

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN



CẢM BIẾN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU

Nguyễn Thị Huế
BM: Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp

Nội dung môn học

- ❖ Chương 1: Tổng quan về cảm biến và Các mạch xử lý trong đo lường
- ❖ Chương 2: Chuyển đổi nhiệt điện
- ❖ Chương 3: Chuyển đổi điện trở
- ❖ Chương 4: Cảm biến tĩnh điện(áp điện, điện dung)
- ❖ Chương 5: Chuyển đổi điện từ
- ❖ Chương 6: Chuyển đổi tĩnh điện Chuyển đổi điện tử và ion
- ❖ Chương 7: Chuyển đổi hóa điện
- ❖ **Chương 8: Chuyển đổi khác**

Tài liệu tham khảo

➤ Sách:

- ❖ Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1,2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- ❖ Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và Hoàng Sĩ Hồng

➤ Bài giảng và website:

- ❖ Bài giảng kỹ thuật đo lường và cảm biến-Hoàng Sĩ Hồng.
- ❖ Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo: P.T.N.Yến, Ng.T.L.Huong, Lê Q. Huy
- ❖ Bài giảng MEMs ITIMS - BKHN

➤ Website: [sciencedirect.com/sensors](https://www.sciencedirect.com/sensors) and actuators A and B

Một số loại cảm biến khác

- Cảm biến siêu âm
- Cảm biến Rada

1. Cảm biến siêu âm

■ Nguyên lý và cấu tạo

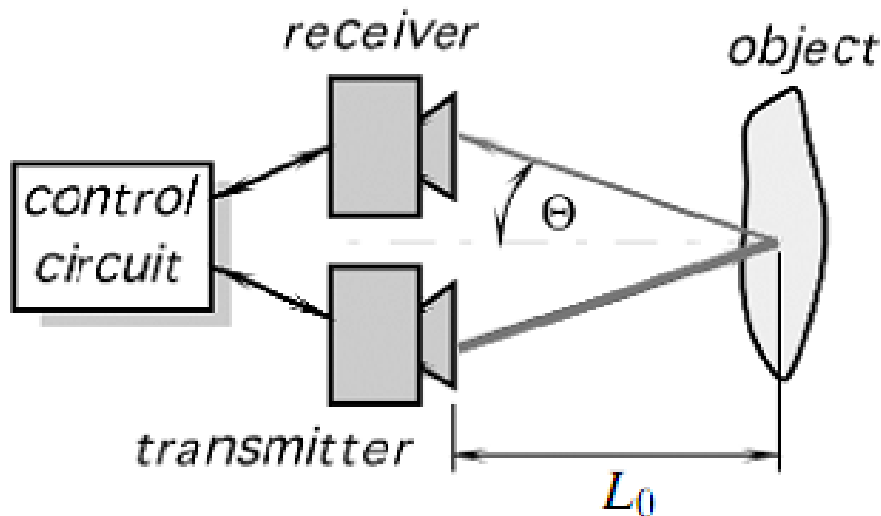
- ❖ Siêu âm là sóng cơ học có tần số lớn hơn tần số âm thanh nghe thấy (trên 20kHz). Thính giác của con người rất nhạy cảm với dải tần số từ âm trầm (vài chục Hz) đến các âm thanh rất cao (gần 20kHz).
- ❖ Cảm biến siêu âm sử dụng nguyên lý phản xạ sóng siêu âm.
- ❖ Cảm biến gồm 2 phần: phần phát ra sóng siêu âm và phần thu sóng siêu âm phản xạ về



Cảm biến siêu âm

■ Nguyên lý và cấu tạo

- ❖ Cảm biến sẽ phát ra 1 sóng siêu âm. Nếu có chướng ngại vật trên đường đi, sóng siêu âm sẽ phản xạ lại và tác động lên module nhận sóng.
- ❖ Đo thời gian từ lúc phát và nhận sóng ta sẽ tính được khoảng cách từ cảm biến đến chướng ngại vật



$$L_0 = \frac{vt \cos \Theta}{2},$$

V: vận tốc sóng siêu âm (343 m/s trong không khí)

t: thời gian từ lúc phát đến lúc thu

■ Ưu điểm

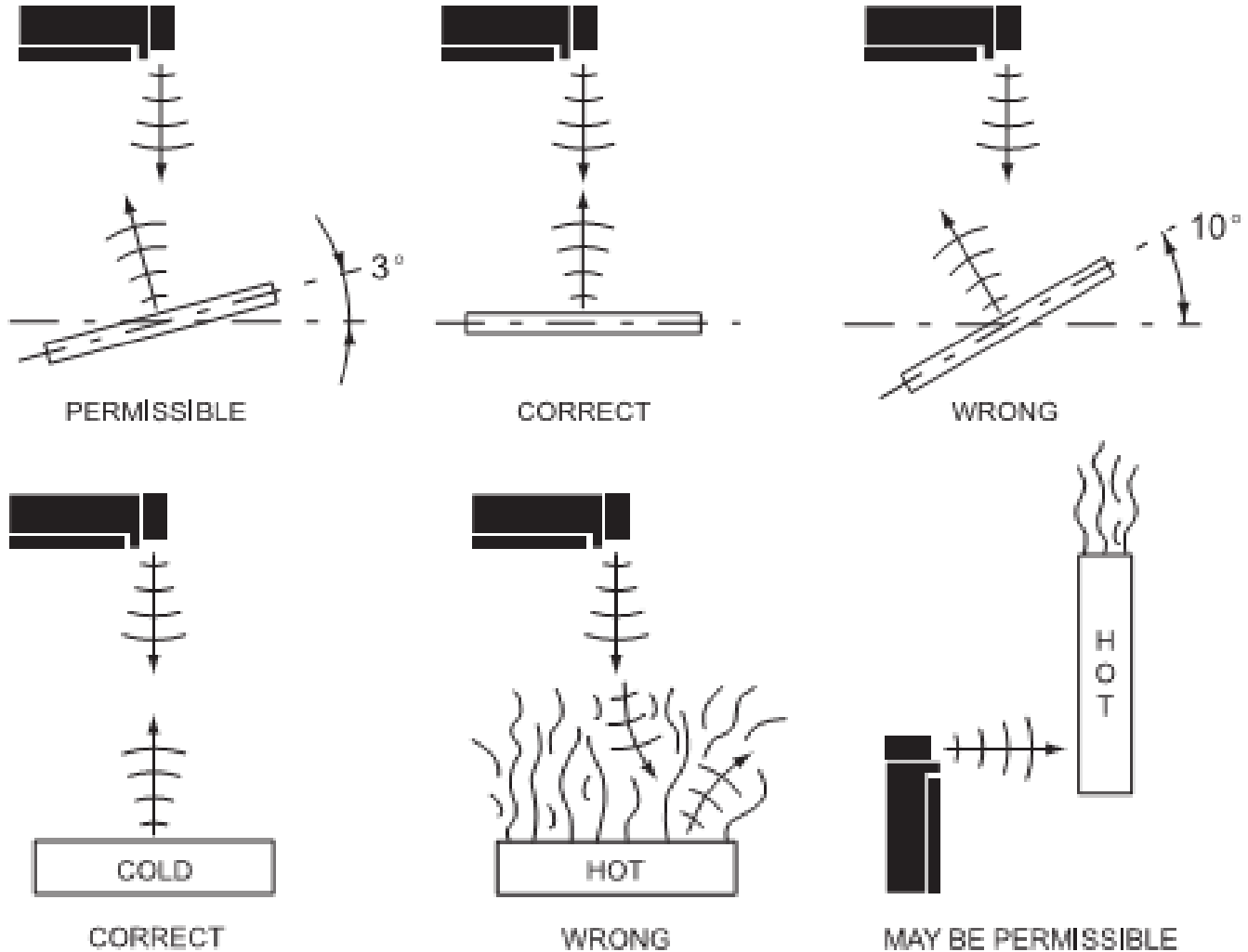
- ❖ Đo được khoảng cách rời rạc của vật di chuyển
- ❖ Ít ảnh hưởng bởi vật liệu và bề mặt
- ❖ Không ảnh hưởng bởi màu sắc
- ❖ Tín hiệu đáp ứng tuyến tính với khoảng cách
- ❖ Có thể phát hiện vật nhỏ ở khoảng cách xa

■ Nhược điểm

- ❖ Sóng phản hồi bị ảnh hưởng của sóng âm thanh tạp âm
- ❖ Cần 1 khoảng thời gian sau mỗi lần sóng phát đi để sẵn sàng nhận sóng phản hồi → chậm hơn CB khác
- ❖ Khó phát hiện vật có mật độ vật chất thấp ở khoảng cách xa

