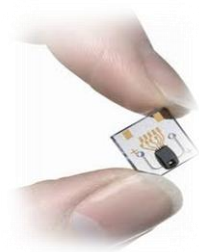
Độ nhạy của chuyển đổi:  $K = \varepsilon_R / \varepsilon_l = 1 + 2K_p + m$



# Một số tính chất của cảm biến

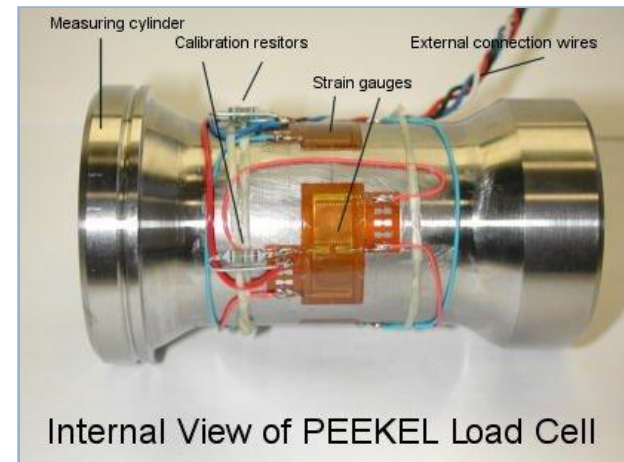
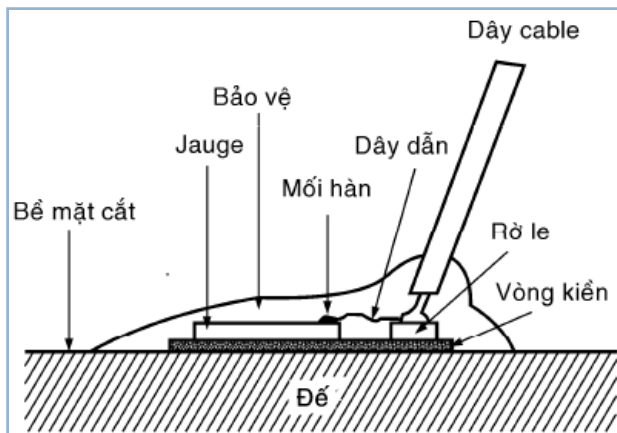
---

- Tuỳ theo đường kính dây sẽ có dòng cho phép đi qua tương ứng.
- Ví dụ: đường kính = 12 mm thì dòng cho phép là 15 mA
- Đường kính = 15 mm thì dòng cho phép là 35 mA
- Thông thường độ nhạy theo lí thuyết sẽ khác so với đặc tính thực tế. Do vậy khi sản xuất người ta sẽ chế tạo hàng loạt. Sau đó các cảm biến sẽ được hiệu chuẩn đơn chiếc tùy theo ứng dụng thực tế
- Hệ số nhiệt độ của vật liệu cần phải bé hoặc cần có bù nhiệt trong mạch đo
- Vật liệu chế tạo dây điện trở cần có điện trở suất lớn để giảm kích thước chuyển đổi
- Tăng độ dài tác dụng lo để tăng độ nhạy



# Cách dán tenzo

- Kỹ thuật dán (hình vẽ): trước khi dán phải làm sạch bề mặt vật liệu bằng hoá chất-> phủ lớp keo dán
- Chọn vị trí dán: có độ biến dạng lớn nhất để tăng độ nhạy





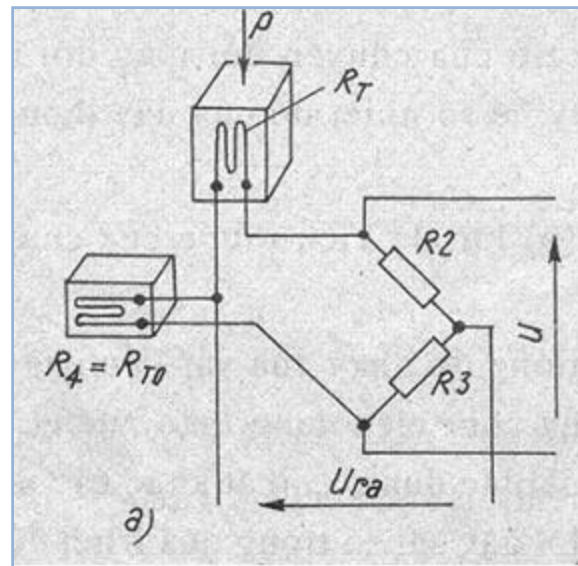


# Mạch đo

3. *Mạch đo.* Thông thường chuyển đổi điện trở lực căng được dùng với mạch cầu một chiều hoặc xoay chiều và mạch phân áp.

Khi mạch cầu chỉ có một nhánh hoạt động (tức là chỉ một chuyển đổi hoạt động) vấn đề bù nhiệt độ phải được thực hiện do vậy người ta dùng một chuyển đổi cùng loại dán lên chi tiết không làm việc cùng vật liệu với đối tượng đo và đặt trong cùng một nhiệt độ (h.7-9a).

