

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**  
**MÔN CƠ SỞ ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN SỐ**

088

**Bài tập chương 2.1: Cảm biến**

**Nhóm 3:**

**22022118 Phạm Văn Duy**

**22022103 Ngô Đức Hiếu**

**22022175 Nguyễn Quốc Toản**

**22022145 Tạ Đình Kiên**

*Hà Nội, tháng 3 năm 2025*

## Mục lục

I.	Cảm biến nhiệt độ.....	3
II.	Cảm biến độ ẩm.....	4
III.	Cảm biến áp suất .....	4
IV.	Cảm biến gia tốc .....	5
V.	Cảm biến tiệm cận .....	9
VI.	Cảm biến mức.....	14
VII.	Cảm biến góc .....	19
VIII.	Cảm biến khí .....	23
IX.	Cảm biến khói.....	28
X.	Cảm biến chất lượng nước .....	29
XI.	Cảm biến chuyển động .....	34
XII.	Cảm biến quang.....	36
XIII.	Cảm biến vị trí.....	38

## I. Cảm biến nhiệt độ

### 1. Nguyên lý hoạt động

Cảm biến nhiệt độ là thiết bị dùng để đo nhiệt độ của môi trường hoặc vật thể dựa trên sự thay đổi của điện trở, điện áp hoặc dòng điện theo nhiệt độ.

- Cảm biến điện trở (RTD, Thermistor): Điện trở thay đổi theo nhiệt độ, khi nhiệt độ thay đổi làm cho tốc độ chuyển động của các hạt mang điện trong điện trở tăng hoặc giảm làm thay đổi mức độ cản trở dòng điện của điện trở. Tùy vào các mức thay đổi nhiệt độ thì điện trở của cảm biến cũng thay đổi 1 lượng tương ứng giúp đo được nhiệt độ (PT100, NTC, PTC)

- Cảm biến bán dẫn: Điện áp hoặc dòng điện thay đổi theo nhiệt độ : Khi có sự kích thích của nhiệt độ tùy vào thành phần các chất bán dẫn làm thay đổi mật độ các hạt mang điện khiến cho lớp tiếp giáp P-N bị thu hẹp lại hoặc mở rộng ra theo mức độ thay đổi nhiệt độ tương ứng(LM35, TMP36)

- Cảm biến hồng ngoại (IR Sensor): Phát hiện bức xạ nhiệt của vật thể (MLX90614, AMG8833)

Thu nhận tia hồng ngoại: Cảm biến có một thấu kính đặc biệt (thường làm từ germanium hoặc silic) để tập trung tia hồng ngoại từ vật thể vào một bộ phận gọi là detector (thường là thermopile – một loại cảm biến nhiệt nhỏ).

Chuyển đổi thành tín hiệu: Khi tia hồng ngoại chạm vào thermopile, nó làm nóng lên phần tử này. Sự nóng lên tạo ra một điện áp nhỏ (do hiệu ứng nhiệt điện – thermocouple effect).

Tính toán nhiệt độ: Điện áp đó được gửi đến một mạch điện tử. Mạch này dựa vào lượng điện áp và một công thức (thường dựa trên định luật Stefan-Boltzmann: năng lượng bức xạ tỉ lệ với  $T^4$ ) để tính ra nhiệt độ của vật thể.

- Cặp nhiệt điện (Thermocouple): Hiệu điện thế sinh ra giữa hai kim loại khác nhau theo nhiệt độ (K-type, J-type). Nhiệt làm các electron trong kim loại ở mối nối nóng "kích động" và di chuyển sang mối nối lạnh. Vì hai kim loại khác nhau, cách electron di chuyển cũng khác, tạo ra một dòng điện nhỏ hoặc điện áp.

### 2. Các tham số đặc trưng của cảm biến nhiệt độ (LM305)

- Dải đo (Range): -55°C đến 150°C
- Độ chính xác (Accuracy)  $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- Độ phân giải (Resolution)  $0.1^\circ\text{C}$
- Độ nhạy (Sensitivity)  $10\text{mV}^\circ\text{C}$
- Thời gian đáp ứng (Response Time) 1s - 5s
- Nguồn hoạt động 4V-30V

## **II. Cảm biến độ ẩm**

### **1. Nguyên lý hoạt động**

- Cảm biến độ ẩm điện dung (Capacitive Humidity Sensor): Gồm hai bản kim loại (như tụ điện) với một lớp polymer nhạy ẩm ở giữa. Khi độ ẩm trong không khí tăng, polymer hút nước, làm thay đổi khả năng trữ điện (điện dung) giữa hai bản. Độ ẩm giảm thì polymer khuếch tán nước ra ngoài, điện dung thay đổi ngược lại.
- Cảm biến độ ẩm điện trở (Resistive Humidity Sensor): Dùng một vật liệu nhạy ẩm (thường là polymer hoặc gốm). Khi độ ẩm tăng, vật liệu hút hơi nước, dẫn điện tốt hơn, làm điện trở giảm. Khi độ ẩm giảm, vật liệu khô đi, điện trở tăng lên.
- Cảm biến độ ẩm đất: Gồm hai điện cực cắm vào đất. Khi đất khô, ít nước dẫn điện giữa hai điện cực, nên điện trở cao. Khi đất ướt, nước trong đất dẫn điện tốt hơn, điện trở giảm.

### **2. Các tham số đặc trưng (DHT22)**

- Dải đo (Range): 0% - 100% RH
- Độ phân giải (Resolution): 0.1% RH
- Độ chính xác (Accuracy):  $\pm 2\%$  RH
- Thời gian đáp ứng (Response Time): 2s - 5s
- Nguồn hoạt động : 3.3V - 5V

## **III. Cảm biến áp suất**

### **1. Nguyên lý hoạt động**

Áp suất tác động lên màng cảm biến (diaphragm) làm nó bị biến dạng. Cảm biến đo sự thay đổi này thông qua các phương pháp:

- Cảm biến điện trở (Strain Gauge): Dùng một màng mỏng (thường là kim loại hoặc chất bán dẫn) gắn lên bề mặt biến dạng. Khi áp suất tác động làm màng cong hoặc giãn, điện trở của màng thay đổi (giãn ra thì điện trở tăng, co lại thì giảm).
- Cảm biến điện dung (Capacitive): Gồm hai bản kim loại đặt song song, tạo thành một tụ điện. Khi áp suất làm màng (một trong hai bản) cong, khoảng cách giữa hai bản thay đổi, dẫn đến điện dung (khả năng trữ điện) thay đổi.
- Cảm biến áp điện (Piezoelectric): Dùng tinh thể đặc biệt (như thạch anh hoặc gốm áp điện). Khi áp suất nén hoặc làm biến dạng tinh thể, nó sinh ra điện tích (điện áp) do các phân tử bên trong bị "ép" lệch.
- Cảm biến áp suất MEMS (Microelectromechanical Systems): Là một cấu trúc siêu nhỏ (cỡ micromet) tích hợp màng cơ học và mạch điện tử. Khi áp suất làm màng cong, nó thay đổi đặc tính điện (điện trở, điện dung, hoặc áp điện) của hệ thống vi cơ. Tín hiệu từ cảm biến được chuyển đổi thành điện áp hoặc dòng điện, sau đó gửi về vi điều khiển hoặc hệ thống đo lường.

## **2. Các tham số đặc trưng (BMP280)**

- Khoảng đo áp suất : 300-1100 hPa
- Độ nhạy: 0.01hPa
- Độ chính xác tuyệt đối :  $\pm 1$  hPa
- Độ chính xác tương đối :  $\pm 0.12$  hPa (ở 700 - 1100 hPa)
- Tốc độ phản hồi: 1 – 16ms
- Độ phân giải: 24bit
- Khoảng đo nhiệt độ: -40 - 85 ° C
- Điện áp hoạt động: 1.7V – 3.6V
- Dòng tiêu thụ: 0,6 mA

## **IV. Cảm biến gia tốc**

Cảm biến gia tốc là một thiết bị đo độ rung hoặc gia tốc chuyển động của một cấu trúc. Nó dùng để đo tốc độ thay đổi vận tốc của một vật. Lực tác động do rung động hoặc thay đổi chuyển động (gia tốc) làm khói lượng bên trong "nén" vật liệu áp điện (piezoelectric), tạo ra điện tích tỉ lệ với lực tác động lên nó. Vì điện tích tỷ lệ với lực, và khói lượng là hằng số, nên điện tích cũng tỷ lệ với gia tốc.

### **Nguyên lý hoạt động**

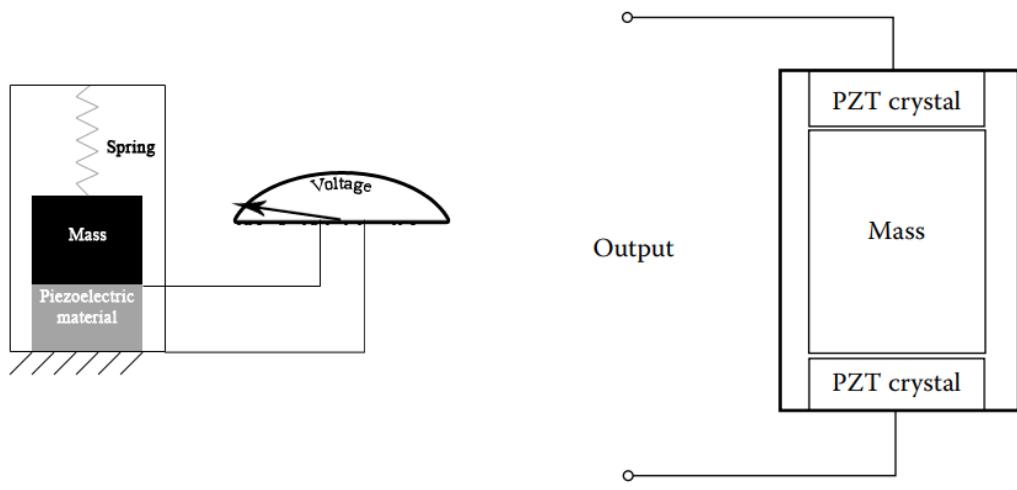
Cảm biến gia tốc hoạt động dựa trên một cảm biến điện cơ học được thiết kế để đo gia tốc tĩnh hoặc động.

- Gia tốc tĩnh là lực không đổi tác động lên một vật, chẳng hạn như trọng lực hoặc ma sát. Các lực này có tính chất ổn định và có thể dự đoán được. Ví dụ, gia tốc do trọng lực là  $9,8 \text{ m/s}^2$  trên Trái Đất.
- Gia tốc động là các lực không đồng nhất, như rung động hoặc va chạm. Ví dụ điển hình là một vụ va chạm ô tô, khi tốc độ thay đổi đột ngột.

Cảm biến gia tốc phát hiện gia tốc và chuyển nó thành các tín hiệu điện có thể đo lường.

### **Phân loại**

#### **1. Cảm biến gia tốc áp điện (Piezoelectric Accelerometers)**



Cảm biến gia tốc áp điện tạo ra tín hiệu điện khi gập gia tốc đột ngột. Loại cảm biến này điện hoạt động như một bộ chuyển đổi chuyển động với kích thước nhỏ nhưng tín hiệu đầu ra lớn. Chúng sử dụng một khối lượng gắn trực tiếp lên phần tử áp điện hoặc tinh thể. Khi có chuyển động thay đổi, tinh thể sẽ chịu tác động của lực  $F = ma$ , tạo ra một điện tích tỷ lệ với lực này. Loại này rất hiệu quả để đo rung động và chấn động.

Hai loại tinh thể áp điện thường dùng là:

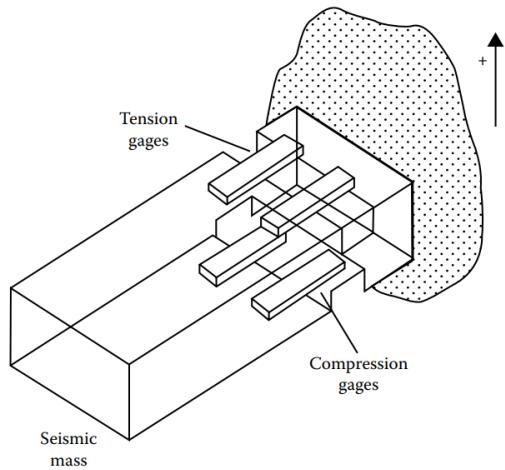
- **PZT (Lead-Zirconate-Titanate)**: Nhạy hơn và nhỏ hơn thạch anh
- **Quartz (Thạch anh)**

PZT có hằng số biến dạng áp điện cao gấp 150 lần so với thạch anh, giúp tăng độ nhạy và giảm kích thước cảm biến. Do có độ cứng cơ học cao và khối lượng quanity nhỏ, cảm biến áp điện rất thích hợp cho các ứng dụng tần số cao.

## 2. Cảm biến gia tốc điện trở áp (Piezoresistive Accelerometers)

Cảm biến gia tốc áp điện trở thay đổi điện trở theo mức gia tốc mà nó trải qua. Loại này về cơ bản là các điện trở biến dạng bán dẫn có hệ số đo biến dạng lớn. Hệ số đo biến dạng cao đạt được vì điện trở suất của vật liệu phụ thuộc chủ yếu vào ứng suất, chứ không chỉ phụ thuộc vào kích thước. Dù không nhạy bằng loại áp điện trong các ứng dụng tần số thấp, nó hoạt động tốt ở biên độ cao và thường được dùng trong thử nghiệm va chạm xe hoặc vũ khí.

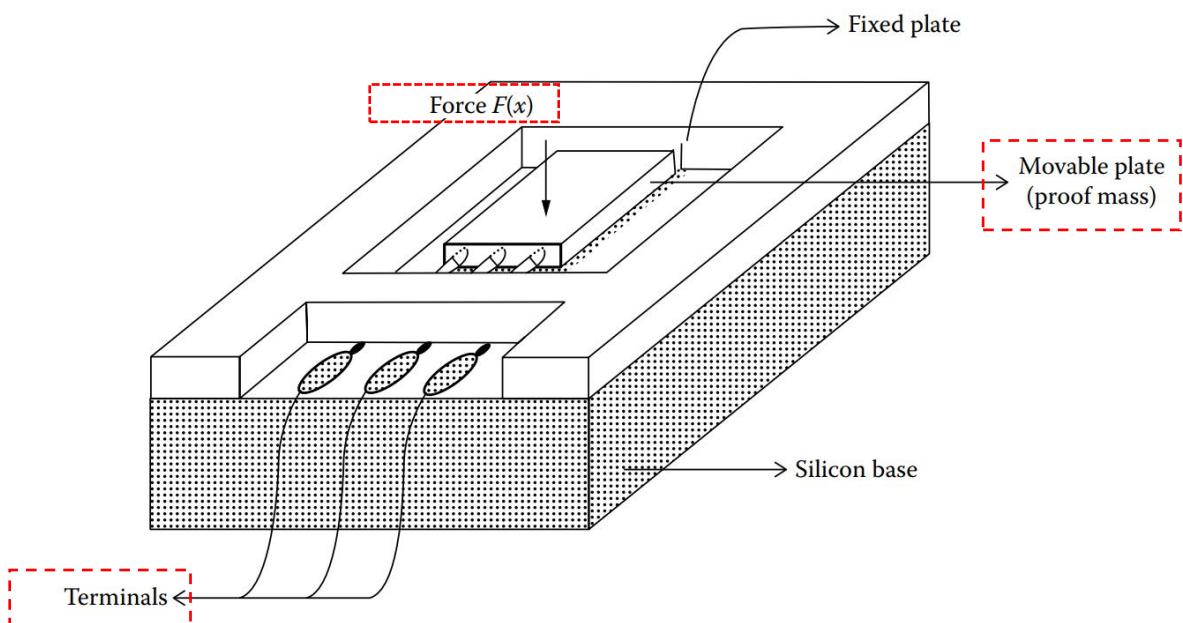
Cấu trúc cơ khí của một cảm biến gia tốc áp điện trở như sau:



- **Seismic mass** tạo ra ứng suất (kéo/nén) lên các gages khi có gia tốc.
- **Tension gages** đo phần lực kéo
- **Compression gages** đo phần lực nén.
- Tín hiệu điện trở thay đổi từ hai loại gages này sẽ được xử lý (thường qua mạch cầu Wheatstone) để tính toán gia tốc.