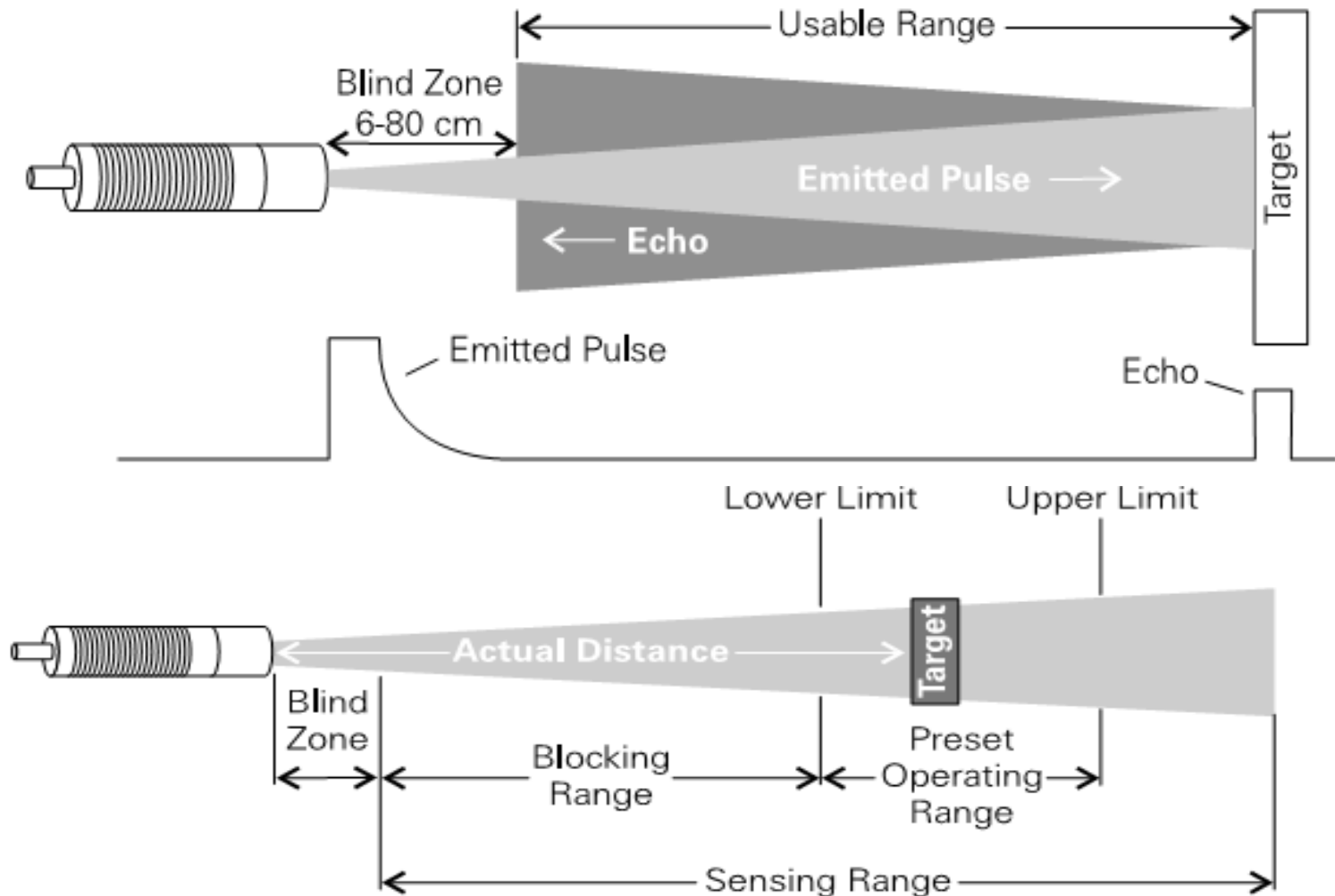
Cảm biến siêu âm

■ Bố trí cảm biến



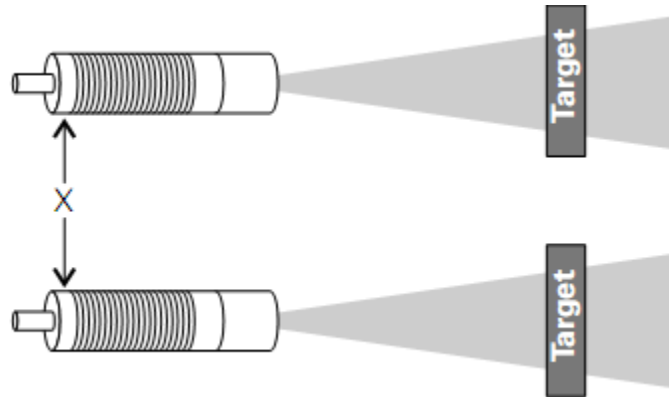
Cảm biến siêu âm

■ Bố trí cảm biến

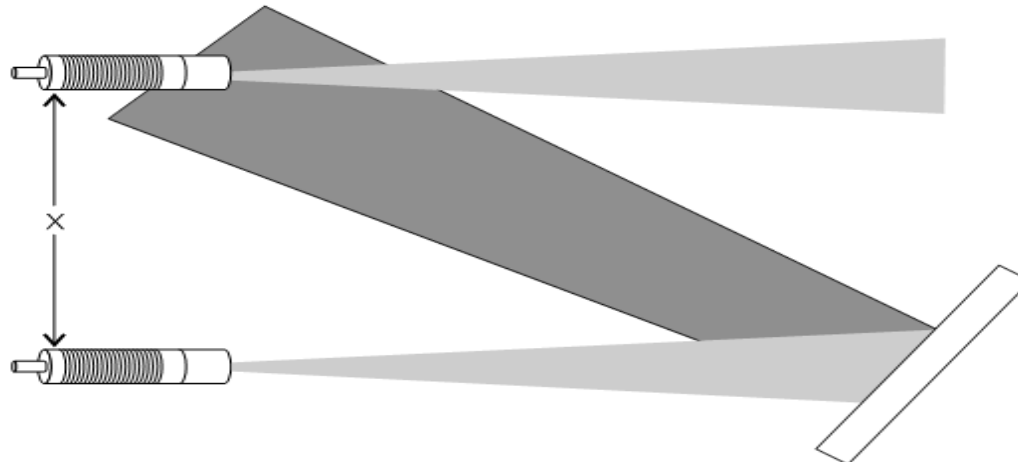


Cảm biến siêu âm

■ Bố trí cảm biến

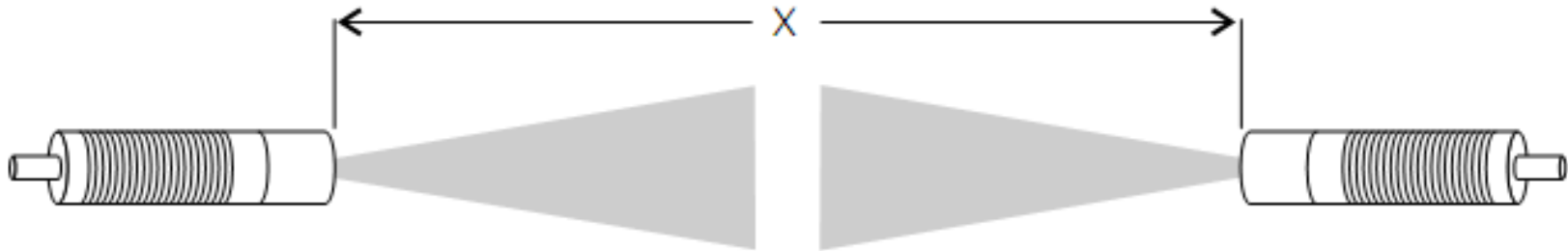


Sensing Range (CM)	X (CM)
6-30	>15
20-130	>60
40-300	>150
60-600	>250
80-1000	>350



Cảm biến siêu âm

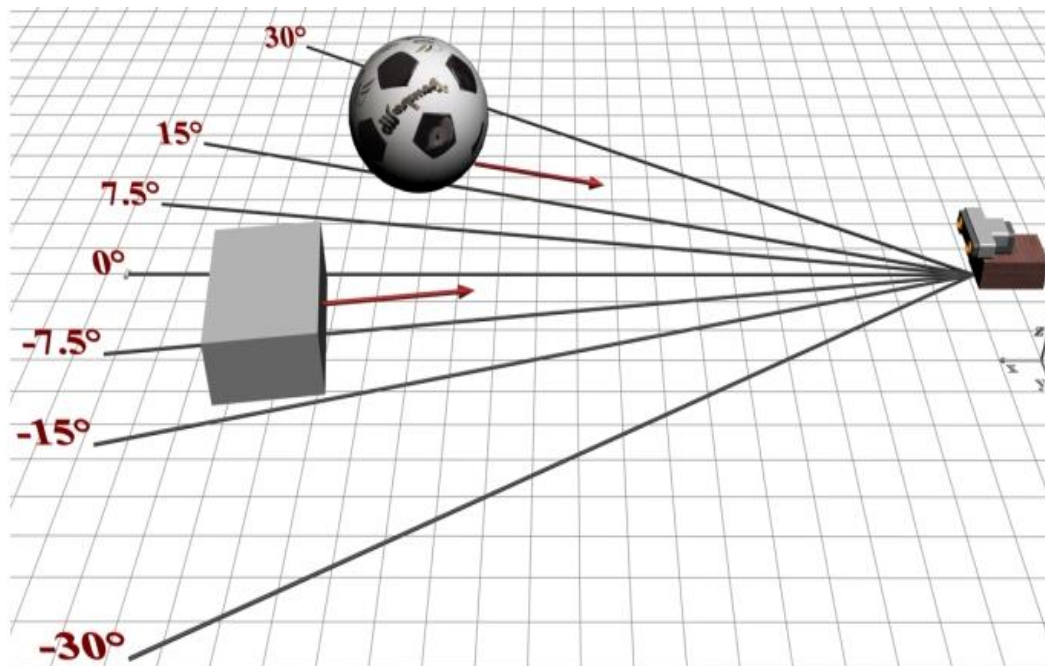
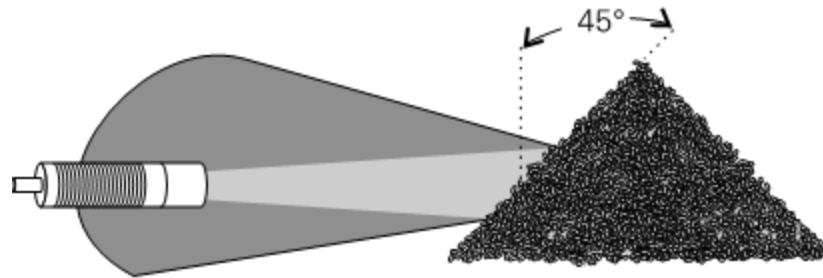
■ Bố trí cảm biến



Sensing Range (CM)	X (CM)
6-30	>120
20-130	>400
40-300	>1200
60-600	>2500
80-1000	>4000

Cảm biến siêu âm

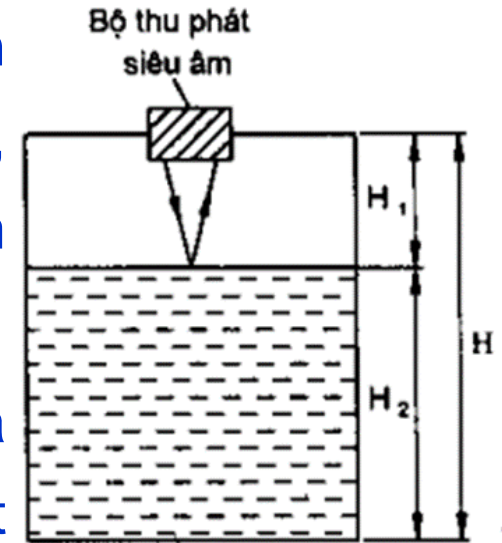
■ Bố trí cảm biến



Cảm biến siêu âm - ứng dụng

❖ Nguyên lý đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Sóng siêu âm phát dưới dạng xung đến mặt phân cách giữa 2 môi trường không khí và chất lỏng, sóng một phần được phản xạ trở lại, một phần lan truyền trong chất lỏng và bị suy giảm dần.
- Nếu gọi H là chiều cao của bồn chứa, H_1 là khoảng không khí, H_2 là chiều cao của mức chất



lỏng, ta có:

$$H_1 = \frac{\Delta t \cdot v}{2}$$

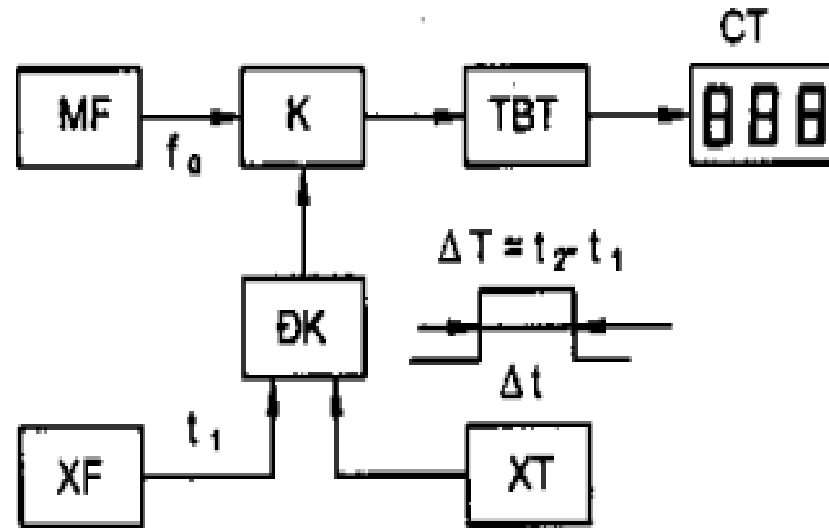
Với : $\Delta t = t_2 - t_1$: là khoảng thời gian phát và thu sóng siêu âm

