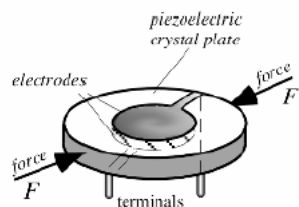


Kỹ thuật cảm biến

TS. Nguyễn Thị Lan Hương

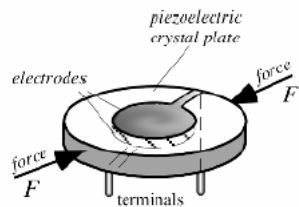
Bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học Công nghiệp





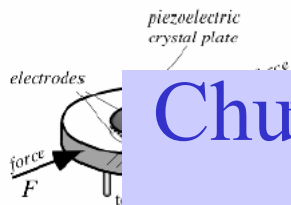
Tài liệu tham khảo

- [1] *Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển*, Nhà XB Khoa học Kỹ thuật (2001), Chủ biên tập PGS.TS. Lê Văn Doanh
- [2] *Cảm biến*, Nhà XB Khoa học kỹ thuật (2000), Phan Quốc Phô, Nguyễn Đức Chiến
- [3] *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*, Mc GRAW-Hill (1999), Gregory K.McMillan; Douglas M. Considine,



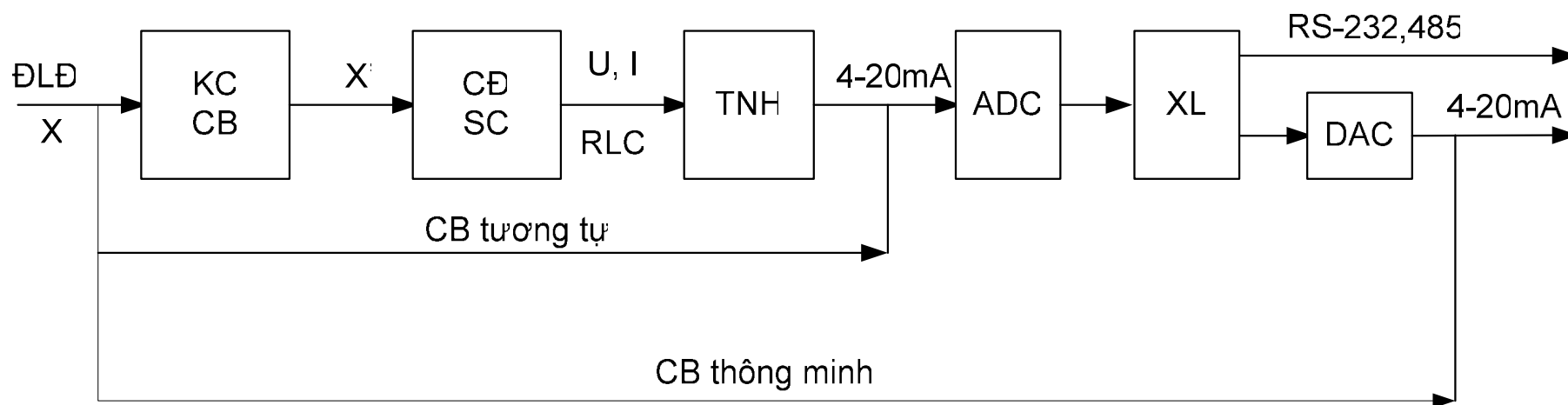
Nội dung giảng dạy

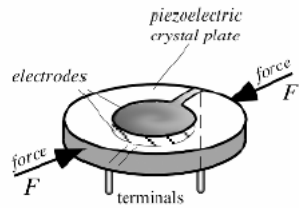
- Khái niệm cảm biến và xu hướng phát triển
- Đặc tính kỹ thuật của cảm biến
- Các kỹ thuật cảm biến cơ bản dùng trong công nghiệp
 - Nguyên lý và hiệu ứng vật lý của các chuyển đổi sơ cấp
- Ứng dụng các chuyển đổi sơ cấp cho việc đo các đại lượng vật lý- thiết bị và cảm biến đo
 - Đo nhiệt độ
 - Đo áp suất, đo lưu lượng
 - Đo tải trọng
 - Đo mức
 - Đo tốc độ động cơ
 - Đo gia tốc chuyển động



Chương 1. Khái niệm và các đặc tính kỹ thuật của cảm biến

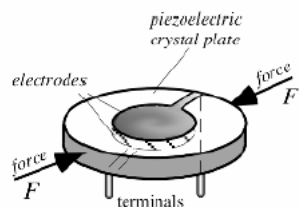
- Sơ đồ các cảm biến trong công nghiệp





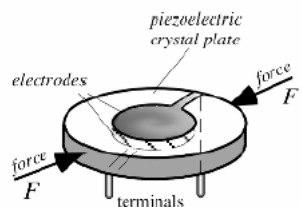
Phân loại Cảm biến

- Theo nguyên lý hoạt động
 - Chuyển đổi điện trở
 - Chuyển đổi điện từ
 - Chuyển đổi nhiệt điện
 - Chuyển đổi điện tử và ion
 - Chuyển đổi hóa điện
 - Chuyển đổi tĩnh điện
 - Chuyển đổi lượng tử
- Theo kích thích: quang, cơ học, âm học...
- Theo tính năng
- Theo ứng dụng
- Theo mô hình thay thế: Tích cực và thụ động



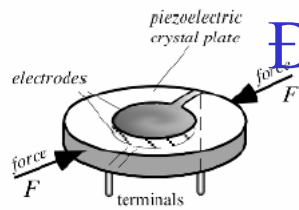
Ví dụ về cảm biến thụ động

Đại lượng	Thông số biến đổi	Vật liệu làm cảm biến
Nhiệt độ	Điện trở suất	Kim loại : platine, nickel, đồng, chất bán dẫn
Nhiệt độ rất thấp	Hằng số điện môi	Thuỷ tinh
Biến dạng	Điện trở suất Độ từ thẩm	Hợp kim niken và silic mạ Hợp kim sắt từ
Vị trí	Điện trở suất	Từ trở
Từ thông của bức xạ quang	Điện trở suất	Bán dẫn
Độ ẩm	Điện trở suất Hằng số điện môi	Chlorure de lithium Hợp kim polymere
Mức	Hằng số điện môi	Cách điện lỏng



Ví dụ về cảm biến tích cực

Đại lượng vật lý cần đo	Hiệu ứng sử dụng	Tín hiệu ra
Lực áp suất Gia tốc	Áp điện	Điện tích
Nhiệt độ	Nhiệt điện	Điện áp
Tốc độ (vận tốc)	Cảm ứng điện từ	Điện áp
Vị trí	Hiệu ứng Hall	Điện áp
Từ thông bức xạ quang	Hoa quang Phát xạ quang Hiệu ứng quang áp Hiệu ứng quang điện từ	Điện tích Dòng điện Điện áp Điện áp

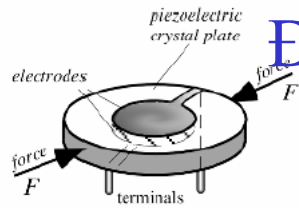


Đặc điểm của các phương pháp đo các đại lượng không điện

c. Các loại cảm biến hay được sử dụng trong công nghiệp và dân dụng

- Cảm biến đo nhiệt độ (37,29%*)
- Cảm biến đo vị trí (27,12%*)
- Cảm biến đo di chuyển (16,27%*)
- Cảm biến đo áp suất (12,88%*)
- Cảm biến đo lưu lượng (1,36%*)
- Cảm biến đo mức (1,2%*)
- Cảm biến đo lực (1,2%*)
- Cảm biến đo độ ẩm (0,81%*)

**: Xếp theo số lượng các loại cảm biến bán được tại Pháp năm 2002*



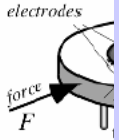
Đặc điểm của các phương pháp đo các đại lượng không điện

d. Các lĩnh vực ứng dụng

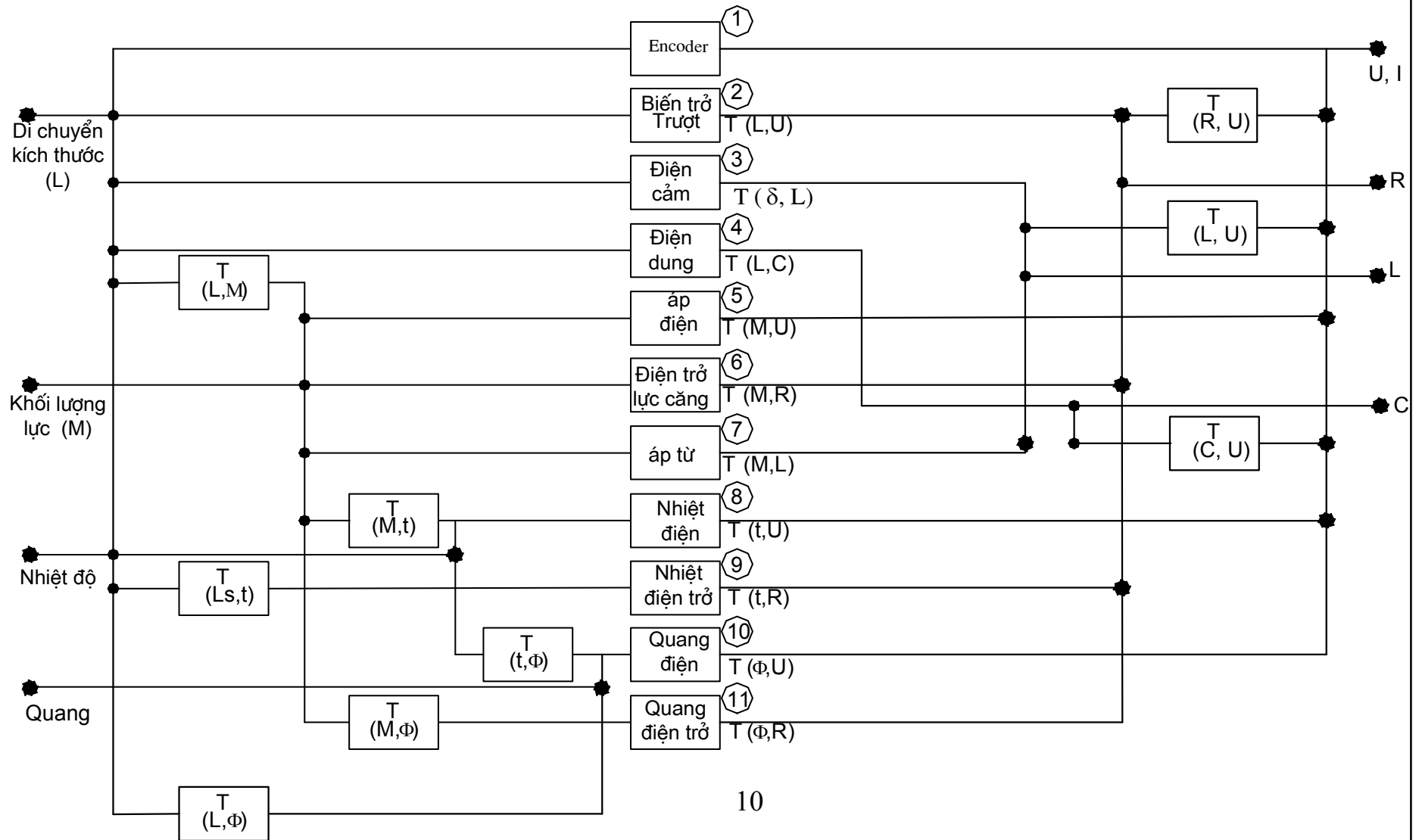
- Xe hơi : (38%*)
- Sản xuất công nghiệp: (20%*)
- Điện gia dụng : (11%*)
- Văn phòng: (9%*)
- Y tế: (8%*)
- An toàn: (6%*)
- Môi trường: (4%*)
- Nông nghiệp: (4%*)

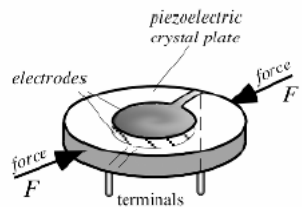
**: Xếp theo số lượng các loại cảm biến bán được tại Pháp năm 2002*

piezoelectric
crystal plate

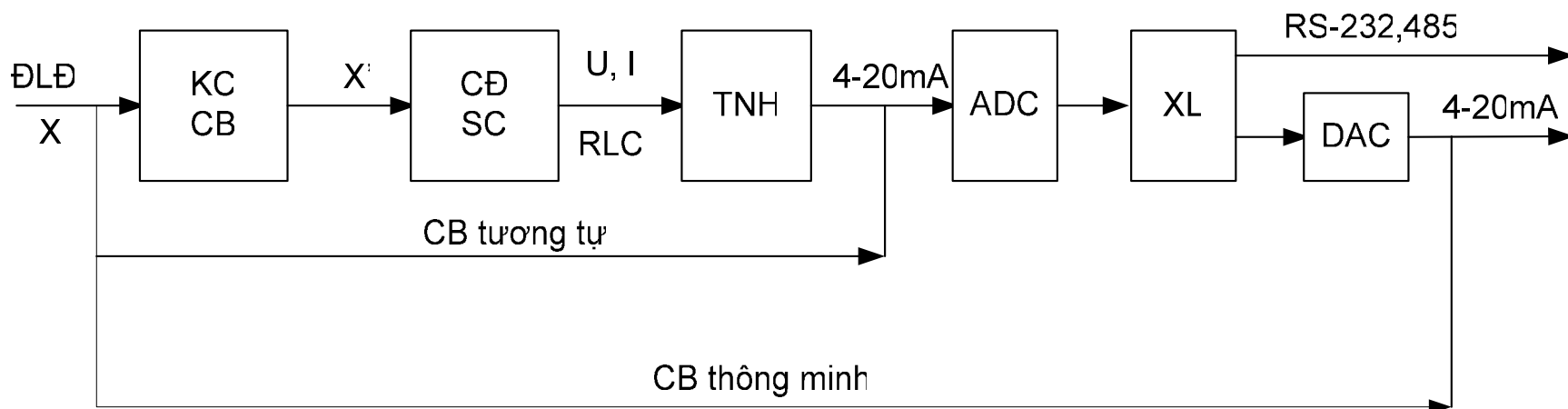


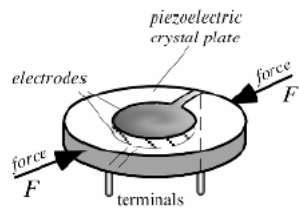
Sơ đồ chuyển đổi giữa các đại lượng - các loại cảm biến





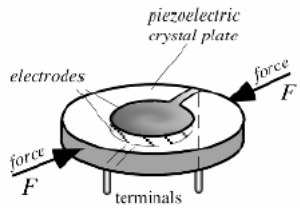
Biến đổi giữa các đại lượng (điện) của tín hiệu- Biến đổi thống nhất hóa





4. Các dạng biến đổi chuẩn hoá thường gặp

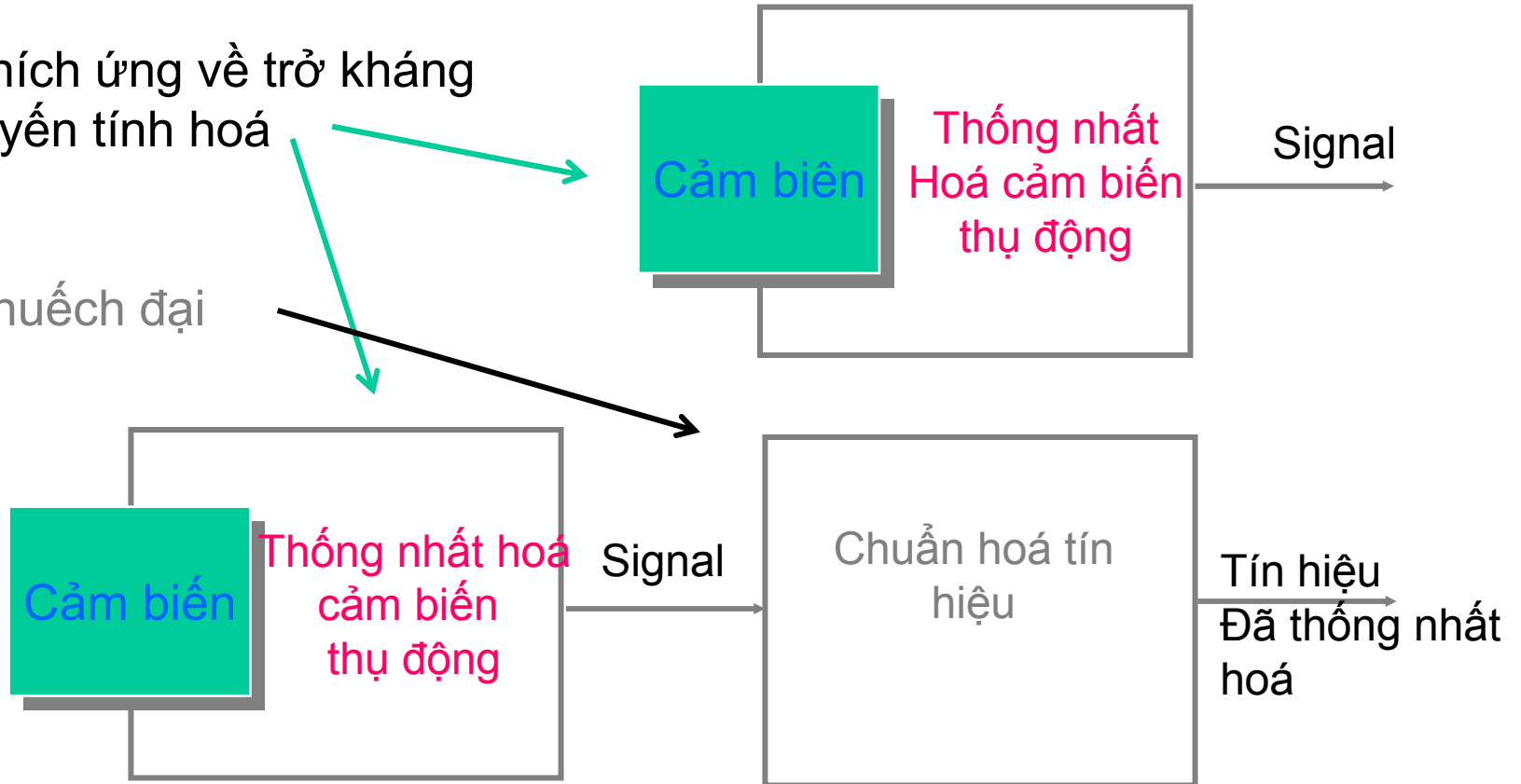
- Hoà hợp tải giữa cảm biến và mạch đo
- Cấp nguồn cho cảm biến thụ động
- Tuyến tính hoá đặc tính phi tuyến của cảm biến
- Tuyến tính hoá tín hiệu ra của mạch đo (VD cầu Wheatstone)
- Khuếch đại tín hiệu ra của cảm biến
- Loại nhiễu tác động lên tín hiệu ra của cảm biến
- Khuếch đại đo lường để triệt tiêu hoặc làm giảm các nhiễu tác động (điện áp ký sinh và dòng điện rò trên đường truyền)

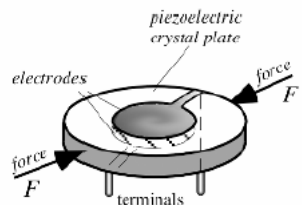


Vấn đề của bộ thống nhất hoá

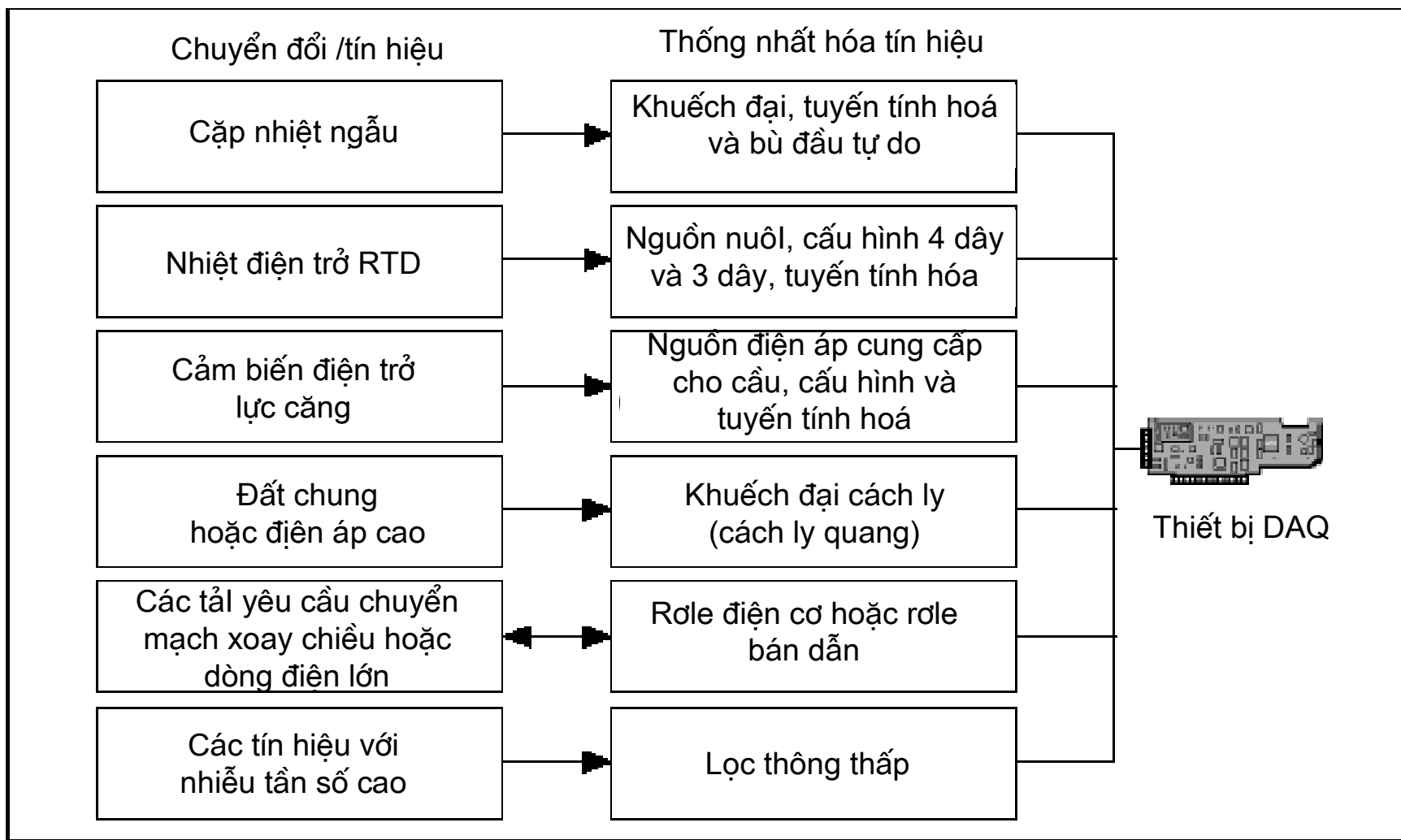
Thích ứng về trở kháng
tuyến tính hoá

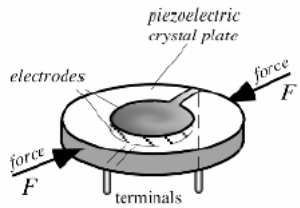
Khuếch đại



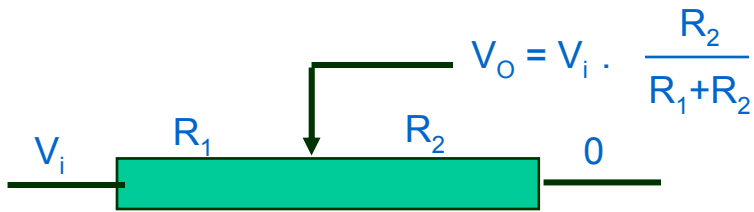


Ví dụ

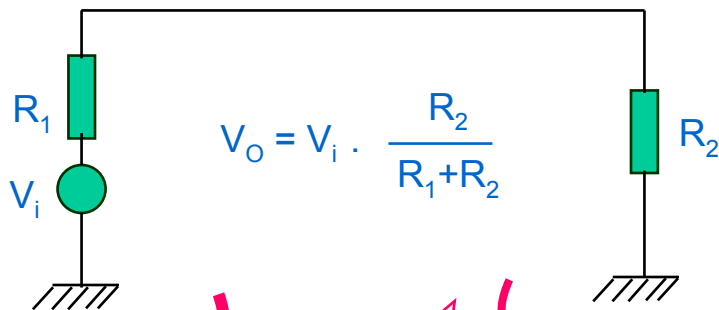




Hoà hợp trở kháng

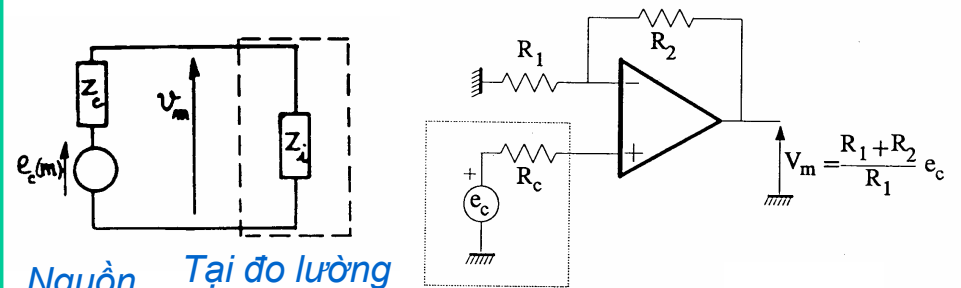


Một chuỗi đo có thể coi là một phân áp



$Z_1 \ll Z_2$

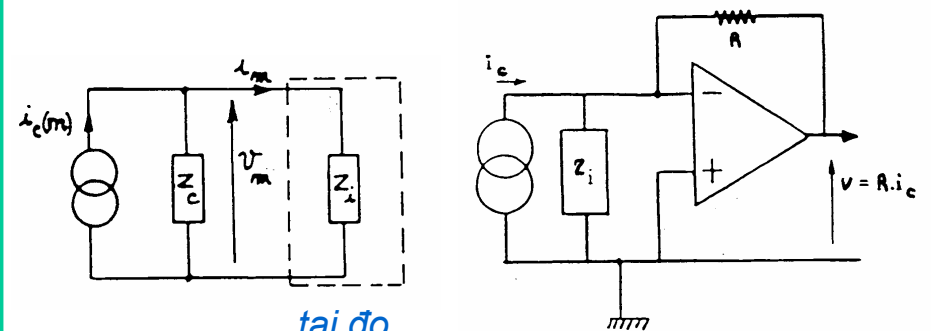
Nguồn áp



Nguồn Tại đo lường

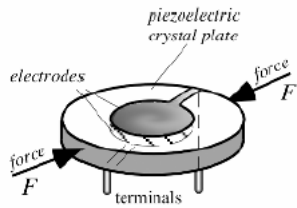
kiểu mạch lặp lại

Nguồn dòng



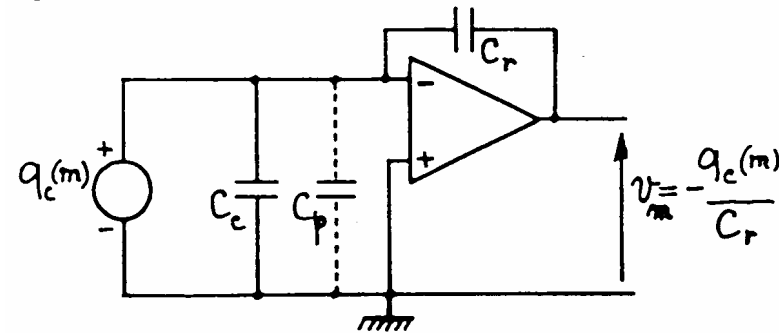
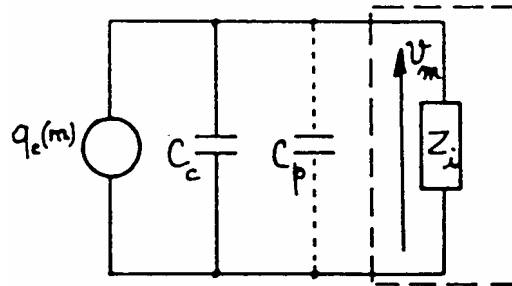
Nguồn tại đo lường

bộ biến đổi dòng - áp



Hoà hợp trở kháng

Nguồn điện tích

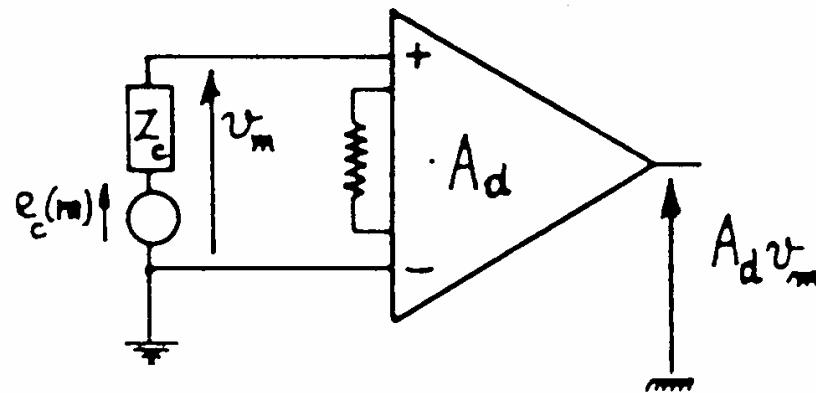


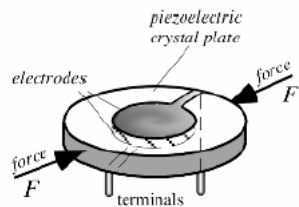
khuếch đại điện tích

Điện tích được đưa vào một tụ điện không đổi C_r , khi tích lũy vào tụ tạo ra một điện áp trên cực của tụ điện tỉ lệ với điện tích nạp vào

Khuếch đại đo lường

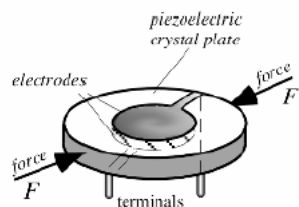
Mạch vào vi sai





Thông số kỹ thuật của cảm biến

- Dải đo, ngưỡng nhạy và độ phân giải khả năng phân ly
- Độ nhạy và Tính tuyến tính của thiết bị
- Sai số hay độ chính xác
- Đặc tính động
- Một số thông số khác như: công suất tiêu thụ, trở kháng, kích thước, trọng lượng của thiết bị



4.2.1. Độ nhạy

Phương trình cơ bản

$$Y = F(X, a, b, c, \dots)$$

$\partial F / \partial X$ - Độ nhạy với x (Sensitivity)

$\partial F / \partial a$ - Độ nhạy của yếu tố ảnh hưởng a hay nhiễu

$\Delta F / \Delta X = K_{X_t}$ - Độ nhạy theo X ở X_t hay người ta còn ký hiệu là S

Khi $K = \text{const}$ \rightarrow X, Y là tuyến tính.

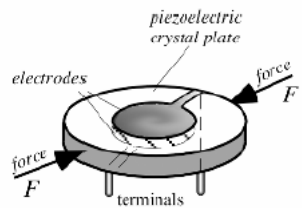
$K = f(X)$ \rightarrow X, Y là không tuyến tính \rightarrow sai số phi tuyến.

➤ Việc xác định K bằng thực nghiệm gọi là khắc độ thiết bị đo. Với một giá trị của X có thể có các giá trị Y khác nhau, hay K khác nhau.

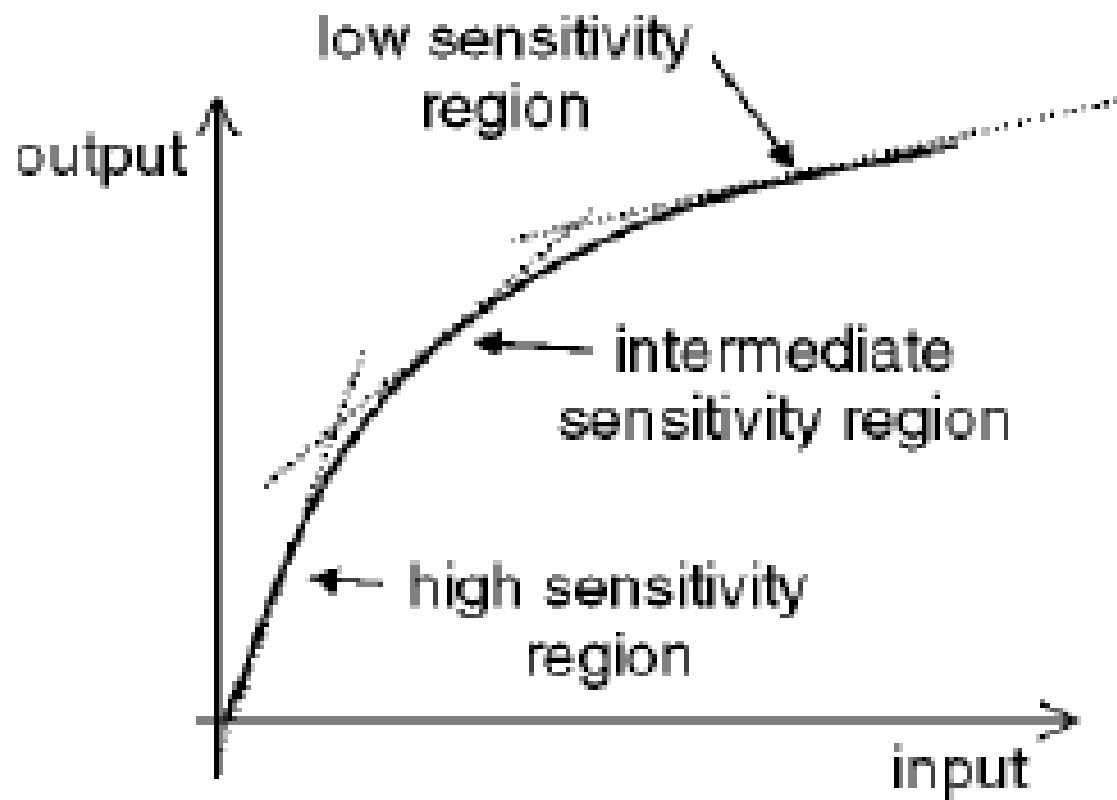
dK_{X_t} / K_{X_t} - (Repeatability) Thể hiện tính ổn định của thiết bị đo hay tính lặp lại của thiết bị đo.

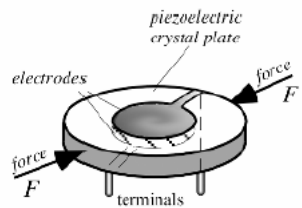
$dK_{X_t} / K_{X_t} = dS / S = \gamma_s$ - Sai số độ nhạy của thiết bị đo \rightarrow nhân tính.

(Hysteresis)

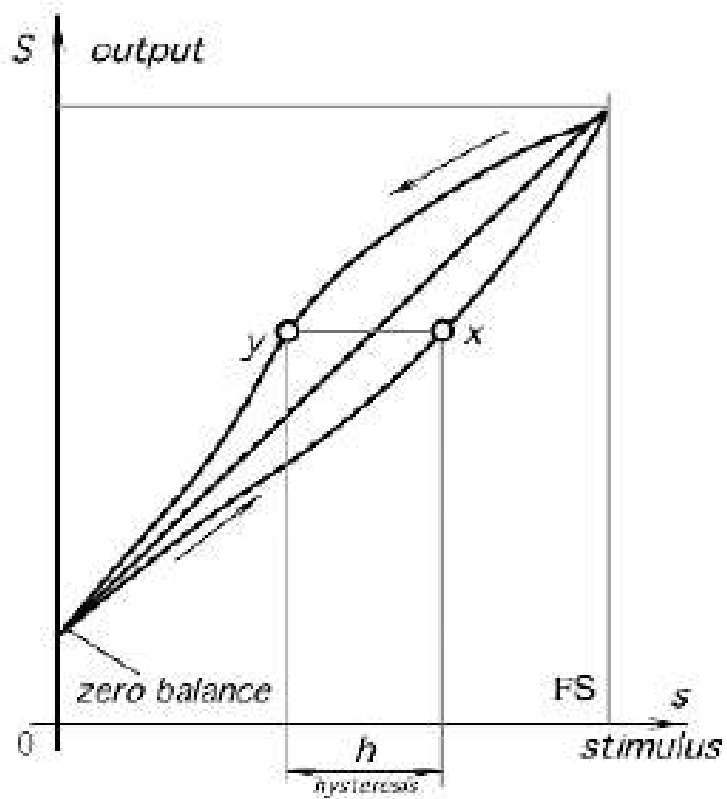


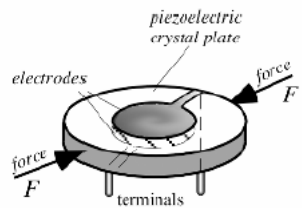
Độ nhạy





Trễ hay trơ của thiết bị (Hysteresis)





Tính lặp lại

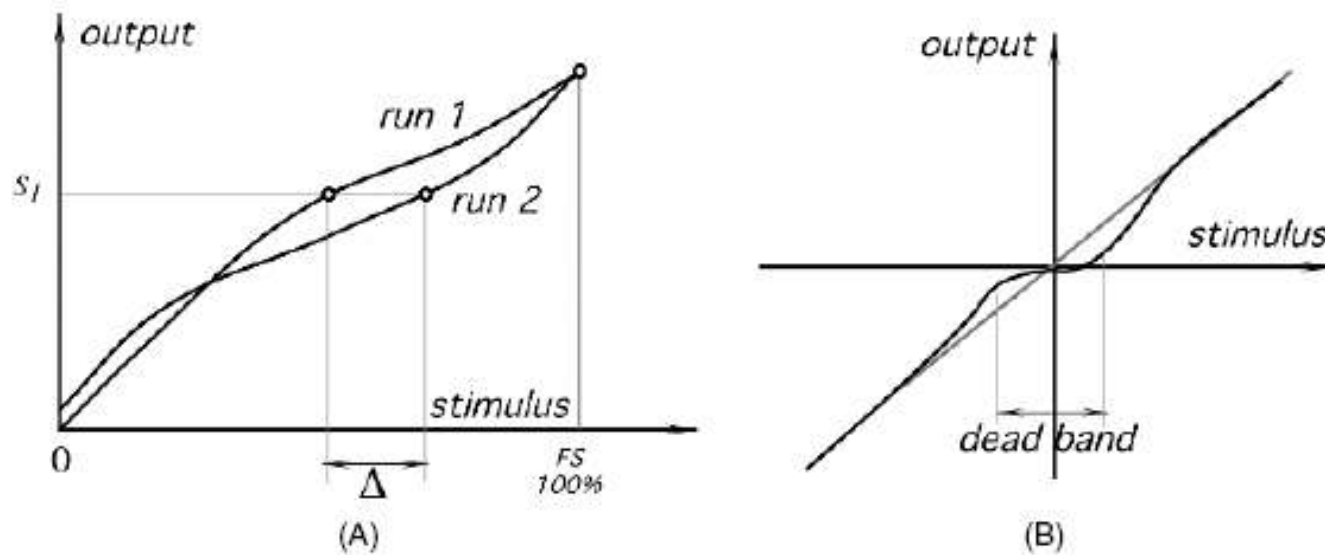
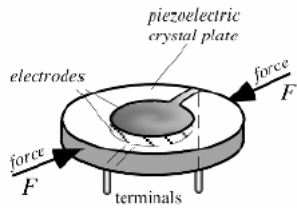


Fig. 2.7. (A) The repeatability error. The same output signal S_1 corresponds to two different input signals. (B) The dead-band zone in a transfer function.



4.2.2. Hệ số phi tuyến của thiết bị

Để đánh giá tính phi tuyến của thiết bị đo ta xác định hệ số phi tuyến của nó.

Hệ số phi tuyến xác định theo công thức sau:

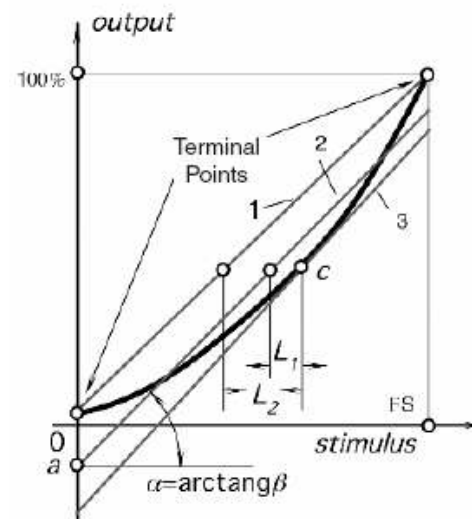
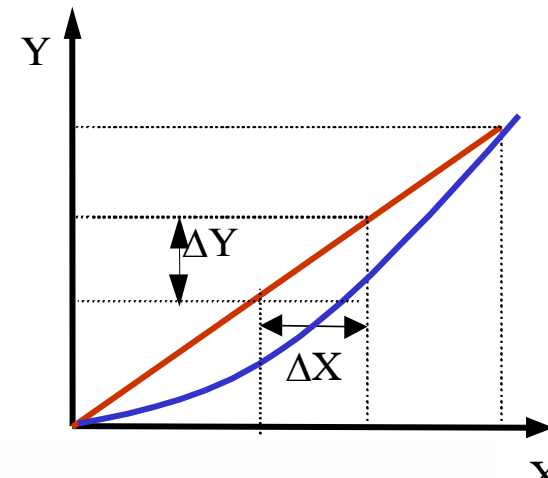
$$K_{pt} = \frac{\Delta X_{max}}{X_n}$$

• ΔX_{max} - là sai lệch lớn nhất

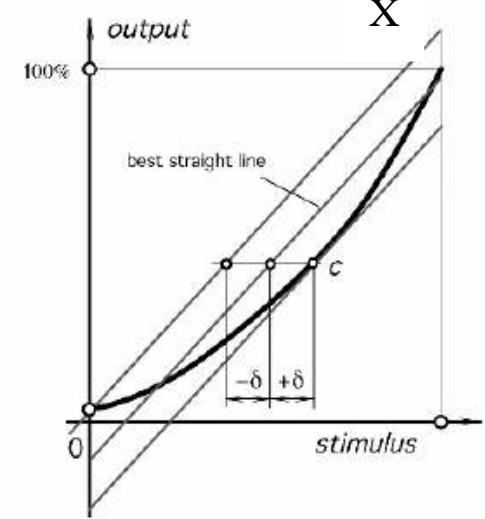
Ta thường dùng khâu bù phi tuyến

$$S_{cb} \cdot S_b = K$$

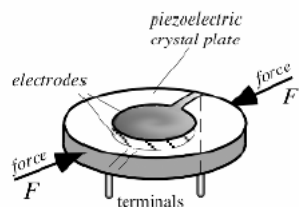
(Nonlinearity Error)



(A)



(B)



Khoảng đo, ngưỡng nhạy và khả năng phân ly

- **Khoảng đo (Span/Full Scal/Range):** $D_x = X_{\max} - X_{\min}$

- **Ngưỡng nhạy, khả năng phân ly (Resolution):**

Khi giảm X mà Y cũng giảm theo, nhưng với $\Delta X \leq \varepsilon_x$ khi đó không thể phân biệt được ΔY , ε_x được gọi là ngưỡng nhạy của thiết bị đo.

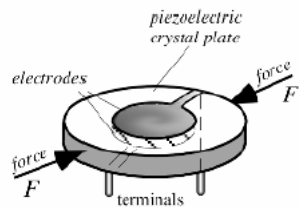
Khả năng phân ly của cảm biến

-Thiết bị tương tự

$$R_x = \frac{D_x}{\varepsilon_x}$$

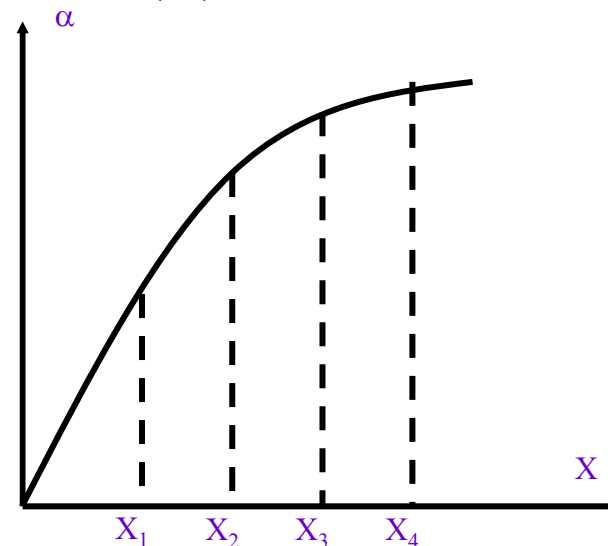
-Thiết bị số:

$$R_x = \frac{D_x}{\varepsilon_g} = N_n$$



4.2.6. Đặc tính động của thiết bị (1)

- Hàm truyền cơ bản : $Y(p)=K(p).X(p)$
- Đặc tính động:
 - + Đặc tính quá độ
 - + Đặc tính tần
 - + Đặc tính xung



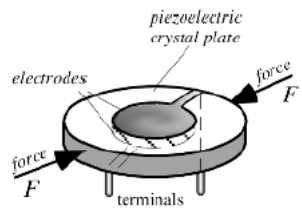
Khi đại lượng X biến thiên theo thời gian ta sẽ có quan hệ

- $\alpha(t)=S_t[X(t)]$

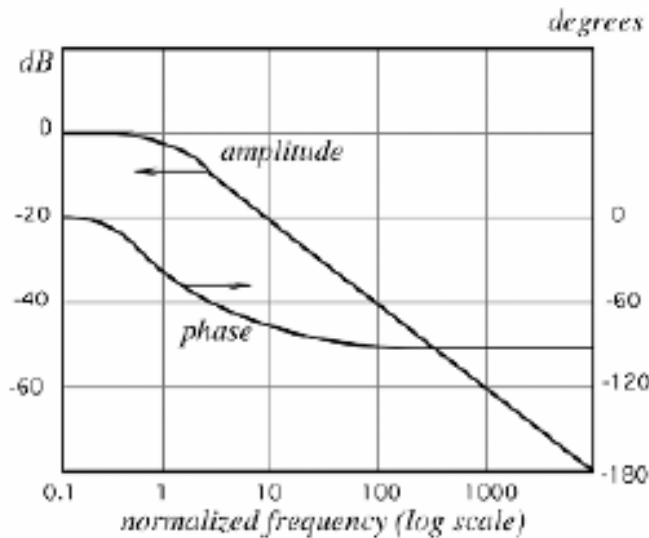
Quan hệ được biểu diễn bằng một phương trình vi phân. Phương trình vi phân ấy được viết dưới dạng toán tử.

$$\alpha(p)=S(p).X(p)$$

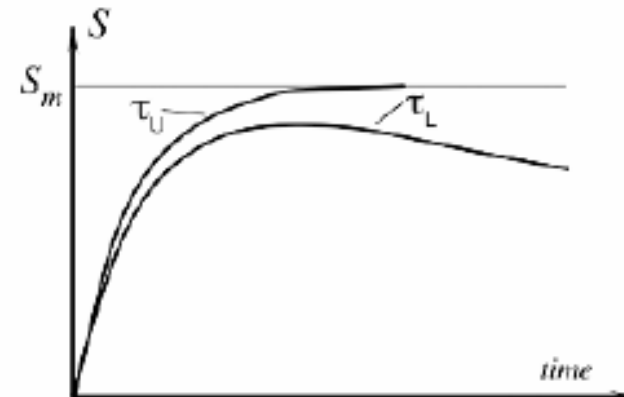
$S(p)$ - Gọi là độ nhạy của thiết bị đo trong quá trình đo đại lượng động



Đặc tính động của cảm biến (2)



(A)



(B)

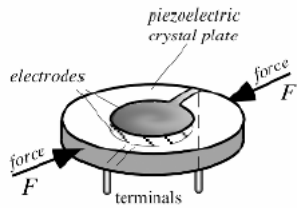
Fig. 2.9. Frequency characteristic (A) and response of a first-order sensor (B) with limited upper and lower cutoff frequencies. τ_U and τ_L are corresponding time constants.

Khi đại lượng X biến thiên theo thời gian ta sẽ có quan hệ

$$\alpha(t) = S_t[X(t)]$$

Quan hệ được biểu diễn bằng một phương trình vi phân. Phương trình vi phân ấy được viết dưới dạng toán tử.

$$\alpha(p) = S(p) \cdot X(p)$$



Đặc tính động của cảm biến (2)

Nếu đại lượng vào có dạng xung hẹp

$$X(t) = X_t \delta(t - \tau)$$

$S(p)$ - thể hiện dưới dạng hàm $h(t)$ đặc trưng cho đặc tính xung của thiết bị đo.

