

**KHOA ĐIỆN TỰ ĐỘNG HÓA**  
**Trường cao đẳng Công nghiệp Phúc Yên**  
❦❦❦❦



# **GIÁO TRÌNH**

## **KỸ THUẬT CẢM BIẾN**

**(Lưu hành nội bộ)**

## LỜI NÓI ĐẦU

“Cảm biến” trong tiếng Anh gọi là sensor, xuất phát từ chữ sense theo nghĩa Latinh là nhận, từ ngày xưa người tiền sử đã nhờ vào các giác quan, xúc giác để cảm nhận tìm hiểu đặc điểm của thế giới tự nhiên và học cách sử dụng sự hiểu biết này nhằm phục vụ đời sống của họ. Trong thời đại phát triển của khoa học và kỹ thuật ngày nay con người không chỉ dựa vào các cơ quan xúc giác của cơ thể. Các chức năng xúc giác để nhận biết các vật thể, hiện tượng trong thế giới bao quanh được tăng cường nhờ phát triển các dụng cụ dùng để đo lường và phân tích mà ta gọi là cảm biến.

Cảm biến được định nghĩa như một thiết bị dùng để biến đổi các đại lượng vật lý và các đại lượng không điện cần đo thành các đại lượng điện có thể đo được (như: dòng điện, điện thế, điện dung, trở kháng...). Nó là thành phần quan trọng nhất trong một thiết bị đo hay trong một hệ điều khiển tự động, có thể nói rằng nguyên lý hoạt động của một cảm biến, trong nhiều trường hợp thực tế cũng chính là nguyên lý của phép đo hay của phương pháp điều khiển tự động.

Đã từ lâu cảm biến được sử dụng như những bộ phận để cảm nhận và phát hiện, nhưng chỉ vài chục năm trở lại đây chúng mới thể hiện rõ vai trò quan trọng kỹ thuật về công nghiệp đặc biệt là trong lĩnh vực đo lường, kiểm tra và điều khiển tự động.

Nhờ các tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ trong lĩnh vực vật liệu, thiết bị điện tử và tin học, các cảm biến đã được giảm thiểu về kích thước cải thiện tính năng và ngày càng mở rộng phạm vi ứng dụng. Giờ đây không có một lĩnh vực nào mà ở đó không sử dụng cảm biến, chúng có mặt trong những hệ thống tự động phức tạp như: Người máy, kiểm tra chất lượng sản phẩm, chúng tiết kiệm năng lượng, chống ô nhiễm môi trường. Cảm biến còn được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông vận tải, sản xuất, tiêu dùng, bảo quản thực phẩm, sản xuất ô tô, công nghệ nhiệt, hệ thống cung cấp truyền tải điện năng và bảo vệ hệ thống điện.....

Nhằm phục vụ nhu cầu giảng dạy và học tập môn kỹ thuật cảm biến tại khoa Điện tự động hóa chúng tôi đã xây dựng bài giảng kỹ thuật cảm biến bao gồm 7 chương theo đề cương chi tiết đã ban hành. Mặc dù đã cố gắng nhưng quá trình biên soạn chắc chắn vẫn không tránh được thiếu sót rất mong nhận được ý kiến đóng góp từ phía bạn đọc để giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Ths Đặng Thị Quỳnh Trang-bộ môn Tự động hóa-Khoa Điện-tự động hóa. Tác giả xin chân thành cảm ơn!

## MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	2
Chương 1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CẢM BIẾN.....	5
1.1 Khái niệm chung.....	5
1.1.1 Vai trò của cảm biến trong đo lường và điều khiển.....	5
1.1.2 Các đặc trưng cơ bản .....	5
1.2 Phân loại cảm biến .....	9
1.2.1 phân loại theo nguyên lý chuyển đổi .....	9
1.2.2 Phân loại theo tính chất nguồn .....	9
1.2.3 Phân loại theo phương pháp đo.....	10
1.3 Các hiệu ứng thường dùng trong cảm biến.....	10
1.4 Chuẩn cảm biến.....	12
1.4.1 Khái niệm.....	12
1.4.2 Phương pháp chuẩn cảm biến.....	12
Chương 2:CẢM BIẾN QUANG.....	14
2.1.Nguồn phát quang sợi đốt và bán dẫn.....	14
2.1.1 Khái niệm cơ bản về ánh sáng.....	14
2.1.2 Nguồn sáng.....	14
2.2.Quang trở, tế bào quang điện .....	15
2.2.1 Tế bào quang dẫn.....	15
2.2.2 Photodiode.....	16
2.2.3 Phototransistor .....	19
2.3 Sợi quang.....	20
2.4 Sơ lược về áp dụng cảm biến quang .....	22
Chương 3. CẢM BIẾN ĐO NHIỆT ĐỘ.....	23
3.1 Thang nhiệt độ, điểm chuẩn nhiệt độ.....	23
3.2. Cảm biến nhiệt điện trở.....	23
3.2.1 Nguyên lý.....	23
3.2.2 Nhiệt kế điện trở kim loại .....	24
3.3 Cảm biến cặp nhiệt. ....	27
3.3.1 Hiệu ứng nhiệt điện.....	27
3.3.2 Cấu tạo cặp nhiệt .....	28
3.4 Hoả kế, nhiệt kế bức xạ .....	30
3.4.1.Hoả kế bức xạ toàn phần.....	30
3.4.2 Hoả kế quang điện .....	32
3.5 Nhiệt kế áp suất lỏng và khí.....	33
3.5.1Nhiệt kế áp suất chất khí.....	33
3.5.2 Nhiệt kế áp suất chất lỏng.....	34
Chương 4. CẢM BIẾN VỊ TRÍ.....	35
4.1Cảm biến điện cảm .....	35
4.2 Cảm biến hồng ngoại .....	37
4.3Cảm biến điện dung.....	38
4.4 Cảm biến Hall. ....	39
4.5 Cảm biến tiếp cận .....	39

<b>Chương 5. CẢM BIẾN ĐO LƯU LƯỢNG VÀ MỨC CHẤT LƯU.....</b>	<b>43</b>
5.1 Đo lưu lượng bằng chênh lệch áp suất.....	43
5.2 Lưu lượng kế từ điện.....	44
5.3 Lưu lượng kế khối lượng nhiệt.....	46
5.4 Đo mức bằng phương pháp chênh áp.....	46
5.5 Đo mức sử dụng áp suất thủy tĩnh .....	46
5.6 Cảm biến đo mức kiểu điện dung .....	48
<b>Chương 6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT</b>	
6.1 Khái niệm chung về áp suất.....	50
6.2 Đo áp suất bằng chất lỏng cân bằng thủy tĩnh .....	50
6.3 Đo áp suất bằng phần tử nhạy cảm với biến dạng.....	51
<b>Chương 7. CẢM BIẾN ĐO VẬN TỐC VÀ CÁC CẢM BIẾN KHÁC</b>	
7.1 Đo tốc độ quay động cơ .....	54
7.2 Tốc độ kế điện từ .....	57
7.3 Tốc độ kế xung .....	58
7.4 Các loại cảm biến khác .....	59

## Chương 1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CẢM BIẾN

**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên các khái niệm cơ bản về cảm biến, các thông số cơ bản khi sử dụng cảm biến và phương pháp chuẩn cảm biến

### 1.1 Khái niệm chung

#### 1.1.1 Vai trò của cảm biến trong đo lường và điều khiển

Các bộ cảm biến đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong lĩnh vực đo lường và điều khiển. Chúng cảm nhận và đáp ứng theo các kích thích thường là các đại lượng không điện, chuyển đổi các đại lượng này thành các đại lượng điện và truyền các thông tin về hệ thống đo lường điều khiển, giúp chúng ta nhận dạng đánh giá và điều khiển mọi biến trạng thái của đối tượng.

#### 1.1.2 Các đặc trưng cơ bản

##### 1.1.2.1 Độ nhạy của cảm biến

###### ❖ Khái niệm

Đối với cảm biến tuyến tính, giữa biến thiên đầu ra  $\Delta s$  và biến thiên đầu vào  $\Delta m$  có sự liên hệ tuyến tính:

$$\Delta s = S \cdot \Delta m \quad (1.1)$$

Đại lượng  $S$  xác định bởi biểu thức  $S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$  được gọi là độ nhạy của cảm biến

Trường hợp tổng quát, biểu thức xác định độ nhạy  $S$  của cảm biến xung quanh giá trị  $m_i$  của đại lượng đo xác định bởi tỷ số giữa biến thiên  $\Delta s$  của đại lượng đầu ra và biến thiên  $\Delta m$  tương ứng của đại lượng đo ở đầu vào quanh giá trị đó:

$$S = \left( \frac{\Delta s}{\Delta m} \right)_{m=m_i} \quad (1.2)$$

Để phép đo đạt độ chính xác cao, khi thiết kế và sử dụng cảm biến cần làm sao cho độ nhạy  $S$  của nó không đổi, nghĩa là ít phụ thuộc nhất vào các yếu tố sau:

- Giá trị của đại lượng cần đo  $m$  và tần số thay đổi của nó.
- Thời gian sử dụng.
- Ảnh hưởng của các đại lượng vật lý khác (không phải là đại lượng đo) của môi trường xung quanh.

Thông thường nhà sản xuất cung cấp giá trị của độ nhạy  $S$  tương ứng với những điều kiện làm việc nhất định của cảm biến.

#### \* Độ nhạy trong chế độ tĩnh và tỷ số chuyển đổi tĩnh

Đường chuẩn cảm biến, xây dựng trên cơ sở đo các giá trị  $s_i$  ở đầu ra tương ứng với các giá trị không đổi  $m_i$  của đại lượng đo khi đại lượng này đạt đến chế độ làm việc danh định được gọi là đặc trưng tĩnh của cảm biến. Một điểm  $Q_i(m_i, s_i)$  trên đặc trưng tĩnh xác định một điểm làm việc của cảm biến ở chế độ tĩnh.

Trong chế độ tĩnh, độ nhạy  $S$  xác định theo công thức (1.3) chính là độ dốc của đặc trưng tĩnh ở điểm làm việc đang xét. Như vậy, nếu đặc trưng tĩnh không phải là tuyến tính thì độ nhạy trong chế độ tĩnh phụ thuộc điểm làm việc.

Đại lượng  $r_i$  xác định bởi tỷ số giữa giá trị  $s_i$  ở đầu ra và giá trị  $m_i$  ở đầu vào

được gọi là tỷ số chuyển đổi tĩnh:

$$r_i = \left( \frac{S}{m} \right)_{Q_i} \quad (1.4)$$

Từ (1.4), ta nhận thấy tỷ số chuyển đổi tĩnh  $r_i$  không phụ thuộc vào điểm làm việc  $Q_i$  và chỉ bằng  $S$  khi đặc trưng tĩnh là đường thẳng đi qua gốc tọa độ.

#### \* Độ nhạy trong chế độ động

Độ nhạy trong chế độ động được xác định khi đại lượng đo biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

Giả sử biến thiên của đại lượng đo  $m$  theo thời gian có dạng:

$$m(t) = m_0 + m_1 \cos \omega t \quad (1.5)$$

Trong đó  $m_0$  là giá trị không đổi,  $m_1$  là biên độ và  $\omega$  tần số góc của biến thiên đại lượng đo ở đầu ra của cảm biến, hồi đáp  $s$  có dạng (1.5)

$$s(t) = s_0 + s_1 \cos(\omega t + \phi)$$

-  $s_0$  là giá trị không đổi tương ứng với  $m_0$  xác định điểm làm việc  $Q_0$  trên đường cong chuẩn ở chế độ tĩnh.

-  $s_1$  là biên độ biến thiên ở đầu ra do thành phần biến thiên của đại lượng đo gây nên.

-  $\phi$  là độ lệch pha giữa đại lượng đầu vào và đại lượng đầu ra.

Trong chế độ động, độ nhạy  $S$  của cảm biến được xác định bởi tỉ số với điểm là việc xét  $Q_0$  theo công thức:

$$S = \left( \frac{S_1}{m_1} \right)_{Q_0}$$

Độ nhạy trong chế độ động phụ thuộc vào tần số đại lượng đo,  $S = S(f)$ . Sự biến thiên của độ nhạy theo tần số có nguồn gốc là do quán tính cơ, nhiệt hoặc điện của đầu đo, tức là của cảm biến và các thiết bị phụ trợ, chúng không thể cung cấp tức thời tín hiệu điện theo kịp biến thiên của đại lượng đo. Bởi vậy khi xét sự hồi đáp có phụ thuộc vào tần số cần phải xem xét sơ đồ mạch đo của cảm biến một cách tổng thể.

#### 1.1.2.2 Độ tuyến tính

##### ❖ Khái niệm

Một cảm biến được gọi là tuyến tính trong một dải đo xác định nếu trong dải chế độ đó, độ nhạy không phụ thuộc vào đại lượng đo. Trong chế độ tĩnh, độ tuyến tính chính là sự không phụ thuộc của độ nhạy của cảm biến vào giá trị của đại lượng đo, thể hiện bởi các đoạn thẳng trên đặc trưng tĩnh của cảm biến và hoạt động của cảm biến là tuyến tính chừng nào đại lượng đo còn nằm trong vùng này.

Trong chế độ động, độ tuyến tính bao gồm sự không phụ thuộc của độ nhạy ở chế độ tĩnh  $S(0)$  vào đại lượng đo, đồng thời các thông số quyết định sự hồi đáp (như tần số riêng  $f_0$ ) của dao động không tắt, hệ số tắt dần  $\xi$  cũng không phụ thuộc vào đại lượng đo

Nếu cảm biến không tuyến tính, người ta đưa vào mạch đo các thiết bị hiệu chỉnh sao cho tín hiệu điện nhận được ở đầu ra tỉ lệ với sự thay đổi của đại lượng

đo ở đầu vào. Sự hiệu chỉnh đó được gọi là sự tuyến tính hoá.

### ❖ Đường thẳng tốt nhất

Khi chuẩn cảm biến, từ kết quả thực nghiệm ta nhận được một loạt điểm tương ứng  $(s_i, m_i)$  của đại lượng đầu ra và đại lượng đầu vào. Về mặt lý thuyết, đối với các cảm biến tuyến tính, đường cong chuẩn là một đường thẳng. Tuy nhiên, do sai số khi đo, các điểm chuẩn  $(m_i, s_i)$  nhận được bằng thực nghiệm thường không nằm trên cùng một đường thẳng.

Đường thẳng được xây dựng trên cơ sở các số liệu thực nghiệm sao cho sai số là bé nhất, biểu diễn sự tuyến tính của cảm biến được gọi là đường thẳng tốt nhất. Phương trình biểu diễn đường thẳng tốt nhất được lập bằng phương pháp bình phương bé nhất. Giả sử khi chuẩn cảm biến ta tiến hành với N điểm đo, phương trình có dạng:

$$s = am + b$$

Trong đó

$$a = \frac{N \cdot \sum S_i \cdot m_i - \sum S_i \cdot \sum m_i}{N \cdot \sum m_i^2 - (\sum m_i)^2}$$
$$b = \frac{\sum S_i \cdot \sum m_i^2 - \sum m_i \cdot S_i \cdot \sum m_i}{N \cdot \sum m_i^2 - (\sum m_i)^2}$$

### ❖ Độ lệch tuyến tính

Đối với các cảm biến không hoàn toàn tuyến tính, người ta đưa ra khái niệm độ lệch tuyến tính, xác định bởi độ lệch cực đại giữa đường cong chuẩn và đường thẳng tốt nhất, tính bằng % trong dải đo.

#### 1.1.2.3 Sai số và độ chính xác

Các bộ cảm biến cũng như các dụng cụ đo lường khác, ngoài đại lượng cần đo (cảm nhận) còn chịu tác động của nhiều đại lượng vật lý khác gây nên sai số giữa giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo. Gọi  $\Delta x$  là độ lệch tuyệt đối giữa giá trị đo và giá trị thực  $x$  (sai số tuyệt đối), sai số tương đối của bộ cảm biến được tính bằng:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \quad [\%]$$

Sai số của bộ cảm biến mang tính chất ước tính bởi vì không thể biết chính xác giá trị thực của đại lượng cần đo. Khi đánh giá sai số của cảm biến, người ta thường phân chúng thành hai loại: sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên.

- Sai số hệ thống: là sai số không phụ thuộc vào số lần đo, có giá trị không đổi hoặc thay đổi chậm theo thời gian đo và thêm vào một độ lệch không đổi giữa giá trị thực và giá trị đo được. Sai số hệ thống thường do sự thiếu hiểu biết về hệ đo, do điều kiện sử dụng không tốt gây ra. Các nguyên nhân gây ra sai số hệ thống có thể là:

Do nguyên lý của cảm biến.

- + Do giá trị của đại lượng chuẩn không đúng.
- + Do đặc tính của bộ cảm biến.
- + Do điều kiện và chế độ sử dụng.
- + Do xử lý kết quả đo.

- Sai số ngẫu nhiên: là sai số xuất hiện có độ lớn và chiều không xác định. Ta có thể dự đoán được một số nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên nhưng không thể dự đoán được độ lớn và dấu của nó. Những nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên có thể là:

- + Do sự thay đổi đặc tính của thiết bị.
- + Do tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên.
- + Do các đại lượng ảnh hưởng không được tính đến khi chuẩn cảm biến.

Chúng ta có thể giảm thiểu sai số ngẫu nhiên bằng một số biện pháp thực nghiệm thích hợp như bảo vệ các mạch đo tránh ảnh hưởng của nhiễu, tự động điều chỉnh điện áp nguồn nuôi, bù các ảnh hưởng nhiệt độ, tần số, vận hành đúng chế độ hoặc thực hiện phép đo lường thống kê.

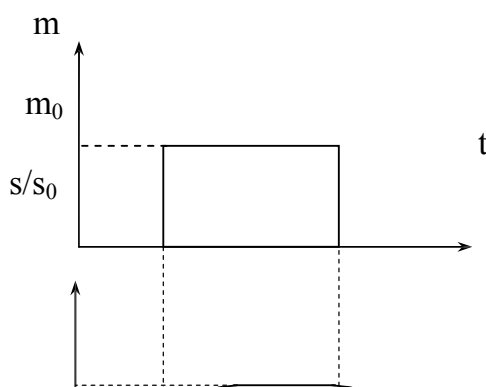
#### 1.1.2.4. Độ nhanh và thời gian hồi đáp

Độ nhanh là đặc trưng của cảm biến cho phép đánh giá khả năng theo kịp về thời gian của đại lượng đầu ra khi đại lượng đầu vào biến thiên. Thời gian hồi đáp là đại lượng được sử dụng để xác định giá trị số của độ nhanh.

Độ nhanh tr là khoảng thời gian từ khi đại lượng đo thay đổi đột ngột đến khi biến thiên của đại lượng đầu ra chỉ còn khác giá trị cuối cùng một lượng giới hạn  $\varepsilon$  tính bằng %. Thời gian hồi đáp tương ứng với  $\varepsilon\%$  xác định khoảng thời gian cần thiết phải chờ đợi sau khi có sự

biến thiên của đại lượng đo để lấy giá trị của đầu ra với độ chính xác định trước. Thời gian hồi đáp đặc trưng cho chế độ quá độ của cảm biến và là hàm của các thông số thời gian xác định chế độ này.

Trong trường hợp sự thay đổi của đại lượng đo có dạng bậc thang, các thông số thời gian gồm thời gian trễ khi tăng ( $t_{dm}$ ) và thời gian tăng ( $t_m$ ) ứng với sự tăng đột ngột của đại lượng đo hoặc thời gian trễ khi giảm ( $t_{dc}$ ) và thời gian giảm ( $t_c$ ) ứng với sự giảm đột ngột của đại lượng đo. Khoảng thời gian trễ khi tăng  $t_{dm}$  là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ giá trị ban đầu của nó đến 10% của biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian tăng  $t_m$  là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.



Hình 1.1

Tương tự, khi đại lượng đo giảm, thời gian trễ khi giảm  $t_{dc}$  là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ giá trị ban đầu của nó đến 10% biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian giảm  $t_c$  là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.



Các thông số về thời gian tr, tdm, tm, tdc, tc của cảm biến cho phép ta đánh giá về thời gian hồi đáp của nó.

Tương tự, khi đại lượng đo giảm, thời gian trễ khi giảm tdc là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ giá trị ban đầu của nó đến 10% biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian giảm tc là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ 10% đến 90% biến thiên biến thiên tổng cộng của nó.

Các thông số về thời gian tr, tdm, tm, tdc, tc của cảm biến cho phép ta đánh giá về thời gian hồi đáp của nó.

#### *1.1.2.5. Giới hạn sử dụng của cảm biến*

Trong quá trình sử dụng, các cảm biến luôn chịu tác động của ứng lực cơ học, tác động nhiệt... Khi các tác động này vượt quá ngưỡng cho phép, chúng sẽ làm thay đổi đặc trưng làm việc của cảm biến. Bởi vậy khi sử dụng cảm biến, người sử dụng cần phải biết rõ các giới hạn này.

##### **❖ Vùng làm việc danh định**

Vùng làm việc danh định tương ứng với những điều kiện sử dụng bình thường của cảm biến. Giới hạn của vùng là các giá trị ngưỡng mà các đại lượng đo, các đại lượng vật lý có liên quan đến đại lượng đo hoặc các đại lượng ảnh hưởng có thể thường xuyên đạt tới mà không làm thay đổi các đặc trưng làm việc danh định của cảm biến.

##### **❖ Vùng không gây nên hư hỏng**

Vùng không gây nên hư hỏng là vùng mà khi mà các đại lượng đo hoặc các đại lượng vật lý có liên quan và các đại lượng ảnh hưởng vượt qua ngưỡng của vùng làm việc danh định nhưng vẫn còn nằm trong phạm vi không gây nên hư hỏng, các đặc trưng của cảm biến có thể bị thay đổi nhưng những thay đổi này mang tính thuận nghịch, tức là khi trở về vùng làm việc danh định các đặc trưng của cảm biến lấy lại giá trị ban đầu của chúng.

## **1.2 Phân loại cảm biến**

### ***1.2.1 phân loại theo nguyên lý chuyển đổi***

Cảm biến được gọi tên theo nguyên lý chuyển đổi sử dụng trong cảm biến. Những cảm biến điện trở-cảm biến có chuyển đổi là điện trở, cảm biến điện từ-cảm biến có chuyển đổi làm việc theo nguyên lý về lực điện từ các đại lượng không điện cần đo được biến đổi thành sự thay đổi của các thông số như điện cảm hồ cảm hoặc từ thông, cảm biến hóa điện- chuyển đổi làm việc dựa trên hiện tượng hóa điện...

### ***1.2.2 Phân loại theo tính chất nguồn***

- Cảm Phát điện: cảm biến có đại lượng ra là điện áp U, sức điện động E, dòng điện I còn đầu vào là các đại lượng không điện cần đo
- Cảm biến thông số: cảm biến có đại lượng ra là các thông số nh: điện trở R, điện cảm L, hồ cảm M... đầu vào là các đại lượng không điện cần đo

### ***1.2.3 Phân loại theo phương pháp đo***

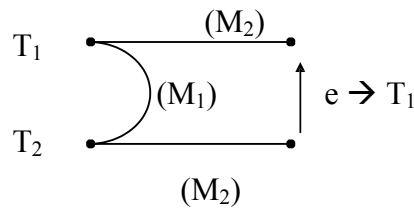
- Cảm Biến có chuyển đổi biến đổi trực tiếp
- Cảm biến có chuyển đổi bù

## **1.3 Các hiệu ứng thông dụng trong cảm biến**

##### **❖ Hiệu ứng nhiệt điện**

Hai dây dẫn (M1) và (M2) có bản chất hoá học khác nhau được hàn lại với nhau thành một mạch điện kín, nếu nhiệt độ ở hai mối hàn là T1 và T2 khác nhau, khi đó trong mạch xuất hiện một suất điện động  $e(T1, T2)$  mà độ lớn của nó phụ thuộc

chênh lệch nhiệt độ giữa  $T_1$  và  $T_2$ .

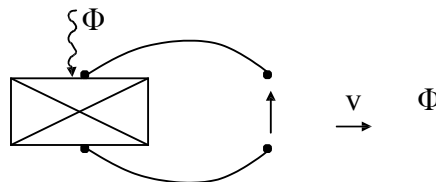


**Hình 1.2 Sơ đồ hiệu ứng nhiệt điện**

Hiệu ứng nhiệt điện được ứng dụng để đo nhiệt độ  $T_1$  khi biết trước nhiệt độ  $T_2$ , thường chọn  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ .

❖ **Hiệu ứng hoả điện**

Một số tinh thể gọi là tinh thể hoả điện (ví dụ tinh thể sulfate triglycine) có tính phân cực điện tự phát với độ phân cực phụ thuộc vào nhiệt độ, làm xuất hiện trên các mặt đối diện của chúng những điện tích trái dấu. Độ lớn của điện áp giữa hai mặt phụ thuộc vào độ phân cực của tinh thể hoả điện.