v : tốc độ sóng siêu âm

$$H_2 = H - H_1$$

❖ Nguyên lý đo mức bằng phương pháp siêu âm

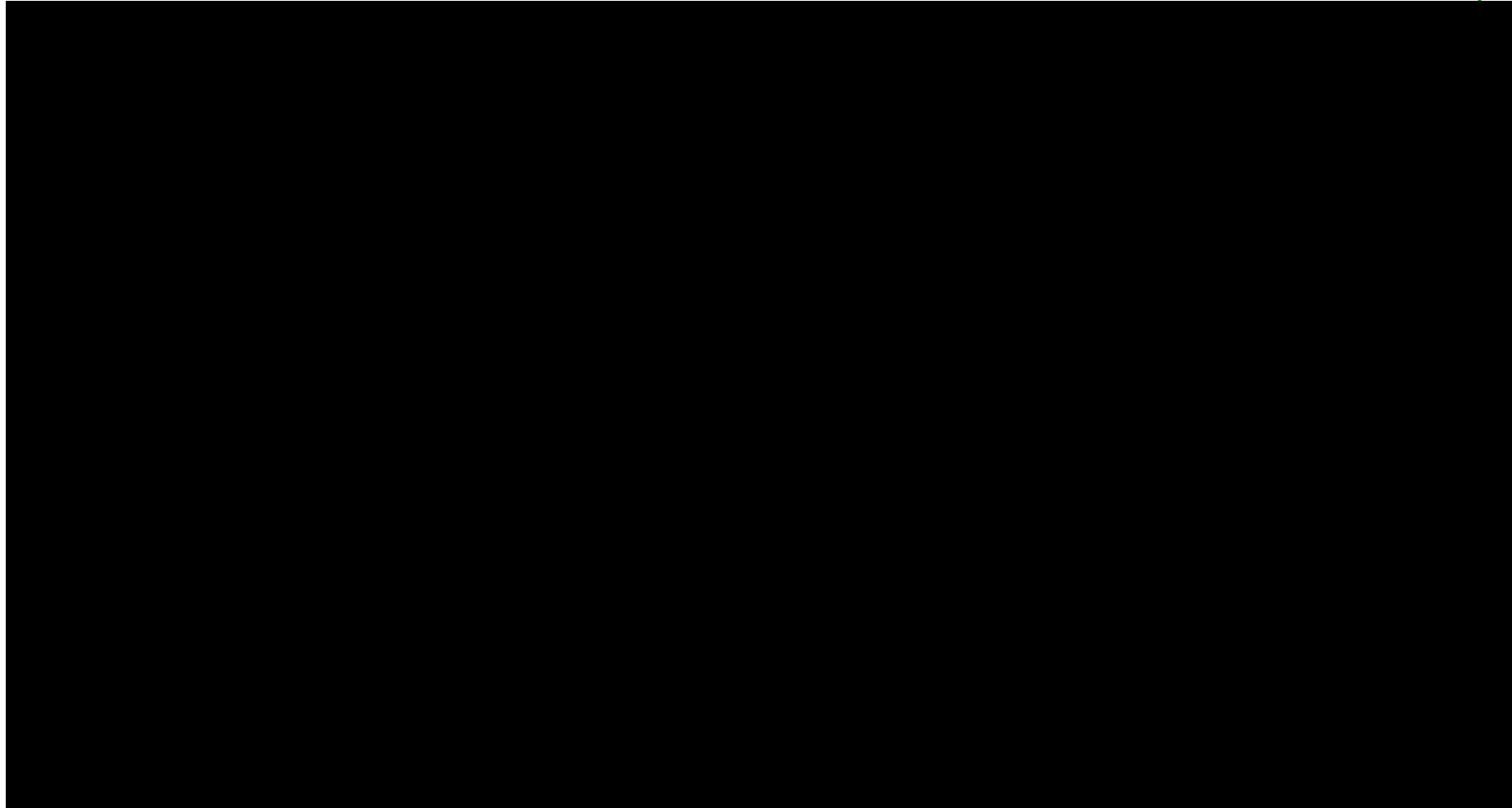
- Sơ đồ khối tổng quan của thiết bị đo mức bằng sóng siêu âm:



Xung phát và thu lệch nhau khoảng thời gian $\Delta T = t_2 - t_1$. Các xung trên tác động lên bộ điều khiển để đóng, mở khóa K. Thời gian K mở (ΔT) máy phát xung chuẩn đưa các xung có tần số f_0 và chu kỳ T_0 vào thiết bị tính (đếm và giải mã) chỉ thị thể hiện mức của chất lỏng cần đo.

Cảm biến siêu âm

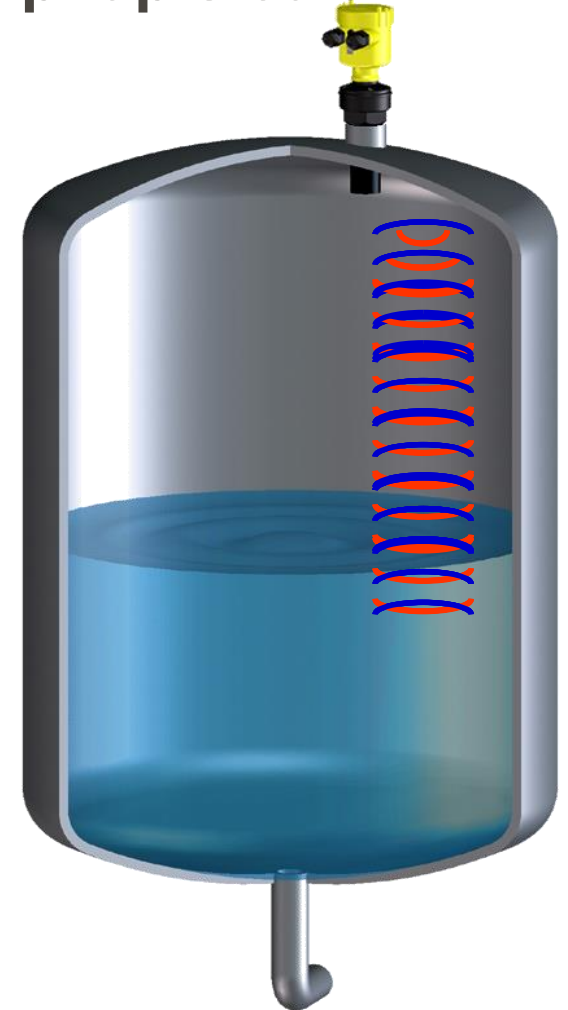
❖ Nguyên lý đo mức bằng phương pháp siêu âm



Cảm biến siêu âm

❖ Các đặc tính khi đo mức bằng phương pháp siêu âm

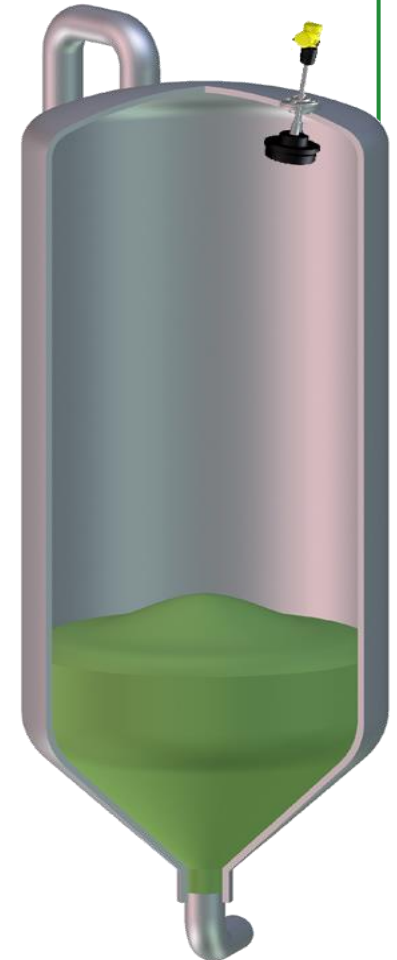
- Ứng dụng: Đo mức của chất lỏng và chất rắn mà không tiếp xúc. Cho phép giám sát mức liên tục.



❖ Ưu điểm, nhược điểm đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Ưu điểm:

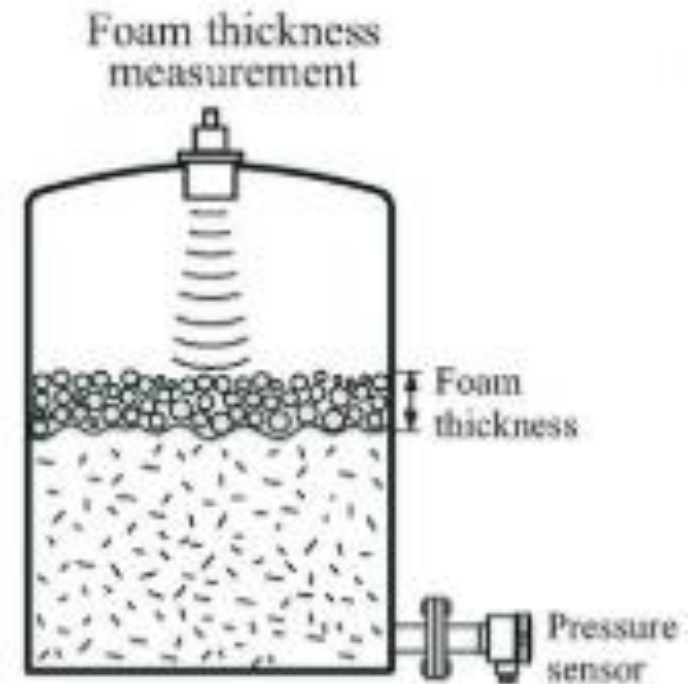
- Do là phương pháp đo không tiếp xúc nên sẽ ít bị ảnh hưởng bởi tác động của chất lỏng chứa trong bể, bồn.
- Thường được đặt ở trên đỉnh bồn do đó ít có khả năng gặp phải các vấn đề về rò điện so với các thiết bị phải tiếp xúc với chất lỏng.



❖ Ưu điểm, nhược điểm đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Nhược điểm:

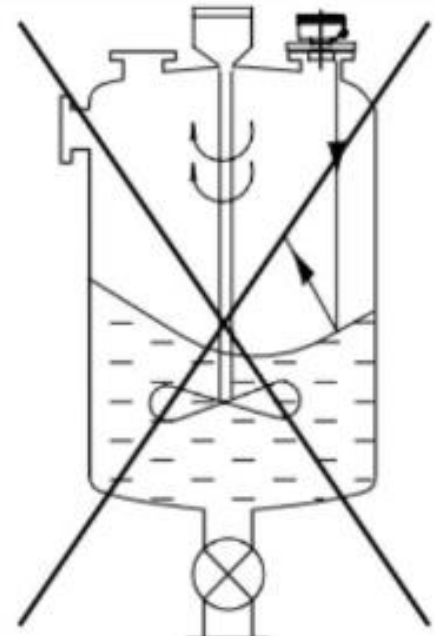
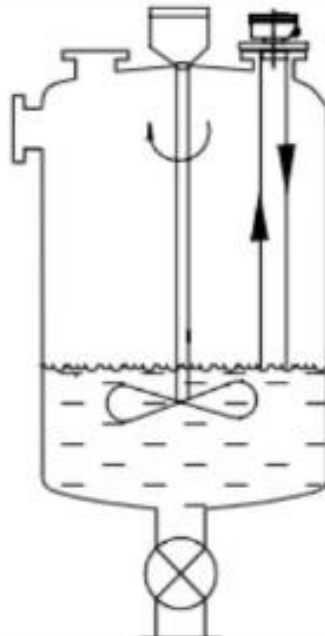
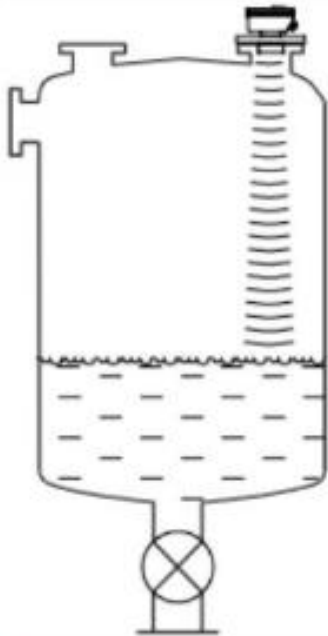
- Thiết bị làm việc không tốt trong môi trường chân không hoặc áp suất cao.
- Khi sử dụng phương pháp này có thể gặp một số trở ngại ảnh hưởng tới kết quả phép đo như:
 - ✓ Bề mặt chất lỏng sủi bọt, không ổn định
 - ✓ Nhiệt độ môi trường
 - ✓ Bụi, hơi nước có trong bình chứa



Cảm biến siêu âm

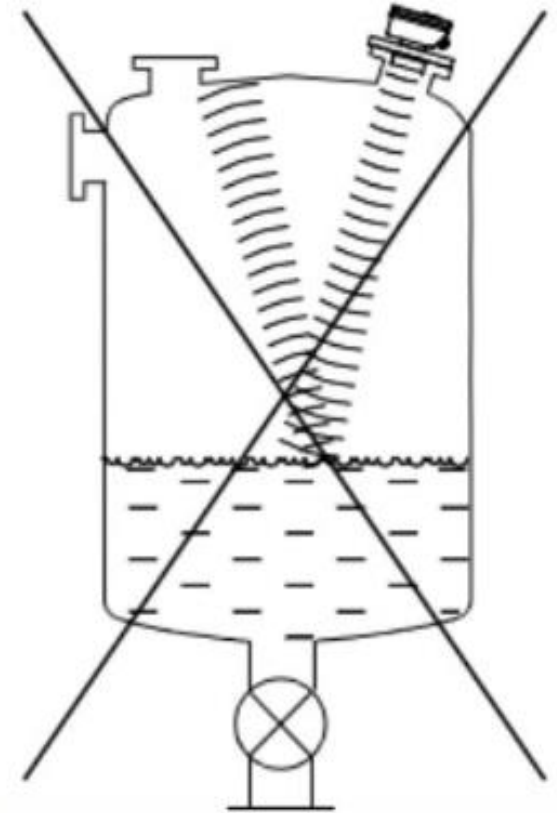
❖ Một số lưu ý sử dụng đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Khi đo mức đối với chất lỏng, lưu ý:
 - Bề mặt của chất lỏng: Cần tránh những rung động mạnh, vị trí lắp đặt thiết bị nên tránh xa nguồn nhiễu.