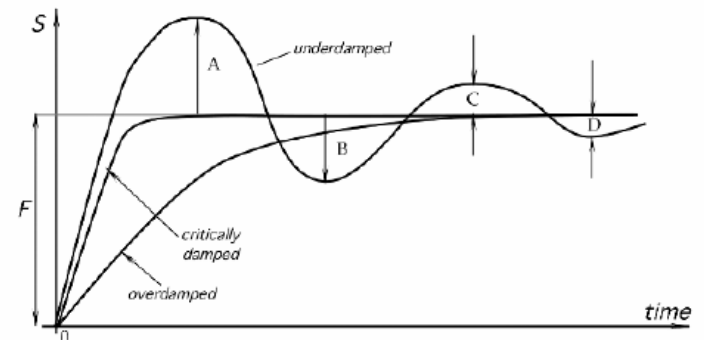
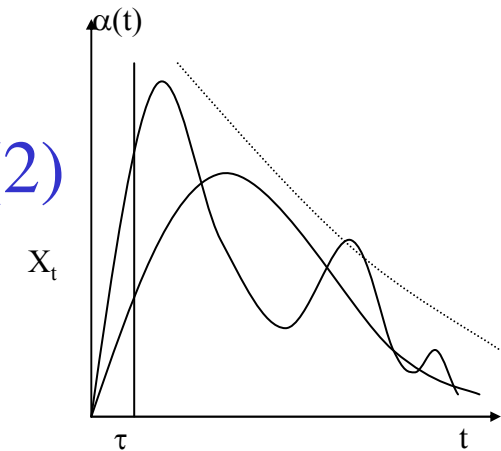
Đặc tính xung thiết bị đo có thể có giao động hoặc không tùy theo $S(p)$

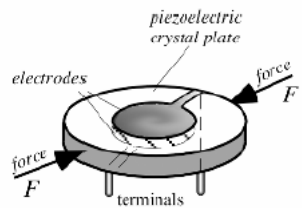
- Nếu đại lượng có dạng xung bước nhảy

$$X_t = X_t \cdot 1(t - \tau)$$

$S(p)$ - thể hiện dưới dạng $h(t)$ theo quan

- $S(p)$ đặc trưng cho đặc tính quá độ của thiết bị đo và tùy theo phương trình đặc tính của nó, nó có thể giao động hoặc không giao động .





Một số dạng đáp ứng bậc 1

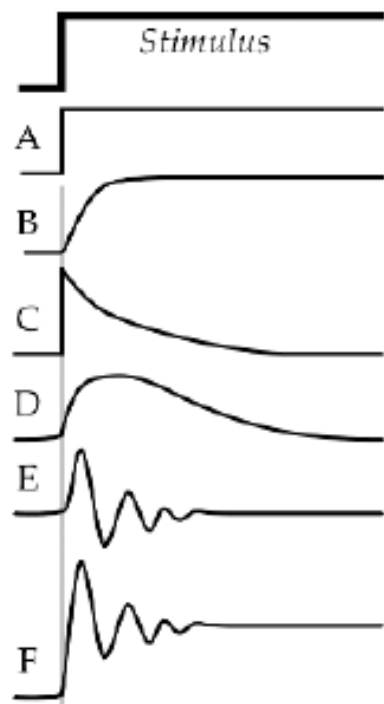
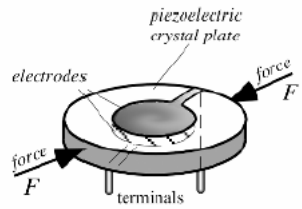
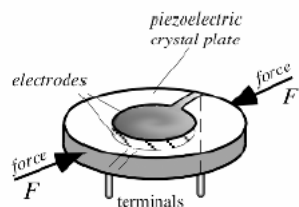


Fig. 2.11. Types of response: (A) unlimited upper and lower frequencies; (B) first-order limited upper cutoff frequency; (C) first-order limited lower cutoff frequency; (D) first-order limited both upper and lower cutoff frequencies; (E) narrow bandwidth response (resonant); (F) wide bandwidth with resonant.



Chương II. Các cảm biến đo nhiệt độ

- Cảm biến nhiệt điện trở
- Cảm biến cặp nhiệt ngẫu
- Cảm biến dựa trên lớp chuyển tiếp bán dẫn
- Cảm biến dựa trên bức xạ quang học



2.1. Nhiệt kế nhiệt điện trở

Nhiệt điện trở là là điện trở thay đổi theo sự đổi nhiệt độ của nó: $R_T = f(t^0)$,
do R_T có thể suy ra nhiệt độ.

Nhiệt điện trở được chia ra thành:

Nhiệt điện trở kim loại và nhiệt điện trở bán dẫn.

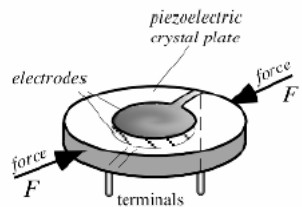
Điện trở kim loại (RTD) theo nhiệt độ $R_T = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3)$

Với Pt: $\alpha = 3.940 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

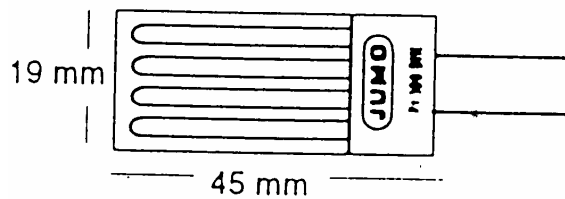
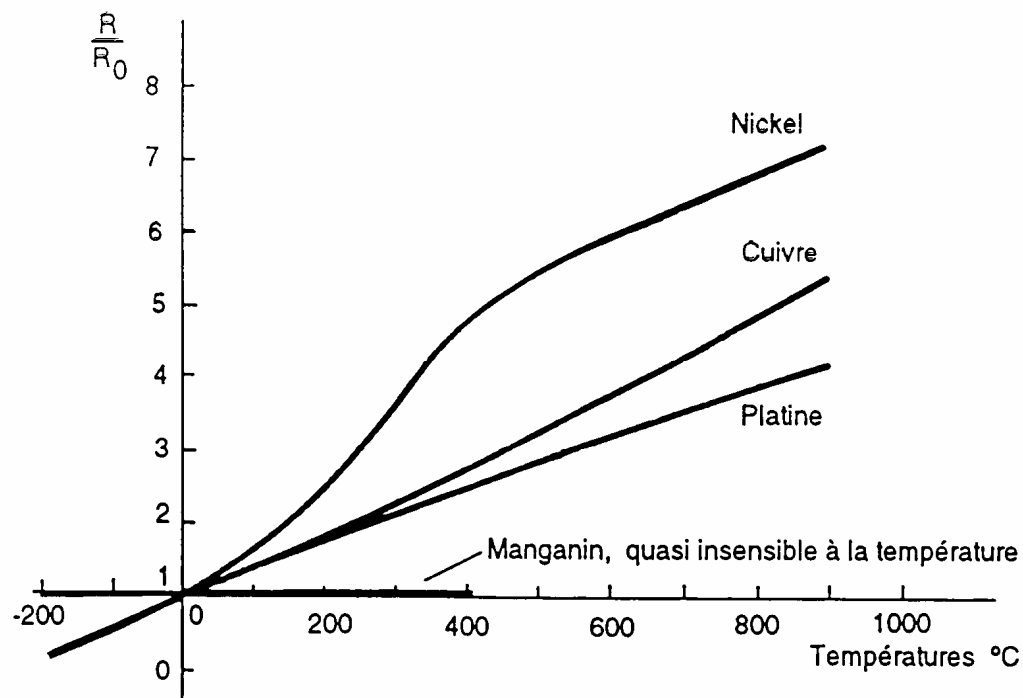
$\beta = -5.8 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C}^2$; $\gamma \approx 0$ trong khoảng 0-600 $^\circ\text{C}$; $\gamma = -4 \cdot 10^{-12} / ^\circ\text{C}^3$

Đối với đồng từ -50 $^\circ\text{C}$ đến 200 $^\circ\text{C}$: $\alpha = 4.27 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

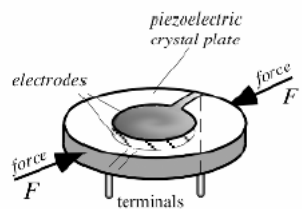
β và γ trong phạm vi sử dụng với độ chính xác không cao thì coi như không đáng kể và quan hệ R_T và t coi như tuyến tính.



A, Nhiệt điện trở kim loại

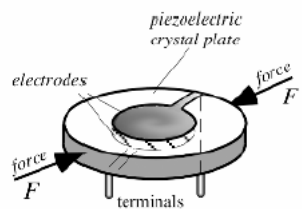


Điện trở chuẩn hoá $R_0=100 \Omega$ tại 0°C



Hệ số nhiệt độ của một số kim loại

	Cu	Ni	Pt	W
$T_f, ^\circ\text{C}$	1083	1453	1769	3380
$C, \text{J}^\circ\text{C}^{-1}\text{kg}^{-1}$	400	450	135	125
$\lambda_t, \text{W}^\circ\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}$	400	90	73	120
$\alpha_1, ^\circ\text{C}^{-1}$	$16,7 \cdot 10^{-6}$	$12,8 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$
$\rho, \Omega\text{m}$	$1,72 \cdot 10^{-8}$	$10 \cdot 10^{-8}$	$10,6 \cdot 10^{-8}$	$5,52 \cdot 10^{-8}$



Nhiệt điện trở kim loại

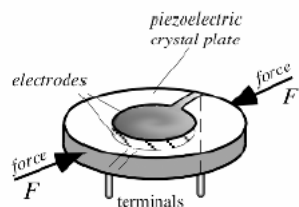
Để đo những nhiệt độ từ -50°C - 600°C người ta thường dùng nhiệt điện trở

PT-100 (Platin 100Ω ở 0°C)

Cu -100 (đồng 100Ω ở 0°C)

Ni-100 (Ni 100Ω ở 0°C)

nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-100	nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$
Ω	17.28	21.65	25.98	39.29	34.56	38.80	43.02	47.21	51.38	55.52	Ω
$^{\circ}\text{C}$	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	$^{\circ}\text{C}$
Ω	59.65	63.75	67.84	71.91	75.96	80.00	84.03	88.04	92.04	96.03	Ω
$^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	$^{\circ}\text{C}$
Ω	100.0 0	103.9 6	107.9 1	108.5	115.7 8	119.7 0	123.1 0	127.4 9	131.3 7	135.2 4	Ω



B, Nhiệt điện trở bán dẫn (NTC-PTC)

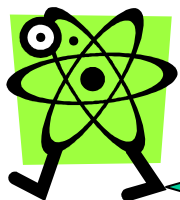
Nhiệt điện trở bán dẫn

$$R_T = Ae^{\beta/T}$$

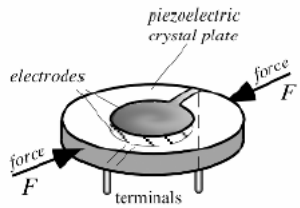
A và β đều không ổn định. Ta cũng có thể tính

$$\alpha = (-2.5\% \text{ to } +4\%) / ^\circ\text{C}$$

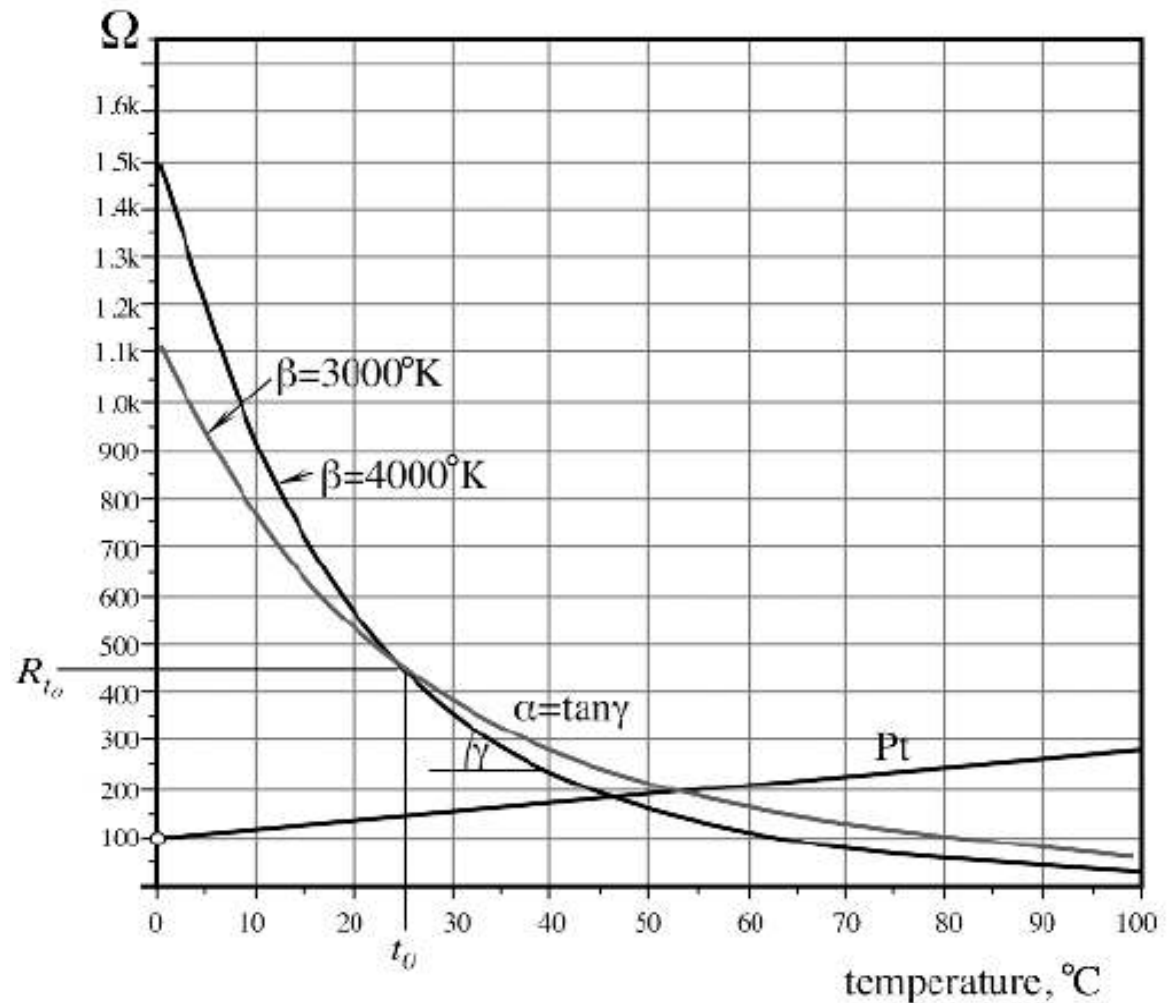
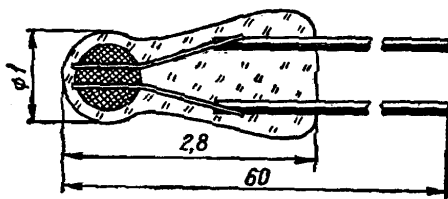
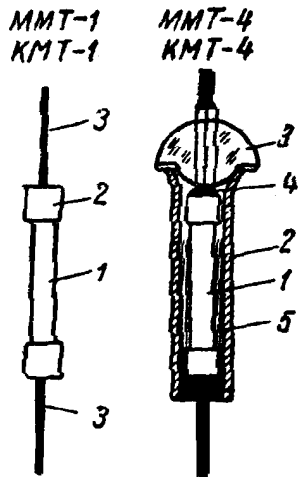
Thông thường được chế tạo từ các oxit bán dẫn đa tinh thể: MgO , MgAl_2O_4 , Mn_2O_3 , Fe_3O_4 , Co_2O_3 , NiO , ZnTiO_4



Các bột oxit được trộn theo một tỉ lệ thích hợp, sau đó được nén với định dạng và thiêu kết ở nhiệt độ 1000°C



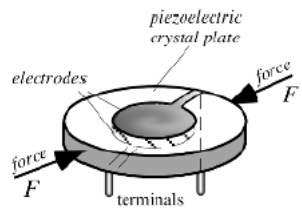
Nhiệt điện trở bán dẫn



Một số nhiệt điện trở bán dẫn

a) KMT và MMT b) MKMT c) Quan hệ giữa $R_T(t)$

1. Nhiệt điện trở đồng 2. Nhiệt điện trở bán dẫn



Nhiệt điện trở bán dẫn

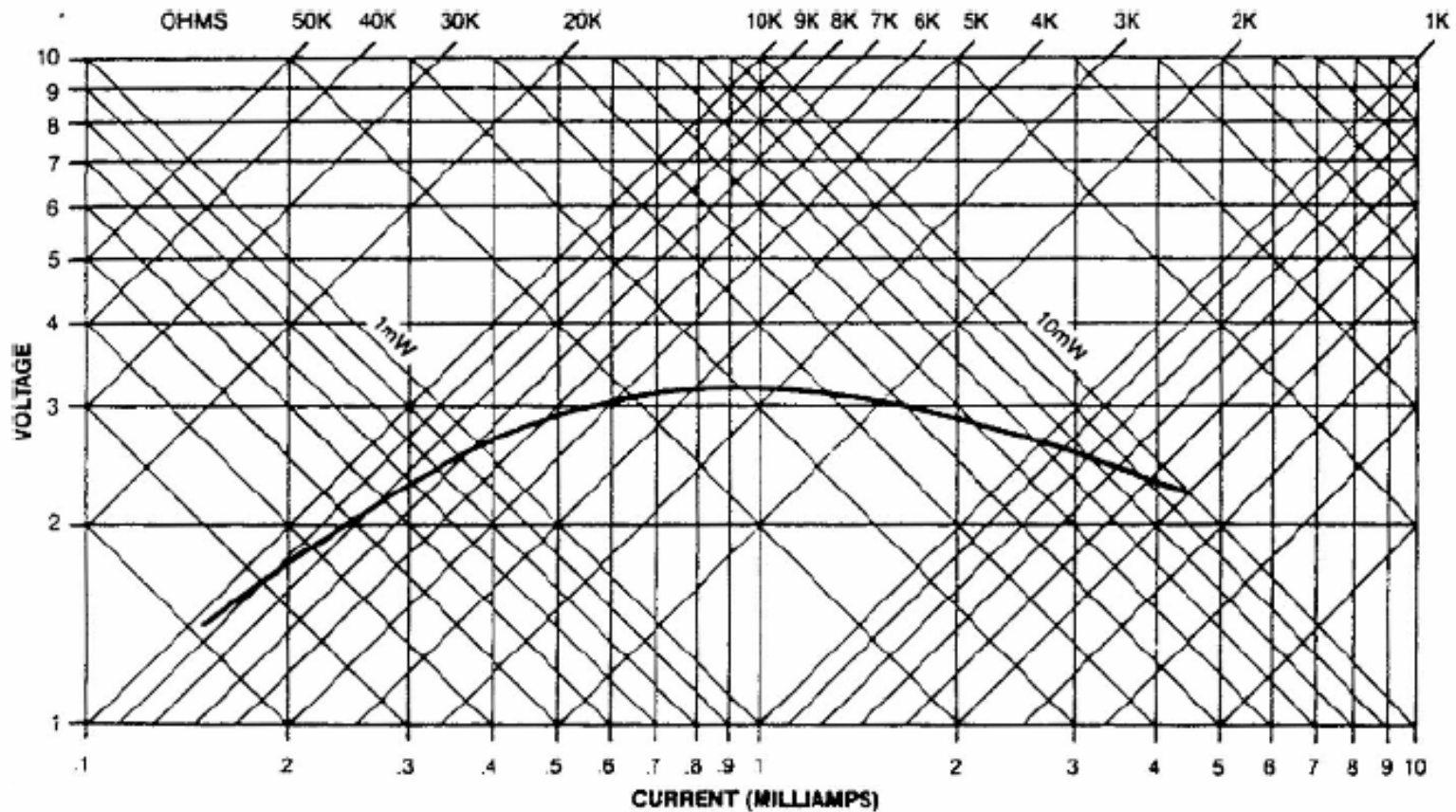
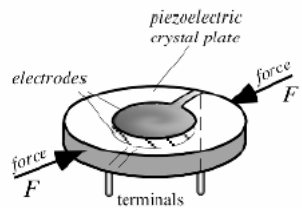


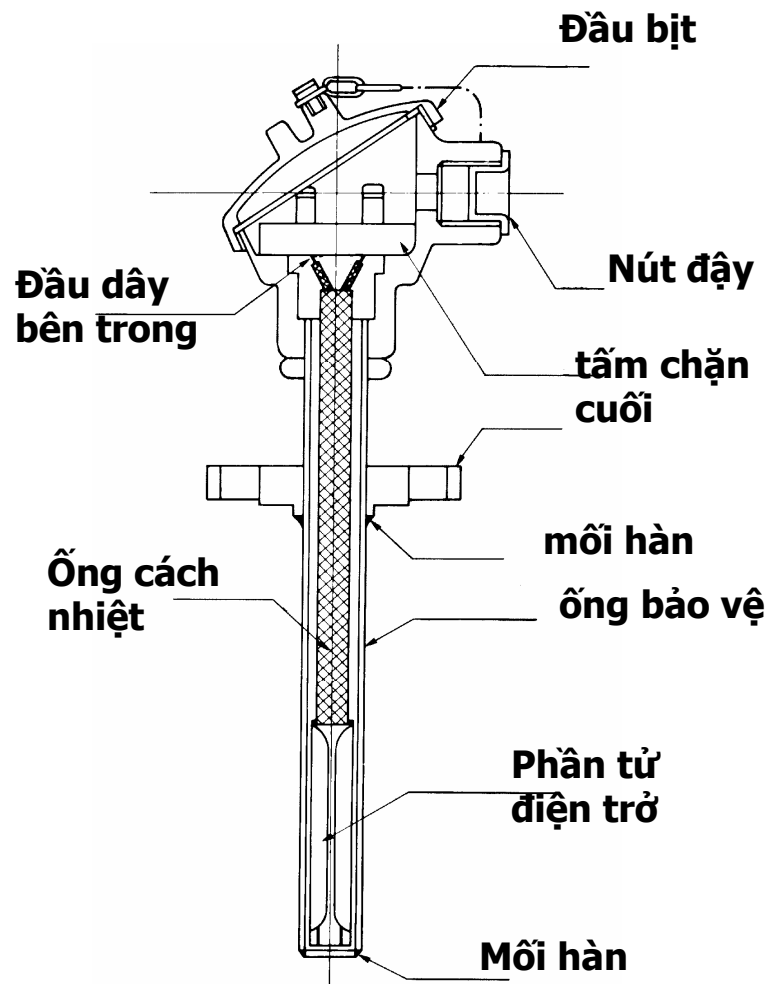
Fig. 16.11. Voltage–current characteristic of an NTC thermistor in still air at 25°C; the curvature of the characteristic is due to the self-heating effect.



C, Cấu tạo



Cấu tạo bên ngoài

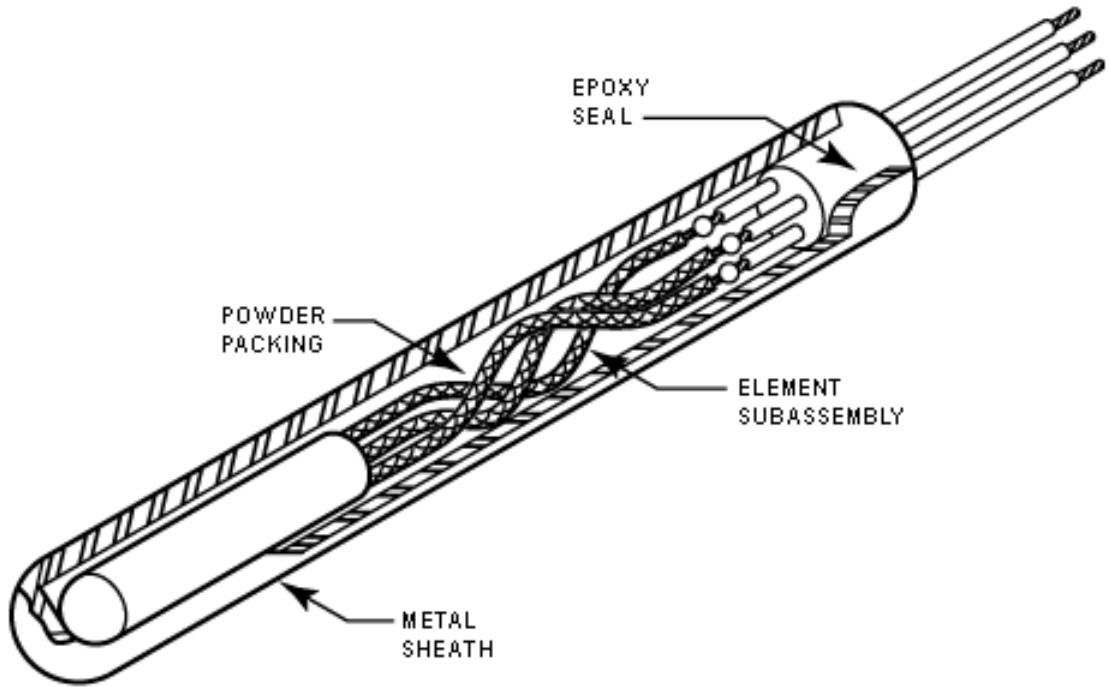
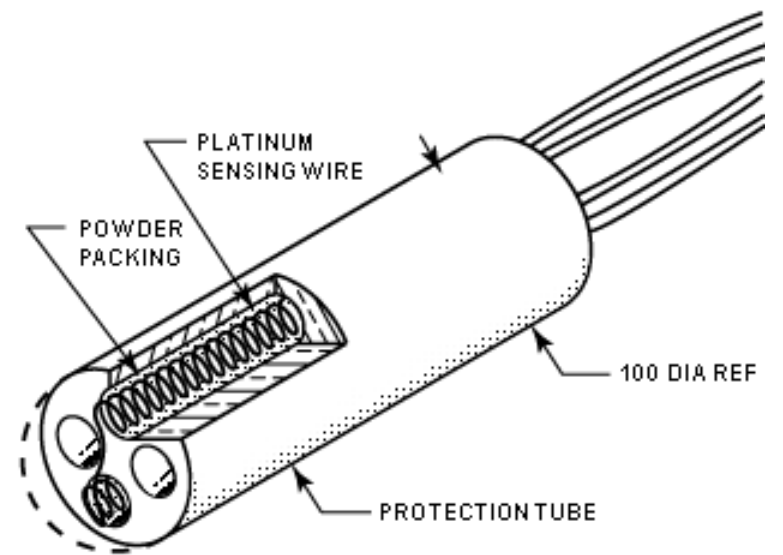
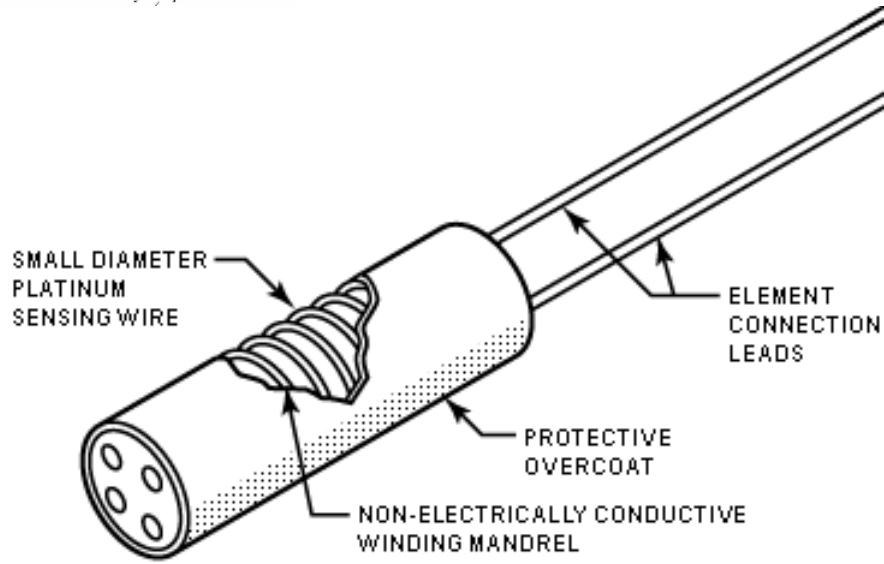


Cấu tạo bên trong

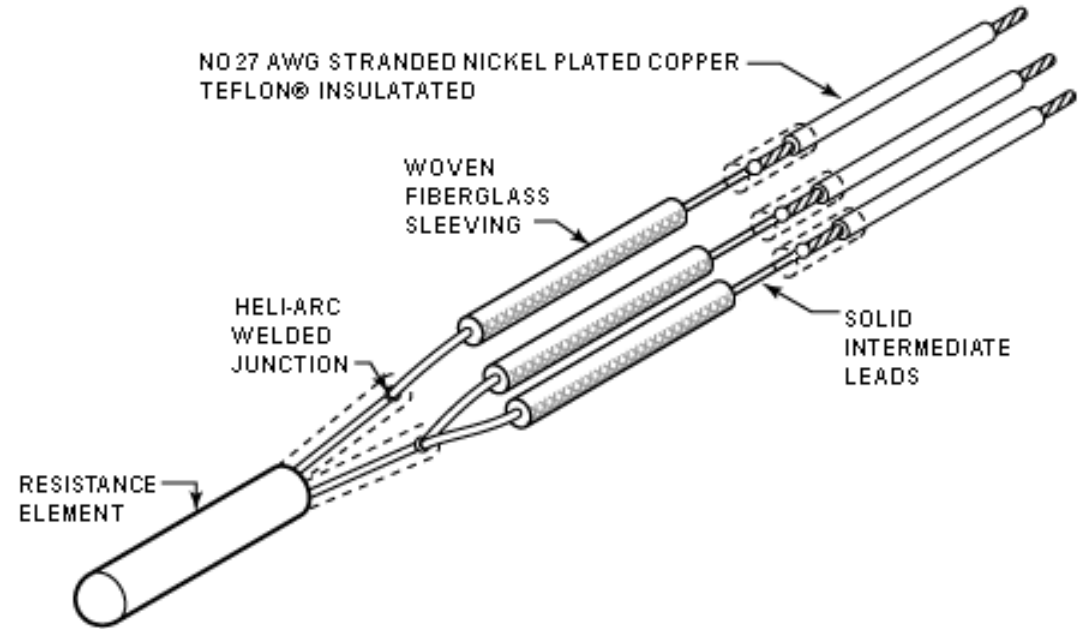
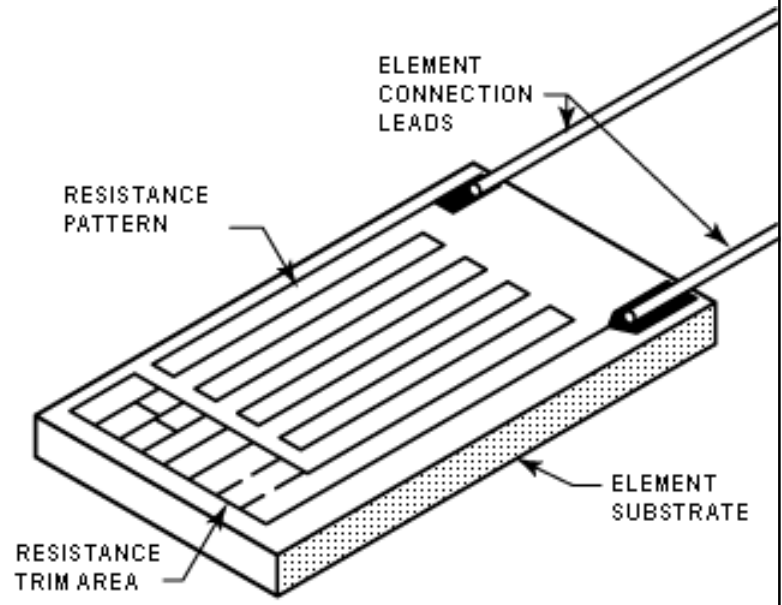
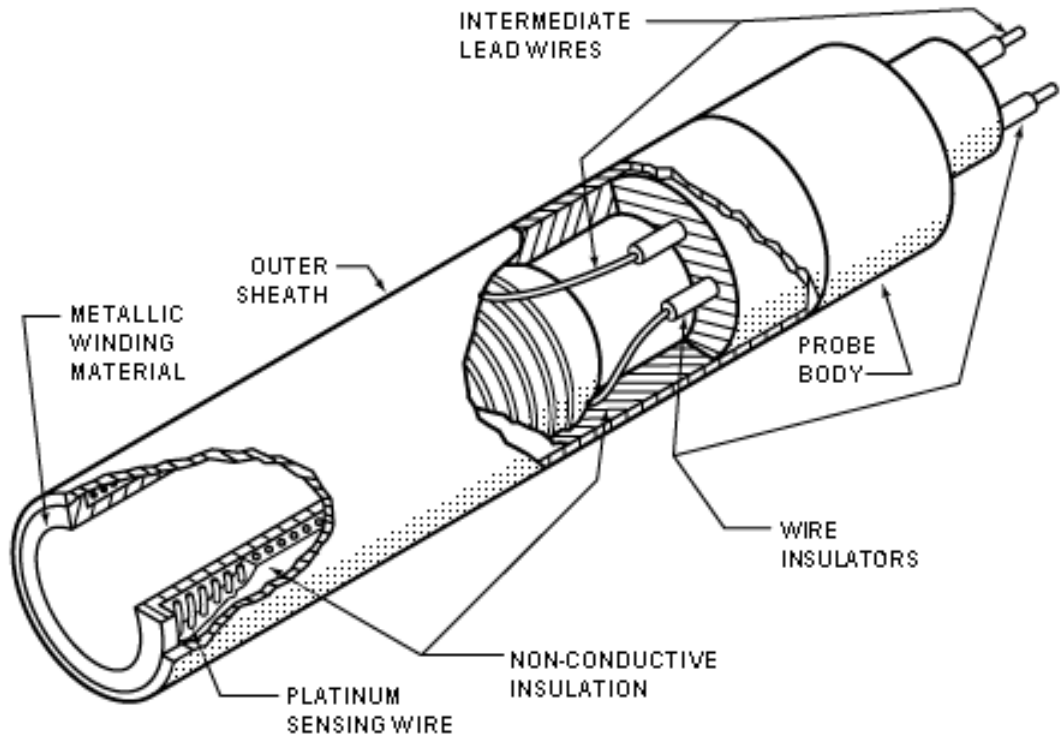
piezoelectric
crystal plate

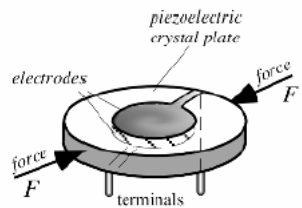
a.

b.



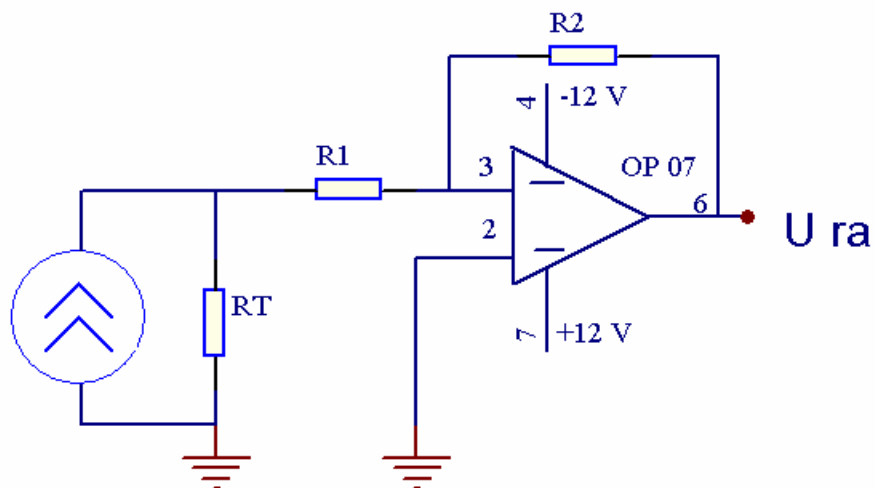
piezoelectric

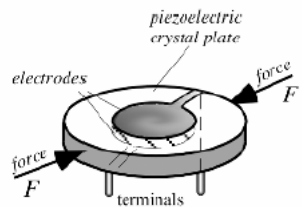




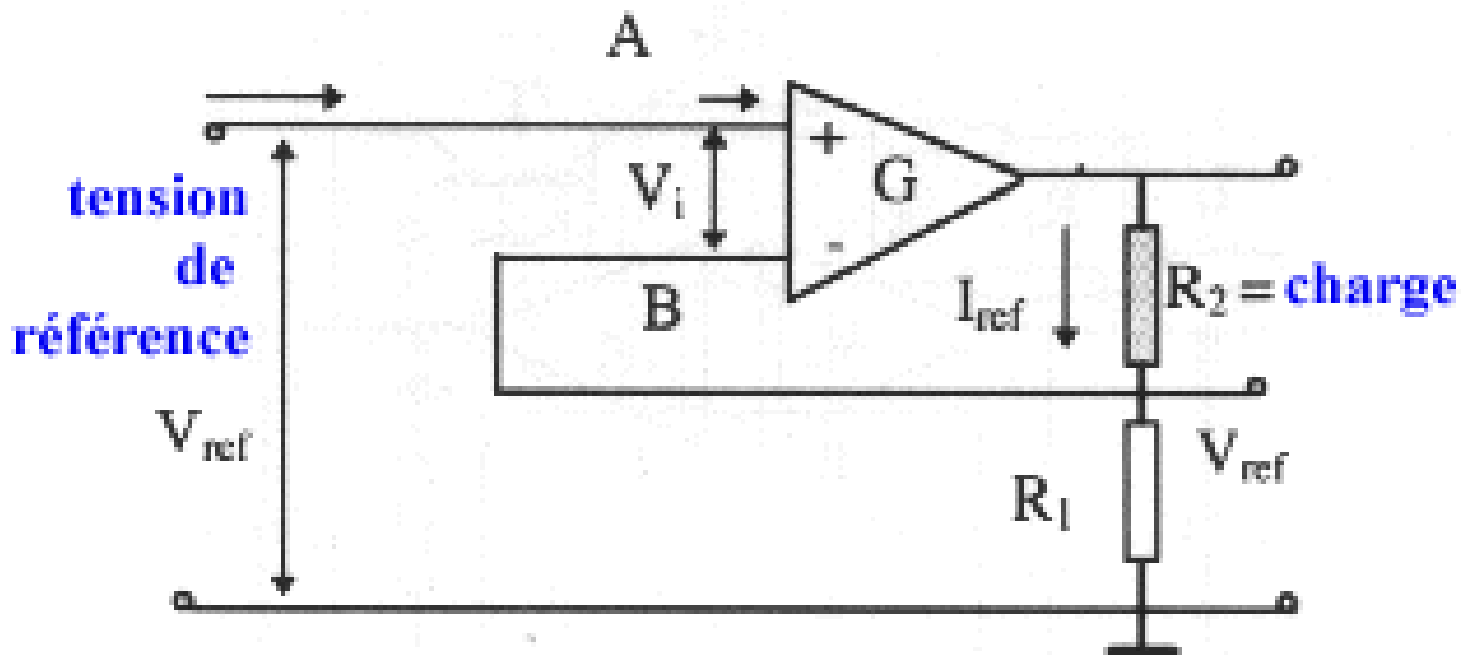
D, Mạch đo- phương pháp nguồn dòng

$$U_R = U_{Rt} \frac{R_2}{R_1} = I \cdot R_t \frac{R_2}{R_1}$$

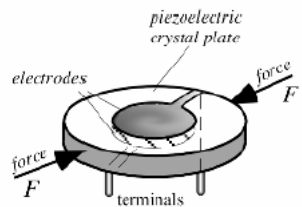




Mạch tạo nguồn dòng

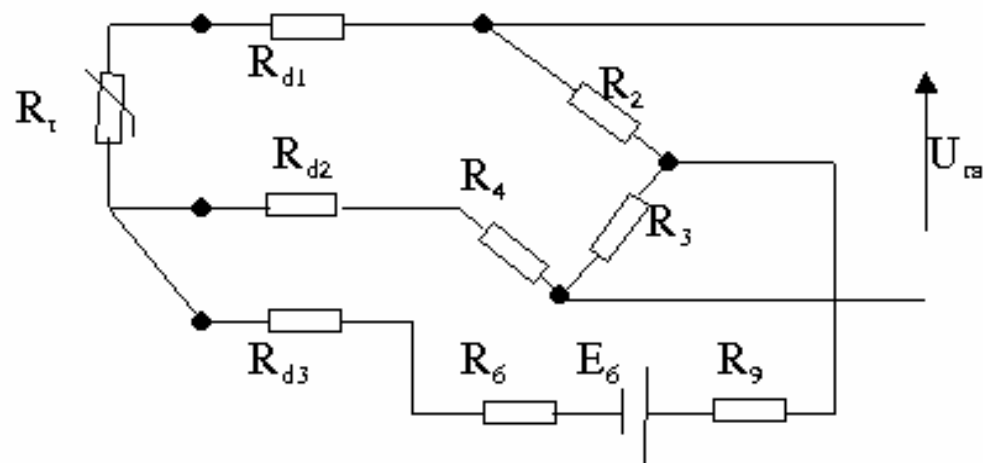


$$I_{ref} = V_{ref}/R_1.$$

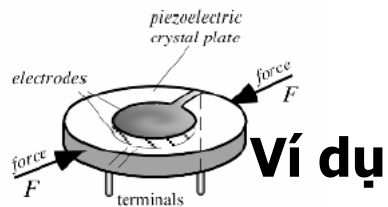


Phương pháp sử dụng nguồn áp

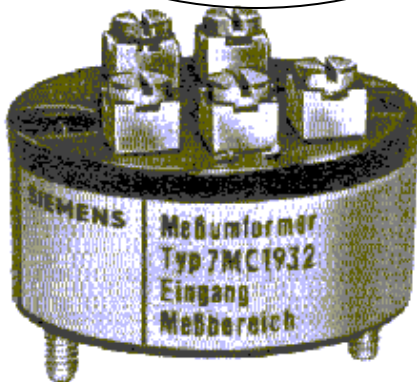
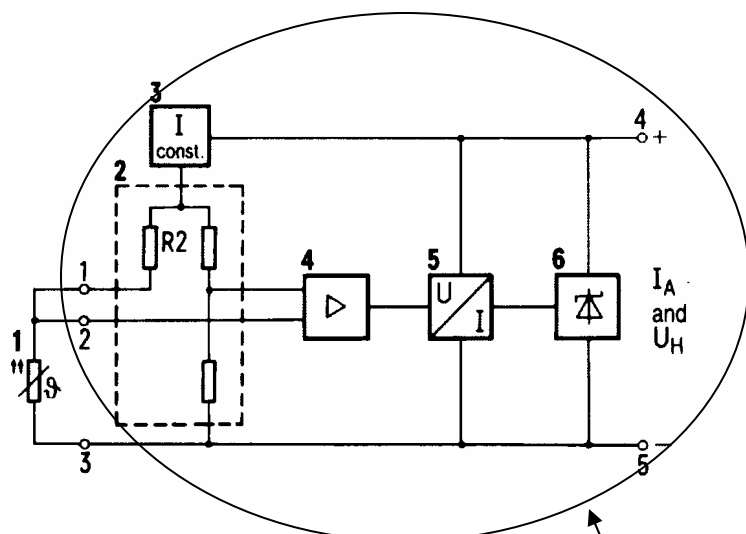
Bù điện trở dây



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



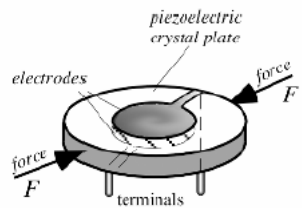
Sơ đồ bộ biến đổi nhiệt điện trở



Mạch chuẩn hoá

- ✓ Nguồn dòng 2.5mA tạo ra một sự biến thiên điện áp trên điện trở là 100mV/100°C.
- $R_T = R_0 (1 + \alpha t)$; $\alpha = 0.385\% / ^\circ\text{C}$
- ✓ Nếu R_T được cung cấp bằng nguồn dòng 259 mA thì khi nhiệt độ biến thiên 100°C
- $\Delta U = \Delta R_T \cdot I = 0.385 \times 2.58 = 100\text{mV}$
- ✓ Điện áp rơi trên R_T được đưa vào khuếch đại bù điện áp ở 0°C và biến đổi áp thành dòng (4-20mA) để đưa vào hệ thống thu thập số đo.