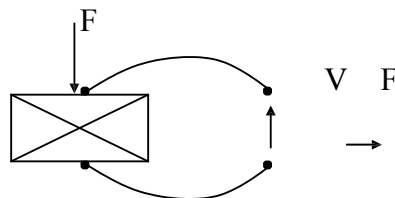


**Hình 1.3 Ứng dụng hiệu ứng hoả điện**

Hiệu ứng hoả điện được ứng dụng để đo thông lượng của bức xạ ánh sáng. Khi ta chiếu một chùm ánh sáng vào tinh thể hoả điện, tinh thể hấp thụ ánh sáng và nhiệt độ của nó tăng lên, làm thay đổi sự phân cực điện của tinh thể. Đo điện áp  $V$  ta có thể xác định được thông lượng ánh sáng  $\Phi$ .

❖ **Hiệu ứng áp điện**

Một số vật liệu gọi chung là vật liệu áp điện (như thạch anh chẳng hạn) khi bị biến dạng dưới tác động của lực cơ học, trên các mặt đối diện của tấm vật liệu xuất hiện những lượng điện tích bằng nhau nhưng trái dấu, được gọi là hiệu ứng áp điện. Đo  $V$  ta có thể xác định được cường độ của lực tác dụng  $F$

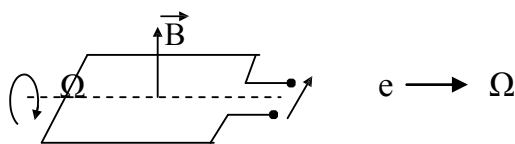


**Hình 1.4 Ứng dụng hiệu ứng áp điện**

❖ **Hiệu ứng cảm ứng điện từ**

Khi một dây dẫn chuyển động trong từ trường không đổi, trong dây dẫn xuất hiện một suất điện động tỷ lệ với từ thông cắt ngang dây trong một đơn vị thời

gian, nghĩa là tỷ lệ với tốc độ dịch chuyển của dây. Tương tự như vậy, trong một khung dây đặt trong từ trường có từ thông biến thiên cũng xuất hiện một suất điện động tỷ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua khung dây.



**Hình 1.5 Ứng dụng hiệu ứng điện từ**

Hiệu ứng cảm ứng điện từ được ứng dụng để xác định tốc độ dịch chuyển của vật thông qua việc đo suất điện động cảm ứng.

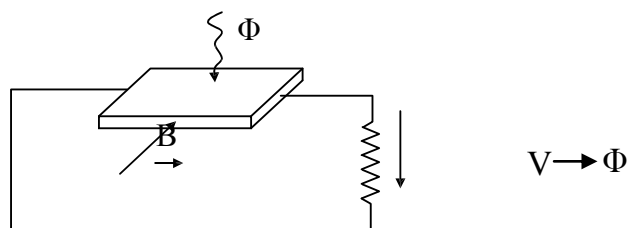
❖ **Hiệu ứng quang điện**

- **Hiệu ứng quang dẫn:** (hay còn gọi là hiệu ứng quang điện nội) là hiện tượng giải phóng ra các hạt dẫn tự do trong vật liệu (thường là bán dẫn) khi chiếu vào chúng một bức xạ ánh sáng (hoặc bức xạ điện từ nói chung) có bước sóng nhỏ hơn một ngưỡng nhất định.

- **Hiệu ứng quang phát xạ điện tử:** (hay còn gọi là hiệu ứng quang điện ngoài) là hiện tượng các điện tử được giải phóng và thoát khỏi bề mặt vật liệu tạo thành dòng có thể thu lại nhờ tác dụng của điện trường.

❖ **Hiệu ứng quang - điện - từ**

Khi tác dụng một từ trường B vuông góc với bức xạ ánh sáng, trong vật liệu bán dẫn được chiếu sáng sẽ xuất hiện một hiệu điện thế theo hướng vuông góc với từ trường B và hướng bức xạ ánh sáng.



**Hình 1.6 Ứng dụng hiệu ứng quang - điện - từ**

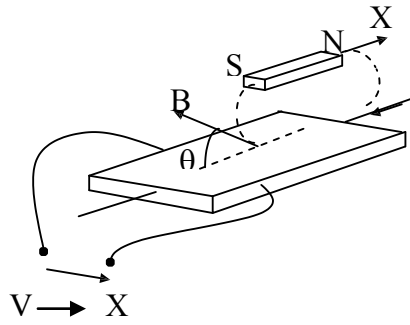
❖ **Hiệu ứng Hall**

Khi đặt một tấm mỏng vật liệu mỏng (thường là bán dẫn), trong đó có dòng điện chạy qua, vào trong một từ trường B có phương tạo với dòng điện I trong tấm một góc  $\theta$ , sẽ xuất hiện một hiệu điện thế  $V_H$  theo hướng vuông góc với B và I. Biểu thức hiệu điện thế có

dạng:

$$V_H = K_H . I . B . \sin \theta$$

Trong đó  $K_H$  là hệ số phụ thuộc vào vật liệu và kích thước hình học của tấm vật liệu



**Hình 1.7 Ứng dụng hiệu ứng Hall**

Hiệu ứng Hall được dùng để xác định vị trí của một vật chuyển động. Vật cần xác định vị trí liên kết cơ học với thanh nam châm, ở mọi thời điểm, vị trí thanh nam châm xác định giá trị của từ trường B và góc  $\theta$  tương ứng với tấm bán dẫn mỏng làm vật trung gian. Vì vậy, hiệu điện thế  $V_H$  đo được giữa hai cạnh tấm bán dẫn là hàm phụ thuộc vào vị trí của vật trong không gian.

### 1.4 Chuẩn cảm biến

#### 1.4.1 Khái niệm

Đường cong chuẩn cảm biến là đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của đại lượng điện (s) ở đầu ra của cảm biến vào giá trị của đại lượng đo (m) ở đầu vào. Đường cong chuẩn có thể biểu diễn bằng biểu thức đại số dưới dạng  $s = F(m)$ , hoặc bằng đồ thị như hình 1.1a.



**Hình 1.8 Đường cong chuẩn cảm biến**

a) Đường cong chuẩn b) Đường cong chuẩn cảm biến tuyến tính

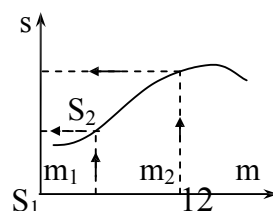
tính

Dựa vào đường cong chuẩn của cảm biến, ta có thể xác định giá trị  $m_i$  chưa biết của  $m$  thông qua giá trị đo được  $s_i$  của  $s$ .

Để dễ sử dụng, người ta thường chế tạo cảm biến có sự phụ thuộc tuyến tính giữa đại lượng đầu ra và đại lượng đầu vào, phương trình  $s = F(m)$  có dạng  $s = am + b$  với  $a, b$  là các hệ số, khi đó đường cong chuẩn là đường thẳng (hình 1.1b).

#### 1.4.2 Phương pháp chuẩn cảm biến

Chuẩn cảm biến là phép đo nhằm mục đích xác lập mối quan hệ giữa giá trị  $s$  đo được của đại lượng điện ở đầu ra và giá trị  $m$  của đại lượng đo có tính đến các yếu tố ảnh hưởng, trên cơ sở đó xây dựng đường cong chuẩn dưới dạng tường minh (đồ thị hoặc biểu thức đại số). Khi chuẩn cảm biến, với một loạt giá trị đã biết chính xác  $m_i$  của  $m$ , đo giá trị tương ứng  $s_i$  của  $s$  và dựng đường cong chuẩn.



## Hình 1.9 Phương pháp chuẩn cảm biến

### a, Chuẩn đơn giản

Trong trường hợp đại lượng đo chỉ có một đại lượng vật lý duy nhất tác động lên một đại lượng đo xác định và cảm biến sử dụng không nhạy với tác động của các đại lượng ảnh hưởng, người ta dùng phương pháp chuẩn đơn giản. Thực chất của chuẩn đơn giản là đo các giá trị của đại lượng đầu ra ứng với các giá xác định không đổi của đại lượng đo ở đầu vào. Việc chuẩn được tiến hành theo hai cách:

- Chuẩn trực tiếp: các giá trị khác nhau của đại lượng đo lấy từ các mẫu chuẩn hoặc các phân tử so sánh có giá trị biết trước với độ chính xác cao.

- Chuẩn gián tiếp: kết hợp cảm biến cần chuẩn với một cảm biến so sánh đã có sẵn đường cong chuẩn, cả hai được đặt trong cùng điều kiện làm việc. Khi tác động lên hai cảm biến với cùng một giá trị của đại lượng đo ta nhận được giá trị tương ứng của cảm biến so sánh và cảm biến cần chuẩn. Lặp lại tương tự với các giá trị khác của đại lượng đo cho phép ta xây dựng được đường cong chuẩn của cảm biến cần chuẩn.

### b, Chuẩn nhiều lần

Khi cảm biến có phần tử bị trễ (trễ cơ hoặc trễ từ), giá trị đo được ở đầu ra phụ thuộc không những vào giá trị tức thời của đại lượng cần đo ở đầu vào mà còn phụ thuộc vào giá trị trước đó của của đại lượng này. Trong trường hợp như vậy, người ta áp dụng phương pháp chuẩn nhiều lần và tiến hành như sau:

- Đặt lại điểm 0 của cảm biến: đại lượng cần đo và đại lượng đầu ra có giá trị tương ứng với điểm gốc,  $m=0$  và  $s=0$ .

- Đo giá trị đầu ra theo một loạt giá trị tăng dần đến giá trị cực đại của đại lượng đo ở đầu vào.

- Lặp lại quá trình đo với các giá trị giảm dần từ giá trị cực đại.

Khi chuẩn nhiều lần cho phép xác định đường cong chuẩn theo cả hai hướng đo tăng dần và đo giảm dần.

## Chương 2: CẢM BIẾN QUANG

**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các cảm biến quang, làm quen với một số thiết bị cảm biến quang có trên thị trường

### 2.1. Nguồn phát quang sợi đốt và bán dẫn

#### 2.1.1 Khái niệm cơ bản về ánh sáng

- Cảm biến quang đ- ợc sử dụng để chuyển đổi thông tin từ ánh sáng nhìn thấy hoặc tia hồng ngoại, tia tử ngoại thành tín hiệu điện
- ánh sáng có hai tính chất cơ bản là sóng và hạt

- Dạng sóng của ánh sáng là sóng điện từ phát ra khi có sự chuyển điện tử giữa các mức năng lượng của nguyên tử của nguồn sáng
- Tính chất hạt của ánh sáng thể hiện qua sự tương tác của ánh sáng với vật chất. ánh sáng bao gồm các hạt photon có năng lượng phụ thuộc tần số  $w=hf$ ,  $v$ - tần số ánh sáng, hằng số Planck  $h=6.6256 \cdot 10^{-34}$  Js
- Trong vật chất các điện tử liên kết trong nguyên tử có xu hướng thoát khỏi nguyên tử trở thành điện tử tự do. để giải phóng các điện tử liên kết cần cung cấp cho nó một năng lượng bằng năng lượng liên kết. Nhìn chung loại điện tích được giải phóng do chiếu sáng phụ thuộc bản chất của vật liệu bị chiếu sáng. Khi chiếu sáng chất điện môi và bán dẫn tinh khiết các điện tích được giải phóng là cặp điện tử-lỗ trống. Hiện tượng giải phóng các hạt dẫn dưới tác động của ánh sáng do hiệu ứng quang điện gây nên sự thay đổi tính chất điện của vật liệu. đây là nguyên lý cơ bản của cảm biến quang
- B-ócs sóng ngưỡng của ánh sáng có thể gây nên hiện tượng giải phóng điện tử  $\lambda_{max}=hc/w$

**Kết luận:** Hiệu ứng quang điện tỷ lệ thuận với số lượng hạt dẫn được giải phóng do tác dụng của ánh sáng trong một đơn vị thời gian. Tuy nhiên ngay cả khi  $\lambda < \lambda_{max}$  không phải mọi photon chiếu xuống bề mặt đều tham gia vào việc giải phóng hạt dẫn vì một số sẽ bị phản xạ từ bề mặt, một số khác chuyển hóa thành năng lượng của chúng thành nhiệt

### 2.1.2 Nguồn sáng

- Nguồn sáng quyết định mọi đặc tính quan trọng của bức xạ. Việc sử dụng cảm biến quang chỉ có hiệu quả khi nó phù hợp với bức xạ ánh sáng
- Các nguồn sáng thông dụng: đèn sợi đốt, diốt phát quang và Lazer

#### a, Đèn sợi đốt

- Cấu tạo: gồm sợi vonfram đặt trong bóng thủy tinh hoặc thạch anh chứa các khí trơ hoặc halogen để giảm bay hơi của sợi đốt

- đặc điểm đèn sợi đốt
  - Dải phổ rộng
  - Hiệu suất phát quang (tỷ số quang thông trên công suất tiêu thụ) thấp
  - Quán tính nhiệt lớn nên không thể thay đổi bức xạ một cách nhanh chóng
  - Tuổi thọ thấp, độ bền cơ học thấp

#### b, Diốt phát quang LED (light-Emitting-Diode)

- Là nguồn sáng bán dẫn trong đó năng lượng giải phóng do tái hợp điện tử-lỗ trống gần chuyển tiếp p-n của diode sẽ làm phát sinh các photon
- đặc điểm của đèn LED
  - Thời gian hồi đáp nhỏ cỡ ns, có khả năng điều biến đến tần số cao nhờ nguồn nuôi
  - Phổ ánh sáng hoàn toàn xác định
  - Tuổi thọ cao, đạt tới 100.000 giờ
  - Kích thước nhỏ
  - Tiêu thụ công suất thấp
  - độ bền cơ học cao
  - Quang thông tương đối nhỏ cỡ mW và nhạy với nhiệt độ

#### c, Lazer

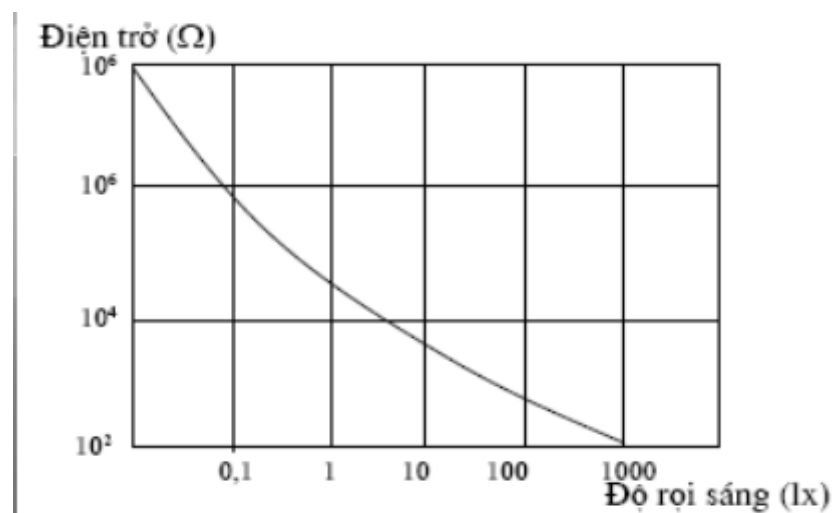
- Lazer(Light Amplification by stimulated Emission Radiation) phát sáng đơn sắc dựa trên hiện tượng khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ kích thích
- Cấu tạo gồm 4 thành phần cơ bản: Môi trường tác dụng, cơ cấu kích thích, cơ cấu phản xạ và bộ phối ghép đầu ra

## 2.2.Quang trở, tế bào quang điện

- Cảm biến quang điện thực chất là các linh kiện quang điện, thay đổi trạng thái điện khi có ánh sáng thích hợp tác động vào bề mặt của nó

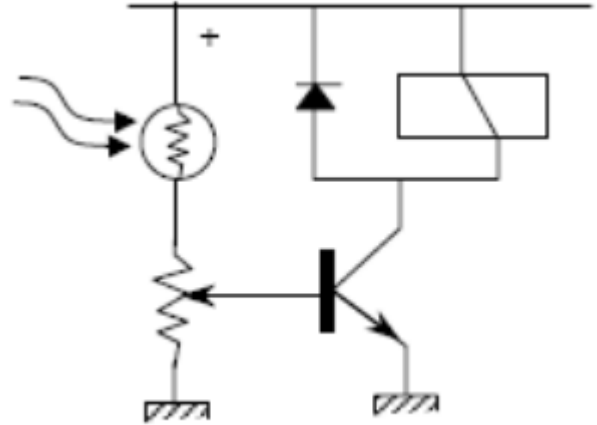
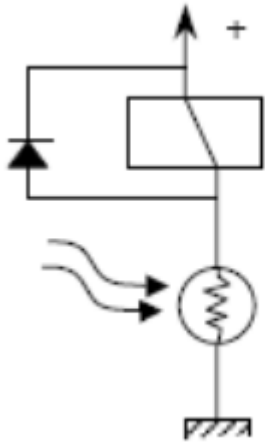
### 2.2.1 Tế bào quang dẫn

- đặc trng của tế bào quang dẫn là điện trở của nó phụ thuộc vào thông lượng của bức xạ và phổ của bức xạ ánh sáng. Tế bào quang dẫn là một trong những cảm biến có độ nhạy cao.Cơ sở vật lý của tế bào quang dẫn là hiện tượng quang dẫn do kết quả của hiệu ứng quang điện bên trong. Hiệu ứng quang điện là hiện tượng giải phóng các hạt tải điện trong vật liệu bán dẫn dưới tác dụng của ánh sáng
- Vật liệu chế tạo cảm biến Cds(cadmium sulfid), Cdse(Cadmium selenid), CdTe(Cadmium Telurid)
- Tính chất của cảm biến quang dẫn:
  - điện trở tối  $R_{co}$  phụ thuộc vào hình dáng, kích thước, nhiệt độ và bản chất hóa lý của vật liệu. Khi bị chiếu sáng điện trở tối giảm rất nhanh, quan hệ



**Hình 2.1 Quan hệ giữa điện trở và độ chiếu sáng của cảm biến quang dẫn**

- giữa điện trở và độ rọi là phi tuyến
- Tế bào quang dẫn có độ nhạy cao cho phép đơn giản hóa trong các ứng dụng nhng có một số nhược điểm:
  - đặc tính điện trở- độ rọi phi tuyến
  - Thời gian hồi đáp tương đối lớn
  - Thông số không ổn định do già hóa
  - độ nhạy phụ thuộc nhiệt độ
- ứng dụng của tế bào quang dẫn  
+ điều khiển role



điều khiển trực tiếp

điều khiển qua tranzitor

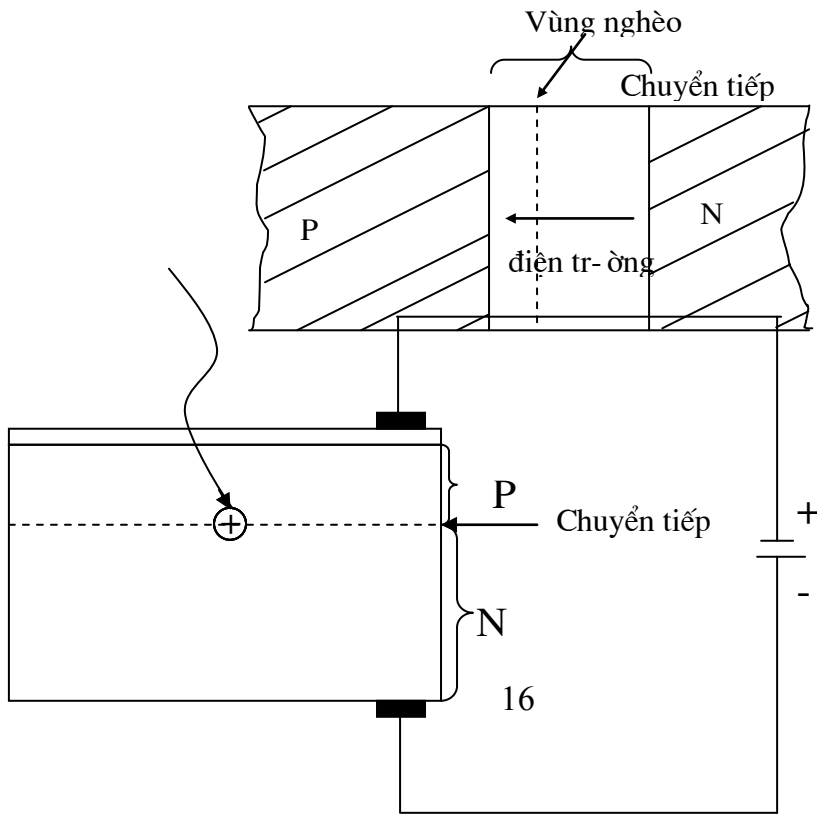
### Hình 2.2 Ứng dụng của tế bào quang dẫn

Khi có thông lượng ánh sáng chiếu lên tế bào quang dẫn, điện trở R giảm xuống đáng kể đủ để cho dòng điện I chạy qua tế bào. Dòng điện sử dụng trực tiếp hoặc thông qua khuếch đại để đóng mở rơle

+ Thu tín hiệu quang: tế bào quang dẫn có thể được sử dụng biến xung quang thành xung điện. Sự ngắt quãng của xung ánh sáng chiếu lên tế bào quang điện sẽ được phản ánh thành xung điện của mạch đo, vì vậy các thông tin mà xung ánh sáng mang tới sẽ được thể hiện trên xung điện. Người ta ứng dụng mạch đo này để đếm vật hoặc đo tốc độ quay của đĩa.

#### 2.2.2 Photodiode

- Tiếp xúc giữa P và N tạo nên vùng nghèo hạt dẫn ở đó tồn tại một điện trường và hình thành hàng rào thế  $V_b$ . Khi đó dòng điện đặt lên chuyển tiếp  $I=0$
- Nguyên lý làm việc: Khi chiếu sáng lên bề mặt diode bán dẫn bằng bức xạ có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ngưỡng  $\lambda < \lambda_s$  sẽ làm xuất hiện thêm các cặp điện tử và lỗ trống.