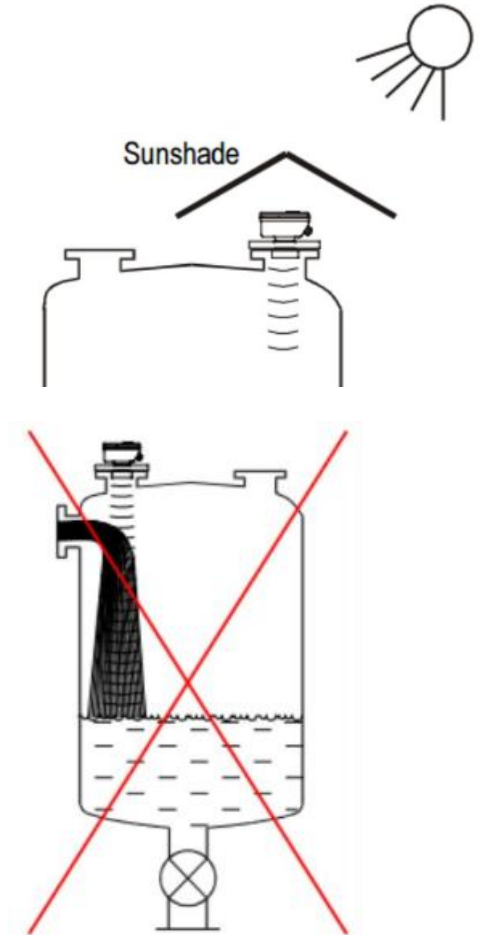
❖ Một số lưu ý sử dụng đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Khi đo mức đối với chất lỏng, lưu ý:
 - Góc nghiêng của cảm biến: Cảm biến nên được lắp song song với bề mặt chất lỏng, góc nghiêng cho phép từ $2 - 3^\circ$.
 - Các cảm biến siêu âm thường không tiếp xúc với áp suất quá cao



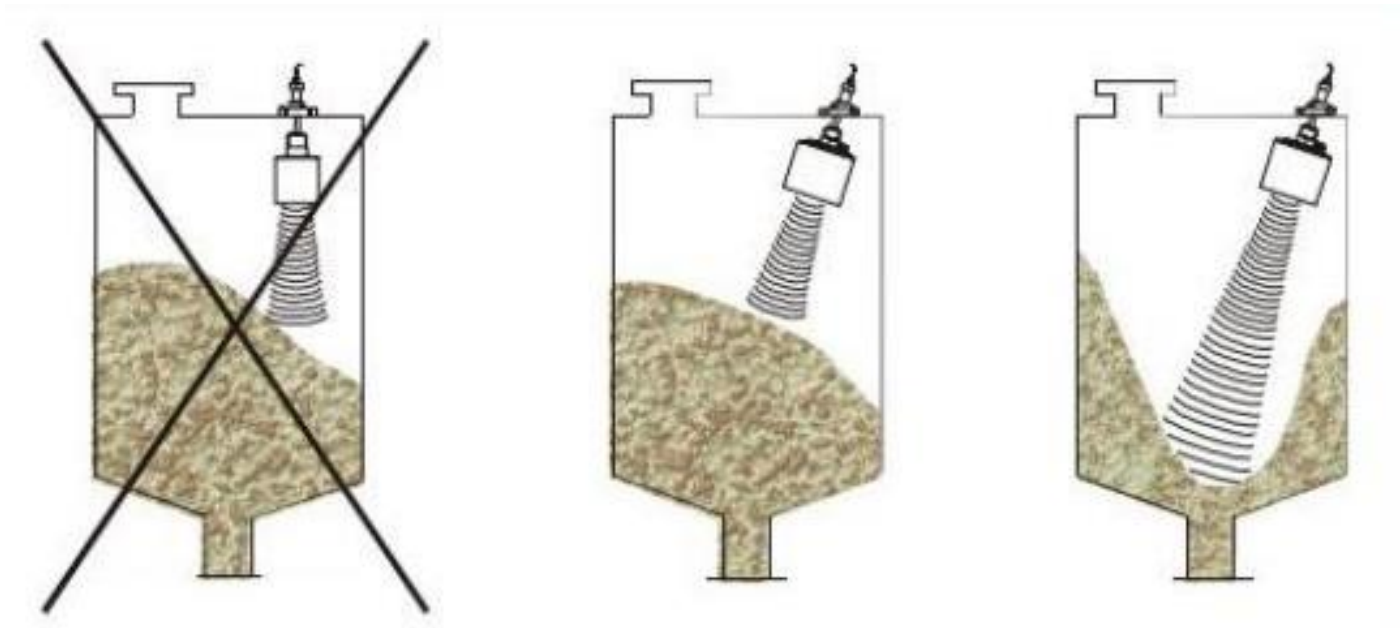
❖ Một số lưu ý sử dụng đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Khi đo mức đối với chất lỏng, lưu ý:
 - Nhiệt độ: Tránh thiết bị tiếp xúc trực tiếp với ánh nắng mặt trời.
 - Vật cản: Trước khi lắp đặt, đảm bảo không vật cản nào xuất hiện trong vùng sóng của thiết bị.
 - Ngoài ra còn các yếu tố như: Hơi nước, gió, tạp chất có thể làm thay đổi tốc độ của sóng siêu âm.



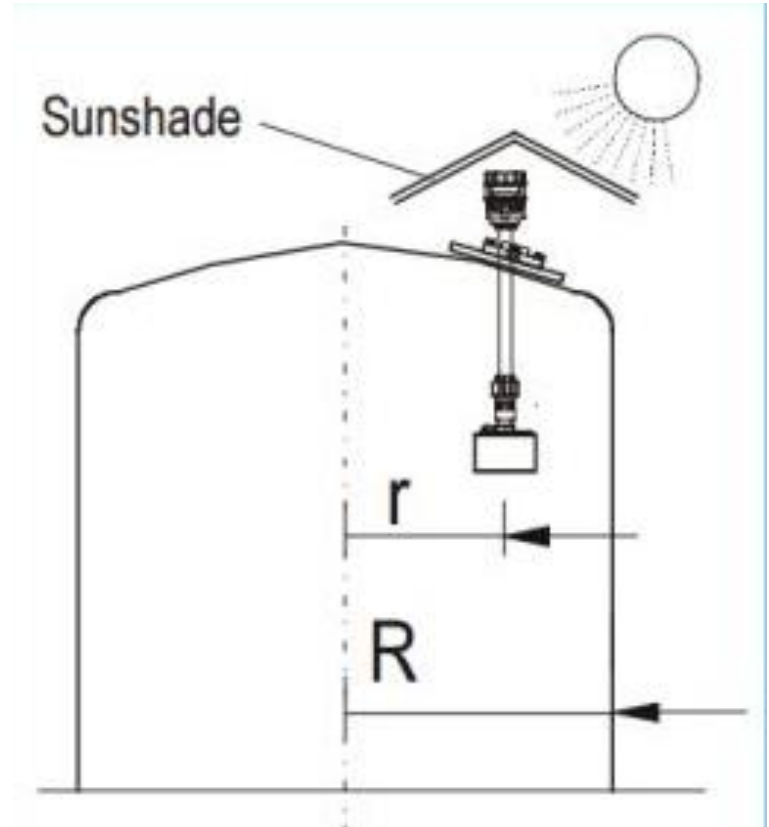
❖ Một số lưu ý sử dụng đo mức bằng phương pháp siêu âm

- Khi đo mức đối với chất rắn, lưu ý:
 - Vị trí lắp đặt: Thiết bị cần lắp nghiêm để tránh phản xạ góc tới theo hướng không mong muốn do góc vật liệu cần đo tạo ra khi bơm nguyên liệu ra và vào bình chứa.



❖ Một số lưu ý sử dụng đo mức bằng phương pháp siêu âm

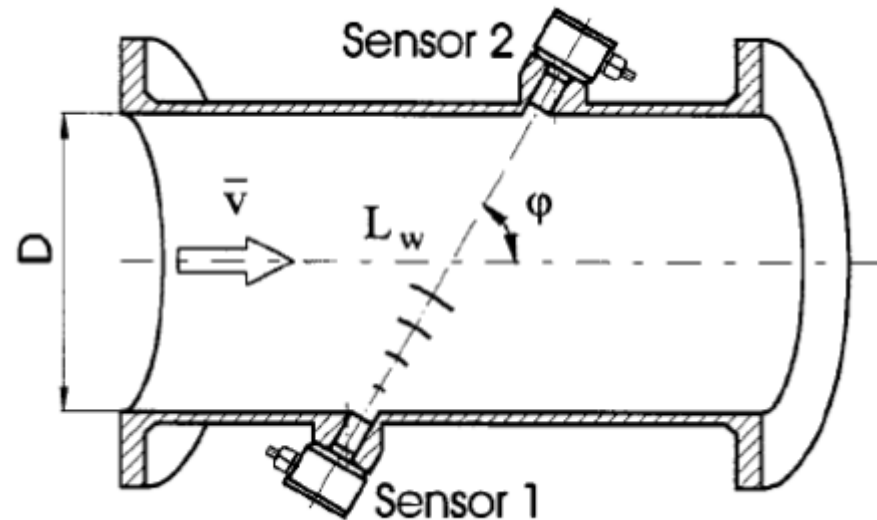
- Khi đo mức đối với chất rắn, lưu ý:
 - Nhiệt độ: Tương tự như đối với khi đo mức chất lỏng, cũng cần che chắn cho thiết bị.



