

LẠI SƠN NAM

KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

2024

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI



LẠI SƠN NAM

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ TỐI ƯU CẢM BIẾN
ĐIỆN DUNG ĐO ĐỘ DÀY MÀNG HƠI NƯỚC
CHUNG CẤT ỨNG DỤNG TRONG CÔNG NGHỆ
SẢN XUẤT DƯỢC PHẨM

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ ĐIỆN TỬ

Hà Nội – 2024

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI



ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP
Chuyên ngành: **Kỹ Thuật Điện Tử**
Mã ngành: **8520203**

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ TỐI ƯU CẢM BIẾN ĐIỆN
DUNG ĐO ĐỘ DÀY MÀNG HƠI NƯỚC CHUNG CẤT ỨNG
DỤNG TRONG CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT DƯỢC PHẨM

Học viên thực hiện: **LẠI SƠN NAM**
Khóa đào tạo: **K12**
Mã học viên: **2022700030**
Người hướng dẫn: **TS. NGUYỄN ĐẮC HẢI**

Hà Nội – 2024

MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	iii
DANH MỤC BẢNG	v
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN	3
1.1 Tìm hiểu về sản xuất tinh dầu.....	3
1.1.1 Giới thiệu về tinh dầu.....	3
1.1.2 Các phương pháp chiết xuất tinh dầu	5
1.2 Tìm hiểu về cảm biến kiểu điện dung	10
1.2.1 Tổng quan về cảm biến kiểu điện dung	10
1.2.2 Thiết kế.....	11
1.2.3 Công nghệ.....	12
1.2.4 Tích hợp trên silicon	13
1.2.5 Tính thông minh	13
1.2.6 Ứng dụng của cảm biến điện dung	14
1.2.7 Công nghệ.....	17
1.3 Kết luận.....	17
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT	18
2.1 Quy trình chiết xuất và chưng cất tinh dầu gừng.....	18
2.1.1 Tổng quan về gừng	18
2.1.2 Tìm hiểu về tinh dầu gừng	20
2.1.3 Các phương pháp chiết xuất tinh dầu gừng.....	21
2.1.4 Quy trình chưng cất trong phòng thí nghiệm	22
2.2 Cơ sở lý thuyết về cảm biến điện dung	23
2.2.1 Tĩnh điện	24
2.2.2 Điện trường.....	24
2.2.3 Tính điện dung trong các trường hợp	25
2.2.4 Nguyên tắc hoạt động của một cảm biến kiểu điện dung	34

2.2.5 Mạch điện cơ bản đo điện dung.....	34
2.3 Phần mềm mô phỏng COMSOL Multiphysics 5.6.....	36
2.3.1 Giới thiệu về COMSOL	36
2.3.2 Các module trong COMSOL.....	39
2.3.3 Thông tin chi tiết về một số Module.....	40
2.3.4 Một số các Module riêng lẻ.....	45
2.4 Kết luận.....	46
CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG CẢM BIẾN.....	47
3.1 Giới thiệu chương	47
3.2 Thiết kế cấu trúc cảm biến.....	47
3.3 Mô phỏng.....	52
3.4 Khảo sát các tham số kích thước của các cảm biến	53
3.4.1 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 1	53
3.4.2 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 2	55
3.4.3 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 3	57
3.4.4 So sánh chênh lệch điện dung của ba loại cảm biến.....	59
3.5 Khảo sát cảm biến sử dụng cấu trúc 3 với độ dày màng tinh dầu gừng	60
3.6 Kết luận.....	61
KẾT LUẬN.....	62
TÀI LIỆU THAM KHẢO	63