### Hình 2.3 Cấu tạo của Photodiot

Để các hạt này có thể tham gia vào độ dẫn và làm tăng dòng điện  $I$  cần ngăn cản quá trình tái hợp chúng tức là phải nhanh chóng tách cặp điện tử, lỗ trống dưới tác dụng của điện trường. Điều này chỉ có thể xảy ra ở vùng nghèo và sự chuyển rời của các điện tích đó kéo theo sự gia tăng dòng điện ngược  $I_r$ . Để đạt được điều đó ánh sáng phải đạt tới vùng nghèo sau khi đã đi qua bề dày của chất bán dẫn và tiêu hao năng lượng không nhiều. Càng đi sâu vào chất bán dẫn quang thông càng giảm  $\Phi(x) = \Phi_0 \cdot e^{-\lambda x}$  thực tế các diốt có lớp bán dẫn rất mỏng để sử dụng ánh sáng hữu hiệu đồng thời vùng nghèo phải đủ rộng để sự hấp thụ là cực đại

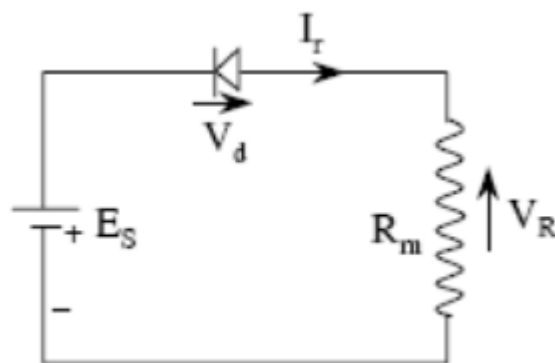
- Chế độ hoạt động
- + Chế độ quang dẫn

$E_s$  nguồn phân cực ngược diot

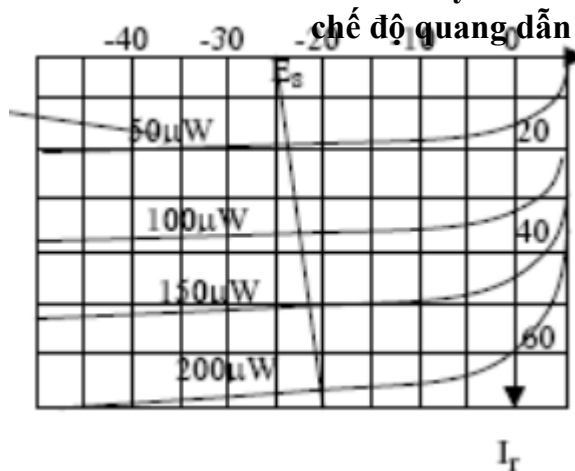
$R_m$ - đo tín hiệu

đặc tính Vôn-ampe của photodiot ứng với mức quang thông khác nhau

$$I_r = E_s / R_m + V_d / R_m$$



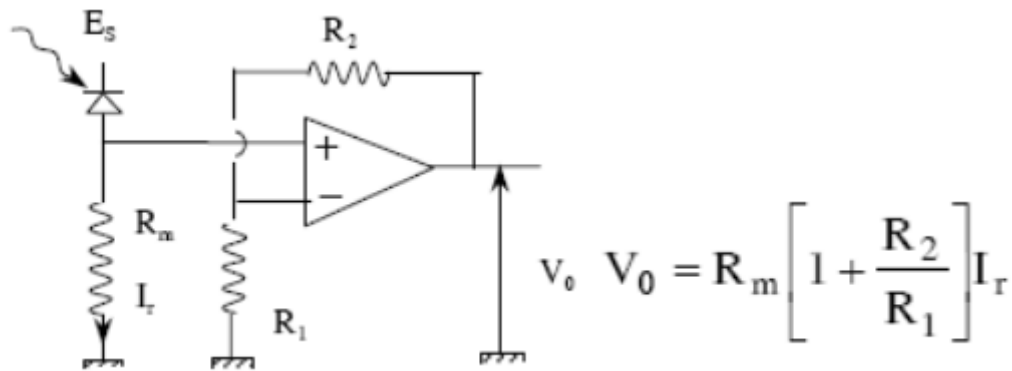
Hình 2.4 Sơ đồ thay thế Photodiot ở chế độ quang dẫn



Hình 2.5 Đặc tính V-A của Photodiot ứng với mức quang thông khác nhau

+Chế độ quang thế: trong chế độ này không có điện áp ngoài đặt vào diốt. Photodiot hoạt động giống nh một nguồn dòng. Người ta đo thế hở mạch và dòng ngắn mạch  $V_{oc}$  và  $I_{sc}$ . đặc điểm ở chế độ này là không có dòng tối do không có nguồn điện phân cực ngoài do đó có thể giảm nhiễu và cho phép đo quang thông nhỏ

- Sơ đồ sử dụng photodiot : tùy thuộc mục đích sử dụng photodiot người ta chọn chế độ làm việc cho nó
- + chế độ quang dẫn



**Hình 2.6 Sơ đồ ứng dụng của Photodiode ở chế độ quang dẫn**

Sơ đồ tác động nhanh

$$V_0 = (R_1 + R_2) \cdot I_r$$

điện trở tải của diode nhỏ

và bằng  $(R_1 + R_2) / k$

K- hệ số khuếch đại ở tần số

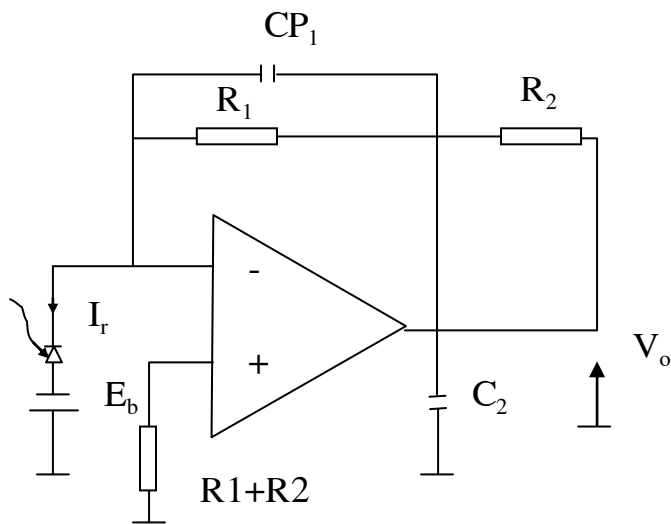
làm việc, C2 có tác dụng bù trừ ảnh hưởng của tụ ký sinh Cp1 với điều kiện  $R_1$

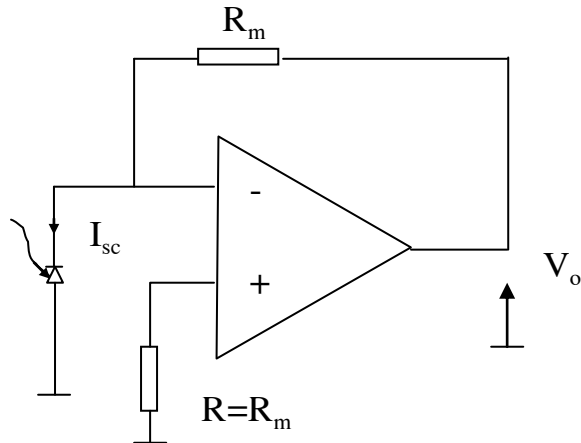
$$C_{p1} = R_2 C_2$$

+ Chế độ quang thế

Sơ đồ tuyến tính

$$V_0 = R_m \cdot I_{sc}$$

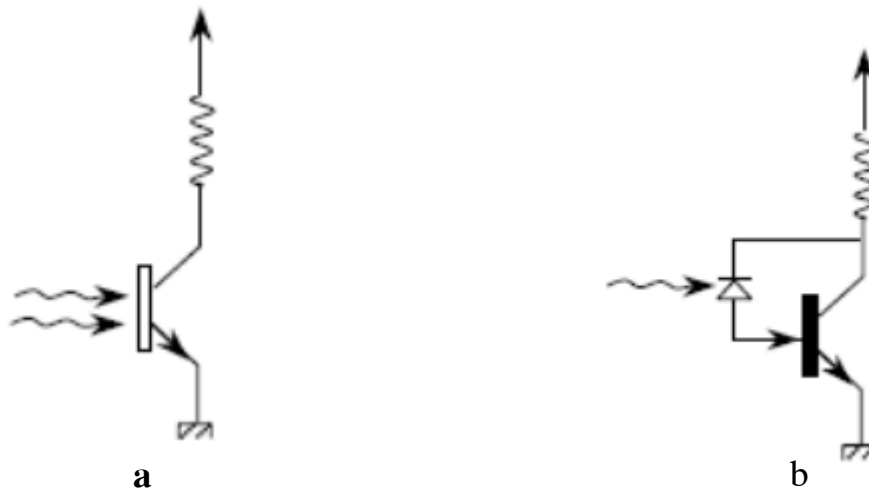




**Hình 2.7 Sơ đồ ứng dụng của Photodiode ở chế độ quang thế**

### 2.2.3 Phototranzitor

- Phototranzitor là tranzitor silic loại NPN vùng bazo có thể đọc chiếu sáng, không có điện áp đặt lên bazo, chỉ có điện áp đặt lên C, chuyển tiếp B-C phân cực ngược (hình a)



**Hình 2.8 Cấu tạo Phototranzitor**

-Nguyên lý: khi chuyển tiếp B-C đọc chiếu sáng nó hoạt động hoạt động giống photodiode ở chế độ quang dẫn với dòng ngược:

$$I_r = I_0 + I_p$$

trong đó:  $I_0$ - dòng điện ngược trong tối

$I_p$ - dòng quang điện khi có thông lượng ánh sáng chiếu qua bề dày X

→ Dòng  $I_r$  đóng vai trò là dòng bazo gây nên dòng collector  $I_c = (\beta + 1) I_r$

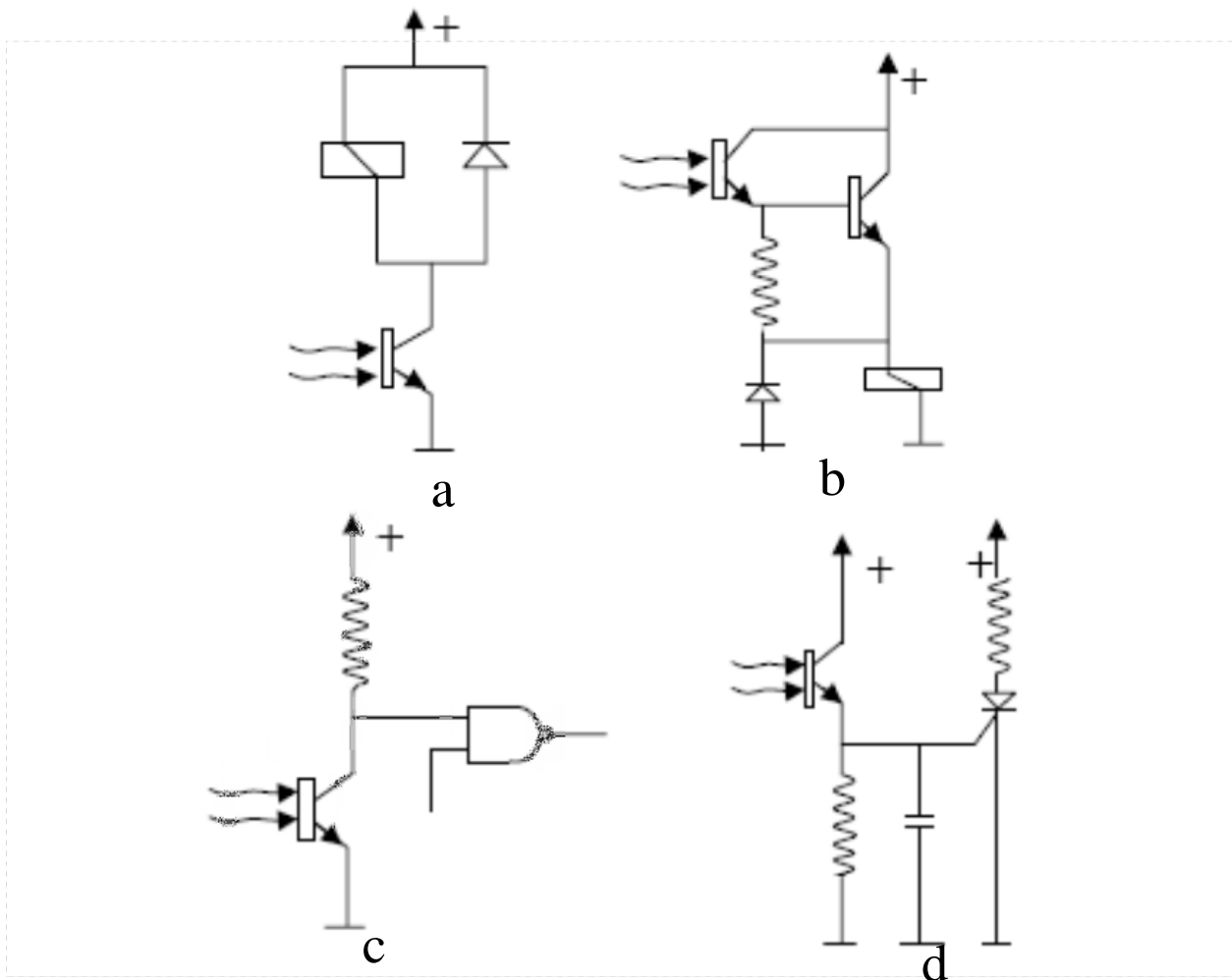
$$I_c = (\beta + 1) I_0 + (\beta + 1) I_p$$

$\beta$ - hệ số khuếch đại dòng của tranzitor khi đấu chung emitter

+ có thể coi Phototranzitor nh tổ hợp gồm một photodiot và 1 tranzitor(hình b). Photodiot cung cấp dòng quang điện tại bazo, còn tranzitor cho hiệu ứng

Khuếch đại  $\beta$ . Các điện tử và lỗ trống phát sinh trong vùng bazo(dối tác dụng của ánh sáng) sẽ bị phân cực đối tác dụng của điện trường trên chuyển tiếp B-C

- Sơ đồ dùng Phototranzitor: Phototranzitor có thể dùng làm bộ chuyển mạch hoặc làm phân tử tuyến tính. Chế độ chuyển mạch phototranzitor có u điểm so với photodiot là cho phép điều khiển trực tiếp dòng qua tong đối lớn.Ngược lại ở chế độ tuyến tính, phototranzitor có u điểm là cho độ khuếch đại nhưng độ tuyến tính của photodiot tốt hơn
- + phototranzitor chuyển mạch



**Hình 2.9 Các sơ đồ ứng dụng Phototranzitor**

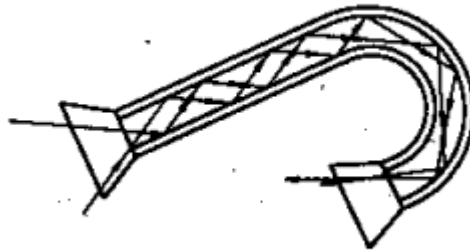
Thông tin sử dụng dạng nhị phân: có hay không có bức xạ, ánh sáng lớn hơn hay không lớn hơn ánh sáng ngưỡng

- Hình a: điều khiển trực tiếp role
- Hình b: Sau khi khuếch đại điều khiển role
- Hình c: điều khiển cổng logic

- Hình d: điều khiển thyristor

### 2.3 Sợi quang

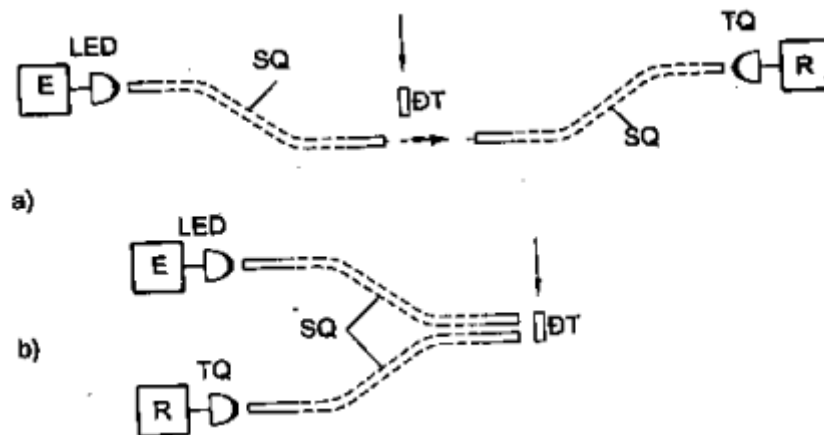
Sợi quang ứng dụng hiện tượng phản xạ toàn phần khi ánh sáng được chiếu từ môi trường trong suốt có hệ số chiết quang  $n_1$  lớn (như nước, thủy tinh, chất dẻo trong suốt) qua mặt phân cách sang một môi trường trong suốt khác có chiết suất  $n_2$  nhỏ hơn (như không khí). Hiện tượng phản xạ toàn phần xảy ra khi góc tới  $\gamma$  (hình) lớn hơn góc phản xạ toàn phần  $\gamma_0$



**Hình 2.10 Truyền ánh sáng trong sợi quang**

Sợi quang thông thường có dạng trụ với lõi bằng vật liệu thạch anh hoặc thủy tinh đa thành phần hoặc nhựa tổng hợp trong suốt với chiết suất lớn hơn nhiều so với không khí. Bên ngoài lõi là một màng vỏ làm bằng chất có chiết suất nhỏ hơn. Như trên hình 2.10 ánh sáng đi vào sợi quang qua mặt đầu của sợi quang và phản xạ toàn phần liên tục giữa mặt phân cách lõi và màng vỏ rồi ra ngoài ở mặt đầu kia của sợi. Những tia sáng không phản xạ toàn phần được thì xuyên ra ngoài sợi quang và gây ra tổn hao năng lượng ánh sáng truyền.

Các sợi quang được chế tạo để sợi có bị uốn thì phần lớn ánh vẫn được truyền dọc theo sợi.



**Hình 2.11 Cảm biến quang học dùng sợi quang kiểu ánh sáng xuyên a, và ánh sáng phản xạ b**

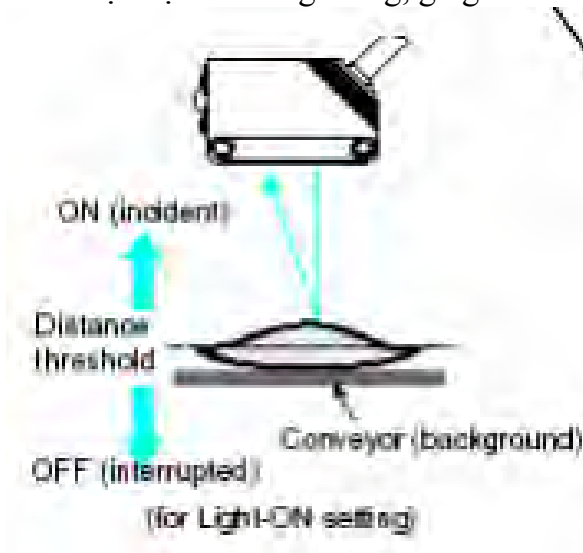
Hình 2.11 là sơ đồ lắp cảm biến quang học dạng sợi quang. Trên đó SQ: sợi quang, ĐT: đối tượng, TQ: Transzitor quang.

Đường kính sợi quang cỡ 1mm. Ưu điểm của loại này là có thể cảm nhận những vật có kích thước nhỏ tới 1mm. Cảm biến chịu tốt các rung động, va đập vì đầu sợi quang không có mạch điện, thiết bị nào cả. Do sợi quang có đường kính nhỏ nên có thể luồn lách và đặt ở những nơi rất hẹp.

## 2.4 Sơ lược về áp dụng cảm biến quang

Cảm biến quang được sử dụng rất phổ biến trong công nghiệp để phát hiện sự có mặt của vật, đếm số sản phẩm.

Phát hiện vật thể bóng loáng, gồ ghề



### Chương 3. CẢM BIẾN ĐO NHIỆT ĐỘ

**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các phương pháp đo nhiệt độ, làm quen với một số thiết bị đo nhiệt độ có trên thị trường

#### 3.1 Thang nhiệt độ, điểm chuẩn nhiệt độ.

- Thang Kelvin đơn vị  $^{\circ}\text{K}$ , trong thang đo Kelvin người ta gán cho điểm nhiệt độ cân bằng của trạng thái nước, nước đá:  $273,15^{\circ}\text{K}$

- Thang Celcius  $^{\circ}\text{C}$ , một độ Celcius bằng một độ Kelvin. Quan hệ giữa độ Celcius và độ Kelvin được thể hiện:

$$T(^{\circ}\text{C})=T(^{\circ}\text{K})-273,15$$

- Thang Fahrenheit  $^{\circ}\text{F}$ :

$$T(^{\circ}\text{F})=\frac{9}{5}T(^{\circ}\text{C})+32$$

$$T(^{\circ}\text{C})=(T(^{\circ}\text{F})-32)\frac{5}{9}$$

#### 3.2. Cảm biến nhiệt điện trở.

##### 3.2.1 Nguyên lý

Nguyên lý chung đo nhiệt độ bằng các điện trở

Là dựa vào sự phụ thuộc điện trở suất của vật liệu theo nhiệt độ.

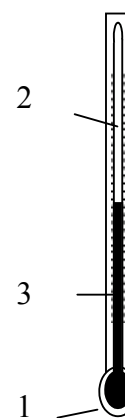
Trong trường hợp tổng quát, sự thay đổi điện trở

Theo nhiệt độ có dạng:

$$R(T) = R_0.F(T-T_0)$$

$R_0$  là điện trở ở nhiệt độ  $T_0$ , F là hàm đặc trưng cho

Vật liệu và  $F = 1$  khi  $T = T_0$ .



Hình 3.1 Nhiệt kế gián nở

Hiện nay thường sử dụng ba loại điện trở đo nhiệt độ đó là: điện trở kim loại, điện trở silic và điện trở chế tạo bằng hỗn hợp các oxyt bán dẫn. Trường hợp điện trở kim loại, hàm trên có dạng:

$$R(T) = R_0(1+AT+BT^2+CT^3)$$

Trong đó nhiệt độ  $T$  đo bằng  $^{\circ}\text{C}$ ,  $T_0=0^{\circ}\text{C}$  và A, B, C là các hệ số thực nghiệm. Trường hợp điện trở là hỗn hợp các oxyt bán dẫn:

$$R(T)=R_0.\exp\left[B\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0}\right)\right]$$

T là nhiệt độ tuyệt đối, B là hệ số thực nghiệm.

Các hệ số được xác định chính xác bằng thực nghiệm khi đo những nhiệt độ đã biết trước. Khi đã biết giá trị các hệ số, từ giá trị của R người ta xác định được nhiệt độ cần đo.

Khi độ biến thiên của nhiệt độ  $\Delta T$  (xung quanh giá trị T) nhỏ, điện trở có thể coi như thay đổi theo hàm tuyến tính:

$$R(T+\Delta T)=R(T).(1+\alpha_R\Delta T)$$

Trong đó:

$$\alpha_R = \frac{1}{R(T)} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Được gọi hệ số nhiệt của điện trở hay còn gọi là độ nhạy nhiệt ở nhiệt độ T.

Độ nhạy nhiệt phụ thuộc vào vật liệu và nhiệt độ.

Ví dụ ở  $0^{\circ}\text{C}$  platin (Pt) có  $\alpha_R = 3,9 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ .

Chất lượng thiết bị đo xác định giá trị nhỏ nhất mà nó có thể đo được cũng xác định sự thay đổi nhỏ nhất của nhiệt độ có thể phát hiện được:  $\frac{\Delta R}{R_0} \Big|_{\min}$ ,

Thực ra, điện trở không chỉ thay đổi khi nhiệt độ thay đổi do sự thay đổi điện trở suất mà còn chịu tác động của sự thay đổi kích thước hình học của nó.

### 3.2.2 Nhiệt kế điện trở kim loại

#### ❖ Vật liệu

Yêu cầu chung đối với vật liệu làm điện trở:

- Có điện trở suất  $\rho$  đủ lớn để điện trở ban đầu  $R_0$  lớn mà kích thước nhiệt kế vẫn nhỏ.

- Hệ số nhiệt điện trở của nó tốt nhất là luôn luôn không đổi dấu, không triệt tiêu.

- Có đủ độ bền cơ, hoá ở nhiệt độ làm việc.

- Dễ gia công và có khả năng thay lẫn.

Các cảm biến nhiệt thường được chế tạo bằng Pt và Ni. Ngoài ra còn dùng Cu, W.

- Platin :

+ Có thể chế tạo với độ tinh khiết rất cao (99,999%) do đó tăng độ chính xác của các tính chất điện.

+ Có tính trơ về mặt hoá học và tính ổn định cấu trúc tinh thể cao do đó đảm bảo tính ổn định cao về các đặc tính dẫn điện trong quá trình sử dụng.

+ Hệ số nhiệt điện trở ở  $0^{\circ}\text{C}$  bằng  $3,9 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ .

+ Điện trở ở  $100^{\circ}\text{C}$  lớn gấp 1,385 lần so với ở  $0^{\circ}\text{C}$ .

+ Dải nhiệt độ làm việc khá rộng từ  $-200^{\circ}\text{C}$  ÷  $1000^{\circ}\text{C}$ .

- Nikel:

+ Có độ nhạy nhiệt cao, bằng  $4,7 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ .

+ Điện trở ở  $100^{\circ}\text{C}$  lớn gấp 1,617 lần so với ở  $0^{\circ}\text{C}$ .

+ Dễ bị oxy hoá khi ở nhiệt độ cao làm giảm tính ổn định.

+ Dải nhiệt độ làm việc thấp hơn  $250^{\circ}\text{C}$

Đồng được sử dụng trong một số trường hợp nhờ độ tuyến tính cao của điện trở theo nhiệt độ. Tuy nhiên, hoạt tính hoá học của đồng cao nên nhiệt độ làm việc thường không vượt quá  $180^{\circ}\text{C}$ . Điện trở suất của đồng nhỏ, do đó để chế tạo điện trở có điện trở lớn phải tăng chiều dài dây làm tăng kích thước điện trở.

Wonfram có độ nhạy nhiệt và độ tuyến tính cao hơn platin, có thể làm việc ở nhiệt độ cao hơn. Wonfram có thể chế tạo dạng sợi rất mảnh nên có thể chế tạo được các điện trở cao với kích thước nhỏ. Tuy nhiên, ứng suất dư sau khi kéo sợi khó bị triệt tiêu hoàn toàn bằng cách ủ do đó giảm tính ổn định của điện trở.