1. Prosonic Flow 91W Ultrasonic flowmeter

$$t_{12} = \frac{L_w}{c + v_a \cos \varphi}$$

$$t_{21} = \frac{L_w}{c - v_a \cos \varphi}$$



$$\bar{v}_a = \frac{L_w}{2 \cos \varphi} \left(\frac{1}{t_{21}} - \frac{1}{t_{12}} \right) = \frac{D}{2 \cos \varphi \sin \varphi} \left(\frac{1}{t_{21}} - \frac{1}{t_{12}} \right)$$

Cảm biến siêu âm

■ Đo lưu lượng

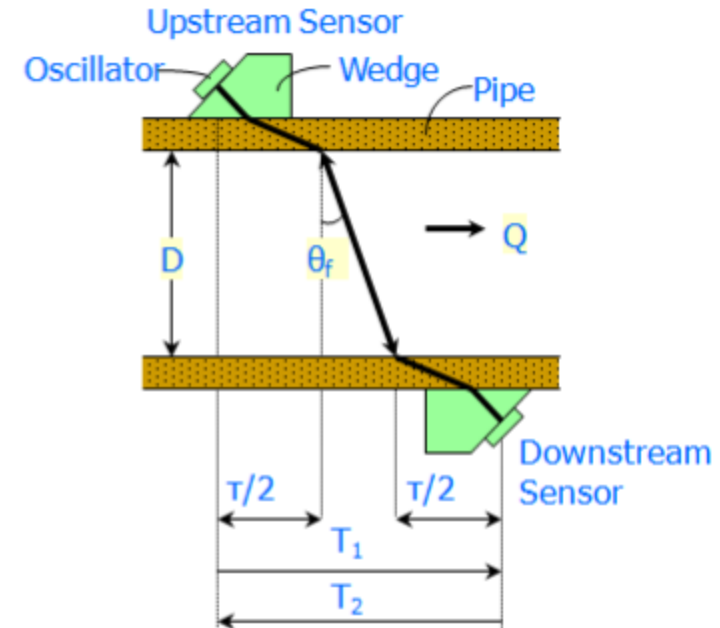
Basic Principle = Transit Time Difference Type

- Clamp-on sensors
- Transit Time Difference Method
- Principle Expression

Cross-sectional area **Average velocity on cross section**

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{1}{K} \times \frac{D}{\sin 2\theta_f} \times \frac{\Delta T}{(T_0 - \tau)^2}$$

Average velocity on propagation path

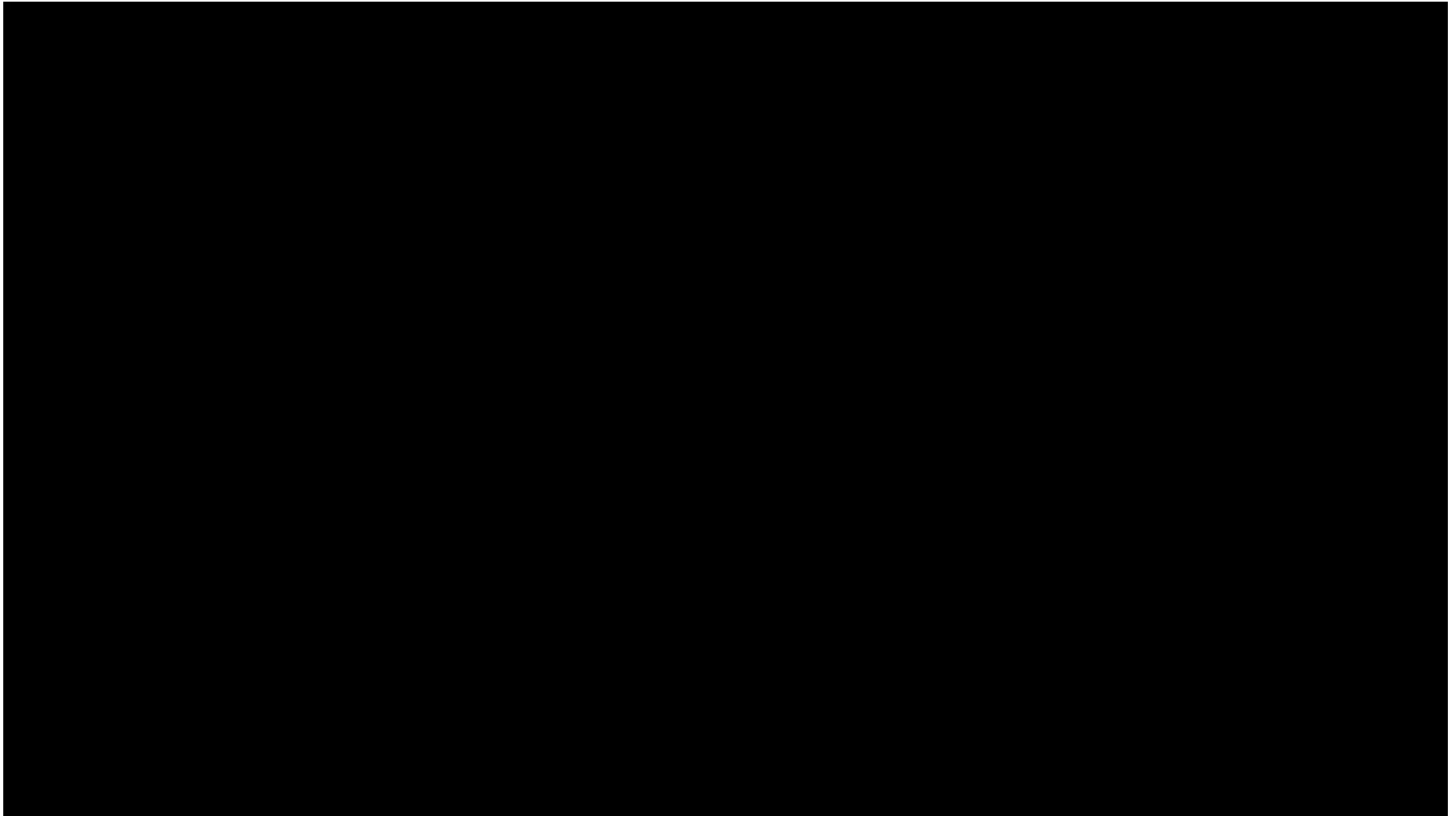


- Q : Flowrate
- D : Inner pipe diameter
- K : Conversion factor of average velocity
- θ_f : Incident angle into liquid
- T_1, T_2 : Transit time
- T_0 : Transit time between sensors when flow is at rest ($\hat{=}(T_1 + T_2)/2$)
- τ : Transit time in pipe walls & sensors

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

(Note)
Ultrasonic waves are carried with the motion of fluid.

■ Đo lưu lượng

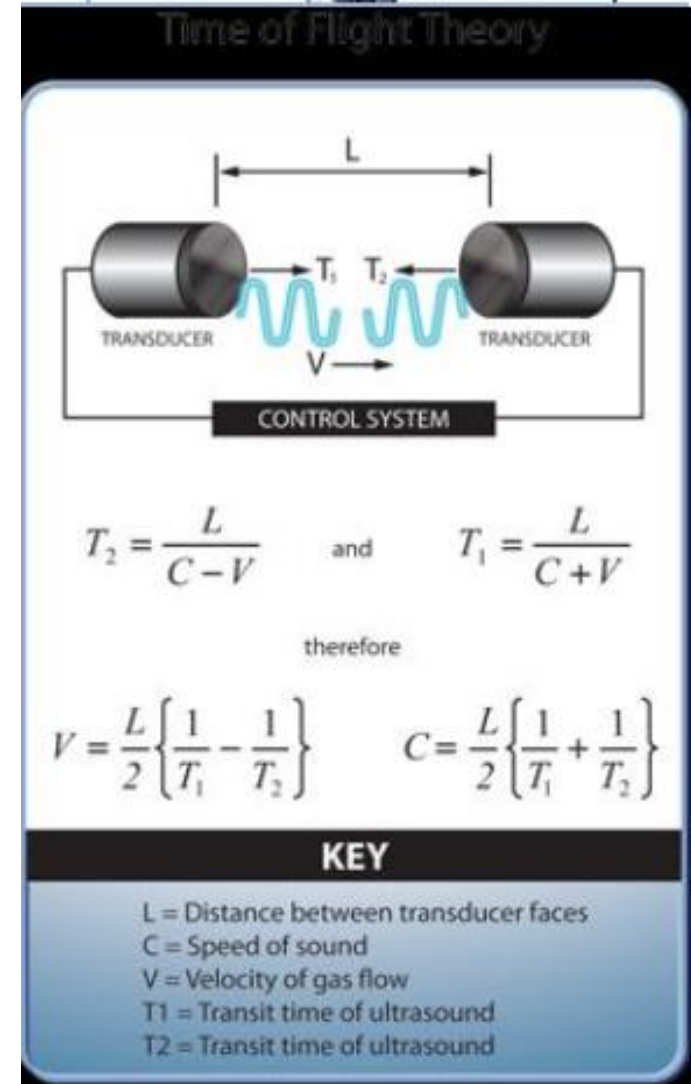


Cảm biến siêu âm – đo tốc độ gió

■ Đo tốc độ gió

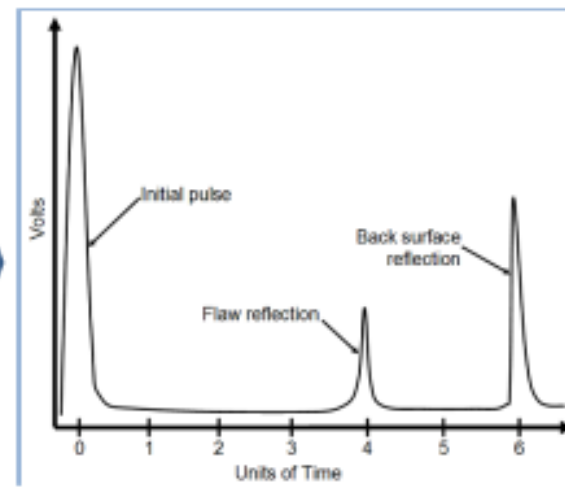
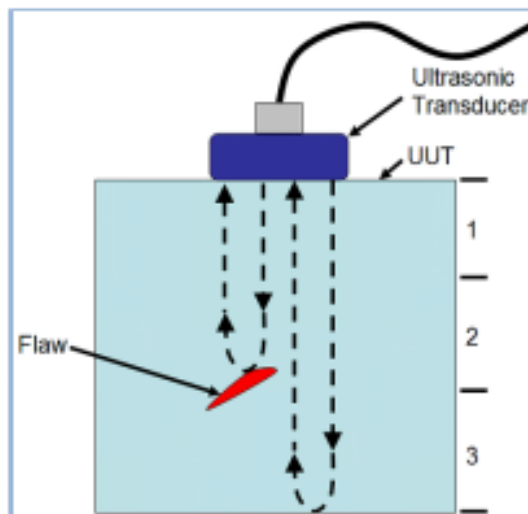
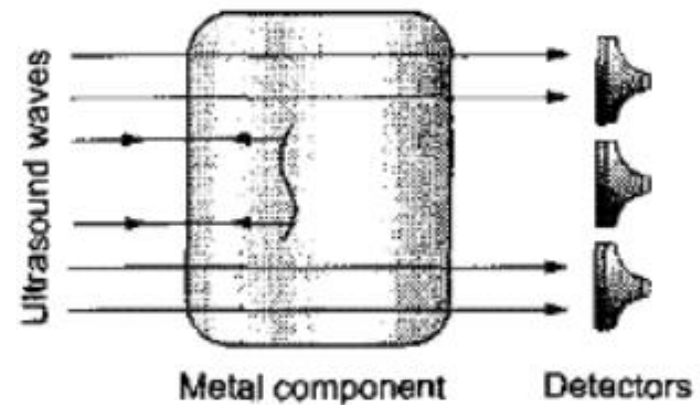
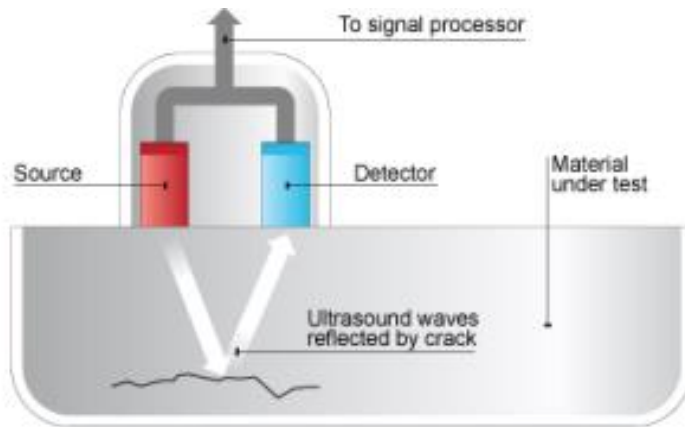


- Thiết bị gồm có 4 cảm biến siêu âm đặt thẳng góc với nhau theo từng cặp đông-tây và nam-bắc. Mỗi bộ cảm biến gồm một cặp thu-phát có chức năng phát 2 chiều theo chu kì nhất định. Thời gian truyền của xung âm thanh sẽ tăng hoặc giảm tùy theo cùng chiều hoặc ngược chiều với hướng gió. Tổng hợp thời gian thu và phát giữa các cặp tương ứng sẽ tính ra được hướng gió và vận tốc gió.