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Tinh dầu thực vật trong đời sống [3]	3
Hình 1.2 Người Ai Cập cổ đại đã biết sử dụng tinh dầu vào nhiều mục đích khác nhau [4].....	4
Hình 1.3 Phương pháp chưng cất bằng hơi nước [7].....	5
Hình 1.4 Phương pháp thủy phân [7].....	6
Hình 1.5 Chiết xuất bằng dung môi [7].....	7
Hình 1.6 Phương pháp chiết sử dụng CO ₂ siêu tới hạn [7].....	8
Hình 1.7 Phương pháp sử dụng lò vi sóng [7]	9
Hình 1.8 Cảm biến điện dung trong thực tế	10
Hình 1.9 Cảm biến đồng phẳng kiểu điện dung	11
Hình 1.10(a) Cảm biến điện dung lẫn nhau (b) Cảm biến tự điện dung [10]	12
Hình 1.11 Tính thông minh của cảm biến	13
Hình 1.12 Ứng dụng của cảm biến điện dung trong đời sống.....	14
Hình 1.13 Cảm biến mực chất lỏng	16
Hình 2.1 Hình ảnh về toàn bộ cây gừng.....	18
Hình 2.2 Củ gừng trong tự nhiên [17].....	19
Hình 2.3 Cấu trúc Phytochemical của gừng.....	20
Hình 2.4 Phương pháp chưng cất hơi nước [20]	21
Hình 2.5 Chiết chất lỏng siêu tới hạn [20]	21
Hình 2.6 Chưng cất trực tiếp bằng hơi nước [20].....	22
Hình 2.7 Dụng cụ chưng cất tinh dầu gừng trong phòng thí nghiệm	23
Hình 2.8 Hai tấm điện cực song song	25
Hình 2.9 Tấm điện cực hình tròn	26
Hình 2.10 Điện cực hình cầu	26
Hình 2.11 Hai điện cực hình cầu đặt cách nhau	27
Hình 2.12 Hai điện cực hình trụ đồng tâm	27
Hình 2.13 Hai điện cực hình trụ song song	28
Hình 2.14 Hai điện cực hình trụ đặt song song với khoảng cách xa	28
Hình 2.15 Điện cực hình trụ đặt song song với điện cực mặt phẳng.....	29
Hình 2.16 Hai điện cực hình trụ đặt song song với điện cực mặt phẳng	29
Hình 2.17 Hai miếng điện cực với một mặt phẳng.....	30
Hình 2.18 Tự điện có ba điện cực	31
Hình 2.19 Tự điện có bốn điện cực có hình dạng tùy ý	31
Hình 2.20 Mạch tương đương bốn điện cực.....	33

Hình 2.21 Mạch bốn điện cực đã được giảm xuống	33
Hình 2.22 Mạch bốn điện cực đã được giảm hơn nữa	33
Hình 2.23 Mô hình điện dung thay đổi dựa trên cảm biến điện môi	34
Hình 2.24 Sơ đồ mạch sử dụng một mạch khuếch đại điện trở truyền (Transimpedance amplifier) để xác định dòng qua tụ điện có sử dụng tụ điện phản hồi	35
Hình 2.25 Sơ đồ mạch đo lường điện áp ra của một tụ điện vi sai [23]	35
Hình 2.26 Đường viền trường điện từ	38
Hình 2.27 Trường điện từ trên bề mặt	38
Hình 3.1 Sơ đồ tổng quát thực nghiệm trong phòng thí nghiệm	47
Hình 3.2 Mặt cắt ngang của cảm biến	47
Hình 3.3 Cảm biến dạng cấu trúc 1	49
Hình 3.4 Cảm biến dạng cấu trúc 2	50
Hình 3.5 Cảm biến dạng cấu trúc 3	51
Hình 3.6 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 1 trên COMSOL	53
Hình 3.7 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 1	53
Hình 3.8 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 1	54
Hình 3.9 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 1	54
Hình 3.10 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 2 trên COMSOL	55
Hình 3.11 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 2	55
Hình 3.12 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 2	56
Hình 3.13 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 2	56
Hình 3.14 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 3 trên COMSOL	57
Hình 3.15 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 3	57
Hình 3.16 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 3	58
Hình 3.17 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 3	58
Hình 3.18 So sánh chênh lệch điện dung của ba loại cảm biến	59
Hình 3.19 Đồ thị khảo sát cảm biến sử dụng cấu trúc 3 theo độ dày màng tinh dầu gừng	60

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1 Ứng dụng cảm biến tiệm cận [14].....	14
Bảng 1.2 Ứng dụng trong đo lường [14].....	14
Bảng 1.3 Ứng dụng trong công tắc [14].....	16
Bảng 1.4 Ứng dụng trong truyền thông [14]	16
Bảng 1.5 Ứng dụng trong đầu vào đồ họa máy tính [14].....	16
Bảng 3.1 Các tham số dùng để mô phỏng cảm biến.....	48
Bảng 3.2 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 1.....	50
Bảng 3.3 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 2.....	51
Bảng 3.4 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 3.....	52
Bảng 3.5 Độ nhảy của cảm biến	61

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, con người đang có xu hướng sử dụng các sản phẩm có nguồn gốc từ thiên nhiên nhiều hơn. Trong đó, tinh dầu có nguồn gốc từ thực vật đã được công nhận trong nhiều thập kỷ về các nhiều lĩnh vực sản xuất và đời sống như y dược, thực phẩm, sản phẩm chăm sóc cá nhân,...Trên thế giới ngành công nghiệp về tinh dầu đã và đang rất phát triển đặc biệt ở các nước châu Âu và một số nước ở châu Á như Trung Quốc, Ấn Độ,...Tuy ở Việt Nam ngành này vẫn chưa phát triển mạnh mẽ như các khu vực lớn nhưng với điều kiện khí hậu và đất đai vô cùng thuận lợi cho các loại cây có khả năng chiết xuất tinh dầu phát triển mạnh mẽ, Việt Nam được coi là mỏ vàng “xanh” của ngành sản xuất và chiết xuất tinh dầu – điều mà không phải quốc gia nào cũng có được [1].