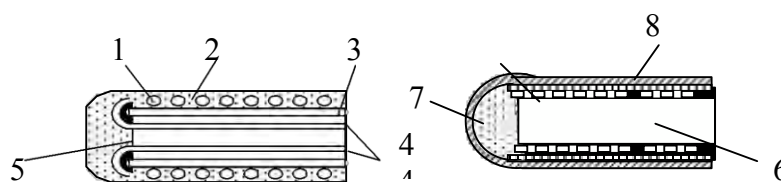
**Bảng 3.1**

Thông số	Cu	Ni	Pt	W
$T_f (^{\circ}\text{C})$	1083	1453	1769	3380
$c \text{ (J}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{kg}^{-1}\text{)}$	400HH	450	135	125
$\lambda \text{ (W}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}\text{)}$	400	90	73	120
$\alpha_l \times 10^6 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	16,7	12,8	8,9	6
$\rho \times 10^8 \text{ (}\Omega\text{m)}$	1,72	10	10,6	5,52
$\alpha \times 10^3 \text{ (}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$	3,9	4,7	3,9	4,5

### 3.2.2.1 Cấu tạo nhiệt kế điện trở

Để tránh sự làm nóng đầu đo dòng điện chạy qua điện trở thường giới hạn ở giá trị một vài mA và điện trở có độ nhạy nhiệt cao thì điện trở phải có giá trị đủ lớn. Muốn vậy phải giảm tiết diện dây hoặc tăng chiều dài dây. Tuy nhiên khi giảm tiết diện dây độ bền lại thấp, dây điện trở dễ bị đứt, việc tăng chiều dài dây lại làm tăng kích thước điện trở. Để hợp lý người ta thường chọn điện trở  $R$  ở  $0^{\circ}\text{C}$  có giá trị vào khoảng  $100\Omega$ , khi đó với điện trở platin sẽ có đường kính dây cỡ vài  $\mu\text{m}$  và chiều dài khoảng 10cm, sau khi quấn lại sẽ nhận được nhiệt kế có chiều dài cỡ 1cm. Các sản phẩm thương mại thường có điện trở ở  $0^{\circ}\text{C}$  là  $50\Omega$ ,  $500\Omega$  và  $1000\Omega$ , các điện trở lớn thường được dùng để đo ở dải nhiệt độ thấp.

- *Nhiệt kế công nghiệp*: Để sử dụng cho mục đích công nghiệp, các nhiệt kế phải có vỏ bọc tốt chống được va chạm mạnh và rung động, điện trở kim loại được cuốn và bao bọc trong thủy tinh hoặc gốm và đặt trong vỏ bảo vệ bằng thép. Trên hình 3.2 là các nhiệt kế dùng trong công nghiệp bằng điện trở kim loại platin

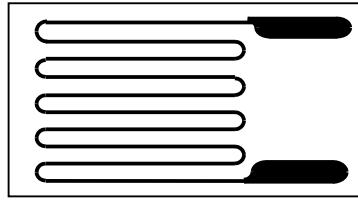


**Hình 3.2 Nhiệt kế điện trở**

- *Nhiệt kế bề mặt*:

Nhiệt kế bề mặt dùng để đo nhiệt độ trên bề mặt của vật rắn. Chúng thường được chế tạo bằng phương pháp quang hoá và sử dụng vật liệu làm điện trở là Ni, Fe-Ni hoặc Pt. Cấu trúc của một nhiệt kế bề mặt có dạng như hình vẽ 3.3. Chiều dày lớp

kim loại cỡ vài  $\mu\text{m}$  và kích thước nhiệt kế cỡ  $1\text{cm}^2$



**Hình 3.3 Nhiệt kế bề mặt**

Đặc trưng chính của nhiệt kế bề mặt:

- Độ nhạy nhiệt :  $\sim 5 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  đối với trường hợp Ni và Fe-Ni  
 $\sim 4 \cdot 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  đối với trường hợp Pt.
- Dải nhiệt độ sử dụng:  $-195^{\circ}\text{C} \div 260^{\circ}\text{C}$  đối với Ni và Fe-Ni.  
 $-260^{\circ}\text{C} \div 1400^{\circ}\text{C}$  đối với Pt.

Khi sử dụng nhiệt kế bề mặt cần đặc biệt lưu ý đến ảnh hưởng biến dạng của bề mặt đo.

### 3.2.2.2 Nhiệt kế điện trở silic

Silic tinh khiết hoặc đơn tinh thể silic có hệ số nhiệt điện trở âm, tuy nhiên khi được kích tạt loại n thì trong khoảng nhiệt độ thấp chúng lại có hệ số nhiệt điện trở dương, hệ số nhiệt điện trở  $\sim 0,7\%/^{\circ}\text{C}$  ở  $25^{\circ}\text{C}$ . Phần tử cảm nhận nhiệt của cảm biến silic được chế tạo có kích thước  $500 \times 500 \times 240 \mu\text{m}$  được mạ kim loại ở một phía còn phía kia là bề mặt tiếp xúc.

Trong dải nhiệt độ làm việc ( $-55 \div 200^{\circ}\text{C}$ ) có thể lấy gần đúng giá trị điện trở

Các cảm biến theo nhiệt độ theo công thức:

$$R_T = R_0$$

Trong đó  $R_0$  và  $T_0$  là điện trở và nhiệt độ tuyệt đối ở điểm chuẩn

Sự thay đổi nhiệt của điện trở tương đối nhỏ nên có thể tuyến tính hóa bằng cách mắc thêm một điện trở phụ.

### 3.2.2.3 Nhiệt kế điện trở oxyt bán dẫn

#### \*Vật liệu chế tạo

Nhiệt điện trở được chế tạo từ hỗn hợp oxyt bán dẫn đa tinh thể như:  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{o}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{ZnTiO}_4$ .

Trong đó  $R_0(\Omega)$  là điện trở ở nhiệt độ  $T_0(\text{K})$ .

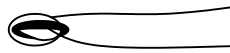
Độ nhạy nhiệt có dạng:

$$\alpha_R = \frac{\beta + b}{T^2}$$

Vì ảnh hưởng của hàm mũ đến điện trở chiếm ưu thế nên biểu thức có thể viết lại: Với B có giá trị trong khoảng 3.000 - 5.000K.

❖ **Cấu tạo**

Hỗn hợp oxuyt được trộn theo một tỷ lệ thích hợp Sau đó được nén định dạng và thiết kế nhiệt độ tới ~ 1000°C. Các dây nối kim loại được hàn tại hai điểm trên bề mặt được phủ một lớp kim loại, mặt ngoài có thể bọc bởi một lớp thủy tinh



**Hình 3.4 Cấu tạo nhiệt điện trở có vỏ bọc thủy tinh**

Nhiệt điện trở có độ nhạy nhiệt rất cao nên có thể dùng để phát hiện những biến thiên nhiệt độ rất nhỏ cỡ  $10^{-4}$  -  $10^{-3}$ K. Kích thước cảm biến nhỏ có thể đo nhiệt độ tại từng điểm. Nhiệt dung cảm biến nhỏ nên thời gian hồi đáp nhỏ. Tùy thuộc thành phần chế tạo, dải nhiệt độ làm việc của cảm biến nhiệt điện trở từ vài độ đến khoảng 300°C.

**3.3 Cảm biến cặp nhiệt.**

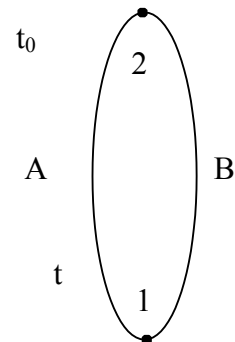
**3.3.1 Hiệu ứng nhiệt điện**

Phương pháp đo nhiệt độ bằng cảm biến nhiệt ngẫu dựa trên cơ sở hiệu ứng nhiệt điện. Người ta nhận thấy rằng khi hai dây dẫn chế tạo từ vật liệu có bản chất hoá học khác nhau được nối với nhau bằng mối hàn thành một mạch kín và nhiệt độ hai mối hàn là  $t$  và  $t_0$  khác nhau thì trong mạch xuất hiện một dòng điện. Sức điện động xuất hiện do hiệu ứng nhiệt điện gọi là sức điện động nhiệt điện. Nếu một đầu của cặp nhiệt ngẫu hàn nối với nhau, còn đầu thứ hai để hở thì giữa hai cực xuất hiện một hiệu điện thế. Hiện tượng trên có thể giải thích như sau:

Trong kim loại luôn luôn tồn tại một nồng độ điện tử tự do nhất định phụ thuộc bản chất kim loại và nhiệt độ. Thông thường khi nhiệt độ tăng, nồng độ điện tử tăng.

Giả sử ở nhiệt độ  $T_0$  nồng độ điện trở trong A là  $N_A(t_0)$ , trong B là  $N_B(t_0)$  và nhiệt độ T nồng độ điện trở trong A là  $N_A(t)$ , trong B là  $N_B(t)$ , nếu  $N_A(t_0) > N_B(t_0)$  thì nói chung  $N_A(t) > N_B(t)$ .

Xét đầu làm việc (nhiệt độ  $t$ ), do  $N_A(t)T_1 > N_B(t)$  nên có sự khuếch tán điện tử từ A → B và ở chỗ tiếp xúc xuất hiện một hiệu điện thế  $e_{AB}(t)$  có tác dụng hạn chế sự khuếch



**Hình 3.5 sơ đồ nguyên lý cặp nhiệt ngẫu**

Tương tự tại mặt tiếp xúc ở đầu tự do (nhiệt độ  $t_0$ ) cũng xuất hiện một hiệu điện thế  $e_{AB}(t_0)$ .

Giữa hai đầu của một dây dẫn cũng có chênh lệch nồng độ điện tử tự do, do đó cũng có sự khuếch tán điện tử và hình thành hiệu điện thế tương ứng trong A là  $e_A(t, t_0)$  và trong B là  $e_B(t, t_0)$ .

Sức điện động tổng sinh ra do hiệu ứng nhiệt điện xác định bởi công thức sau: Phương trình gọi là phương trình cơ bản của cặp nhiệt ngẫu. Từ phương trình nhận thấy nếu giữ nhiệt độ  $t_0 = \text{const}$  thì

Chọn nhiệt độ ở một môi hàn  $t_0 = \text{const}$  biết trước làm nhiệt độ so sánh và đo sức điện động sinh ra trong mạch ta có thể xác định được nhiệt độ  $t$  ở môi hàn thứ hai.

Sức điện động của cặp nhiệt không thay đổi nếu chúng ta nối thêm vào mạch một dây dẫn thứ ba (hình 1.26) nếu nhiệt độ hai đầu nối của dây thứ ba giống nhau.

Thật vậy:

Trong trường hợp a:

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0)$$

Vì: Nên:

$$e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0$$

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$



**Hình 3.6 Sơ đồ nối cặp nhiệt với dây dẫn thứ 3**

Trường hợp b:

$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1)$$

$$e_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1)$$

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Nếu nhiệt độ hai đầu nối khác nhau sẽ làm xuất hiện sức điện động ký sinh.

### 3.3.2 Cấu tạo cặp nhiệt

#### ❖ Vật liệu chế tạo

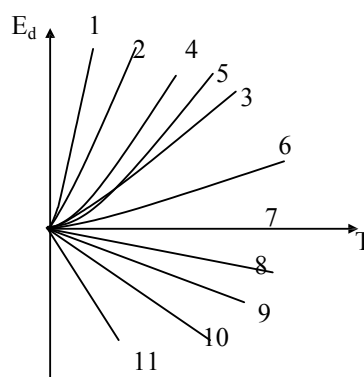
Để chế tạo cực nhiệt điện có thể dùng nhiều kim loại và hợp kim khác nhau.

Tuy nhiên chúng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Sức điện động đủ lớn (để dễ dàng chế tạo dụng cụ đo thứ cấp).
- Có đủ độ bền cơ học và hoá học ở nhiệt độ làm việc.
- Dễ kéo sợi.
- Có khả năng thay lẫn.
- Giá thành rẻ.

Hình 1.27 biểu diễn quan hệ giữa sức điện động và nhiệt độ của các vật liệu

dùng để chế tạo điện cực so với điện cực chuẩn platin



**Hình 3.7: Quan hệ giữa sức điện động và nhiệt độ**

- *Cặp Platin - Rôđi/Platin:*

Cực dương là hợp kim Platin (90%) và rôđi (10%), cực âm là platin sạch.

Nhiệt độ làm việc ngắn hạn cho phép tới  $1600^{\circ}\text{C}$ ,  $E_{đ} = 16,77\text{mV}$ . Nhiệt độ làm việc dài hạn  $< 1300^{\circ}\text{C}$ .

Đường đặc tính có dạng bậc hai, trong khoảng nhiệt độ  $0 - 300^{\circ}\text{C}$  thì  $E \approx 0$ .

Trong môi trường có  $\text{SiO}_2$  có thể hỏng ở nhiệt độ  $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ .

Đường kính điện cực thường chế tạo  $\phi = 0,5 \text{ mm}$ .

Do sai khác của các cặp nhiệt khác nhau tương đối nhỏ nên loại cặp nhiệt này thường được dùng làm cặp nhiệt chuẩn.

- *Cặp nhiệt Chromel/Alumel:*

Cực dương là Chromel, hợp kim gồm  $80\%\text{Ni} + 10\%\text{Cr} + 10\%\text{Fe}$ . Cực âm là Alumen, hợp kim gồm  $95\%\text{Ni} + 5\%(\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Si})$ .

Nhiệt độ làm việc ngắn hạn  $\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ,  $E_{đ} = 46,16 \text{ mV}$ . Nhiệt độ làm việc dài hạn  $< 900^{\circ}\text{C}$ .

Đường kính cực  $\phi = 3 \text{ mm}$ .

- *Cặp nhiệt Chromel/Coben:*

Cực dương là chromel, cực âm là coben là hợp kim gồm  $56\%\text{Cu} + 44\% \text{ Ni}$ .

Nhiệt độ làm việc ngắn hạn  $800^{\circ}\text{C}$ ,  $E_{đ} = 66 \text{ mV}$ .

Nhiệt độ làm việc dài hạn  $< 600^{\circ}\text{C}$ .

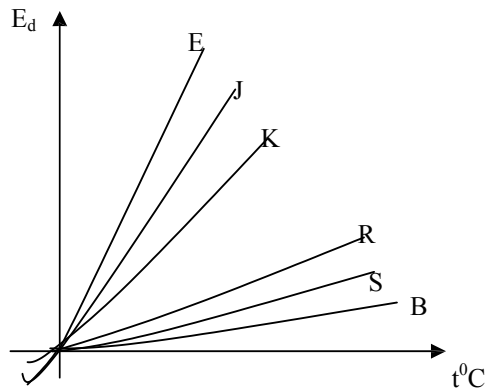
- *Cặp nhiệt Đồng/Coben:*

Cực dương là đồng sạch, cực âm là coben.

Nhiệt độ làm việc ngắn hạn  $600^{\circ}\text{C}$ .

Nhiệt độ làm việc dài hạn  $< 300^{\circ}\text{C}$ .

Loại này được dùng nhiều trong thí nghiệm vì dễ chế tạo. Quan hệ giữa sức điện động và nhiệt độ của một số cặp nhiệt cho ở hình 3.8



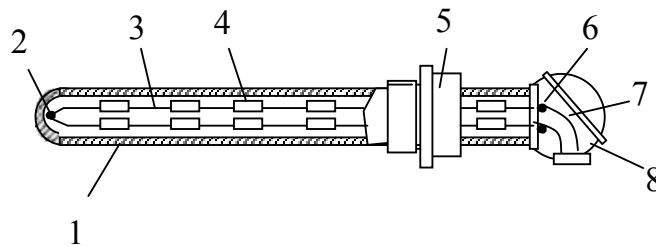
**Hình 3.8** Sức điện động của một số cặp nhiệt ngẫu

**E-Chromel/Constantan      R- Platin-Rodi  
(13%)/Platin J- Sắt/Constantan      S- Platin-Rodi  
(10%)/Platin**

**K- Chromel/Alumel      B-Platin-rodii (30%)/ Platin-rodii (6%)**

❖ **Cấu tạo**

Cấu tạo điển hình của một cặp nhiệt công nghiệp trình bày trên hình 3.9.



**Hình 3.9** Cấu tạo cặp nhiệt ngẫu

**1) Vỏ bảo vệ 2) Mối hàn 3) Dây điện cực 4) sứ cách điện  
5) bộ phận lớp đốt 6) Vít nối dây 7) Dây nối 8) đầu nối dây**

Đầu làm việc của các điện cực (3) được hàn nối với nhau bằng hàn vảy, hàn khí hoặc hàn bằng tia điện tử. Đầu tự do nối với dây nối (7) tới dụng cụ đo nhờ các vít nối (6) dây đặt trong đầu nối dây (8). Để cách ly các điện cực người ta dùng các ống sứ cách điện (4), sứ cách điện phải trơ về hoá học và đủ độ bền cơ và nhiệt ở nhiệt độ làm việc. Để bảo vệ các điện cực, các cặp nhiệt có vỏ bảo vệ (1) làm bằng sứ chịu nhiệt hoặc thép chịu nhiệt. Hệ thống vỏ bảo vệ phải có nhiệt dung đủ nhỏ để giảm bớt quán tính nhiệt và vật liệu chế tạo vỏ phải có độ dẫn nhiệt không quá nhỏ nhưng cũng không được quá lớn. Trường hợp vỏ bằng thép mối hàn ở đầu làm việc có thể tiếp xúc với vỏ để giảm thời gian hồi đáp

**3.4 Hoả kế, nhiệt kế bức xạ**

Các cảm biến quang thuộc loại cảm biến đo nhiệt độ không tiếp xúc, gồm: hoá kế bức xạ toàn phần, hoá kế quang học.

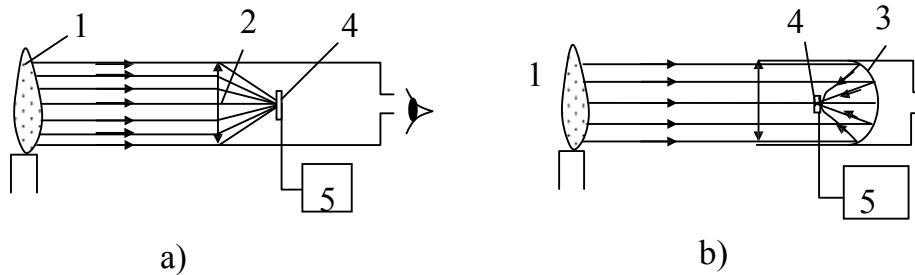
**3.4.1. Hoả kế bức xạ toàn phần**

Nguyên lý dựa trên định luật: Năng lượng bức xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của nhiệt độ tuyệt đối của vật.

$$E = \sigma T^4$$

Trong đó:  $\sigma$  là hằng số,  $T$  là nhiệt độ tuyệt đối của vật đen tuyệt đối (K).

Thông thường có hai loại: hoá kế bức xạ có ống kính hội tụ, hoá kế bức xạ có kính phản xạ.



**Hình 3.10 Hoá kế bức xạ toàn phần**

**a) có ống kính b) có kính phản xạ**

**1) nguồn bức xạ 2) thấu kính hội tụ 3) gương phản xạ  
4) bộ phận thu năng lượng 5) dụng cụ đo thứ cấp**

Trong sơ đồ hình (1.30a): ánh sáng từ nguồn bức xạ (1) qua thấu kính hội tụ (2) đập tới bộ phận thu năng lượng tia bức xạ (4), bộ phận này được nối với dụng cụ đo thứ cấp (5).

Trong sơ đồ hình (1.30b): ánh sáng từ nguồn bức xạ (1) đập tới gương phản xạ (3) và hội tụ tới bộ phận thu năng lượng tia bức xạ (4), bộ phận này được nối với dụng cụ đo thứ cấp (5).

Bộ phận thu năng lượng có thể là một vi nhiệt kế điện trở hoặc là một tổ hợp cặp nhiệt, chúng phải thoả mãn các yêu cầu:

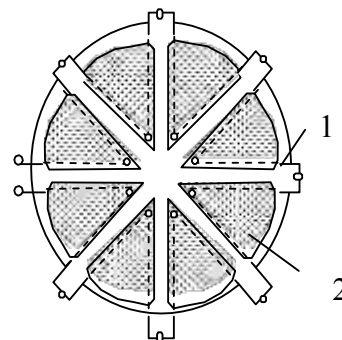
- + Có thể làm việc bình thường trong khoảng nhiệt độ 100 - 150°C.
- + Phải có quán tính nhiệt đủ nhỏ và ổn định sau 3 - 5 giây.
- + Kích thước đủ nhỏ để tập trung năng lượng bức xạ vào đo.

Trên hình 3.11 trình bày cấu tạo của một bộ thu là tổ hợp cặp nhiệt (1) thường dùng cặp cromen/coben (2) Phủ bằng bột

Hoá kế dùng gương phản xạ tổn thất năng lượng thấp (~ 10%), hoá kế dùng thấu kính hội tụ tổn thất từ 30 - 40%. Tuy nhiên loại thứ nhất lại có nhược điểm là khi môi trường nhiều bụi, gương bị bẩn, độ phản xạ giảm do đó tăng sai số.

Khi đo nhiệt độ bằng hoá kế bức xạ sai số thường không vượt quá 27°C, trong điều kiện:

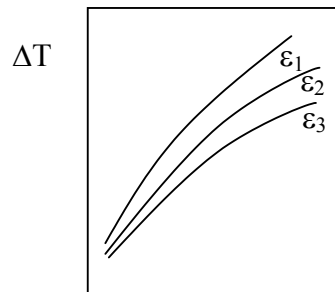
- + Vật đo phải có độ đen xấp xỉ bằng 1.



**Hình 3.11 Bộ thu năng lượng**  
**1) Cặp nhiệt 2) lớp phủ platin**

+ Tỷ lệ giữa đường kính vật bức xạ và khoảng cách đo ( $D/L$ ) không nhỏ hơn  $1/16$ .

+ Nhiệt độ môi trường  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .  
Trong thực tế độ đen của vật đo  $\varepsilon < 1$ ,  
khi đó



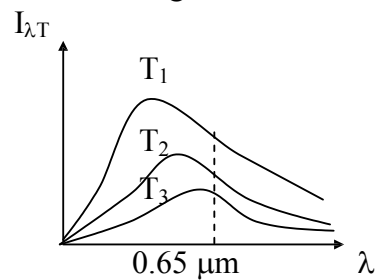
**Hình 3.12: hiệu chỉnh nhiệt độ theo độ đen**

Khoảng cách đo tốt nhất là  $1 \pm 0,2$  mét

### **3.4.2 Hoả kế quang điện**

Hoả kế quang điện chế tạo dựa trên định luật Plăng:

Trong đó  $\lambda$  là bước sóng,  $C_1$ ,  $C_2$  là các hằng số.

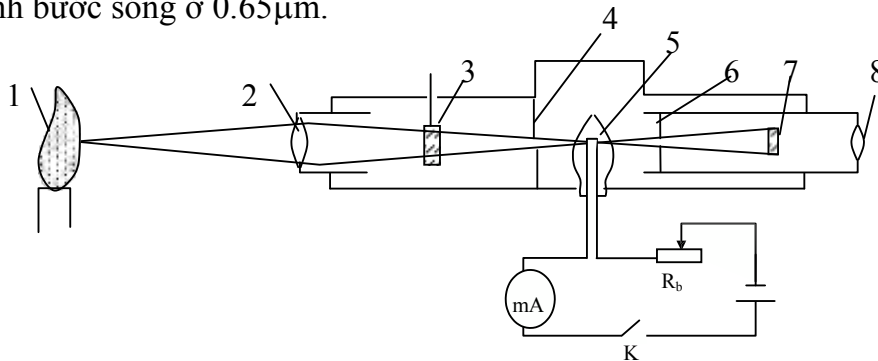


**Hình 3.13 Sự phụ thuộc của cường độ ánh sáng vào bước sóng và nhiệt độ**



Nguyên tắc đo nhiệt độ bằng hỏa kế quang học là so sánh cường độ ánh sáng của vật cần đo với độ sáng của một đèn mẫu trong cùng một bước sóng nhất định và theo cùng một hướng. Khi sáng bằng nhau thì nhiệt độ bằng nhau

Trong hình (1.33) ta nhận thấy dự phụ thuộc giữa  $I$  và  $\lambda$ ; do đó người ta thường cố định bước sóng ở  $0.65\mu\text{m}$ .



**Hình 3.14 Hỏa kế quang học**

- 1) Nguồn bức xạ 2) vật kính 3) Kính lọc 4&6) Thành ngăn 7, kính lọc ánh sáng đỏ 8, thị kính

Khi đó hướng hỏa kế vào vật cần đo ánh sáng từ vật bức xạ cần đo nhiệt độ (1) qua vật kính (2), kính lọc (3), và các vách ngăn (4), (6), kính lọc ánh sáng đỏ (7) tới thị kính (8) và mắt. Bật công tắc K để cấp điện nung nóng dây tóc bóng đèn mẫu (5), điều chỉnh biến trở  $R_b$  để độ sáng của dây tóc bóng đèn trùng với độ sáng của vật cần đo.

Sai số khi đo:

Sai số do độ đen của vật đo  $\varepsilon < 1$ . Khi đó  $T_{đo}$  xác định bởi công thức:

$$\frac{1}{T_{đo}} = \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\varepsilon \lambda}$$

Công thức hiệu chỉnh:  $T_{đo} = T_{đọc} + \Delta T$

Giá trị của  $\Delta T$  cho theo đồ thị.