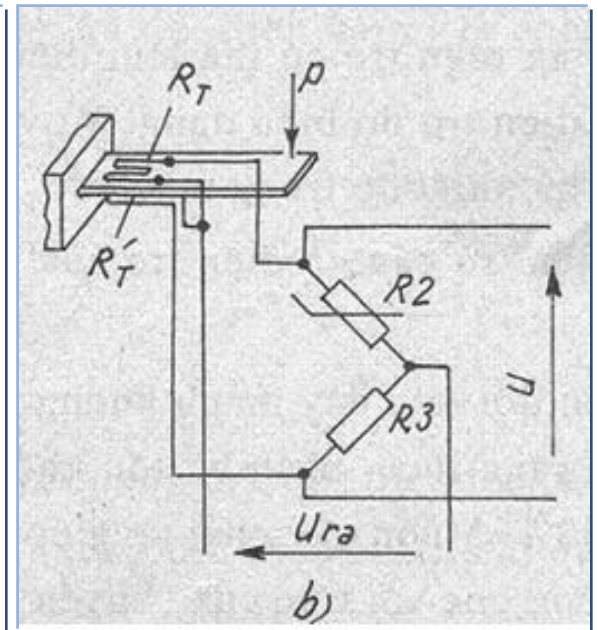
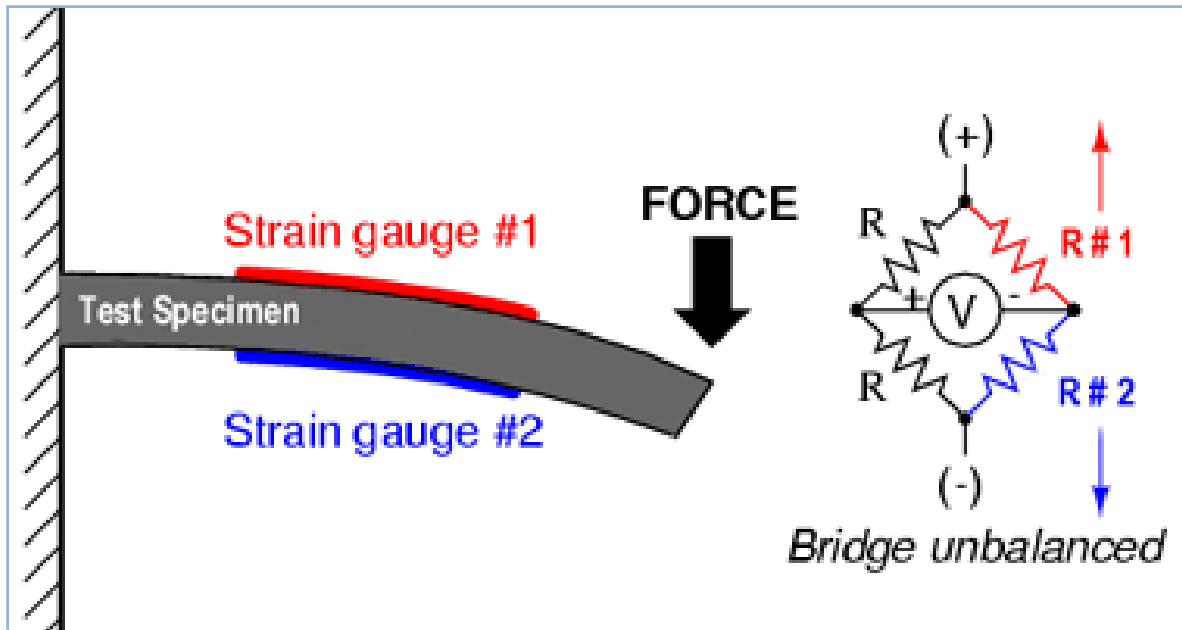
Khi cầu không làm việc ở trạng thái cân bằng  $\frac{R_T}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = K$ ,