- 1- Nhiệt điện trở 2- Modul vào
- 3- Dòng cung cấp (hằng)
- 4- Điện áp một chiều khuếch đại
- 5- Modul ra 6- Điều chỉnh điện áp



2.2. Cặp nhiệt ngẫu

Nguyên lý : Hiệu ứng Seebeck

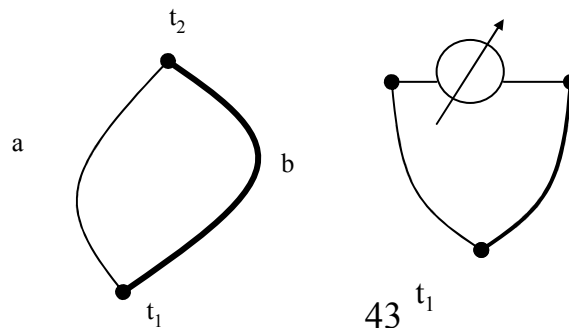
Dựa trên hiện tượng nhiệt điện. Nếu hai dây dẫn khác nhau (hình vẽ) nối với nhau tại hai điểm và một trong hai điểm đó được đốt nóng thì trong mạch sẽ xuất hiện một dòng điện gây bởi sức điện động gọi là sức điện động nhiệt điện, được cho bởi công thức

$$E_T = K_T (t_n - t_{td})$$

Trong đó: K_T - hệ số hiệu ứng nhiệt điện

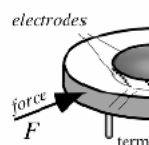
t_n - nhiệt độ đầu nóng

t_{td} - nhiệt độ đầu tự do



43 t_1




TABLE caractéristiques essentielles des principaux thermocouples

Type	nom usuel	couleur des isolants (code US)	point fusion (°C)	plage d'utilisation (°C)	f.e.m. 400°C, (mV)	tolérance mini maxi	ρ ($\mu\Omega$ -cm)
B	—	Brown ^a	1810	870 to 1700	0.787	0.25%	34.4
BX	—	Gray ^a	—	—	—	0.50%	—
BP	Pt30Rh	Gray	1910	—	—	—	18.6
BN	Pt6Rh	Red	1810	—	—	—	15.8
E	—	Brown ^a	1270	-200 to 870	28.946	1.0°C or 0.40%	127
EX	—	Purple ^a	—	—	—	1.7°C or 0.50%	—
EP	Chromel ^b	Purple	1430	—	—	—	80
EN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
J	—	Brown ^a	1270	0 to 760	21.848	1.1°C or 0.40%	56
JX	—	White ^a	—	—	—	2.2°C or 0.75%	—
JP	Iron	White	1536	—	—	—	10
JN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
K	—	Brown ^a	1400	-200 to 1260	16.397	1.1°C or 0.40%	112
KX	—	Yellow ^a	—	—	—	2.2°C or 0.75%	—
KP	Chromel	Yellow	1430	—	—	—	80
KN	Alumel ^b	Red	1400	—	—	—	31
N	—	Brown ^a	—	0 to 1260	12.974	1.1°C or 0.40%	—
NX	—	Orange ^a	—	—	—	2.2°C or 0.75%	—
NP	Nisil	Orange	—	—	—	—	—
NN	Nicrosil	Red	—	—	—	—	—
R	—	Brown ^a	1769	0 to 1480	3.408	0.6°C or 0.10%	29
RX	—	Green ^a	—	—	—	1.5°C or 0.25%	—
RP	Pt13Rh	Green	1840	—	—	—	19
RN	Pt	Red	1769	—	—	—	10
S	—	Brown ^a	1769	0 to 1480	3.259	0.6°C or 0.10%	30
SX	—	Green ^a	—	—	—	1.5°C or 0.25%	—
SP	Pt10Rh	Green	1830	—	—	—	20
SN	Pt	Red	1769	—	—	—	10
T	—	Brown ^a	1083	-200 to 370	20.810	0.5°C or 0.40%	48
TX	—	Blue ^a	—	—	—	1.0°C or 0.75%	—
TP	Copper	Blue	1083	—	—	—	2
TN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46

table réf. Measurement Instr. & Sensors, CRC press, New York, 1999

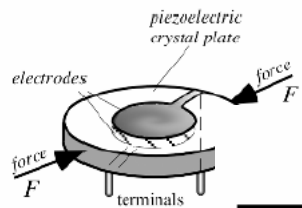
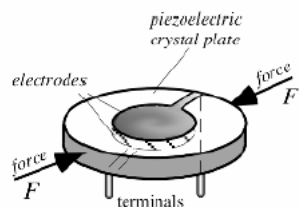


Table A.10. Characteristics of Thermocouple Types

Junction Materials	Sensitivity (at 25°C) ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	Temperature Range ($^\circ\text{C}$)	Applications	Designation
Copper/constantan	40.9	-270 to 600	Oxidation, reducing, inert, vacuum; preferred below 0°C; moisture resistant	T
Iron/constantan	51.7	-270 to 1000	Reducing and inert atmosphere; avoid oxidation and moisture	J
Chromel/alumel	40.6	-270 to 1300	Oxidation and inert atmospheres	K
Chromel/constantan	60.9	-200 to 1000	Oxidation and inert atmospheres; avoid reducing atmosphere and metallic vapors	E
Pt (10%)/Rh-Pt	6.0	0 to 1550		S
Pt (13%)/Rh-Pt	6.0	0 to 1600	Oxidation and inert atmospheres; avoid reducing atmosphere and metallic vapors	R
Silver-Paladium	10.0	200 to 600	Used in thermopiles and micromachined sensors	
Constantan-tungsten	42.1	0 to 800		
Silicon-aluminum	446	-40 to 150		



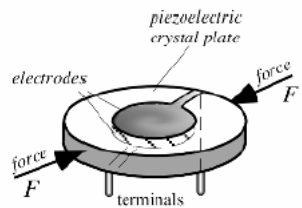
Một số hiệu ứng nhiệt điện khác

- Hiệu ứng Peltier: Hiệu điện thế tiếp xúc của giữa hai dây dẫn khác nhau về bản chất

$$V_M - V_N = P_{A/B}^T$$

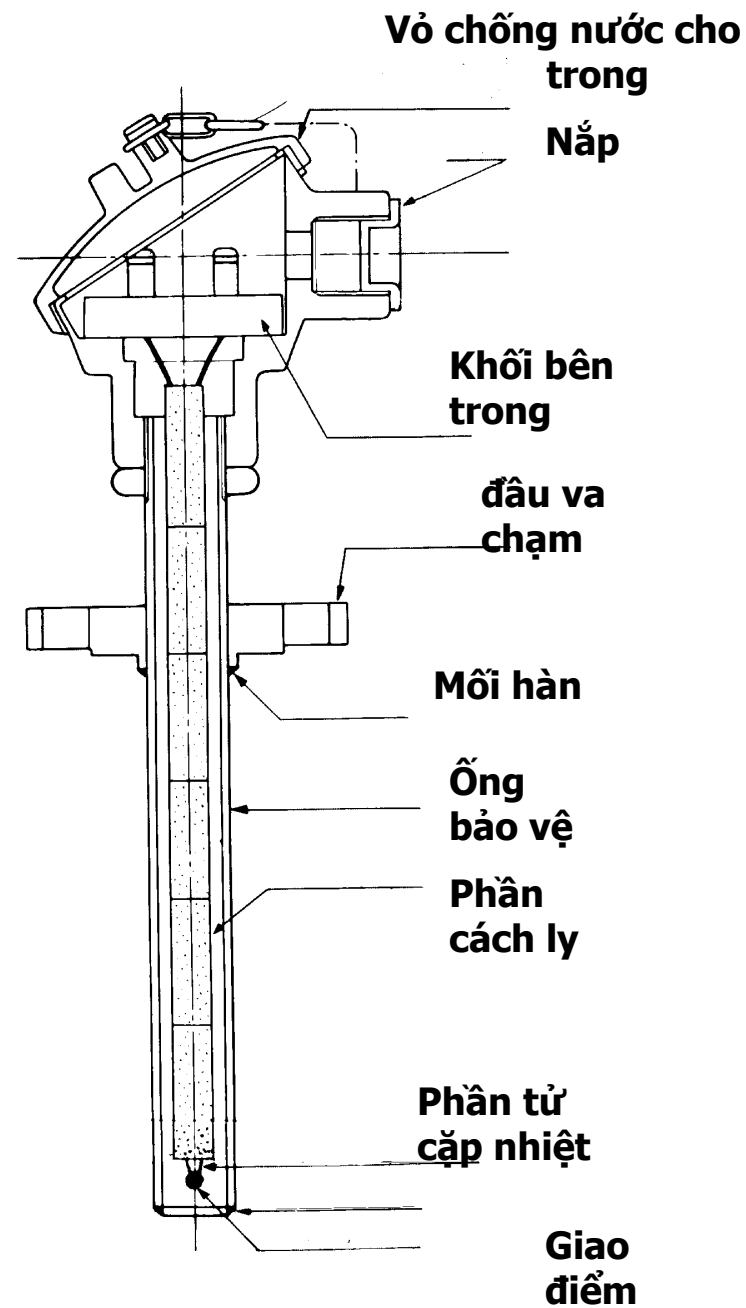
- Hiệu ứng Thomson: trong một vật dẫn đồng nhất, giữa hai điểm có nhiệt độ khác nhau sinh ra một suất điện động

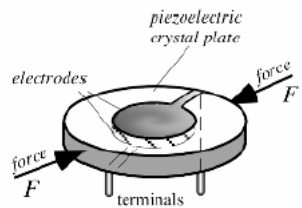
$$E_A^{T_M T_N} = \int_{T_M}^{T_N} h_A dT$$



B, Cấu tạo

- Có nhiều hình dáng khác nhau





Ví dụ cấu tạo bên trong của cảm biến



Cut-away of NB2 style to show detail of spring mechanism and terminal block.

SUPER OMEGA CLAD[®]
THERMOCOUPLE WIRE

MAXIMUM PERFORMANCE SHEATHING
 RESISTS HIGH TEMPERATURE DRIFT

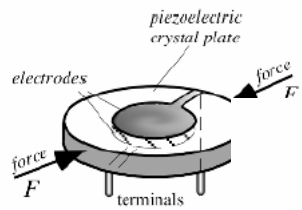
For Type K Thermocouples only.
 Consult Sales for Specifications and Pricing.

Weld Pad Probes

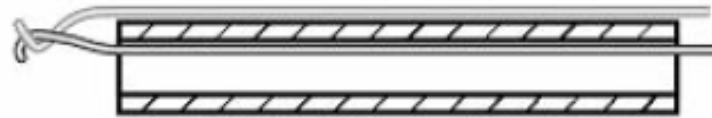
and availability

Dual elements available. Consult Sales Department for quotation

Discount Schedule	
1-10 Units	Net
11-24 Units10%
25-49 Units20%
50 and up	Consult Sales



A. Bare thermocouple twisted and welded



B. Thermocouple wires on a plastic tubular carrier

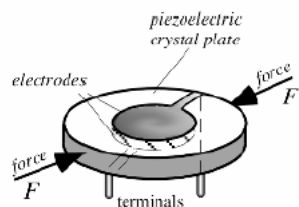


C. Insulated thermocouple twisted and welded



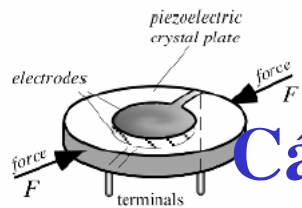
D. Butt-welded thermocouple with fish-spine insulator

Fig. 16.18. Some thermocouple assemblies.

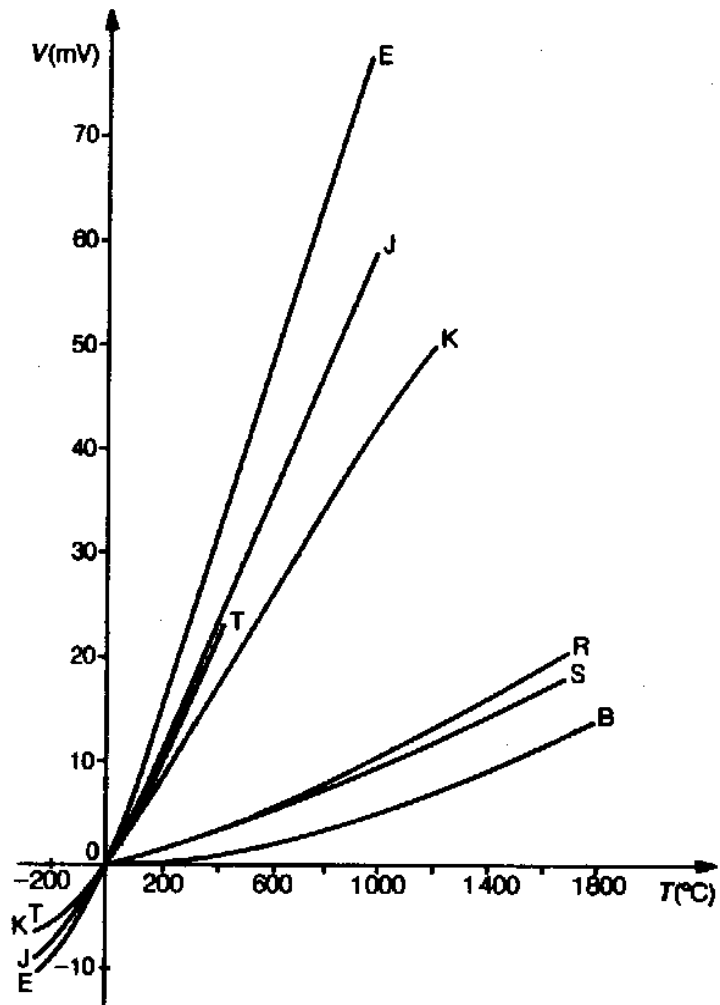


Các kiểu cặp nhiệt ngẫu

Ký hiệu	Ký hiệu hình thức	Vật liệu cấu thành	Đặc điểm cần lưu tâm
B	-	Patin Rhodium 30-Platin.Rhomdium 6	Dây dương như là hợp kim 70%Pt, 30% Rh. Dây âm là hợp kim 94%Pt, 6% Rh. Loại B bền hơn loại R, dải đo nhiệt độ đến 1800°C, con các đặc tính khác th ^x như loại R
R	-	PtRh 13 - Pt	Dây dương là loại hợp kim 87% Pt, 13% Rh. Dây âm là Pt nguyên chất. Cặp này rất chính xác, bền với nhiệt và ổn định. Không nên dùng ở nh÷ng môi trường có hơi kim loại
S	-	PtRh10-Pt	Dây dương là hợp kim 90% Pt, 10%Rh. Dây âm là Pt nguyên chất. Các đặc tính khác như loại R
K	CA	Cromel-Alumel	Dây dương là hợp kim gồm chủ yếu là Ni và Cr. Dây âm là hợp kim chủ yếu là Ni. Dùng rộng rãi trong Công nghiệp, bền với môi trường oxy hoá. Không được dùng ở môi trường có CO, SO ₂ hay khí S có H
E	CRC	Cromel- Constantan	Dây dương như đối với loại K. Dây âm như loại J. Có sức điện động nhiệt điện cao và thường dùng ở môi trường acid

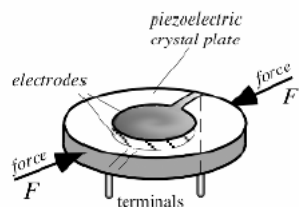


Các kiểu cặp nhiệt ngẫu



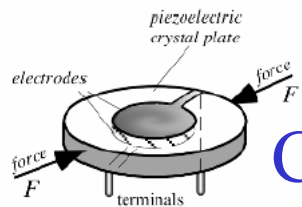
- E nickel-chrome/cuivre-nickel (appelé aussi, communément, chromel/constantan)
- J fer/cuivre-nickel (ou fer/constantan)
- T cuivre/cuivre-nickel (ou cuivre/constantan)
- K nickel-chrome (nickel-aluminium/ou Chromel/Atumel)
- R platine-rhodium 13%/platine
- S platine-rhodium 10%/platine
- B platine-rhodium 30%/platine-rhodium 6%

Hình 6.11. Đường $V=f(T)$ -của các dạng cặp nhiệt ngẫu khác nhau



Giới hạn nhiệt độ và các ống bảo vệ

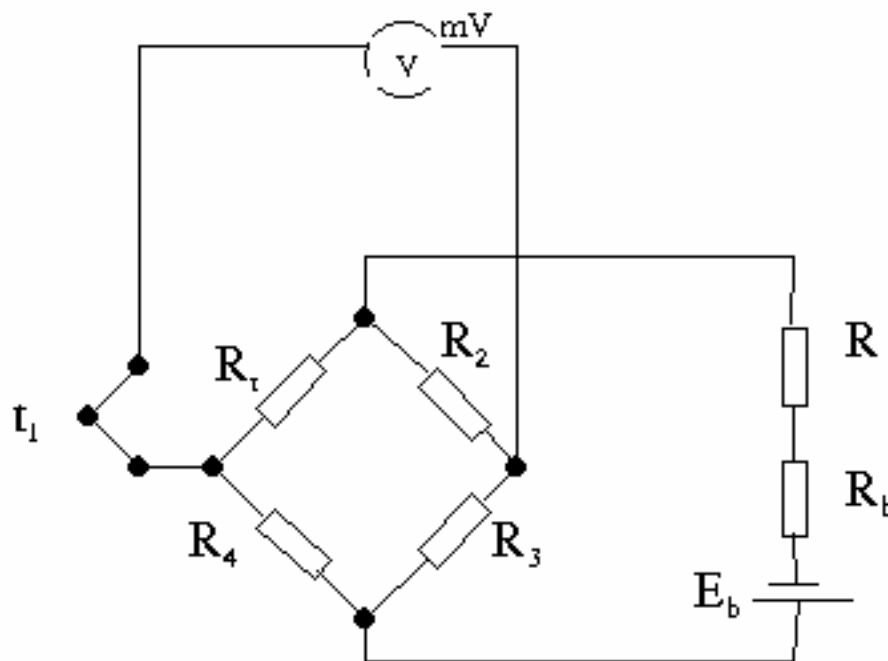
Dạng của cặp nhiệt		Đường kính của dây		Giới hạn nhiệt độ làm việc		Ống bảo vệ O.D x I.D	
		ký hiệu	đường kính bên ngoài	giới hạn chuẩn	giới hạn trên	ống bảo vệ bằng kim loại (φ mm)	ống bảo vệ không bằng kim loại (φ mm)
B	Pt Rh 30%/ Pt Rh 6%	L	0.5	1500 ⁰ C	1700 ⁰ c	–	15 x 11
R	Pt Rh 13%- Pt	L	0.5	1400 ⁰ C	1600 ⁰ C	–	15 x 11
S	Pt Rh 10%-Pt	L	0.5	1400 ⁰ C	1600 ⁰ C	–	15 x 11
K (Chromel_Alumel)		D	3.2	1000 ⁰ C	1200 ⁰ C	21.7 x 16.1	17 x 13
		C	2.3	900 ⁰ C	1100 ⁰ C	21.7 x 16.1	17 x 13
		B	1.6	860 ⁰ C	1050 ⁰ C	15 x 11	15 x 11
		A	1.0	750 ⁰ C	950 ⁰ C	12 x 9	15 x 11
		H	0.65	650 ⁰ C	850 ⁰ C	10 x 7	10 x 6



C, Phương pháp đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt ngẫu

- Thống nhất hoá bằng mạch điện áp tích cực
- Bù đầu tự do
- Bù điện trở dây nối

$$U_{ra} = E \frac{R_5}{R_4} \left(1 + \frac{R_1 + R_3}{R_2} \right)$$



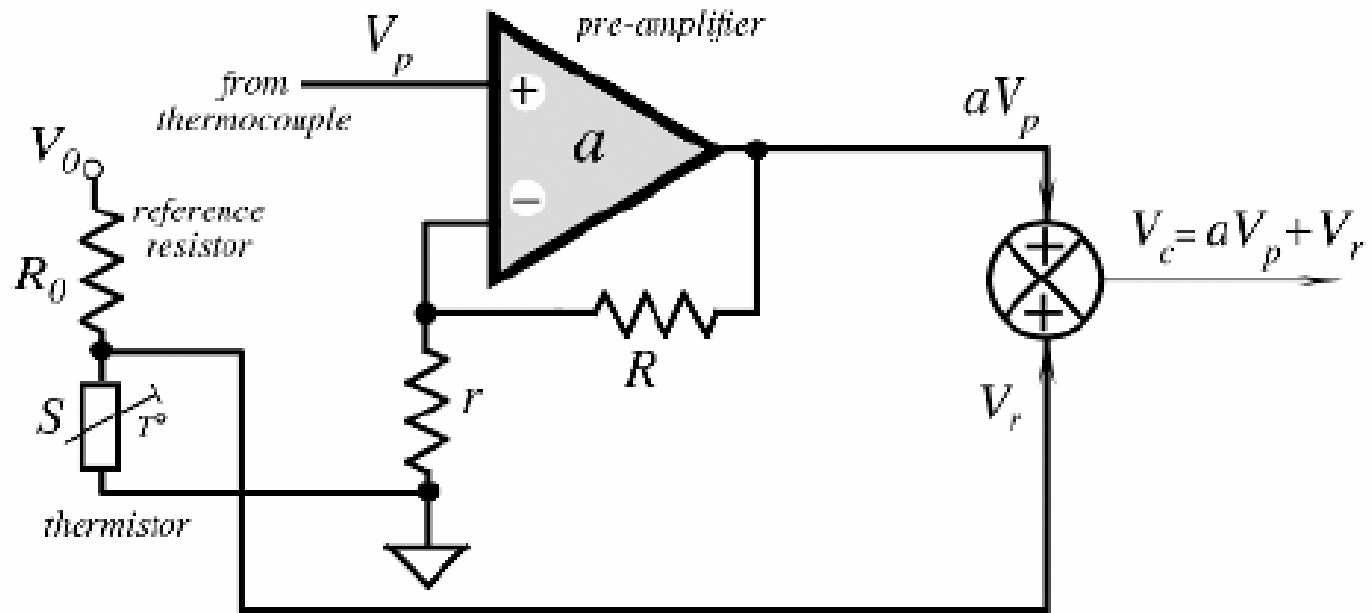
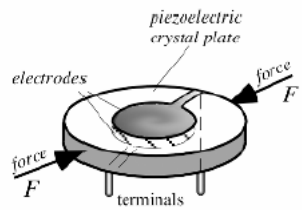
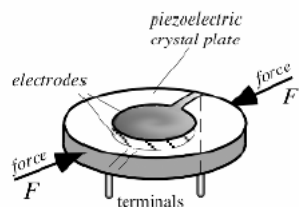


Fig. 16.17. Combining thermopile and thermistor signals.



Bù nhiệt độ đầu tự do

Mạch bù nhiệt độ đầu tự do được thực hiện bằng 1 mạch cầu 4 nhánh trên ấy có một nhiệt điện trở, hoạt động của nó như sau: 0°C 4 nhánh của cầu cân bằng điện áp ở đường chéo cầu $\Delta U=0$, khi nhiệt độ ở trên đầu hộp nối dây tức là nhiệt độ đầu tự do thay đổi:

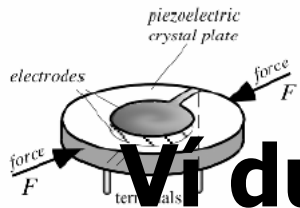
$$\Delta U = \frac{U_{CC}}{4} \frac{\Delta R_T}{R_T} = \frac{U_{CC}}{4} \alpha t_{td}$$

Ta lại có

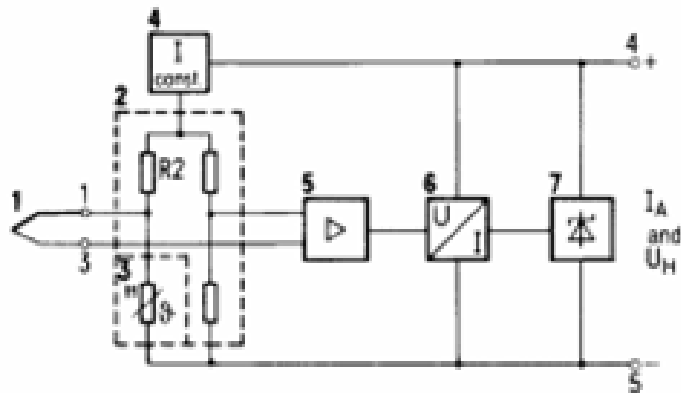
$$E_T = K_T (t_{\text{nóng}} - t_{\text{tự do}}) = K_T t_{\text{nóng}} - K_T t_{\text{tự do}}$$

Để bù ảnh hưởng của nhiệt độ đầu tự do ta có

$$K_T t_{\text{tự do}} = \frac{U_{CC}}{4} \alpha t_{\text{tự do}} \rightarrow U_{CC} = \frac{4K_T}{\alpha}$$



Ví dụ Bộ cặp nhiệt ngẫu của SIEMENS



Hình 1.2

I_A và U_H - Tín hiệu ra một chiều và nguồn cung cấp.

1- Cặp nhiệt ngẫu cầu

2- Đầu vào của mạch

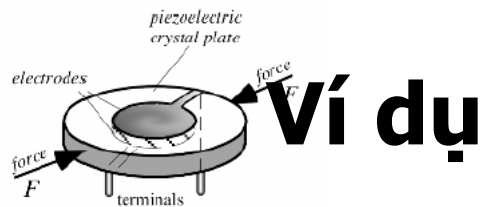
3- Đầu lạnh của cặp nhiệt

4- nguồn dòng hằng

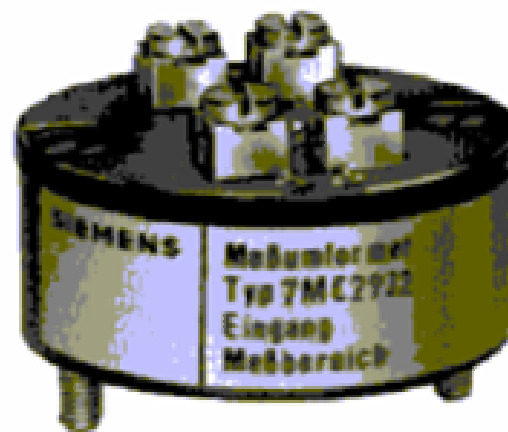
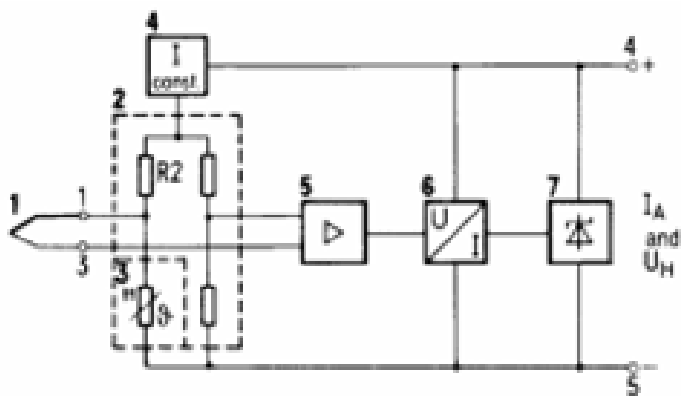
5- Điện áp một chiều khuếch đại

6- Modul ra

7- điều chỉnh điện áp



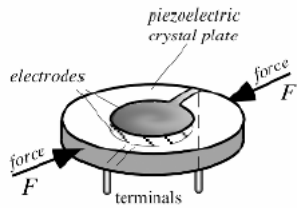
Ví dụ



Hình 1.2

I_A và U_H - Tín hiệu ra một chiều và nguồn cung cấp.

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1- Cặp nhiệt ngẫu cầu | 2- Đầu vào của mạch |
| 3- Đầu lạnh của cặp nhiệt | 4- nguồn dòng hằng |
| 5- Điện áp một chiều khuếch đại | 6- Modul ra |
| 7- điều chỉnh điện áp | |



2.3. Đo nhiệt độ bằng Điốt và transistor

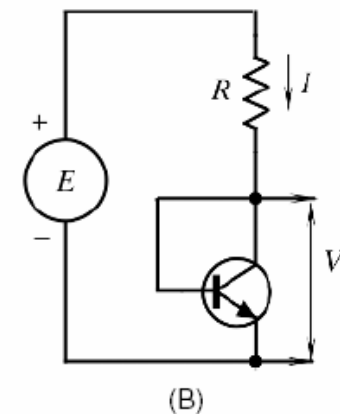
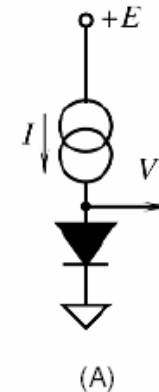
- Dựa trên lớp chuyển tiếp bán dẫn
- Quan hệ của dòng điện theo nhiệt độ

$$I = I_0 \left(\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right)$$

- điện áp ra của điốt có thể viết như sau:

$$V = V_{\Phi} + \frac{kT}{q} \text{Log}I - \frac{kT}{q} . m \text{Log}T - \frac{kT}{q} . \text{Log}C$$

Thông thường độ nhạy $-2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ với dòng điện khoảng $1\mu\text{A}$



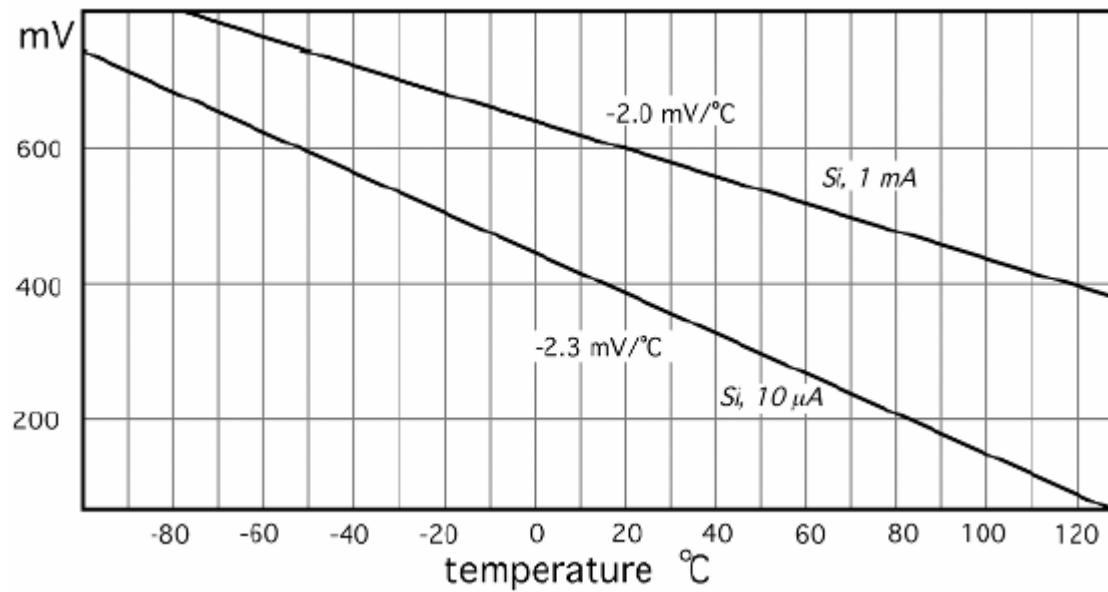
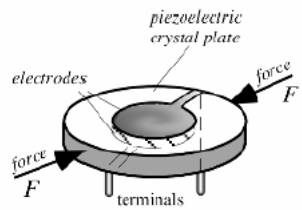
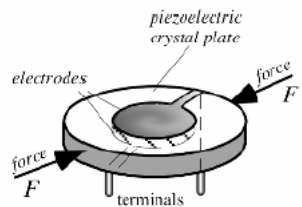
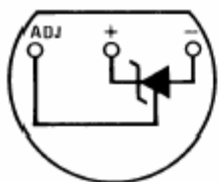


Fig. 16.20. Forward-biased p-n junction temperature sensors: (A) diode; (B) diode-connected transistor.



Ví dụ về LM335

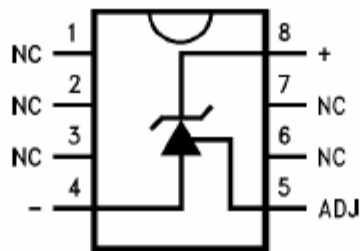
**TO-92
Plastic Package**



DS005698-8

Bottom View
Order Number LM335Z
or LM335AZ
See NS Package
Number Z03A

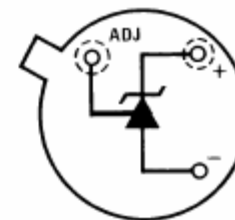
**SO-8
Surface Mount Package**



DS005698-25

Order Number LM335M
See NS Package
Number M08A

**TO-46
Metal Can Package***



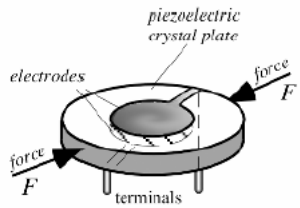
DS005698-26

*Case is connected to negative pin

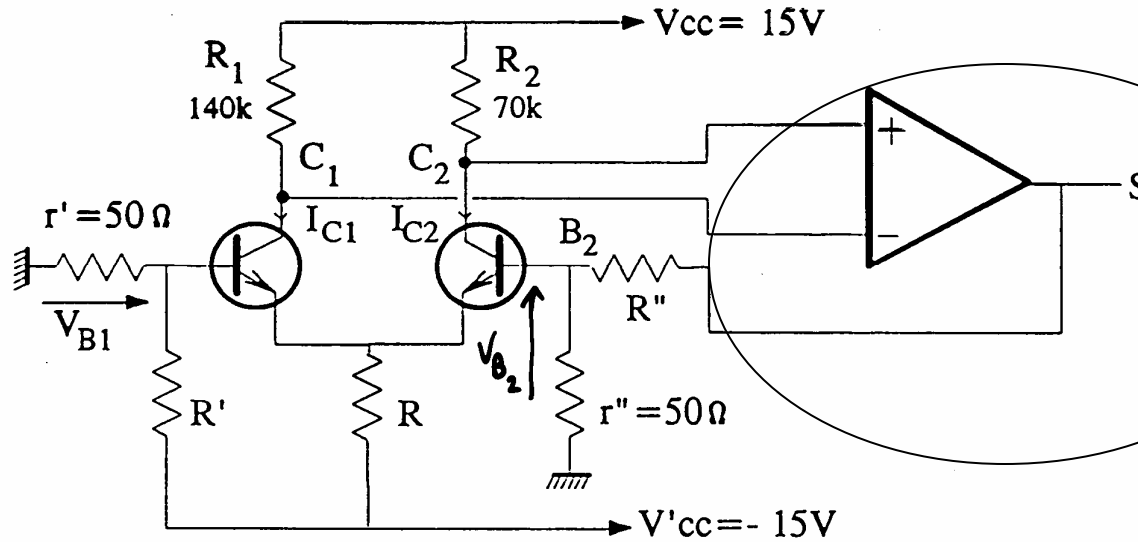
Bottom View
Order Number LM135H,
LM135H-MIL, LM235H,
LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH
See NS Package
Number H03H

Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C



Nhiệt điện trở bán dẫn



Độ nhạy nhiệt của diode và trans. mắc theo kiểu diode:
 $S = dV/dT$ cỡ $-25mV/^\circ C$

Mạch chuẩn hoá

$$V_{B1} - V_{B2} = \left(\frac{k}{q} T \right) \ln \left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}} \right) \quad \text{avec} \quad \frac{k}{q} = 86,17 \mu V / ^\circ$$

Giả sử 2 Transistor giống nhau, có cùng nhiệt độ

$$R_1 I_{C1} = R_2 I_{C2} \quad V_{B2} = \frac{r''}{r'' + R''} S$$

Từ đó :

$$S = \left[1 + \frac{R''}{r''} \right] \left[V_{B1} + \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \right]$$

$S = fct(T)$ được cải thiện

piezoelectric
crystal plate

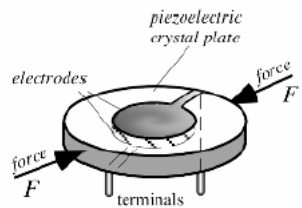
Temperature Accuracy (Note 1)

LM335, LM335A

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	$^\circ\text{C}$
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	$^\circ\text{C}$
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$, $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	$^\circ\text{C}$
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		$^\circ\text{C}$
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics (Note 1)

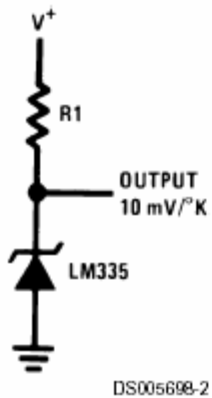
Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		$^\circ\text{C}/\text{hr}$



Mạch đo

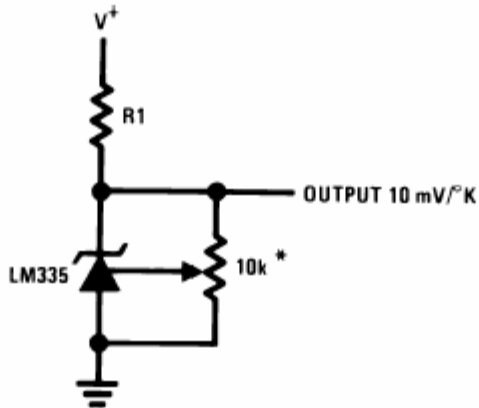
Typical Applications

Basic Temperature Sensor



DS005698-2

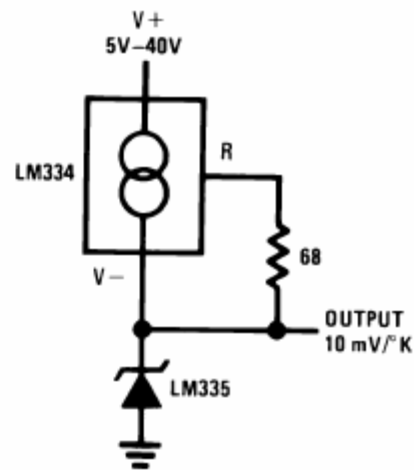
Calibrated Sensor



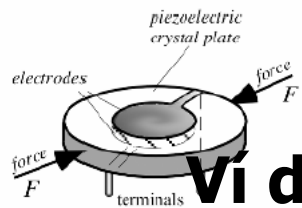
DS005698-9

*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply

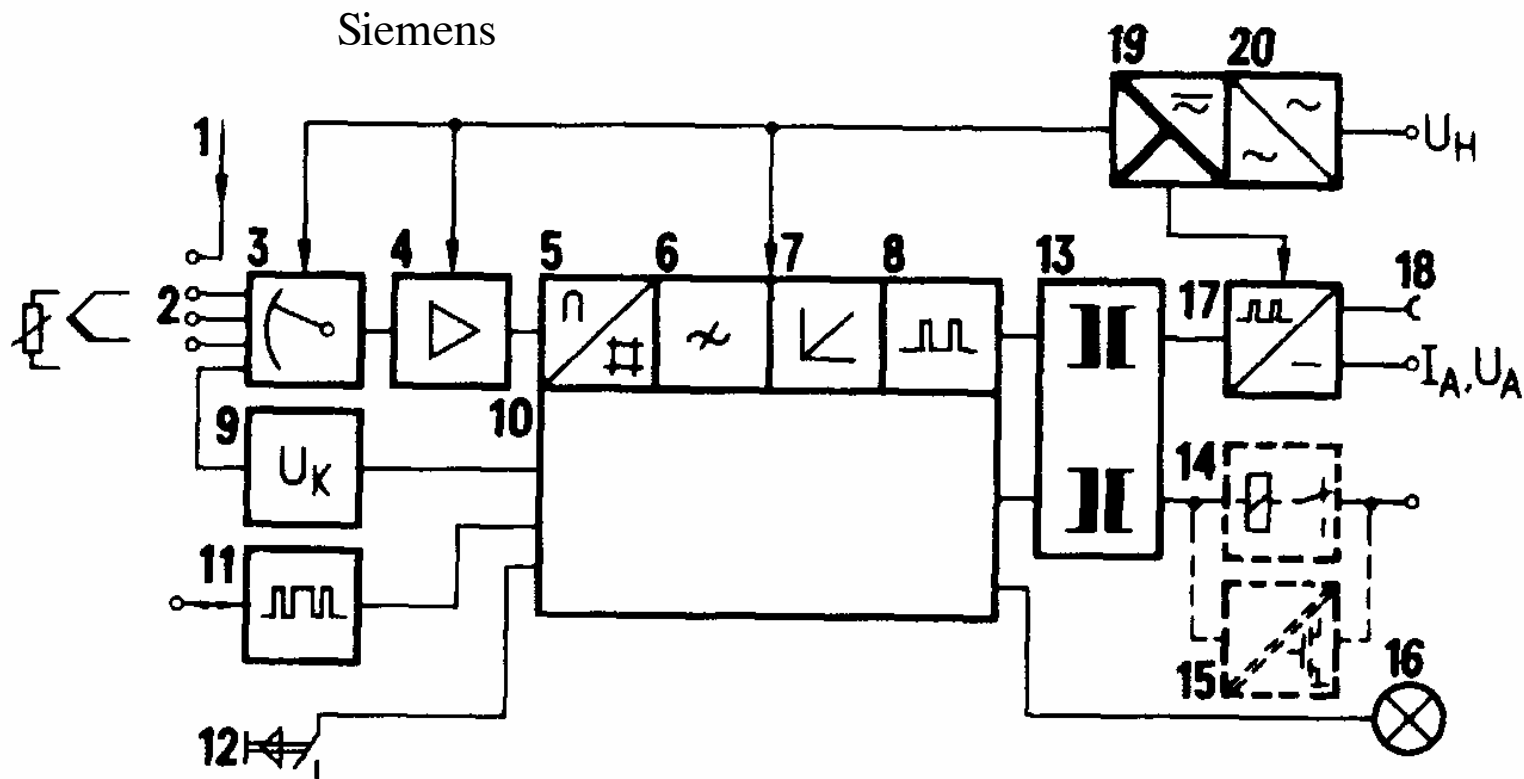


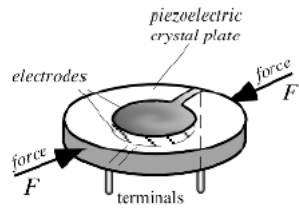
DS005698-10



Ví dụ

Bộ biến đổi thông minh đo nhiệt độ





•Đầu vào

Các đầu vào (2)

Hợp kênh MUX (3)

Khuếch đại (4)

Nguồn dòng dùng để đo nhiệt độ

Nhiệt điện trở (1)

Mạch khắc độ (9)

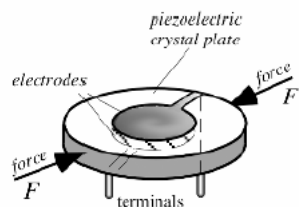
Vi điều khiển(10)

Bộ biến đổi tương tự số (5)

Lọc thông thấp để là bằng kết quả (6)

Khối tuyến tính hoá phục vụ cho các đặc tính phi tuyến của cảm biến (7)

Bộ điều chế độ rộng xung đầu ra (8)



- **Đầu ra**

- Bộ cách ly về điện (13)

- Bộ ra với tín hiệu xung điều chế độ rộng (17) và bộ biến đổi số tương tự
 - Đầu ra để kiểm tra để theo dõi tín hiệu ra (18)

- Cảm biến phụ, rơle (14)

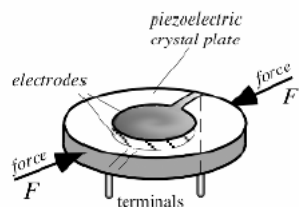
- **Kiểm tra và hiển thị**

- Giao diện nối tiếp (11) để hỏi đáp và đặt các thông số

- Nút ấn để kiểm tra cho nhiệt điện trở hay để khắc độ các cảm biến điện trở

- Đầu báo (làm việc và có sự cố)

- **Nguồn cung cấp 24V một chiều nối vào lưới điện**



2.4. Hoả quang kế

- ✓ Đo nhiệt độ không tiếp xúc dải nhiệt độ cao > 1600°C
- ✓ Mật độ phổ năng lượng phát xạ theo bước sóng của vật đen lý tưởng khi bị đốt nóng

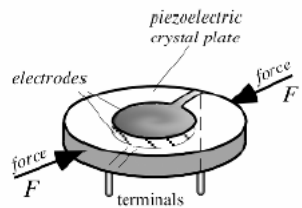
$$E_{\lambda} = C_1 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

λ - bước sóng; T - nhiệt độ tuyệt đối ;

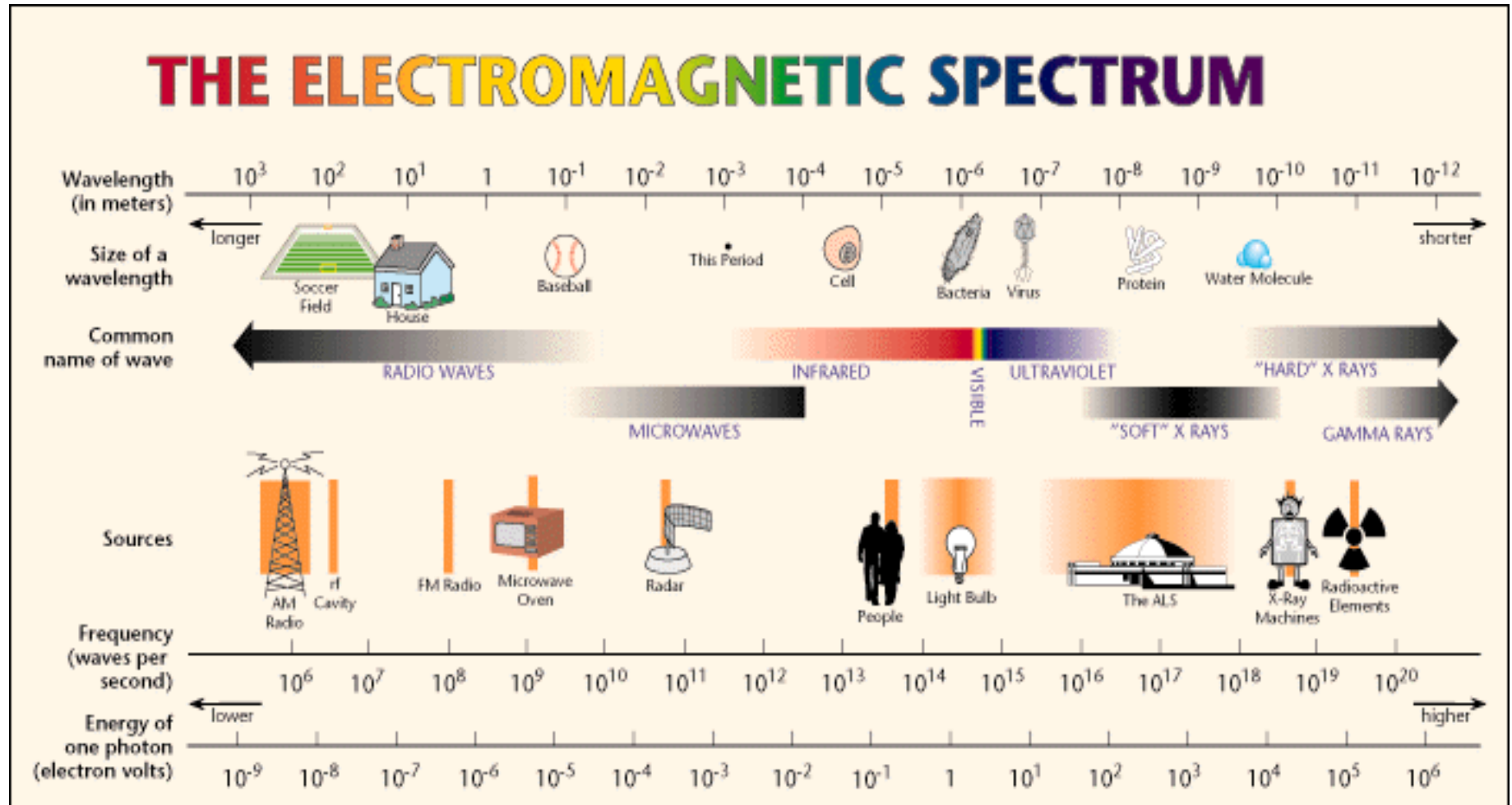
$C_1 = 37,03 \cdot 10^{-17} \text{ Jm}^2/\text{s}^0\text{C}$; $C_2 = 1,432 \cdot 10^{-2} \text{ m}^0\text{C}$

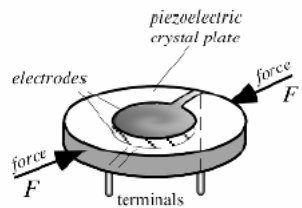
- ✓ 3 phương pháp:

- Hoả quang kế bức xạ
- Hoả quang kế cường độ sáng
- Hoả quang kế màu sắc: 68

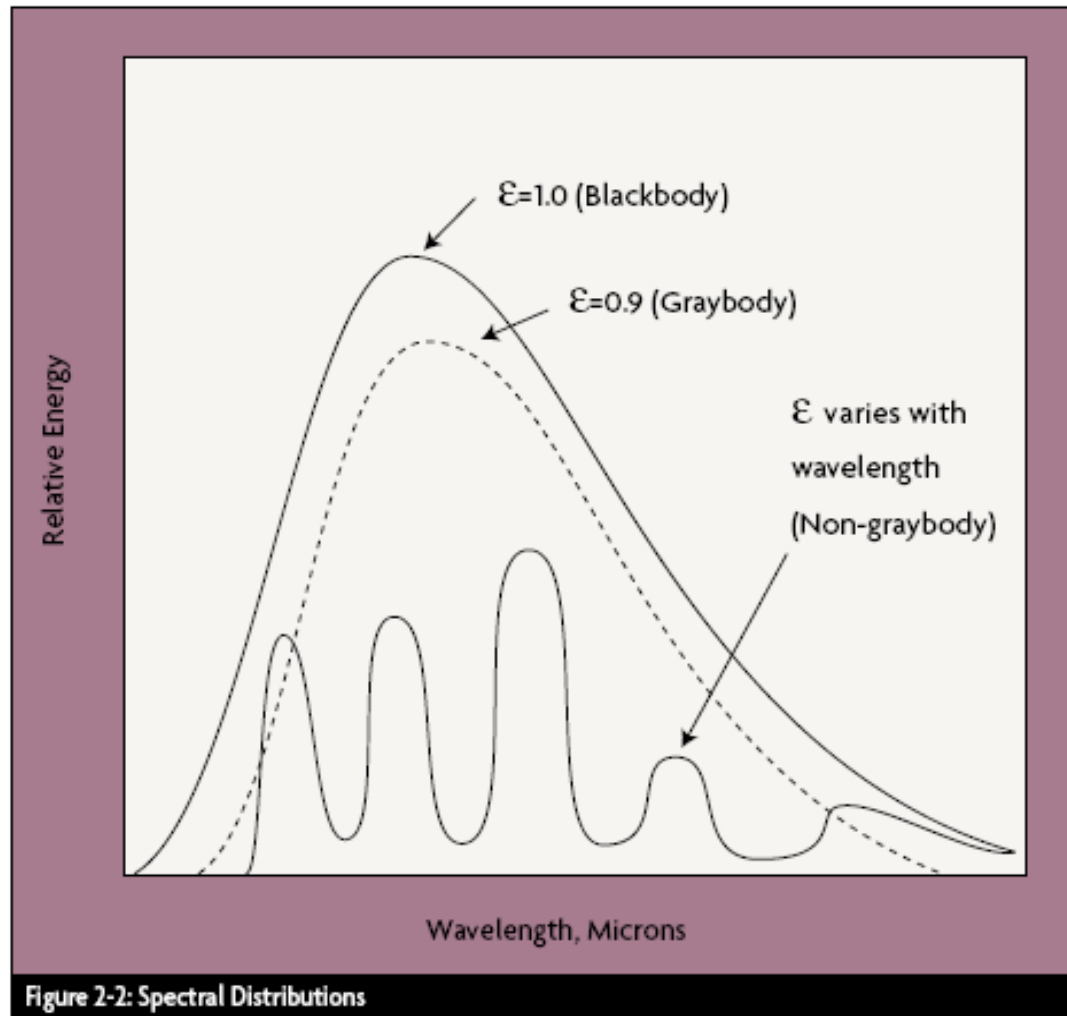


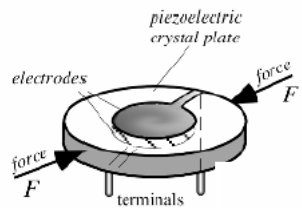
Sóng điện từ



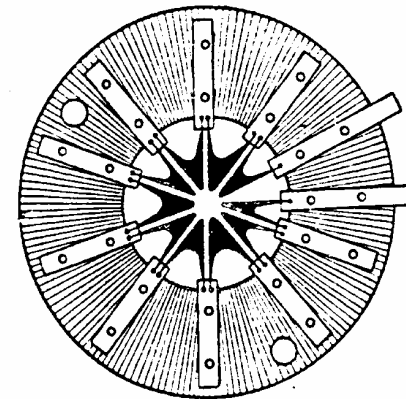
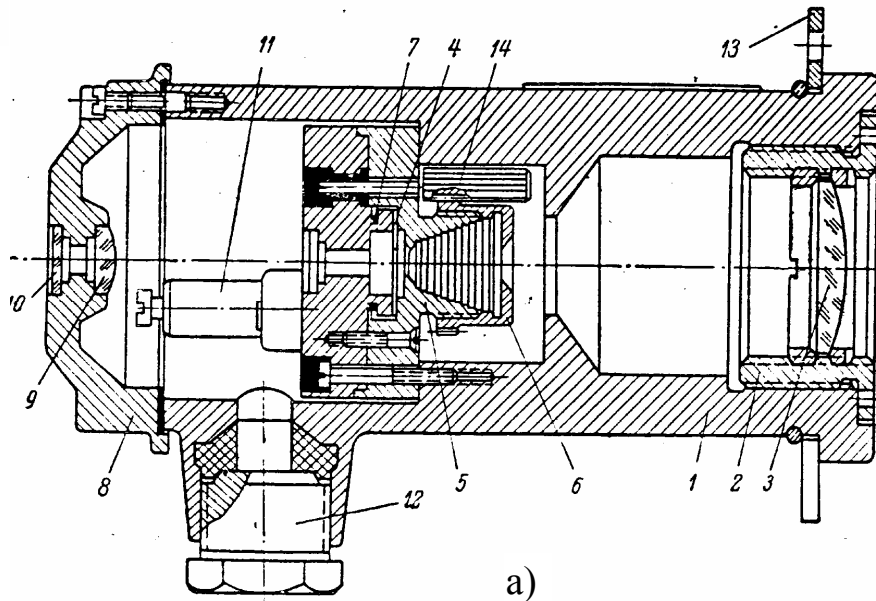