Ngoài ra sai số của phép đo còn do ảnh hưởng của khoảng cách đo, tuy nhiên sai số này thường nhỏ. Khi môi trường có bụi làm bẩn ống kính, kết quả đo cũng bị ảnh hưởng

### 3.5 Nhiệt kế áp suất lỏng và khí.

Nguyên lý làm việc của áp kế nhiệt dựa trên sự phụ thuộc của áp suất làm việc của chất lỏng trong hệ thống nhiệt vào nhiệt độ. Tùy theo trạng thái làm việc của chất lỏng trong hệ thống nhiệt mà áp kế nhiệt chia thành loại khí, lỏng hay các chất ngưng tụ.

#### 3.5.1 Nhiệt kế áp suất chất khí

Đề đo nhiệt độ từ  $-150^{\circ}\text{C}$  đến  $600^{\circ}\text{C}$  chất khí được dùng là Heeli và Nito. Nguyên lý làm việc của nhiệt kế dựa trên cơ sở định luật Gay-luxac:

$$P_t = P_0(1 + \beta t)$$

Trong đó

$P_t, P_0$ : áp suất của khí ở  $0^{\circ}\text{C}$  và ở  $t^{\circ}\text{C}$

$\beta$ : hệ số áp suất của khí bằng 1/273,15

Thay vào nhiệt độ  $P_1, P_2$  và  $t_1, t_2$  ta có:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = P_1 \frac{\beta(t_2 - t_1)}{1 + \beta t_1}$$

$P_1, P_2$  là áp suất trong hệ thống nhiệt ở giá trị đầu và cuối, tương ứng với nhiệt độ  $t_1, t_2$  của giá trị đầu và cuối của thang đo.

### 3.5.2 Nhiệt kế áp suất chất lỏng

Chất lỏng được dùng làm nhiệt kế là thủy ngân dưới áp suất 10-15MPa trong buồng nhiệt ha toluen, xitilen... khi áp suất từ 0,5-5MPa. Phạm vi đo từ  $-30^0$  đến  $600^0C$  với thủy ngân. Vì chất lỏng không chịu nén nên thể tích bình nhiệt trong nhiệt kế áp suất chất lỏng khác với khí. Khi nhiệt độ thay đổi từ giá trị đầu  $t_1$  đến giá trị cuối  $t_2$  thì thể tích chất lỏng đẩy ra từ bình nhiệt thể tích  $V_T$  là:

$$\Delta V_T = V_T (\beta_L - 3\alpha)(t_2 - t_1)$$

Trong đó  $\beta_L$ : hệ số giãn nở thể tích theo nhiệt độ của chất lỏng

$\alpha$ : hệ số giãn nở dài của vật liệu làm bình nhiệt

Thể tích chất lỏng này được làm nguội từ nhiệt độ  $t_1$  đến nhiệt độ môi trường  $t_m$  đến thể tích  $\Delta V_T$ , khi đó áp suất trong hệ thống thay đổi một lượng  $\Delta P$  còn thể tích của

áp kế nén thay đổi một lượng  $\Delta V_M$ , khi giá trị  $\Delta V_M = \Delta V_T = \frac{\Delta V_M}{1 + \beta_L(t_2 - t_1)}$

$$V_T = \frac{\Delta V_M [1 + \beta_L(t_2 - t_1)]}{(\beta_L - 3\alpha)(t_2 - t_1)}$$

## Chương 4. CẢM BIẾN VỊ TRÍ

**Mục tiêu:** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các phương pháp đo vị trí, làm quen với một số thiết bị vị trí có trên thị trường

Việc xác định vị trí và dịch chuyển đóng vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật. Hiện nay có hai phương pháp cơ bản để xác định vị trí và dịch chuyển.

Trong phương pháp thứ nhất, bộ cảm biến cung cấp tín hiệu là hàm phụ thuộc vào vị trí của một trong các phần tử của cảm biến, đồng thời phần tử này có liên quan đến vật cần xác định dịch chuyển.

Trong phương pháp thứ hai, ứng với một dịch chuyển cơ bản, cảm biến phát ra một xung. Việc xác định vị trí và dịch chuyển được tiến hành bằng cách đếm số xung phát ra.

Một số cảm biến không đòi hỏi liên kết cơ học giữa cảm biến và vật cần đo vị trí hoặc dịch chuyển. Mỗi liên hệ giữa vật dịch chuyển và cảm biến được thực hiện thông qua vai trò trung gian của điện trường, từ trường hoặc điện từ trường, ánh sáng.

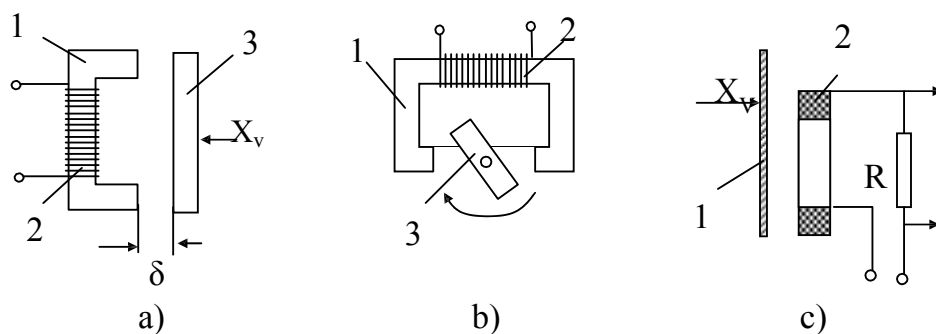
Trong chương này trình bày các loại cảm biến thông dụng dùng để xác định vị trí và dịch chuyển của vật như điện thế kế điện trở, cảm biến điện cảm, cảm biến điện dung, cảm biến quang, cảm biến dùng sóng đàn hồi

### 4.1 Cảm biến điện cảm

Cảm biến vị trí kiểu cảm ứng (hay còn gọi là cảm biến điện cảm) làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ. Vật cần đo vị trí hoặc dịch chuyển được gắn vào một phần tử của mạch từ gây nên sự biến thiên từ thông qua cuộn đo. Cảm biến điện cảm được chia ra: cảm biến tự cảm và hồ cảm.

#### ❖ Cảm biến tự cảm có khe từ biến thiên

- Cảm biến tự cảm đơn: trên hình 1.10 trình bày sơ đồ nguyên lý cấu tạo của một số loại cảm biến tự cảm đơn.



**Hình 4.1 Cảm biến tự cảm đơn  
1, lõi sắt từ 2, cuộn dây 3, phần động**

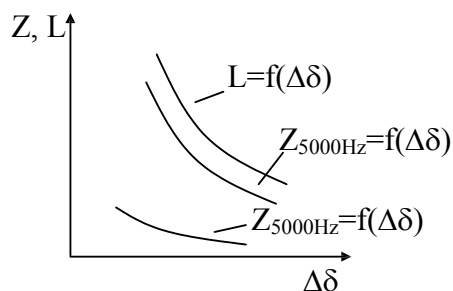
Cảm biến tự cảm đơn gồm một cuộn dây quấn trên lõi thép cố định (phần tĩnh) và một lõi thép có thể di động dưới tác động của đại lượng đo (phần động), giữa phần tĩnh và phần động có khe hở không khí tạo nên một mạch từ hở.

Sơ đồ hình 4.1a: dưới tác động của đại lượng đo  $X_v$ , phần ứng của cảm biến di chuyển, khe hở không khí  $\delta$  trong mạch từ thay đổi, làm cho từ trở của mạch từ biến thiên, do đó hệ số tự cảm và tổng trở của cuộn dây thay đổi theo.

Sơ đồ hình 4.1b: khi phần ứng quay, tiết diện khe hở không khí thay đổi, làm cho từ trở của mạch từ biến thiên, do đó hệ số tự cảm và tổng trở của cuộn dây thay đổi theo.

Hệ số tự cảm của cuộn dây cũng có thể thay đổi do thay đổi tổn hao sinh ra bởi dòng điện xoáy khi tấm sắt từ dịch chuyển dưới tác động của đại lượng đo  $X_v$  (hình 4.1c).

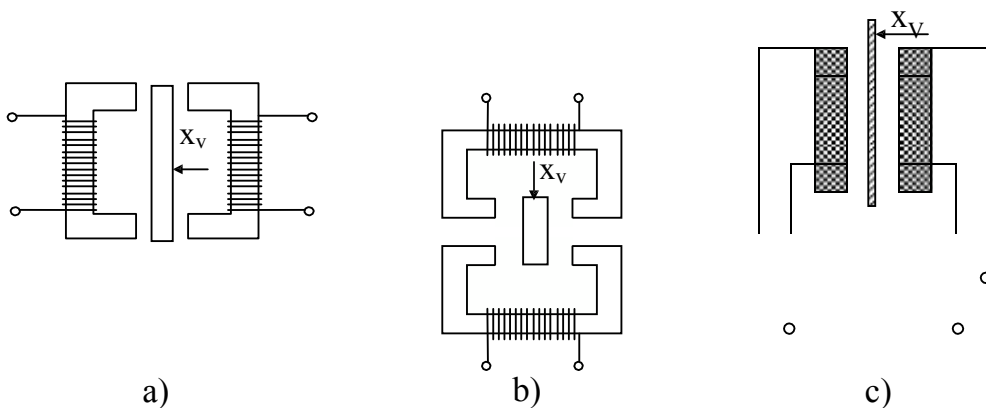
Ta thấy tổng trở  $Z$  của cảm biến là hàm tuyến tính với tiết diện khe hở không khí  $s$  và phi tuyến với chiều dài khe hở không khí  $\delta$ .



**Hình 4.2 Sự phụ thuộc giữa  $L$  và  $Z$  với chiều dài khe hở không khí  $\delta$**

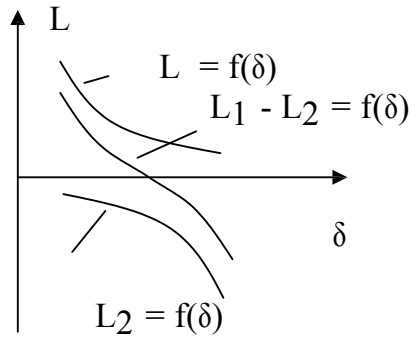
Đặc tính của cảm biến tự cảm đơn  $Z = f(\Delta\delta)$  là hàm phi tuyến và phụ thuộc tần số nguồn kích thích, tần số nguồn kích thích càng cao thì độ nhạy của cảm biến càng cao (hình 4.2).

- Cảm biến tự cảm kép lắp theo kiểu vi sai: Để tăng độ nhạy của cảm biến và tăng đoạn đặc tính tuyến tính người ta thường dùng cảm biến tự cảm kép mắc theo kiểu vi sai (hình 4.3).



**Hình 4.3 Cảm biến tự cảm kép mắc theo kiểu vi sai**

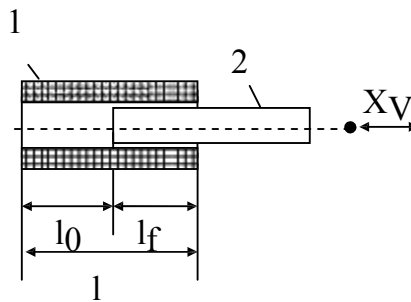
Đặc tính của cảm biến tự cảm kép vi sai có dạng như hình 4.4



**Hình 4.4 Đặc tính của cảm biến tự cảm kép mắc kiểu vi sai**

❖ **Cảm biến tự cảm có lõi từ di động**

Cảm biến gồm một cuộn dây bên trong có lõi từ di động được (hình 4.5).



**Hình 4.5 Sơ đồ nguyên lý cảm biến tự cảm lõi sắt từ 1, cuộn dây 2, lõi sắt từ**

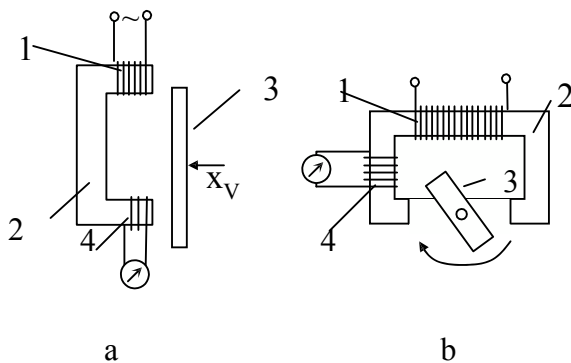
Dưới tác động của đại lượng đo  $X_V$ , lõi từ dịch chuyển làm cho độ dài  $l_f$  của lõi từ nằm trong cuộn dây thay đổi, kéo theo sự thay đổi hệ số tự cảm  $L$  của cuộn dây. Sự phụ thuộc của  $L$  vào  $l_f$  là hàm không tuyến tính, tuy nhiên có thể cải thiện bằng cách ghép hai cuộn dây đồng dạng vào hai nhánh kề sát nhau của một cầu điện trở có chung một lõi sắt.

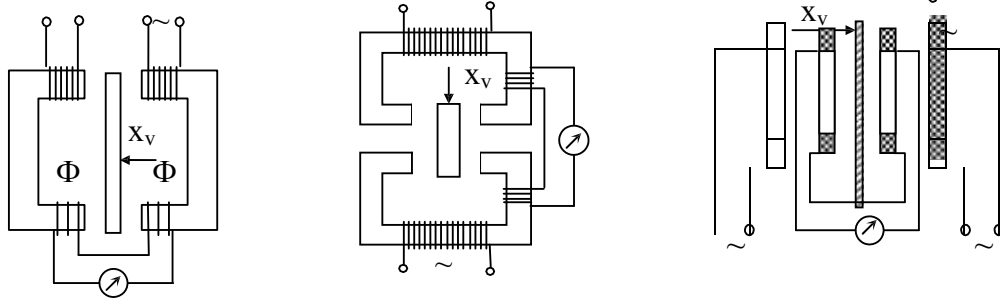
**4.2 Cảm biến hồ cảm**

Cấu tạo của cảm biến hồ cảm tương tự cảm biến tự cảm chỉ khác ở chỗ có thêm một cuộn dây đo (hình 4.6).

Trong các cảm biến đơn khi chiều dài khe hở không khí (hình 4.6a) hoặc tiết diện khe không khí thay đổi (hình 4.6b) hoặc tổn hao do dòng điện xoáy thay đổi (hình 4.6c) sẽ làm cho từ thông của mạch từ biến thiên kéo theo suất điện động  $e$  trong cuộn đo thay đổi.

- Cảm biến đơn có khe hở không khí





**Hình 4.6 Cảm biến hồ cảm 1, cuộn sơ cấp 2, gôn từ 3, lõi từ di động 4, cuộn thứ cấp (cuộn đo)**

$W_2$  - số vòng dây của cuộn dây đo.

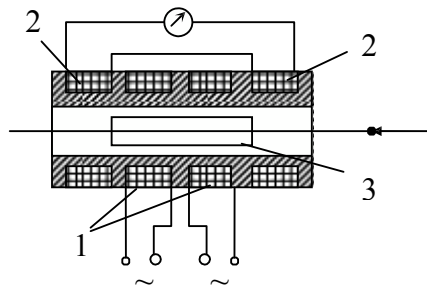
Khi làm việc với dòng xoay chiều  $i = I_m \sin \omega t$ , ta có:

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

Ta nhận thấy công thức xác định độ nhạy của cảm biến hồ cảm có dạng tương tự như cảm biến tự cảm chỉ khác nhau ở giá trị của  $E_0$  và  $L_0$ . Độ nhạy của cảm biến hồ cảm  $S_\delta$  và  $S_S$  cũng tăng khi tần số nguồn cung cấp tăng.

- Cảm biến vi sai: để tăng độ nhạy và độ tuyến tính của đặc tính cảm biến người ta mắc cảm biến theo sơ đồ vi sai (hình 4.6 d, đ, e). Khi mắc vi sai độ nhạy của cảm biến tăng gấp đôi và phạm vi làm việc tuyến tính mở rộng đáng kể.

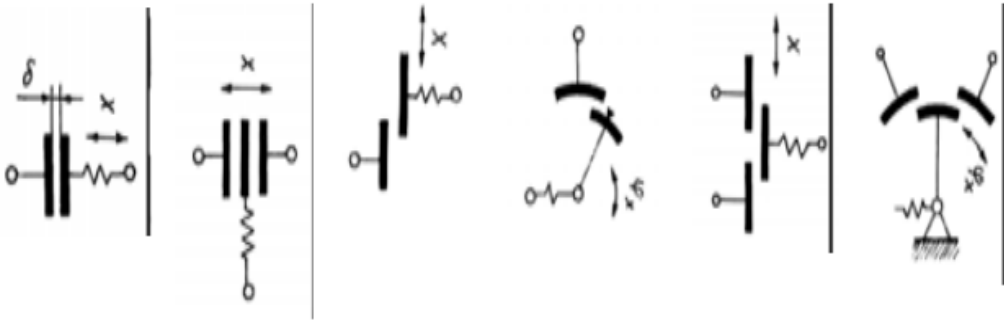
- Biến thể vi sai có lõi từ: gồm bốn cuộn dây ghép đồng trục tạo thành hai cảm biến đơn đối xứng, bên trong có lõi từ di động được (hình 4.7). Các cuộn thứ cấp được nối ngược với nhau sao cho suất điện động trong chúng triệt tiêu lẫn nhau.



**Hình 4.7 Cảm biến hồ cảm vi sai 1, cuộn sơ cấp 2, cuộn thứ cấp 3, lõi từ**

Về nguyên tắc, khi lõi từ ở vị trí trung gian, điện áp đo  $V_m$  ở đầu ra hai cuộn thứ cấp bằng không. Khi lõi từ dịch chuyển, làm thay đổi mối quan hệ giữa cuộn sơ cấp với các cuộn thứ cấp, tức là làm thay đổi hệ số hồ cảm giữa cuộn sơ cấp với các cuộn thứ cấp. Khi điện trở của thiết bị đo đủ lớn, điện áp đo  $V_m$  gần như tuyến tính với hiệu số các hệ số hồ cảm của hai cuộn thứ cấp

#### 4.3 Cảm biến điện dung.



**Hình 4.8 Một số hình dáng của cảm biến điện dung thường gặp**

- Nguyên lý làm việc của các cảm biến điện dung dựa trên sự tác động tương hỗ giữa hai điện cực tạo thành một tụ điện. Điện dung của nó sẽ thay đổi đối tác động của đại lượng đầu vào.
- Cảm biến điện dung chia thành hai nhóm chính: cảm biến máy phát và cảm biến thông số
- Cảm biến điện dung máy phát đại lượng ra là điện áp máy phát, đại lượng vào là di chuyển thẳng, di chuyển góc của bản điện cực động của của cảm biến. Loại này thường dùng đo các đại lượng cơ học

$$U = q/c = (\delta q) / (\epsilon S)$$

- Cảm biến điện dung thông số có đại lượng ra là sự thay đổi điện dung của cảm biến đại lượng đại lượng vào vào là sự di chuyển.

$$c = (\epsilon S) / \delta$$

#### 4.4 Cảm biến Hall.

Cảm biến Hall là một mảnh bán dẫn mỏng có kết cấu đặc biệt. Khi có dòng điện I chạy dọc theo tấm bán dẫn, đồng thời có từ cảm B tác động lên tấm này thì trên hai cực ngang của nó xuất hiện suất điện động Hall.

$$E_H = k_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$$

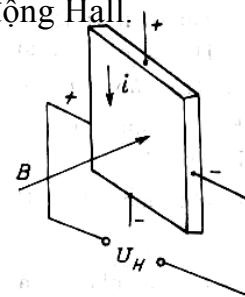
I: dòng điện dọc theo cảm biến

B: từ cảm xuyên qua cảm biến  $\theta$

góc lệch giữa I và B

$k_H$ : hệ số Hall

Cảm biến Hall được dùng



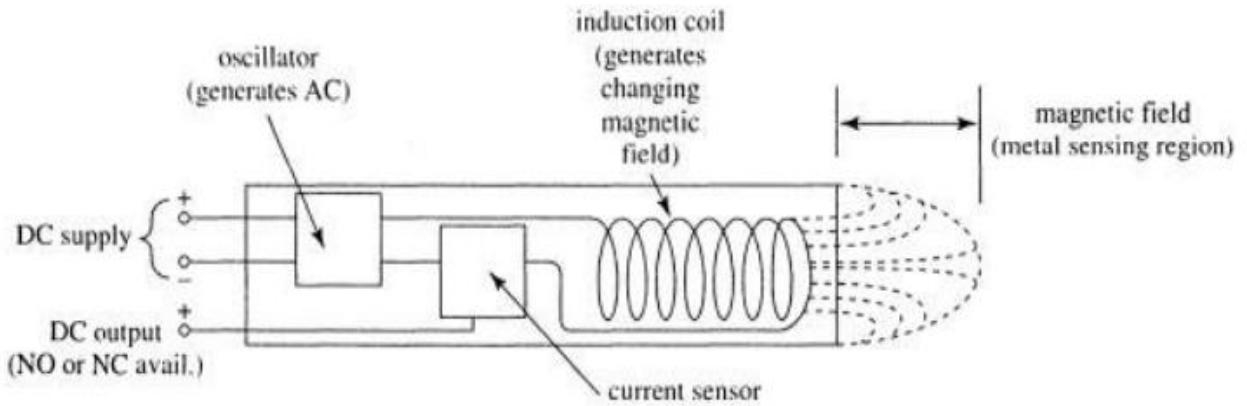
**Hình 4.9 Nguyên lý cảm biến hall**

rộng rãi trong các thiết bị đo từ, cảm biến tiếp cận, có dải đo từ  $1 \div 10^6$  Gauss.

#### 4.5 Cảm biến tiếp cận

- Cảm biến tiệm cận được sử dụng để phát hiện sự có mặt hay không có mặt của đối tượng bằng kỹ thuật cảm biến không có tiếp xúc cơ học.
- Cảm biến tiệm cận sử dụng nguyên lý thay đổi điện cảm hay điện dung của phần tử mạch điện khi có mặt hoặc không có mặt đối tượng. Cảm biến này có cấu trúc tương đối đơn giản, không đòi hỏi tiếp xúc cơ học nhưng tầm hoạt động bị hạn chế với khoảng cách tối đa 100mm
- Hiện nay các cảm biến tiệm cận dựa trên nguyên lý vi sóng và quang học có tầm hoạt động lớn và được sử dụng rộng rãi trong thực tế

#### 4.5.1 Cảm biến tiệm cận điện cảm



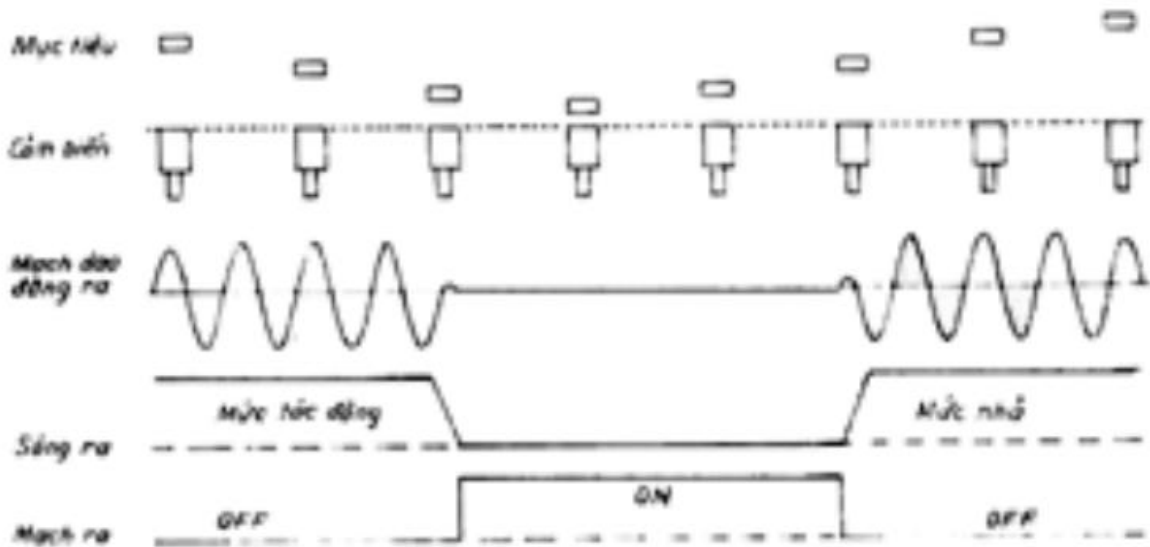
**Hình 4.10 Sơ đồ cấu tạo nguyên lý của cảm biến tiệm cận điện cảm**

- Cấu tạo: 1 bộ cảm biến tiệm cận điện cảm gồm 4 khối chính:

- Cuộn dây và lõi Ferit
- Mạch dao động
- Mạch phát hiện
- Mạch đầu ra

- Nguyên lý làm việc: Mạch dao động phát dao động điện từ tần số radio. Từ trường biến thiên tập trung từ lõi sắt sẽ móc vòng đối tượng kim loại đặt đối diện với nó. Khi đối tượng lại gần sẽ có dòng điện Foucault cảm ứng trên bề mặt đối tượng tạo nên một tải làm giảm biên độ tín hiệu dao động. Bộ phát hiện sẽ phát hiện ra sự thay đổi trạng thái biên độ mạch dao động...Mạch bị phát hiện sẽ ở vị trí ON phát tín hiệu làm mạch ra ở vị trí ON. Khi mục tiêu rời khỏi

Trường của bộ cảm biến biên độ mạch dao động tăng lên trên giá trị ngưỡng và bộ phát hiện trở về vị trí OFF là vị trí bình thường



**Hình 4.11 Giải đồ phát hiện vật của cảm biến tiệm cận điện cảm**

Hiệu số biên độ tác động và không tác động của bộ tác động tương ứng với sự trở về cảm biến. Nó tương ứng với điểm phát hiện và điểm nhả của cảm biến đối diện bề mặt đối tượng.