Cảm biến siêu âm

■ Phát hiện dị tật



Cảm biến siêu âm

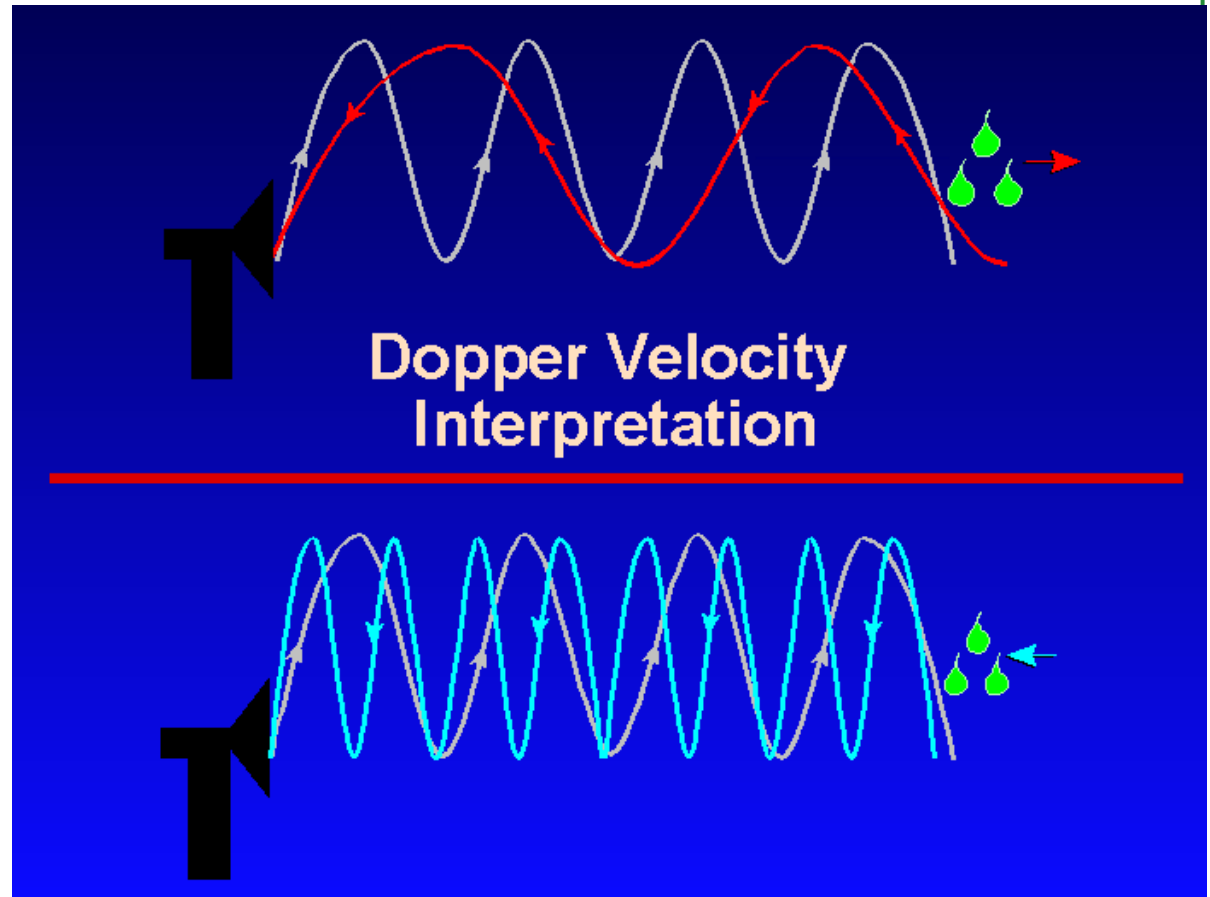
- Kiểm tra không phá hủy bằng phương pháp siêu âm có các đặc điểm sau:
 - ❖ Phát hiện các khuyết tật nằm sâu bên trong vật kiểm tra
 - ❖ Dùng kiểm tra các khuyết tật mối hàn (ngậm xỉ, nứt đường hàn, không ngấu, không thấu...)
 - ❖ Xác định các khuyết tật bên trong của vật liệu, mối hàn cơ bản như: rỗ khí, tách lớp, nứt...
 - ❖ Siêu âm kiểm tra chiều dày vật liệu, kiểm tra ăn mòn kim loại
 - ❖ Phương pháp này áp dụng được cho tất cả các vật liệu dạng rắn
 - ❖ Kết quả kiểm tra phụ thuộc khá nhiều vào thiết bị và kinh nghiệm của kiểm định viên siêu âm

Cảm biến siêu âm

b) Đo vận tốc tuyến tính

■ Dựa vào dịch chuyển

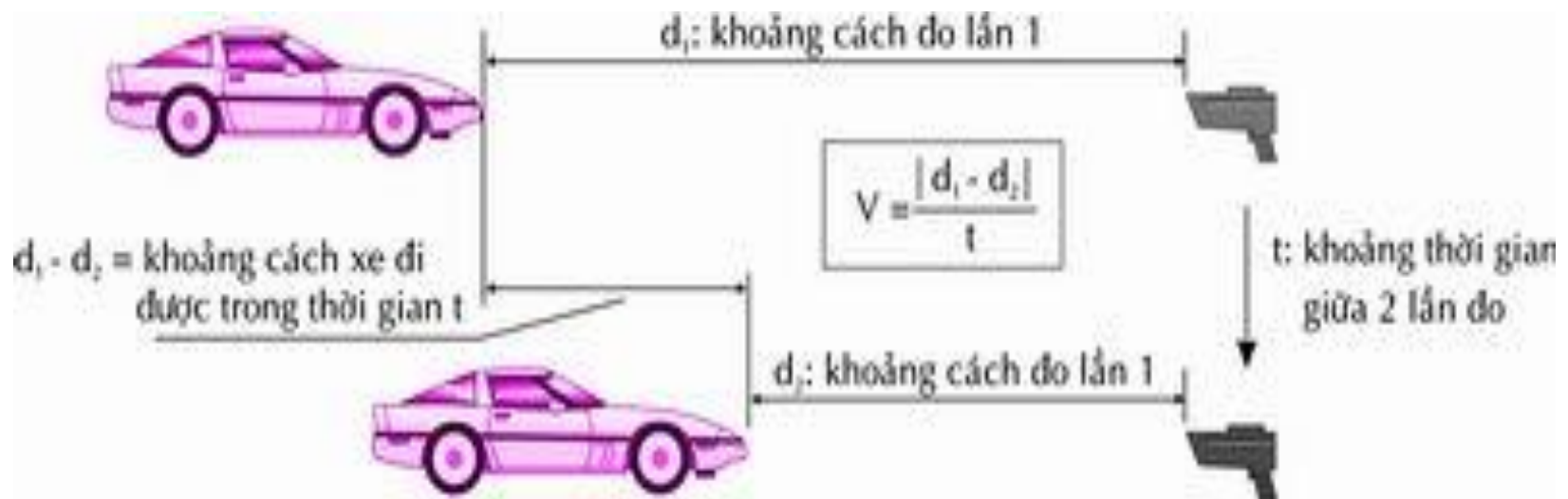
Phát sóng tới vật, sau đó nhận sóng phản hồi. Đo bước sóng phản hồi → tính ra vận tốc



Cảm biến siêu âm

b) Đo vận tốc tuyến tính

■ Dựa vào sai lệch dịch chuyển



Cảm biến siêu âm



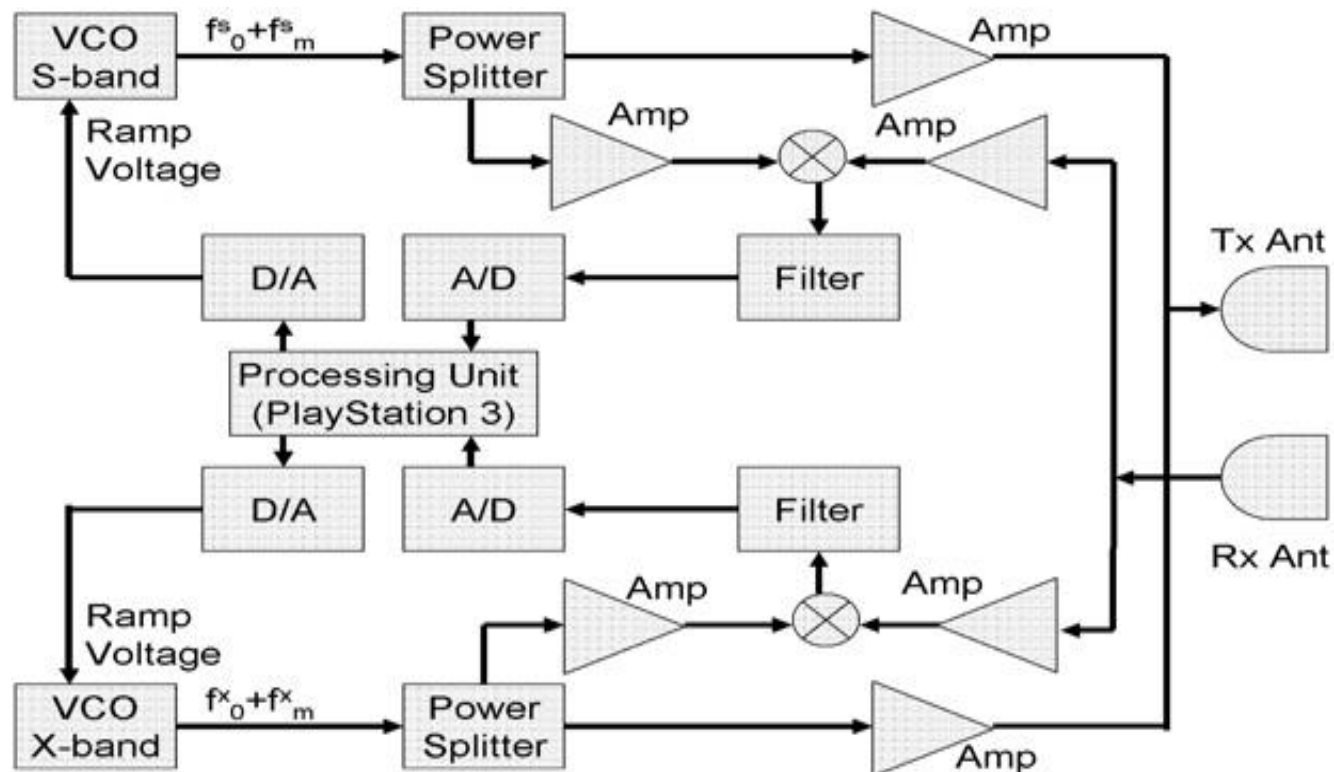
■ Siêu âm trong y tế



2. Cảm biến Rada

■ Hai anten truyền và nhận

- ❖ The proposed radar will generate two FMCW signals in the S- and X-frequency bands (near 2.8 and 10 GHz) with both signals being transmitted and received on the same set of antennas



Đo mức bằng phương pháp radar

- Giống như nguyên lý đo của sóng siêu âm, tuy nhiên radar dùng sóng điện từ có tần số lớn (cỡ khoảng vài MHz hoặc vài GHz).
- Nếu gọi khoảng thời gian giữa phát và thu sóng siêu âm là Δt và H_1 là chiều cao phần không khí thì H_1 được xác định theo công thức:

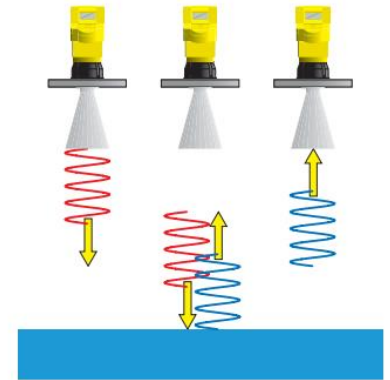
$$H_1 = \frac{\Delta t \cdot c}{2}$$

- C: vận tốc sóng ánh sáng $c = 3 \cdot 10^8$
- Xác định H_1 thì ta có mức chất lỏng H_2 trong thùng được tính

theo công thức:

$$H_2 = H - H_1$$

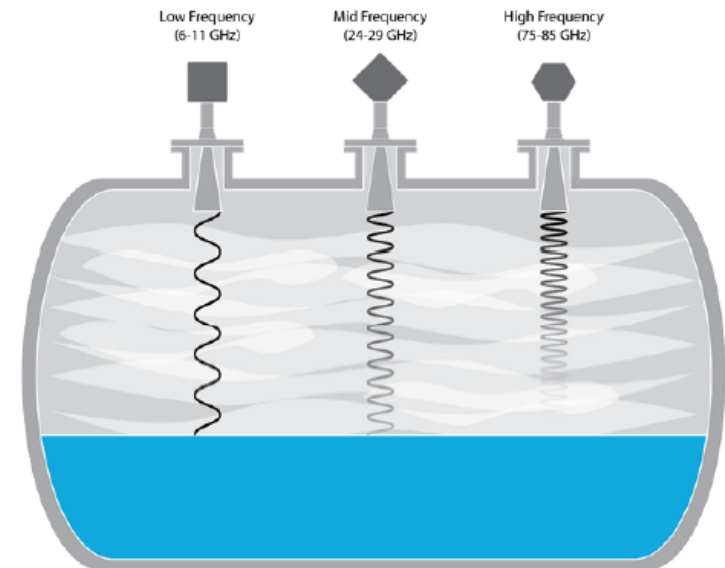
Với H là chiều cao thùng chứa chất lỏng



Đo mức bằng phương pháp radar

❖ Các đặc tính khi đo mức bằng phương pháp radar

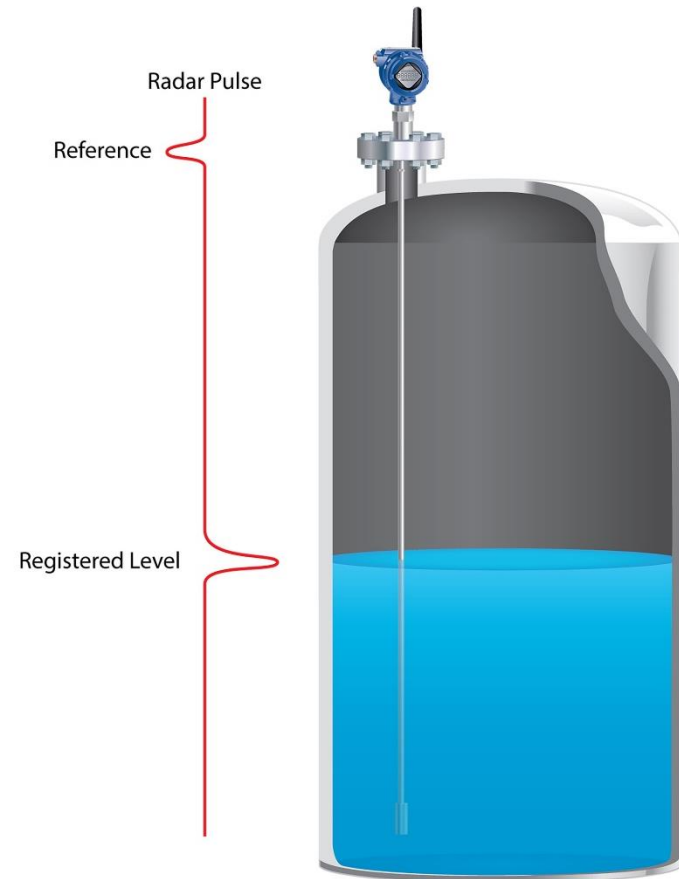
- Ứng dụng phát hiện mức liên tục
- Sóng truyền có thể sử dụng ở các dải tần số khác nhau:
 - Tần số thấp: 6-11 Ghz.
 - Tần số trung bình: 24-29 Ghz.
 - Tần số cao: 75-85 Ghz



Đo mức bằng phương pháp radar

❖ Các đặc tính khi đo mức bằng phương pháp radar

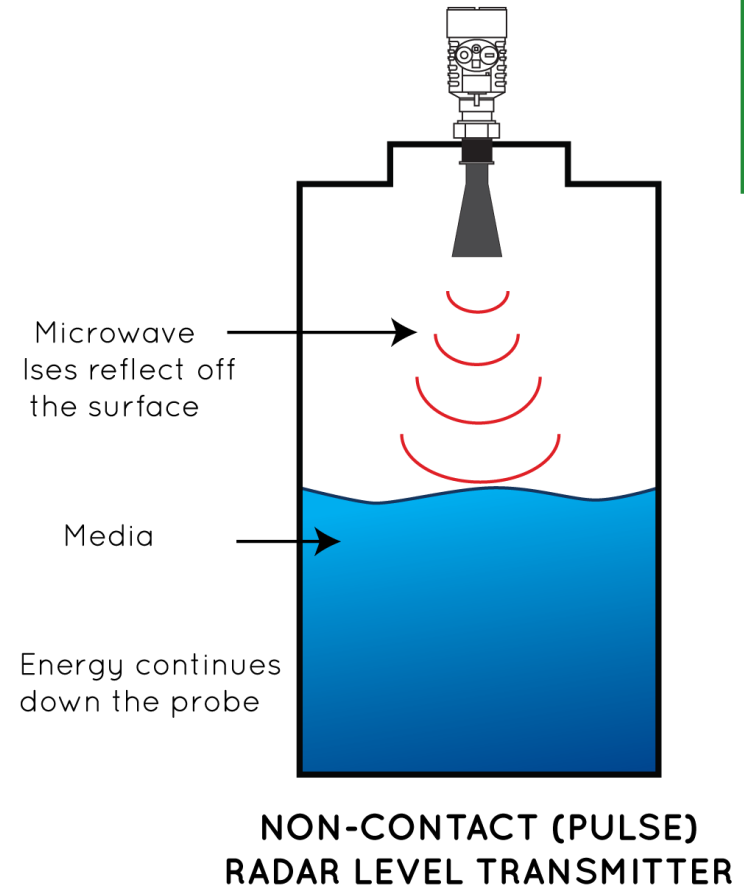
- Trong phương pháp này, sử dụng hai hệ thống: Hệ thống xâm lấn và Hệ thống không xâm lấn
 - Hệ thống xâm lấn được sử dụng để đo mức chất lỏng: gọi là “Guided-wave radar” dùng cáp hoặc ống dẫn để hướng, dẫn sóng trực tiếp từ cảm biến tới bề mặt vật liệu xuống thẳng đáy bình.



Đo mức bằng phương pháp radar

❖ Các đặc tính khi đo mức bằng phương pháp radar

- Hệ thống không xâm lấn được sử dụng để đo mức chất lỏng: gọi là “Through-air radar” dùng ăng-ten để gửi sóng radar tới bề mặt chất lỏng cần đo.



Đo mức bằng phương pháp radar

- ❖ Ưu điểm, nhược điểm đo mức bằng phương pháp radar
 - Ưu điểm:
 - Là phương pháp cực kì chính xác và tin cậy.
 - Hiệu suất thiết bị không bị ảnh hưởng bởi hơi nước, chất tạo bọt, nhiệt độ sôi, bụi.
 - Hoạt động tốt trong khoảng nhiệt độ và áp suất cao

Đo mức bằng phương pháp radar

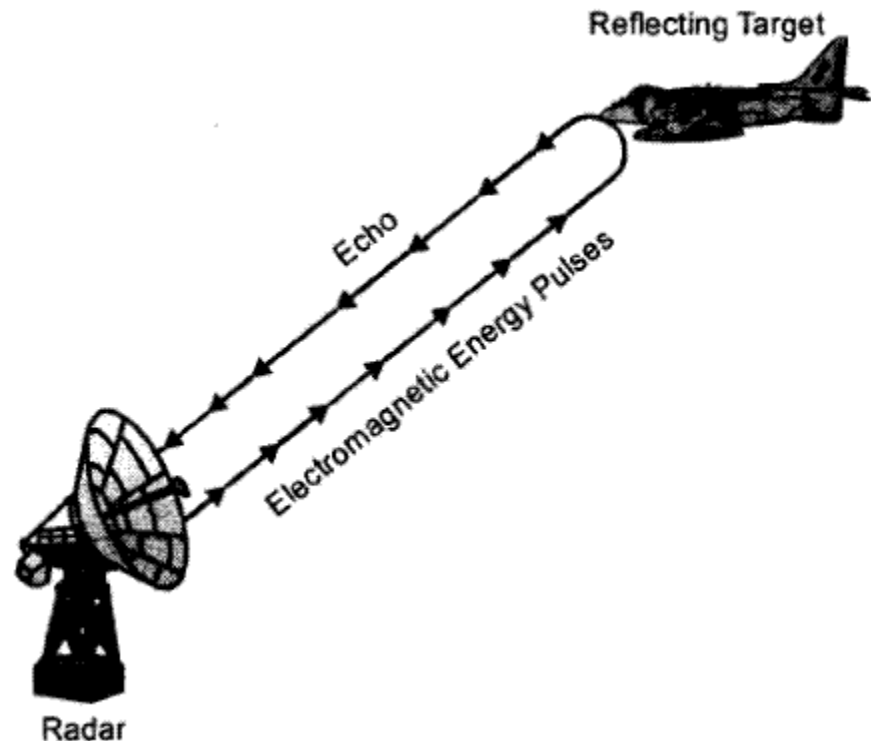
❖ Ưu điểm, nhược điểm đo mức bằng phương pháp radar

- Nhược điểm:

- Giá thành cao.
- Chỉ làm việc tốt với chất cần đo có bề mặt bụi bắn nhẹ.
- Khi lớp bụi và bọt quá nhiều, sẽ gây dừng quá trình đo mức