### 3. Cảm biến gia tốc điện dung (Capacitive Accelerometers)

Loại này sử dụng nguyên lý thay đổi điện dung để đo gia tốc. Nó có hai tẩm điện cực và một màng chắn (diaphragm). Khi có lực tác động  $F(x)$ , màng chắn (Moveable plate) di chuyển, thay đổi khoảng cách giữa hai tẩm điện cực, dẫn đến thay đổi điện dung. Các điện cực kết nối giúp đo lường tín hiệu điện, từ đó phản ánh gia tốc. Loại này thường được sử dụng trong cảm biến MEMS của điện thoại thông minh.



### 4. Cảm biến gia tốc ba trục (Triaxial Accelerometers)

Loại này có thể đo gia tốc theo ba phương vuông góc (X, Y, Z), giúp đo toàn bộ các thành phần rung động của một vật thể. Hầu hết các cảm biến gia tốc ba trục hoạt động dựa trên nguyên lý **piezoresistive** (**điện trở áp điện**), **piezoelectric** (**điện áp áp điện**) và **capacitive** (**điện dung**). Gia tốc tác động lên cảm biến sẽ làm thay đổi điện trở, điện áp hoặc điện dung, sau đó tín hiệu này được khuếch đại và lọc thông qua mạch xử lý. Điều này tương tự như nguyên lý của cảm biến gia tốc đơn trục, nên về mặt kỹ thuật, ba cảm biến đơn trục có thể ghép thành một cảm biến ba trục. Nó thường được sử dụng trong đo độ rung của tòa nhà, tuabin, và máy móc tốc độ cao.

### Các tham số đặc trưng:

#### 1. Dải đo (Measurement Range)

- Là phạm vi gia tốc tối đa mà cảm biến có thể đo lường chính xác, thường tính bằng đơn vị  $g$  ( $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- Ví dụ:  $\pm 2g$ ,  $\pm 10g$ ,  $\pm 100g$ .

#### 2. Độ nhạy (Sensitivity)

- Biểu thị mức tín hiệu đầu ra (V hoặc mV) trên mỗi đơn vị gia tốc ( $g$ ).
- Ví dụ:  $10 \text{ mV/g}$ ,  $100 \text{ mV/g}$ .

#### 3. Tần số cộng hưởng (Resonant Frequency)

- Là tần số mà tại đó cảm biến có thể dao động mạnh nhất, ảnh hưởng đến độ chính xác khi đo ở tần số cao.
- Ví dụ:  $5 \text{ kHz}$ ,  $10 \text{ kHz}$ .

#### 4. Độ nhiễu (Noise Density)

- Lượng nhiễu ngẫu nhiên trong tín hiệu đầu ra, ảnh hưởng đến khả năng phát hiện gia tốc rất nhỏ.
- Đơn vị:  $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ .

#### 5. Hệ số nhiệt độ (Temperature Coefficient)

- Mức độ thay đổi độ nhạy khi nhiệt độ thay đổi.
- Ví dụ:  $0.02\%/\text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 6. Độ phân giải (Resolution)

- Là gia tốc nhỏ nhất mà cảm biến có thể phát hiện được.

## 7. Thời gian đáp ứng (Response Time)

- Thời gian cảm biến cần để đạt đến giá trị ổn định sau khi có thay đổi đột ngột về giá tốc.

## 8. Nhiệt độ hoạt động (Operating Temperature Range)

- Khoảng nhiệt độ mà cảm biến có thể hoạt động bình thường, ví dụ: -40°C đến 85°C.

Mỗi loại cảm biến giá tốc (áp điện, điện trở áp, điện dung, ba trực) có các tham số này nhưng sẽ có sự khác nhau về đặc điểm và ứng dụng.

## V. Cảm biến tiệm cận

### Cảm biến tiệm cận

Cảm biến tiệm cận dùng để nhận biết sự xuất hiện của vật mà không cần tiếp xúc. Nó cần đo được vị trí và hướng (pose) của bề mặt vật thể. Cảm biến tiệm cận sử dụng nhiều phương pháp biến đổi khác nhau, bao gồm sóng âm, trường từ, trường điện và ánh sáng.

#### Nguyên lý hoạt động của một số loại cảm biến tiệm cận phổ biến

##### 1. Cảm biến tiệm cận cảm ứng

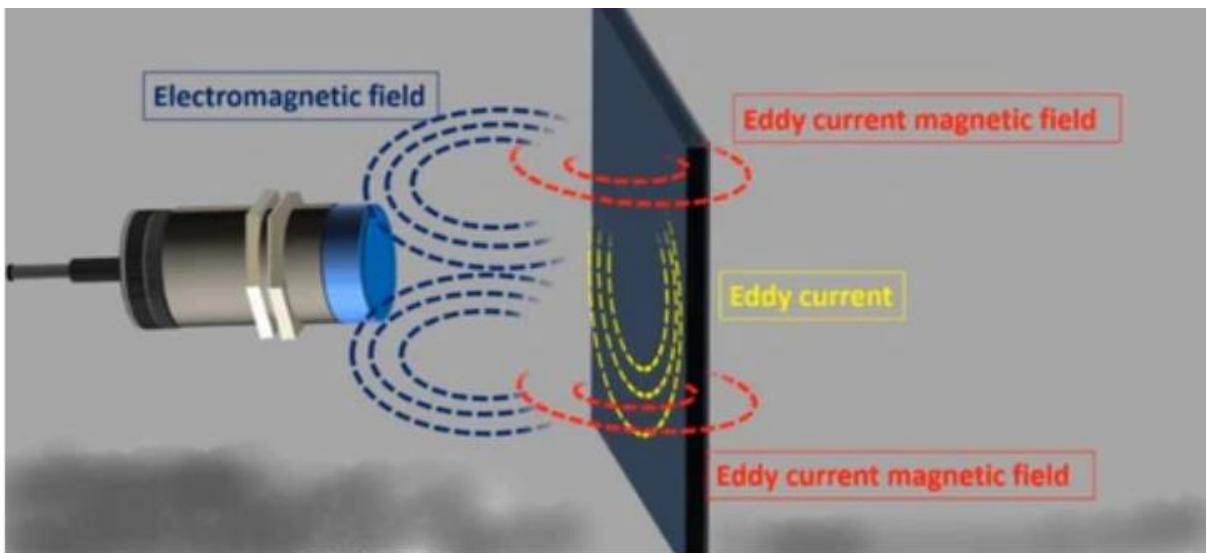
Cảm biến tiệm cận cảm ứng (Inductive Proximity Sensor) hoạt động dựa trên hai nguyên lý chính:

###### ➤ Định luật Cảm ứng Faraday

Khi một vật dẫn điện được đặt trong một từ trường, **dòng điện xoáy** (eddy current) sẽ được sinh ra trong vật dẫn đó.

###### ➤ Định luật Lenz

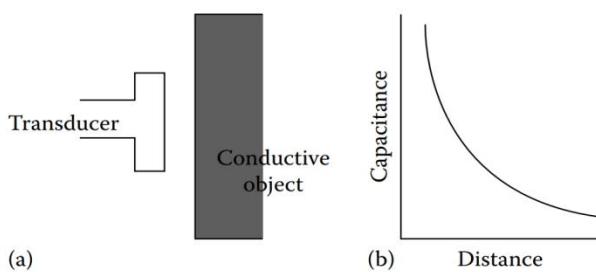
Dòng điện xoáy này sẽ tạo ra một từ trường có xu hướng **chống lại sự thay đổi** của từ trường ban đầu đã tạo ra nó.



Trong loại cảm biến này, một cuộn dây được quấn xung quanh lõi sắt từ. Khi dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn dây, nó sẽ tạo ra một từ trường xung quanh. Từ trường này sinh ra dòng điện xoáy trong vật dẫn điện gần đó.

Các dòng điện xoáy này tiếp tục tạo ra một từ trường ngược lại với từ trường của cảm biến. Khi một vật thể tiến gần đến cảm biến, từ trường do cảm biến tạo ra bị suy giảm, dẫn đến biên độ của từ trường giảm theo. Khi mức giảm vượt qua ngưỡng nhất định, mạch kích hoạt ngưỡng sẽ phát tín hiệu đầu ra, giúp xác định rằng vật thể đã đến gần phạm vi mong muốn của cảm biến.

## 2. Cảm biến Tiệm cận Điện dung

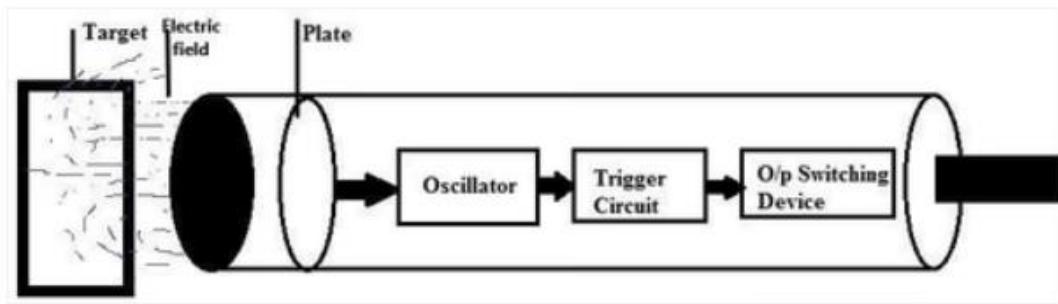


Cảm biến tiệm cận điện dung hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung. Khi điện dung thay đổi, tín hiệu đầu ra tương ứng cũng thay đổi. Sự thay đổi điện dung này phụ thuộc vào hình dạng của vật thể và khoảng cách giữa vật thể với cảm biến.

Cảm biến bao gồm các thành phần chính:

1. Bộ dao động (Oscillator)
2. Mạch kích hoạt (Trigger Circuit)

### 3. Thiết bị chuyển mạch đầu ra (Output Switching Device)



Khi một vật thể đi vào vùng trường điện được tạo bởi cảm biến, trường điện này bị cản trở bởi vật thể, dẫn đến thay đổi điện dung. Sự thay đổi này làm thay đổi biên độ dao động của mạch dao động.

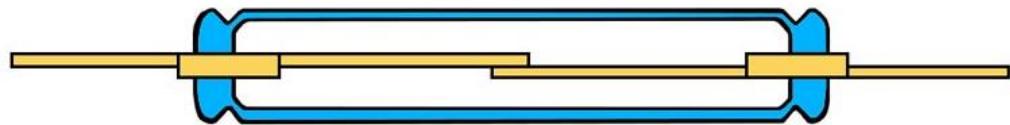
- Nếu vật thể di chuyển ra xa, biên độ dao động giảm.
- Nếu vật thể tiến gần cảm biến, biên độ dao động tăng.

Sự thay đổi này sẽ kích hoạt mạch kích hoạt, làm thay đổi tín hiệu đầu ra của cảm biến và khiến đèn báo đầu ra phát sáng.

#### 3. Cảm biến tiệm cận từ tính

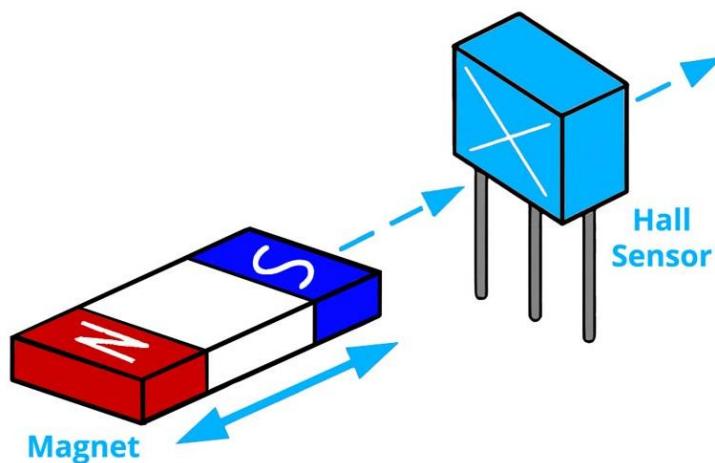
Cảm biến tiệm cận từ tính hoạt động dựa trên việc phát hiện sự thay đổi của từ trường để xác định sự có mặt của vật thể. Cảm biến này bao gồm một nam châm và một công tắc reed hoặc cảm biến Hall-effect. Khi một vật thể có tính từ tiến gần đến cảm biến, nó làm thay đổi từ trường, dẫn đến việc công tắc hoặc cảm biến nhận diện được sự thay đổi này.

##### ➤ Cảm biến dựa trên Công tắc Reed



Cảm biến từ tính sử dụng công tắc reed bao gồm một ống thủy tinh kín khí. Bên trong ống có hai lá tiếp điểm từ tính (reed). Khi có một nam châm tiến lại gần công tắc, hai lá tiếp điểm hút nhau và đóng mạch điện, cho phép dòng điện đi qua.