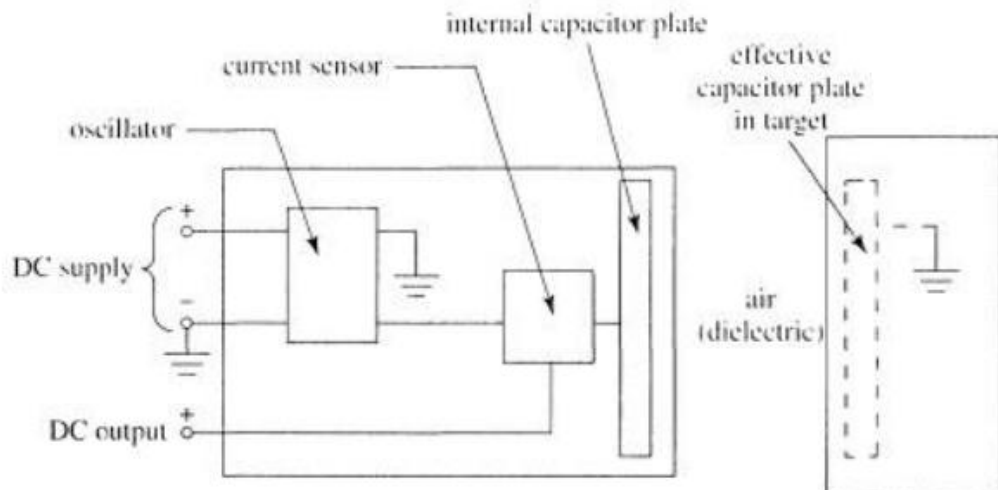
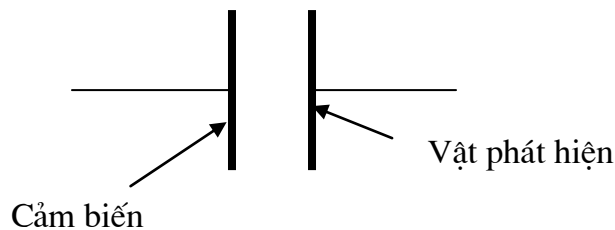
- Phạm vi của cảm biến tiệm cận điện cảm liên quan đến khoảng cách giữa bề mặt của cảm biến và đối tượng có liên quan đến hình dáng của lõi và dây quấn.



- Những yếu tố ảnh hưởng đến tâm(phạm vi) của cảm biến
  - Kích th-ớc và hình dáng lõi, cuộn dây, vật liệu lõi
  - Vật liệu và kích th-ớc đối tượng
  - Điều kiện điện từ xung quanh
  - Nhiệt độ môi trường xung quanh

#### 4.5.2 Cảm biến tiệm cận điện dung

- Cảm biến tiệm cận điện dung: sự có mặt của đối tượng làm thay đổi điện dung của các bản cực cảm biến. Cảm biến tiệm cận điện dung cũng gồm 4 bộ phận
  - + Cảm biến(các bản cực cách điện)
  - + Mạch dao động
  - + Bộ phát hiện
  - + Mạch đầu ra
- đặc điểm: cảm biến tiệm cận điện dung không đòi hỏi đối tượng là kim loại. đối tượng phát hiện có thể là chất lỏng, vật liệu phi kim, thủy tinh, nhựa. Tốc độ chuyển mạch tương đối nhanh, có thể phát hiện các đối tượng kích th-ớc nhỏ, phạm vi cảm nhận lớn



**Hình 4.12 Cấu tạo cảm biến tiệm cận điện dung**

- Hạn chế của cảm biến tiệm cận điện dung là chịu ảnh h-ởng của độ ẩm và bụi. Cảm biến tiệm cận điện dung có vùng cảm nhận lớn hơn vùng cảm nhận của cảm biến tiệm cận điện cảm. Ví dụ với ống 18mm cảm biến điện dung có vùng cảm nhận là 10mm,

vùng cảm nhận của cảm biến tiệm cận điện cảm là 8mm. Với ống 30mm vùng cảm nhận của cảm biến tiệm cận điện dung là 25 mm, điện cảm là 15mm

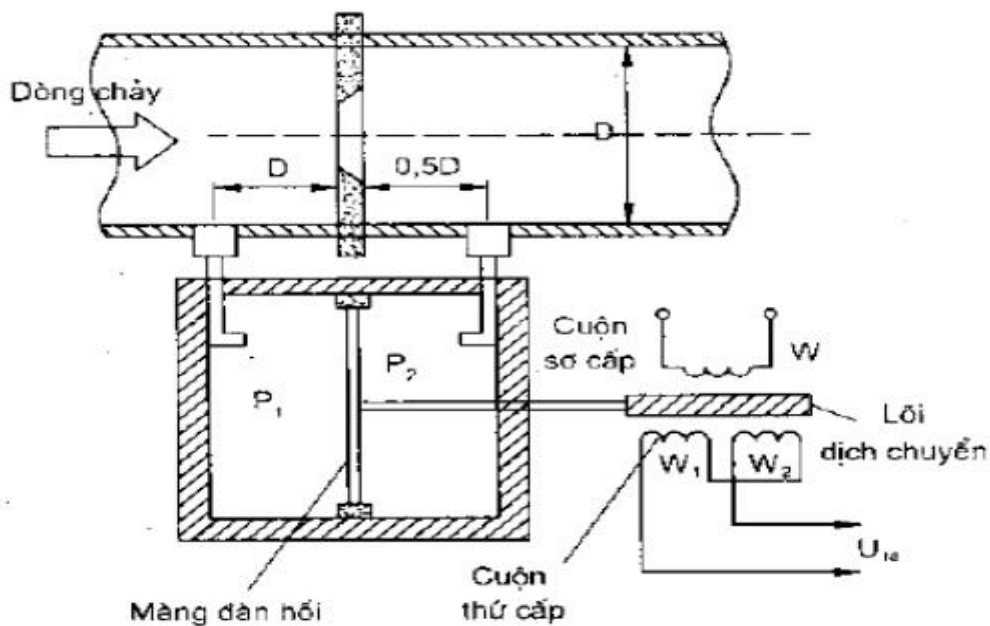
- Để bù ảnh hưởng của môi trường các cảm biến tiệm cận điện dung thường có chiết áp điều chỉnh

## Chương 5. CẢM BIẾN ĐO LƯU LƯỢNG VÀ MỨC CHẤT LỎU

**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các phương pháp đo lưu lượng và đo mức, làm quen với một số thiết bị đo lưu lượng và đo mức có trên thị trường

### 5.1 Đo lưu lượng bằng chênh lệch áp suất

- Một trong những nguyên tắc phổ biến để đo lưu lượng chất lỏng, khí và hơi là nguyên tắc thay đổi độ giảm áp suất qua ống thu hẹp. Ưu điểm của các dụng cụ này là đơn giản chắc chắn không có tiếng ồn, dễ chế tạo hàng loạt, đo được ở bất kỳ môi trường, nhiệt độ và áp suất nào, giá thành thấp
- Khảo sát nguyên lý dòng chảy trong một ống dẫn có đặt thiết bị thu hẹp. Khi có dòng chất lỏng chảy qua lỗ thu hẹp thì tốc độ của nó tăng lên so với tốc độ trước lỗ thu hẹp. Do đó áp suất dòng chảy ở cửa ra của lỗ thu hẹp giảm xuống tạo nên sự chênh lệch áp suất phía trước và phía sau lỗ thu hẹp. Sử dụng áp kế vi sai đo được sự chênh lệch áp suất này từ đó đo được lưu lượng này



**Hình 5.1 Nguyên lý đo lưu lượng bằng chênh lệch áp suất**

- Tốc độ dòng chảy sau ống thu hẹp lớn hơn trước ống do đó áp suất sau ống lớn hơn

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \quad (5.1)$$

- Lưu lượng phụ thuộc vào tốc độ nên cũng phụ thuộc vào độ chênh lệch áp suất

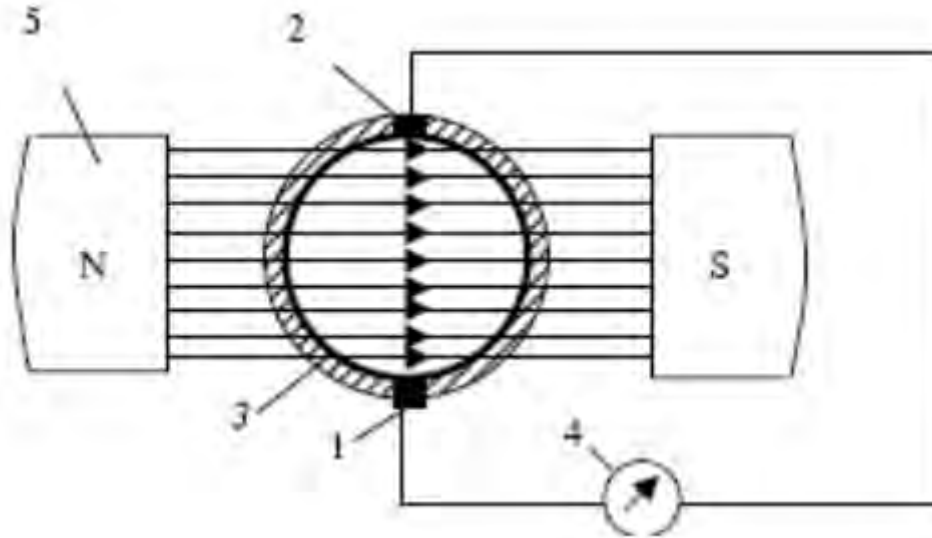
$$G = \alpha \frac{\Pi d^2}{4} \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}$$

$$Q = \alpha \frac{\Pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)} \quad (5.2)$$

d: đường kính lỗ thu hẹp;  $\alpha$ - hệ số l- u l- ợng  $\rho$ - mật độ dòng chảy

## 5.2 Lưu lượng kế từ điện

Nguyên lý hoạt động của lưu lượng kế từ điện dựa trên định luật cảm ứng điện từ của Faraday. Khi có dây dẫn chuyển động trong từ trường cắt các đường sức, trong dây dẫn cảm ứng 1 sức điện động tỉ lệ với tốc



**Hình 5.2 Sơ đồ nguyên lý lưu lượng kế từ điện**

độ chuyển động dây dẫn. Nếu dùng 1 chất lỏng dẫn điện chảy qua giữa hai cực của 1 nam châm và đo sức điện động sinh ra trong chất lỏng thì có thể xác định được tốc độ dòng chảy hay lưu lượng kế thể tích sơ đồ đo nh- hình 5-2

- Giữa hai cực N và S của một nam châm người ta đặt một ống kim loại không từ tính 3 vuông góc với đường sức từ trường. Mặt trong của ống 3 phủ 1 lớp vật liệu cách điện (sơn emay, thủy tinh hữu cơ). Trong mặt phẳng vuông góc với đường sức từ người ta đặt 2 điện cực 1,2. các điện cực này được nối với đồng hồ đo 4 milivonke hay điện thế kế. Sức điện động cảm ứng trong từ trường không đổi là:

$$E = BWD = \frac{4B}{\pi D} Q \quad (5.3)$$

**B** : Cường độ từ trường

**W** : vận tốc dòng chảy

**D** : Đường kính dòng chảy

**Q** : Lưu lượng thể tích

- Khi  $B = \text{const}$  sức điện động phụ thuộc tuyến tính vào lưu lượng thể tích của chất lỏng
- Lưu lượng kế từ điện dùng để đo các chất lỏng có độ điện dẫn không nhỏ hơn  $10^{-5} \div 10^{-6}$  simen/m
- Nhược điểm chủ yếu của lưu lượng kế có từ trường không đổi là xuất hiện các điện cực sức điện động Galvanic và sức điện động phân cực làm yếu cảm ứng hữu ích làm tăng sai số của phép đo. Sơ đồ ký sinh phân cực thực tế có thể loại trừ khi dùng nam châm điện xoay chiều, nhưng dùng nam châm xoay chiều lại tạo ra

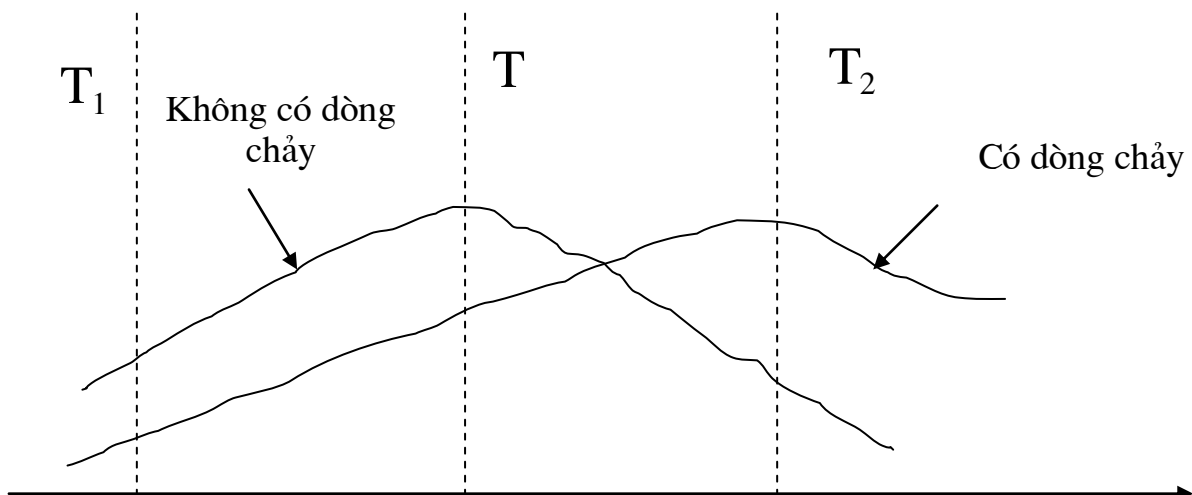
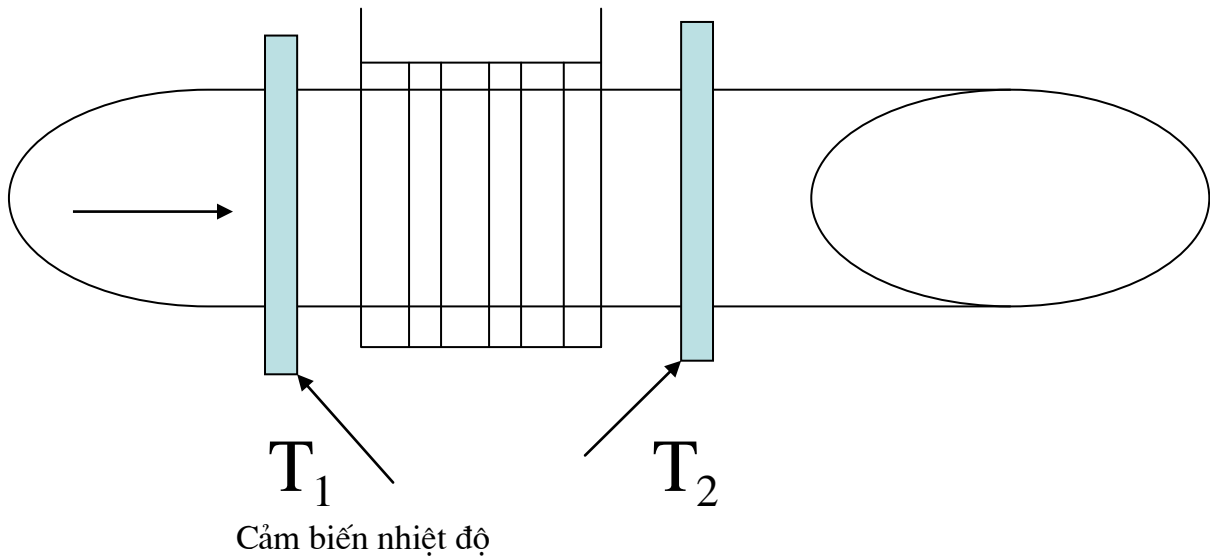
một số hiệu ứng làm méo tín hiệu hữu ích. Tuy nhiên trong công nghiệp người ta vẫn dùng lu lợng kế nam châm xoay chiều vì có những ưu điểm sau:

- + Khi đo lợng thể tích không phải đo tỷ trọng chất lỏng
- + Chỉ thị của lu lợng kế không chịu ảnh hưởng ngoài đa vào chất lỏng
- Lu lợng kế từ điện hiện nay cho phép đo lợng trong phạm vi rộng  $1 \div 2500$  m<sup>3</sup>/giờ cho các ống dẫn có đường kính  $10 \div 1000$ mm với tốc độ chuyển động đều từ  $0,6 \div 10$ m/s. Cấp chính xác của lu lợng kế: 1; 2,5

### 5.3 Lu lợng kế khối lợng nhiệt

- Cấu tạo: + ống kim loại mảnh có đường kính nhỏ
- + Phía ngoài ống kim loại bọc cuộn 1 sợi dây đốt bằng điện trở ở chính giữa
- + Hai cảm biến nhiệt độ để đo  $T_1$  ở thượng nguồn (đầu vào) và  $T_2$  hạ lưu (đầu ra) được đặt ở 2 phía của sợi đốt và đối xứng nhau qua sợi đốt.

Nung nóng



Hình 5.3 Cấu tạo của lu lợng kế khối lợng nhiệt

Khi không có dòng chảy lưu lượng bằng 0(Q=0), sự truyền nhiệt ra hai phía của sợi đốt là nh nhau, hiệu ứng nung nóng sẽ đối xứng trong hợp này T1=T2.

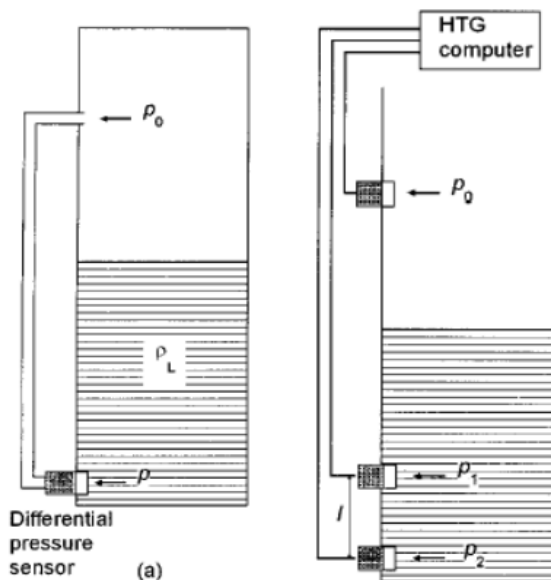
- Khi l-u l-ợng khác không(Q≠0): T1 giảm, T2 tăng chênh lệch T1 và T2(ΔT=T1-T2) tỷ lệ với l-u l-ợng Q

## 5.4 Đo mức bằng phương pháp chênh áp

### 5.4.1 Khái niệm

- Mức là chiều cao điền đầy của chất lỏng hay các hạt trong các thiết bị công nghệ. Mức của môi trường làm việc là một tham số công nghệ, thông tin về nó đ-ợc sử dụng để kiểm tra chế độ làm việc của các thiết bị công nghệ, trong 1 số tr-ờng hợp dùng để điều khiển các quá trình sản xuất
- Ng-ời ta chỉ phép đo mức thành: đo mức môi trường làm việc, đo khối lượng chất lỏng trong các thiết bị công nghệ, truyền tín hiệu mức của môi trường làm việc. Theo phạm vi đo người ta chia thành phạm vi đo rộng và hẹp. Phạm vi đo rộng (giới hạn 0,5÷20m) dùng cho các quá trình kiểm kê hàng, phạm vi đo (0÷100mm) hay (0÷450mm) th-ờng dùng trong hệ thống điều chỉnh tự động

### 5.4.2 Đo mức bằng phương pháp chênh áp



$$p = p_0 + g \rho_L L \Leftrightarrow L = \frac{p - p_0}{g \rho_L}$$

$$\rho_L = \frac{p_2 - p_1}{g l} \Rightarrow L = \frac{p_2 - p_0}{p_2 - p_1} l$$

Hình 5.4 Sơ đồ đo mức bằng phương pháp chênh áp

## 5.5 Đo mức sử dụng áp suất thủy tĩnh

Nguyên lý chung của phương pháp dựa trên nguyên tắc cân bằng áp suất chất lưu với áp suất thủy tĩnh của chất lỏng làm việc trong áp kế.

### 5.5.1 Áp kế vi sai kiểu phao

Áp kế vi sai kiểu phao gồm hai bình thông nhau, bình lớn có tiết diện F và bình nhỏ có tiết diện f (hình 5.1). Chất lỏng làm việc là thủy ngân hay dầu biến áp. Khi đo, áp suất lớn (p1) được đưa vào bình lớn, áp suất bé (p2) được đưa vào bình nhỏ. Để tránh chất lỏng làm việc phun ra ngoài khi cho áp suất tác động về một phía người ta mở van (4) và khi áp suất hai bên cân bằng van (4) được khoá lại.

Khi đạt sự cân bằng áp suất, ta có:

$$p_1 - p_2 = g(\rho_m - \rho)(h_1 + h_2) \quad (5.4)$$

Trong đó:

$g$  - gia tốc trọng trường.

$\rho_m$  - trọng lượng riêng của chất lỏng làm việc.

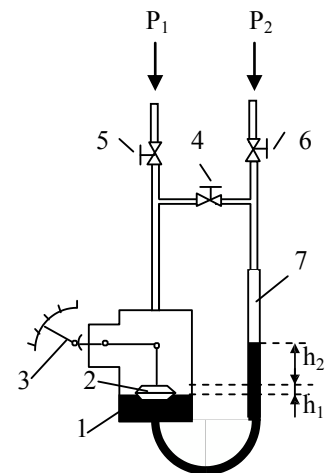
$\rho$  - trọng lượng riêng của chất lỏng hoặc khí cần đo

Mặt khác từ cân bằng thể tích ta có:

$$F \cdot h_1 = f \cdot h_2 \quad (5.5)$$

Suy ra:

Khi mức chất lỏng trong bình lớn thay đổi ( $h_1$  thay đổi), phao của áp kế dịch chuyển và qua cơ cấu liên kết làm quay kim chỉ thị trên đồng hồ đo.



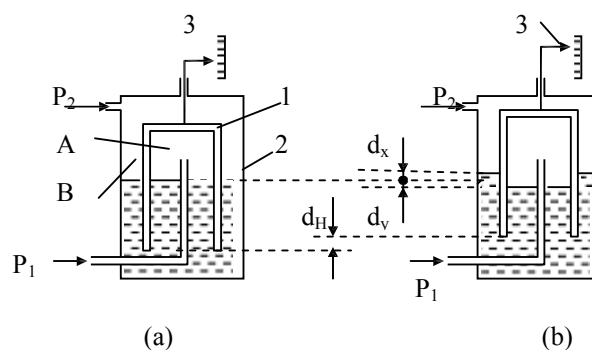
**Hình 5.5. Áp kế vi sai kiểu phao**

Áp kế vi sai kiểu phao dùng để đo áp suất tĩnh không lớn hơn 25MPa. Khi thay đổi tỉ số  $F/f$  (bằng cách thay ống nhỏ) ta có thể thay đổi được phạm vi đo.

Cấp chính xác của áp suất kế loại này cao (1; 1,5) nhưng chứa chất lỏng độc hại mà khi áp suất thay đổi đột ngột có thể ảnh hưởng đến đối tượng đo và môi trường.

### 5.5.2 Áp kế vi sai kiểu chuông

Cấu tạo của áp kế vi sai kiểu chuông gồm chuông (1) nhúng trong chất lỏng làm việc chứa trong bình (2).



**Hình 5.6 áp kế vi sai kiểu chuông**

**1) Chuông 2) Bình chứa 3) chỉ thị**

Khi áp suất trong buồng (A) và (B) bằng nhau thì nắp chuông (1) ở vị trí cân bằng (hình 5.6a), khi có biến thiên độ chênh áp  $d(p_1 - p_2) > 0$  thì chuông được nâng lên (hình 5.6b). Khi đạt cân bằng ta có:

$$d(p_1 - p_2) \cdot F = (dH + dy)\Delta f \cdot g(\rho_m - \rho) \quad (5.6)$$

$$d(p_1 - p_2) = dh(\rho_m - \rho)g f dy = \Delta f \cdot dH + (\Phi - F)dx \quad (5.7)$$

F - tiết diện ngoài của chuông. dH - độ dịch chuyển của chuông.

dy - độ dịch chuyển của mức chất lỏng trong chuông. dx - độ dịch chuyển của mức chất lỏng ngoài chuông.