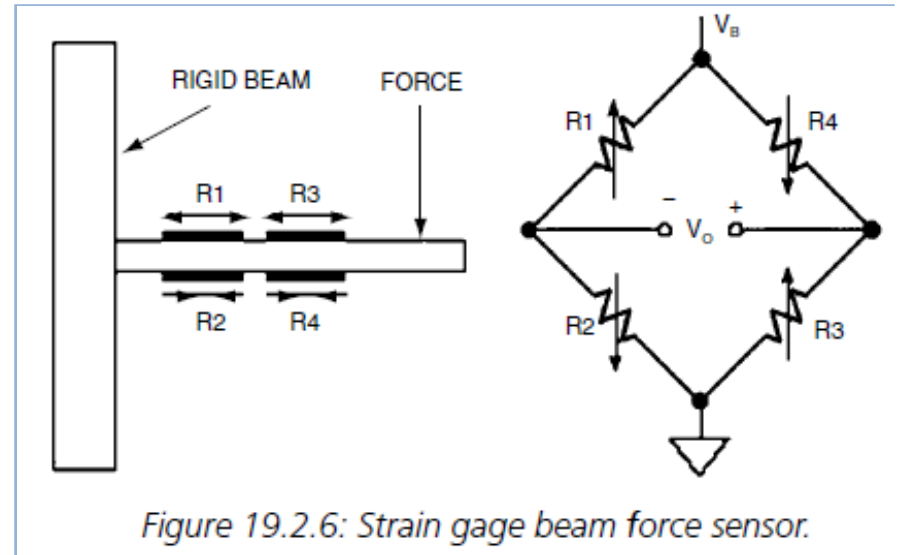
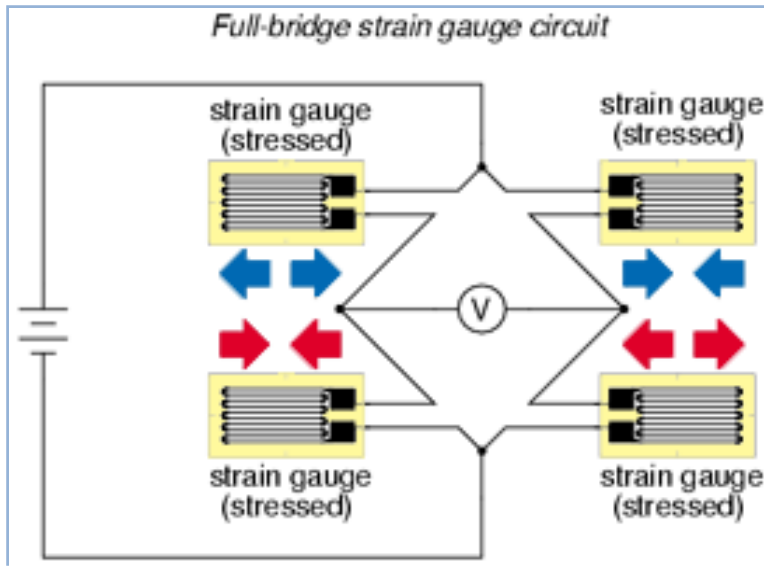
# Mạch đo

Thuận tiện hơn là sơ đồ hình 7–9b. Trong đó hai nhánh cầu được dán chuyển đổi tenzô và cùng hoạt động. Điện áp ra của mạch cầu tăng gấp hai lần và bù nhiệt độ tốt hơn; sai số nhiệt độ bị loại trừ.

Với cầu 4 nhánh hoạt động, điện áp ra của mạch cầu là lớn nhất tăng gấp bốn lần, sai số nhiệt độ cũng bị loại trừ.



# Cầu 4 nhánh





# Mạch phân áp

Ngoài mạch cầu người ta còn dùng mạch phân áp như hình 7-9c.

Mạch trên dùng để đo biến dạng động với tần số lớn hơn 1000Hz ví dụ biến dạng do va đập. Điện áp ra được đo trên  $R_T$  mắc nối tiếp với điện trở  $R$ . Để loại trừ thành phần một chiều người ta mắc thêm tụ  $C$ .

Điện áp rơi trên tenzô:  $U_T = U \cdot \frac{R_T}{R + R_T}$

Khi có biến dạng với tần số  $\omega$ :

$$U_T = U \cdot \frac{R_T(1 + \varepsilon_R \sin \omega t)}{R + R_T(1 + \varepsilon_R \sin \omega t)}$$

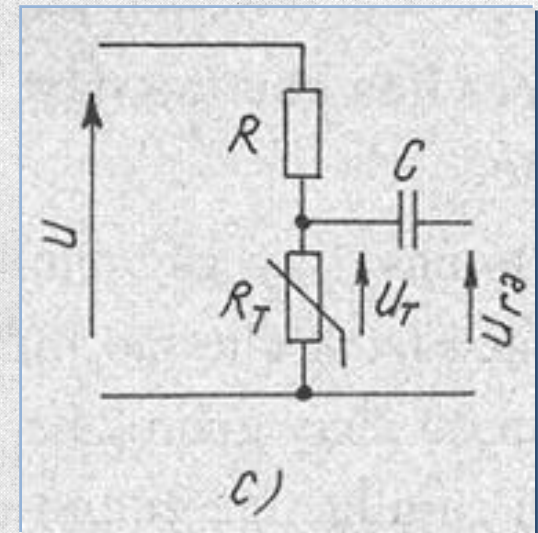
với  $\varepsilon_R \ll 1$ .

Ta có:

$$U_T \approx U \left[ \frac{R_T}{R + R_T} + \frac{R_T \varepsilon_R \sin \omega t}{R + R_T} \right]$$

Điện áp ra chỉ lấy với thành phần xoay chiều :

$$U_{ra} \approx U \frac{R_T}{R + R_T} \varepsilon_R \sin \omega t.$$





# Sai số và ứng dụng

4. Sai số và phạm vi ứng dụng : Sai số của thiết bị đo dùng chuyển đổi tenzô chủ yếu do độ chính xác khác độ các chuyển đổi. Không thể khắc độ trực tiếp đơn chiếc, chúng được chế tạo hàng loạt và được chuẩn sơ bộ.