Phân bố phổ của các vật





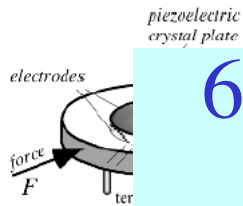
6.4.1. Hoả quang kế bức xạ



- a) Cấu tạo của hoả quang kế bức xạ

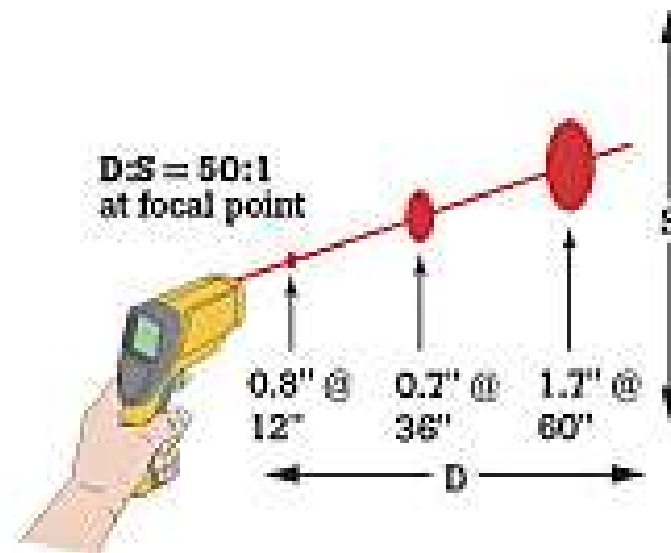
b) Cặp nhiệt hình rẻ quạt cromelcopel

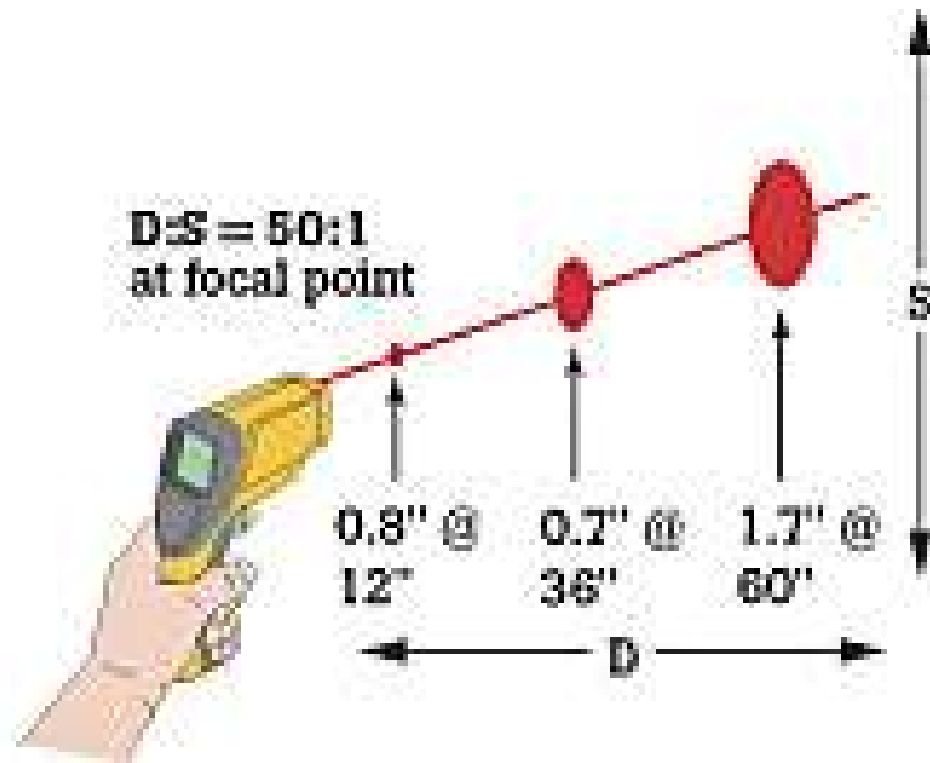
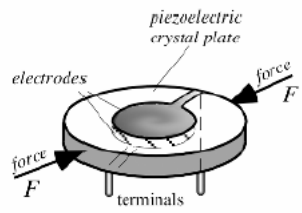
- 1. Thân dụng cụ
- 2- vít chỉnh vật kính
- 3- Vật kính
- 4- Rãnh đặt cặp nhiệt thu
- 5- Thân g cặp nhiệt
- 6- Toa nhiệt đầu tự do
- 7- đầu ra của bộ thu
- 8- Giá đỡ vật kính
- 9- vật kính
- 10- lọc ánh sáng
- 11- đầu dây cáp ra
- 12 - ống dẫn cáp ra
- 13- Tai để gá thiết bị
- 14- chỉnh tiêu điểm

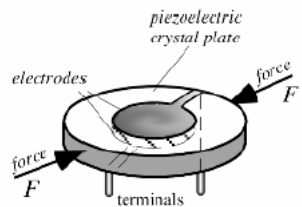


6.4.2. Đo nhiệt độ bằng phương pháp quang học: hồng ngoại IR

- Năng lượng bức xạ:
 - $E_T = K_T \cdot E_{bx} = K_T \sigma T^4$
 - Người ta dùng điốt hồng ngoại để thu năng lượng này
- Người ta đặt một điốt laser phát ra một chùm tia hẹp song song với trục của hoá quang kế. Vòng tròn sáng của Laser chiếu vào vùng ta đo nhiệt độ

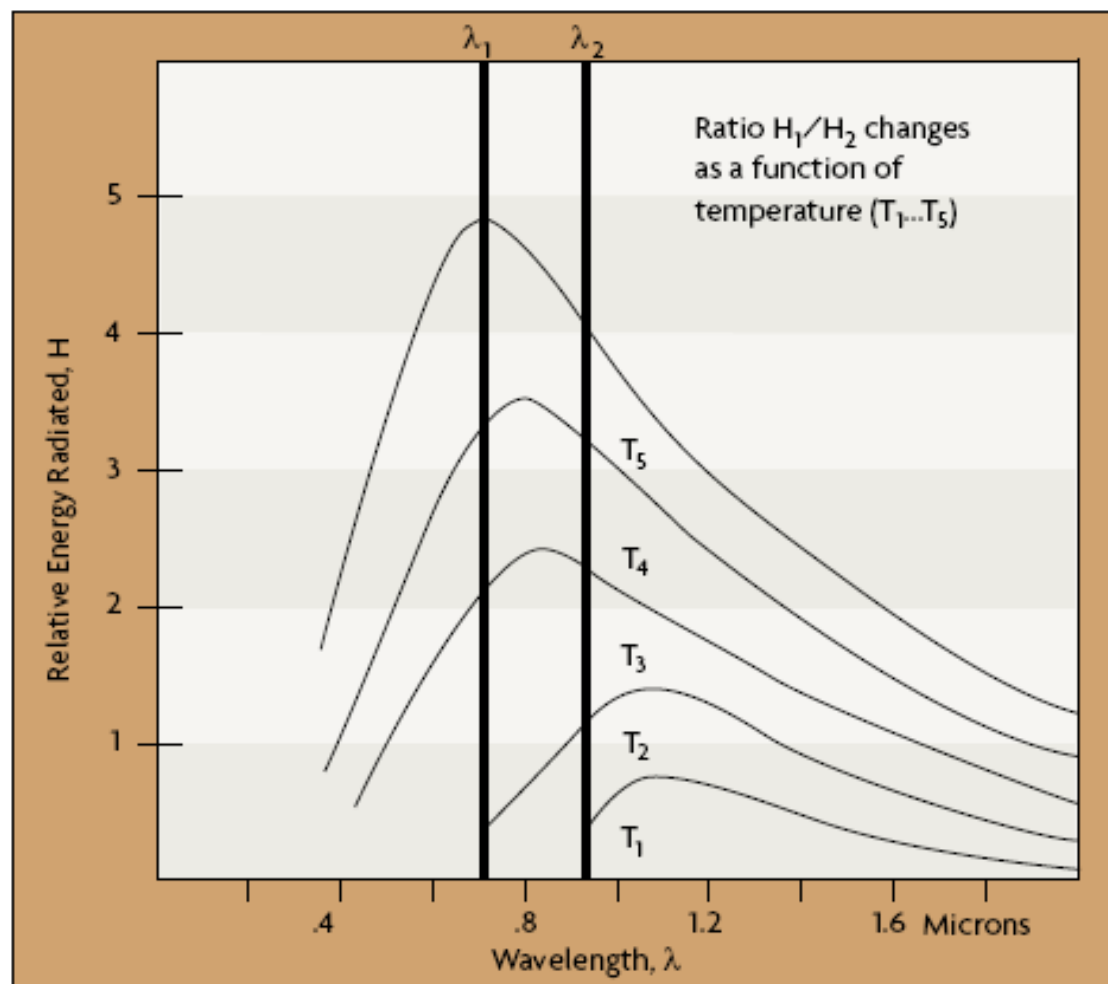


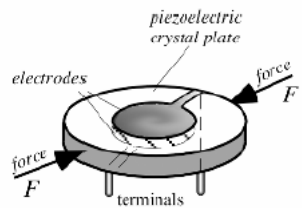




6.4.3. Hoả quang kế màu sắc

Đặc tính phổ của vật đốt nóng (nhiệt độ thấp đối tượng phát ra ánh sáng đỏ, nhiệt độ cao phát ra ánh sáng xanh đến tím)





Hỏa quang kế màu sắc

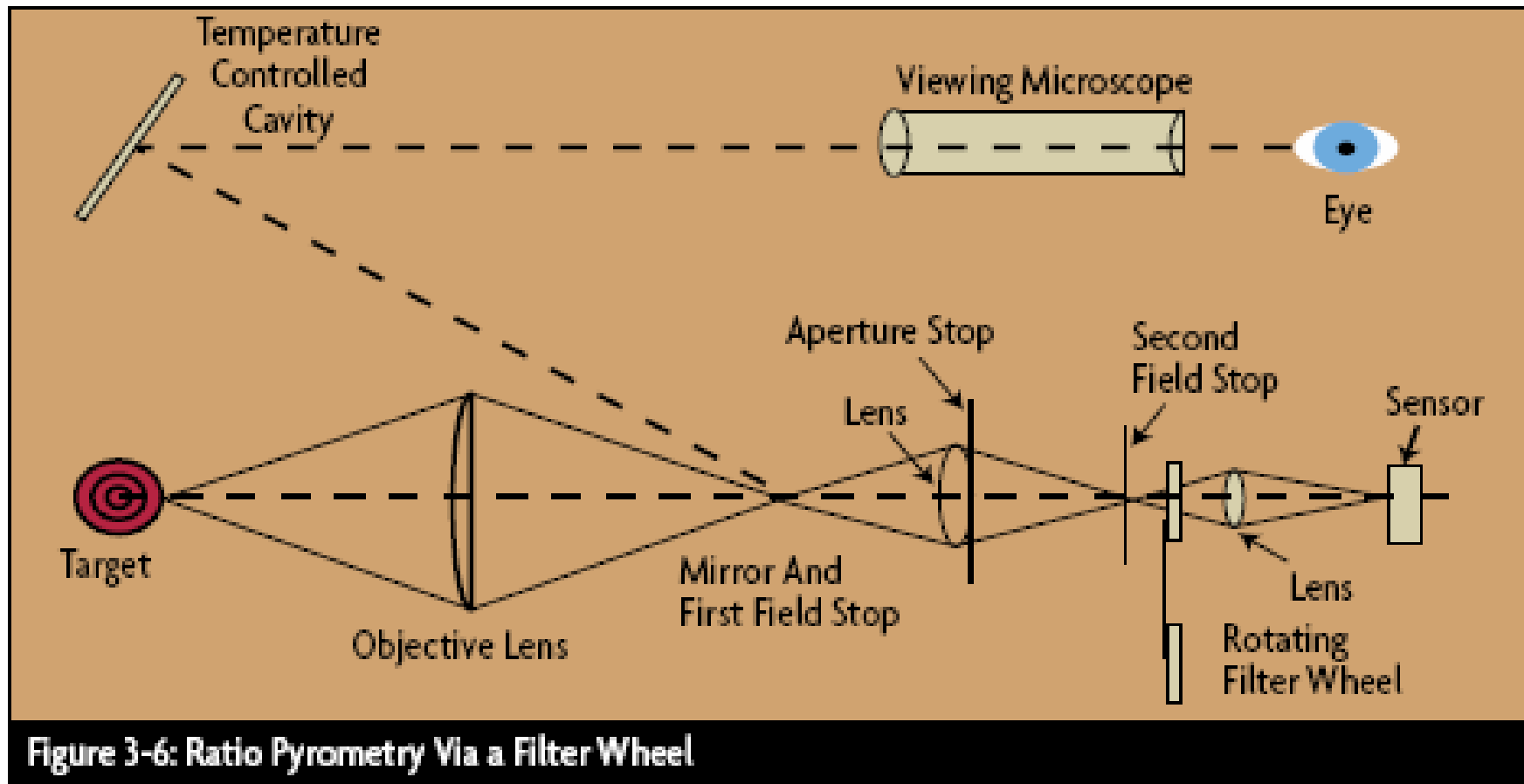
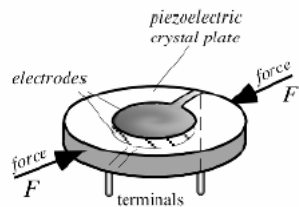
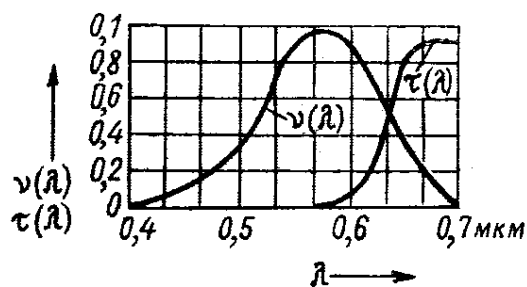


Figure 3-6: Ratio Pyrometry Via a Filter Wheel

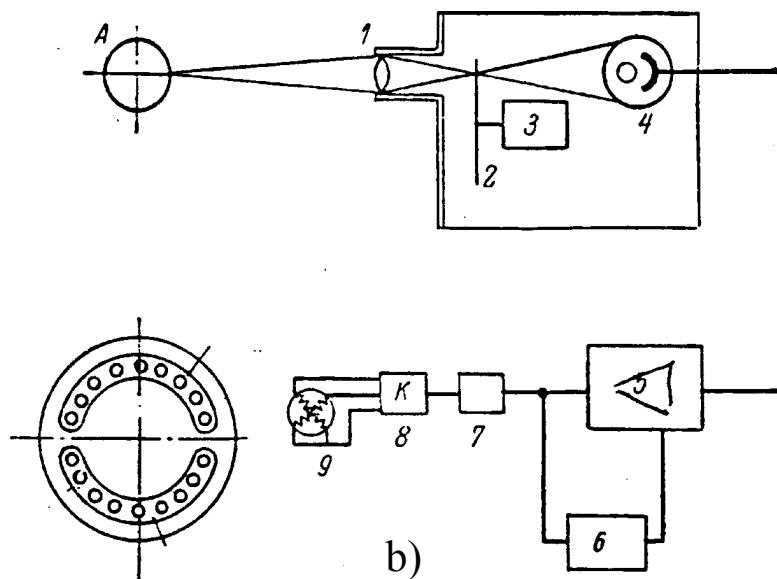


6.4.3. Hoả quang kế màu sắc

- A- đôi tượng đo nhiệt độ; 1- vật kính;
- 2- đĩa lọc xanh đỏ; 3- mô tơ đồng bộ;
- 4- tế bào quang điện; 5- khuếch đại;
- 6- Tự động chỉnh hệ số khuếch đại; 7- lọc
- 8- khoá đổi nối; 9- logomet chia độ xanh



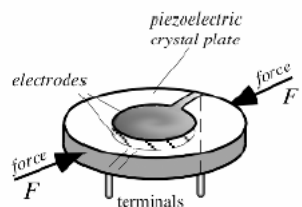
a)



b)

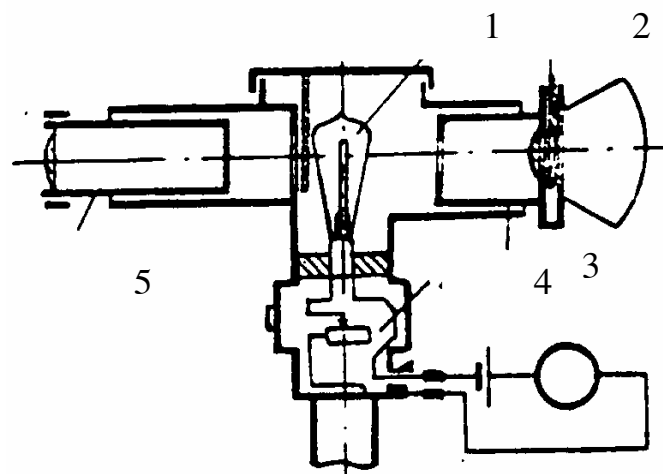
a) đặc tính phổ củ vật đót nóng

b) sơ đồ khối của hoả quang kế màu sắc

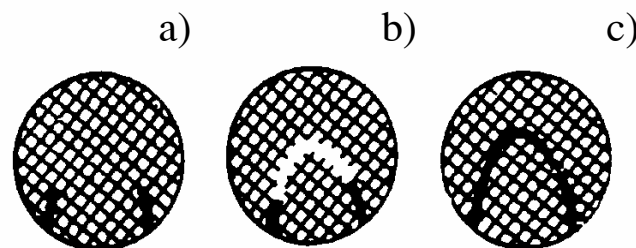


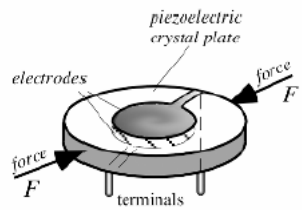
Hoả quang kế cường độ sáng

1. Đèn sợi đốt
2. Vật kính, chỉnh vật kính
3. Ống trượt và vật kính
4. Chiết áp chỉnh dòng điện đèn
5. Thấu kính

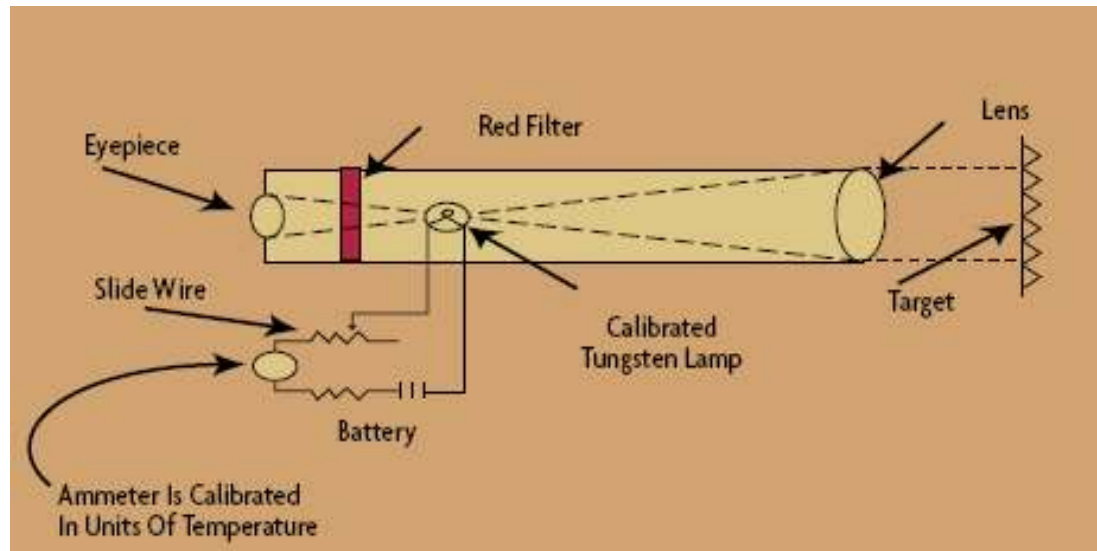


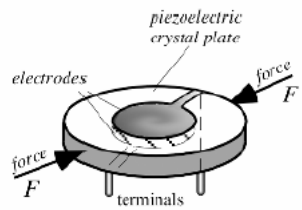
- a) Nhiệt độ dây đèn bằng nhiệt độ đối tượng
- b) Nhiệt độ dây đèn cao hơn nhiệt độ đối tượng
- c) Nhiệt độ dây đèn thấp hơn nhiệt độ đối tượng



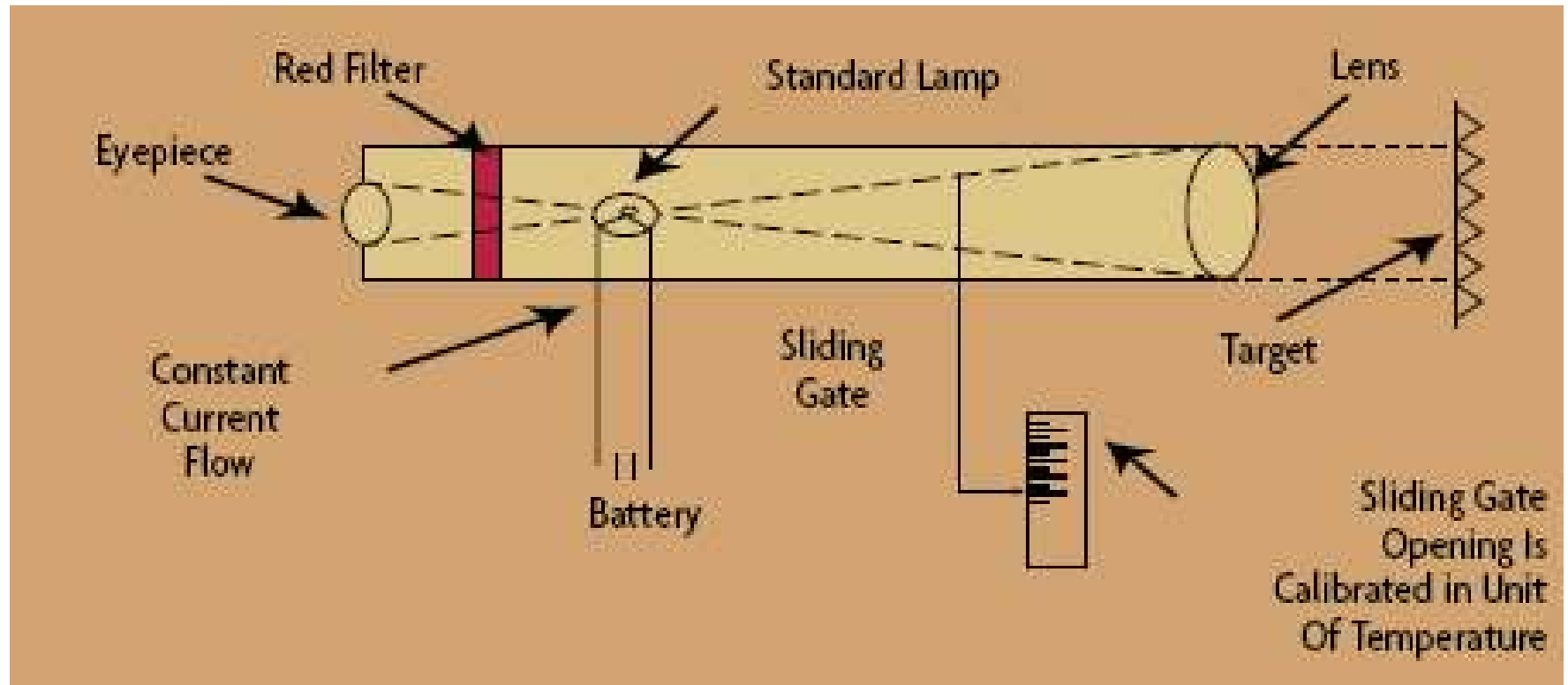


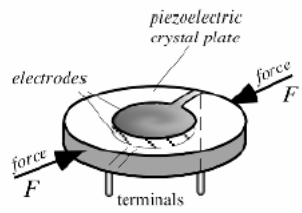
Nguyên lý của hỏa quang kế cường độ sáng





Chuẩn độ thiết bị

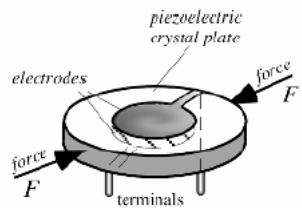




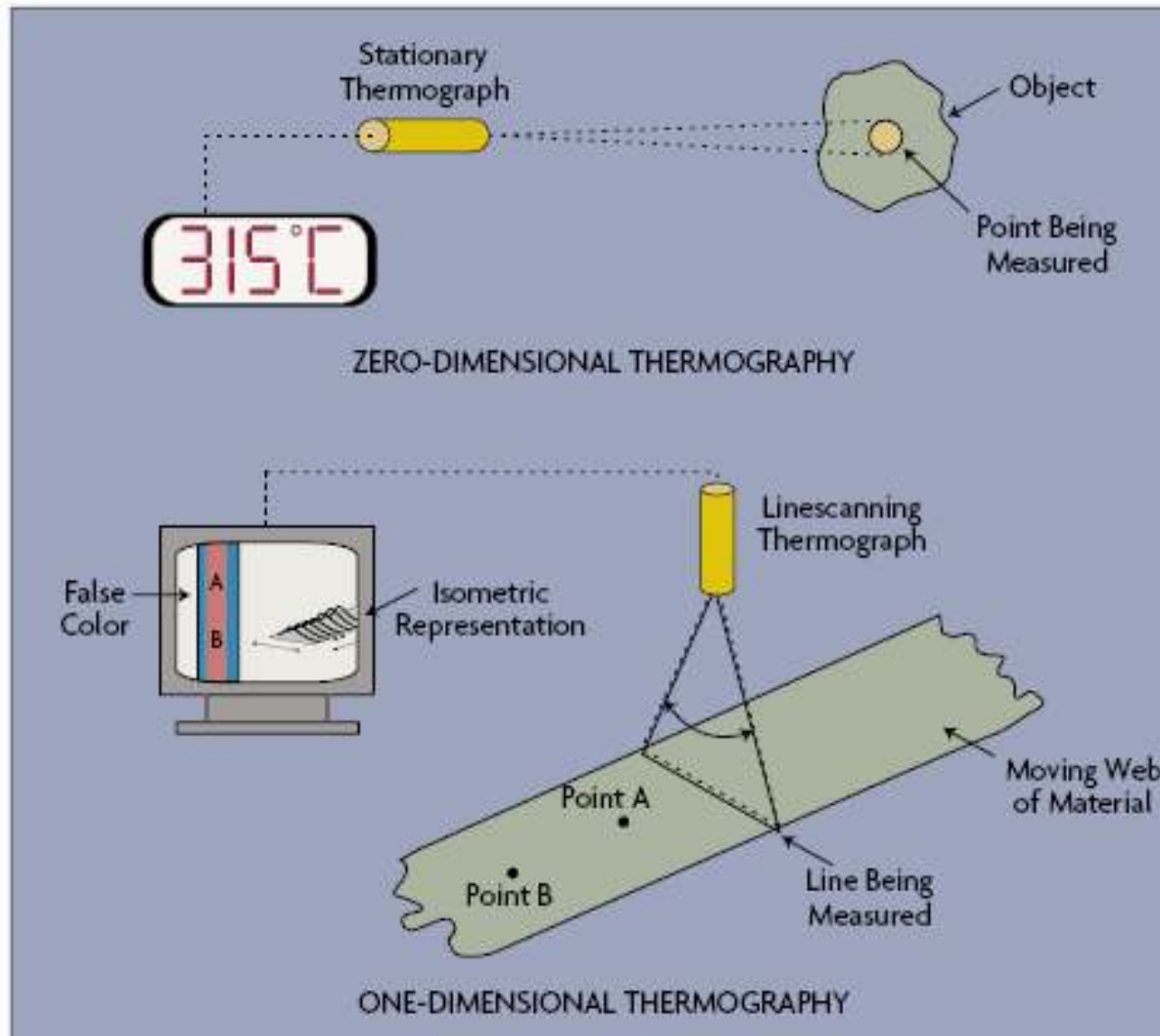
Ví dụ

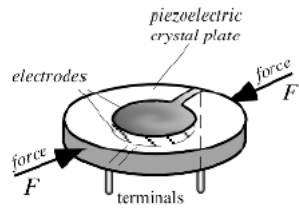


Figure 1-2: Glass Manufacture Using Visual IR Temperature Measurement



Camera hồng ngoại

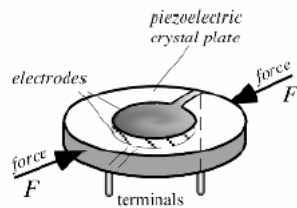




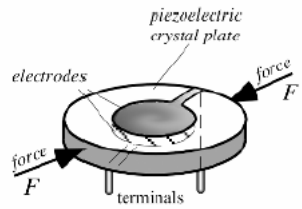
Ví dụ

Table 8-1: Strengths and Weaknesses of Non-Contact Temperature Sensors

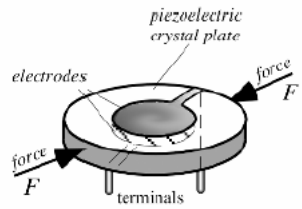
INSTRUMENT TYPE	STRENGTHS	WEAKNESSES
IR Thermocouple	<ul style="list-style-type: none"> Inexpensive (from \$99) Self-powered No measurement drift Plugs into standard thermocouple display and control devices Reaches into inaccessible areas Intrinsically safe 	<ul style="list-style-type: none"> Nonlinear output Susceptible to EMI
Low-End IR Pyrometer/ Thermometer	<ul style="list-style-type: none"> Portable and convenient Inexpensive (from \$235) Excellent maintenance tool 	<ul style="list-style-type: none"> Maximum probe cable length of 1 m limits use
High-End IR Thermometer	<ul style="list-style-type: none"> Can focus on any target at almost any distance Portable or fixed-place operation Camera-like operation (point and shoot) Low to medium cost (from \$350) 	<ul style="list-style-type: none"> Measures only a fixed spot on target Accuracy affected by smoke, dust, etc. in line of sight Affected by EMI



<p>Fiber Optic</p>	<p>Works in hostile, high-temperature, vacuum or inaccessible locations</p> <p>Can bypass opaque barriers to reach target</p> <p>Unaffected by EMI</p>	<p>Fairly expensive (\$1600-\$2600)</p> <p>Fixed Focus</p>
<p>Two-Color</p>	<p>Sees through smoke, dust and other contaminants in line of sight</p> <p>Independent of target emissivity</p>	<p>Fairly expensive (from \$3600 for sensor, and \$5000 for display/controller)</p>
<p>Linescanner</p>	<p>Only sensor that makes full-width temperature measurements across product</p> <p>Measures continuously as product passes by</p> <p>Computer can produce thermographic images of entire product and its temperature profile</p>	<p>Very expensive (from \$10,000 for sensor alone, \$50,000 for complete system)</p>

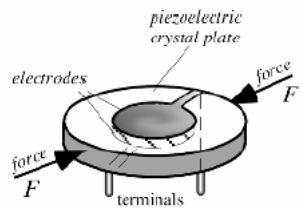


Chương 3. Cảm biến đo lực, biến dạng, áp suất, hiệu áp suất và lưu tốc



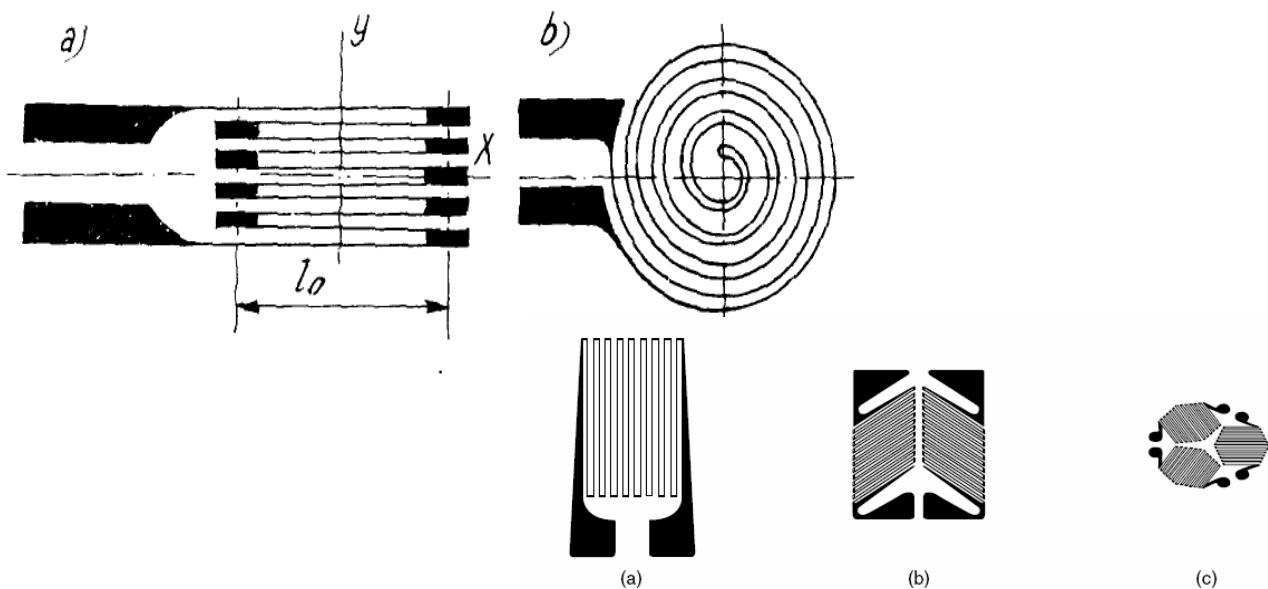
3.1. Các loại cảm biến được sử dụng để đo lực

- Cảm biến điện trở lực căng
- Cảm biến áp điện
- Cảm biến điện cảm
- Cảm biến áp từ

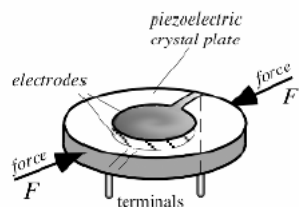


A, Cảm biến điện trở lực căng

- Nguyên lý làm việc : hiệu ứng tenzo (piezoresistive/ strain gauge),
- Cảm biến loại này có 3 thông số chính
 - ◆ Kích thước của đế
 - ◆ Giá trị điện trở R_{cb}
 - ◆ Dòng điện tối đa cho phép



a) điện trở lực căng lá mỏng;
 b) điện trở lực căng kiểu màng mỏng



A, Cảm biến điện trở lực căng

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

hoặc
$$\varepsilon_R = \varepsilon_l$$

Mặt khác ta có

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta S}{S}$$

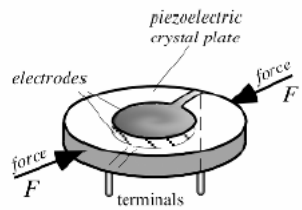


$$\varepsilon_R = \varepsilon_\rho + \varepsilon_l - \varepsilon_S$$

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

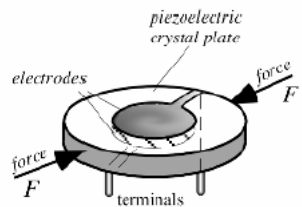
➡
$$\varepsilon_R = \varepsilon_l (1 + 2K_p + m) = K \varepsilon_l$$

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



Characteristics of Some Resistance Strain Gauges

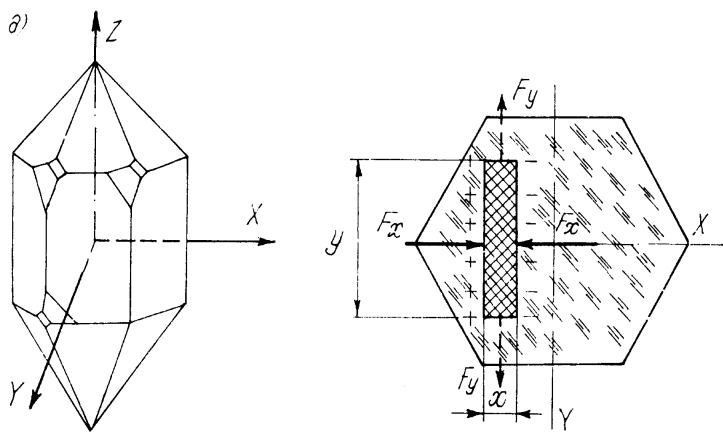
Material	Gauge factor (S_e)	Resistance, Ω	Temperature coefficient of resistance ($^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$)	Notes
57% Cu–43%Ni	2.0	100	10.8	S_e is constant over a wide range of strain; for use under 260°C
Platinum alloys	4.0–6.0	50	2,160	For high-temperature use
Silicon	–100 to +150	200	90,000	High sensitivity, good for large strain measurements



B. Cảm biến áp điện

- Dựa trên hiệu ứng áp điện.
- Vật liệu dùng chế tạo các chuyển đổi áp điện thường là tinh thể thạch anh (SiO_2), titanatbari (BaTiO_3), muối Xenhét, tuamalin ...

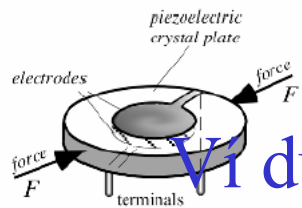
- Lực F_x gây ra hiệu ứng áp điện dọc với điện tích $q = d_1 F_x$



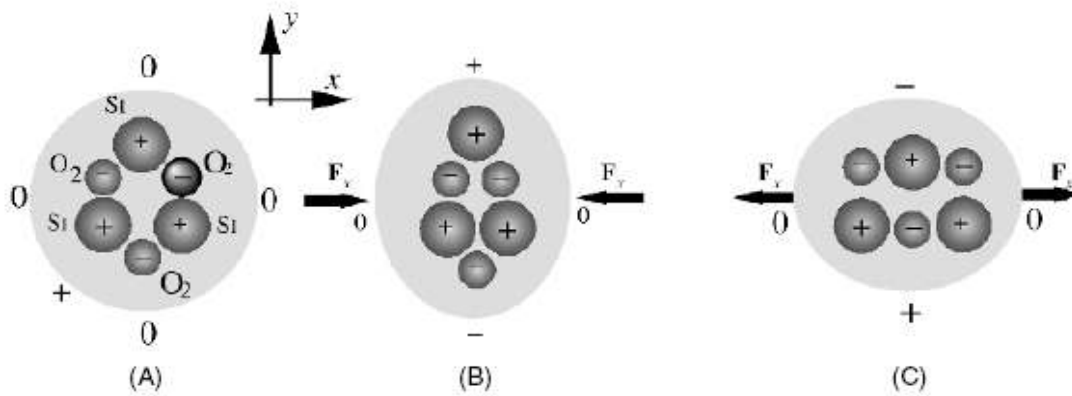
- Nếu tác động một lực theo trục Y, gây ra hiệu ứng áp điện ngang với điện tích q , phụ thuộc vào kích thước hình học của chuyển đổi: $q = -d_1 (y/x) F_y$.

d_1 - hằng số áp điện (gọi là môđun áp điện)

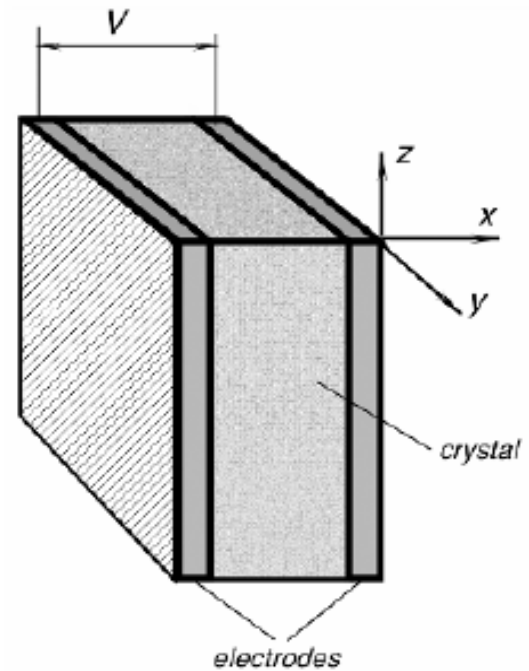
y, x - kích thước của chuyển đổi theo trục X và Y



Ví dụ : hiệu ứng áp điện trên một tinh thể thạch anh



*Mạch tương đương
Tụ điện !!!*



B. Cảm biến áp điện (2)

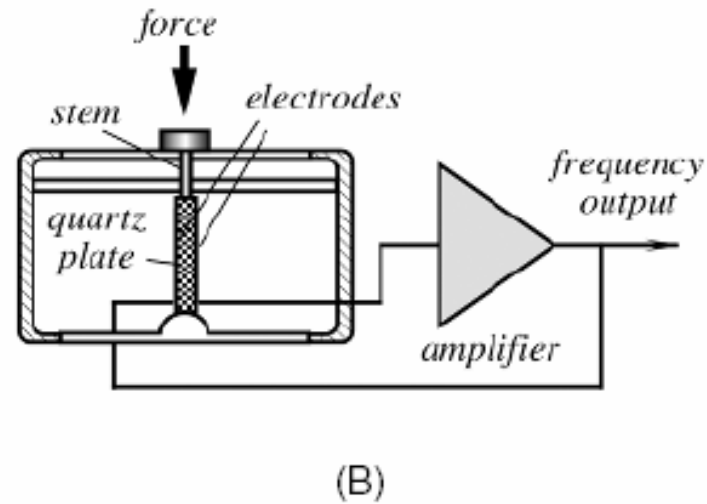
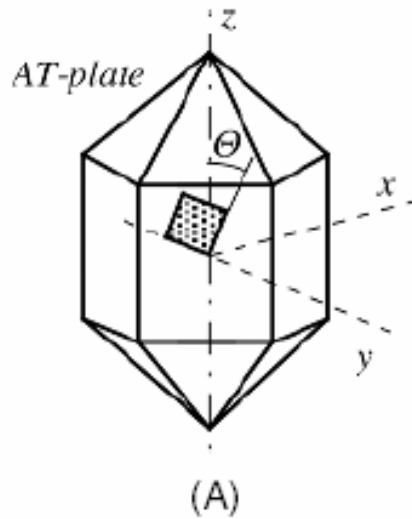
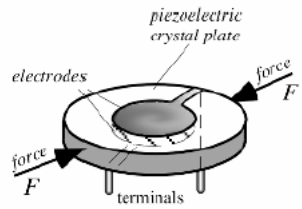
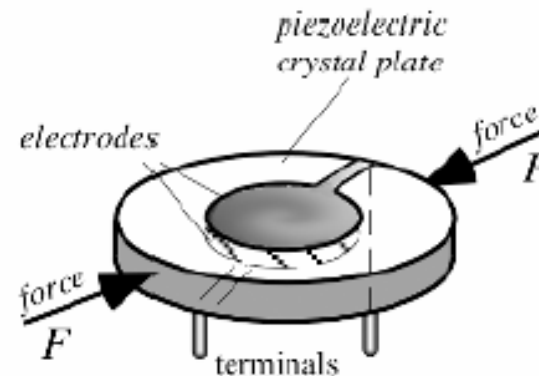
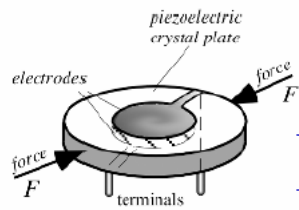


Fig. 9.13. Quartz force sensor: (A) AT-cut of a quartz crystal; (B) structure of the sensor; (C) the outside appearance. (Courtesy of Quartzcell, Santa Barbara, CA.)

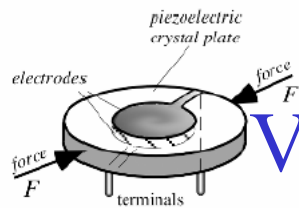




Một số thuộc tính của vật liệu áp điện

Table A.8. Properties of Piezoelectric Materials at 20°C

	PVDF	BaTiO ₃	PZT	Quartz	TGS
Density ($\times 10^3$ kg/m ³)	1.78	5.7	7.5	2.65	1.69
Dielectric constant, ϵ_r	12	1700	1200	4.5	45
Elastic modulus (10^{10} N/m)	0.3	11	8.3	7.7	3
Piezoelectric constant (pC/N)	$d_{31} = 20$ $d_{32} = 2$ $d_{33} = -30$	78	110	2.3	25
Pyroelectric constant (10^{-4} C/m ² K)	4	20	27	—	30
Electromechanical coupling constant (%)	11	21	30	10	—
Acoustic impedance (10^6 kg/m ² s)	2.3	25	25	14.3	—



Ví dụ một số thông số của cảm biến áp điện

Some unique properties of the piezoelectric films are as follows 8:

- Wide frequency range: 0.001 Hz to 10⁹ Hz
- Vast dynamic range: 10⁻⁸–10⁶ psi or μ torr to Mbar.
- Low acoustic impedance: close match to water, human tissue, and adhesive systems
- High elastic compliance
- High voltage output: 10 times higher than piezo ceramics for the same force input
- High dielectric strength: withstanding strong fields (75 V/ μ m), where most piezo ceramics depolarize
- High mechanical strength and impact resistance: 10⁹–10¹⁰ P modulus.
- High stability: resisting moisture (<0.02% moisture absorption), most chemicals, oxidants, and intense ultraviolet and nuclear radiation
- Can be fabricated into many shapes
- Can be glued with commercial adhesives

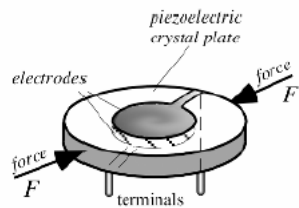


Table A.14. Mechanical Properties of Some Crystalline Materials

Material	Yield Strength ($\times 10^{10}$ dyn/cm ²)	Knoop Hardness (kg/mm ²)	Young's Modulus ($\times 10^{12}$ dyn/cm ²)	Density (g/cm ³)	Thermal Conductivity (W/cm °C)	Thermal Expansion ($\times 10^{-6}$ /°C)
Diamond ^a	53	7000	10.35	3.5	20.0	1.0
SiC ^a	21	1280	7.0	3.2	3.5	3.3
TiC ^a	20	1270	4.97	4.9	3.3	6.4
Al ₂ O ₃ ^a	15.4	2100	5.3	4.0	0.5	5.4
Si ₃ N ₄ ^a	14	3486	3.85	3.1	0.19	0.8
Iron ^a	12.6	400	1.96	7.8	0.803	12.0
SiO ₂ (fibers)	8.4	820	0.73	2.5	0.014	0.55
Si ^a	7.0	850	1.9	2.3	1.57	2.33
Steel (max. strength)	4.2	1500	2.1	7.9	0.97	12.0
W	4.0	485	4.1	19.3	1.78	4.5
Stainless steel	2.1	660	2.0	7.9	0.329	17.3
Mo	2.1	275	3.43	10.3	1.38	5.0
Al	0.17	130	0.70	2.7	2.36	25.0

^aSingle crystal.

Source: From Petersen, K. E. Silicon as a mechanical material. *Proc. IEEE* 70(5), 420–457, 1982.