##### ➤ Cảm biến Hall-effect

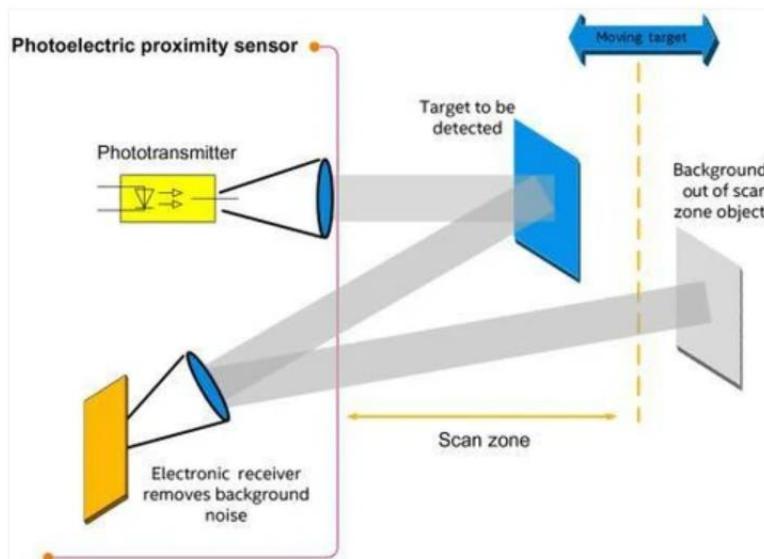


Cảm biến Hall-effect hoạt động dựa trên **hiệu ứng Hall** để đo cường độ từ trường của vật thể từ tính. Có **hai loại cảm biến Hall-effect**, bao gồm:

- **Cảm biến Hall kỹ thuật số:** Xuất tín hiệu **Cao** hoặc **Thấp** để xác định có hay không sự hiện diện của từ trường.
- **Cảm biến Hall tương tự:** Xuất tín hiệu **điện áp** hoặc **dòng điện tỷ lệ** với cường độ của từ trường.

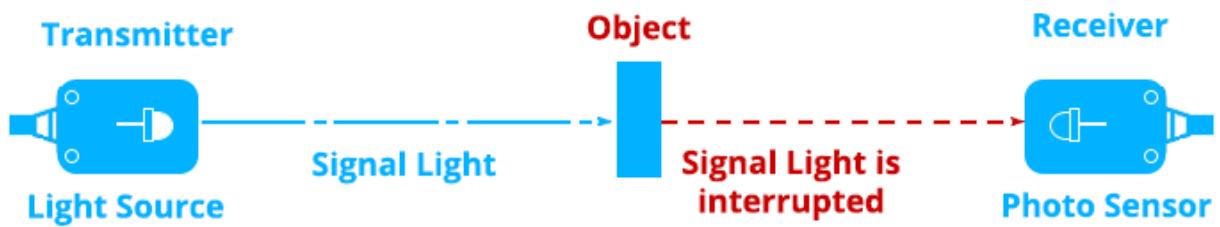
#### 4. Cảm biến tiệm cận quang học

Cảm biến tiệm cận quang học bao gồm **bộ phát (transmitter)** và **bộ thu (receiver)**. Mạch phát chứa **bộ phát quang (photo transmitter)**, có nhiệm vụ **chuyển đổi năng lượng điện thành ánh sáng** và phát ra môi trường. Khi ánh sáng này **phản xạ lại** từ **vật thể**, nó sẽ được **bộ thu quang (photo receiver)** tiếp nhận.



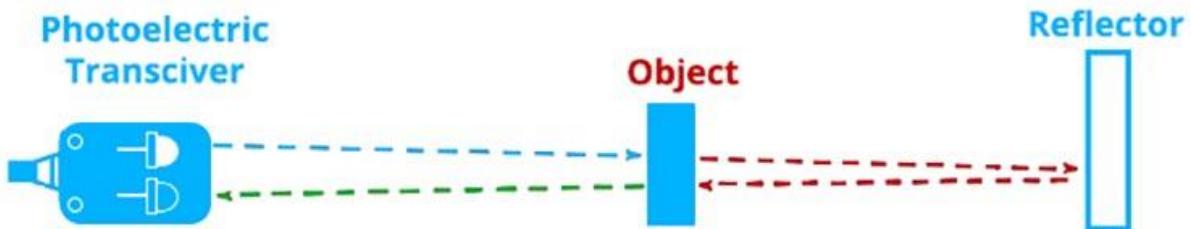
Các loại cảm biến tiệm cận quang học phổ biến:

- **Cảm biến dạng chùm tia xuyên qua (Through-beam sensor)**



Trong phương pháp này, **bộ phát** (emitter) truyền một chùm tia sáng trực tiếp đến **bộ thu** (receiver) trong phạm vi quan sát của nó. Khi có vật thể cắt ngang tia laser, hệ thống sẽ nhận diện sự hiện diện của vật thể

➤ Cảm biến phản xạ (Retro-reflective sensor)



Phương pháp này phát hiện khi đường đi của ánh sáng bị gián đoạn hoặc cắt ngang. Bộ vỏ cảm biến chứa cả thành phần phát và nhận ánh sáng.

Bộ phản xạ (reflector) nhận ánh sáng từ bộ phát, sau đó phản xạ lại về bộ thu. Khi có vật thể xuất hiện, ánh sáng sẽ bị gián đoạn, giúp cảm biến nhận diện sự hiện diện của vật thể.

➤ Cảm biến khuếch tán (Diffuser sensor)

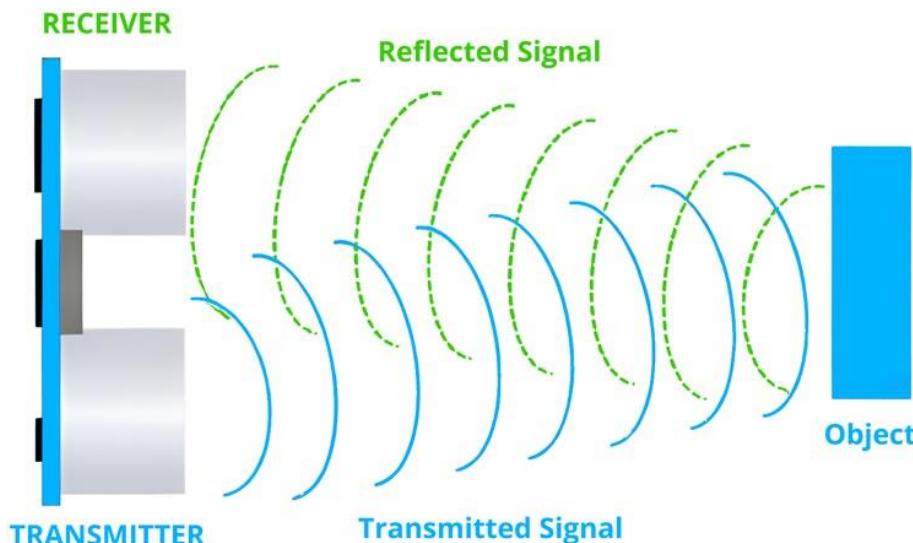


Trong loại cảm biến này, **mạch phát và mạch thu được đặt chung trong cùng một bộ vỏ**, tương tự như cảm biến phản xạ (retro-reflective sensor).

Ánh sáng phản xạ từ vật thể sẽ được cảm biến thu nhận. **Thay vì sử dụng một bộ phản xạ để phản xạ ánh sáng về bộ thu**, chính vật thể sẽ đóng vai trò là bộ phản xạ,

phản xạ một phần ánh sáng về bộ thu để phát hiện và xác nhận sự hiện diện của vật thể.

## 5. Cảm biến Ultrasonic



Cảm biến tiệm cận Ultrasonic bao gồm **một bộ phát và một bộ thu**.

Bộ phát sẽ **gửi sóng âm ra ngoài**, và bộ thu sẽ **phát hiện sóng phản xạ** từ vật thể.

**Các tham số đặc trưng:**

**Các tham số đặc trưng của cảm biến tiệm cận**

1. **Khoảng cách phát hiện (Sd)** – Khoảng cách tối đa cảm biến nhận diện vật thể (mm/cm).
2. **Tần số đáp ứng** – Số lần cảm biến phát hiện trong một giây (Hz).
3. **Điện áp hoạt động** – Khoảng điện áp cần thiết (VD: 10-30V DC, 90-250V AC).
4. **Dòng tiêu thụ** – Mức năng lượng cảm biến sử dụng.
5. **Nhiệt độ hoạt động** – Phạm vi nhiệt độ môi trường làm việc (-25°C đến 70°C).
6. **Loại đầu ra** – PNP/NPN, NO/NC hoặc Analog.
7. **Góc quét** – Phạm vi quét của cảm biến (đặc biệt với quang học, siêu âm).

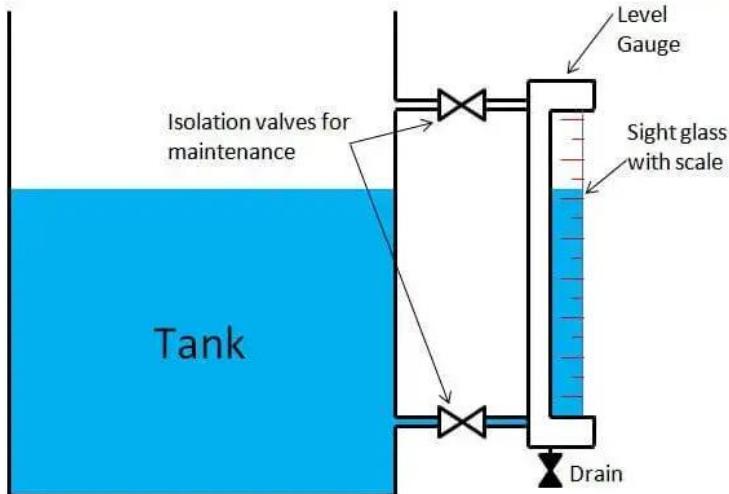
## VI. Cảm biến mức

Dùng để đo mức chất lỏng.

**Nguyên lý hoạt động của một số loại cảm biến đo mức phổ biến**

Có hai cách đo mức:

- Cảm nhận trực tiếp: đo mức trực tiếp
  - Cảm nhận gián tiếp: đo qua thuộc tính của chất lỏng như áp suất
- a. Đo mức trực tiếp**
- **Kính quan sát dòng chảy (sight glass or gauge)**



Thước đo mức được gắn bên ngoài bể chứa để có thể quan sát mức chất lỏng qua kính. Thước được lắp thẳng đứng liền kề với bình chứa. Thước được đánh dấu vạch chia để có thể đo mức chính xác. Thước được nối phần trên và dưới của bể thông qua các van ngắn.

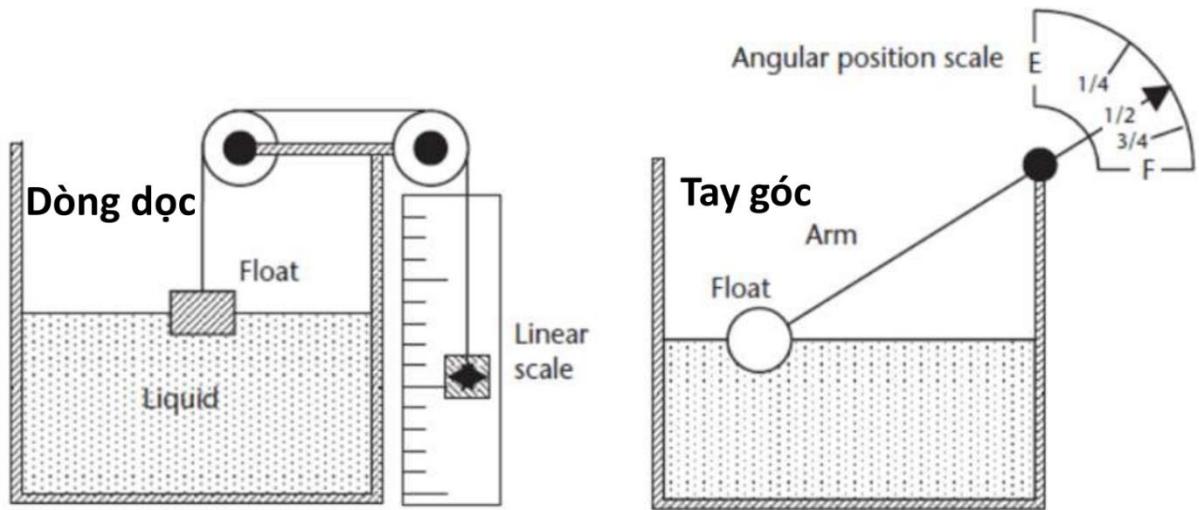
➤ **Cảm biến phao**

Cảm biến mức dạng phao sử dụng một phao nổi lên và hạ xuống theo mức chất lỏng để giám sát mức chất lỏng trong bể chứa. Phao được liên kết với một công tắc hoặc cảm biến, giúp phát hiện vị trí của phao và truyền tín hiệu đến hệ thống điều khiển để hiển thị mức chất lỏng.

**Cảm biến mức dạng phao hoạt động như thế nào?**

Loại cảm biến này hoạt động dựa trên nguyên lý lực đẩy nổi (buoyancy). Phao được thiết kế để có mật độ (khối lượng riêng) nhỏ hơn mật độ của chất lỏng, giúp nó có thể nổi trên bề mặt chất lỏng. Phao sẽ nâng lên hoặc hạ xuống khi mức chất lỏng thay đổi, và vị trí của phao được giám sát bởi một công tắc hoặc cảm biến. Công tắc hoặc cảm biến này có thể sử dụng công nghệ từ tính, siêu âm hoặc các phương pháp khác để phát hiện vị trí của phao, có thể là loại cơ khí hoặc điện tử.

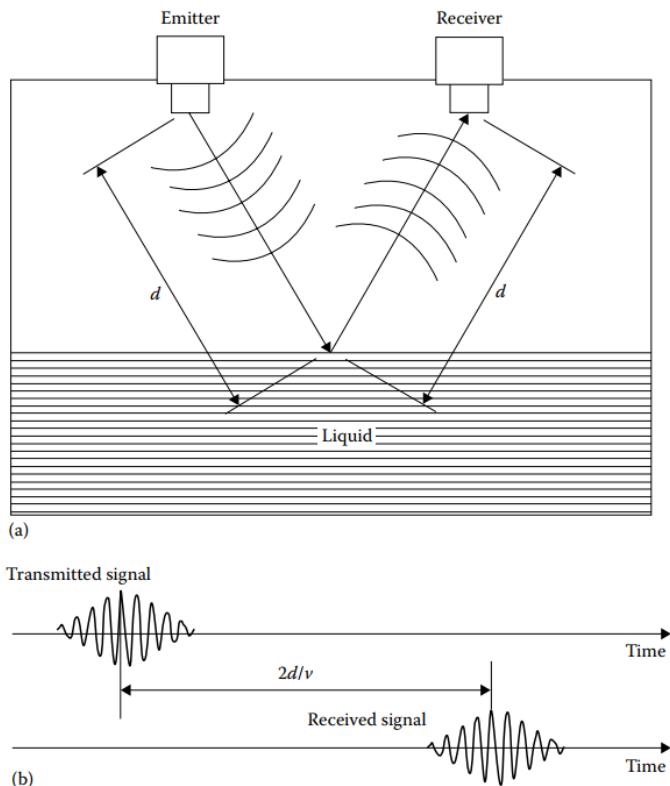
Hai loại cảm biến mức dạng phao phổ biến: Loại dòng dọc và loại tay gác



### ➤ Cảm biến siêu âm

Nguyên lý hoạt động:

- Một tín hiệu được phát ra dưới dạng sóng hướng về bề mặt của chất cần đo.
- Sóng này phản xạ lại từ bề mặt chất đó.
- Cảm biến **thu nhận** tín hiệu phản xạ.