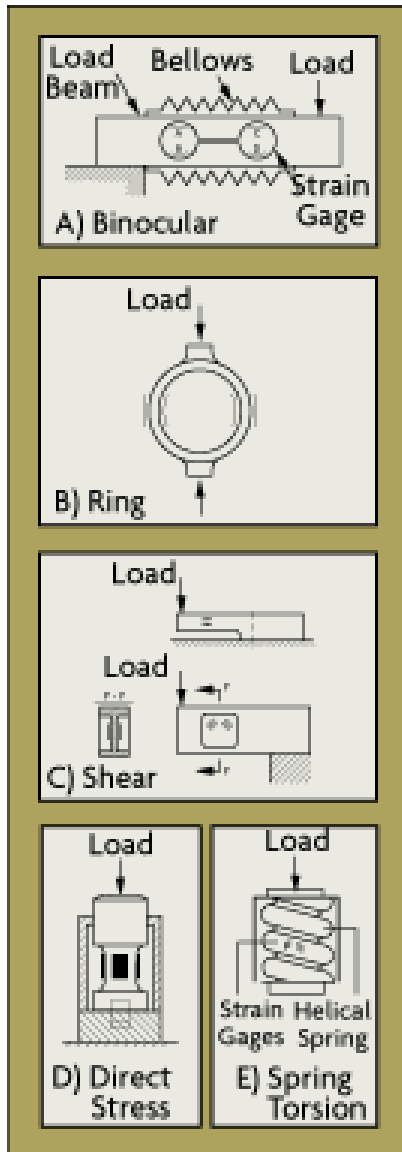
Khi sử dụng cần phải có công nghệ dán chuẩn và chọn vị trí chính xác. Sai số có thể đạt tới  $1 \div 5\%$ .

Khi chuẩn trực tiếp chuyển đổi với mạch đo sai số có thể giảm đến  $0,2 \div 0,5\%$  khi đo biến dạng tĩnh và  $1 \div 1,5\%$  khi đo biến dạng động. Ngoài ra còn có sai số biến dạng dư của keo dán khi sấy khô, do sự giãn nở khác nhau giữa chuyển đổi và chi tiết dán. Các chuyển đổi lực căng được dùng để đo lực áp suất, mô men quay, gia tốc và các đại lượng khác nếu có thể biến đổi thành biến dạng đàn hồi với ứng suất không bé hơn  $(1 \div 2) 10^7 \text{ N/m}^2$ .

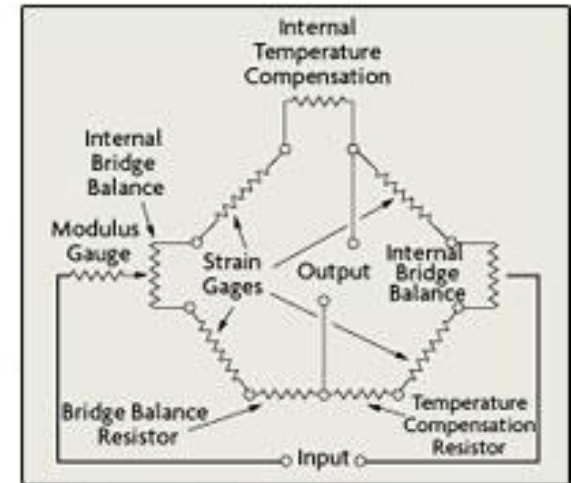
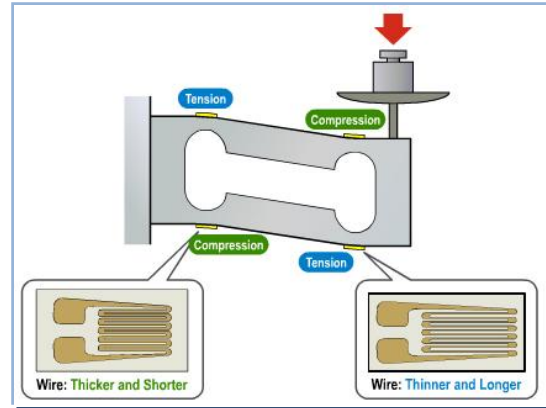
Chuyển đổi điện trở lực căng có thể đo các đại lượng biến thiên tới vài chục kHz.