Theo thống kê của Hiệp hội Tinh dầu – Hương liệu – Mỹ phẩm Việt Nam (VOCA) hiện nay nước ta có khoảng 300 loại cây có thể dùng để chiết xuất tinh dầu và trong đó có 50 loại được sử dụng nhiều nhất [1]. Đặc biệt, những loại cây này có thể được trồng một cách dễ dàng và không mất nhiều công sức chăm sóc cũng như ít bị sâu bệnh phá hoại, chưa kể giá trị về mọi mặt của chúng mang lại vô cùng lớn. Có những loại có thể làm thuốc, làm gia vị cũng có thể chúng được làm hương liệu để xua đuổi thú dữ và côn trùng. Bên cạnh những loại cây quý hiếm do khó tìm, chỉ phát triển ở những nơi hiểm trở hay đơn giản là quá trình phát triển của chúng quá lâu như sâm, tam thất,...Còn có những loại cây vô cùng thân thuộc với người dân và được sử dụng hằng ngày như một loại gia vị trong những bữa cơm. Điển hình là củ gừng một loại thảo dược có rất nhiều công dụng và vô cùng phổ biến ở nước ta. Vì có nhiều công dụng nên con người càng muốn chiết xuất ra tinh dầu gừng để sử dụng thuận tiện hơn trong các trường hợp khác nhau.

Hiện nay việc chưng cất tinh dầu gừng không còn xa lạ với mọi người, tuy nhiên việc tách tinh dầu gừng cho ra những hoạt chất có dược tính cao từ tinh dầu gừng vẫn chưa được kiểm soát chặt chẽ cũng như việc ứng dụng hết các lợi ích của tinh dầu gừng chưa cao. Với lý do trên em đã chọn hướng nghiên cứu về sử

dụng cảm biến kiểu điện dung để đo độ dày màng hơi nước có mang theo tinh dầu gừng với mong muốn kiểm soát được tốc độ bay hơi nước có mang theo tinh dầu nhiều hay ít.

Trên thế giới và cả trong nước đã có nhiều bài nghiên cứu về cảm biến kiểu điện dung đã được áp dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau do độ nhạy cao, thời gian phản hồi nhanh và mức tiêu thụ điện năng thấp. Rất phù hợp trong việc kiểm soát tốc độ bay nước của trong quá trình chưng cất tinh dầu.

Chính vì vậy trong bài luận văn này em lựa chọn “*Nghiên cứu, thiết kế tối ưu cảm biến điện dung đo độ dày màng hơi nước chưng cất ứng dụng trong công nghệ sản xuất dược phẩm*”.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN

1.1 Tìm hiểu về sản xuất tinh dầu

1.1.1 Giới thiệu về tinh dầu

Tinh dầu là chất lỏng đậm đặc có tính kỵ nước, chứa các hợp chất hóa học dễ bay hơi ở nhiệt độ bình thường, được sản xuất từ thực vật. Tinh dầu còn được gọi là dầu dễ bay hơi, dầu thanh tao, aetheroleum, hoặc đơn giản là tinh dầu của loại thực vật mà chúng được chiết xuất ra [2].

Tinh dầu thường được chiết xuất bằng cách chưng cất, thường bằng cách sử dụng hơi nước. Ngoài ra còn có những quá trình chiết xuất khác như nhúng sáp, ép lạnh, chiết dung môi, nhúng sáp, sfumatura, chiết xuất dầu tuyệt đối, khai thác nhựa, ép lạnh...[2].