Hệ thống đo lường sẽ tính toán **time of flight**,  $t$  của tín hiệu theo công thức:

$$t = 2d / v$$

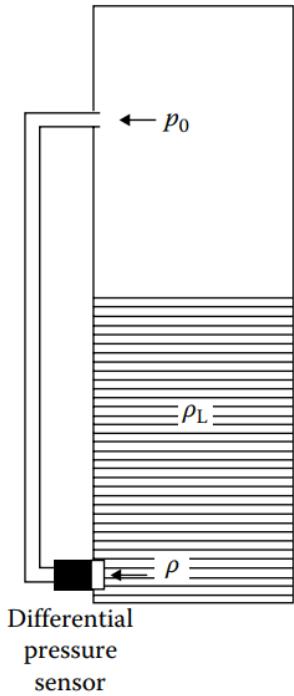
trong đó:

- $d$  là khoảng cách từ cảm biến đến bể mặt chất cần đo.
- $v$  là vận tốc truyền sóng trong môi trường đo.

### b. Đo mức gián tiếp

#### ➤ Đo áp suất

đo áp suất tĩnh ở đáy bình chứa, mức có thể ngoại suy từ áp suất và khối lượng riêng của chất lỏng



Đồng hồ đo áp suất được đặt ở đáy bể để đo áp suất này. Trong các bể chứa có áp suất khí quyển thay đổi, người ta sử dụng **cảm biến đo chênh lệch áp suất**, bằng cách đo sự khác biệt giữa áp suất tại đáy và áp suất phía trên bể chứa, bên trên chất lỏng.

Áp suất thủy tĩnh, do trọng lượng của chất lỏng gây ra, tồn tại ở đáy bể chứa:

$$p = p_0 + \rho g L$$

$$\Rightarrow L = p - p_0 / \rho g$$

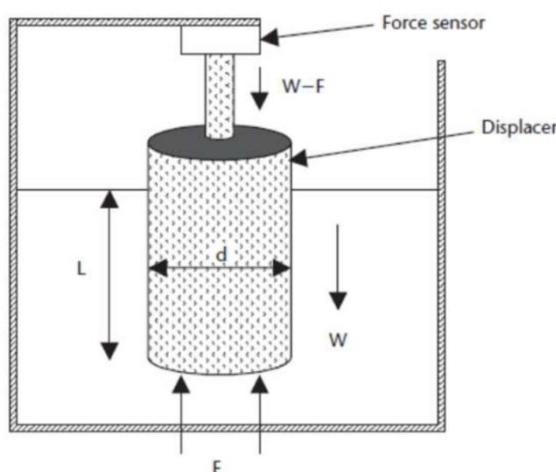
Với :

$p_0$ : áp suất khí quyển

$\rho$ : mật độ chất lỏng

Do phép đo mức bằng áp suất thủy tĩnh phụ thuộc vào mật độ, nên nếu mật độ thay đổi (do nhiệt độ, ...), sẽ có sai số đo.

#### ➤ Bộ dịch chuyển (displacer) gắn cảm biến lực



Lực nén lên của vật thể  $F$  thay đổi do sự thay đổi của mức chất lỏng. Máy đo lực đo trọng lượng dư thừa của bộ dịch chuyển:

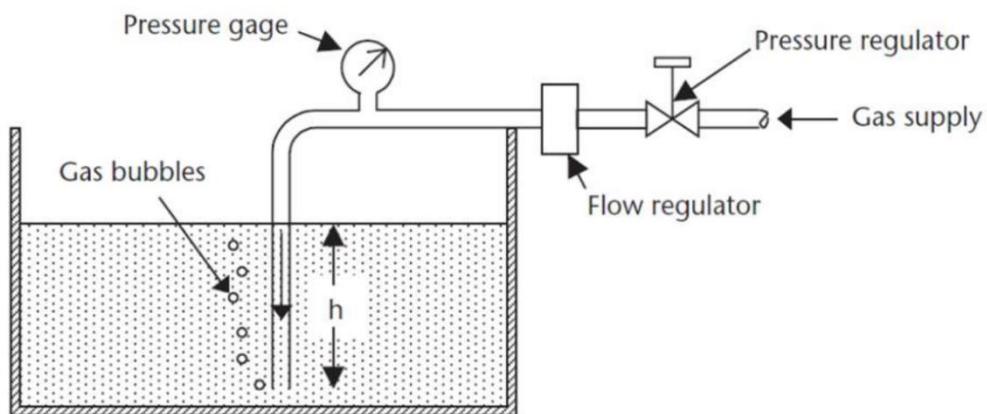
Trọng lượng của cảm biến lực = Trọng lượng bộ dịch chuyển (W) - F

Lực này sau đó sẽ được dùng để suy ra mức chất lỏng.

Điều kiện để bộ dịch chuyển hoạt động chính xác là **khối lượng riêng của vật phải lớn hơn khối lượng riêng của chất lỏng**. Nếu không, vật sẽ **nổi hoàn toàn** trên bề mặt chất lỏng, làm giới hạn phạm vi đo.

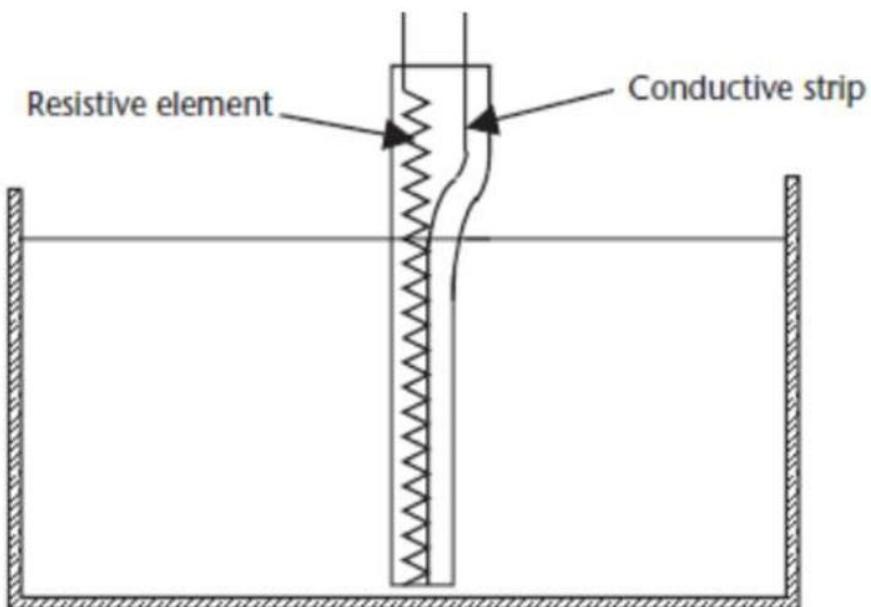
#### ➤ Thiết bị tạo bọt khí (Bubbler devices)

Khí từ bộ điều chỉnh áp suất đi qua ống điều chỉnh lưu lượng, đầu mở ống ở đáy bình chứa. Áp suất cần thiết để ép chất lỏng ra khỏi ống bằng áp suất ở cuối ống gây ra bởi chất lỏng.



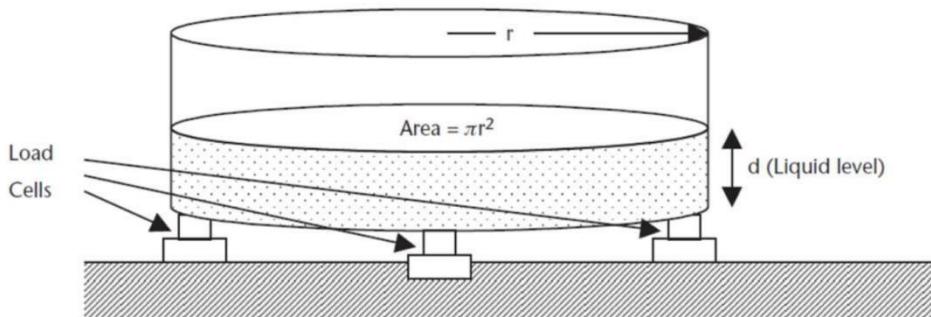
#### ➤ Băng điện trở (Resistive tapes):

Phản tử điện trở được đặt gần miếng dán điện trong thiết bị bị nén, vỏ bọc không dẫn điện. Áp suất của chất lỏng đẩy miếng dán điện làm rút ngắn chiều dài phản tử điện trở, chiều dài này tỷ lệ với độ sâu của chất lỏng.



## ➤ Cảm biến tải trọng (load cells)

Dùng để đo trọng lượng bồn chứa và các chất chứa trong đó.



Nguyên tắc hoạt động của cảm biến tải trọng dựa trên sự biến đổi của điện trở dưới tác động của lực. Các cảm biến bên trong Loadcell thay đổi điện trở khi bị biến dạng bởi lực tác động. Sự biến đổi này được đo và chuyển đổi thành tín hiệu số.

### Các tham số đặc trưng:

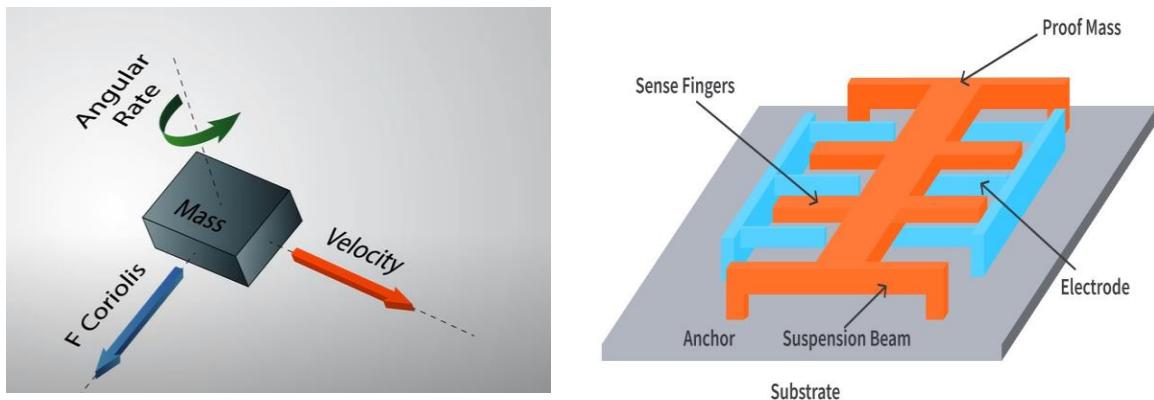
1. **Dải đo:** Khoảng mức chất lỏng mà cảm biến có thể đo.
2. **Độ chính xác :** Sai số của phép đo so với giá trị thực.
3. **Độ phân giải :** Khả năng phân biệt hai mức đo liên tiếp gần nhau nhất.
4. **Tốc độ phản hồi:** Thời gian cảm biến cập nhật dữ liệu khi mức chất lỏng thay đổi.
5. **Nhiệt độ hoạt động:** Khoảng nhiệt độ môi trường mà cảm biến có thể hoạt động ổn định.
6. **Áp suất hoạt động:** Giới hạn áp suất mà cảm biến chịu được khi hoạt động.
7. **Môi trường đo:** Loại chất lỏng có thể đo được mà không làm hỏng cảm biến.
8. **Tín hiệu đầu ra:** Dạng tín hiệu cảm biến phát ra (tín hiệu số, analog, relay, 4-20mA, v.v.).

## VII. Cảm biến góc

### 1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến tốc độ góc

Cảm biến vận tốc góc (gyroscope sensor) là thiết bị đo tốc độ quay của một vật thể quanh một trục nhất định. Chúng hoạt động dựa trên các nguyên lý như hiệu ứng Coriolis, giao thoa quang học hoặc bảo toàn động lượng góc. Các loại phổ biến gồm cảm biến MEMS (nhỏ gọn, giá rẻ), con quay laser (RLG) và sợi quang (FOG) có độ chính xác cao, cùng với con quay hồi chuyển cơ học. Ứng dụng rộng rãi trong smartphone, ô tô, hàng không, vũ trụ và quân sự. Có 3 loại cảm biến vận tốc góc phổ biến :

### a. Cảm biến tốc độ góc MEMS (MEMS Gyroscope)



- MEMS Gyroscope thường có các thành phần chính sau:
  - + Khối lượng dao động (Proof Mass): Chuyển động qua lại để phản ứng với lực Coriolis.
  - + Cấu trúc treo (Suspension System): Giữ khối lượng dao động và cho phép nó di chuyển theo hướng nhất định.
  - + Bộ phận đo lường điện dung (Capacitive Sensing Elements): Xác định sự dịch chuyển của khối lượng dao động để đo lường vận tốc góc.
  - + Mạch điều khiển và xử lý tín hiệu: Khuếch đại, lọc và xử lý tín hiệu để chuyển đổi thành dữ liệu vận tốc góc.
- Cảm biến MEMS Gyroscope dựa vào hiệu ứng Coriolis, được mô tả như sau:
  - + Tạo dao động ban đầu: Một khối lượng nhỏ (mass) được thiết kế dao động liên tục theo một hướng nhất định nhờ hệ thống lò xo vi mô và cơ chế kích thích áp điện.
  - + Tác động của vận tốc góc: Khi cảm biến quay quanh một trục, lực Coriolis xuất hiện, làm cho khối lượng dao động theo một hướng vuông góc với cả hướng dao động ban đầu và trục quay.
  - + Sự dịch chuyển và đo lường: Sự dịch chuyển này dẫn đến sự thay đổi điện dung giữa khối lượng dao động và các bản cực cố định. Mạch đo điện dung sẽ phát hiện sự thay đổi này và chuyển thành tín hiệu điện.
  - + Xử lý tín hiệu để xác định vận tốc góc: Tín hiệu từ cảm biến được khuếch đại, lọc nhiễu và chuyển đổi thành một điện áp tương ứng với vận tốc góc.

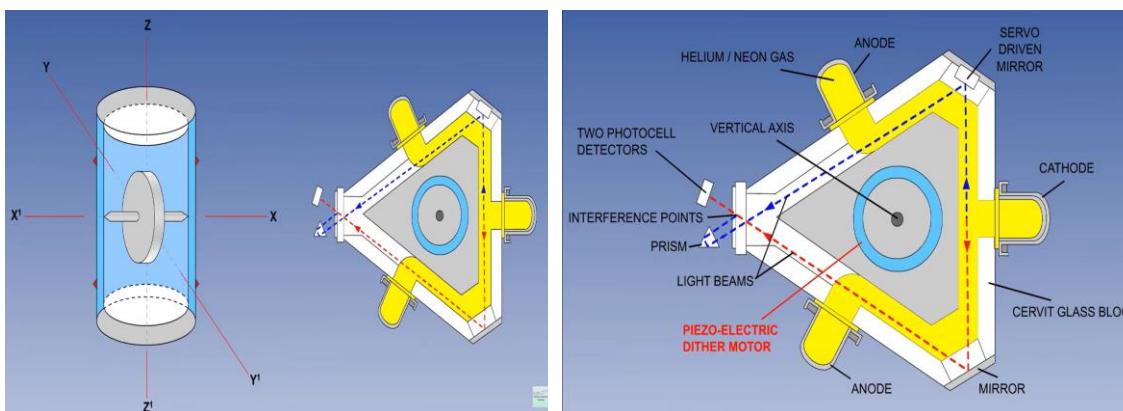
$$\vec{F} = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega})$$

Trong đó

- m: khối lượng của vật
- v: vận tốc của vật
- $\omega$ : tốc độ góc của hệ vật
- vectơ  $v \times$  vectơ  $\omega$ : tích có hướng của vectơ vận tốc  $v$  và vectơ vận tốc  $\omega$  của hệ.