# Loadcell (chế tạo cân điện tử)

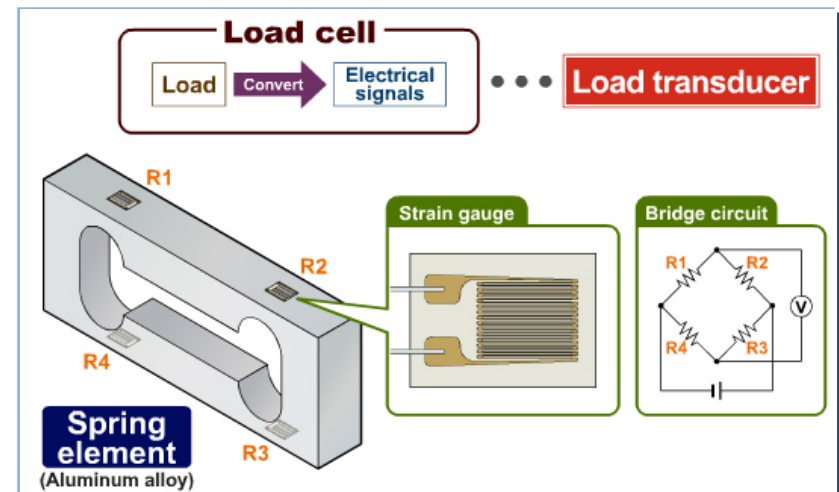


Load Cell Spring Elements



Wheatstone Circuit with Compensation

- Cân ô tô
- Cân băng định lượng
- Cân phối liệu



# Loadcell

## Styles of Load Cells



### Compression Load Cells

Compression load cells often have an integral button design. They are ideal for mounting where space is restricted. They offer excellent long term stability.



### S-Beam Load Cells

S-Beam load cells get their name from their S shape. S-Beam load cells can provide an output if under tension or compression. Applications include tank level, hoppers and truck scales. They provide superior side load rejection.



### Platform and Single Point Load Cells

Platform and single point load cells are used to commercial and industrial weighing systems. They provide accurate readings regardless of the position of the load on the platform.



### Low Profile Load Cells

Compression and tension/compression load cells. Mounting holes and female threads provide easy installation. Used frequently in weighing research and in-line force monitoring.



### Compression/Tension Load Cells

Compression/tension load cells can be used for applications where the load may go from tension to compression and vice versa. They are ideal for space restricted environments. Threaded ends facilitate easy installation.



### Bending Beam Load Cells

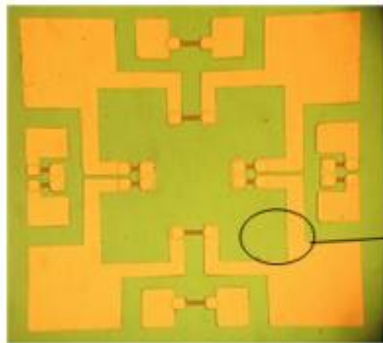
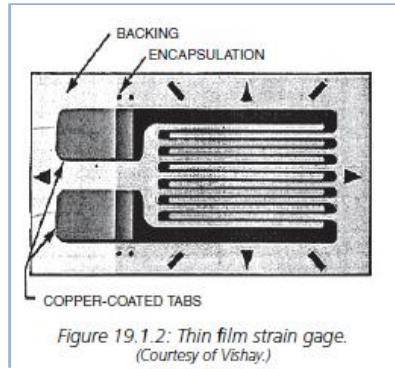
Used in multiple load cell applications, tank weighing and industrial process control. They feature low profile construction for integration into restricted areas.



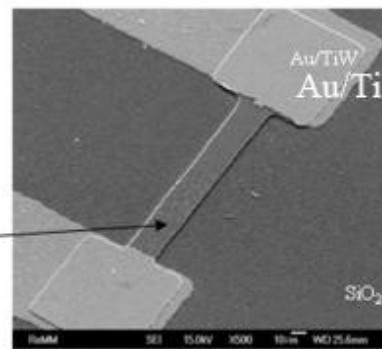
### Canister Load Cells

Canister load cells are used for single and multi-weighing applications. Many feature an all stainless steel design and are hermetically sealed for washdown and wet areas.

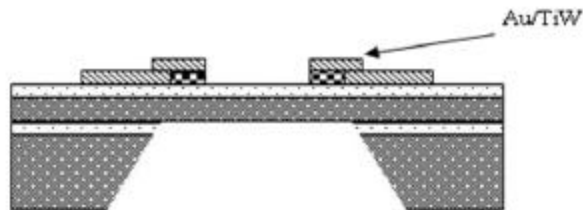
# Ứng dụng hiệu ứng tenzo cho việc chế tạo cảm biến đo áp suất (MEMS)



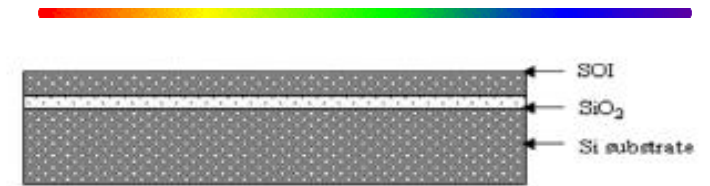
(a)



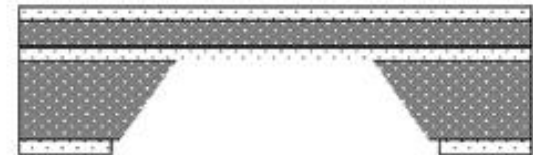
(b)



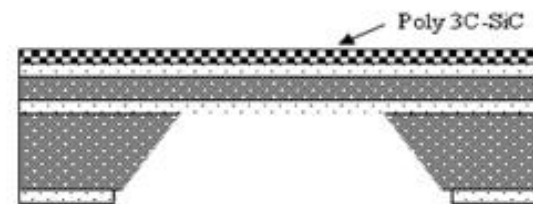
(c)