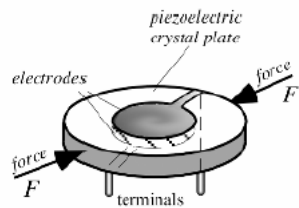
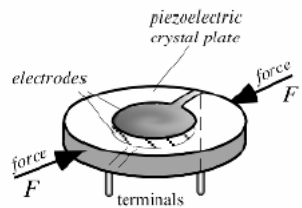


Table A.9. Physical Properties of Pyroelectric Materials

Material	Curie Temperature (°C)	Thermal Conductivity (W/mK)	Relative Permittivity (ϵ_r)	Pyroelectric Charge Coeff. (C/m ² K)	Pyroelectric Voltage Coeff. (V/mK)	Coupling, k_p^2 (%)
Single Crystals						
TGS	49	0.4	30	3.5×10^{-4}	1.3×10^6	7.5
LiTaO ₃	618	4.2	45	2.0×10^{-4}	0.5×10^6	1.0
Ceramics						
BaTiO ₃	120	3.0	1000	4.0×10^{-4}	0.05×10^6	0.2
PZT	340	1.2	1600	4.2×10^{-4}	0.03×10^6	0.14
Polymers						
PVDF	205	0.13	12	0.4×10^{-4}	0.40×10^6	0.2
Polycrystalline Layers						
PbTiO ₃	470	2	200	2.3×10^{-4}	0.13×10^6	0.39
		(monocrystal)				

Note: The above figures may vary depending on manufacturing technologies.

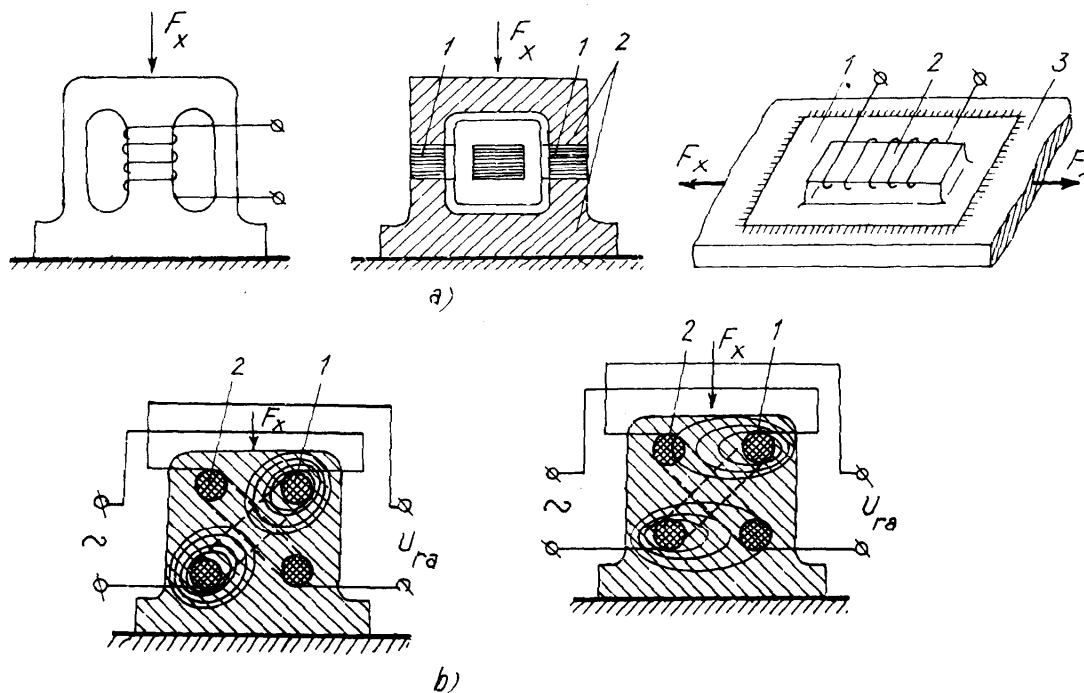
Source: From Meixner, H., Mader, G., and Kleinschmidt, P. Infrared sensors based on the pyroelectric polymer polyvinylidene fluoride (PVDF). *Siemens Forsch. Entwickl. Ber. Bd.* 15(3), 105–114, 1986.



C. Cảm biến áp từ

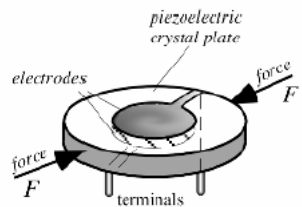
Điện cảm của chuyển đổi áp từ

$$L = \frac{W^2}{R} = \frac{W^2 \cdot \mu \cdot S}{l}$$

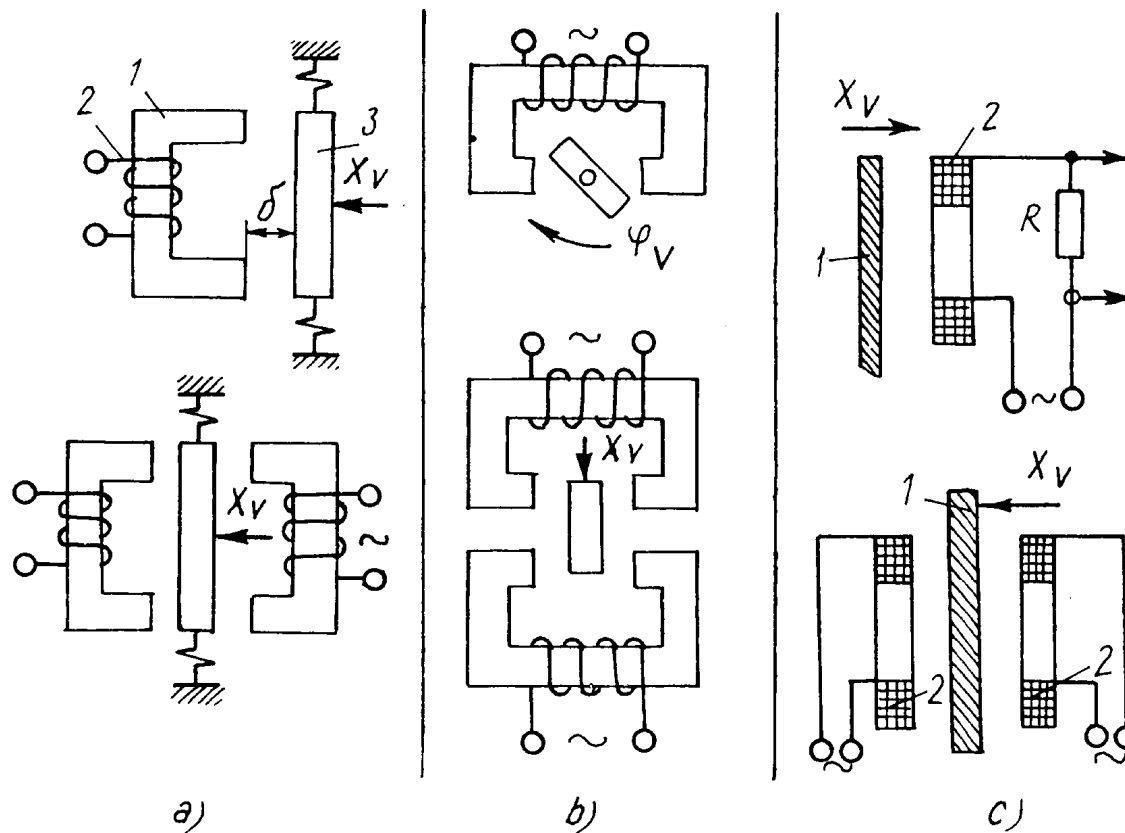


Dưới tác dụng của biến dạng đàn hồi cơ học, độ từ thẩm μ và các tính chất khác của vật liệu sắt từ thay đổi.

W- số vòng cuộn dây
R- từ trở của mạch từ
S, l - diện tích và chiều dài của mạch từ
 μ độ từ thẩm của lõi thép

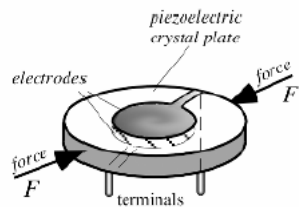


D. Cảm biến điện cảm



Nếu bỏ qua điện trở thuần của cuộn dây và từ trở của lõi thép

$$L = \frac{W^2}{R_\delta} = \frac{W^2 \cdot \mu_0 \cdot S}{\delta}$$

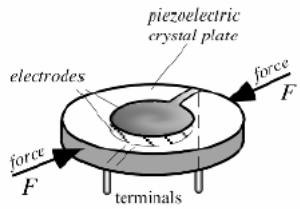


E. Cảm biến điện cảm

Như vậy đặc tuyến của chuyển đổi điện cảm khi độ dài khe hở không khí δ thay đổi $Z=f(\Delta\delta)$ thường là phi tuyến và phụ thuộc vào tần số của nguồn kích thích. Tần số dòng kích thích càng lớn thì độ nhạy càng cao.

$$dL = \frac{\partial L}{\partial S} dS + \frac{\partial L}{\partial \delta} d\delta$$

$$S'_\delta = \frac{\Delta Z / Z_0}{\Delta \delta / \delta_0} = - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right) \right]^2}$$



E. Cảm biến hồ cảm

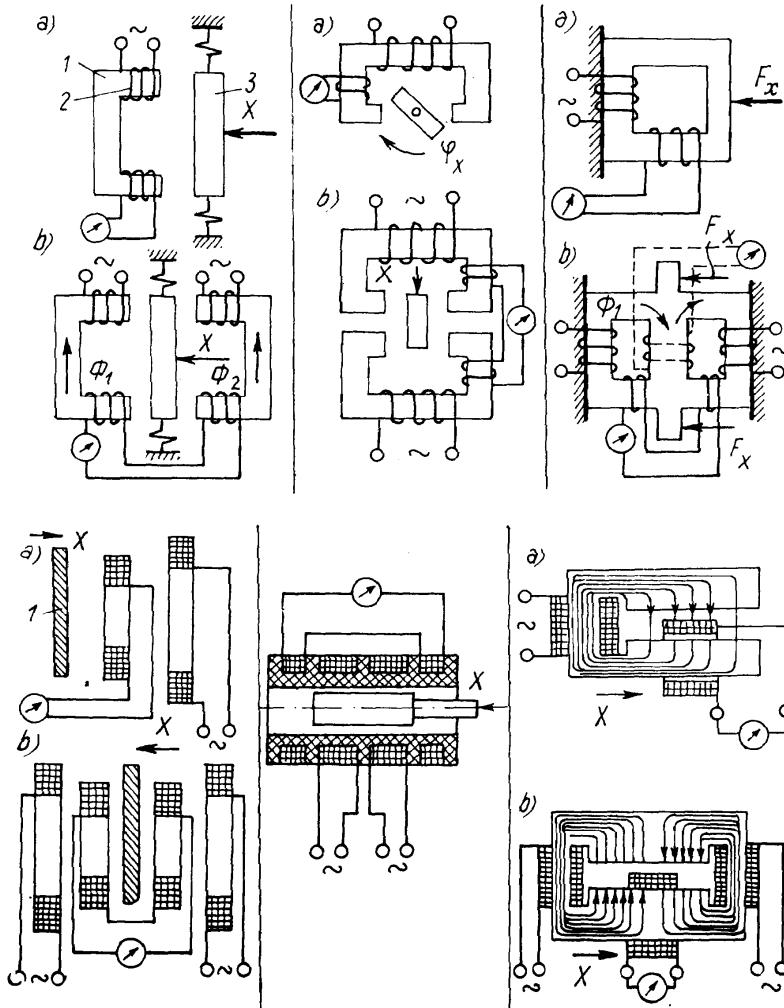
Từ thông tức thời

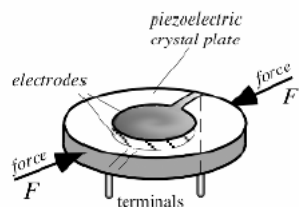
$$\phi_t = \frac{iW_1}{R_\delta} = \frac{W_1\mu_0 Si}{\delta}$$

i- giá trị dòng tức thời trong cuộn dây kích thích W_1 .

Sức điện động của cuộn dây đo W_2 :

$$e = -W_2 \frac{d\phi_t}{dt} = -\frac{W_2 \cdot W_1 \mu_0 S}{\delta} \frac{di}{dt}$$





3.2. Đo biến dạng

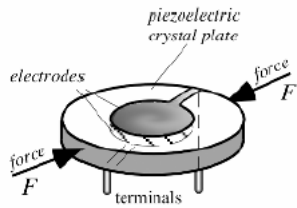
Biến dạng
dài

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l}$$



Mọi cảm biến dùng để đo chiều dài hay di chuyển đều có thể dùng đo biến dạng

- Chọn vị trí đo biến dạng và dự kiến giá trị biến dạng tại nơi đo.
- Việc chọn vị trí đo biến dạng dựa trên sự phân tích về lực phân bố trên các chi tiết.
- Dán cảm biến vào chi tiết : Nguyên tắc dán cảm biến là cảm biến bám chặt vào chi tiết để cho biến dạng của chi tiết truyền vào cảm biến.
- Sử dụng mạch cầu và khuếch đại dòng đo biến dạng.



Ví dụ để đo biến dạng

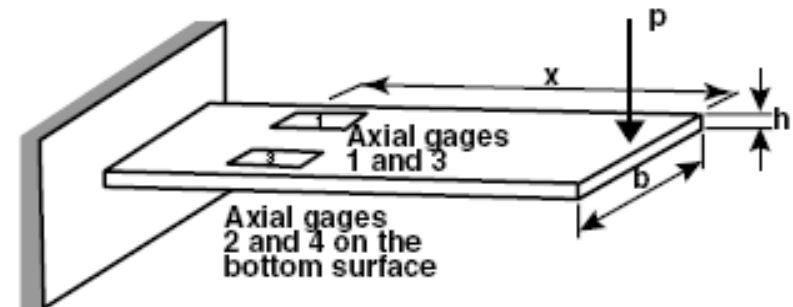
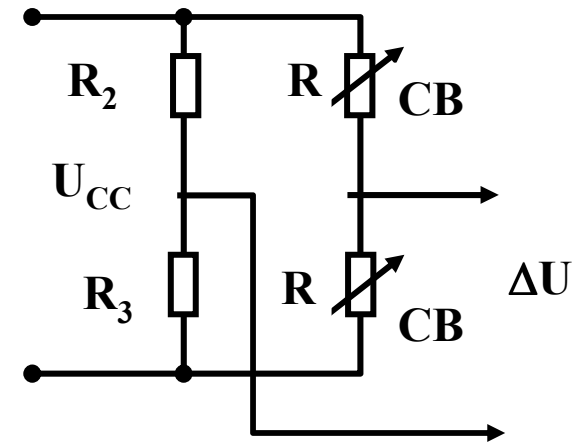
Điện áp ra của đường chéo cầu của cầu 2 nhánh hoạt động được tính:

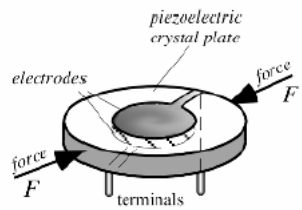
$$\Delta U = \frac{U_{CC}}{2} \frac{\Delta R_{cb}}{R_{cb}} = \frac{U_{CC}}{2} k_{cb} \varepsilon_l$$

k_{cb} là độ nhạy của cảm biến (nếu cảm biến là dây mảnh hay lá mỏng $k_{cb}=1.8-2.2$ còn cảm biến bán dẫn k_{cb} có thể lên tới 200)

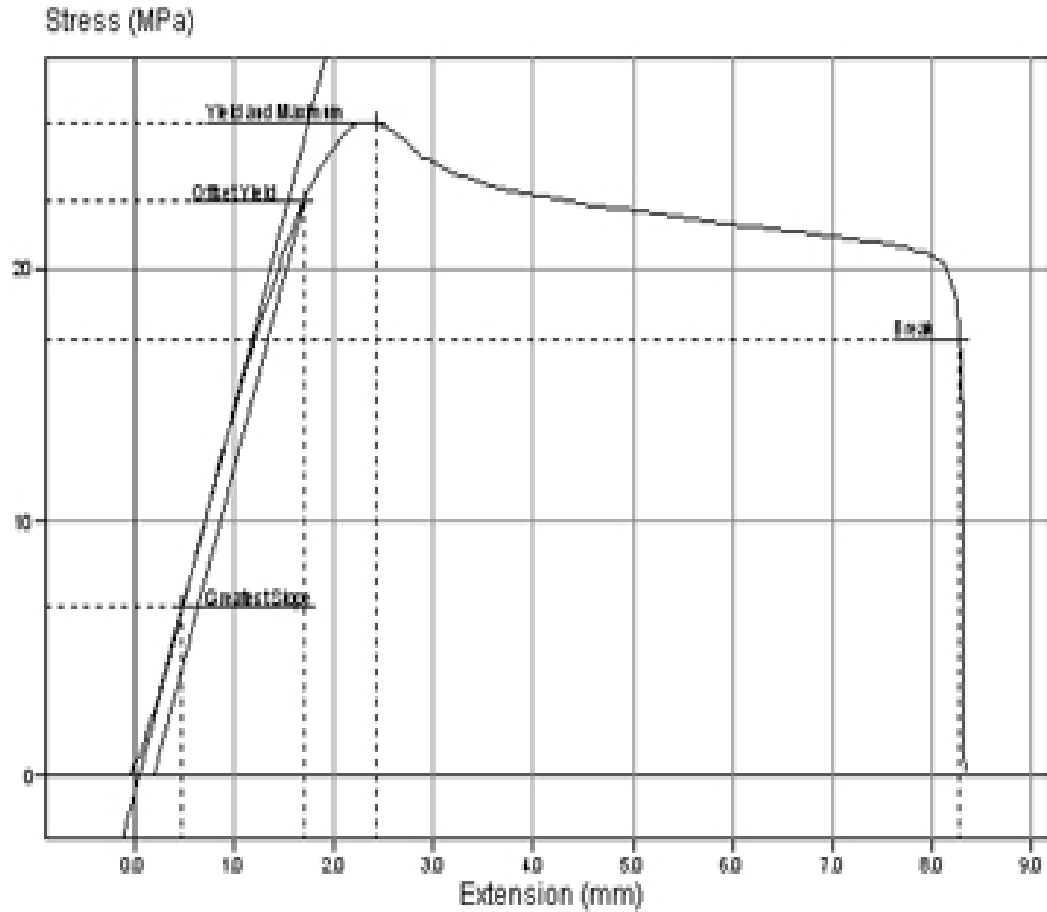
Đo ΔU có thể suy ra ε_l

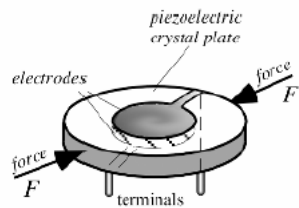
ΔU chỉ có giá trị cỡ mV vì vậy cần phải khuếch đại trước khi vào bộ tự ghi hay bộ thu thập số liệu





Ví dụ máy kiểm tra biến dạng





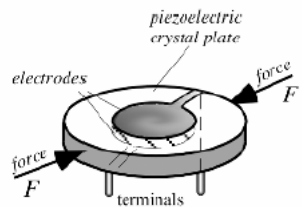
7.3. Đo lực và trọng lượng

Hiện nay các lực kế dựa trên nguyên tắc sau:

- $F \rightarrow \varepsilon$: Lực biến thành biến dạng
- $F \rightarrow \delta$: Lực biến thành di chuyển
- Lực kế kiểu bù: $F_x l_1 = F_k l_k$

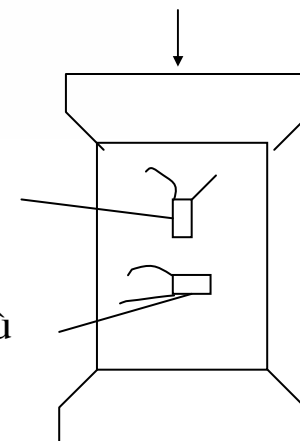
l_1 cách tay đòn bên phải lực đo

l_k tay đòn bên phía lực bù



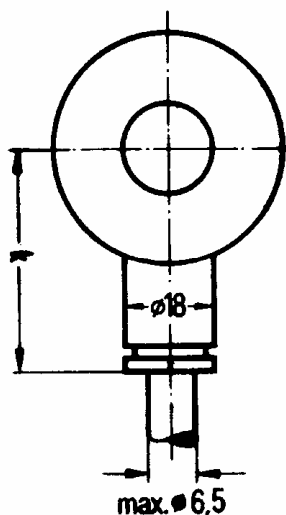
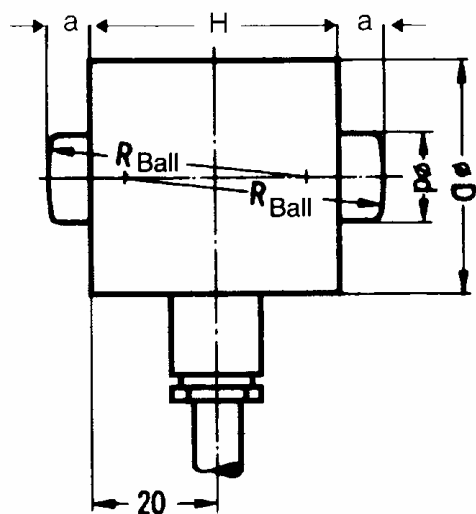
A, Lực kế kiểu biến dạng (Load Cell)

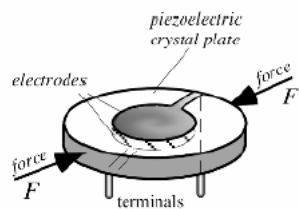
Trong loại lực kế này lực tác dụng F gây ra ứng suất và biến dạng, sau đó biến dạng được biến thành điện áp hoặc tần số



cảm biến dọc
đo lực

cảm biến ngang bù
nhiệt độ





Ví dụ

Siemens chế tạo loadcell SiwarexK với các thông số sau

Tải trọng 2.8 6 13 28 60 130 280 tấn

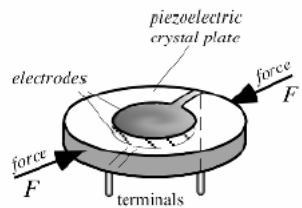
Sai số 0.2% 0.1%

Hệ số nhiệt độ 0.050%/ °C.

độ nhạy 1.5mV/V

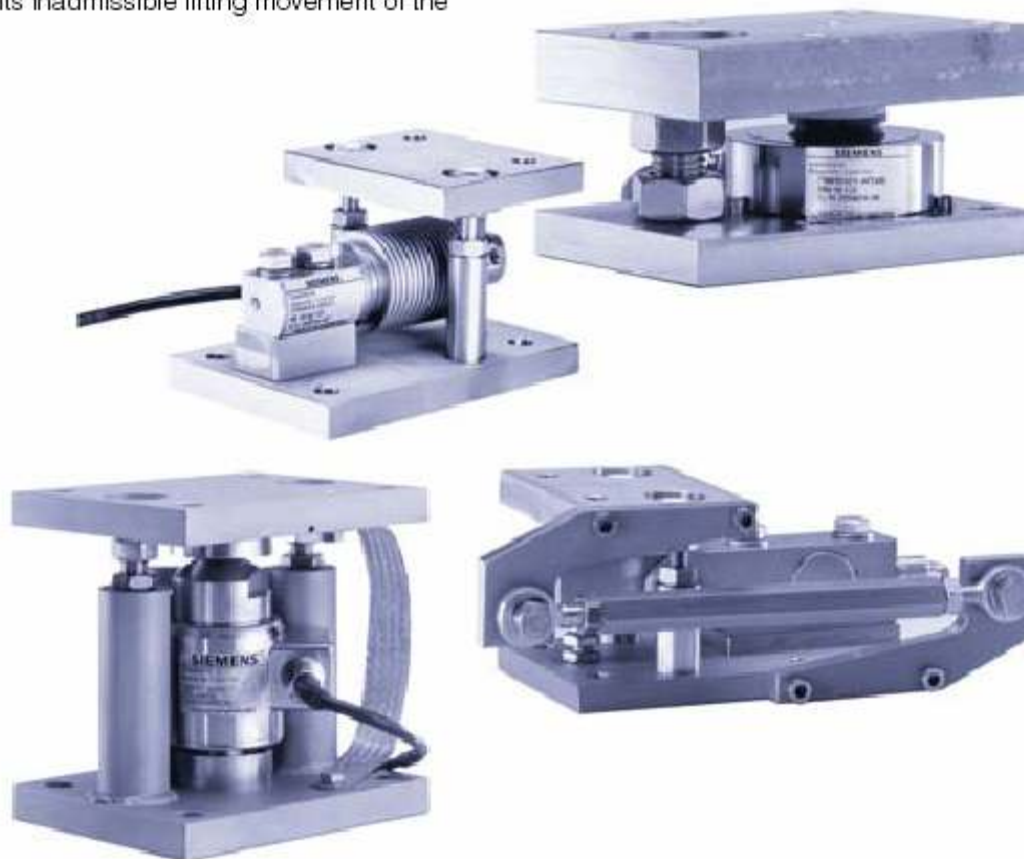
Điện trở ra 245 ± 0.2Ω

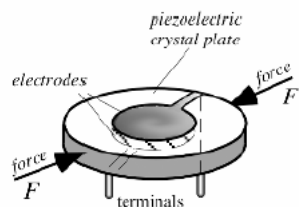
Điện trở cách điện >20MΩ



Ví dụ

by excessive horizontal displacement, while prevents inadmissible lifting movement of the





Lực kế kiểu biến dạng

Biến dạng được tính

$$\varepsilon_1 = \frac{F}{SE}$$

F - lực tác động lên loadcell

S- tiết diện phần tử đàn hồi

E - modul đàn hồi thép làm loadcell

Cảm biến điện trở lực căng được nuôi cấy trên phần tử đàn hồi. Nó gồm 4 điện trở, 2 điện trở dọc là điện trở tác dụng, 2 điện trở ngang là điện trở bù nhiệt độ. 4 điện trở này được nối thành cầu hai nhánh hoạt động. Điện áp ở chéo cầu:

$$\Delta U = \frac{U_{CC}}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_{CC}}{2} k \varepsilon_1$$

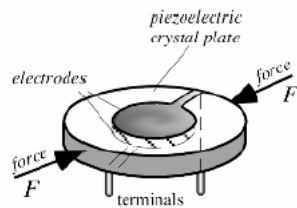
U_{CC} - điện áp cung cấp cho cầu

$\frac{\Delta R}{R}$ - biến thiên điện trở do biến dạng của phần tử đàn hồi

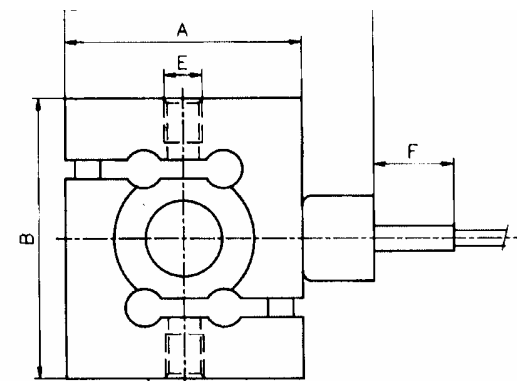
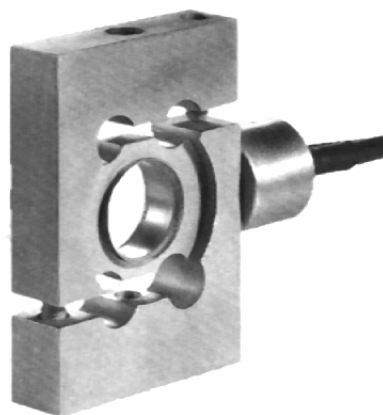
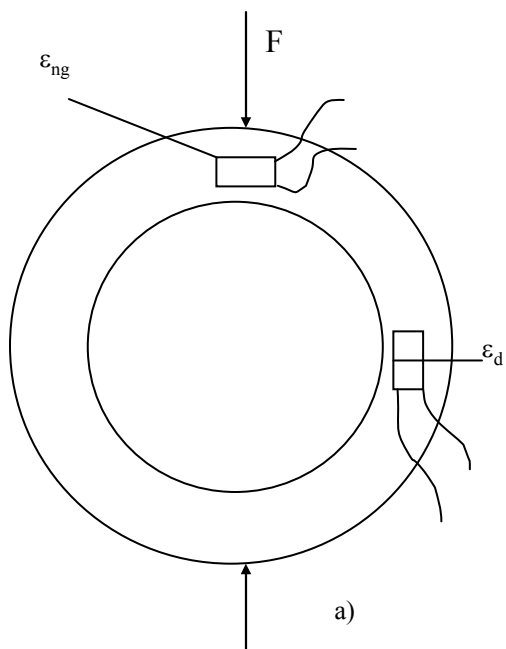
ε_1 - biến dạng tính theo công thức trên

k - độ nhạy của cảm biến điện trở lực căng.

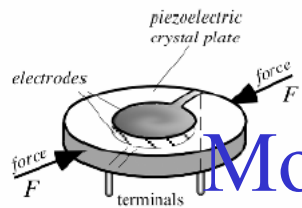
Khi chế tạo xong nhà chế tạo cho ta độ nhạy của load cell là (mV/V)



Lực kế kiểu biến dạng xuyên

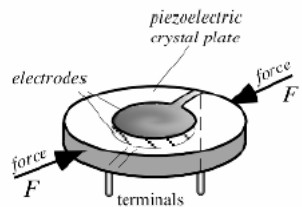


a) biến dạng ngang và dọc của dầm hình xuyên. b) cấu tạo bên ngoài của cảm biến serieR của Siemens. c) cấu tạo và kích thước của cảm biến



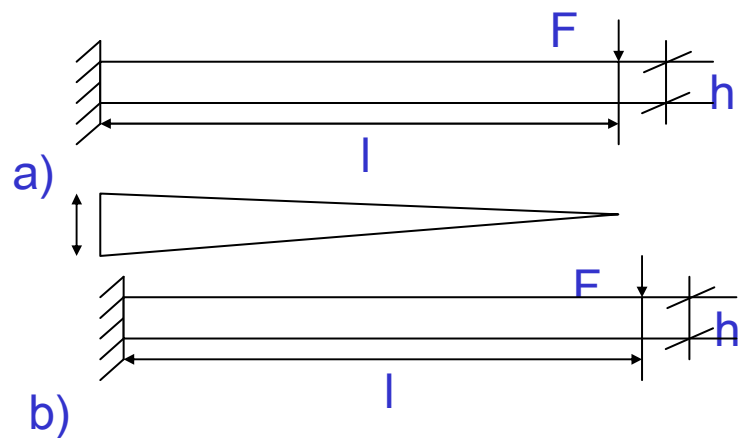
Modun đàn hồi của một số vật liệu như sau

Substance	lb/in	N/cm ²
Steel	30×10^6	2.07×10^7
Copper	15×10^6	1.07×10^7
Aluminum	10×10^6	6.9×10^6
Rock	7.8×10^6	5.0×10^6
Hard wood	1.5×10^6	1.0×10^6



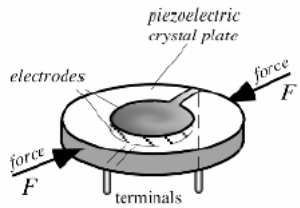
B, Lực kế kiểu di chuyển

Một phần tử hay một dầm đàn hồi, lúc chịu tác dụng của một lực, sẽ có biến dạng và tạo ra di chuyển (kết cấu công xôn)



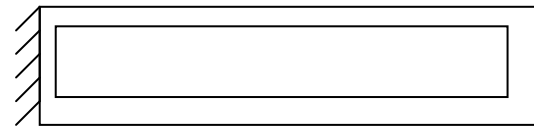
- a) Dầm công xôn tiết diện đều
b) Dầm dạng công xôn ứng suất đều

$$\delta = \frac{1}{2} \frac{Fl^3}{EJ}$$

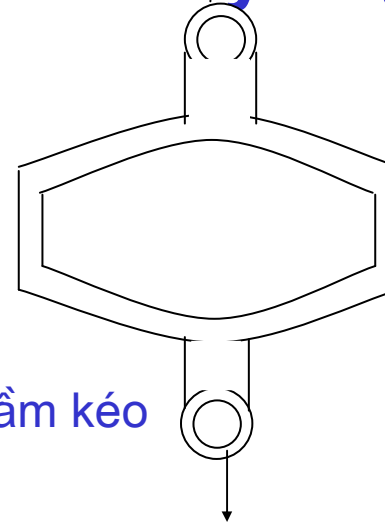


B, Lực kế kiểu di chuyển (2)

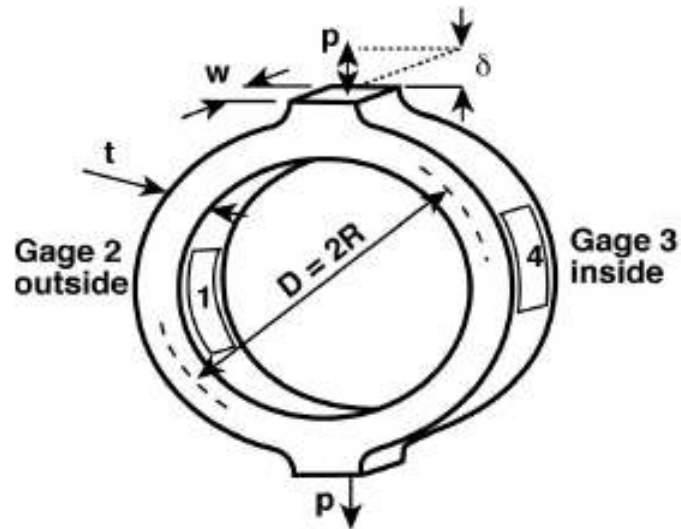
$$\delta_v = -0.149 \frac{Fr^3}{EJ}$$



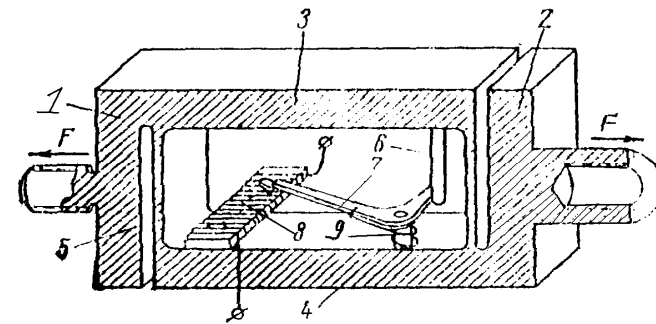
Lực kế dầm công
xôn kép



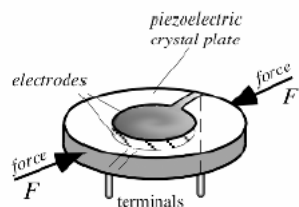
Lực kế dầm kéo



Lực kế nén hình
xuyến



Lực kế kéo hai đầu
dùng biến trở



3.3. Đo áp suất

áp suất:

$$P = \frac{F}{S}$$

F- lực tác dụng lên bề mặt tác dụng

S- Diện tích thành của mặt tác dụng

- áp suất tuyệt đối
- áp suất tương đối
- đơn vị đo

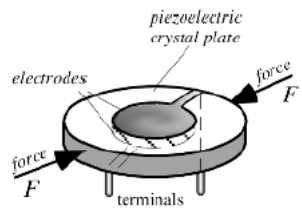
pascal: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

$$1 \text{ Pa} = 1.45 \times 10^{-4} \text{ lb/in}^2 = 9.869 \times 10^{-6} \text{ atm} = 7.5 \times 10^{-4} \text{ cm Hg.}$$

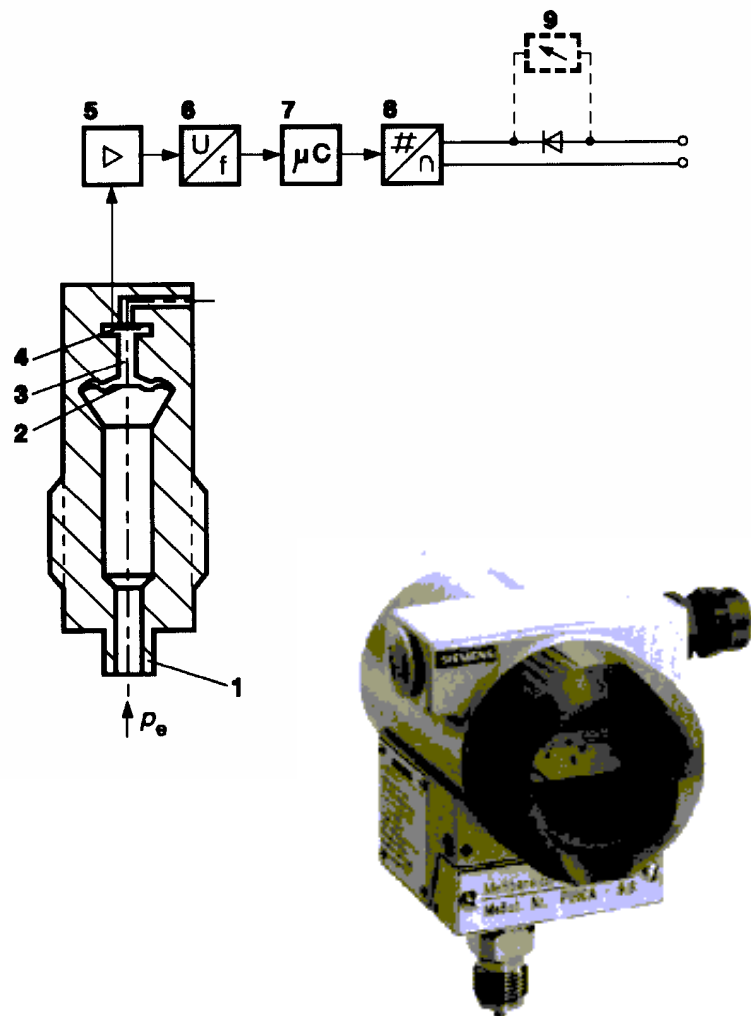
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101,325 \text{ Pa.}$$

- Mỹ thường dùng đơn vị psi

$$1 \text{ psi} = 6.89 \times 10^3 \text{ Pa} = 0.0703 \text{ atm.}$$



Biến dạng màng



p_e - áp suất, biến đầu vào

I_A, U_H - tín hiệu vào và nguồn cung cấp

1 - ống dẫn kết nối

2 - màng chắn

3 - chất lỏng để truyền áp suất

4 - cảm biến điện trở lực căng màng silic

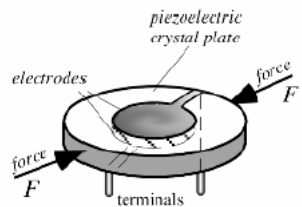
5 - khuếch đại đo lường

6 - chuyển đổi áp tần

7 - vi điều khiển

8 - chuyển đổi số tương tự

9 - hiện thị tương tự (lựa chọn)



Đo áp suất

Áp suất được truyền lên một màng đo, là một màng biến dạng trên ấy có một cầu đo bằng 4 điện trở lực căng bán dẫn. Trên màng biến dạng này biến dạng ε (ở tâm) được tính:

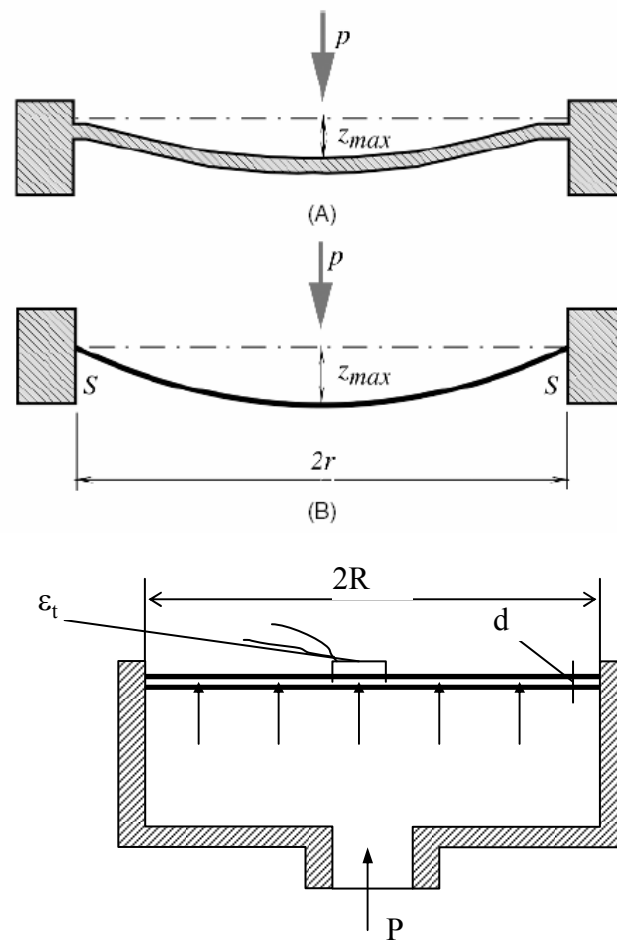
$$\varepsilon = -0.49 \frac{PR}{Ed^2}$$

ứng suất ở biên

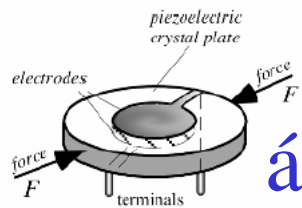
$$\sigma_b = -0.75 \frac{PR^2}{d^2}$$

Di chuyển tạo nên ở tâm màng

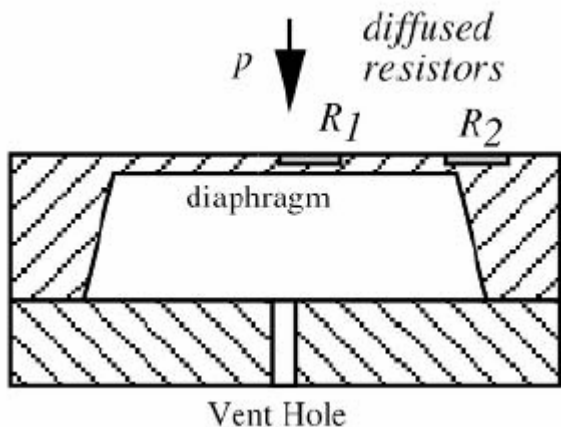
$$\delta = 0.17 \frac{PR^4}{Ed^3}$$



Biến dạng ε dưới tác dụng của P

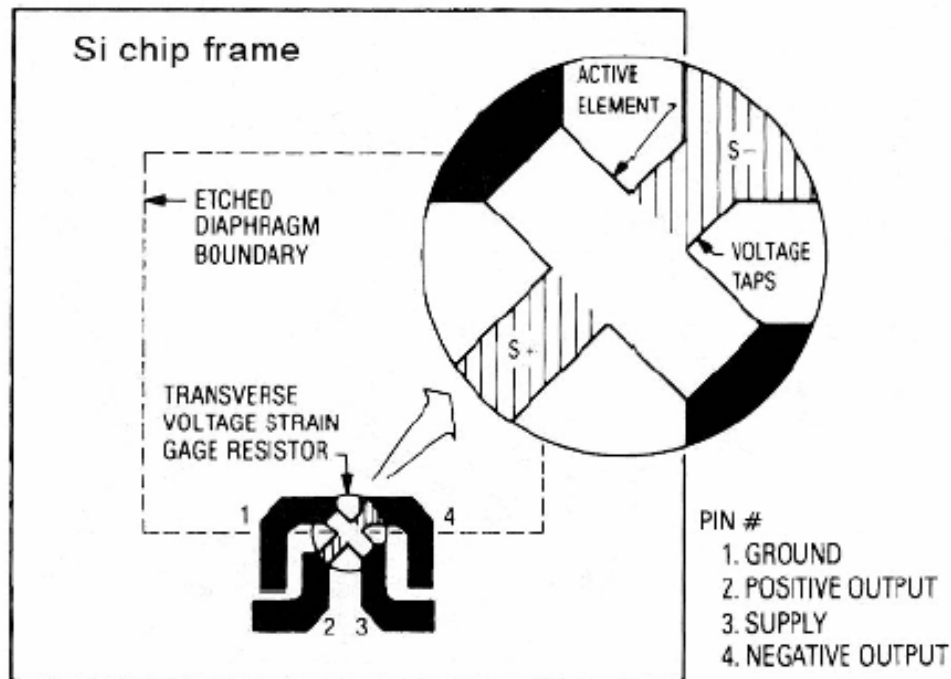


áp suất MPX (sử dụng cảm biến Piezo)

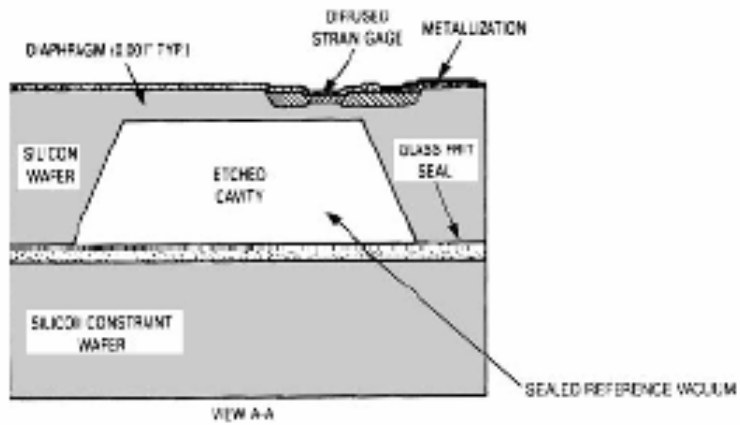


$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = -\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{1}{2}\pi_{44}(\sigma_{1y} - \sigma_{1x}).$$

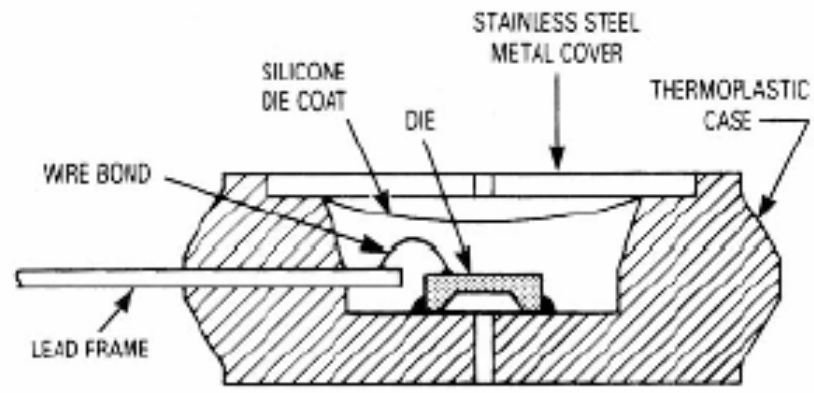
$$V_{out} = \frac{1}{4}E\pi_{44}(\sigma_{1y} - \sigma_{1x}).$$



electrodes
piezoelectric crystal plate
force

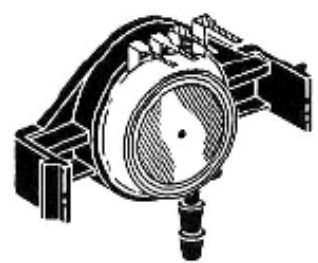


(A)

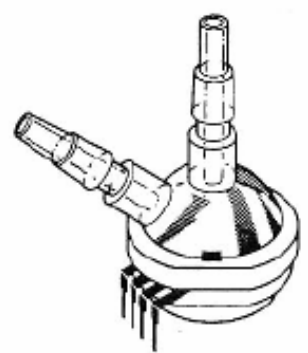


(B)

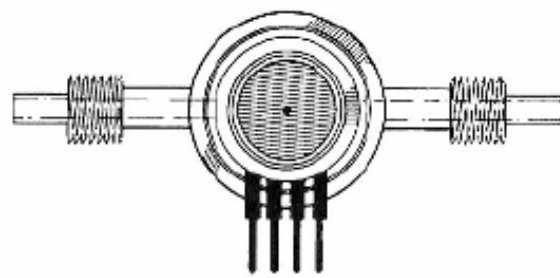
Fig. 10.7. Absolute (A) and differential (B) pressure sensor packagings. (Copyright Motorola, Inc. Used with permission.)



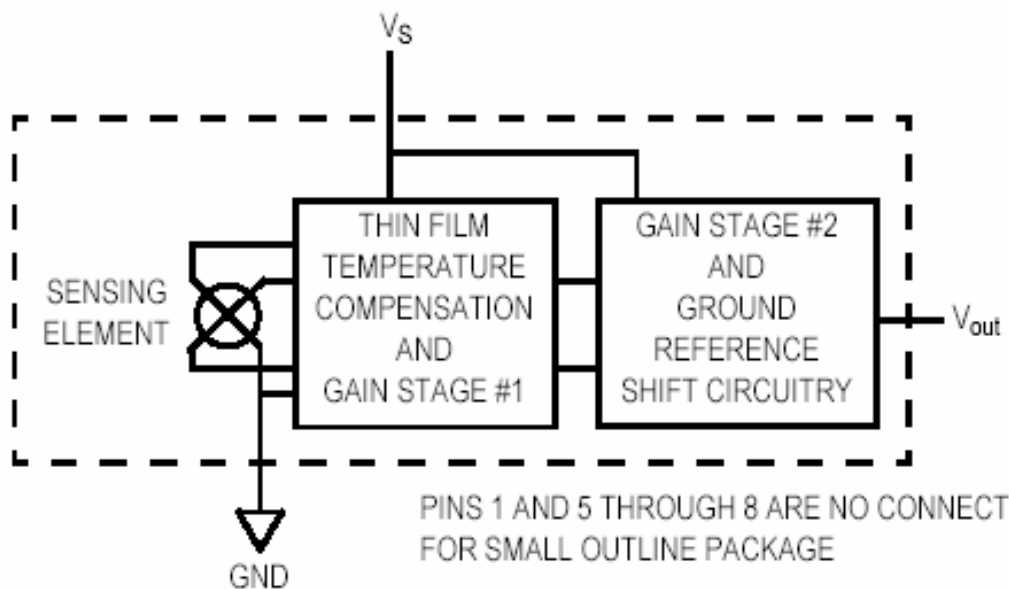
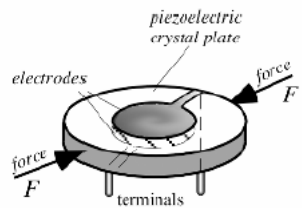
Design for single step mounting. (No additional fasteners required.)