$\Delta f$  - diện tích tiết diện thành chuông.

$\Phi$  - diện tích tiết diện trong của bình lớn.

dh - chênh lệch mức chất lỏng ở ngoài và trong chuông. f - diện tích tiết diện trong của chuông.

Giải các phương trình trên ta có:

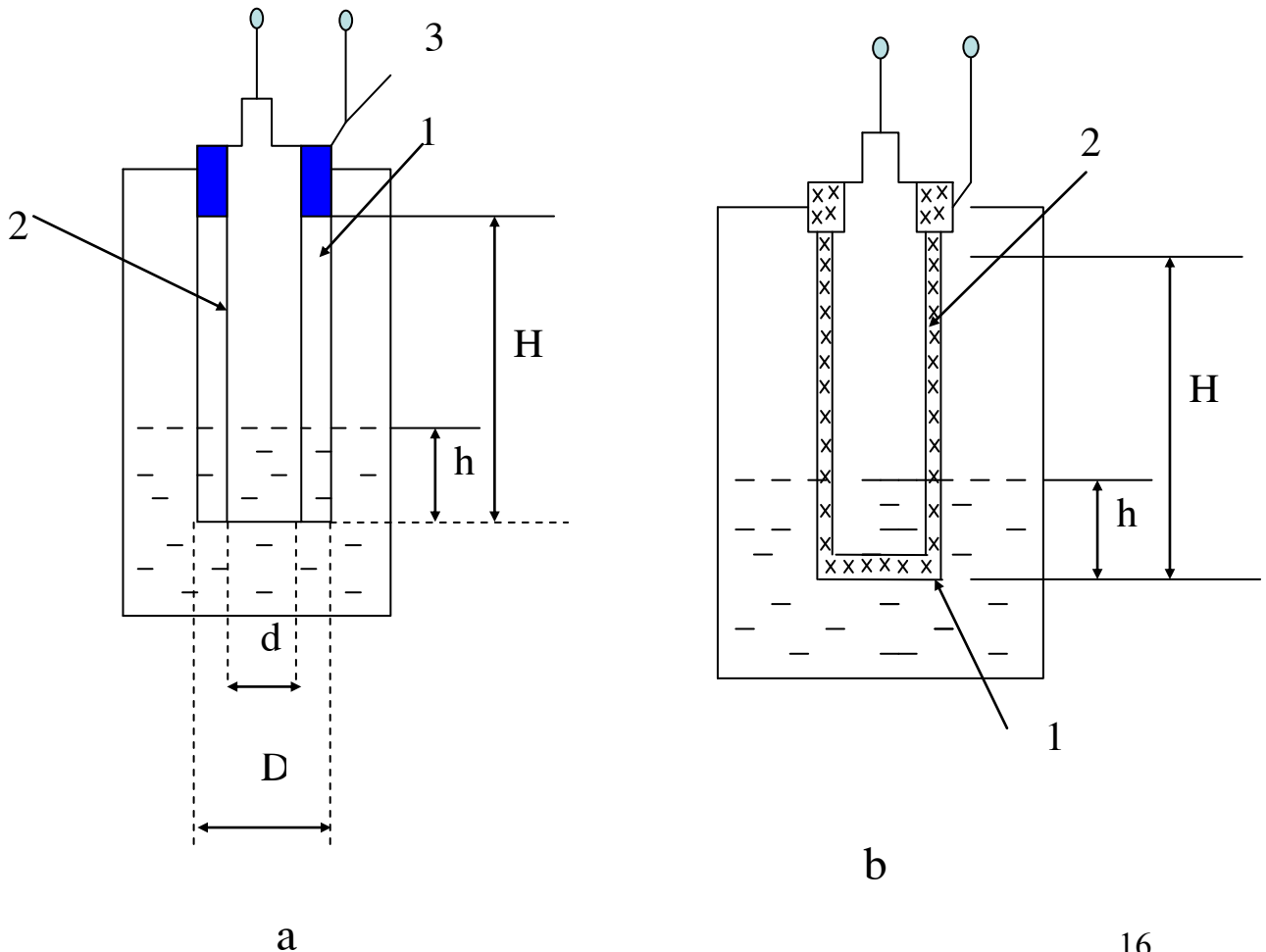
$$dH = \frac{f}{\Delta f \cdot g(P_m - P)} d(P_1 - P_2) \quad (5.8)$$

Lấy tích phân giới hạn từ 0 đến  $(p_1 - p_2)$  nhận được phương trình đặc tính tĩnh của áp kế vi sai kiểu chuông:

Áp kế vi sai có độ chính xác cao có thể đo được áp suất thấp và áp suất chân không.

### 5.6 Cảm biến đo mức kiểu điện dung

- Sử dụng sự phụ thuộc điện dung của phân tử nhạy cảm của bộ chuyển đổi vào mức chất lỏng
- Cấu tạo: phân tử nhạy cảm điện dung được thực hiện dưới dạng các điện cực hình trụ tròn đặt đồng trục hay các điện cực phẳng đặt song song với nhau. Cấu tạo của các phân tử thụ cảm điện dung được xác định theo tính chất hóa lý của chất lỏng. Với chất lỏng cách điện (có điện dẫn suất nhỏ hơn  $10^{-6}$  simen/m) ta có các sơ đồ cảm biến như hình dưới đây





### Hình 5.7 Cảm biến đo mức chất lỏng cách điện

- Hình a: phần tử thụ cảm gồm 2 điện cực đồng trục 1 và 2 có phần nhúng chìm vào chất lỏng. Các điện cực tạo thành 1 tụ điện hình tròn, giữa hai điện cực điền đầy chất lỏng có chiều cao h, H-h là không gian chứa hỗn hợp hơi khí. điện dung của tụ điện hình trụ đ-ợc xác định bằng ph-ơng trình:

$$c = \frac{2 \Pi \varepsilon \varepsilon_0 H}{\ln(D / d)} \quad (5.9)$$

Trong đó: +  $\varepsilon$ : hằng số của điện môi điền đầy giữa 2 điện cực

+  $\varepsilon_0$ : hằng số điện môi của chân không

H: chiều cao điện cực

+ D, d: đ-ờng kính ngoài và trong của điện cực

- Với tụ hình trụ tròn hình a có hằng số điện môi khác nhau, điện dung của tụ là:  
 $c=c_0+ c_1+c_2$

ở đây  $c_0$ : điện dung của cách điện xuyên qua nắp

$c_1$ : điện dung giữa hai điện cực có chứa chất lỏng

$c_2$ : điện dung của không gian chứa hơi và khí

Vậy

$$c = c_0 + \frac{2 \Pi \varepsilon_L \varepsilon_0 h}{\ln(D / d)} + \frac{2 \Pi \varepsilon_r \varepsilon_0 (H - h)}{\ln(D / d)} \quad (5.10)$$

- đối với hơi và khí  $\varepsilon_r=1$  còn  $c_0$ = hằng số nên

$$c = c_0 + \frac{2 \Pi \varepsilon_0 H}{\ln(D / d)} \left[ 1 + (\varepsilon_L - 1) \frac{h}{H} \right] \quad (5.11)$$

Ph-ơng trình đặc tính tĩnh của phần tử nhạy điện dung đối với môi tr-ờng cách điện

- để đo mức các chất lỏng dẫn điện (có điện dẫn suất  $>10^{-4}$  simen/m) người ta sử dụng phần tử thụ cảm có cách điện ngoài(hình b), phần tử thụ cảm là các điện cực kim loại 1 có phủ lớp cách điện 2 và nhúng chìm vào chất lỏng. điện cực thứ 2 là thành bể chứa (nếu là kim loại) hay là điện cực riêng.
- điện dung toàn phần của phần tử nhạy cảm đợc tính bằng

$$c = c_0 + \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$$

trong đó

$c_0$ : điện dung của cách điện xuyên qua nắp

$c_1$ : điện dung giữa điện cực 1 và bề mặt chất lỏng trên giới hạn có cách

điện

$c_2$ : điện dung của tụ điện tạo bởi mặt chất lỏng trên mặt giới hạn cách

điện và thành bể

## Chương 6. CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

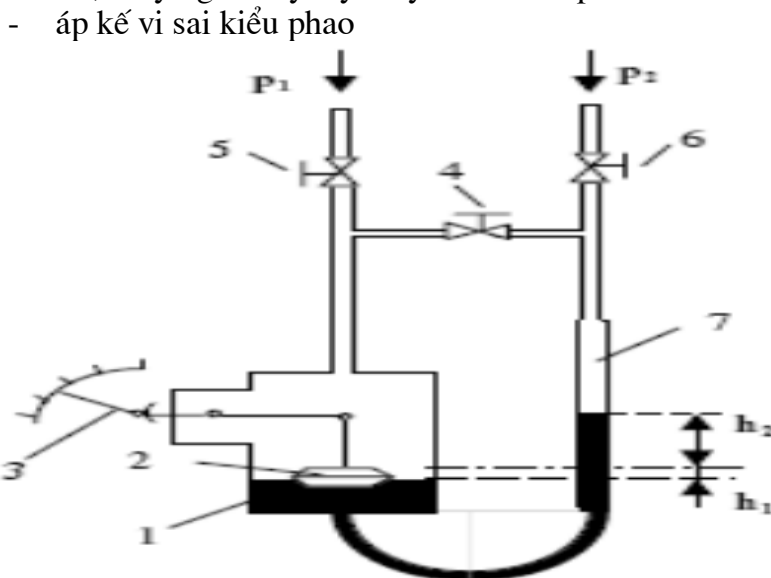
**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các phương pháp đo áp suất, làm quen với một số thiết bị đo áp suất có trên thị trường

### 6.1 Khái niệm chung về áp suất

- Khi chứa chất lỏng hay chất khí(gọi chung là chất lưu) vào một bình nó sẽ gây nên một lực lên thành bình gọi là áp suất. áp suất phụ thuộc bản chất chất lưu thể tích mà nó chiếm trước và sau khi đưa vào bình và nhiệt độ
- Khái niệm áp suất: áp suất là tỷ số giữa lực tác dụng vuông góc lên một mặt với diện tích của nó. áp suất là 1 đại lượng cơ bản để xác định trạng thái nhiệt động học của các chất.
- đơn vị đo áp suất: trong hệ đơn vị quốc tế SI là pascal(Pa) là áp suất tạo bởi lực 1N phân bố đồng đều trên diện tích 1 m<sup>2</sup> vuông góc với pháp tuyến
- Phân loại: theo loại áp suất cần đo và nguyên lý tác dụng
- Theo loại áp suất cần đo:
  - áp kế đo áp suất dư
  - áp kế tuyệt đối để đo áp suất tính từ độ 0 tuyệt đối
  - Khí áp kế đo áp suất khí quyển
  - Chân không kế đo độ chân không
- Theo nguyên lý làm việc, dụng cụ đo áp suất chia thành: đo áp suất chất lỏng, chất khí dựa trên nguyên lý biến dạng, ion hóa và nhiệt điện
- Hiện nay dụng cụ đo áp suất có thể đo áp suất từ 10<sup>-12</sup> đến 10<sup>11</sup> Pa

### 6.2 Đo áp suất bằng chất lỏng cân bằng thủy tĩnh

ở loại dụng cụ đo này áp suất đo là chiều cao chất lỏng làm việc, chất lỏng mẫu là nước cất, thủy ngân hay etyl hay dầu biến áp



**Hình 6.1** Sơ đồ nguyên lý áp kế vi sai kiểu phao

- Cấu tạo: áp kế vi sai gồm 2 bình thông nhau. Tiết diện bình lớn 1 là  $F >$  tiết diện ống 7 f. Trong khoang trống của bình ngoài ta điền đầy chất lỏng làm việc (thủy ngân hay dầu biến áp) cho tới vạch số 0. Sự chênh lệch áp suất đọc chỉ bằng cơ cấu 3 gắn trên phao 2.
- Nguyên lý làm việc: dựa trên cơ sở cân bằng áp suất chất lỏng so với áp suất thủy tĩnh của chất lỏng làm việc chứa trong áp kế. Khi đo áp suất lớn đọc đa

vào bồn 1 còn áp suất nhỏ được đưa vào bồn 7. áp suất được truyền qua van 5 và van 6. Van 4 ngăn không cho chất lỏng mẫu phun ra ngoài khi truyền áp suất vào một phía. Với mục đích này trước khi mắc dụng cụ đo với đối tượng đo, van 4 mở ra, sau khi áp suất đã ổn định trong 2 bồn khóa van 4, sau đó đóng van 5 và 6. Trong quá trình đo chất lỏng trong bồn 1 nén phao 2 làm cho kim chỉ thị lệch đi cho đến khi có cân bằng với cột thủy tĩnh. Khi có sự cân bằng áp suất ta có

$$p_1 - p_2 = g(\rho_m - \rho)(h_1 + h_2)$$

Trong đó:  $g$  - gia tốc rơi tự do  
 $h_1, h_2$ : chiều cao mức dịch chuyển của chất lỏng mẫu  
 $\rho_m$  : tỷ trọng chất lỏng mẫu  
 $\rho$  : tỷ trọng chất lỏng cần đo

mà  $F_1 h_1 = F_2 h_2$  nên ta có 
$$h_1 = \frac{1}{(1 + \frac{F}{f})(\rho_m - \rho)g} \cdot (p_1 - p_2)$$

ph- ong trình trên được gọi là phương trình đặc tính tĩnh của áp kế vi sai kiểu phao

⇒ Nhận xét: để nhận được sự dịch chuyển nh nhau  $h_1$  của phao khi đo hiệu số áp suất trong phạm vi khác nhau, chỉ cần thay đổi tỷ số  $F/f$  nghĩa là chỉ thay đổi ống có tiết diện  $f$  bằng ống có đường kính khác.

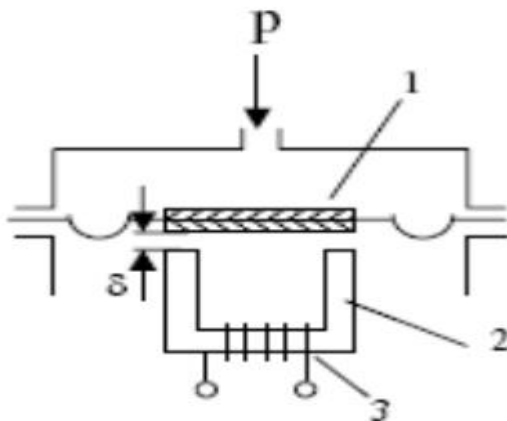
⇒ Cơ cấu truyền áp suất vi sai kiểu phao được ứng dụng để đo lưu lượng các chất. áp kế có độ chính xác cao, có khả năng ghi lại các kết quả đo mà không cần nguồn năng lượng ngoài. Nhược điểm chứa chất lỏng mẫu độc hại (thủy ngân) khi áp suất thay đổi đột ngột có thể ảnh hưởng đến đối tượng đo và môi trường

### 6.3 Đo áp suất bằng phần tử nhạy cảm với biến dạng

- Nguyên lý dụng cụ đo áp suất bằng biến dạng dựa trên cơ sở biến dạng đàn hồi của các phần tử cảm biến hay sự tạo ra ứng lực trong chúng

#### 6.3.1 Đo áp suất dựa trên sự biến dạng kiểu cảm ứng

- Sơ đồ của bộ cảm biến đo kiểu cảm ứng



Hình 6.2 Sơ đồ nguyên lý đo áp suất dựa trên biến dạng

- Màng 1 là mỏ thép động của một nam châm điện 2 có quấn cuộn dây 3. Dối tác dụng của áp suất đo, màng 1 đợc dịch chuyển làm thay đổi điện cảm của phần tử biến đổi cảm ứng. Nếu bỏ qua điện trở tác dụng của cuộn dây, từ thông tản và tổn hao trong lõi thép thờ độ tự cảm của phần tử biến đổi đợc xác định

$$L = \frac{w^2}{l_{tb}/(\mu_{tb} \cdot S_{tb}) + \delta/(\mu_0 S)}$$

Trong đó: w- số vòng dây của cuộn dây  
 l<sub>tb</sub>, s<sub>tb</sub>: chiều dài và diện tích trung bõnh của lõi thép  
 δ: chiều dài khe hở không khí  
 μ<sub>tb</sub>, μ<sub>0</sub> : độ từ thẩm của lõi thép và không khí  
 S: tiết diện ngang của khe hở không khí  
 Trong quá trình đo giá trị L<sub>tb</sub>/(μ<sub>tb</sub>.s<sub>tb</sub>) << δ/(μ<sub>0</sub>s) ⇒

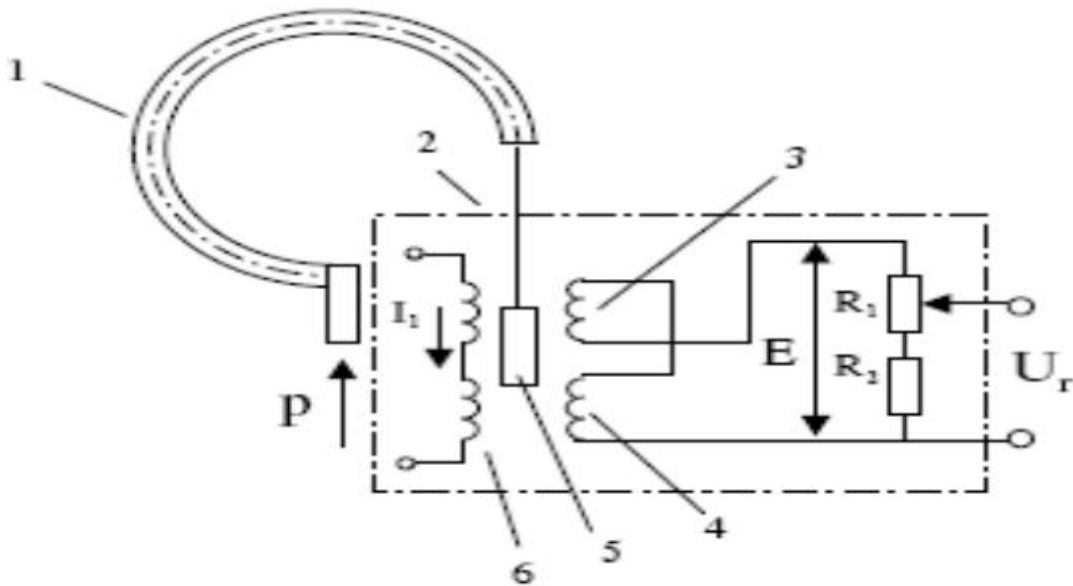
$$L \approx \frac{w^2 \mu_0 S}{\delta}$$

Giá trị biến dạng của màng tỉ lệ với áp suất cần đo δ=k1P

$$L \approx \frac{w^2 \mu_0 S}{k_1 P}$$

đây là phơng trõnh đặc tính tĩnh của bộ biến đổi đo áp suất kiểu cảm ứng  
 - đo độ tự cảm L sẽ xác định đợc áp suất P, đo độ tự cảm L thờng đợc thực hiện bằng cầu đo xoay chiều hay mạch cộng hưởng L-C. Khi đo áp suất từ 0,5 ÷ 1MPa bề dày màng bằng 0,1 ÷ 0,3mm, khi đo áp suất từ 20 ÷ 30MPa, bề dày màng bằng 1,3mm. Sai số bộ biến đổi đo áp suất kiểu Cảm ứng là ±(0,2 ÷ 5)%

### 6.2.2 Đo áp suất dựa trên sự biến dạng sử dụng bộ biến đổi áp suất thành tín hiệu điện bằng biến áp vi sai



Hình 6.3 Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi áp suất thành tín hiệu điện bằng biến áp vi sai

- Bộ biến đổi áp suất kiểu biến áp vi sai gồm 1 cảm biến biến dạng 1 và phân tử biến đổi 2
- Phân tử biến đổi là một khung cách điện trên có quấn cuộn dây sơ cấp 6. Cuộn thứ cấp gồm 2 cuộn (3) và (4) đấu ngược chiều nhau. Trong rãnh của cuộn dây người ta đặt lõi thép động 5 nối với lò xo 1 và đầu kéo căng. Đầu ra thứ cấp nối với điện trở R1 ta có thể thay đổi giới hạn đo trong phạm vi  $\pm 25\%$
- Nguyên lý: Khi có dòng điện I1 chạy qua cuộn sơ cấp sẽ tạo ra 1 từ thông trong hai nửa cuộn dây thứ cấp, làm xuất hiện trong hai nửa cuộn dây này các sđđ cảm ứng e1, e2. độ lớn của chúng phụ thuộc hồ cảm giữa cuộn sơ cấp M1 và M2 đối với mỗi nửa cuộn dây

$$e_1 = 2\pi f I_1 M_1, e_2 = 2\pi f I_1 M_2$$

- Nếu 2 nửa cuộn dây đấu ngược chiều quấn thì  

$$E = e_1 - e_2 = 2\pi f I_1 (M_1 - M_2) = 2\pi f I_1 M$$

M- hồ cảm giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp, với phân tử biến đổi chuẩn có điện trở của ra R1 và R2 điện áp ra của bộ biến đổi đọc tính theo công thức

$$U_{ra} = 2\pi f I_1 M_{ra}$$

Giá trị hồ cảm  $M_{ra}$  phụ thuộc vào độ dịch chuyển  $\delta$  của lõi thép:

$$M_{ra} = M_{\max} \cdot \delta / \delta_{\max}$$

$M_{\max}$ - giá trị hồ cảm lớn nhất giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp tương ứng với độ dịch chuyển lớn nhất  $\delta_{\max}$  của lõi thép, nh vậy

$$U_{ra} = 2\pi f I_1 \frac{M_{\max}}{\delta_{\max}} \cdot \delta$$

- Biến đổi áp suất đo thành tín hiệu  $U_{ra}$  đọc thực hiện bằng cách biến đổi áp suất thành sự biến dạng của phân tử cảm ứng gắn với lõi sắt 5 và sau đó biến đổi sự dịch chuyển của lõi sắt 5 thành tín hiệu điện
- đặc tính tĩnh của cảm biến:

$$U_{ra} = 2\pi f I_1 \frac{M_{\max}}{\delta_{\max}} \cdot kP$$

k: hệ số biến đổi

## Chương 7. CẢM BIẾN ĐO VẬN TỐC VÀ CÁC CẢM BIẾN KHÁC

**Mục tiêu :** Trang bị cho sinh viên kiến cơ bản về các phương pháp đo tốc độ và đo vận tốc, làm quen với một số thiết bị đo tốc độ góc, tốc độ dài có trên thị trường

### 7.1 Đo tốc độ quay động cơ

- Để đo tốc độ rotor có thể sử dụng các phương pháp sau đây
  - Sử dụng máy phát tốc
  - Sử dụng cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa
  - Sử dụng máy đo góc tuyệt đối
  - Xác định tốc độ gián tiếp qua phép đo dòng điện và điện áp stator mà không cần dùng bộ cảm biến tốc độ