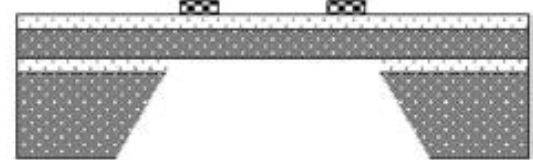
(a)



(b)



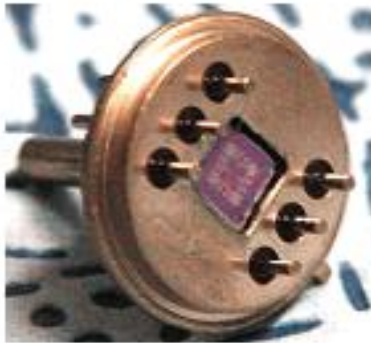
(c)



(d)



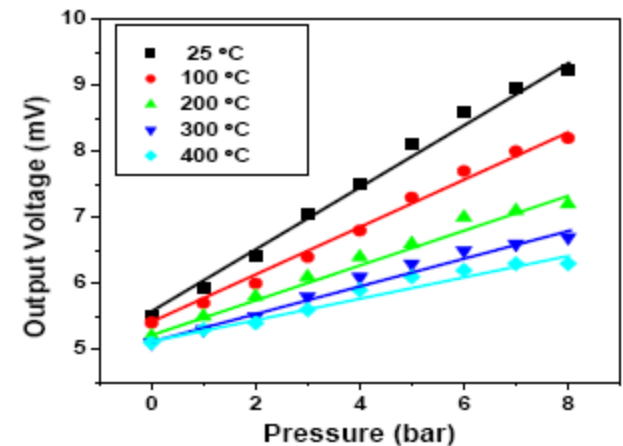
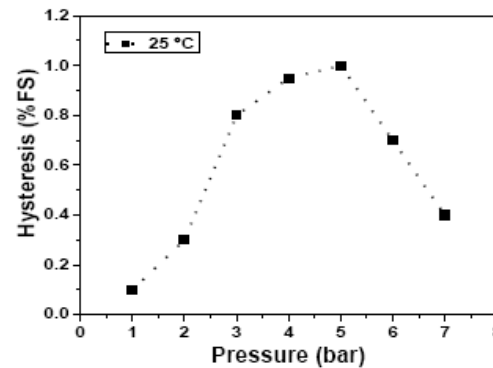
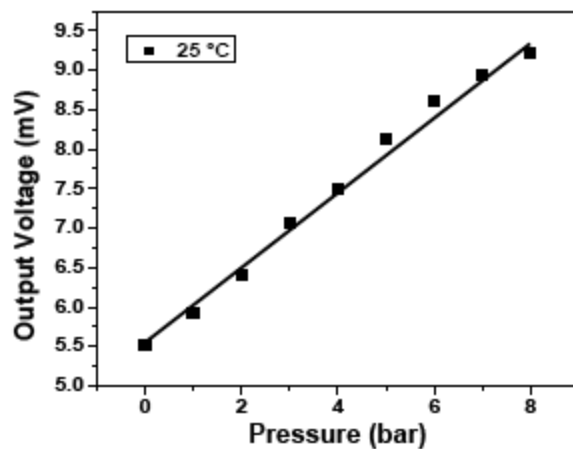
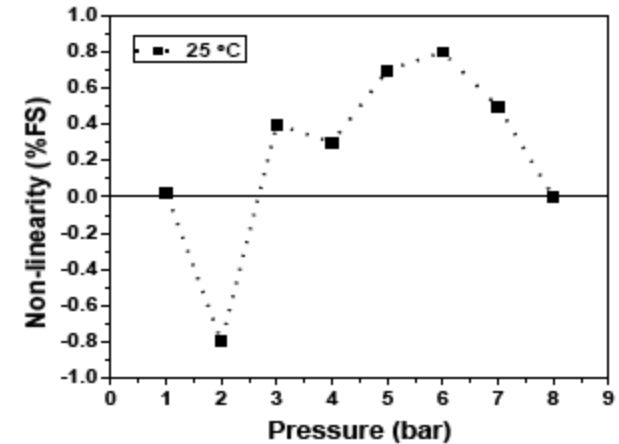
# ứng dụng hiệu ứng tenzo cho việc chế tạo cảm biến đo áp suất (MEMS)

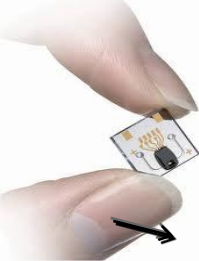


(a)