### b. Con quay hồi chuyển laser vòng (Ring Laser Gyroscope - RLG)

Con quay hồi chuyển laser vòng (RLG) là một thiết bị quán tính dùng để đo vận tốc góc dựa trên hiệu ứng Sagnac. Nó không có bộ phận cơ khí quay như con quay hồi chuyển truyền thống, giúp tăng độ bền và giảm sai số. RLG được sử dụng rộng rãi trong hệ thống dẫn đường quán tính (INS) trên máy bay, tàu vũ trụ, tàu ngầm và các ứng dụng hàng không vũ trụ.



- **Nguyên lý hoạt động của RLG:** Nguyên lý hoạt động của Ring Laser Gyroscope (RLG) dựa trên hiệu ứng Sagnac, trong đó sự quay của hệ thống tạo ra sự chênh lệch về đường đi và tần số giữa hai chùm tia laser truyền theo hai hướng ngược nhau.

+ **Cấu trúc thực tế của RLG:** Trong thực tế, thay vì sử dụng một vòng tròn kín, RLG sử dụng một lăng kính tam giác với ba gương phản xạ để hướng dẫn chùm tia laser theo đường đi hình tam giác. Bên trong hệ thống có một khoang rỗng chứa hỗn hợp khí heli và neon, giúp khuếch đại ánh sáng laser để tăng cường tín hiệu.

+ **Tạo ánh sáng laser:** RLG sử dụng một cathode phát ra photon (hạt ánh sáng). Hai anode được đặt ở hai đầu đối diện với cathode và tạo ra một điện thế lớn, hút photon về phía chúng. Điều này làm cho ánh sáng di chuyển theo hai hướng ngược nhau trong khoang laser: thuận chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ. Các gương phản xạ giúp ánh sáng di chuyển theo đường tam giác, quay lại vị trí ban đầu nhiều lần. Khi

ánh sáng được khuếch đại đến mức bão hòa, nó tạo ra hiện tượng lasing, cho phép sóng ánh sáng duy trì tần số ổn định.

+ **Đo lường sự quay:** Khi hệ thống quay, độ dài đường đi của hai chùm sáng thay đổi theo hiệu ứng Sagnac. Mặc dù số bước sóng trong đường đi vẫn giữ nguyên, nhưng tần số của hai chùm tia laser sẽ khác nhau. Hiệu số tần số này tỷ lệ với vận tốc góc của hệ thống, giúp xác định tốc độ quay.

+ **Giao thoa kế - Biến đổi tín hiệu thành thông tin vận tốc góc:** Sau khi hoàn thành quãng đường của mình, hai chùm sáng được đưa vào một bộ giao thoa quang học. Nếu hai chùm sáng có cùng tần số, hoa văn giao thoa sẽ cố định. Tuy nhiên, nếu có sự chênh lệch tần số do hệ thống quay, hoa văn giao thoa sẽ di chuyển, và tốc độ di chuyển của hoa văn này chính là tốc độ quay của hệ thống. Một đầu dò quang điện phân tích sự thay đổi của hoa văn giao thoa để xác định vận tốc góc của hệ thống một cách chính xác.

## 2.Các tham số đặc trưng (MEMS)

Tham số	Mô tả
Dải đo (Measurement Range)	Phạm vi đo tùy theo loại cảm biến, ví dụ: Gia tốc kế MEMS ±2g đến ±200g, Cảm biến áp suất MEMS 10 Pa - 10 MPa
Độ nhạy (Sensitivity)	Độ nhạy thể hiện sự thay đổi tín hiệu đầu ra theo đơn vị đo, ví dụ: Gia tốc kế MEMS có độ nhạy 1-50 mV/g
Độ chính xác (Accuracy)	Độ chính xác cao, thường từ ±0.1% đến ±5%, tùy vào ứng dụng và loại cảm biến.
Độ phân giải (Resolution)	Khả năng phát hiện sự thay đổi nhỏ nhất của đại lượng đo, ví dụ: Cảm biến áp suất MEMS có độ phân giải 0.1 Pa
Tốc độ đáp ứng (Response Time)	Thời gian cảm biến đạt 90% giá trị đo ổn định, thường dưới 1 ms đối với cảm biến gia tốc, nhưng có thể thay đổi theo ứng dụng
Tiêu thụ điện năng (Power Consumption)	Cảm biến MEMS tiêu thụ năng lượng rất thấp, thường dưới 1 mW, phù hợp với các thiết bị di động.

Tín hiệu đầu ra (Output Signal)	Có thể là analog (điện áp, điện trở, điện dung) hoặc digital (I <sup>2</sup> C, SPI, UART) tùy theo ứng dụng.
Nhiệt độ hoạt động (Operating Temperature)	Khoảng nhiệt độ hoạt động rộng, từ -40°C đến 125°C, một số loại có thể chịu đến 200°C.
Tính ổn định (Long-term Stability)	MEMS có độ trôi tín hiệu thấp, tuổi thọ dài (hàng chục năm), nhưng có thể bị ảnh hưởng bởi sốc cơ học và nhiệt độ.
Kích thước và trọng lượng (Size & Weight)	Rất nhỏ gọn, kích thước thường dưới vài mm, trọng lượng tính bằng mg, phù hợp với các ứng dụng di động.

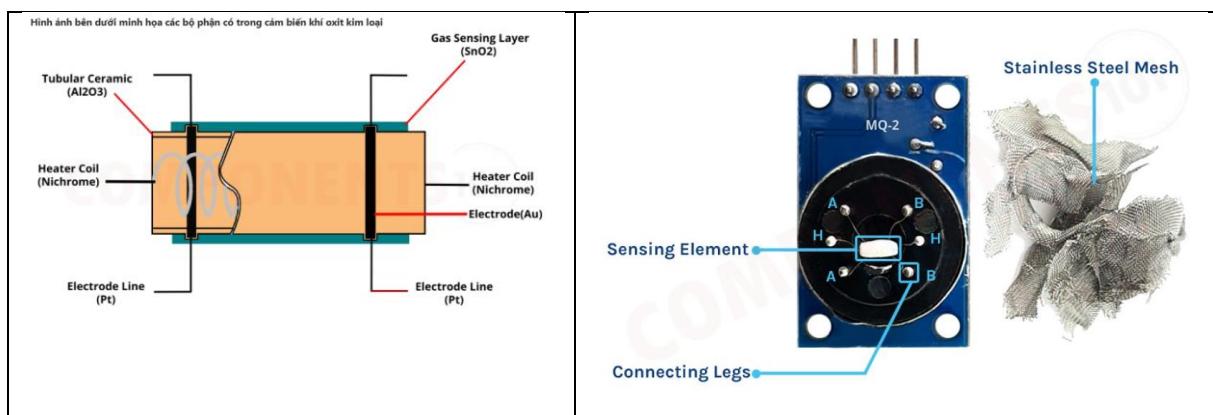
## VIII. Cảm biến khí

### 1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến khí

Cảm biến khí(Gas sensor) là một thiết bị phát hiện sự hiện diện hoặc nồng độ của các loại khí trong không khí. Dựa trên nồng độ khí, cảm biến sẽ tạo ra sự chênh lệch điện thế tương ứng bằng cách thay đổi điện trở của vật liệu bên trong cảm biến, và giá trị này có thể được đo dưới dạng điện áp đầu ra. Dựa trên giá trị điện áp này, loại khí và nồng độ của nó có thể được ước lượng.

Có nhiều loại cảm biến khí và có nhiều cách khác nhau để phân loại chúng. Phân loại chính của cảm biến khí có thể được thực hiện dựa trên nguyên lý hoạt động. Sau đây là một số phân loại chính của cảm biến khí dựa trên nguyên lý hoạt động của chúng.

#### a. Cảm biến khí bán dẫn / Dựa trên Oxide kim loại (Semiconductor / Metal Oxide-based Gas Sensors)



Cảm biến khí được sử dụng phổ biến nhất là cảm biến khí dựa trên chất bán dẫn/kim loại oxit. Tất cả các cảm biến khí sẽ bao gồm một phần tử cảm biến bao gồm các bộ phận sau.

+ **Lớp cảm biến khí (Gas sensing layer):** Đây là thành phần chính trong cảm biến, có nhiệm vụ phát hiện sự biến đổi nồng độ khí và tạo ra sự thay đổi điện trở. Lớp cảm biến khí thực chất là một **chemiresistor**, thay đổi giá trị điện trở của nó dựa trên nồng độ của một loại khí cụ thể trong môi trường. Thành phần cảm biến được làm từ **SnO<sub>2</sub> (Tin Dioxide)**, vốn có nhiều electron dư (nguyên tố cho electron). Vì vậy, khi khí độc được phát hiện, điện trở của phần tử cảm biến thay đổi và dòng điện chạy qua nó thay đổi, phản ánh sự thay đổi nồng độ của khí.

+ **Cuộn dây gia nhiệt (Heater coil):** Mục đích của cuộn dây gia nhiệt là đốt nóng phần tử cảm biến để tăng cường độ nhạy và hiệu suất của phần tử cảm biến. Nó được làm từ **Nickel-Chromium**, có điểm nóng chảy cao, giúp nó duy trì nhiệt mà không bị tan chảy.

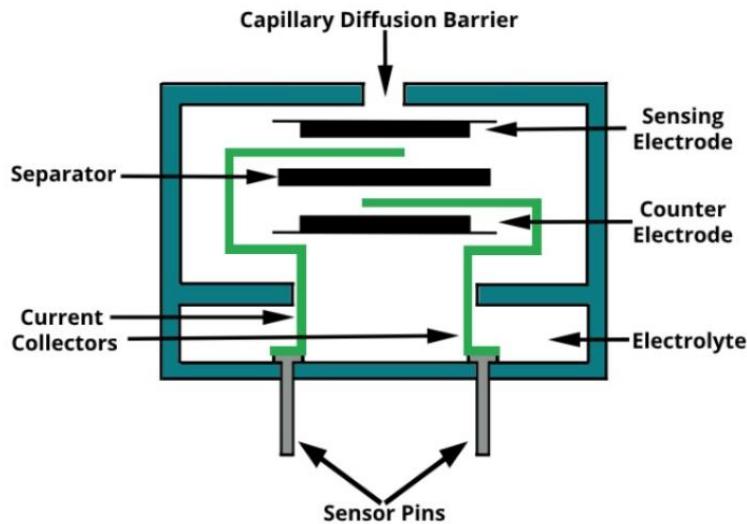
+ **Dây điện cực (Electrode line):** Vì phần tử cảm biến tạo ra dòng điện rất nhỏ khi khí được phát hiện, nên việc duy trì hiệu quả trong việc dẫn các dòng điện nhỏ này là rất quan trọng. Các dây điện cực được làm từ **Platinum**, giúp di chuyển các electron một cách hiệu quả.

+ **Điện cực (Electrode):** Đây là điểm giao nhau nơi đầu ra của lớp cảm biến được kết nối với dây điện cực, để dòng điện đầu ra có thể chảy đến các cực cần thiết. Điện cực ở đây được làm từ **Vàng (Au - Aurum)**, một vật liệu dẫn điện rất tốt.

+ **Gốm hình ống (Tubular ceramic):** Giữa cuộn dây gia nhiệt và lớp cảm biến khí có một lớp gốm hình ống, được làm từ **Aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**. Với điểm nóng chảy cao, nó giúp duy trì quá trình đốt nóng (làm nóng trước) của lớp cảm biến, giúp tăng cường độ nhạy của lớp cảm biến để có thể tạo ra dòng điện đầu ra hiệu quả.

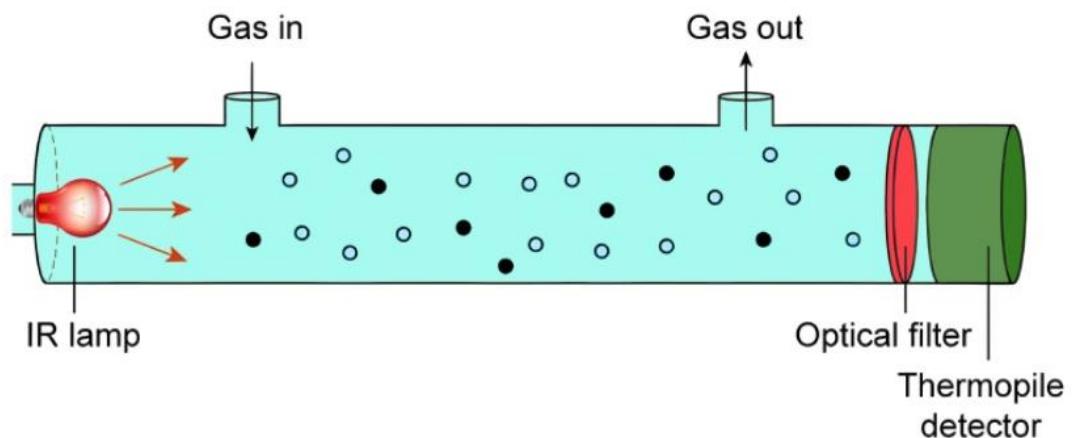
+ **Lưới kim loại trên phần tử cảm biến (Mesh over the sensing element):** Để bảo vệ các phần tử cảm biến và thiết lập của cảm biến, một lưới kim loại được sử dụng để ngăn ngừa bụi và các hạt có thể xâm nhập vào lưới, tránh làm hỏng lớp cảm biến khí do các hạt ăn mòn.

## b. Cảm biến khí điện hóa (Electrochemical Gas Sensors)



Cảm biến khí điện hóa đo nồng độ khí bằng cách oxy hóa hoặc khử khí tại một điện cực và đo dòng điện tạo ra từ phản ứng này. Cảm biến khí điện hóa bao gồm các điện cực (điện cực làm việc, điện cực đối kháng và điện cực tham chiếu) được ngâm trong một dung dịch điện phân, thường được bao bọc trong một vỏ nhỏ gọn với màng thẩm khí. Các khí mục tiêu khuếch tán qua màng và trải qua phản ứng oxy hóa-khử tại điện cực làm việc, tạo ra dòng điện tỷ lệ với nồng độ khí. Cảm biến này nổi bật với đặc hiệu cao và độ chính xác tốt và yêu cầu công suất thấp. Những nhược điểm chính của chúng bao gồm khả năng bị nhiễm độc bởi các khí khác và tuổi thọ giới hạn do sự tiêu hao vật liệu hoạt động.