Flow thru design with ports in same direction.



Flow thru design with ports on opposite sides.

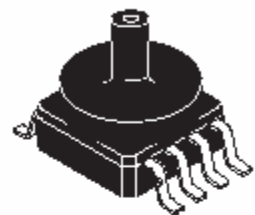


PINS 1 AND 5 THROUGH 8 ARE NO CONNECTS FOR SMALL OUTLINE PACKAGE

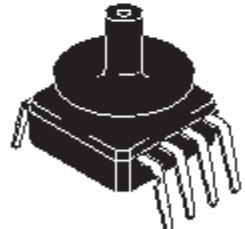
PINS 4, 5, AND 6 ARE NO CONNECTS FOR UNIBODY PACKAGE

Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

SMALL OUTLINE PACKAGE

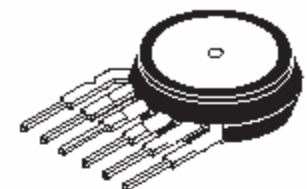


MPXV5100GC6U
CASE 482A

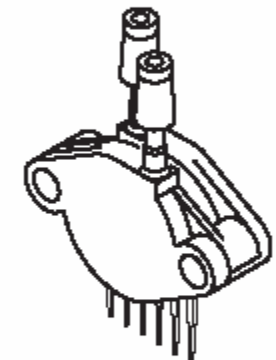


MPXV5100GC7U
CASE 482C

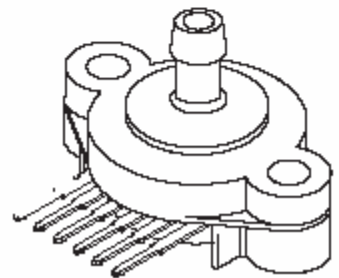
UNIBODY PACKAGE



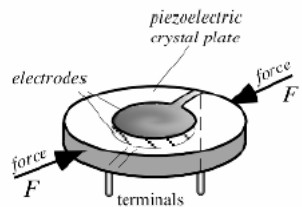
MPX5100D
CASE 867



MPX5100DP
CASE 867C



MPX5100GSX
CASE 867F



Đặc tuyến của cảm biến loại này

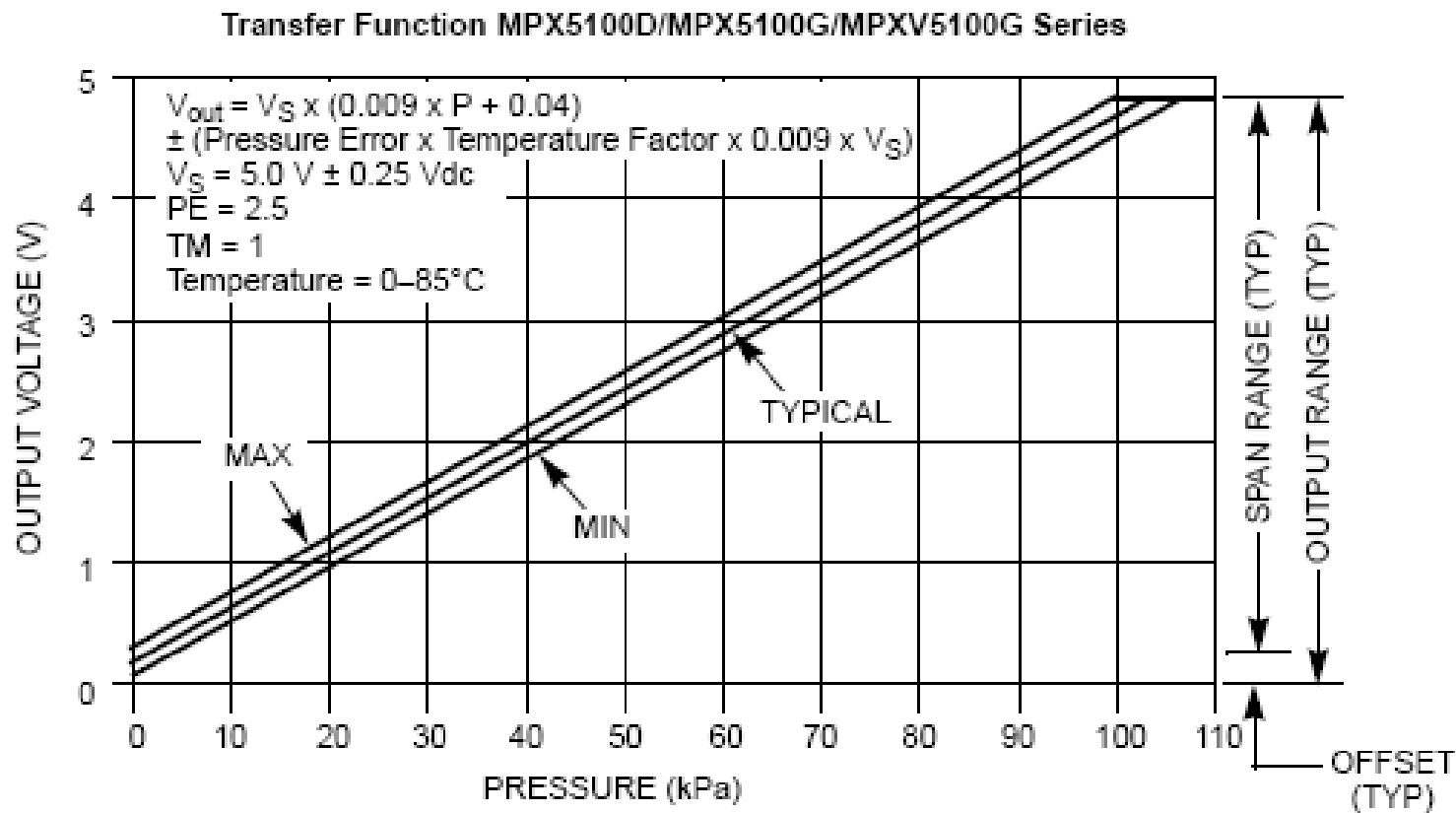
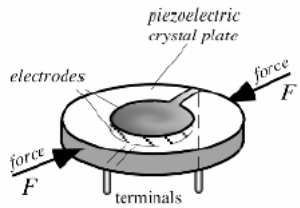
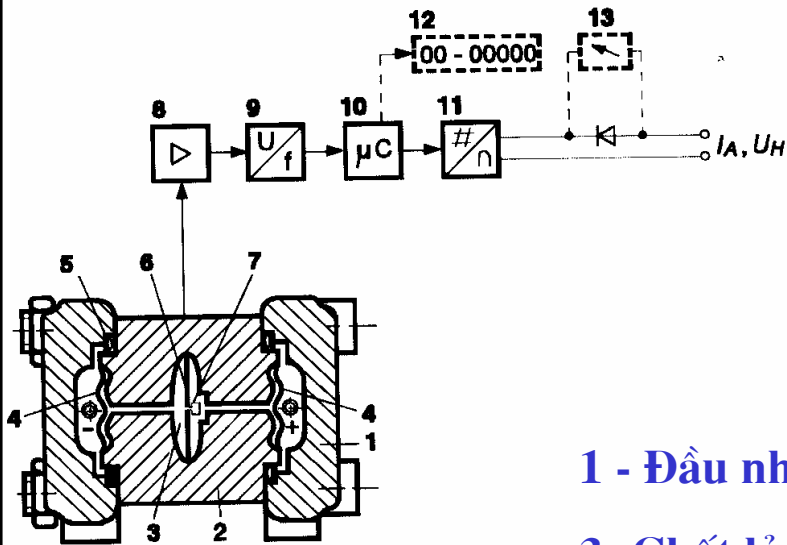


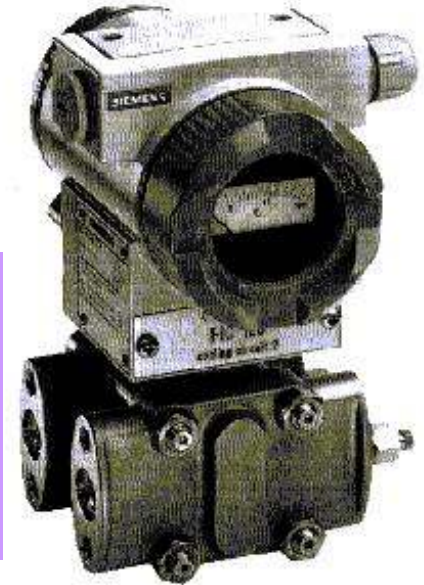
Figure 2. Output versus Pressure Differential



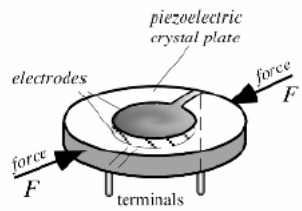
3.5. Đo hiệu áp suất



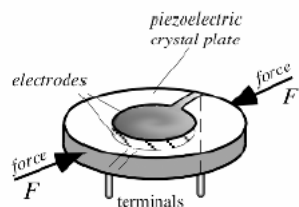
2 - 60 mbar	loại C
8.3 - 250 mbar	loại D
20 - 600 mbar	loại E
53 - 1600 mbar	loại
F160 - 5000 mbar	loại G



- 1 - Đầu nhận áp suất P_1P_2 ; 2 - thân của bộ biến đổi
- 3- Chất lỏng truyền áp suất 4 - màng mỏng
- 5 - vòng O; 6 - giữa của màng
- 7 - cảm biến điện trở lực căng silic
- 8 - khuếch đại đo lường
- 9 - chuyển đổi áp tần; 10 - vi xử lý
- 11 - chuyển đổi số tương tự; 12 - LCD
- 13 - chỉ thị tương tự



• (http://www.process-controls.com/Metex/Kobold/rcd_series.html)



3.6. Đo lưu tốc- hiệu áp suất

- Một trong những phương pháp được dùng rất nhiều trong Công nghiệp là cảm biến hiệu áp suất.
- Trong một ống dẫn chất lỏng hoặc khí, khi có một vật chắn đặt trên ống dẫn thì dòng chảy bị rối và tạo ra một hiệu áp suất trước và sau vật chắn. Theo công thức Berloulli

$$q_v = k\mu S \sqrt{\frac{h}{\rho}} \qquad q_g = k\mu S \sqrt{h\rho}$$

q_v - lưu tốc tính bằng thể tích của chất lỏng.

q_g - lưu tốc tính bằng trọng lượng của chất lỏng.

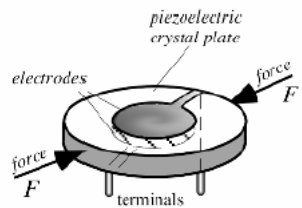
k - Hệ số phụ thuộc vào hình dáng hệ số biến đổi kích thước giữa ống và lỗ chắnvv..

μ - độ nhớt của chất lỏng.

S - Diện tích của ống dẫn

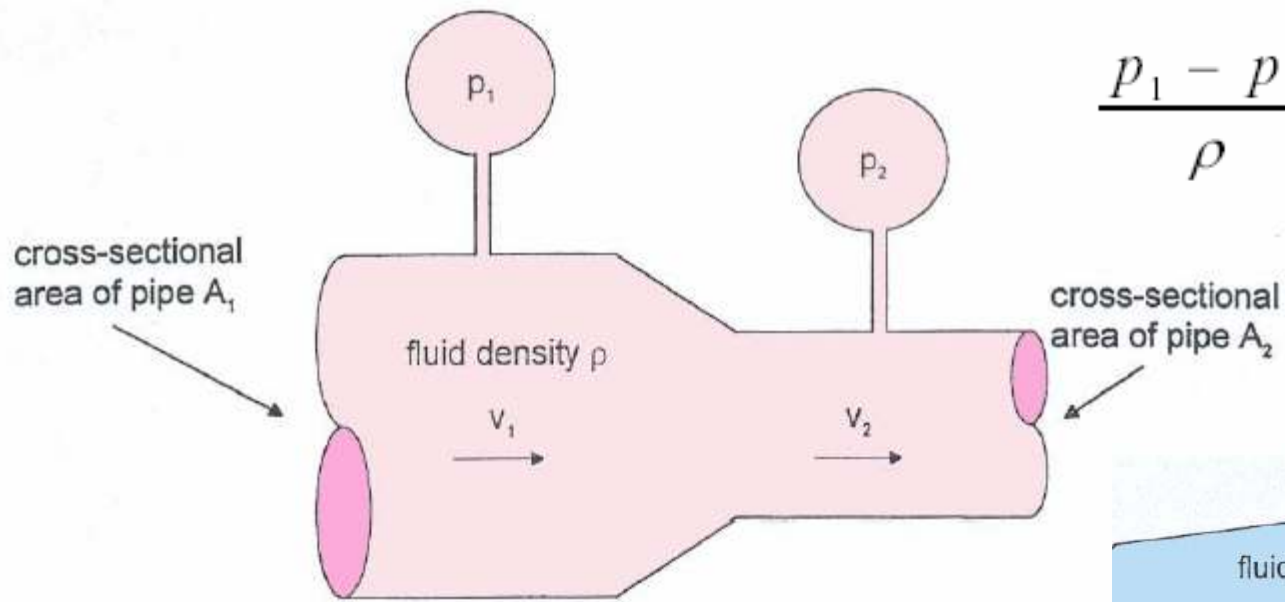
h - hiệu áp suất trước và sau lỗ chắn.

ρ - trọng lượng riêng của chất lỏng.

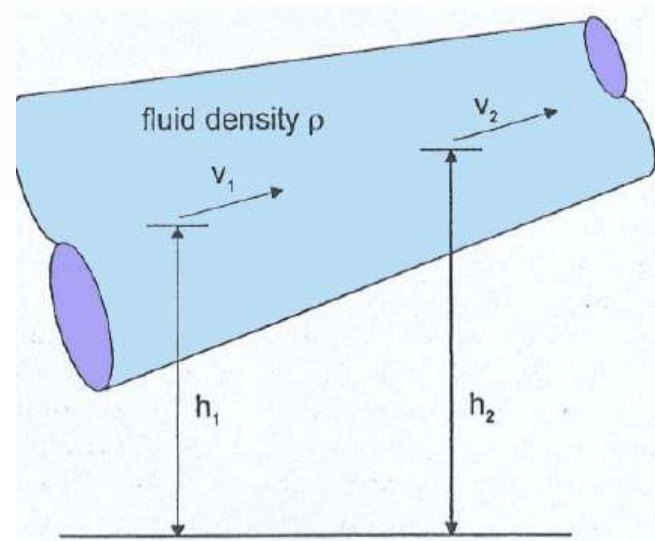


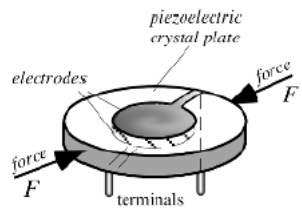
Công thức Bernoulli

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2}$$

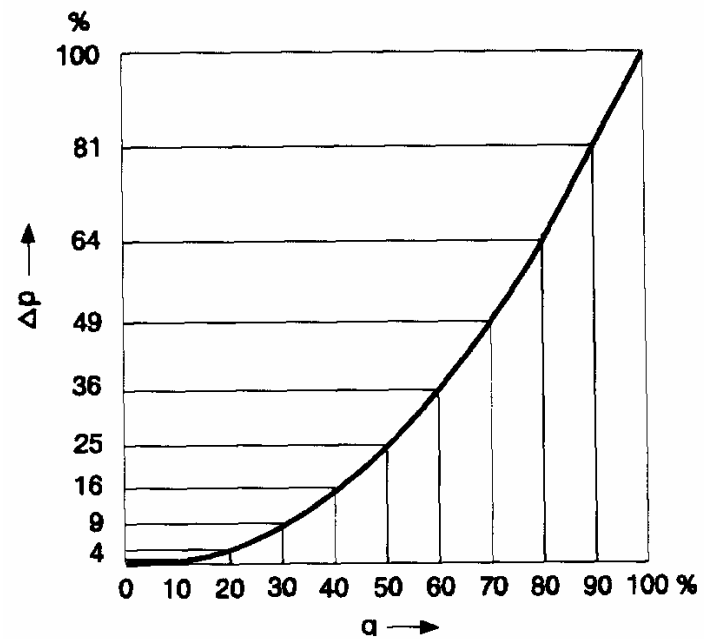
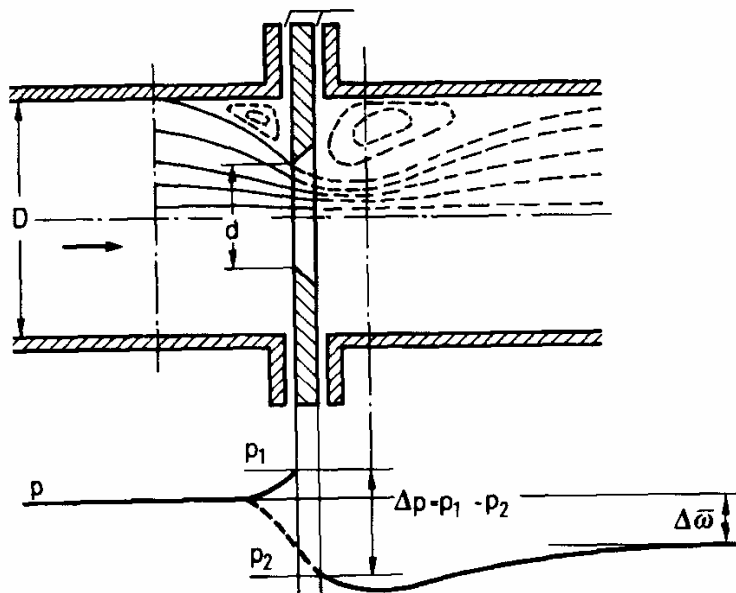


$$Q = v_1 A_1 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

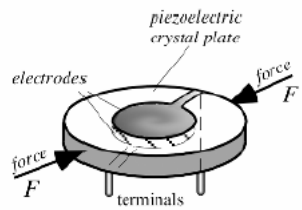




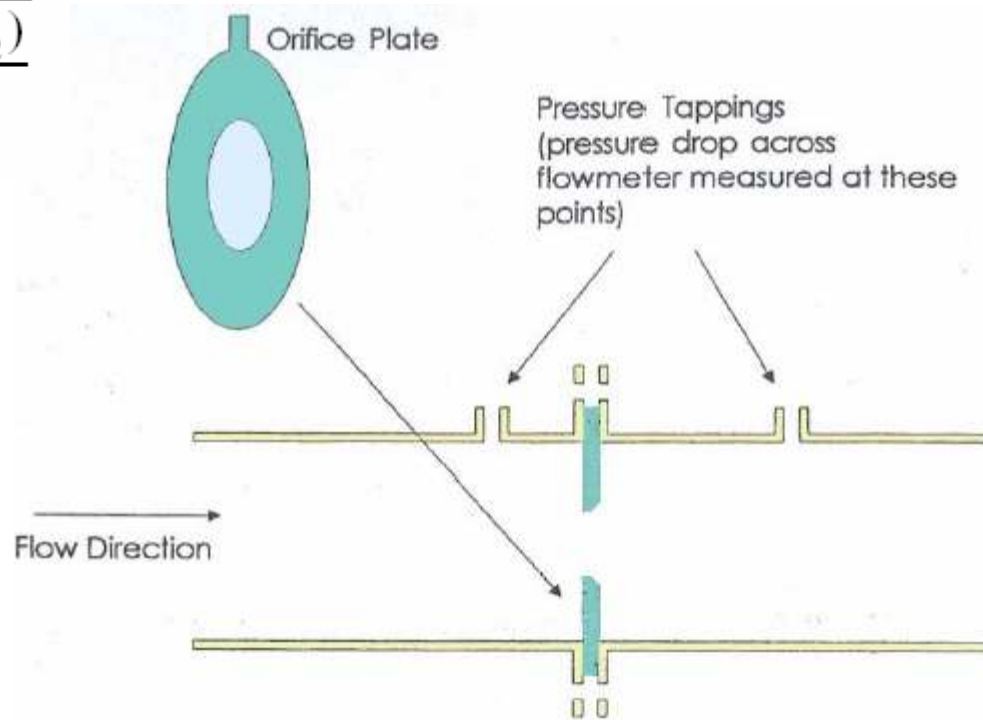
Màn chắn

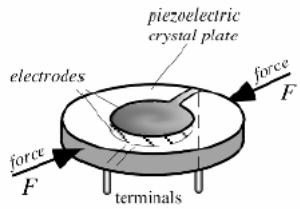


q	0	1	3	5	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%
Δp	0	0.0 1	0.09	0.2 5	0.6 4	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100%

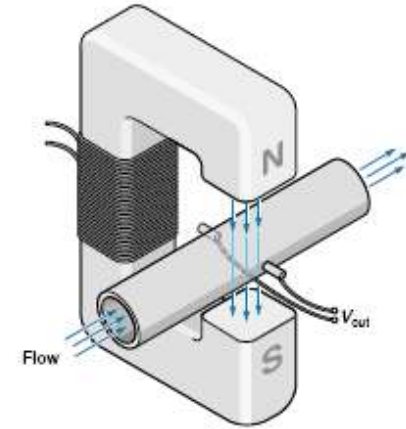
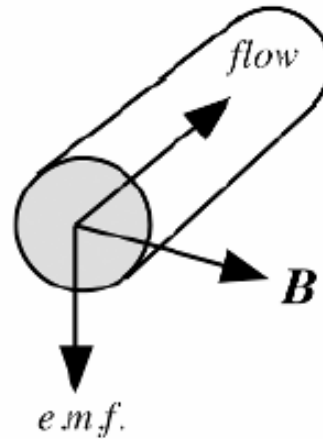
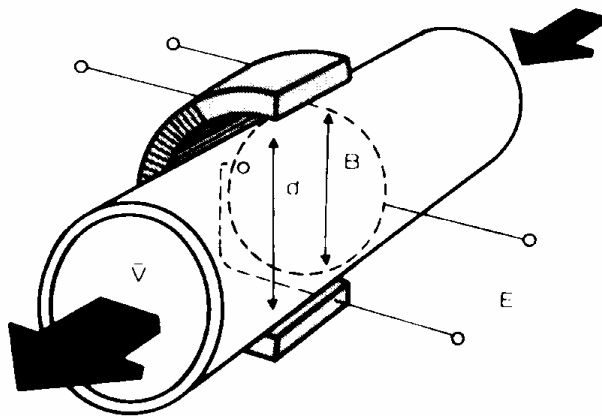


$$Q = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$





B. Lưu tốc kế kiểu cảm ứng



Chất lỏng được chuyển trong một ống cách điện (Teflon) 2 điện cực đặt vuông góc với từ trường tác động, đặt đối tâm qua ống dẫn. Quan hệ giữa sức điện động cảm ứng và lưu tốc cho bởi

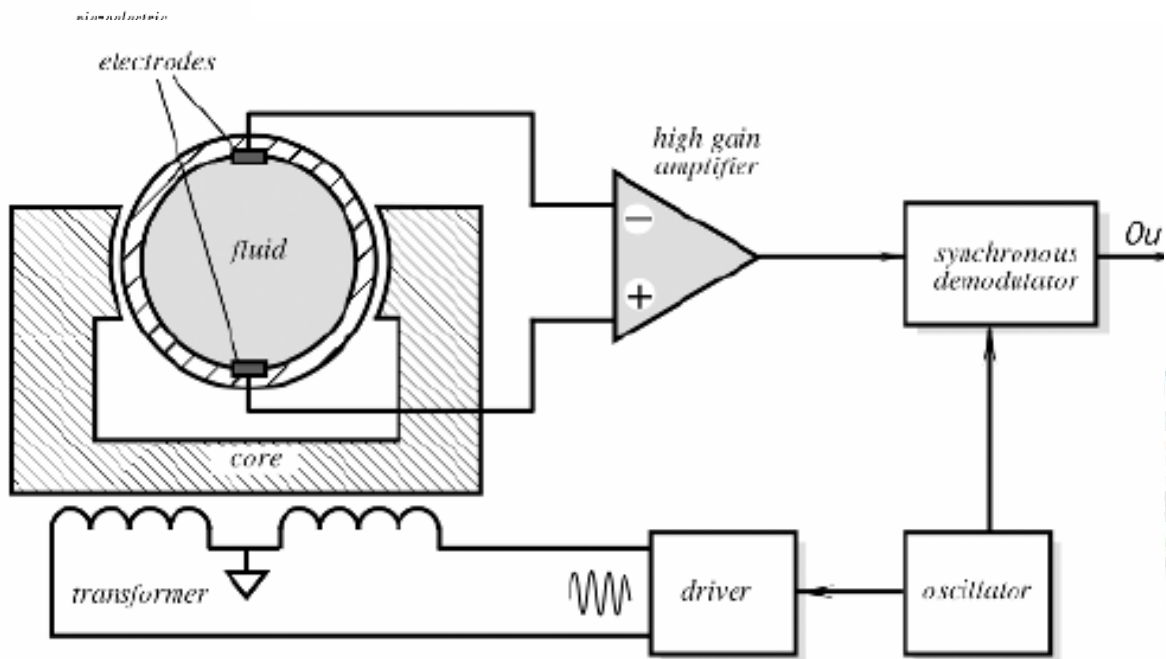
$$e = BdV$$

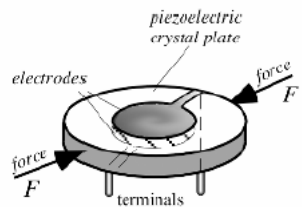
e - sức điện động cảm ứng (V)

B - từ cảm ứng của từ trường xuyên qua chất lỏng (Tesla)

d - đường kính trong của ống (m)

V - tốc độ trung bình của chất lỏng (m/s)

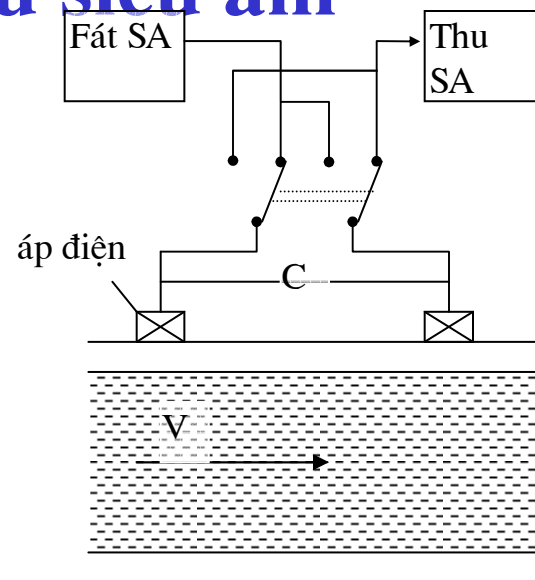
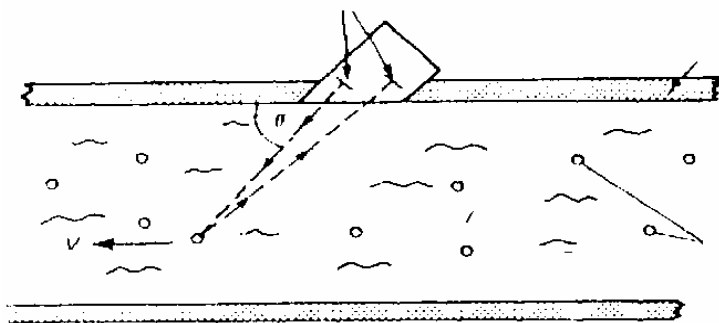




C. Lưu tốc kế kiểu siêu âm

tinh thể áp
điện

thành
ống



- Hiệu ứng Doppler trong đo lưu tốc bằng siêu âm.*
- nguyên lý máy đo lưu tốc bằng siêu âm*

Nếu bộ phát siêu âm và bộ phận thu đặt cách nhau 1 khoảng D , ta có thời gian truyền của sóng siêu âm từ đầu phát đến đầu thu:

Thuận chiều

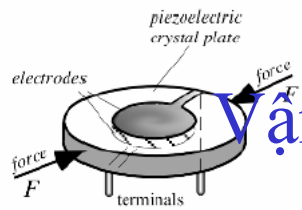
$$T_1 = \frac{D}{C + v}$$

Ngược chiều

$$T_2 = \frac{D}{C - v}$$

và ta có

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{2v}{D} \rightarrow v = \frac{D}{2}(F_1 - F_2)$$

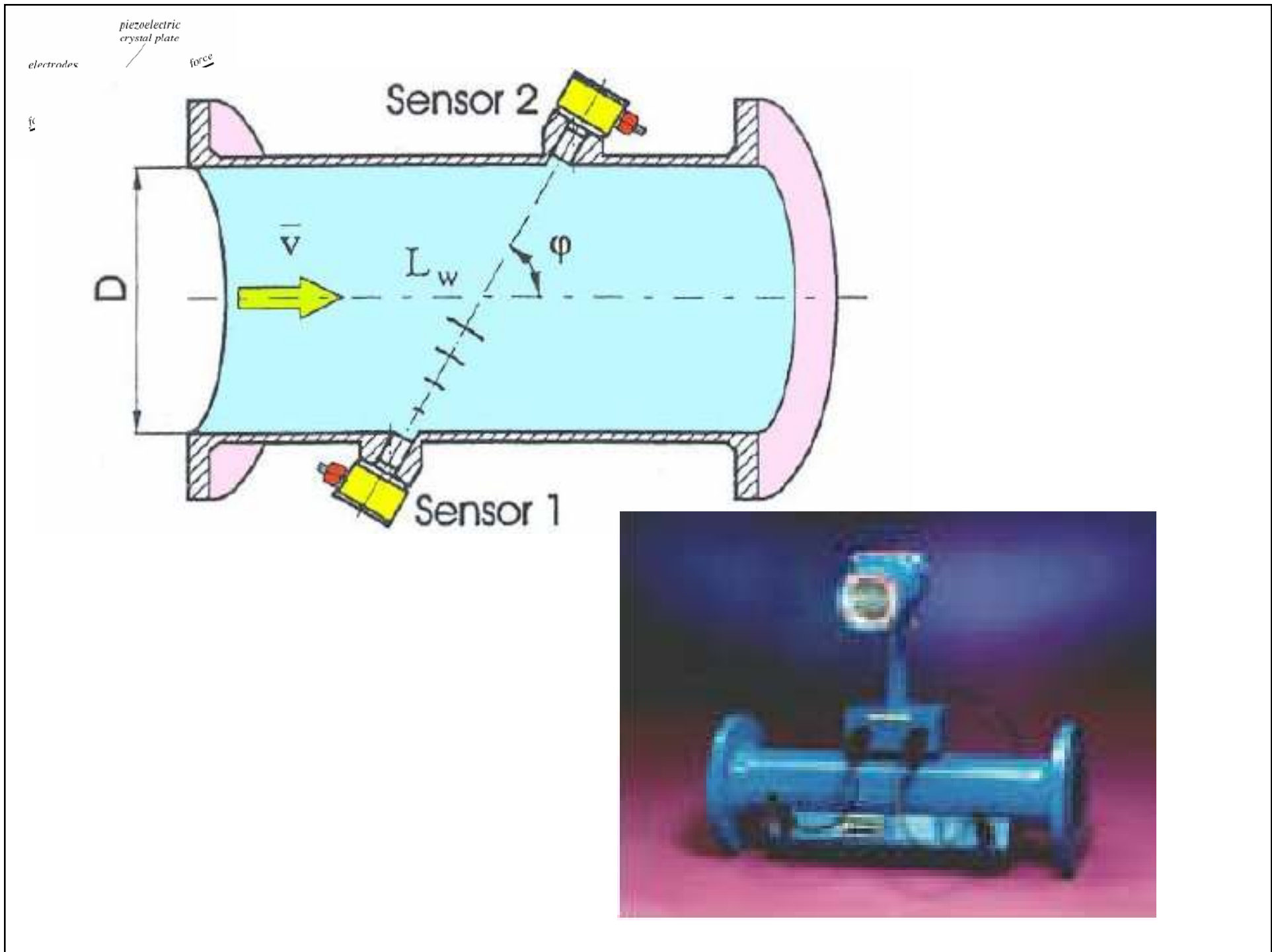


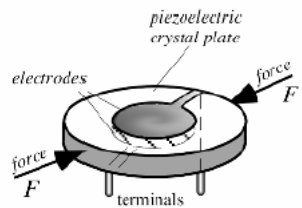
Vận tốc của âm thanh trong các môi trường khác nhau

Table A.15. Speed of Sound Waves

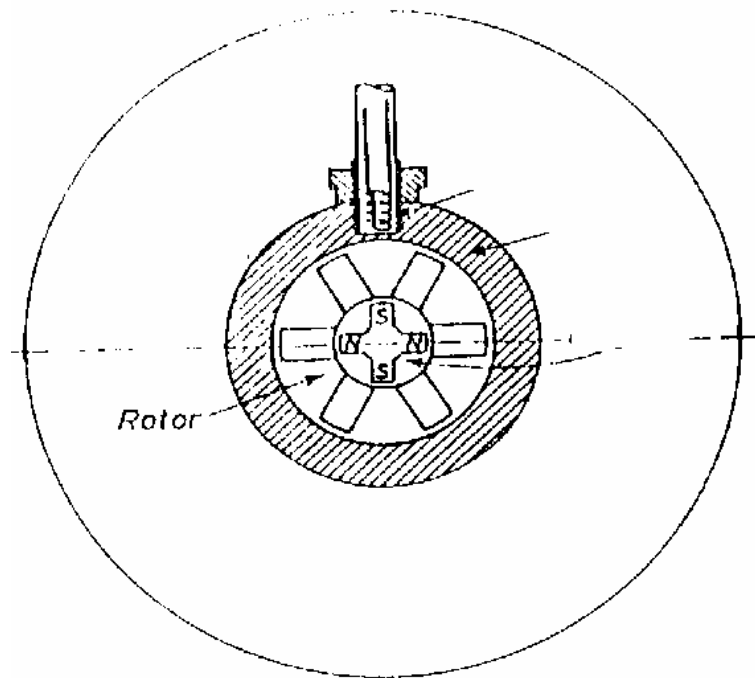
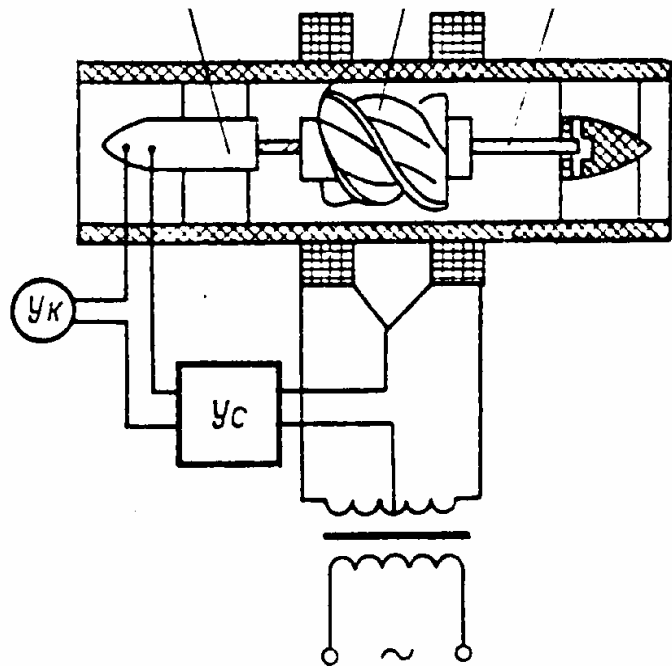
Medium	Speed (m/s)	Medium	Speed (m/s)
Air (dry at 20°C)	331	Copper	3,810
Steam (134°C)	494	Aluminum	6,320
Hydrogen (20°C)	1,330	Pyrex [®] glass	5,170
Water (fresh)	1,486	Steel	5,200
Water (sea)	1,519	Beryllium	12,900
Lead	1,190		

Note: Gases at 1 atm pressure, solids in long thin rods

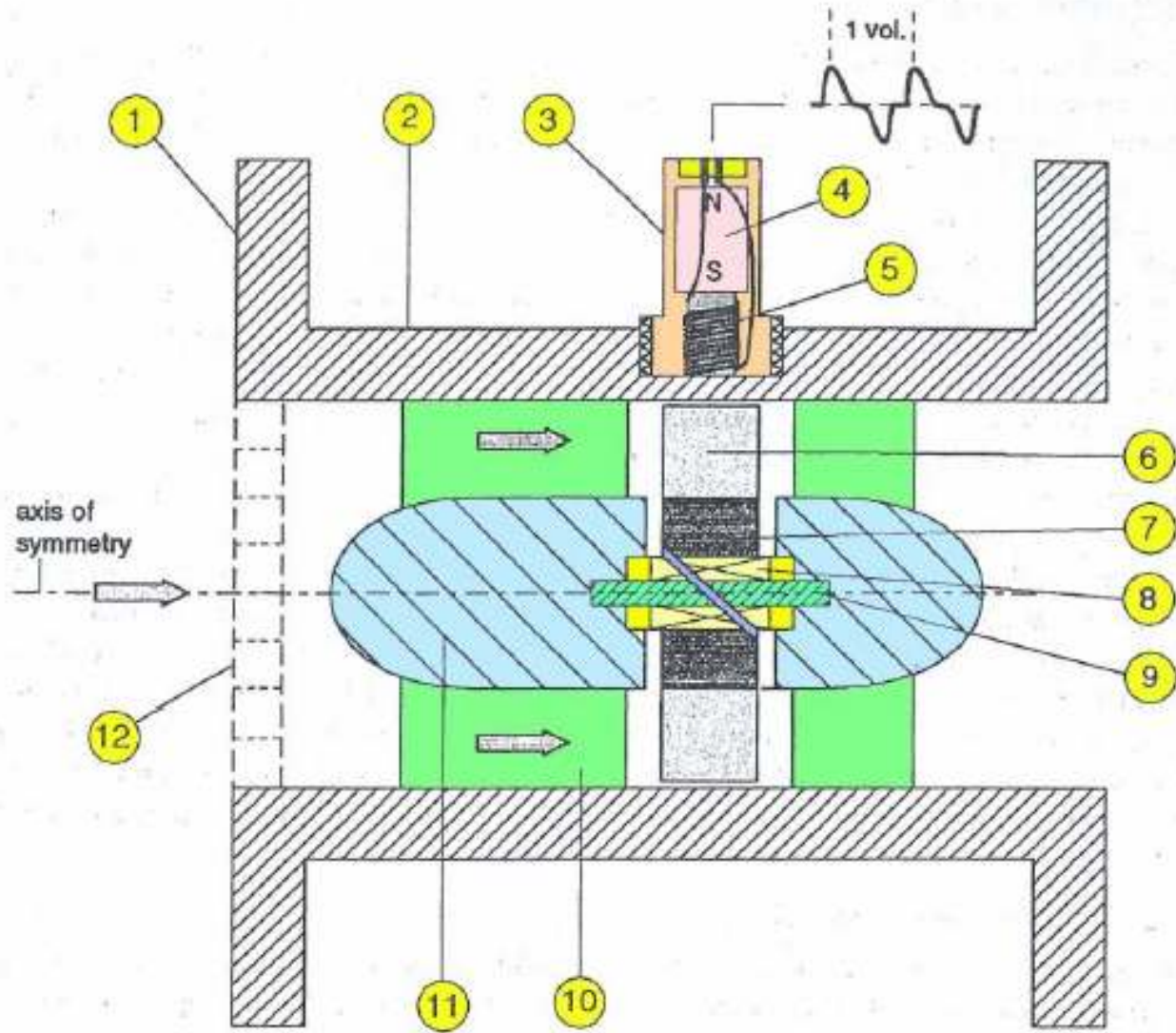
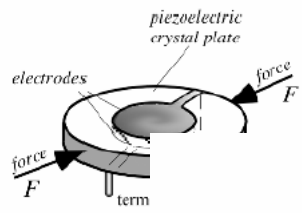


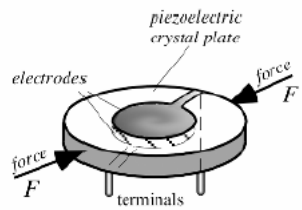


D. Lưu tốc kiểu cánh quạt

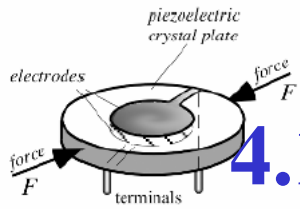


Đo tốc độ quay của cánh quạt có thể suy ra v.





Chương 4. Thiết bị đo mức



4.1. Đo mức bằng phương pháp phao nổi

Khi quả nặng rơi xuống puli quay và góc quay biến thành số xung

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{n}$$

α_x - góc quay

N_x - số xung đếm được

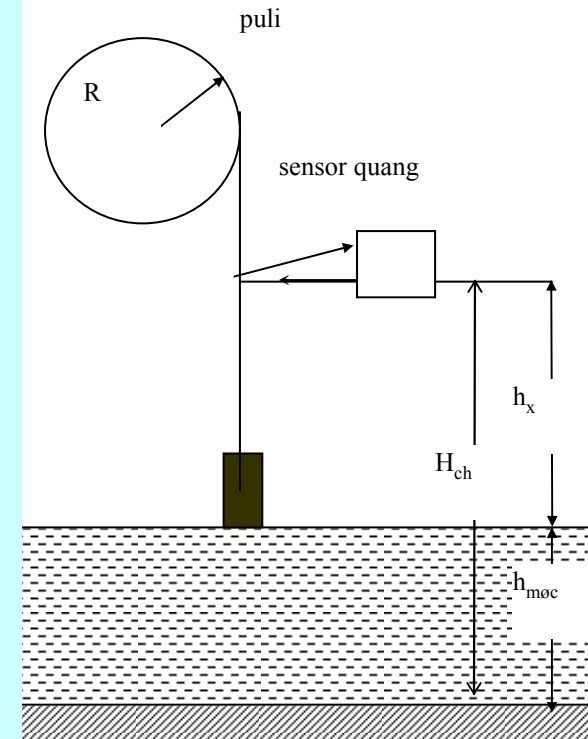
α_0 - góc của một lượng tử góc quay

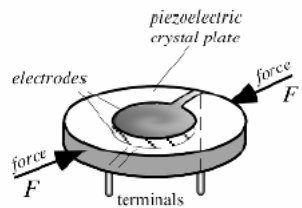
n - số xung tương ứng với 1 vòng quay của encoder.