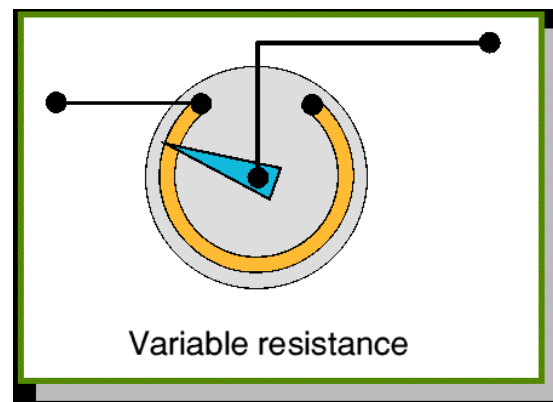
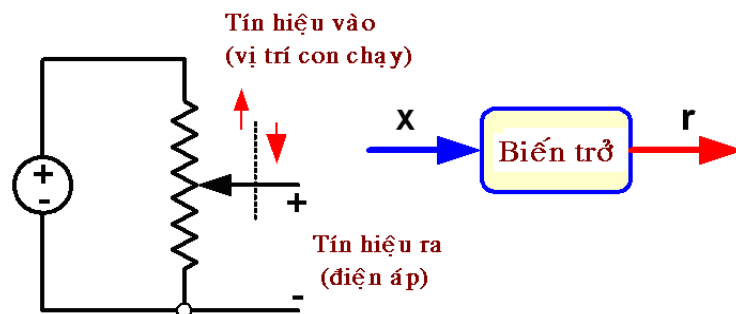
(b)

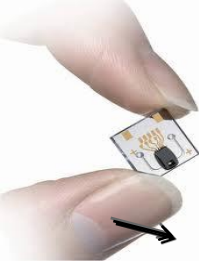




# Chuyển đổi biến trở

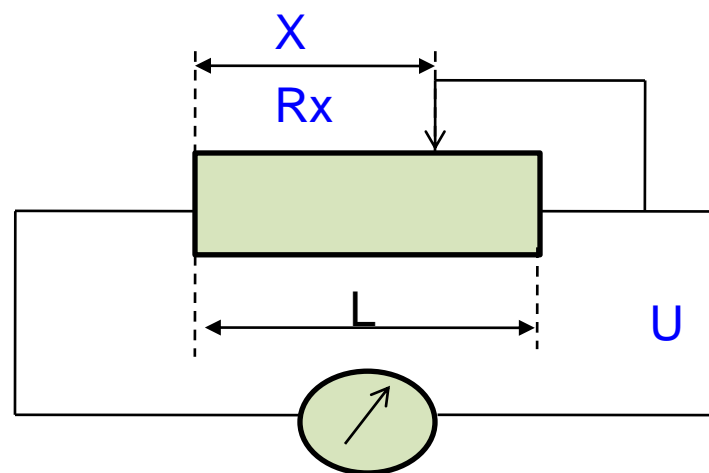
- Cấu tạo: gồm một lõi bằng vật liệu cách điện: gốm, sứ có hình dạng khác nhau
- Trên lõi quấn dây điện trở bằng maganin, niken, crom.. Đường kính từ 0.02 – 0.1 mm
- Trên lõi và dây quấn có con trượt chế tạo bằng hợp kim platin-iridi, lực tì khoảng 0.01-0.1N



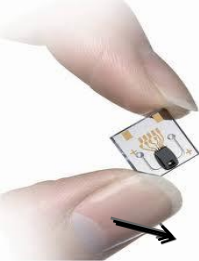


# Chuyển đổi biến trở

- Nếu điện trở toàn phần của chuyển đổi là  $R$  với số vòng dây  $W$ . Thì điện trở có thể phát hiện bé nhất là  $R_o = R/W \rightarrow$  ngưỡng nhạy.

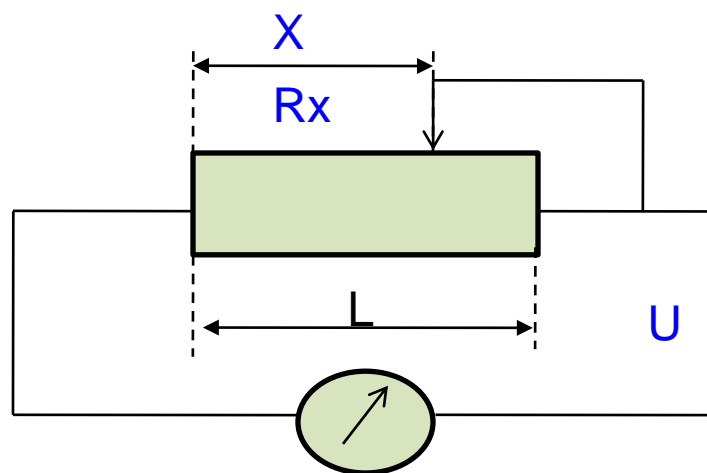


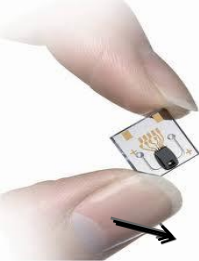
- Nếu chiều dài biến trở là  $l$ , thì độ di chuyển bé nhất có thể phát hiện được là  $X_o = l/W$ .
- Sai số rời rạc của chuyển đổi với cuộn dây quấn như là:  $\gamma = \Delta R_{\min}/2R = 1/(2W)$
- $\Delta R_{\min}$  là điện trở toàn phần của một vòng dây
- Sai số phi tuyến từ 0.1 đến 0.03%, ss nhiệt độ 0.1%/10 độ C