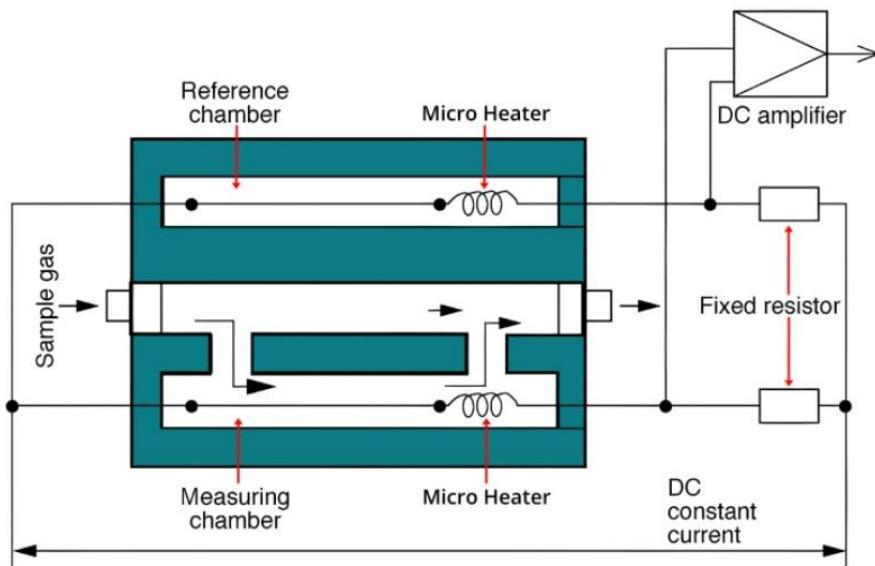
### c. Cảm biến khí hồng ngoại không phân tán (Non-Dispersive Infrared - NDIR)



**Cảm biến khí hồng ngoại không phân tán (NDIR)** sử dụng nguồn sáng hồng ngoại và bộ phát hiện hồng ngoại để đo nồng độ khí dựa trên sự hấp thụ hồng ngoại. Cảm biến NDIR bao gồm một nguồn sáng hồng ngoại, một buồng mẫu khí, bộ lọc bước sóng và một bộ phát hiện hồng ngoại. Buồng khí được thiết kế để tối ưu hóa chiều dài quang học nhằm đảm bảo phát hiện chính xác. Các khí hấp thụ ánh sáng

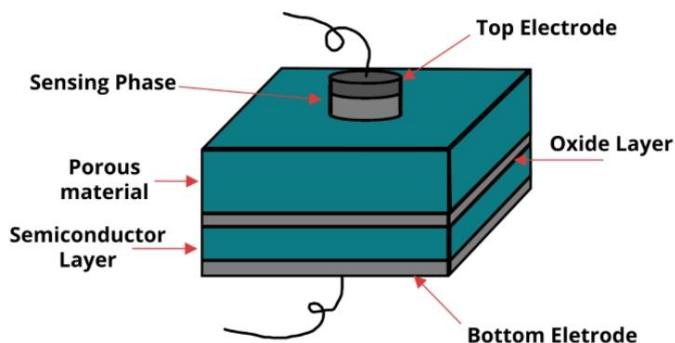
hồng ngoại ở các bước sóng cụ thể; lượng ánh sáng bị hấp thụ được đo bởi bộ phát hiện và dùng để xác định nồng độ khí. Những cảm biến này có độ chính xác cao, tuổi thọ hoạt động lâu dài và không bị ảnh hưởng bởi việc "nhiễm độc" cảm biến, nhưng chúng có giá thành cao và chỉ có thể phát hiện các khí hấp thụ ánh sáng hồng ngoại.

#### d. Cảm biến khí dẫn nhiệt (Thermal Conductivity Gas Sensors)



**Cảm biến khí dẫn nhiệt (Thermal Conductivity Gas Sensors)** đánh giá sự thay đổi trong độ dẫn nhiệt do các khí khác nhau trong môi trường xung quanh gây ra. Cảm biến khí dẫn nhiệt thường bao gồm một cặp thermistor hoặc dẫn nhiệt được đặt trong một mạch cầu, với một phần tiếp xúc với khí mục tiêu và phần còn lại tiếp xúc với khí tham chiếu. Sự có mặt của khí thay đổi độ dẫn nhiệt xung quanh phần tử cảm biến, làm thay đổi nhiệt độ và do đó làm thay đổi điện trở, được mạch đo lường. Mặc dù cảm biến này có thể phát hiện một loạt các khí và rất đơn giản, bền vững, nhưng độ nhạy của chúng thấp hơn so với các loại cảm biến khác và chúng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường.

#### e. Cảm biến khí dựa trên điện dung (Capacitance-based Gas Sensors)



**Cảm biến khí dựa trên điện dung (Capacitance-based Gas Sensors)** phát hiện sự thay đổi trong điện dung do sự thay đổi của hằng số điện môi của khí hấp thụ trên lớp phủ của cảm biến. Cảm biến khí dựa trên điện dung bao gồm một tụ điện với vật liệu điện môi tương tác với khí mục tiêu, thường được xây dựng trên nền tảng hệ thống vi cơ điện tử (MEMS) để thu nhỏ kích thước. Sự hấp thụ các phân tử khí thay đổi hằng số điện môi của vật liệu, làm thay đổi điện dung, và giá trị này sau đó được đo. Mặc dù các cảm biến này đặc biệt nhạy cảm với sự thay đổi độ ẩm và hữu ích trong các ứng dụng phát hiện độ ẩm, nhưng chúng cũng dễ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường khác như nhiệt độ, thường yêu cầu phải hiệu chuẩn cẩn thận.

## 2.Các tham số đặc trưng (Cảm biến khí bán dẫn)

Tham số	Mô tả
Dải đo (Measurement Range)	Phạm vi đo nồng độ khí điển hình từ ppm (phần triệu) đến ppb (phần tỷ), ví dụ: CO (1-1000 ppm), NO <sub>2</sub> (0.1-10 ppm).
Độ nhạy (Sensitivity)	Được xác định bằng tỷ số thay đổi điện trở khi có khí so với khi không có khí. Độ nhạy cao giúp phát hiện khí ở nồng độ thấp.
Độ chính xác (Accuracy)	Phụ thuộc vào loại khí và điều kiện môi trường, thường có sai số ±1 - 10%.
Thời gian đáp ứng (Response Time, T90)	Là thời gian cảm biến cần để đạt 90% giá trị đo ổn định. Thường từ 5 - 60 giây, tùy vào loại khí và thiết kế cảm biến.
Nhiệt độ hoạt động (Operating Temperature)	Tùy loại oxide kim loại, thường trong khoảng -20°C đến 500°C. Một số cảm biến cần bộ gia nhiệt để hoạt động chính xác.
Độ phân giải (Resolution)	Giá trị nhỏ nhất mà cảm biến có thể phát hiện, thường trong khoảng 0.1 - 10 ppm, tùy vào khí và ứng dụng.
Độ trôi tín hiệu (Drift & Stability)	Cảm biến MOX có thể bị độ trôi theo thời gian (Long-term Drift) do tiếp xúc lâu với khí và tạp chất. Cần hiệu chuẩn định kỳ.

Công suất tiêu thụ (Power Consumption)	Cảm biến có bộ gia nhiệt, tiêu thụ 10 - 500 mW, tùy vào loại và mức độ gia nhiệt cần thiết.
Hiệu chuẩn (Calibration)	Yêu cầu hiệu chuẩn định kỳ bằng khí chuẩn để đảm bảo độ chính xác. Có thể là hiệu chuẩn 1 điểm hoặc đa điểm.
Chọn lọc khí (Selectivity)	Cảm biến MOX có thể phản ứng với nhiều loại khí, gây nhiễu. Để tăng tính chọn lọc, có thể sử dụng màng lọc hoặc thuật toán bù nhiễu.
Tuổi thọ cảm biến (Sensor Lifetime)	Tuổi thọ trung bình từ 1 - 5 năm, tùy vào môi trường sử dụng và mức độ tiếp xúc với khí độc hại.

## IX.

### X. Cảm biến khói

#### 1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến khói

Cảm biến khói được sử dụng để phát hiện khói và đo mức độ khói trong không khí, thường dùng trong hệ thống báo cháy, giám sát môi trường, và an toàn công nghiệp. Có hai loại cảm biến khói phổ biến:

##### a. Cảm biến khói quang học (Photoelectric Smoke Sensor)

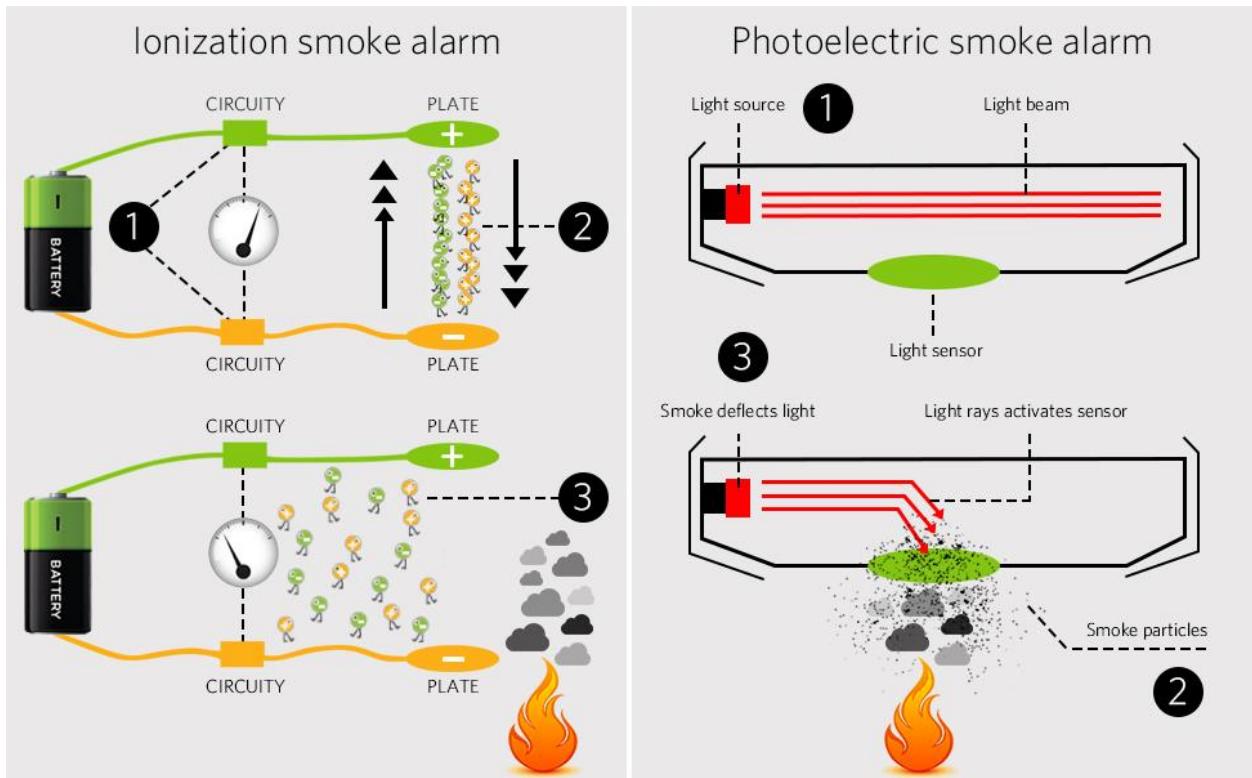
Hoạt động dựa trên nguyên lý tán xạ ánh sáng hoặc cảm sáng:

- Khi không có khói, ánh sáng từ đèn LED phát ra không đi vào bộ thu quang (photodiode).
- Khi có khói, các hạt khói làm tán xạ ánh sáng, một phần ánh sáng chiếu vào bộ thu, tạo ra tín hiệu điện.
- Cường độ tín hiệu thay đổi theo mức độ khói, từ đó có thể đo mức độ khói trong không khí.

##### b. Cảm biến khói ion hóa (Ionization Smoke Sensor)

Dựa trên nguyên lý dòng ion trong buồng ion hóa:

- Có một lượng nhỏ chất phóng xạ (Americium-241) tạo ra dòng ion giữa hai điện cực.
- Khi có khói đi vào buồng ion hóa, nó cản trở sự di chuyển của các ion, làm thay đổi dòng điện.



## 2. Các tham số đặc trưng(cụ thể với cảm biến MQ-2)

**Độ nhạy** Nhạy với khí CO, khói (ppm - phần triệu).

**Phạm vi đo** 200 - 10000 ppm.

**Thời gian đáp ứng** < 10 giây.

**Thời gian phục hồi** Khoảng 30 giây.

**Điện áp hoạt động** 5V DC.

**Dòng tiêu thụ** 150mA.

**Nhiệt độ hoạt động** -10°C đến 50°C.

**Độ chính xác**  $\pm 2\%$ .

**Tín hiệu đầu ra** Điện áp analog (0 - 5V).

## XI. Cảm biến chất lượng nước

### 1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến chất lượng nước

Cảm biến chất lượng nước (Water Quality Sensor) là các thiết bị được sử dụng để đo lường và giám sát các đặc tính của nước, từ đó xác định chất lượng của nó. Những cảm biến này rất quan trọng trong việc kiểm soát các yếu tố môi trường và đảm bảo rằng nguồn nước đạt tiêu chuẩn an toàn cho con người và hệ sinh thái. Các cảm biến này có thể đo lường nhiều yếu tố khác nhau trong nước, bao gồm độ pH, oxy hòa tan

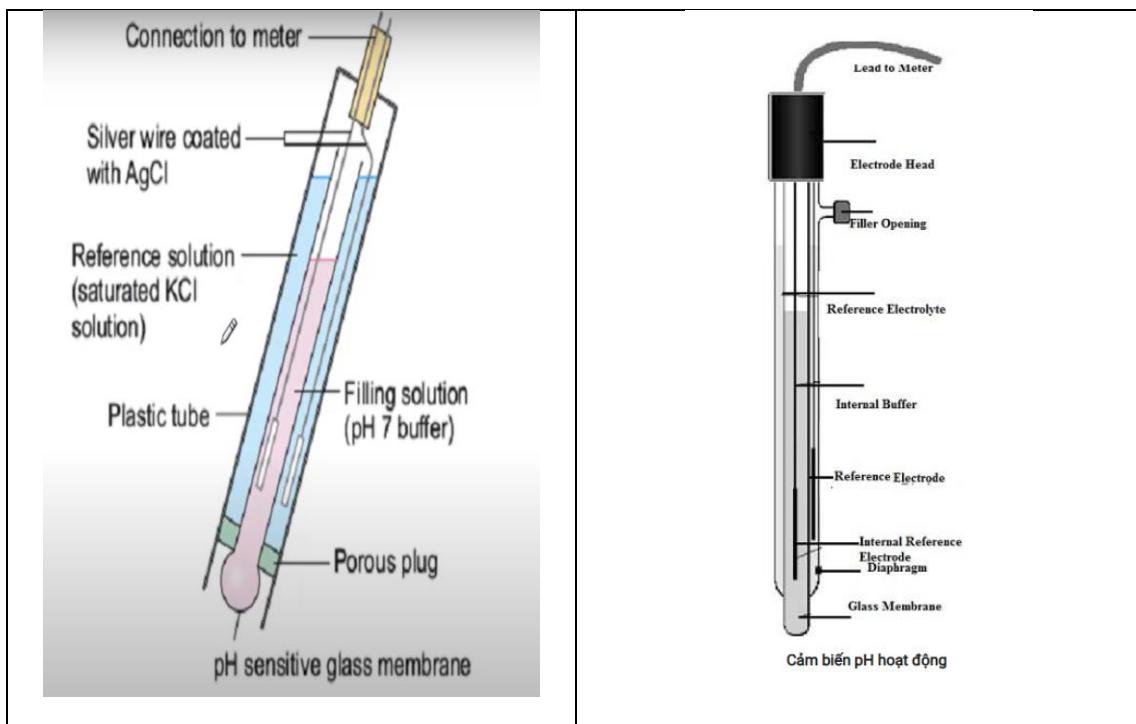
(DO), nhiệt độ, độ đục, nồng độ các chất rắn hòa tan (TDS), và các chỉ số ô nhiễm khác.