Người ta bố trí như sau: Khi quả nặng đi qua một điểm chuẩn, một tế bào quang điện khởi động bộ đếm. Khi quả nặng tiếp xúc với mặt nước một bộ phận tự động (role tới hạn) đóng mạch điện. Ta có

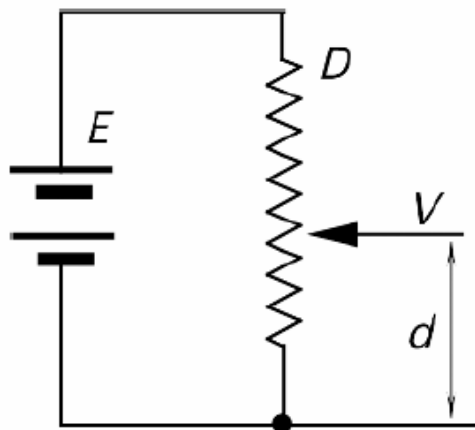
$$h_x = H_{ch} - h_{mức} = (N_x/n)2\pi R$$

Mức nước :
$$h_{mức} = H_{chuẩn} - h_x$$

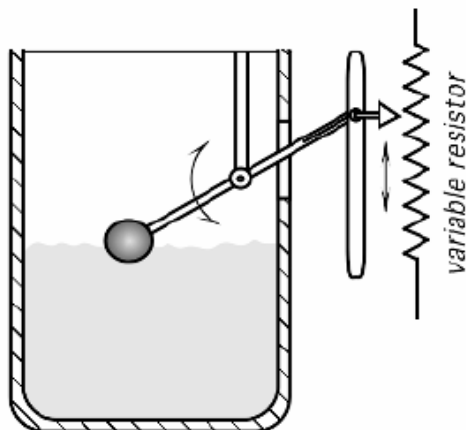




Biến trở trượt



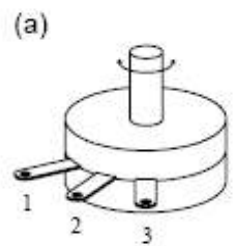
(A)



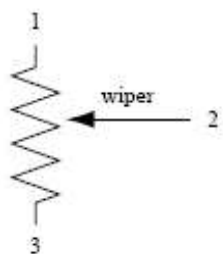
(B)



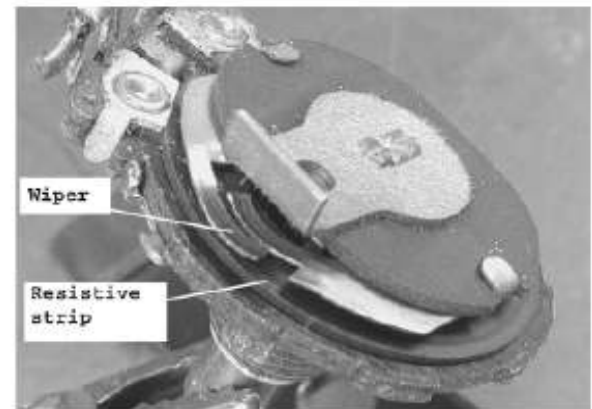
(C)

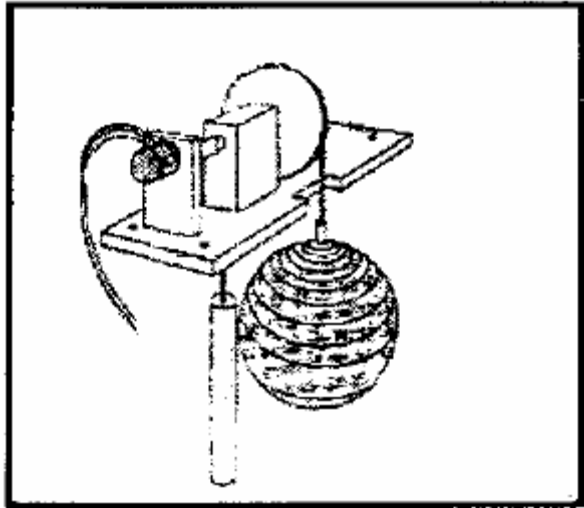
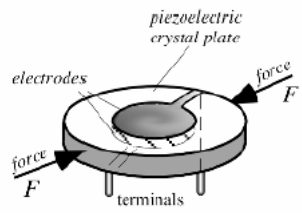


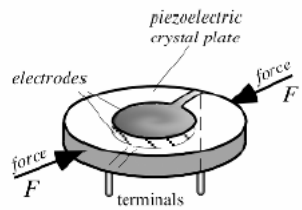
(a)



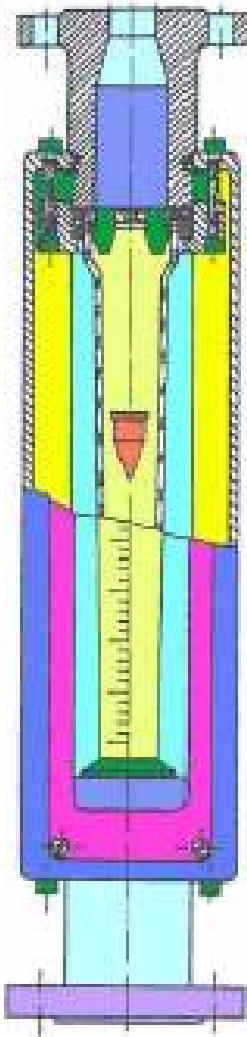
(b)



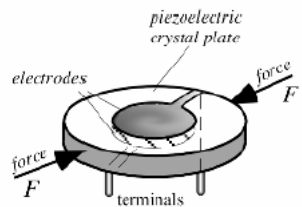




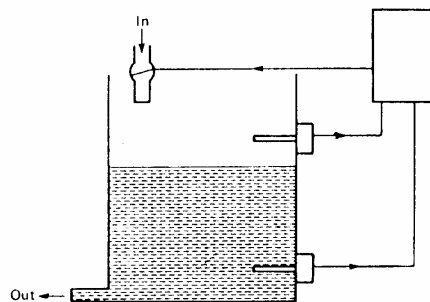
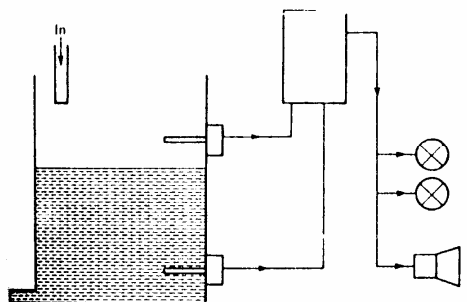
Ví dụ Phương pháp kiểu phao



- (<http://www.kinginstrumentco.com/7430/7430.html>)



4.2. Phương pháp mức áp suất



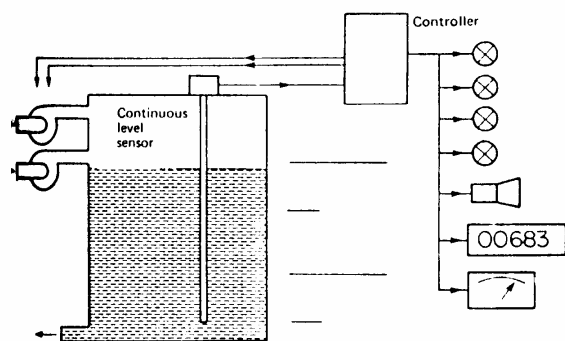
áp suất dưới đáy của một cột nước
được tính

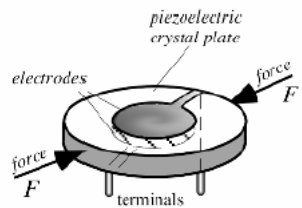
$$P = \rho h.$$

P- áp suất ở đáy cột nước

ρ - trọng lượng riêng của chất lỏng

h- chiều cao cột nước hay mức nước

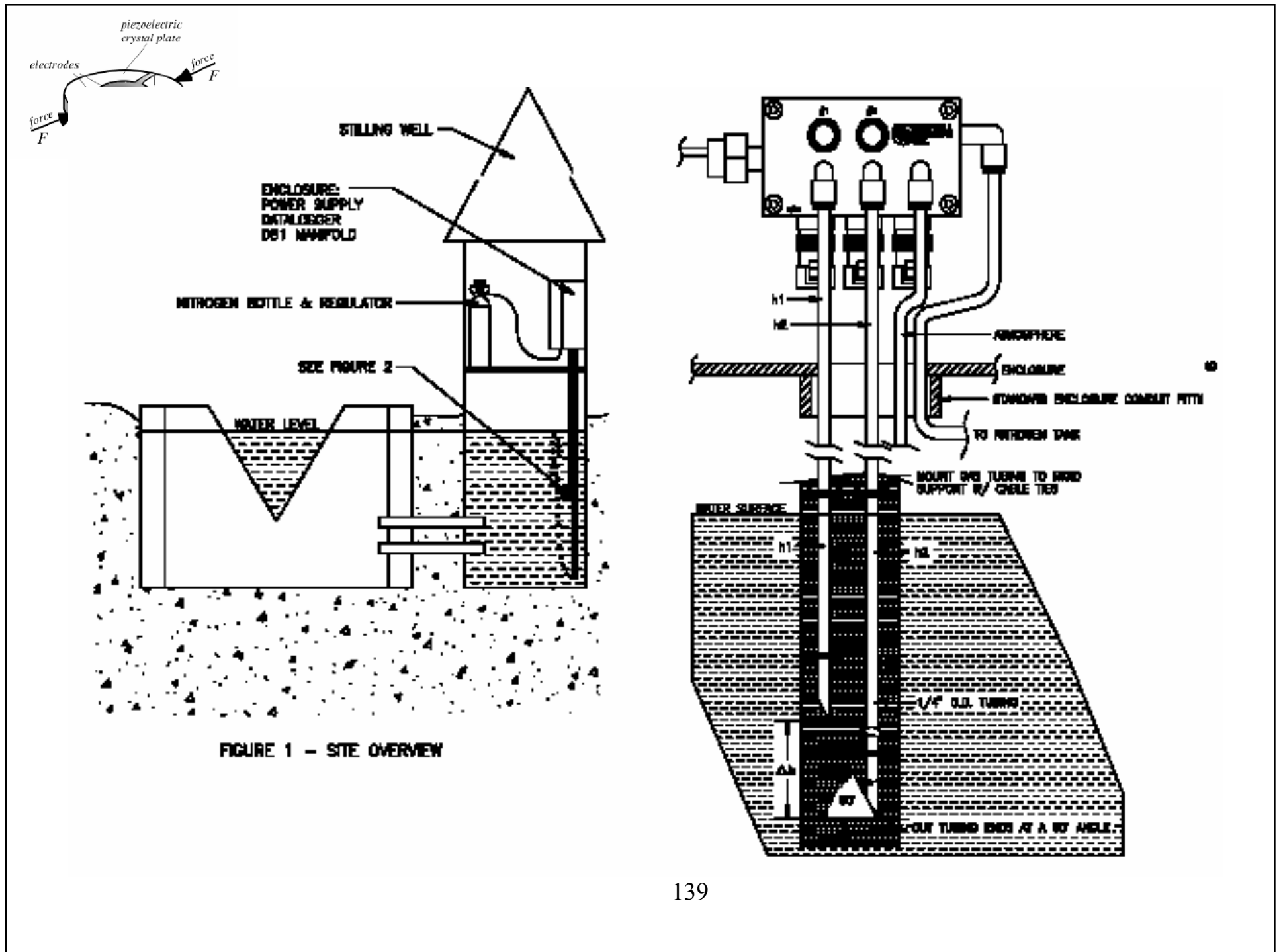


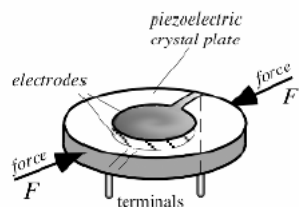


Ví dụ:

- Tính toán áp suất của cột nước cao 5m ?
 - Trọng lượng riêng của nước 9800N/m^3
 - Áp suất của cột nước
 $9800 \times 5\text{m} = 49 \text{ kN/m}^2 = 49\text{kPa}$







4.3. Phương pháp điện dung đo mức

Điện dung của một tụ phẳng được tính

C - điện dung của tụ điện

ϵ - hằng số điện môi của chất cách điện giữa hai bản cực

d - khoảng cách các điện cực

$$C = \frac{\epsilon S}{d}$$

Khi mức dầu ở 0 tức là trong thùng không có dầu, ta có

C_0 - điện dung của tụ khi điện môi là không khí

h - chiều cao bản cực

b - chiều rộng bản cực

d - khoảng cách các bản cực

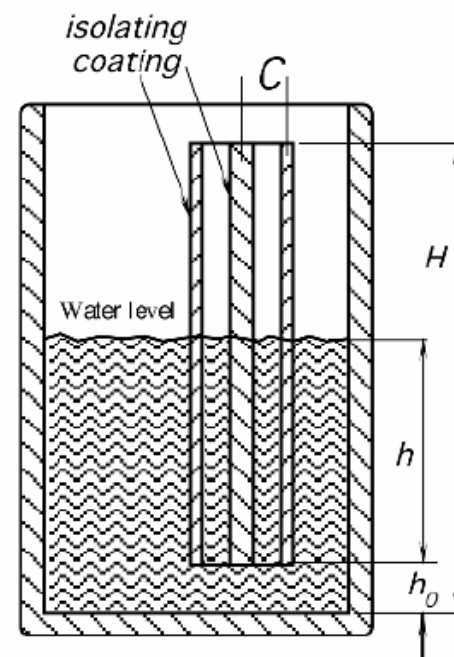
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 hb}{d}$$

Khi đầy dầu

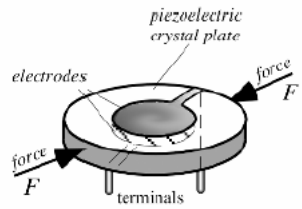
$$C_d = \frac{\epsilon_d hb}{d}$$

Khi dầu ở mức h_x ta chia được thành hai phần

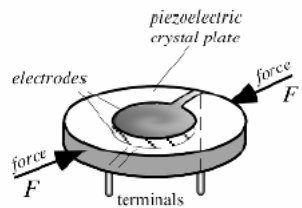
$$C_x = \frac{\epsilon_d h_x b}{d} + \frac{\epsilon_0 b(h - h_x)}{d}$$



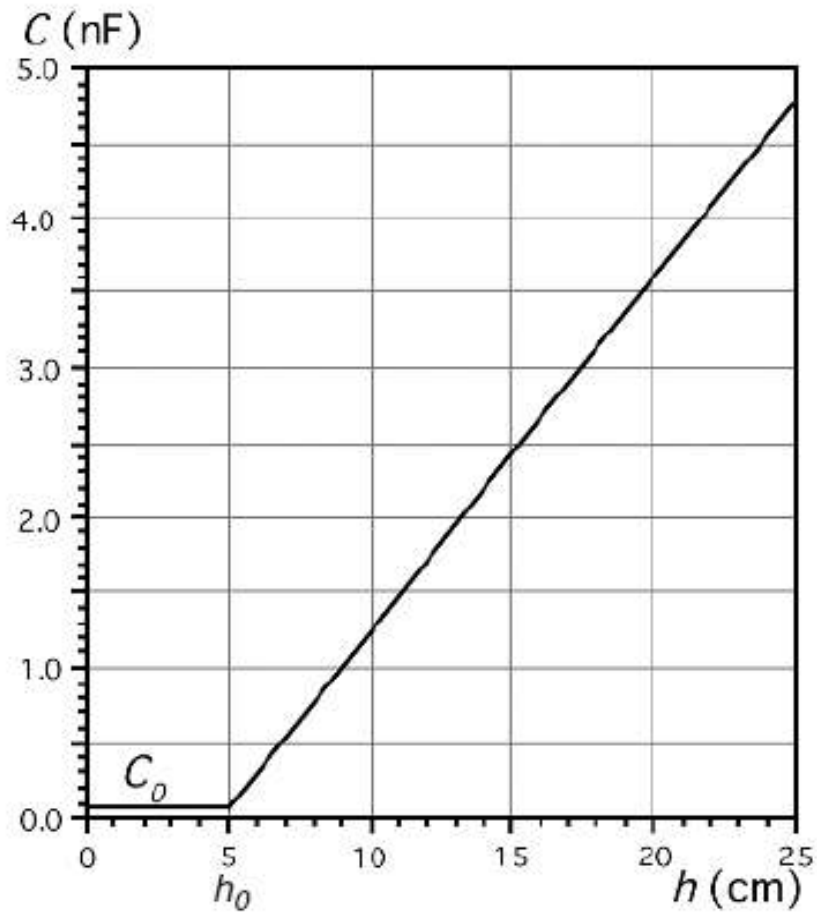
Do C_x có thể suy ra h_x . Trong cảm biến này C_0, C_x đều nhỏ (cỡ pF) vì thế nên mạch đo thường dùng ở tần số cao.

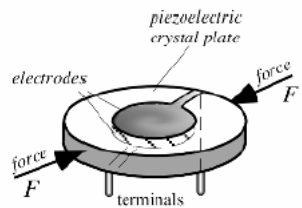


- Ngày 26 tháng 3 học môn KT Cảm biến
- Tiết 2-3

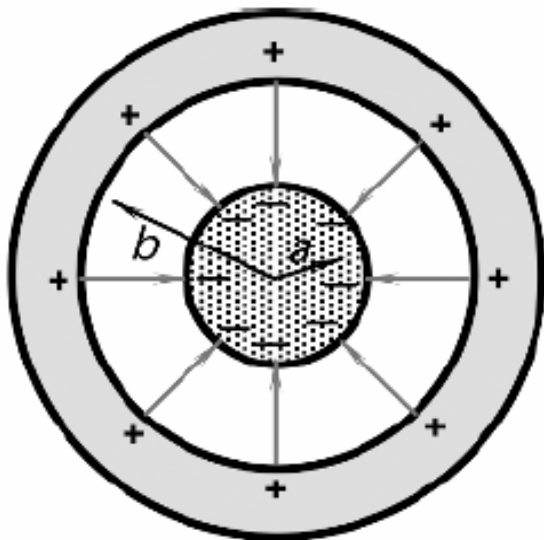


Ví dụ đối với nước



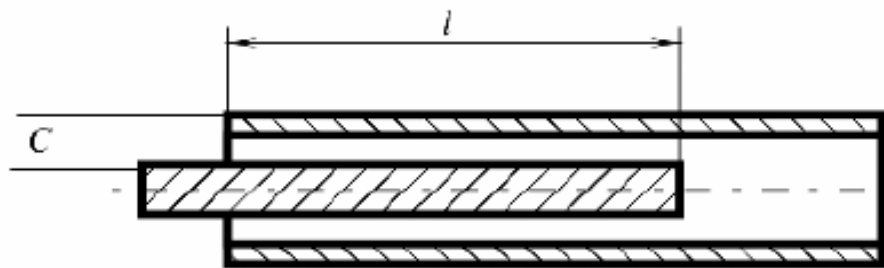


Công thức tính toán tụ điện



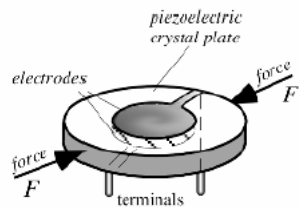
(A)

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 l}{\ln(b/a)}$$



(B)

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



Hằng số điện môi

Table A.5. Dielectric Constants of Some Materials at Room Temperature (25°C)

Material	κ	Frequency (Hz)	Material	κ	Frequency (Hz)
Air	1.00054	0	Paraffin	2.0–2.5	10^6
Alumina ceramic	8–10	10^4	Plexiglas	3.12	10^3
Acrylics	2.5–2.9	10^4	Polyether sulfone	3.5	10^4
ABS/polysulfone	3.1	10^4	Polyesters	3.22–4.3	10^3
Asphalt	2.68	10^6	Polyethylene	2.26	10^3 – 10^8
Beeswax	2.9	10^6	Polypropylenes	2–3.2	10^4
Benzene	2.28	0	Polyvinyl chloride	4.55	10^3
Carbon tetrachloride	2.23	0	Porcelain	6.5	0
Cellulose nitrate	8.4	10^3	Pyrex glass (7070)	4.0	10^6
Ceramic (titanium dioxide)	14–110	10^6	Pyrex glass (7760)	4.5	0
Cordierite	4–6.23	10^4	Rubber (neoprene)	6.6	10^3
Compound for thick-film capacitors	300–5000	0	Rubber (silicone)	3.2	10^3

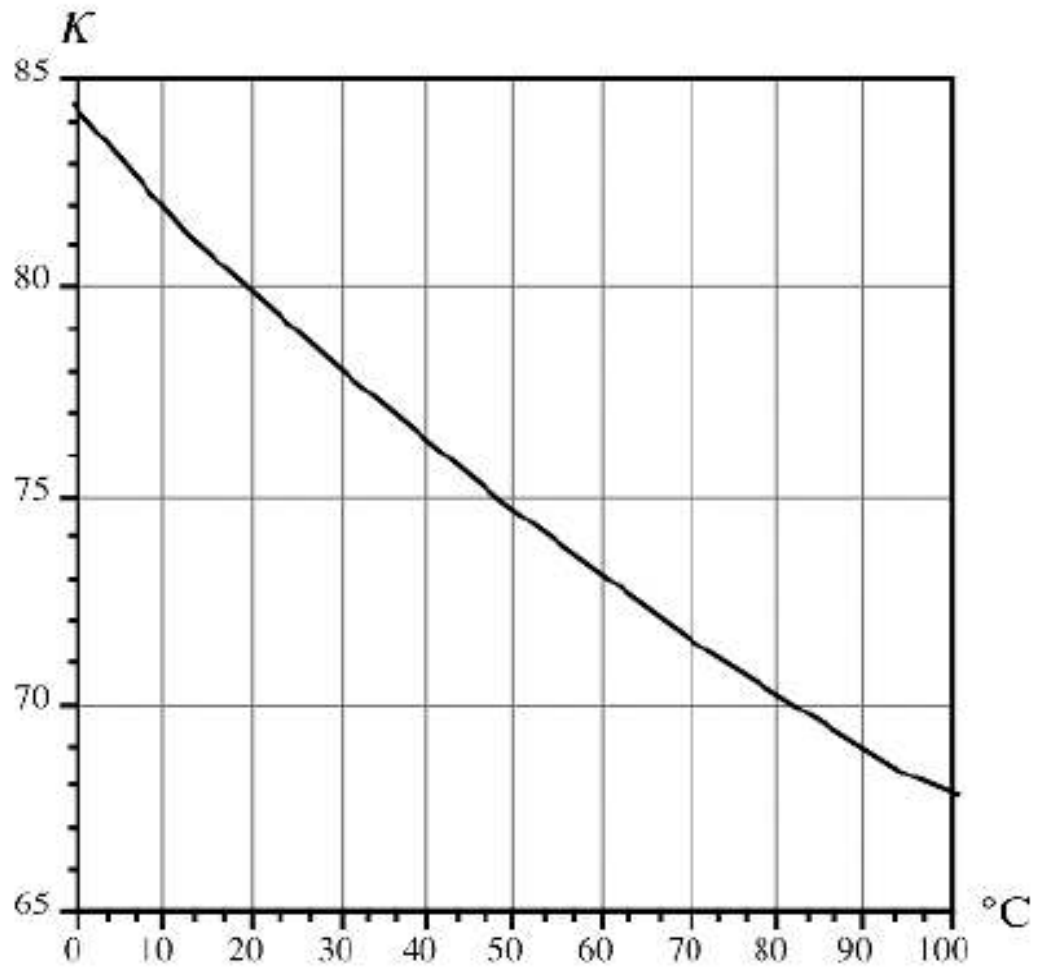
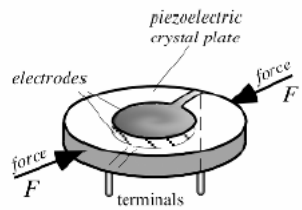
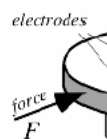
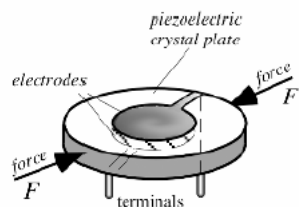


Fig. 3.7. Dielectric constant of water as a function of temperature.

**Table A.5.** Dielectric Constants of Some Materials at Room Temperature (25°C)

Material	κ	Frequency (Hz)	Material	κ	Frequency (Hz)
Air	1.00054	0	Paraffin	2.0–2.5	10^6
Alumina ceramic	8–10	10^4	Plexiglas	3.12	10^3
Acrylics	2.5–2.9	10^4	Polyether sulfone	3.5	10^4
ABS/polysulfone	3.1	10^4	Polyesters	3.22–4.3	10^3
Asphalt	2.68	10^6	Polyethylene	2.26	10^3 – 10^8
Beeswax	2.9	10^6	Polypropylenes	2–3.2	10^4
Benzene	2.28	0	Polyvinyl chloride	4.55	10^3
Carbon tetrachloride	2.23	0	Porcelain	6.5	0
Cellulose nitrate	8.4	10^3	Pyrex glass (7070)	4.0	10^6
Ceramic (titanium dioxide)	14–110	10^6	Pyrex glass (7760)	4.5	0
Cordierite	4–6.23	10^4	Rubber (neoprene)	6.6	10^3
Compound for thick-film capacitors	300–5000	0	Rubber (silicone)	3.2	10^3
Diamond	5.5	10^8	Rutile \perp optic axis	86	10^8
Epoxy resins	2.8–5.2	10^4	Rutile \parallel optic axis	170	10^8
Ferrous oxide	14.2	10^8	Silicone resins	3.4–4.3	10^4
Flesh (skin, blood, muscles)	97	40×10^6	Tallium chloride	46.9	10^8
Flesh (fat, bones)	15	40×10^6	Teflon	2.04	10^3 – 10^8
Lead nitrate	37.7	6×10^7	Transformer oil	4.5	0
Methanol	32.63	0	Vacuum	1	—
Nylon	3.5–5.4	10^3	Water	78.5	0
Paper	3.5	0			



4.4. Dùng siêu âm để đo mức

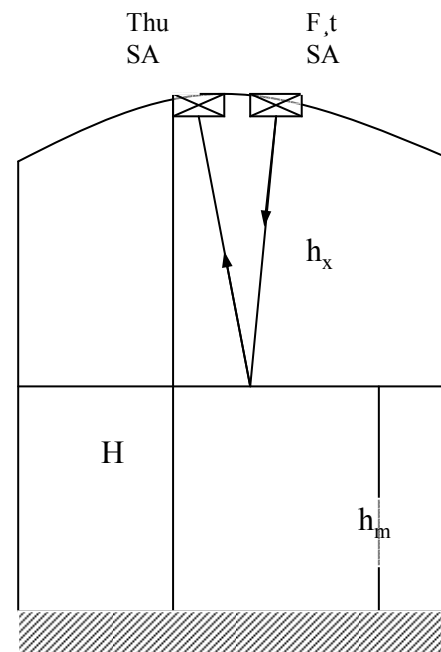
Nội dung phương pháp như sau: ở trên đỉnh xilô đặt một nguồn phát siêu âm mạnh. Nguồn phát phát ra luồng siêu âm theo chiều xuống đáy xilô. Khi luồng siêu âm gặp mặt chất lỏng (hoạt hạt) nó phản xạ lên và đến đầu thu, thời gian từ lúc phát đến lúc thu

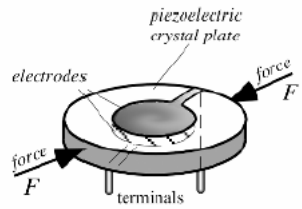
$$T_X = \frac{2h_x}{C}$$

T_X - thời gian từ lúc phát đến lúc thu siêu âm

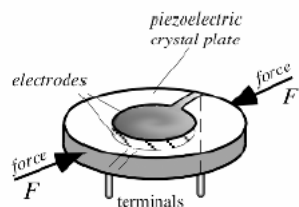
h_x - khoảng cách từ đỉnh xilô đến mặt chất lỏng.

C - tốc độ truyền siêu âm trong không khí (vào khoảng 300m/s).





Chương 5 . Phương pháp đo thông số chuyển động và kích thước hình học



Các thông số chuyển động

Di chuyển hay khoảng dời A

Tốc độ chuyển động $v = \frac{dA}{dt}$

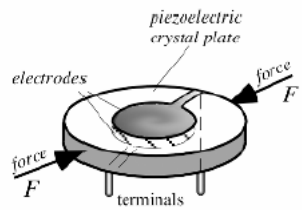
Gia tốc chuyển động $\gamma = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2A}{dt^2}$

Đối với chi tiết giao động hình sin thì tốc độ giao động

$$v_i = \frac{d(A_m \sin \omega t)}{dt} = A_m \omega \cos \omega t$$

Gia tốc

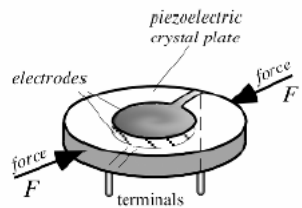
$$\gamma_t = \frac{dv}{dt} = A_m \omega^2 \sin \omega t$$



5.1. Đo di chuyển

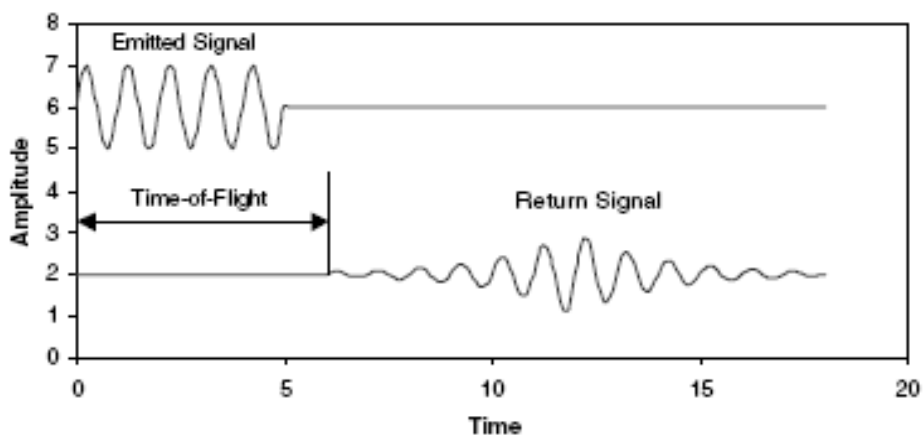
- Phương pháp phát tia lade/rada với khoảng cách xa- thông qua thời gian truyền sóng
- Tính góc lệch pha của sóng
- Phương pháp quang học

- Phương pháp thông qua vận tốc quay

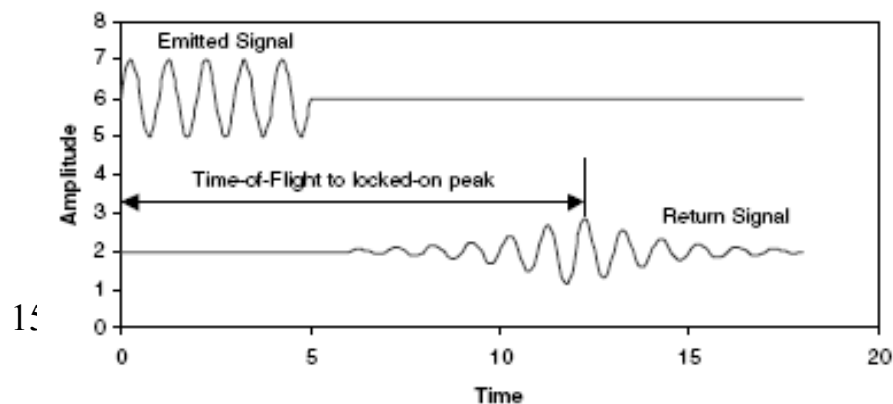


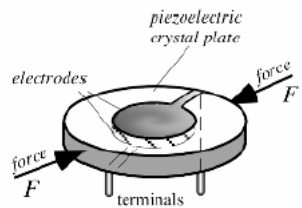
Phương pháp thời gian truyền

- Xác định thời gian truyền sóng

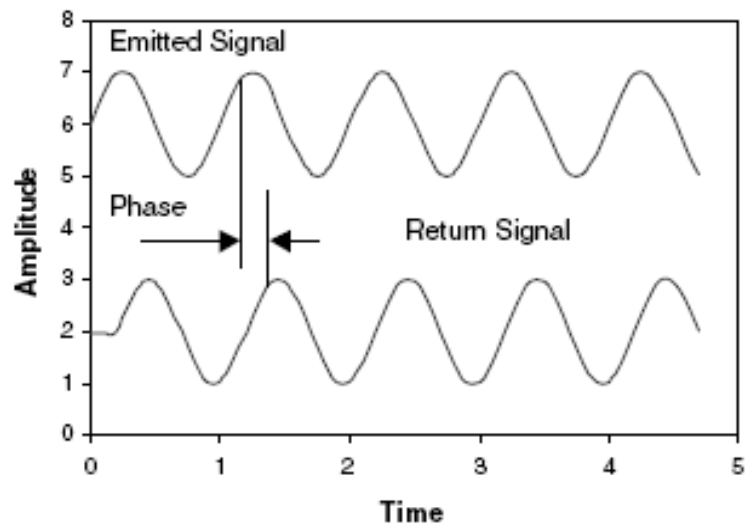


- TOF tính theo biên độ phản xạ lớn nhất





Di chuyển theo góc lệch pha



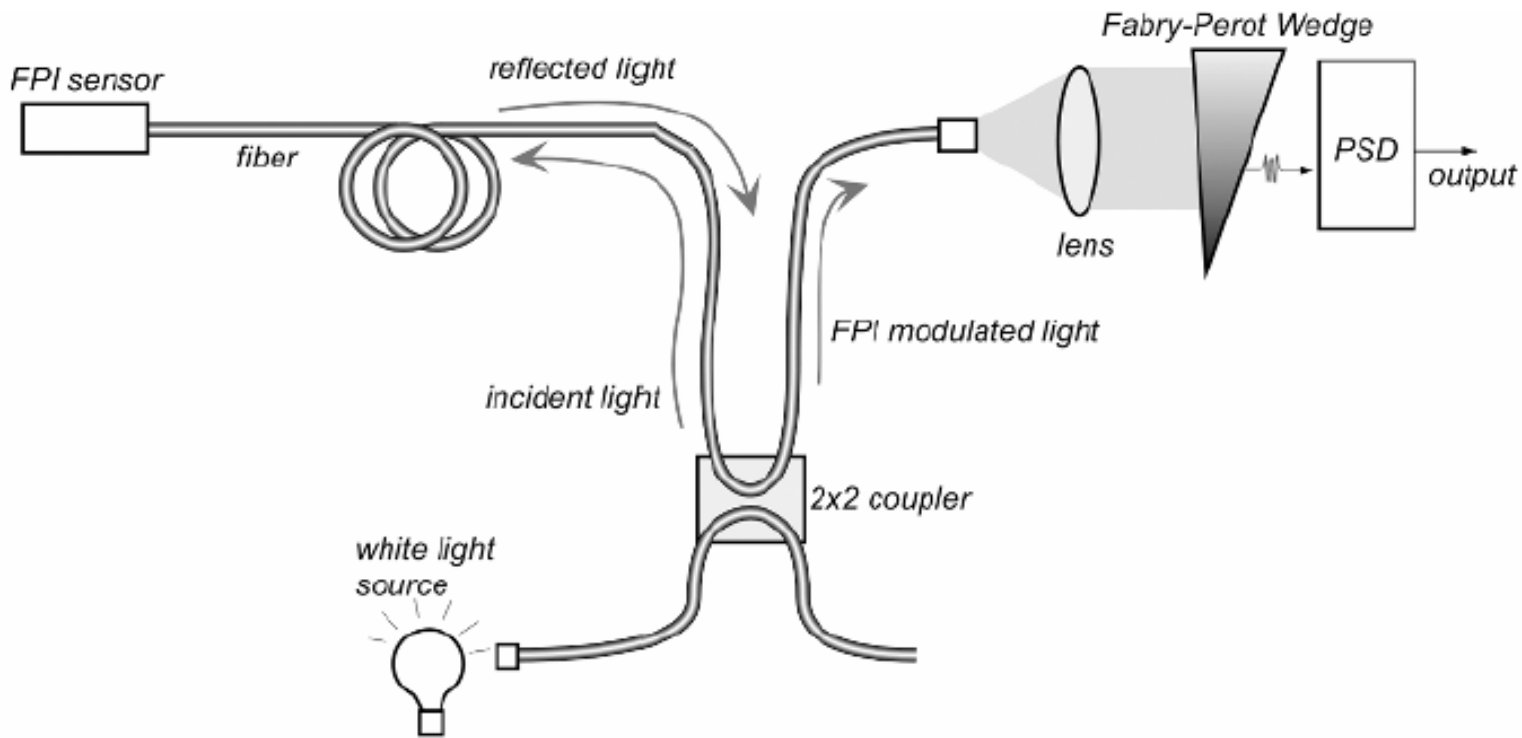
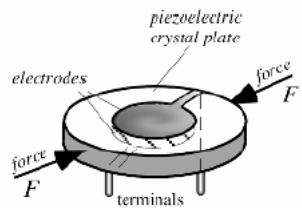
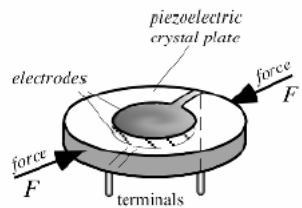
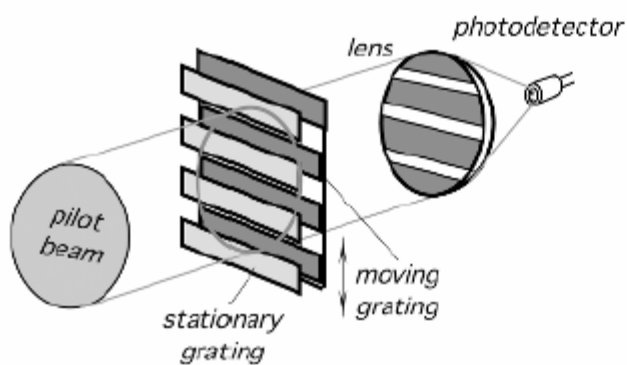


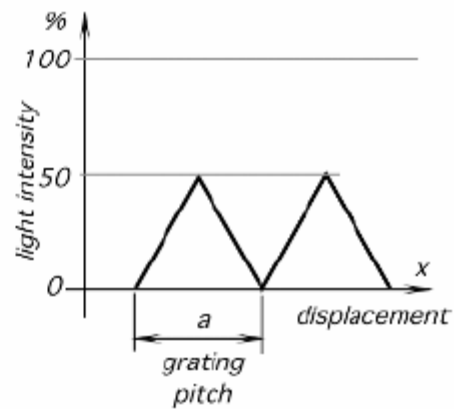
Fig. 7.32. Measuring system for the Fabry-Perot sensor. (Courtesy of Roctest. www.roctest.com.)



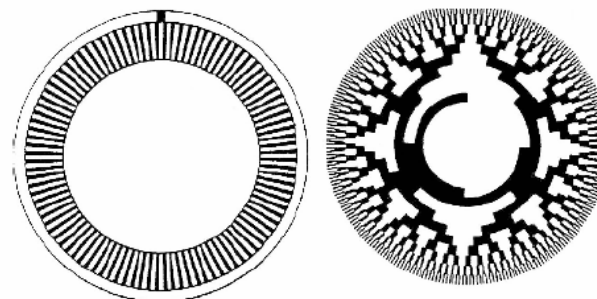
B. Đo di chuyển kiểu đĩa quang



(A)

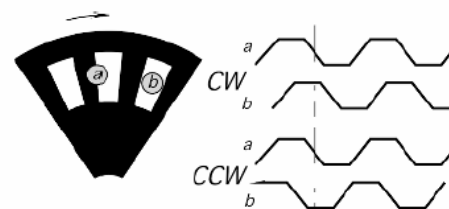


(B)



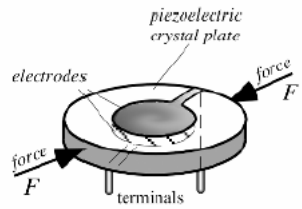
(A)

(B)



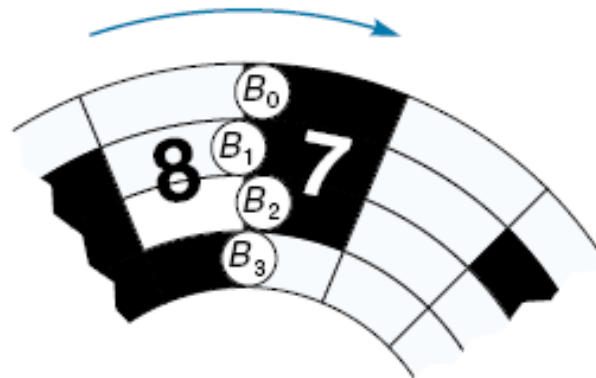
(C)

(D)



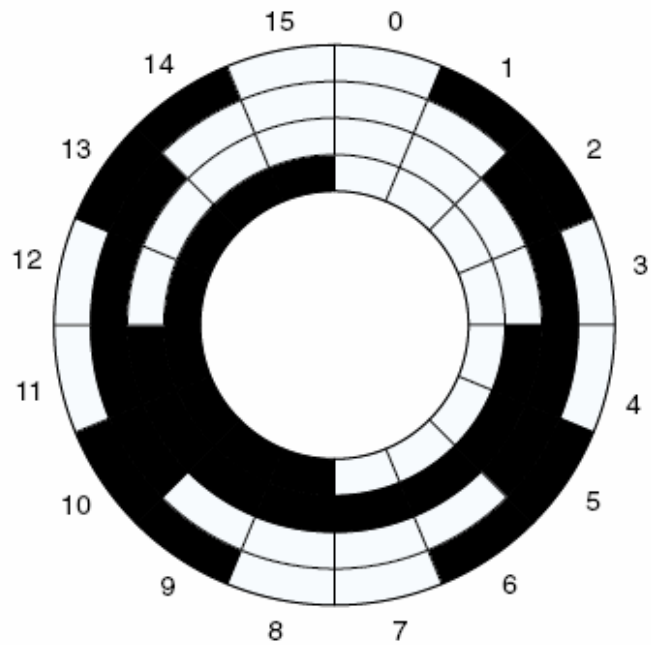
Ví dụ: Encoder

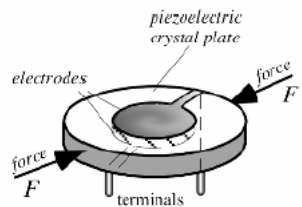
Disk turns
(photo cells are stationary)



8	5	7	
0	1	1	B_0
0	0	1	B_1
0	1	1	B_2
1	0	0	B_3

↑
Erroneous state





5.2. Đo vận tốc

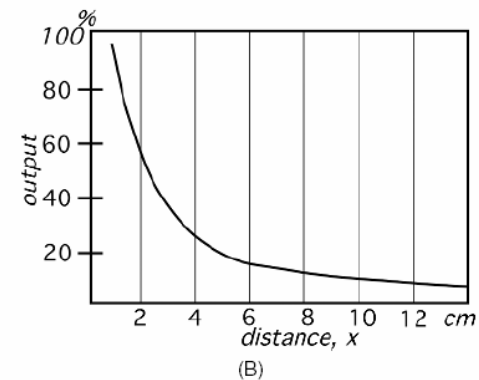
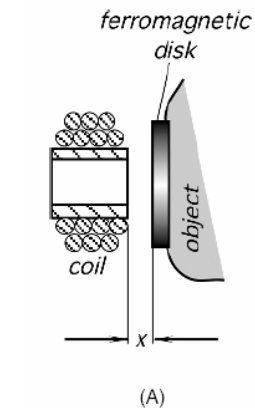
Sử dụng máy phát tốc: một chiều và xoay chiều

$$\Psi_t = \Psi_{\max} \sin \omega t$$

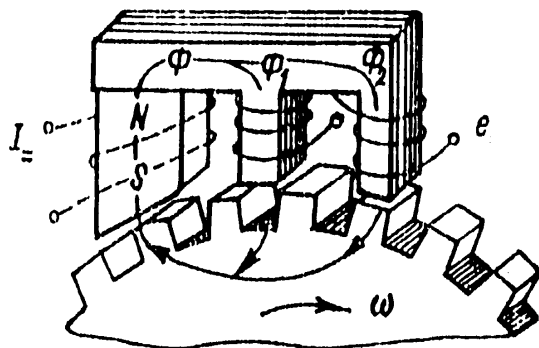
Sức điện động cảm ứng: $E = K\phi W_n$

Sức điện động cảm ứng

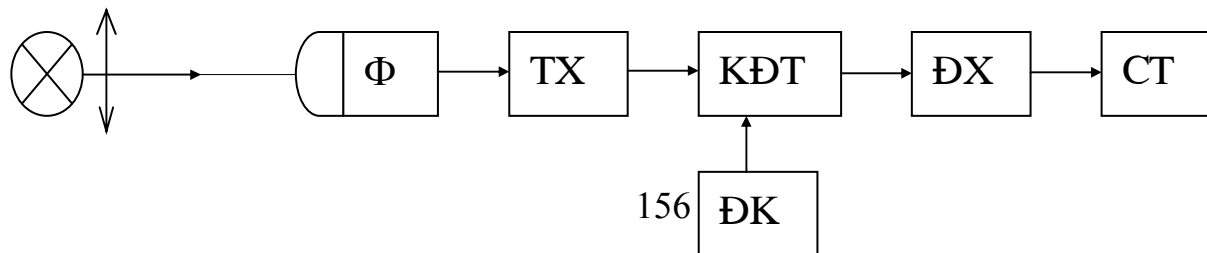
$$e = \frac{d\Psi_t}{dt}$$

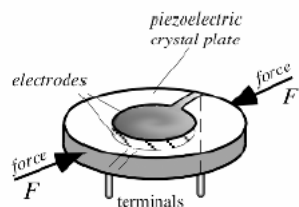


$$e = \Psi_{\max} \omega \cos \omega t = E_m \cos \omega t$$



- Φ - Photodiốt
- TX - Tạo xung
- KĐT- Khoá điện tử
- ĐX- Đếm xung
- CT- Chỉ thị
- Đk - điều khiển





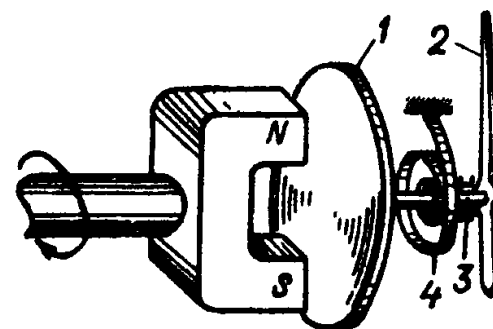
5.3. Tốc kế

A. kiểu cảm ứng

$$M_q = K_I \cdot B \cdot I_c$$

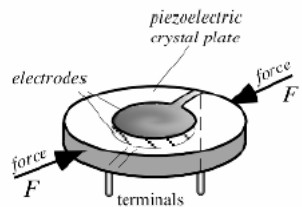
$$I_c = \frac{E_{cu}}{R} = \frac{K_2 B \omega}{R} \longrightarrow M_q = \frac{K_1 K_2 B^2}{R} \omega$$

$$\alpha = K \cdot \omega \text{ hay } \alpha = K n.$$



Tốc độ kế mẫu cảm biến

1- Đĩa nhôm; 2- kim chỉ; 4- lò xo phản kháng

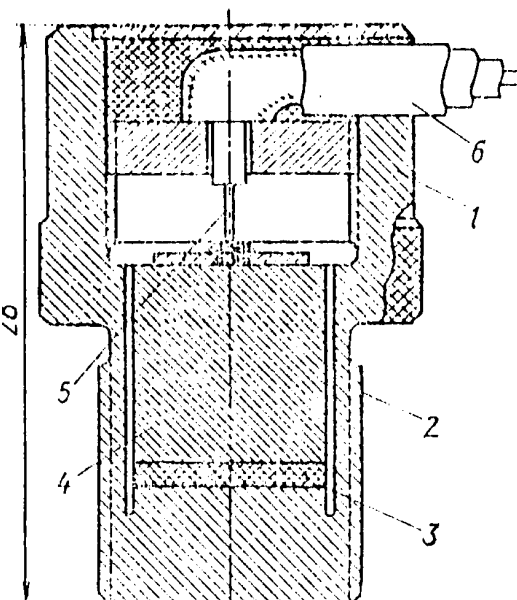
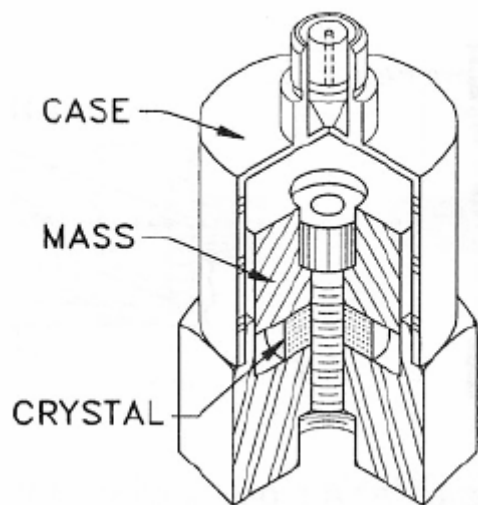


B. Gia tốc kế kiểu áp điện

Điện tích sinh ra trong chuyển đổi áp điện $q=d_1F$

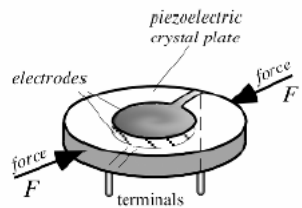
q gây ra điện áp trên điện cực của chuyển đổi áp điện

$$q=CU \longrightarrow U = \frac{d_1 M}{C} \gamma$$

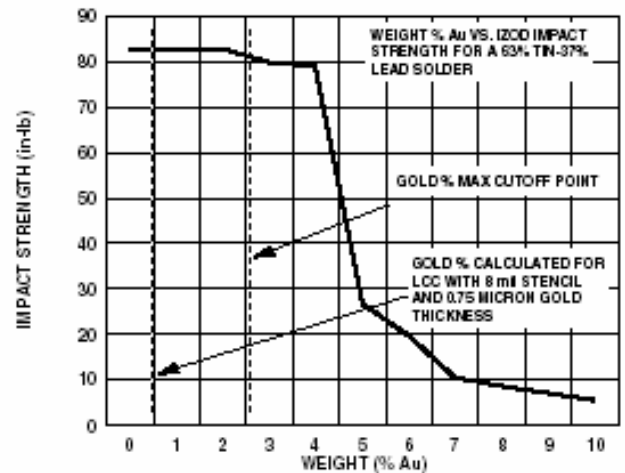
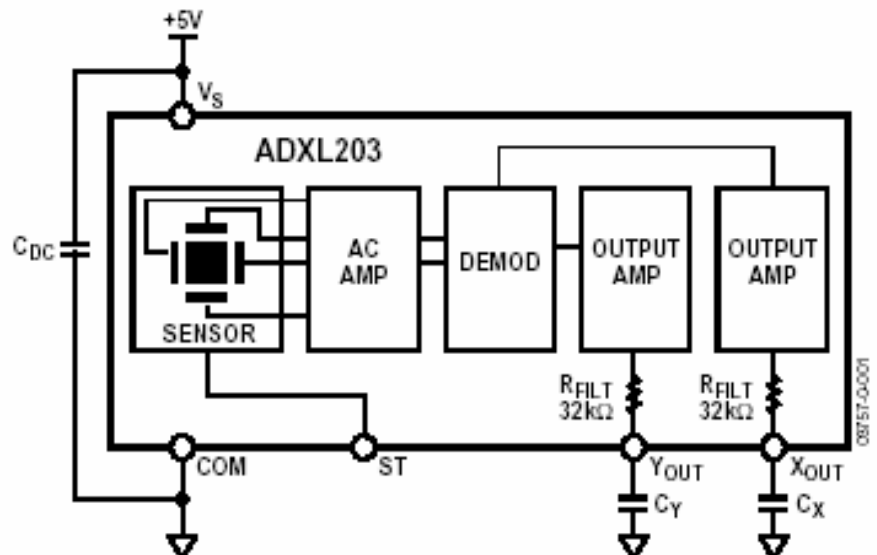
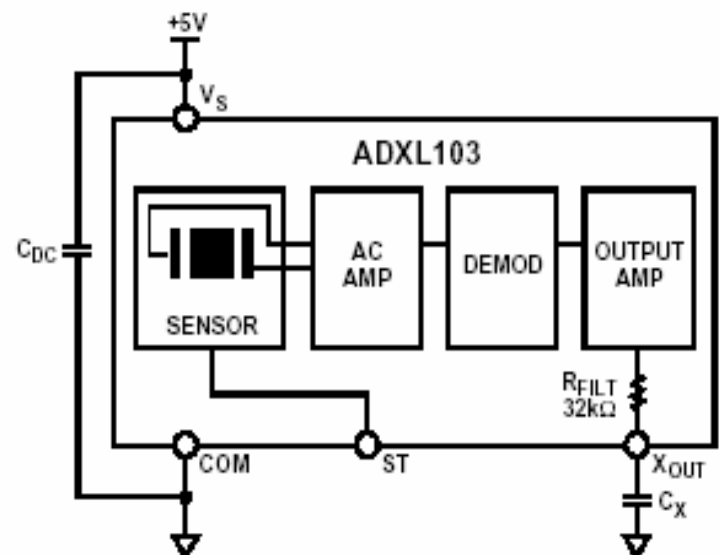


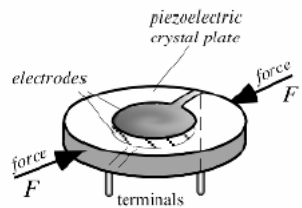
Gia tốc kế kiểu áp điện

1- Thân cảm biến; 2- Ren bắt vào đối tượng; 3- Chuyển đổi áp điện; 4- Khối quán tính; 5- đầu dây ra; 6- cáp đồng trục