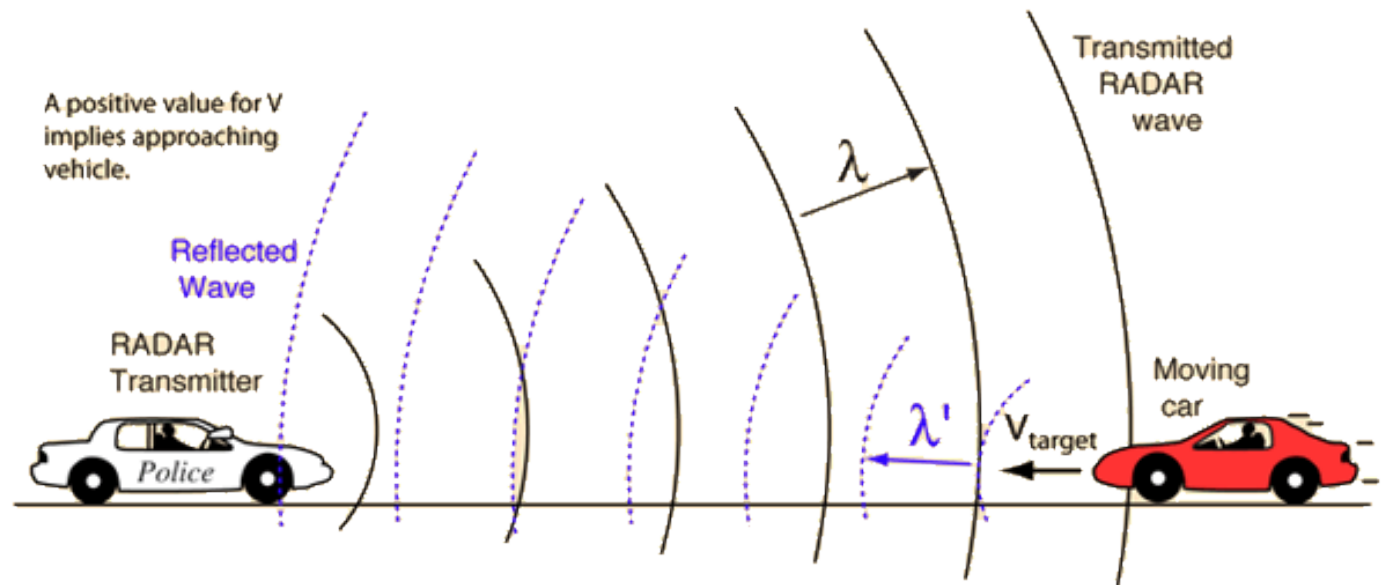
Cảm biến Rada

- Ứng dụng trong rada dẫn hướng và phát hiện mục tiêu
 - ❖ Trong quân sự



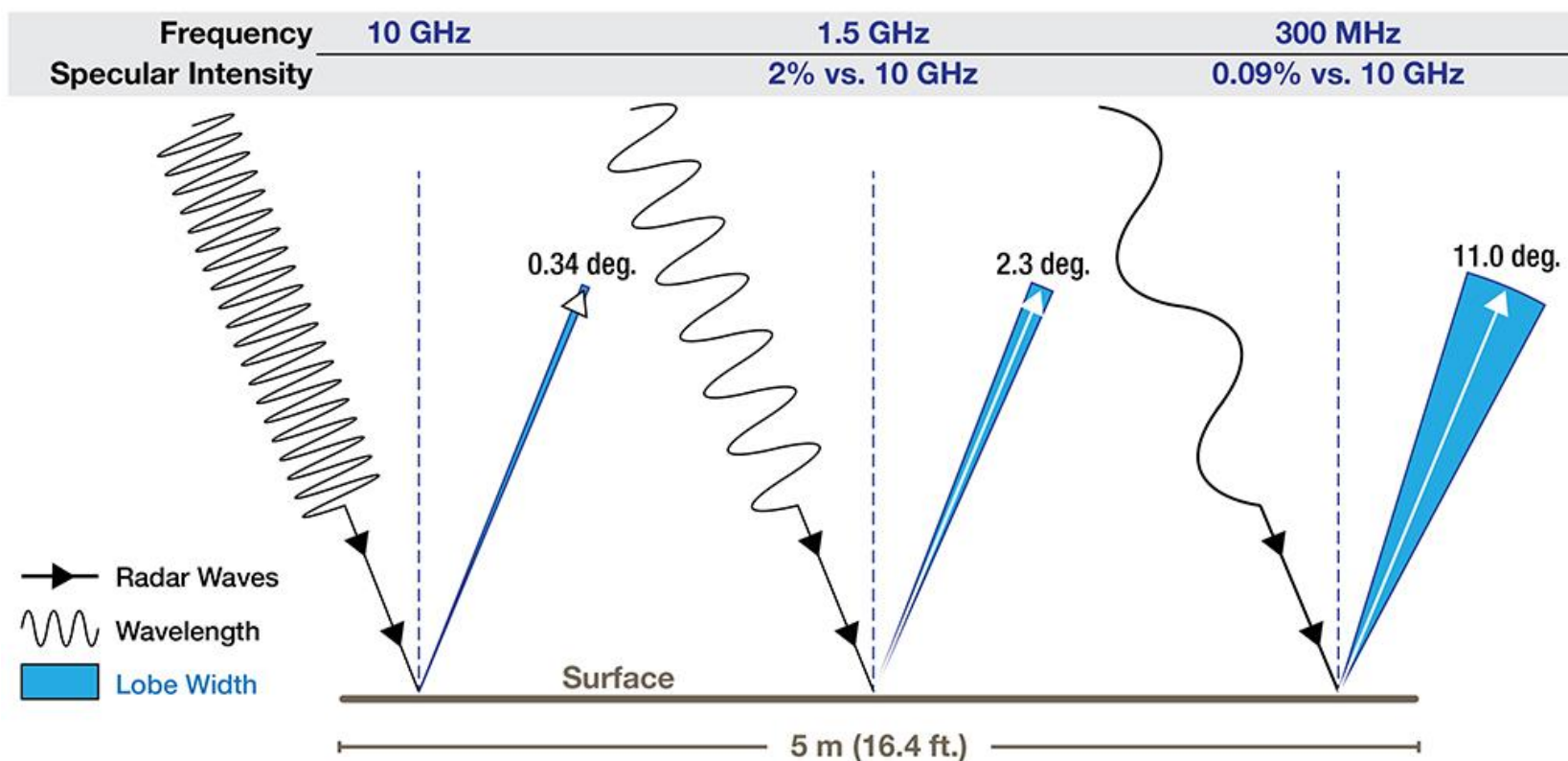
Cảm biến Rada

■ Trong oto



■ Ảnh hưởng của tần số sóng rada đến sóng phản xạ

Specular Reflections *Intensity and Lobe Width Changes with Frequency*



Source: Daniel Katz/AW&ST

Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt



Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

- A hot-wire thermoanemometer is a single-part sensor as opposed to two- and three-part sensors as described below. The key element of this sensor is a heated wire having typical dimensions 0.00015–0.0002 in. (0.0038–0.005 mm) in diameter and 0.040–0.080 in. (1.0–2.0 mm) in length.
- The wire resistance typically is between 2 and 3 Ohm. The operating principle is based on warming up the wire by electric current to 200–300°C, well above the flowing media temperature and then measuring temperature of the wire
- Under a steady flow rate, the electric power Q_e supplied to the wire is balanced by the out-flowing thermal power Q_T carried by the flowing media due to a convective heat transfer

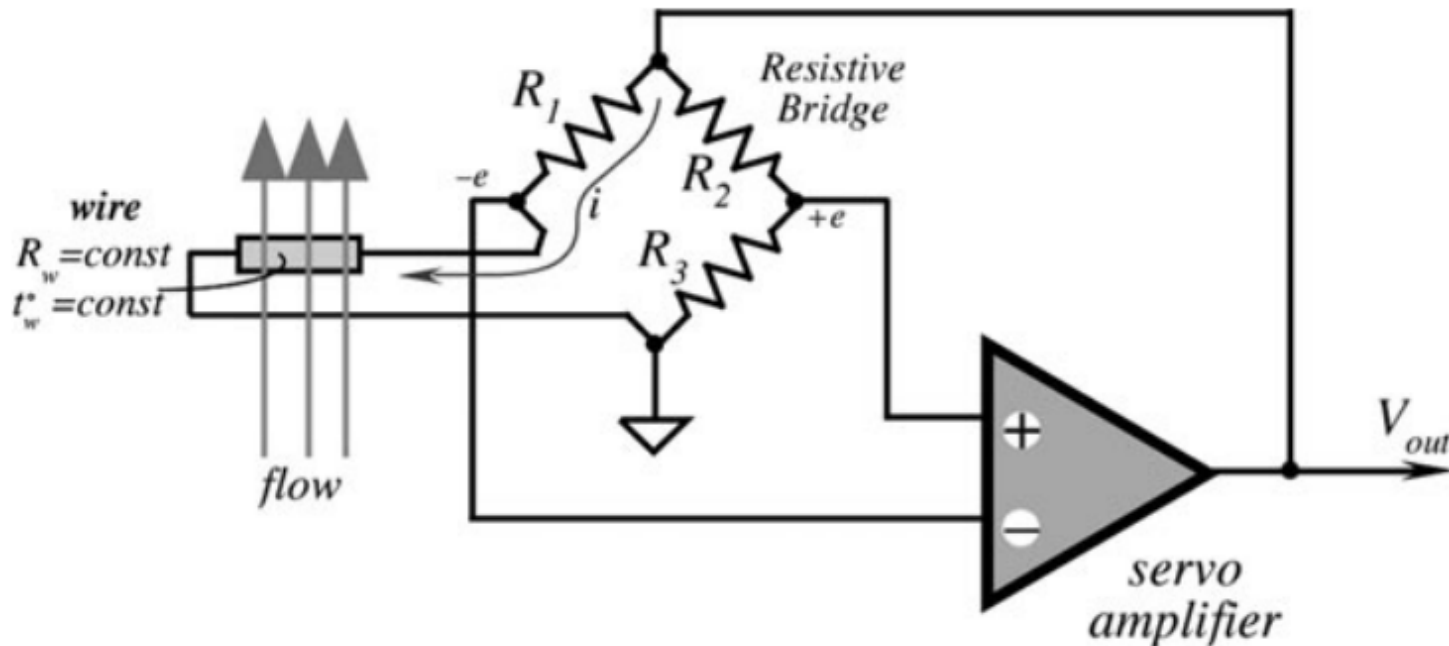
Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt



Considering the heating current i , the wire temperature t_w , temperature of the fluid t_f , the wire surface area A_w , and the heat transfer coefficient h , we can write the balance equation

$$Q_e = Q_T.$$

$$i^2 R_w = h A_w (t_w - t_f).$$



Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

In 1914 King [4] developed a solution of a heat loss from an infinite cylindrical body in an incompressible low Reynolds number flow that may be written as

$$h = a + bv_f^c, \quad (11.14)$$

where a and b are constant and $c \approx 0.5$. This equation is known as King's law.

Combining the above three equations allows us to eliminate the heat transfer coefficient h :

$$a + bv_f^c = \frac{i^2 R_w}{A_w(t_w - t_f)}. \quad (11.15)$$

Considering that $V_{out} = i(R_w + R_I)$ and $c = 0.5$, we can solve this equation for the output voltage as function of the fluid velocity:

$$V_{out} = (R_w + R_I) \sqrt{\frac{A_w(a + b\sqrt{v})(t_w - t_f)}{R_w}}. \quad (11.16)$$

Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

- A typical design of the hot-wire sensor is shown in Fig. 11.6a. The most common wire materials are tungsten, platinum, and a platinum–iridium alloy

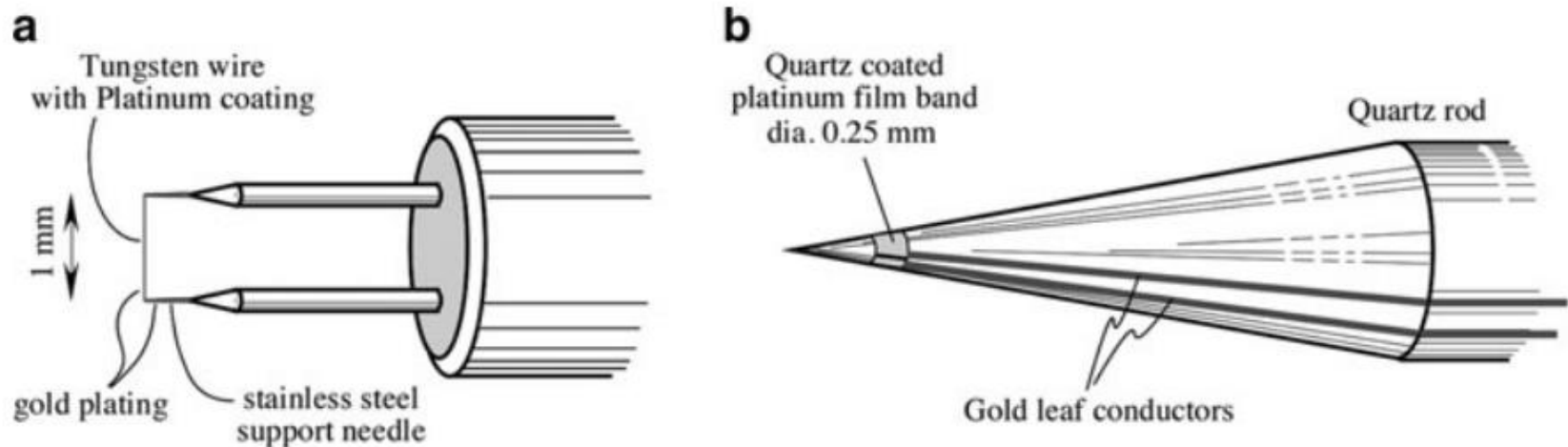


Fig. 11.6 Hot-wire probe (a) and a conical hot-film probe (b)