Các loại cảm biến chất lượng nước phổ biến là:

### a. pH Sensor

Cảm biến pH là thiết bị dùng để đo độ axit hoặc bazơ của một dung dịch, biểu diễn qua giá trị pH (Potential of Hydrogen) từ 0 đến 14. Nó hoạt động dựa trên nguyên lý đo điện thế điện cực, phản ánh nồng độ ion H<sup>+</sup> trong dung dịch.

Cảm biến pH hoạt động dựa trên nguyên lý của một tế bào điện hóa (electrochemical cell), bao gồm hai điện cực: điện cực tham chiếu và điện cực thủy tinh. Các điện cực này có nhiệm vụ đo sự thay đổi điện thế liên quan đến sự thay đổi nồng độ ion hydro trong dung dịch.



Cảm biến pH hoạt động dựa trên phương trình Nernst:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln[H^+]$$

**E** là điện thế đo được giữa điện cực chỉ thị và điện cực tham chiếu.

**E<sub>0</sub>** là điện thế chuẩn.

**R** là hằng số khí (8.314 J/mol.K).

**T** là nhiệt độ tuyệt đối (Kelvin).

**n** là số electron trao đổi (ở đây n = 1 với ion H<sup>+</sup>).

**F** là hằng số Faraday (96,485 C/mol).

**[H<sup>+</sup>]** là nồng độ ion H<sup>+</sup> trong dung dịch.

Giá trị pH được tính từ điện thế E theo công thức:

$$pH = \frac{E - E_0}{0.0591} \quad (\text{ở } 25^\circ\text{C})$$

**Điện cực tham chiếu (Reference Electrode):** Điện cực tham chiếu là một thành phần quan trọng trong cảm biến pH, nằm bên ngoài cảm biến. Nó được cấu tạo bởi một dây bạc phủ bạc clorua (silver chloride) và được nhúng trong dung dịch kali clorua bão hòa (saturated potassium chloride solution). Điện cực này có một điện thế không đổi (fixed potential) và tạo ra một tham chiếu ổn định để so sánh với điện thế thay đổi của điện cực thủy tinh. Chức năng của điện cực tham chiếu là duy trì điện thế cố định, giúp đo chính xác sự thay đổi của pH trong dung dịch.

**Điện cực thủy tinh (Glass Electrode):** Điện cực thủy tinh nằm bên trong cảm biến và được cấu tạo với một lớp màng thủy tinh đặc biệt ở đầu điện cực. Màng thủy tinh này có khả năng cho phép các ion hydro (H<sup>+</sup>) khuếch tán vào và ra từ lớp ngoài cùng của nó. Khi các ion hydro khuếch tán giữa dung dịch bên trong điện cực (dung dịch đậm pH 7) và dung dịch bên ngoài, sự thay đổi này tạo ra một hiệu điện thế (electric potential). Điện thế này phụ thuộc vào sự khác biệt về nồng độ ion hydro trong hai dung dịch và từ đó ảnh hưởng đến giá trị pH của dung dịch bên ngoài.

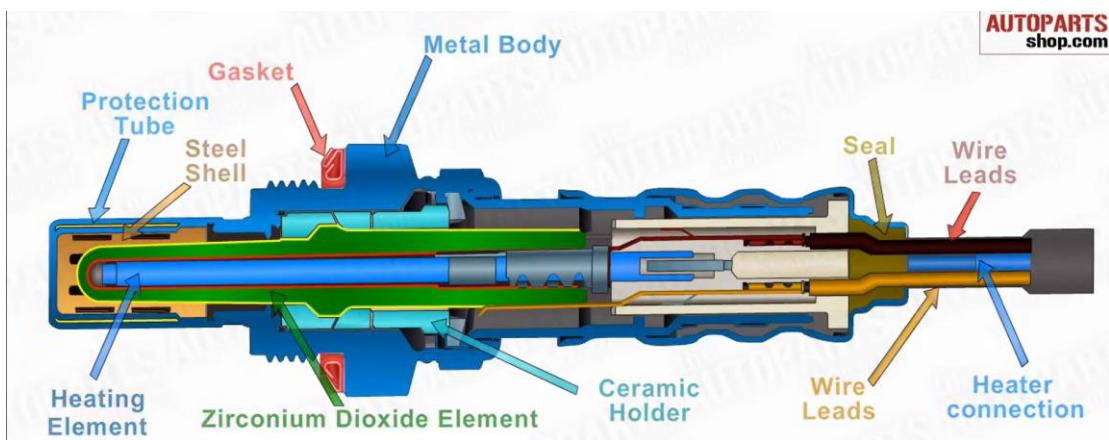
**Đo lường và chuyển đổi tín hiệu:** Khi dung dịch bên ngoài có sự thay đổi về pH, điện thế được tạo ra giữa điện cực thủy tinh và điện cực tham chiếu. Hiệu điện thế này tỷ lệ với sự thay đổi pH của dung dịch bên ngoài. Các thiết bị điện tử gắn liền với cảm biến sẽ đo hiệu điện thế này và chuyển đổi nó thành giá trị pH của dung dịch. Quá trình này giúp cảm biến pH đo chính xác và hiển thị mức độ axit hoặc kiềm của dung dịch.

**Hiệu chuẩn (Calibration):** Để đảm bảo độ chính xác của cảm biến pH, trước khi sử dụng, cảm biến cần được hiệu chuẩn bằng các dung dịch có pH đã biết. Thường thì các dung dịch hiệu chuẩn có pH là 4, 7 và 10. Việc hiệu chuẩn giúp các cảm biến pH

điều chỉnh và cải thiện độ chính xác của các phép đo pH trong các môi trường khác nhau, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao.

**Điện cực ion chọn lọc:** Điện cực thủy tinh trong cảm biến pH là một ví dụ điển hình của điện cực ion chọn lọc (ion-selective electrode). Điều này có nghĩa là điện cực chỉ phản ứng với ion hydro ( $H^+$ ), làm cho cảm biến chỉ đo được pH mà không bị ảnh hưởng bởi các ion khác trong dung dịch. Điều này giúp đảm bảo rằng chỉ nồng độ ion hydro (tác nhân quyết định pH) là yếu tố duy nhất ảnh hưởng đến phép đo, tạo ra một phép đo chính xác và đáng tin cậy.

### b. Cảm biến DO (Oxy hòa tan)



Các thành phần chính của cảm biến ôxy bao gồm:

- + **Heating Element (Phản tử gia nhiệt):** Giúp cảm biến nhanh chóng đạt đến nhiệt độ làm việc.
- + **Zirconium Dioxide Element (Phản tử zirconium dioxide):** Thành phần chính đo mức ôxy.
- + **Protection Tube (Ống bảo vệ):** Bảo vệ phản tử đo khỏi các tác động cơ học.
- + **Metal Body (Thân kim loại):** Bảo vệ cảm biến và giúp gắn vào hệ thống xả.
- + **Wire Leads (Dây dẫn điện):** Kết nối cảm biến với hệ thống điều khiển.
- + **Gasket (Vòng đệm):** Đảm bảo kín khí khi lắp vào ống xả.

Nguyên lý hoạt động

- + **Thành phần chính tạo điện áp:** Cảm biến ôxy sử dụng Zirconium Dioxide ( $ZrO_2$ ) làm phản tử đo. Khi ở nhiệt độ cao,  $ZrO_2$  dẫn ion oxy và tạo ra điện áp khi có sự chênh

lệch nồng độ oxy giữa hai mặt. Hai mặt này được phủ điện cực bạch kim (Pt) để dẫn điện và truyền tín hiệu.

+ **Quá trình đo và tạo tín hiệu:** Cảm biến có hai phía: mặt trong tiếp xúc với không khí (oxy cao) và mặt ngoài tiếp xúc với khí thải (oxy thấp nếu hỗn hợp giàu, cao nếu hỗn hợp nghèo). Khi oxy trong khí thải ít, cảm biến tạo ra điện áp cao ( $\approx 0.8 - 1V$ ). Khi oxy nhiều, điện áp giảm xuống ( $\approx 0.1 - 0.2V$ ).

+ **Điều chỉnh tỷ lệ nhiên liệu:** Cảm biến liên tục gửi tín hiệu điện áp đến ECU (bộ điều khiển động cơ). Nếu điện áp cao, ECU giảm nhiên liệu để tránh hỗn hợp quá giàu. Nếu điện áp thấp, ECU tăng nhiên liệu để tránh hỗn hợp quá nghèo. Điều này giúp duy trì tỷ lệ không khí/nhiên liệu lý tưởng ( $\approx 14.7:1$ ).

+ **Vai trò của phần tử gia nhiệt:** Để hoạt động chính xác, cảm biến cần đạt  $300 - 400^{\circ}C$ . Phần tử gia nhiệt giúp cảm biến nóng lên nhanh chóng, đặc biệt quan trọng khi xe mới khởi động. Điều này giúp phản hồi nhanh hơn và giảm khí thải ô nhiễm.

**Tác dụng của cảm biến ôxy:** Cảm biến ôxy giúp tối ưu hóa nhiên liệu, giảm khí thải, và bảo vệ bộ chuyển đổi xúc tác (catalytic converter). Nó đảm bảo động cơ hoạt động hiệu quả và tiết kiệm nhiên liệu.

## 2.Các tham số đặc trưng (đối với pH sensor)

Tham số	Mô tả
Dải đo (Measurement Range)	Thông thường từ $0 - 14 \text{ pH}$ , một số loại có thể mở rộng đến $-2$ đến $16 \text{ pH}$
Độ nhạy (Sensitivity)	Độ nhạy lý tưởng là $59.16 \text{ mV/pH}$ ở $25^{\circ}C$ , nghĩa là mỗi đơn vị pH thay đổi sẽ tạo ra sự chênh lệch điện thế khoảng $59 \text{ mV}$ .
Độ chính xác (Accuracy)	Phụ thuộc vào hiệu chuẩn và điều kiện môi trường, thường từ $\pm 0.01$ đến $\pm 0.1 \text{ pH}$ .
Độ phân giải (Resolution)	Giá trị nhỏ nhất cảm biến có thể phát hiện, thường là $0.001 - 0.1 \text{ pH}$ , tùy vào thiết bị.
Thời gian đáp ứng (Response Time, T90)	Thời gian cảm biến ổn định sau khi tiếp xúc với dung dịch, thường từ $5 - 30 \text{ giây}$ .
Nhiệt độ hoạt động (Operating Temperature)	Tùy loại cảm biến, thường $0 - 100^{\circ}C$ , nhưng một số loại có thể chịu nhiệt độ cao hơn (lên đến $130^{\circ}C$ )

Điện thế tại pH 7 (Isopotential Point)	Tốc độ trôi tín hiệu thấp nếu cảm biến được bảo dưỡng đúng cách. Có thể trôi <0.02 pH/ngày khi sử dụng lâu dài.
Hiệu chuẩn (Calibration)	Cần hiệu chuẩn định kỳ bằng dung dịch đệm chuẩn pH 4.0, 7.0, 10.0 để đảm bảo độ chính xác. Hiệu chuẩn có thể là 1 điểm, 2 điểm hoặc 3 điểm.
Vật liệu điện cực (Electrode Material)	Thông thường là thủy tinh nhạy với H <sup>+</sup> , nhưng cũng có loại sử dụng ISFET (Ion-Sensitive Field Effect Transistor) không dùng thủy tinh, phù hợp với môi trường khắc nghiệt.
Tuổi thọ cảm biến (Sensor Lifetime)	Tuổi thọ trung bình 6 tháng đến 2 năm, tùy vào điều kiện sử dụng và bảo dưỡng.
Công suất tiêu thụ (Power Consumption)	Cảm biến pH analog tiêu thụ điện năng rất thấp, còn loại kỹ thuật số có thể tiêu thụ dưới 1 mW.

## XII. Cảm biến chuyển động

### 1.1. Cảm biến hồng ngoại thụ động (Passive Infrared Sensors – PIR)

#### Nguyên lý hoạt động:

Cảm biến hồng ngoại thụ động (PIR) dựa trên nguyên lý phát hiện **bức xạ hồng ngoại** (IR) được phát ra bởi mọi vật thể có nhiệt độ trên không khí xung quanh, đặc biệt là từ cơ thể người. Tất cả các vật thể có nhiệt độ trên tuyệt đối 0 Kelvin đều phát ra một lượng bức xạ hồng ngoại, và lượng bức xạ này tỷ lệ thuận với nhiệt độ của vật thể đó.

PIR không phát ra bức xạ mà chỉ **nhận** bức xạ hồng ngoại từ các vật thể di chuyển trong phạm vi của nó. Cảm biến PIR thường được trang bị một **lens Fresnel** - một loại thấu kính đặc biệt giúp cảm biến mở rộng phạm vi nhận diện. Lens này chia khu vực quan sát thành nhiều **vùng cảm ứng** khác nhau. Khi có sự di chuyển của vật thể (như một người) trong các khu vực cảm ứng này, sự thay đổi trong bức xạ hồng ngoại được ghi nhận, và cảm biến sẽ kích hoạt một tín hiệu để thực hiện hành động cần thiết như bật đèn hoặc báo động.

Vì là cảm biến thụ động, PIR không phát ra năng lượng, mà chỉ đo lượng bức xạ nhận được. Khi có sự thay đổi độ ngọt của bức xạ (như có người đi qua), cảm biến sẽ nhận diện sự thay đổi này và chuyển đổi thành một tín hiệu điện.

#### Các tham số đo:

**-Phạm vi cảm biến (Detection Range):** Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện chuyển động. Thường từ **5m đến 12m** (met).

**-Góc quan sát (Field of View):** Góc mà cảm biến có thể quét để nhận diện chuyển động. Thường từ **90° đến 180°** (độ).