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM





C. Đo gia tốc kiểu điện dung

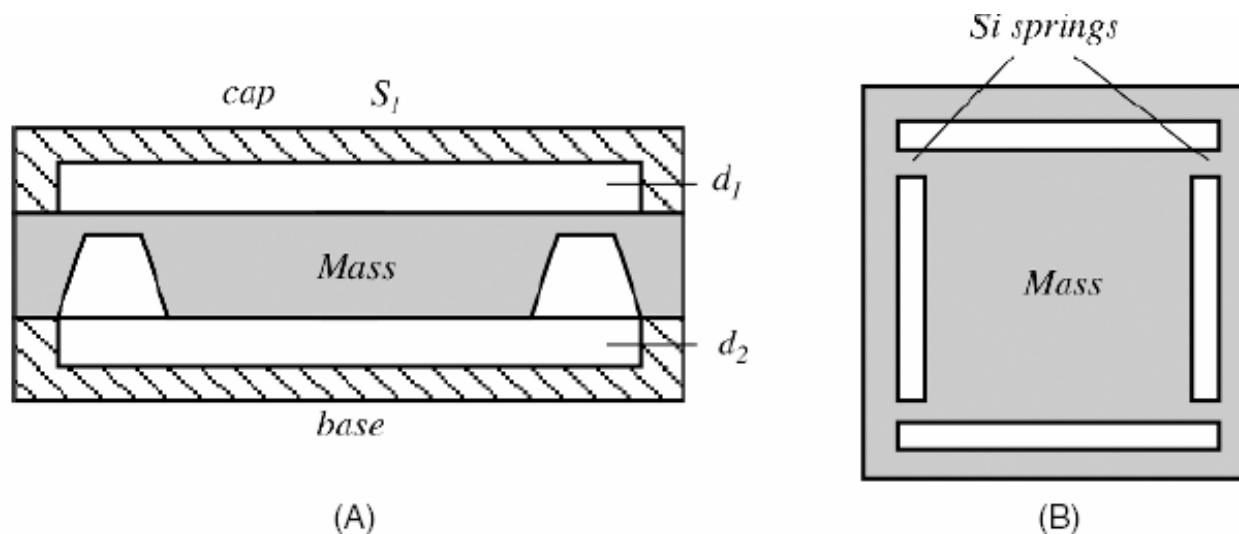


Fig. 8.3. Capacitive accelerometer with a differential capacitor: (A) side cross-sectional view; (B) top view of a seismic mass supported by four silicon springs.

$$\Delta = \frac{F_m}{k}$$

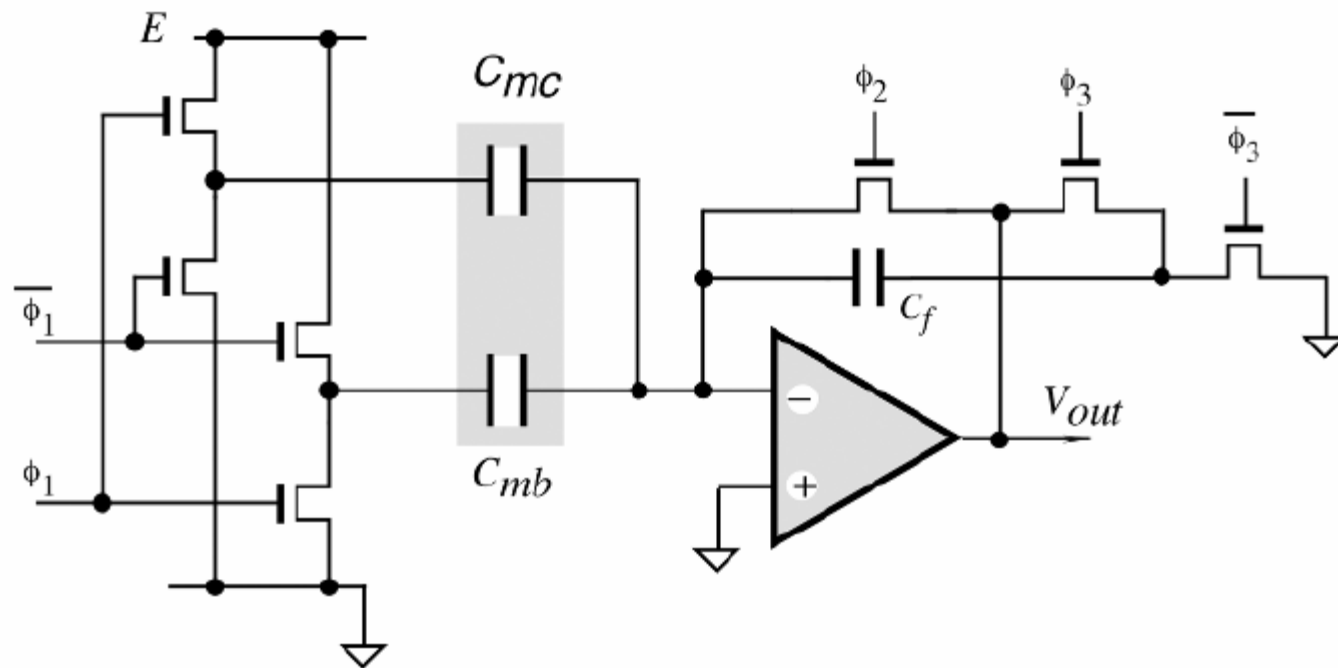
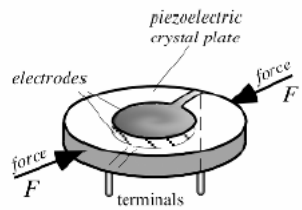
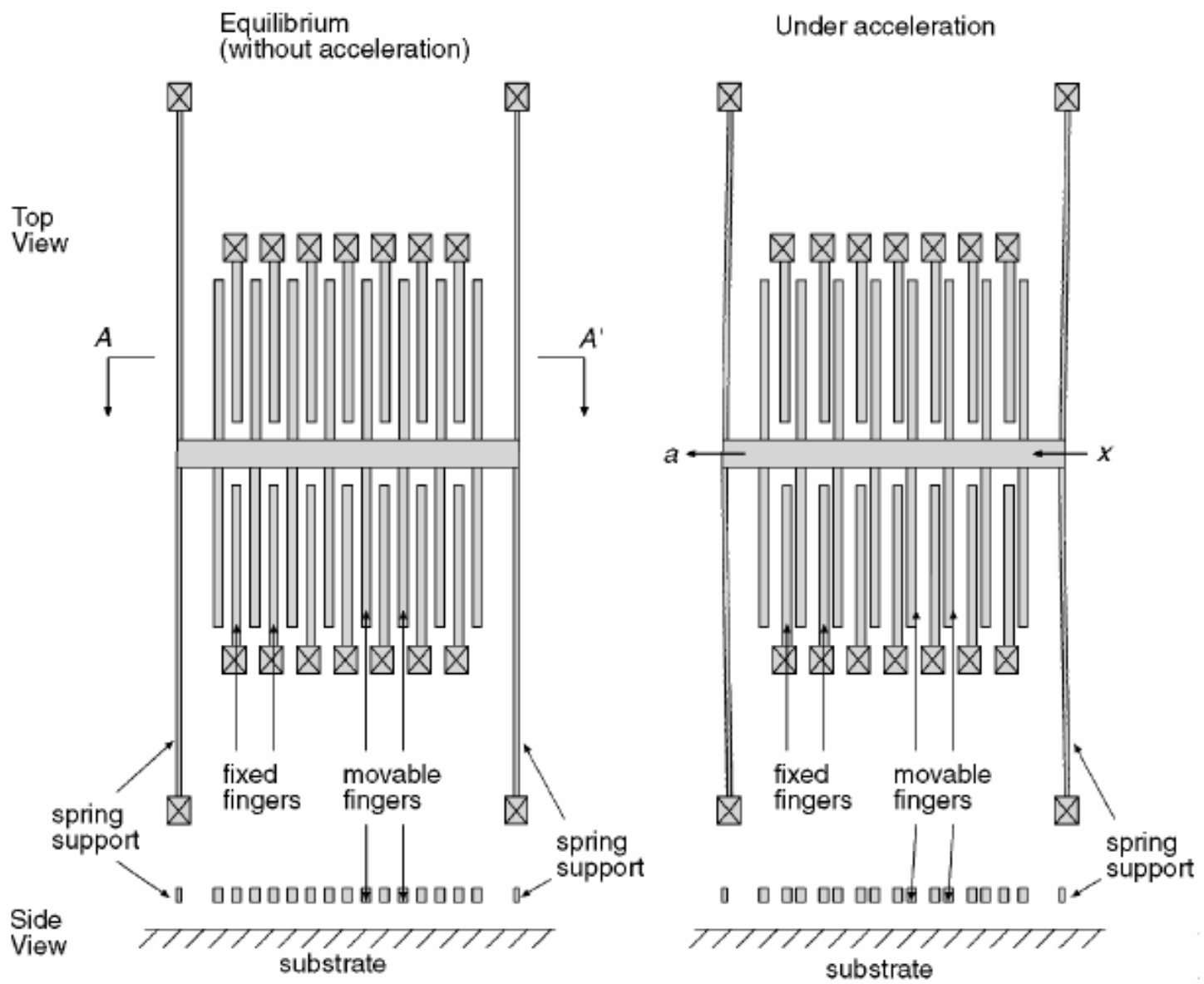
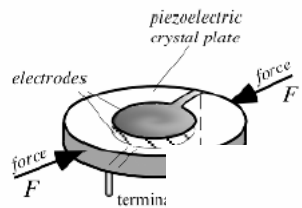
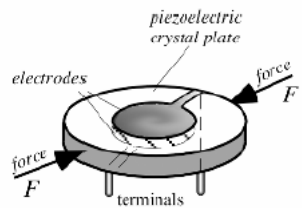


Fig. 8.4. Circuit diagram of a capacitance-to-voltage conversion suitable for an integration on silicon.

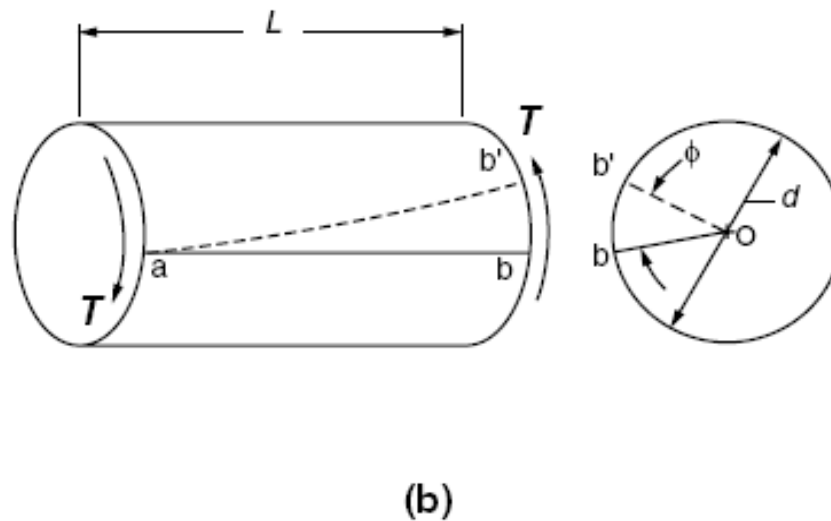
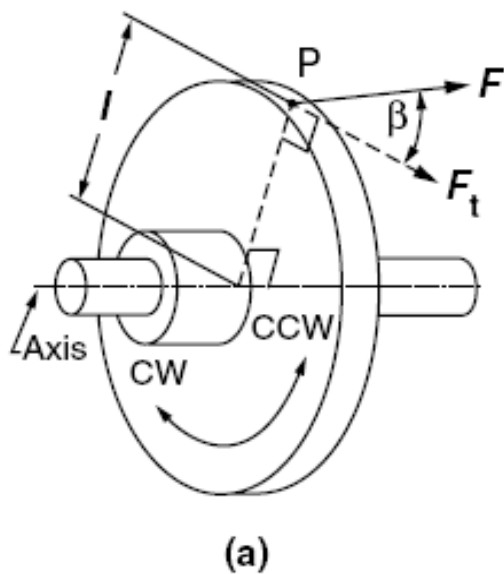
$$V_{out} = 2E \frac{C_{mc} - C_{mb}}{C_f}$$

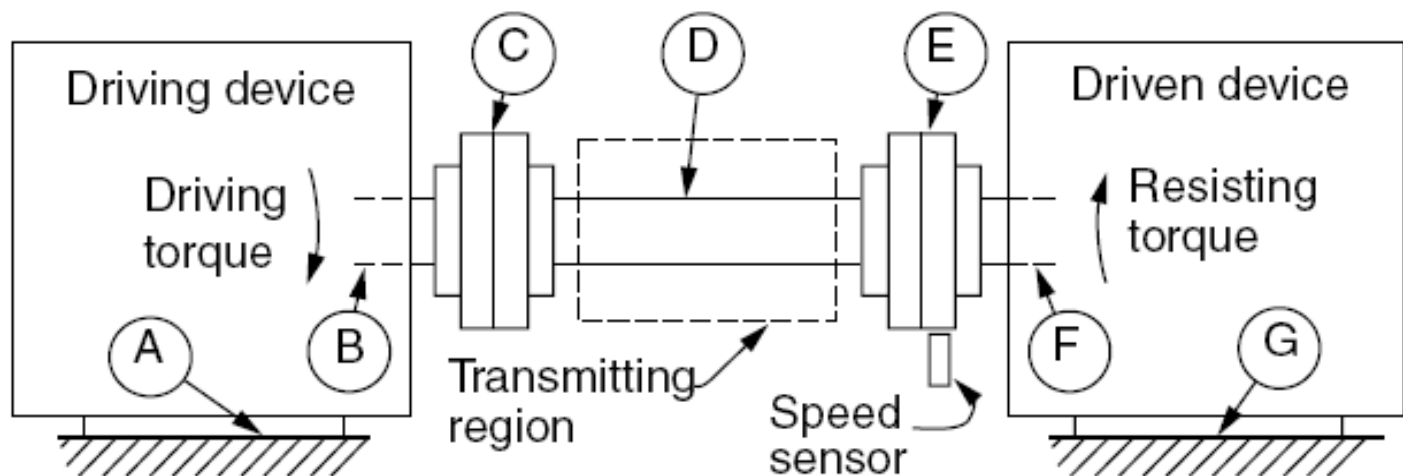
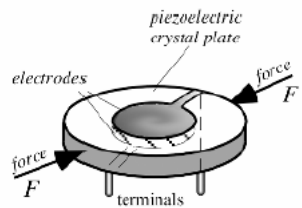




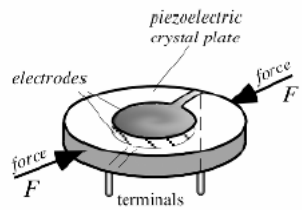
5.6.Đo mômen xoắn- công suất

- Công thức tính công suất của một vật chuyển động
 - $N=M.\omega$
 - Trong đó: M - mômen xoắn (N.m); ω - vận tốc góc

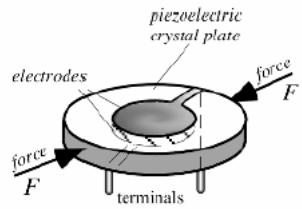




Giản đồ bố trí các thiết bị được dùng để đo mômen và công suất

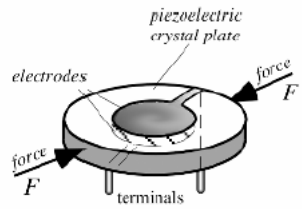


Phương pháp đo góc lệch của 2 cuộn dây cảm ứng



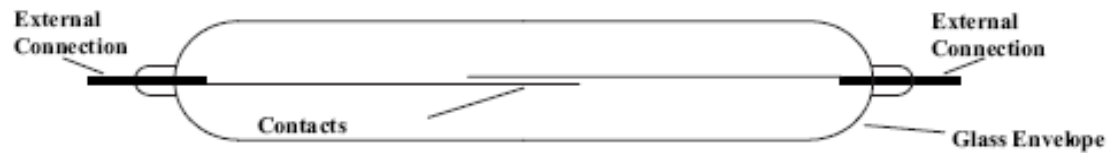
5.7. Các loại cảm biến tiệm cận

- Từ tính
- Cảm ứng
- Siêu âm
- Vi sóng
- Quang
- Điện dung

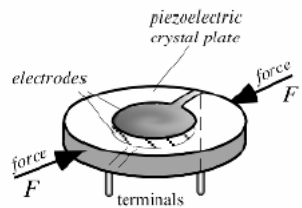


Cảm biến tiệm cận từ

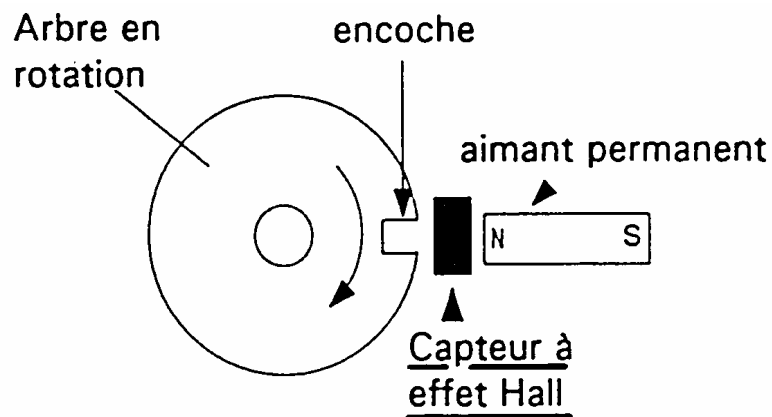
- Công tắc từ (Geskon??)



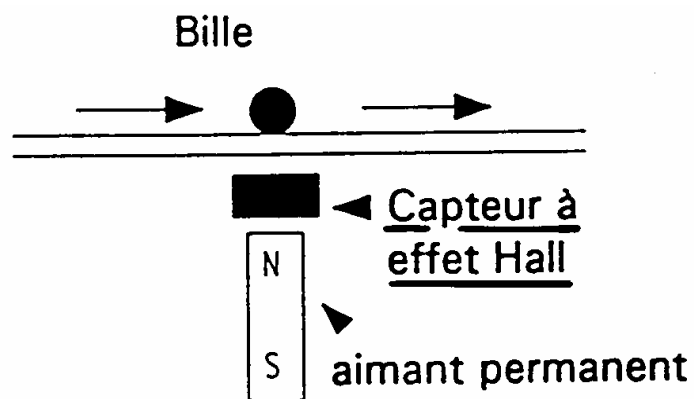
- Có thể dùng cảm biến Hall



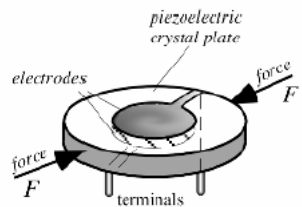
A. Cảm biến Hall đo di chuyển



Di chuyển góc



Di chuyển thẳng



Hiệu ứng Hall

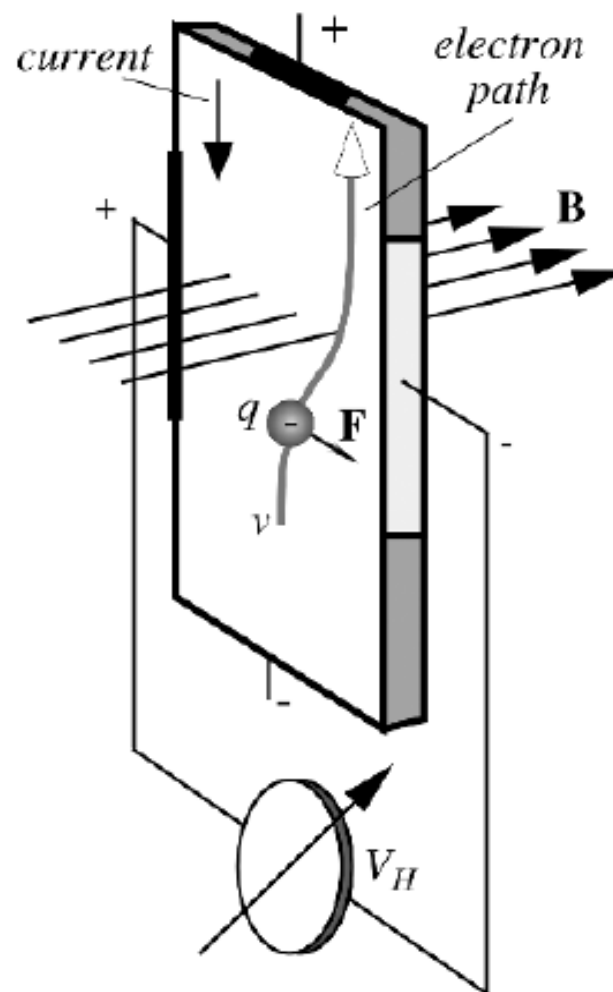
- Sức điện động Hall được tính

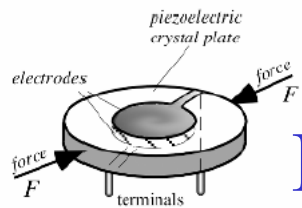
$$V_H = h i B \sin \alpha$$

- Cường độ điện trường H

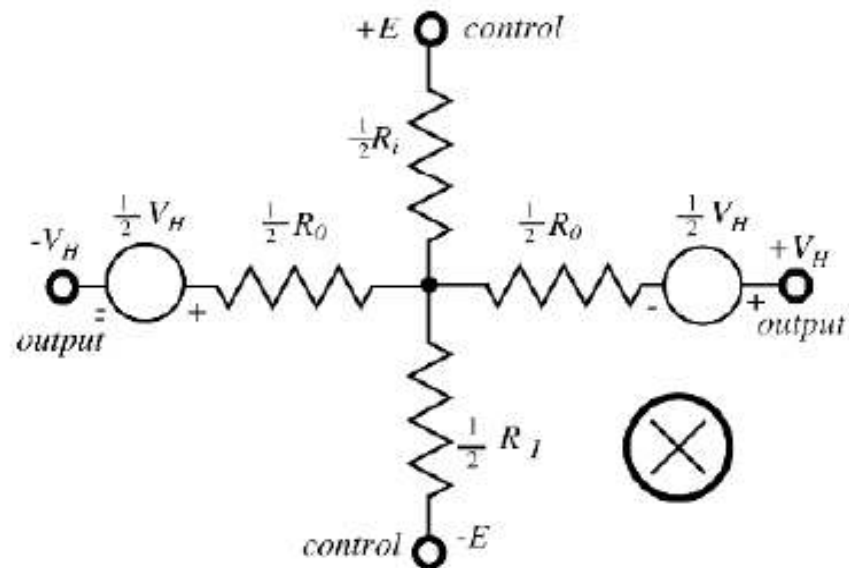
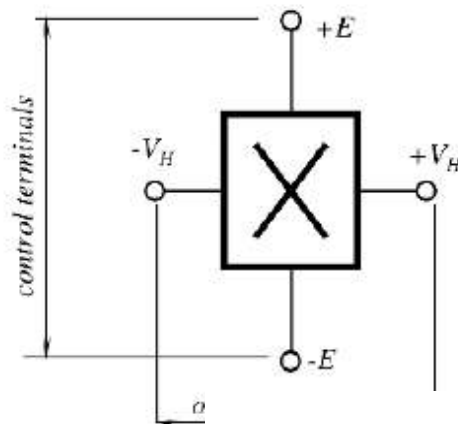
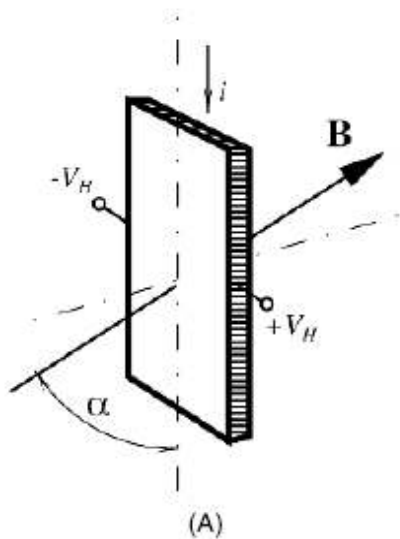
$$H = \frac{1}{N c q}$$

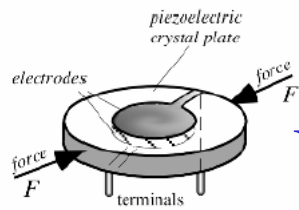
- Trong đó : N – số điện tử tự do;
 - Cường độ ánh sáng c





Mạch tương đương của cảm biến Hall

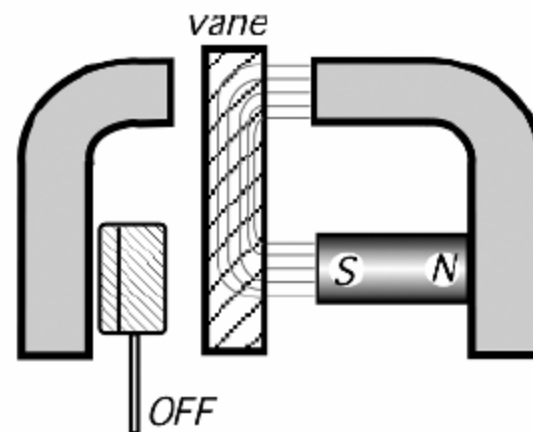
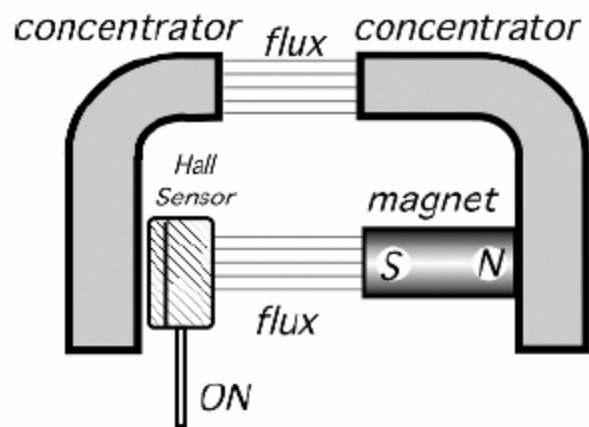
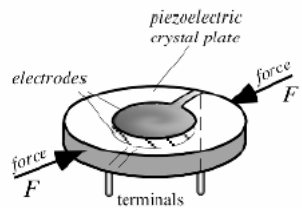




Ví dụ: Một số đặc tính của cảm biến Hall

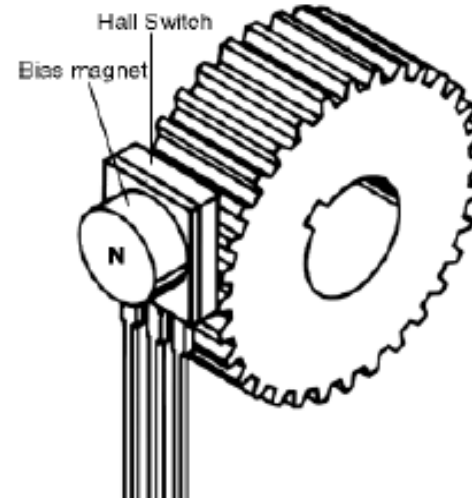
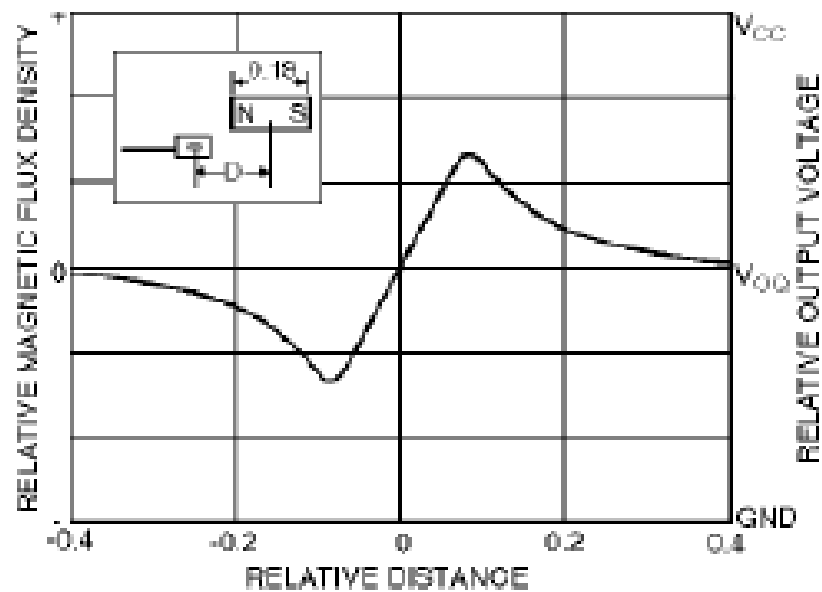
Table 3.2. Typical Characteristics of a Linear Hall Effect Sensor.

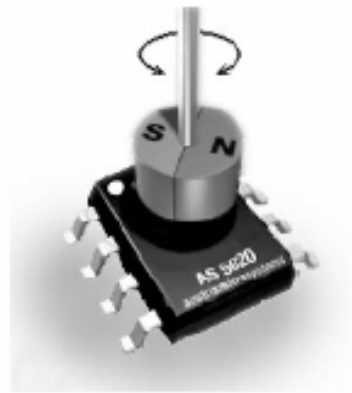
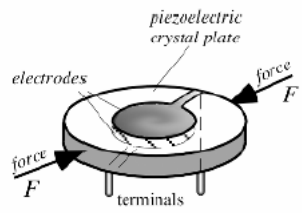
Control current	3 mA
Control resistance, R_i	2.2 k Ω
Control resistance versus temperature	+0.8%/°C
Differential output resistance, R_0	4.4 k Ω
Output offset voltage	5.0 mV (at $B = 0$ G)
Sensitivity	60 μ V/G
Sensitivity versus temperature	+0.1%/°C
Overall sensitivity	20 V/ Ω kG
Maximum magnetic flux density, B	Unlimited



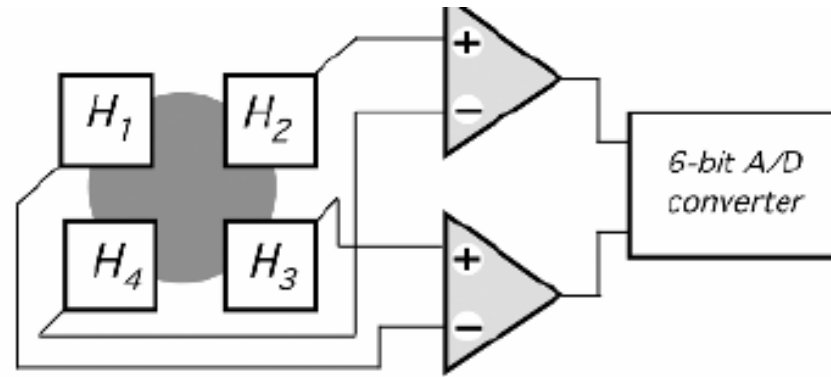
(A)

(B)

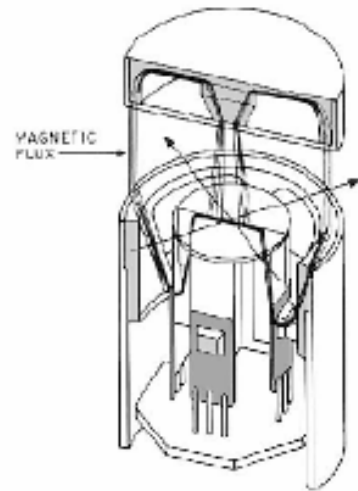




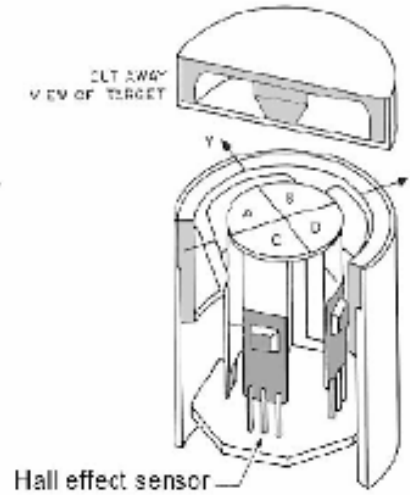
(A)



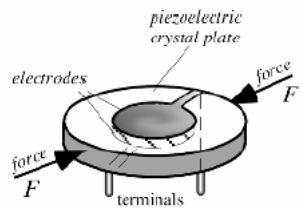
(B)



(C)

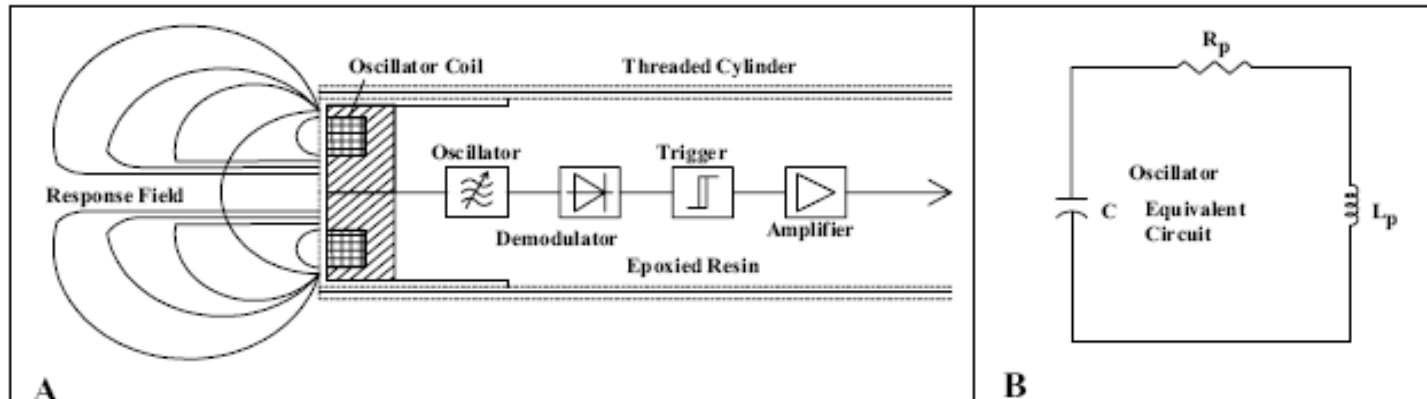


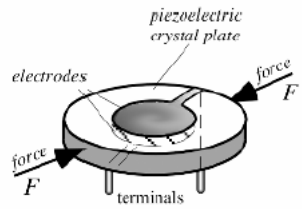
(D)



Cảm biến tiệm cận cảm ứng

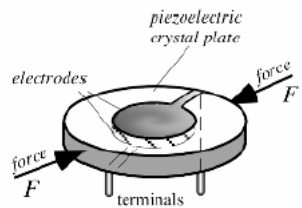
- Sơ đồ khối của cảm biến tiệm cận kiểu ECKO



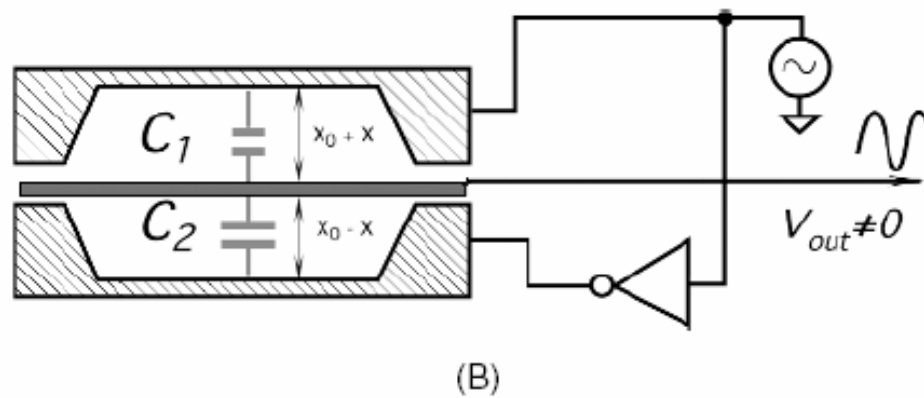
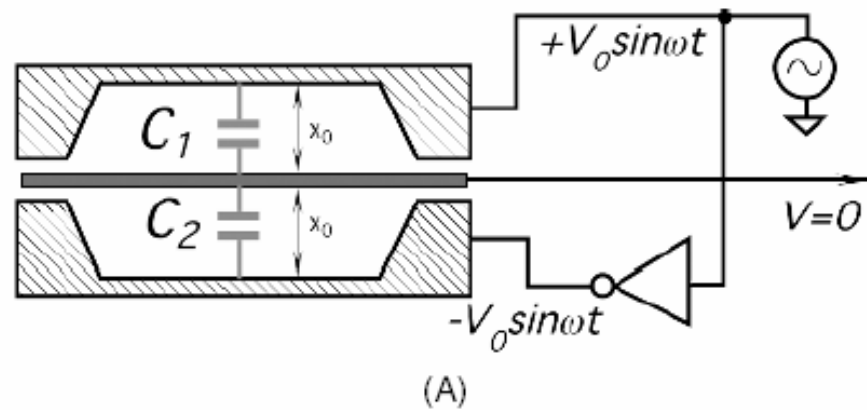


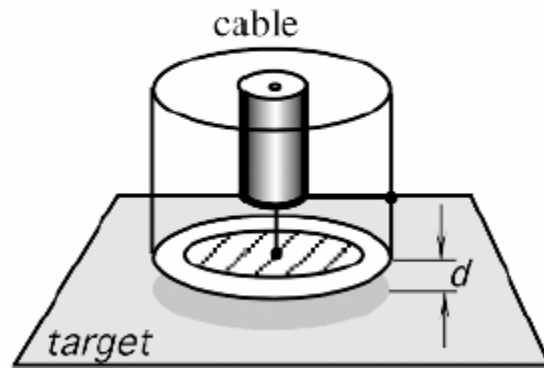
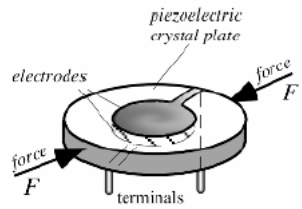
Cảm biến tiệm cận điện dung

- Tương tự cảm biến điện cảm- Con phát hiện được cảm biến điện môi.

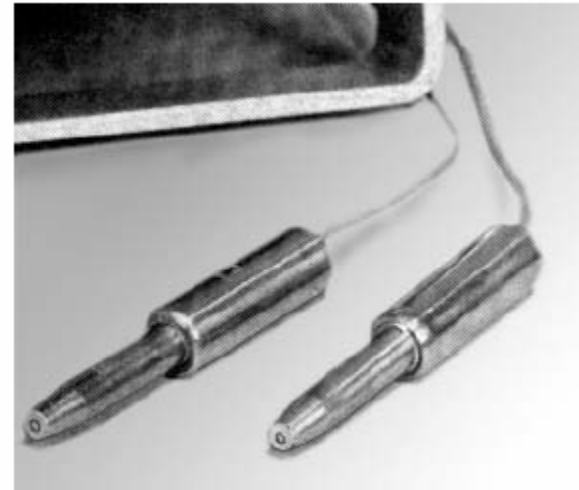


Sơ đồ mạch đo





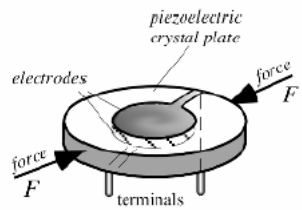
(A)



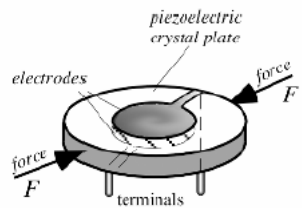
(B)

A capacitive probe with a guard ring: (A) cross-sectional view; (B) outside view.

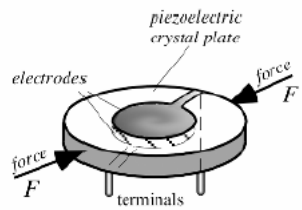
(Courtesy of ADE Technologies, Inc., Newton, MA.)



Cảm biến tiệm cận kiểu siêu âm

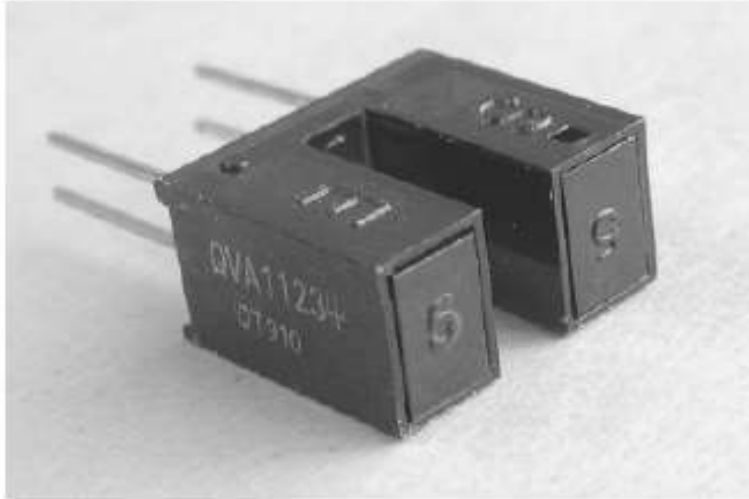


Cảm biến tiệm cận kiểu vi sóng

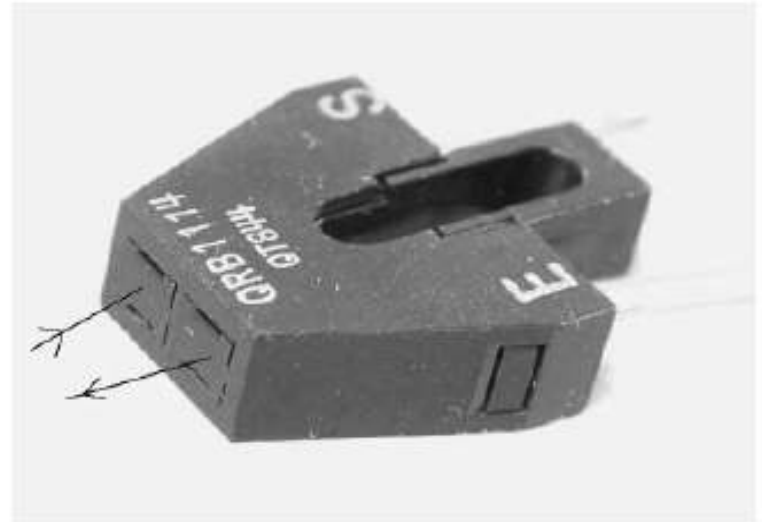


Cảm biến tiệm cận quang

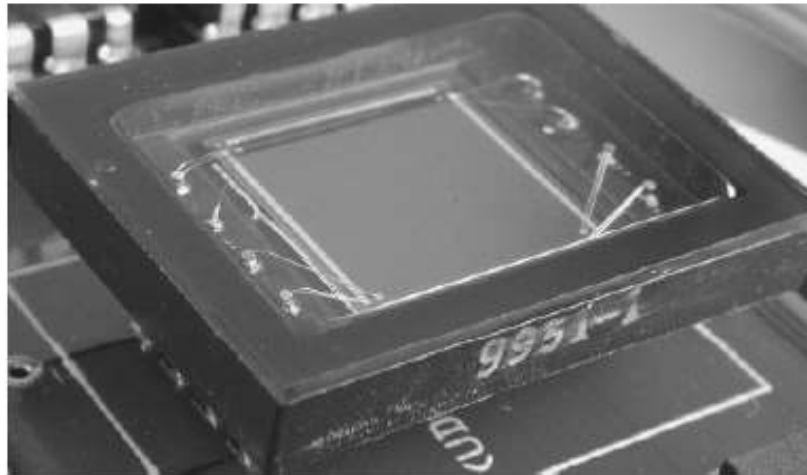
*piezoelectric
crystal plate*



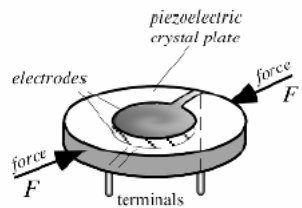
The Fairchild semiconductor QVA11234 photointerrupter.



The Fairchild semiconductor QRB1114 photoreflexive sensor.

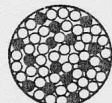


A position sensitive detector (PSD), UDT Sensors, Inc.

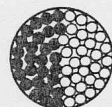


Cảm biến cáp sợi quang

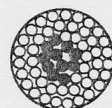
- Transmitting fiber
- Receiving fiber



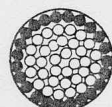
Random



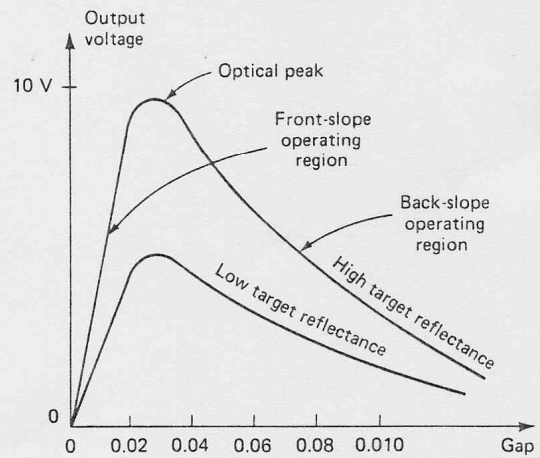
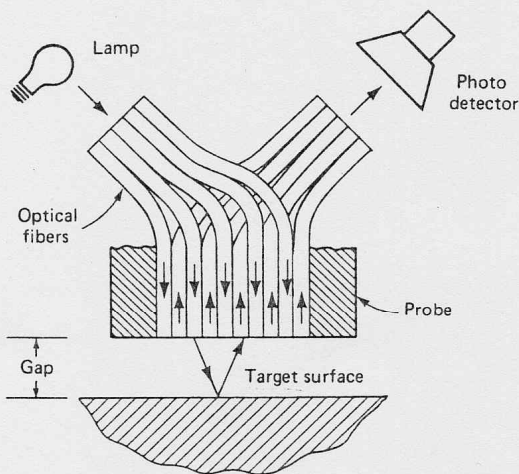
Hemispherical

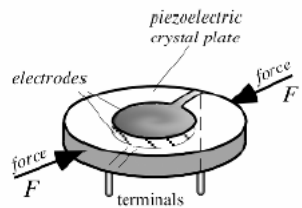


Concentric transmit outside

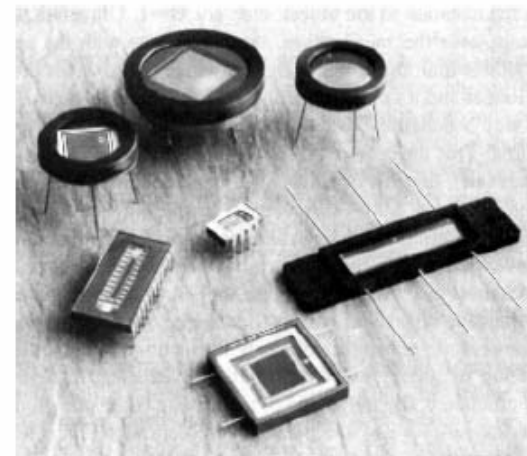
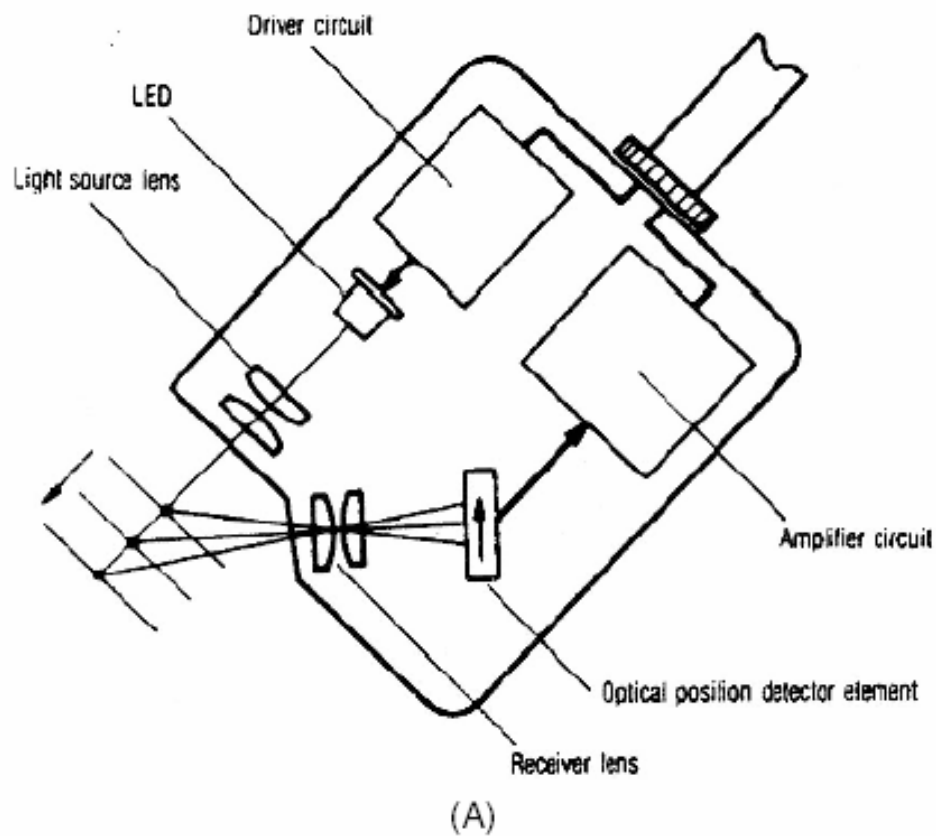


Concentric transmit inside





Ví dụ đo vị trí



(B)

Fig. 7.37. Optical position displacement sensor (From Keyence Corp. of America, Fair Lawn, NJ.)