#### 7.1.1 Tốc độ kế dòng 1 chiều (máy phát điện 1 chiều công suất nhỏ)

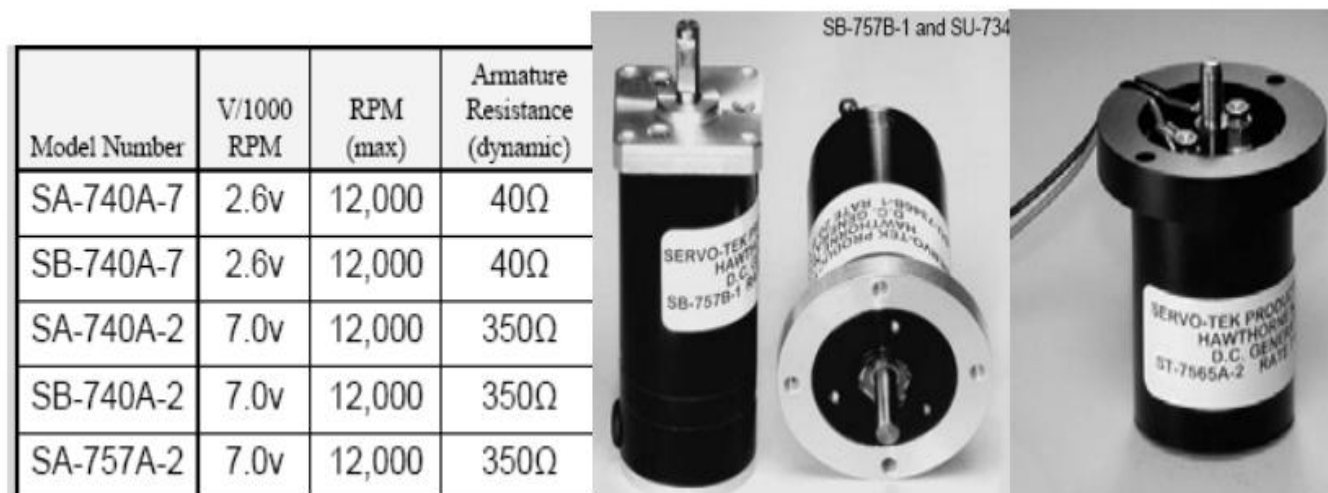
- Cấu tạo: stator, rotor và cực góp chổi quét
- + Stator (phần cảm) là một nam châm điện hoặc nam châm vĩnh cửu có 2 cực nam và bắc nằm phía ngoài
- Rotor: là 1 trục sắt gồm nhiều lớp ghép lại và quay giữa các cực stator. Mặt chu vi của rotor khắc rãnh song song với trục và cách đều nhau, trong rãnh đặt dây dẫn bằng đồng
- + Cực góp: hình trụ đồng trục với rotor nhng có bán kính nhỏ hơn. Trên bề mặt cực góp có các lá đồng cách điện, mỗi lá đợc nối với 1 dây đồng chính của rotor
- + Hai chổi quét đợc áp sát vào cực góp sao cho ở mọi thời điểm chúng luôn luôn tiếp xúc với 2 lá đồng đối diện nhau
- Nguyên lý làm việc: Khi dây dẫn quay quanh trục trong từ trường, ở 2 đầu dây dẫn xuất hiện một suất điện động e

$$E_r = -(\omega n \Phi_0) / 2\pi = -Nn\Phi_0$$

- Trong đó:  $\omega$ - tốc độ trục quay (tốc độ rotor)  
 n- Tổng số dây chính trên rotor  
 $\Phi_0$ - từ thông xuất phát từ cực nam châm  
 N- số vòng quay trong một giây

Nh- vậy đo suất điện động  $E_r$  sẽ tính đợc tốc độ quay

- ❖ - u điểm của thiết bị này là tín hiệu đầu ra đổi dấu khi đổi chiều quay. Trong khi chế tạo người ta thường sử dụng nam châm vĩnh cửu để tránh dùng nguồn kích thích



Hình 7.1 Một số máy phát một chiều công suất nhỏ

### 7.1.2 Tốc độ kế xoay chiều (máy phát điện xoay chiều)

- Ưu điểm tốc độ kế xoay chiều là không có cổ góp và chổi quét nên có tuổi thọ cao, không có sự tăng giảm điện thế trên chổi.
- Nhược điểm của tốc độ kế xoay chiều là mạch điện phức tạp hơn, để xác định biên độ phải chỉnh lu và lọc tín hiệu
- Máy phát xoay chiều có 2 loại: máy phát đồng bộ và máy phát không đồng bộ

a, Máy phát đồng bộ:

- Chính là máy phát xoay chiều nhỏ. Rotor của máy phát đồng bộ được gắn với trục cần đo tốc độ quay. Rotor này là 1 nam châm hoặc tập hợp nhiều nam châm nhỏ. Stator được cuốn dây làm phần cảm ứng có thể là 1 pha hoặc nhiều pha, là nơi cung cấp sđđ hình sin có biên độ tỉ lệ tốc độ quay rotor

$$e = E \sin \Omega t, \text{ trong đó } E = k_1 \omega, \Omega = k_2 \omega$$

$k_1, k_2$ - các thông số đặc trưng cho máy phát

- ở đầu ra điện áp phải được chỉnh lu để nhận được điện áp 1 chiều. điện áp này không phụ thuộc chiều quay và hiệu suất lọc giảm đi khi tần số thấp. Sự có mặt bộ lọc sẽ làm tăng thời gian hồi đáp của cảm biến

- Tốc độ quay có thể xác định bằng cách đo tần số suất điện động. Phương pháp này được sử dụng khi phải đo trên khoảng cách lớn. Tín hiệu từ máy phát đồng bộ có thể truyền đi xa và sự suy giảm tín hiệu trên đường đi không ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo.

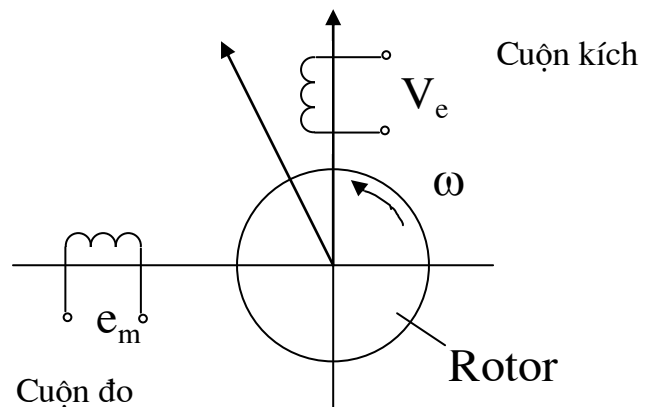
b, Máy phát không đồng bộ

- Cấu tạo máy phát không đồng bộ

bộ tong tự nh động cơ không đồng bộ 2 pha

+ Rotor là 1 hình trụ kim loại mảnh và di từ được quay với vận tốc  $\omega$  cần đo

+ Stator làm bằng tôn từ tính có 2 cuộn dây được bố trí nh hình vẽ.



**Hình 7.2 sơ đồ nguyên lý máy phát không đồng bộ**

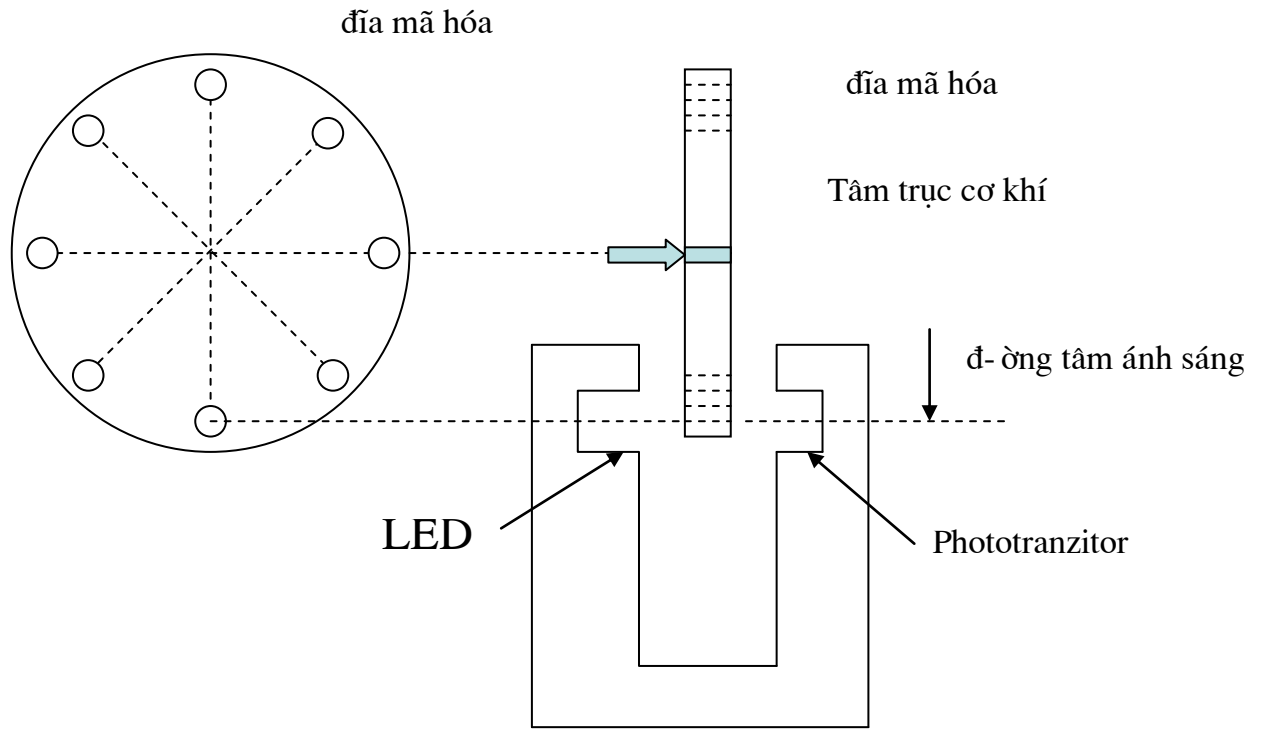
Cuộn dây thứ nhất đóng vai trò cuộn kích được cung cấp điện áp  $V_e$  và tần số  $\omega_e$  ổn định. Cuộn thứ 2 là cuộn dây đo, giữa 2 đầu cuộn này sẽ xuất hiện suất điện động  $e_m$  có biên độ tỷ lệ vận tốc góc cần đo

$$e_m = E_m \cos(\omega_e t + \Phi) = k \omega V_e \cos(\omega_e t + \Phi)$$

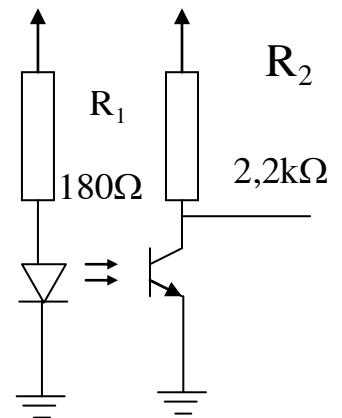
$k$ - hằng số phụ thuộc cấu trúc cụ thể của máy phát,  $\Phi$ - độ lệch pha.

### 7.1.3 Sử dụng cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa

- Đĩa mã hóa gắn trên trục động cơ gồm các lỗ ví dụ nh trên hình a có tám lỗ. đĩa đặt giữa nguồn tia hồng ngoại do diot phát quang LED cung cấp, đầu thu là Tranzitor quang. Khi đĩa quay tranzitor quang sẽ chỉ chuyển mạch nếu vị trí LED, lỗ và tranzitor quang thẳng hàng. Khi đó tranzitor quang đa điện áp trên R2 về mức thấp. Khi đĩa ngăn ánh sáng thì tranzitor quang bị khóa điện áp trên R2 về mức cao nh vậy khi đĩa mã hóa quay trên đầu ra R2 được tám xung chữ nhật tần số xung phụ thuộc tốc độ quay của đĩa.



a, Sơ đồ cảm biến quang tốc độ



b, Sơ đồ nguyên lý Tranzitor quang

### Hình 7.3 Sơ đồ cảm biến quang tốc độ

- để xác định chiều quay (thuận hoặc ngược) sử dụng bộ cảm biến kế gồm 2 LED và 2 tranzitor quang, hai đĩa mã hóa. Khi đĩa quay ta nhận được 2 xung chữ nhật lệch nhau 90°, chiều quay được xác định bằng vị trí tương đối của 2 tín hiệu ra
- Cảm biến quang tốc độ thông còn kèm theo khả năng xử lý sườn các xung tín hiệu và trên cơ sở đó cho phép tăng số lượng vạch đếm trong 1 vòng đĩa lên bốn lần. Chuỗi xung A hoặc B được đưa tới cửa vào của khâu đếm tiến, biết số xung trong một chu kỳ, ta tính được tốc độ quay của động cơ.

$$n(\text{vòng} / \text{phút}) = \frac{60N}{4N_0T_n}$$

Trong đó:  $T_n$ - chu kỳ điều chỉnh tốc độ, chu kỳ đếm xung

$N_0$ - Số xung đếm trong 1 vòng, còn gọi là độ phân giải của cảm biến tốc độ



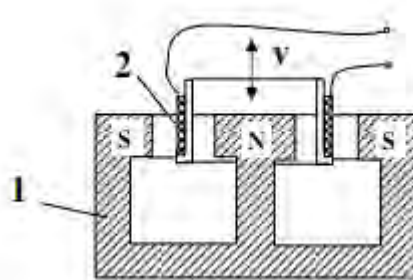
N- Số xung ra trong thời gian Tn



**Hình 7.4 Hình ảnh Encoder**

### 7.2 Tốc độ kế điện từ

Khi đo vận tốc dài với độ dịch chuyển lớn của vật khảo sát (>1m) thường chuyển thành đo vận tốc góc. Trường hợp đo vận tốc của dịch chuyển thẳng nhỏ có thể dùng cảm biến vận tốc dài gồm hai phần tử cơ bản : một nam châm và một cuộn dây. Khi đo một phần tử được giữ cố định , phần tử thứ hai liên kết với vật chuyển động. Chuyển động tương đối giữa cuộn dây và nam châm làm xuất hiện trong cuộn dây một suất điện động tỉ lệ với vận tốc cần đo. Sơ đồ cảm biến có cuộn dây di động được biểu diễn trên hình



**Hình 7.5 Tốc độ kế từ điện có cuộn dây di chuyển**  
1- Nam châm, 2- Cuộn dây

Suất điện động xuất hiện trong cuộn dây có dạng

$$e=2\pi rNBv=lBv$$

trong đó : N- số vòng dây  
r- bán kính vòng dây  
B- Giá trị cảm ứng từ  
v- Tốc độ di chuyển của vòng dây  
l- tổng chiều dài vòng dây

Tốc độ kế loại này đo được dịch chuyển vài mm với độ nhạy ~1V/m.s

Khi độ dịch chuyển lớn hơn( tới 0.5m) người ta dùng tốc độ kế có nam châm di động như hình 7.6



- + Khoảng cách giữa cuộn và đĩa quay. Khoảng cách càng lớn E càng nhỏ
- + Tốc độ quay càng lớn thì E càng lớn khi tốc độ quay nhỏ, biên độ E rất bé và khó phát hiện, do vậy

Tồn tại 1 vùng tốc độ quay không thể đo được gọi là vùng chết.

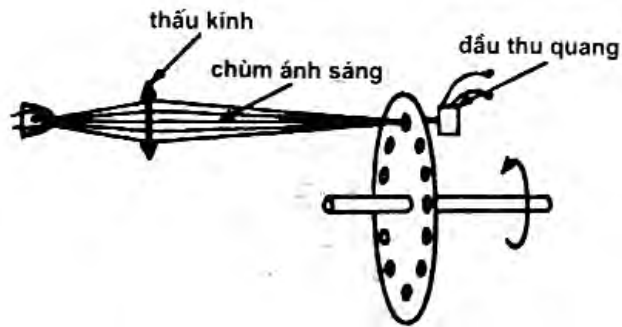
- Dải đo của cảm biến phụ thuộc vào số răng của đĩa, khi p lớn tốc độ nmin đo được có giá trị bé. Khi p nhỏ tốc độ nmax đo được sẽ lớn. ví dụ p=60 răng dải tốc độ đo được n=50÷500 vòng/phút, với p=15 răng dải tốc độ đo được 500 ÷10.000 vòng/phút.

## 7.4 Các loại cảm biến khác

### 7.4.1 Tốc kế quang

Tốc kế quang là cảm biến đo vận tốc đơn giản nhất gồm một nguồn sáng và một đầu thu quang (photodiode hoặc phototransistor)

Vật quay được gắn đồng trục với đĩa tròn có các vùng phản xạ hoặc các vùng trong suốt bố trí xen kẽ các phần chắn sáng đặt giữa nguồn sáng và đầu thu quang.



**Hình 7.8 Hình ảnh tốc độ kế quang**

Đầu thu quang nhận thông lượng biến điệu và phát tín hiệu có tần số tỉ lệ với vận tốc quay nhưng biên độ không đổi.

Phạm vi tốc độ đo phụ thuộc vào 2 yếu tố chính:

- Số lượng lỗ trên đĩa quay.
- Dải thông của đầu thu quang và mạch điện.

Để đo vận tốc thấp ~ 0,1 vòng/phút dùng đĩa có số lượng

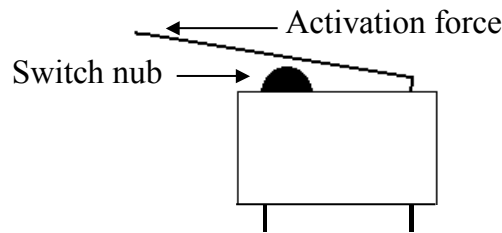
### 7.4.2 Cảm biến công tắc (switch sensor)

Cảm biến công tắc được dùng nhiều trong các ứng dụng robot. Cảm biến công tắc được sử dụng với nhiều mục đích, chẳng hạn:

- Cảm biến va chạm (tiếp xúc): cảm biến công tắc được dùng để phát hiện khi có va chạm cơ học với một vật nào đó. Thí dụ, cảm biến công tắc tạo ra một sự chuyển mạch khi thân robot chạy vào tường hoặc chạm giới hạn đường chạy của robot.
- Cảm biến giới hạn: tương tự như cảm biến tiếp xúc, cảm biến giới hạn phát hiện một vật đã di chuyển đến cuối hành trình của nó, khi đó tín hiệu điều khiển motor sẽ tắt.

- Mã hóa trục quay (shaft): một trục quay kết hợp với một công tắc chạm sẽ được ấn một lần ở một vòng quay. Phần mềm đếm số lần ấn để xác định số vòng và tốc độ quay của trục.

Loại cảm biến này không cần nguồn cung cấp và chịu được dòng lớn. Nó có thể phát hiện sự tiếp xúc của bất kỳ vật thể nào từ bất kỳ góc độ nào. Do đó chúng rất thuận lợi cho việc thiết kế robot đặc biệt được ứng dụng trong giới hạn hành trình của robot.



**Hình 7.9 Cảm biến giới hạn**

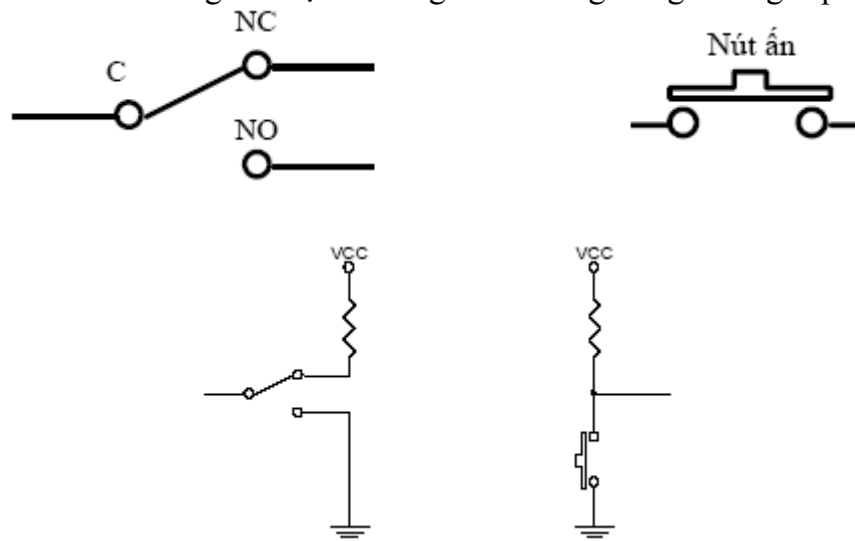
Có hai dạng công tắc cơ bản, bao gồm:

- Công tắc nhỏ (microswitch), có dạng hình chữ nhật và thường ở một trạng thái xác định.

Công tắc nhỏ thường có ba chân: NO – normally open (thường hở), NC – normally closed (thường đóng), C – common (chung).

Chân chung có thể được nối với một trong hai chân kia tùy thuộc vào công tắc có được ấn hay không. Ở trạng thái không ấn, chân chung được nối với tiếp điểm thường đóng, khi ấn, chân chung được nối với trạng thái thường hở.

- Công tắc nút ấn (pushbutton) đơn giản hơn. Khi được ấn, hai tiếp điểm được nối với nhau. Cũng có một số công tắc thường đóng nhưng ít phổ biến.



**Hình 7.9 Hình ảnh một số công tắc**

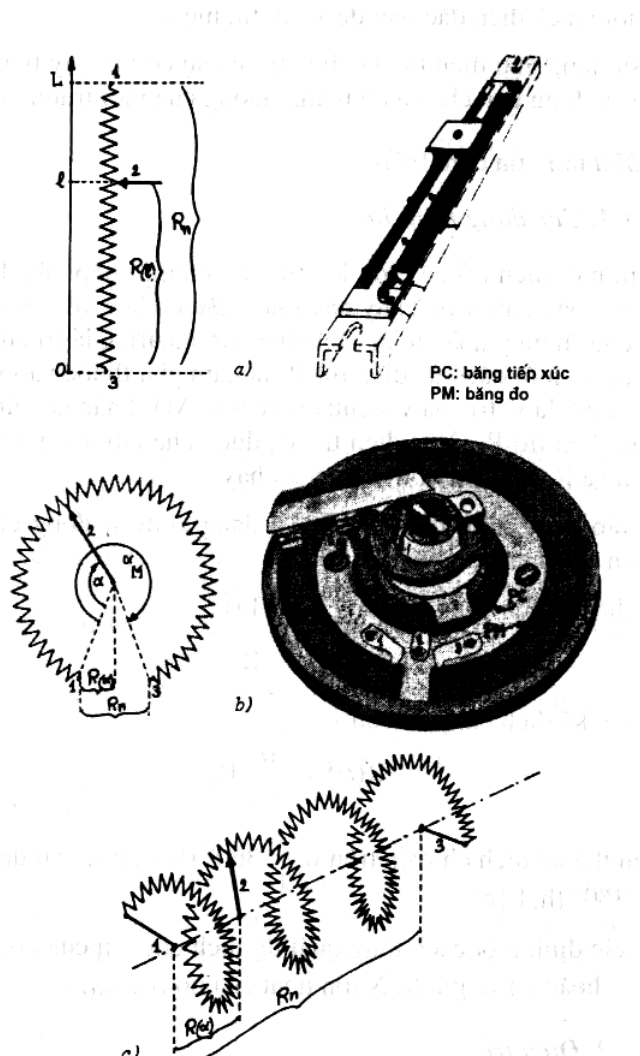
### 7.4.3 Cảm biến vị trí - Điện trở

#### 7.4.3.1 Cấu tạo

Gồm một điện trở cố định R, trên có một tiếp xúc điện có thể di chuyển

gọi là con chạy. Giá trị của điện trở đo được giữa con chạy và một đầu của điện trở R là hàm phụ thuộc vị trí con chạy và bản thân điện trở R.

Nếu điện trở được chế tạo đồng đều thì R sẽ tỉ lệ tuyến tính với vị trí con chạy. Có hai dạng cảm biến vị trí điện trở:



**Hình 7.10 Cấu tạo cảm biến vị trí kiểu điện trở**

- Điện trở dịch chuyển thẳng:  $R(l) = \frac{l}{L} R$

- Điện trở dịch chuyển tròn:  $R(\alpha) = \frac{\alpha}{\alpha_m} R$

Đối với điện trở tròn:  $\alpha_M < 360^\circ$

Đối với điện trở xoắn:  $\alpha_M > 360^\circ$

Hợp kim thường dùng làm điện trở là Ni – Cr, Ni – Cu, Ni – G – Fe, Ag – Pd. Dây điện trở được cuốn trên lõi cách điện còn dây được cách điện bằng emay.

R nằm trong khoảng từ 1K – 100KΩ, có thể đạt đến vài MΩ.

Con chạy phải tiếp xúc tốt, không tạo ra suất điện động tiếp xúc, điện trở tiếp xúc nhỏ và ổn định. Các tiêu chuẩn này phải đảm bảo trong điều kiện dao

động và tốc độ dịch chuyển lớn.

#### 7.4.3.2 Đặc điểm

- Khoảng cách có ích của con chạy

Giá trị  $R(x)/R$  thường không ổn định ở cuối đường chạy của con trở hoặc ở các chỗ nối mạch điện.

Khoảng cách có ích là khoảng mà trong đó  $R(x)$  là hàm tuyến tính của dịch chuyển.

- Độ phân giải

Điện trở của  $n$  vòng dây, có thể phân biệt thành  $2n - 1$  vị trí của con chạy:

$n$  vị trí con chạy tiếp xúc một vòng dây

$n - 1$  vị trí con chạy tiếp xúc đồng thời 2 vòng dây.

Điện trở thay đổi khi di chuyển từ vị trí này sang vị trí khác.

#### 7.4.3.3 Tuổi thọ

Thời gian sử dụng của điện trở bị hạn chế do sự cọ sát giữa con chạy và dây dẫn làm mài mòn con chạy và điện trở. Số lần sử dụng của điện trở khoảng  $10^6$  lần.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Văn Doanh - Phạm Thượng Hàn - Nguyễn Văn Hoà – Võ Thạch Sơn – Đoàn Văn Tân,(2002), *Các Bộ cảm biến trong kỹ thuật Đo lường và điều khiển*; NXB Khoa học kỹ thuật;
2. Th.s Hoàng Minh Thông, *Giáo trình cảm biến công nghiệp*, NXB Khoa học kỹ thuật;
3. Phạm Công Hoà, *Kỹ thuật cảm biến* , NXB Khoa học kỹ thuật