**-Tần số hoạt động (Operating Frequency):** Tần số mà cảm biến hoạt động, chủ yếu là **8-14 µm** (micromet) trong dải bức xạ hồng ngoại.

**-Độ nhạy (Sensitivity):** Mức độ nhạy của cảm biến trong việc phát hiện thay đổi bức xạ hồng ngoại, thường điều chỉnh được trong phạm vi **0 đến 100%** (tùy chọn).

## 1.2. Cảm Biến Siêu Âm (Ultrasonic Sensors)

### Nguyên lý hoạt động:

Cảm biến siêu âm hoạt động dựa trên việc phát ra **sóng âm siêu âm** (tần số cao vượt quá khả năng nghe của con người, thường từ 20 kHz trở lên). Các sóng siêu âm này được phát ra từ cảm biến và di chuyển với tốc độ nhất định trong không khí.

Khi có vật thể di chuyển trong phạm vi phát sóng của cảm biến, sóng siêu âm sẽ bị **phản xạ** lại từ vật thể đó. Cảm biến sẽ đo thời gian để sóng âm này quay lại cảm biến (gọi là **thời gian phản xạ**), và từ đó tính toán được **khoảng cách** giữa cảm biến và vật thể.

Đặc biệt, cảm biến siêu âm có thể phát hiện **sự chuyển động** của vật thể trong môi trường có nhiều vật cản. Điều này là vì sóng siêu âm có thể xuyên qua những vật thể mỏng, như cửa kính hoặc tường mỏng, và phản xạ lại từ vật thể mà chúng va phải.

### Các tham số đo:

**-Phạm vi phát hiện (Detection Range):** Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện chuyển động của vật thể. Thường từ **0.5m đến 8m** (met).

**-Tần số sóng (Operating Frequency):** Tần số của sóng âm siêu âm phát ra từ cảm biến. Thường từ **20 kHz đến 40 kHz** (kilohertz, kHz).

**-Độ chính xác (Accuracy):** Độ chính xác trong việc đo khoảng cách hoặc phát hiện chuyển động, thường vào khoảng **1 cm** (centimet).

**-Góc phát hiện (Detection Angle):** Góc mà cảm biến có thể quét. Thường từ **15° đến 30°** (độ).

### **1.3. Cảm Biến Vi Sóng (Microwave Sensors)**

#### ***Nguyên lý hoạt động:***

Cảm biến vi sóng hoạt động dựa trên nguyên lý **phát sóng điện từ** và phân tích sự thay đổi trong sóng phản xạ khi có vật thể di chuyển. Cảm biến này phát ra các sóng vi sóng (thường là sóng có tần số từ 1 GHz đến 60 GHz), và sau đó phân tích **sự thay đổi trong tín hiệu phản xạ** để phát hiện chuyển động.

Khi có vật thể di chuyển trong phạm vi của cảm biến, sóng vi sóng bị thay đổi về đặc tính như **tần số**, **biên độ**, hoặc **hướng phản xạ**. Những thay đổi này sẽ được cảm biến ghi nhận và xử lý để xác định sự chuyển động.

#### ***Các tham số đo:***

- **Phạm vi phát hiện (Detection Range):** Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện chuyển động. Thường từ 10m đến 20m (met), tùy vào loại cảm biến.
- **Tần số sóng (Operating Frequency):** Tần số của sóng vi sóng mà cảm biến phát ra. Thường từ 5 GHz đến 60 GHz (gigahertz, GHz).
- **Góc phát hiện (Detection Angle):** Góc mà cảm biến có thể quét. Thường từ  $90^\circ$  đến  $180^\circ$  (độ).
- **Độ nhạy (Sensitivity):** Độ nhạy trong việc phát hiện chuyển động, có thể điều chỉnh từ 0 đến 100% (tùy chọn).
- **Dải tần số:** Thường trong khoảng 2.4 - 5 GHz hoặc 10-60 GHz (gigahertz).

## **XIII. Cảm biến quang**

### **1.1.Cảm Biến Quang Học (Optical Sensor) Phản Xạ**

#### ***Nguyên lý hoạt động:***

Cảm biến quang học phản xạ (Reflective Optical Sensor) hoạt động dựa trên nguyên lý phát ra ánh sáng (thường là ánh sáng hồng ngoại) từ một nguồn sáng, và đo lượng ánh sáng phản xạ trở lại từ đối tượng. Khi đối tượng di chuyển vào khu vực cảm biến, nó sẽ phản xạ lại một phần ánh sáng, giúp cảm biến nhận biết sự hiện diện của đối tượng.

### **Tham số đo:**

- Phạm vi cảm biến (Detection Range): Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện đối tượng. Thường từ 5cm đến 50m (tùy vào công nghệ và loại cảm biến).
- Góc phát hiện (Detection Angle): Góc mà cảm biến có thể quét để phát hiện đối tượng. Thường từ  $10^\circ$  đến  $45^\circ$  (độ).
- Công suất phát (Light Emission Power): Công suất của ánh sáng phát ra từ cảm biến. Thường từ 1 mW đến 50 mW (milliwatt).
- Loại ánh sáng phát (Light Type): Thường sử dụng hồng ngoại (IR), có bước sóng khoảng 850 nm đến 950 nm (nanomet).
- Độ nhạy (Sensitivity): Độ nhạy của cảm biến trong việc phát hiện sự thay đổi trong mức độ ánh sáng phản xạ, thường có thể điều chỉnh từ 0 đến 100%.

## **1.2 Cảm Biến Quang Học Cắt Tia (Optical Through-beam Sensors)**

### **Nguyên lý hoạt động:**

Cảm biến quang học cắt tia (Through-beam Optical Sensor) hoạt động bằng cách sử dụng một nguồn sáng phát ra ánh sáng vào không gian, và một cảm biến nhận ánh sáng. Khi có vật thể cắt ngang chùm tia sáng giữa nguồn sáng và cảm biến, cảm biến sẽ nhận thấy sự giảm hoặc mất tín hiệu ánh sáng và báo động.

- Nguồn sáng phát: Một đèn LED phát ra ánh sáng xuyên qua một khu vực.
- Cảm biến nhận: Cảm biến nhận ánh sáng ở phía đối diện và đo cường độ ánh sáng.
- Phát hiện vật thể: Khi có vật thể di chuyển qua chùm tia sáng, tia sáng bị cắt và cảm biến nhận thấy sự thay đổi.

### **Tham số đo:**

- Khoảng cách phát hiện (Detection Range): Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện đối tượng cắt ngang tia sáng. Thường từ 1m đến 30m (tùy vào cấu hình của cảm biến).
- Công suất phát (Light Emission Power): Công suất ánh sáng phát ra, thường là 1 mW đến 100 mW (milliwatt), tùy thuộc vào loại đèn LED sử dụng.
- Bước sóng ánh sáng (Light Wavelength): Thường sử dụng hồng ngoại (850 nm đến 950 nm) hoặc ánh sáng nhìn thấy (550 nm đến 700 nm).
- Độ nhạy (Sensitivity): Độ nhạy của cảm biến khi đo sự thay đổi trong mức độ ánh sáng. Điều này có thể thay đổi tùy thuộc vào mức độ sáng của môi trường và khoảng cách phát hiện.

### **1.3. Cảm Biến Quang Học Tụ Quang (Optical Proximity Sensors)**

#### ***Nguyên lý hoạt động:***

Cảm biến quang học tụ quang hoạt động dựa trên nguyên lý phản xạ ánh sáng. Cảm biến này có thể phát hiện vật thể gần nó mà không cần tiếp xúc vật lý. Cảm biến phát ra ánh sáng và đo lại sự thay đổi của ánh sáng phản xạ trở lại, từ đó xác định được vật thể có gần hoặc chạm vào cảm biến hay không.

- Ánh sáng phát ra: Cảm biến phát ra ánh sáng hồng ngoại hoặc ánh sáng nhìn thấy.
- Ánh sáng phản xạ: Vật thể gần cảm biến sẽ phản xạ lại một phần ánh sáng.
- Xử lý tín hiệu: Cảm biến đo độ mạnh của ánh sáng phản xạ để xác định khoảng cách và phát hiện sự hiện diện của vật thể.

#### ***Tham số đo:***

- Khoảng cách phát hiện (Detection Range): Khoảng cách tối đa mà cảm biến có thể phát hiện vật thể. Thường từ 1 cm đến 10m (tùy vào cấu hình và loại cảm biến).
- Độ nhạy (Sensitivity): Mức độ nhạy của cảm biến đối với sự thay đổi của ánh sáng phản xạ. Độ nhạy này có thể điều chỉnh từ 0 đến 100%.
- Tần số hoạt động (Operating Frequency): Tần số hoạt động của cảm biến, thường từ 50 Hz đến 10 kHz.
- Bước sóng ánh sáng (Wavelength): Thường sử dụng hồng ngoại (850 nm đến 950 nm) hoặc ánh sáng nhìn thấy (500 nm đến 650 nm).
- Cường độ ánh sáng (Light Intensity): Mức độ sáng của ánh sáng phát ra, thường từ 10 mW đến 50 mW (milliwatt).

## **XIV. Cảm biến vị trí**

### **3.1. CẢM BIẾN TỪ (MAGNETIC SENSOR)**

#### ***Nguyên lý hoạt động***

Cảm biến từ hoạt động dựa trên sự thay đổi của từ trường khi có vật thể nhiễm từ (sắt, thép, nam châm) tiến gần. Nguyên lý này giúp cảm biến xác định vị trí, tốc độ hoặc sự có mặt của vật thể mà không cần tiếp xúc trực tiếp.

Có hai loại chính:

#### **Cảm biến Hall:**

Dựa trên hiệu ứng Hall, xảy ra khi một dòng điện chạy qua vật dẫn và chịu tác động của từ trường vuông góc. Sự dịch chuyển của điện tích trong vật dẫn tạo ra một điện áp gọi là điện áp Hall, từ đó mạch điện trong cảm biến sẽ xử lý và đưa ra tín hiệu đầu ra.

Tín hiệu đầu ra có thể là số (ON/OFF) hoặc tương tự (thay đổi tuyến tính theo cường độ từ trường).

Thường được dùng trong đo lường tốc độ quay, vị trí trực động cơ hoặc cảm biến phanh ABS trong ô tô.

Cảm biến từ kiểu Reed:

Gồm hai lá kim loại mỏng nằm trong ống thủy tinh chứa khí trơ. Khi có từ trường, hai lá kim loại sẽ hút vào nhau và đóng mạch, tạo tín hiệu điện.

Được sử dụng nhiều trong công tắc cửa an toàn, hệ thống báo động, và thiết bị điều khiển tự động.

### **Các tham số đo quan trọng**

Cường độ từ trường kích hoạt: Đơn vị Gauss (G) hoặc Tesla (T), chỉ mức từ trường tối thiểu để cảm biến hoạt động.

Khoảng cách phát hiện: Tùy thuộc vào cường độ từ trường của vật thể, thường từ vài mm đến vài cm.

Tần số đáp ứng: Tốc độ phát hiện sự thay đổi của từ trường, thường từ vài Hz đến hàng kHz.

Điện áp hoạt động: Phổ biến từ 3V - 24V DC.

Nhiệt độ hoạt động: Khoảng -40°C đến 125°C, phù hợp với môi trường công nghiệp và ô tô.

## **3.2. CẢM BIẾN ĐIỆN DUNG (CAPACITIVE SENSOR)**

### **Nguyên lý hoạt động**

Cảm biến điện dung hoạt động dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung giữa hai bản cực của tụ điện khi có vật thể tiến gần.

Một cảm biến điện dung gồm hai bản cực: một bản cố định (cực cảm biến) và một bản được hình thành bởi vật thể cần phát hiện.

Khi không có vật thể, điện dung giữa hai bản cực có giá trị C<sub>0</sub> nhất định.

Khi một vật thể (dẫn điện hoặc không dẫn điện) tiến gần, nó làm thay đổi điện trường giữa hai bản cực, dẫn đến thay đổi điện dung C.

Một mạch dao động bên trong cảm biến sẽ đo sự thay đổi này và chuyển thành tín hiệu điện.

Cảm biến điện dung có thể phát hiện cả vật dẫn điện (kim loại) và vật không dẫn điện (nhựa, gỗ, chất lỏng, thủy tinh, giấy,...) vì chúng đều ảnh hưởng đến điện trường.

---

### **Các tham số đo quan trọng:**

#### **Hằng số điện môi của vật thể (Dielectric Constant, $\epsilon_r$ )**

- Chỉ số này quyết định mức độ ảnh hưởng của vật thể đến điện trường.
- Vật có hằng số điện môi cao (như nước, nhựa) sẽ dễ bị phát hiện hơn vật có hằng số điện môi thấp (như gỗ, giấy).

#### **Khoảng cách phát hiện (Sensing Distance, $S_d$ )**

- Được tính bằng mm hoặc cm, phụ thuộc vào độ nhạy và loại vật thể.
- Kim loại có thể được phát hiện từ xa hơn so với nhựa hoặc gỗ.

#### **Tần số đáp ứng (Response Frequency)**

- Quyết định tốc độ phát hiện sự thay đổi của vật thể thường từ 10Hz - 500Hz.

#### **Điện áp hoạt động (Operating Voltage)**

- Phổ biến từ 5V đến 30V DC.

#### **Nhiệt độ hoạt động (Operating Temperature Range)**

- Thường từ -25°C đến 80°C.

### **3.3 CẢM BIẾN CẢM ỨNG (INDUCTIVE SENSOR)**

#### **Nguyên lý hoạt động**

Cảm biến cảm ứng dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ để phát hiện kim loại mà không cần tiếp xúc trực tiếp.

Bên trong cảm biến có một cuộn dây tạo ra từ trường xoay chiều.

Khi một vật kim loại tiến gần, nó tạo ra dòng điện xoáy (Eddy Current) trong vật thể, làm suy giảm từ trường ban đầu.

Sự thay đổi này được mạch điện của cảm biến đo lường và chuyển thành tín hiệu điện.

#### **Các tham số đo quan trọng**

Khoảng cách phát hiện: Phụ thuộc vào loại kim loại.

Sắt, thép: Dễ phát hiện hơn do có từ tính.

Nhôm, đồng, inox: Phát hiện ở khoảng cách ngắn hơn vì không nhiễm từ.

Tần số đáp ứng: Cao hơn cảm biến điện dung, có thể lên đến 10 kHz, phù hợp với ứng dụng đo tốc độ quay, kiểm tra kim loại trong dây chuyền sản xuất.

Điện áp hoạt động: Phổ biến từ 6V - 36V DC hoặc 110V - 220V AC tùy loại.

Nhiệt độ hoạt động: -40°C đến 150°C, chịu được môi trường khắc nghiệt trong công nghiệp.

Loại tín hiệu đầu ra:

- PNP hoặc NPN, tùy theo hệ thống điều khiển.
- NO (Normally Open) hoặc NC (Normally Closed), phù hợp với các ứng dụng tự động hóa