# Chuyển đổi biến trở

- mạch biến trở
- $I = U / (R_x + R_{ct}) = U / (R_{ct} + R \cdot (x/l))$
- dòng điện trong mạch tỷ lệ nghịch với điện trở cần đo, không tuyến tính, dòng điện ko biến thiên từ 0 trở đi





# Mạch phân áp

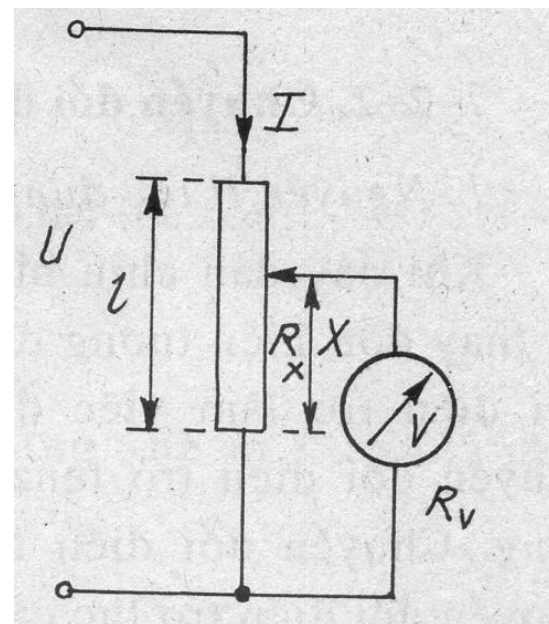
Ta có:

$$I = \frac{U}{R - R_x + \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v}}$$

$$U_x = I \cdot \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v} = \frac{U}{R - R_x + \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v}} \cdot \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v}$$

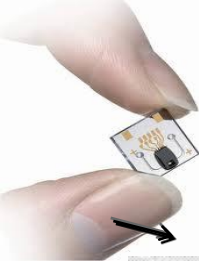
nếu  $R_v \gg R$  thì  $\frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v} \approx \frac{R_x \cdot R_v}{R_v} = R_x$

$$\text{và } U_x = \frac{U \cdot R_x}{R - R_x + R_x} = U \cdot \frac{R_x}{R} = \frac{U}{R} \cdot R \cdot \frac{x}{l} = U \cdot \frac{x}{l}$$



- Quan hệ giữa  $U_x$  và  $x$  là tuyến tính.  $U_x$  biến thiên từ 0 đến  $U$  khi  $R_x$  biến thiên từ 0 đến  $R$





# Mạch cầu

Nếu  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$  và  $R_g \gg R$ .

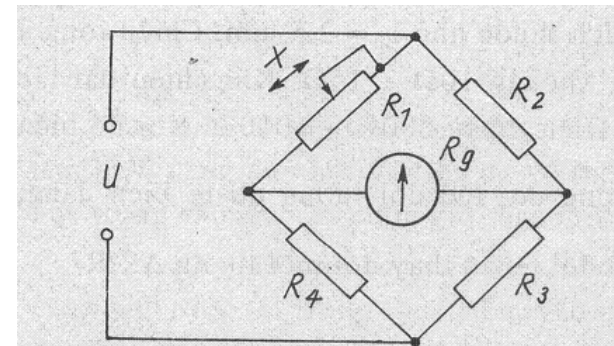
Ta có  $U_g \approx \frac{U}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R}$

$\frac{\Delta R}{R}$  lượng biến thiên điện trở tương đối khi biến trở di chuyển.

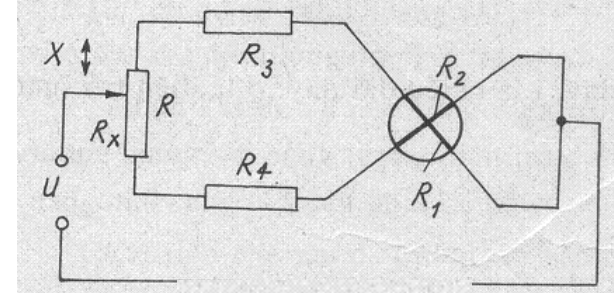
\* Ngoài ra còn dùng *mạch lôgômet* (h.7-6)

$R$  – biến trở;

$R_1, R_2$  – điện trở cuộn dây lôgômet;



Hình 7-5



Hình 7-6

$R_3, R_4$  – điện trở phụ, xác định theo thông số của chuyển đổi và lôgômet. Khi  $R_x$  thay đổi làm dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  thay đổi và góc quay  $\alpha = f(I_1/I_2) = f(R_2/R_1) = f(x)$ .

4. *Ứng dụng*: Chuyển đổi biến trở thường dùng để đo các di chuyển thẳng ( $2 \div 3$  mm) hoặc di chuyển góc của các đối tượng đo.