Hình 1.1 Tinh dầu thực vật trong đời sống [3]

Các loại tinh dầu đã được sử dụng trong nhiều thế kỷ cho các mục đích khác nhau và được coi là rất hấp dẫn, mặc dù nhiều công dụng của chúng đã bị mất theo thời gian. Người ta nhìn chung thừa nhận rằng con người đã chiết xuất chúng từ những cây có mùi thơm kể từ khi loài người bắt đầu xuất hiện. Ứng dụng của

chúng cho các mục đích khác nhau đang dần thay đổi và không chỉ được sử dụng cho mục đích ẩm thực để tăng cường sự hấp dẫn về giác quan mà chúng còn được sử dụng cho mục đích trị liệu, ngoài ứng dụng của chúng trong sản xuất nước hoa và các sản phẩm chăm sóc sắc đẹp [5]. Tinh dầu đã được nhiều nền văn hóa trên thế giới sử dụng trong nhiều thế kỷ cho các mục đích khác nhau theo từng nền văn hóa. Người Ai Cập cổ đại đã sử dụng tinh dầu thơm từ khoảng 4500 trước Công nguyên trong mỹ phẩm và thuốc mỡ [6]. Họ đã từng tạo ra hỗn hợp các loại tinh dầu khác nhau từ những thảo thực như hoa hồi, tuyền tùng, hành tây,...[6]. Mặt khác, việc sử dụng dầu thơm lần đầu tiên được ghi nhận trong y học cổ truyền Trung Quốc và Ấn Độ từ năm 3000 đến 2000 trước Công nguyên. Đặc biệt, lịch sử của hai quốc gia này đã liệt kê hơn 700 chất bao gồm quế, gừng, mộc dược và gỗ đàn hương có hiệu quả trong việc chữa bệnh. Ngoài ra, lịch sử Hy Lạp đã ghi nhận việc sử dụng các tinh dầu trong khoảng thời gian từ 500 đến 400 trước Công nguyên, gồm húng tây, nghệ tây, kinh giới, thì là và bạc hà [6].



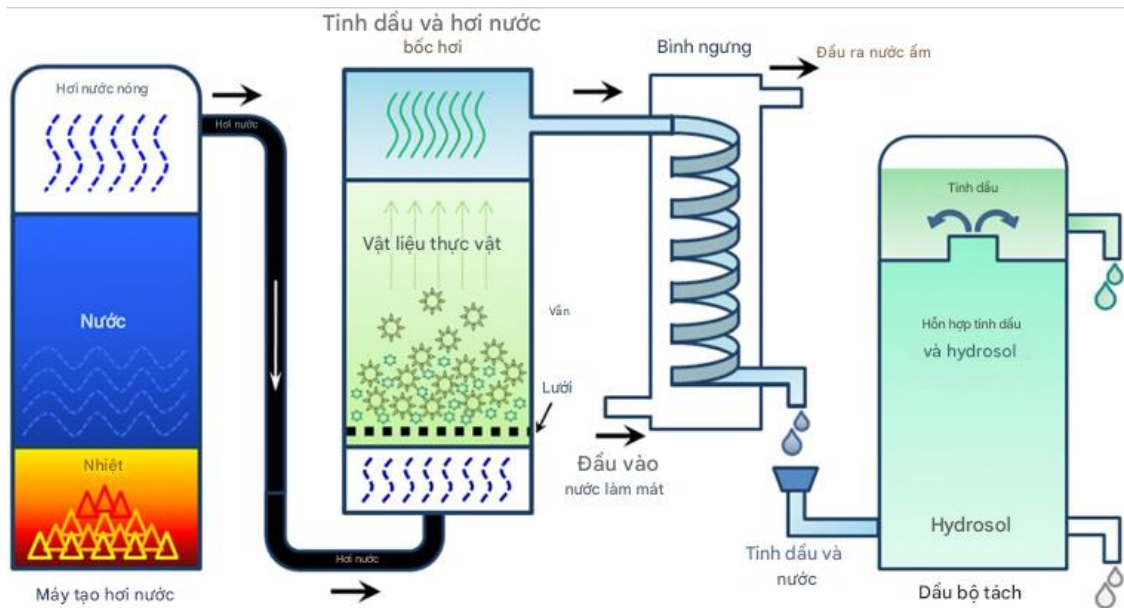
Hình 1.2 Người Ai Cập cổ đại đã biết sử dụng tinh dầu vào nhiều mục đích khác nhau [4]

Tinh dầu thường được sử dụng trong việc tạo hương thơm, chữa trị một số bệnh, xua đuổi con trùng, mỹ phẩm làm đẹp, làm mát không khí, xà bông...Tuy có nhiều tác dụng nhưng sử dụng tinh dầu không đúng cách có thể gây ra các triệu chứng không tốt như dị ứng, kích ứng da, viêm da, đặc biệt có một số tinh dầu có thể gây độc nếu ăn vào hoặc hấp thụ qua da [2].

1.1.2 Các phương pháp chiết xuất tinh dầu

- Chưng cất bằng hơi nước:

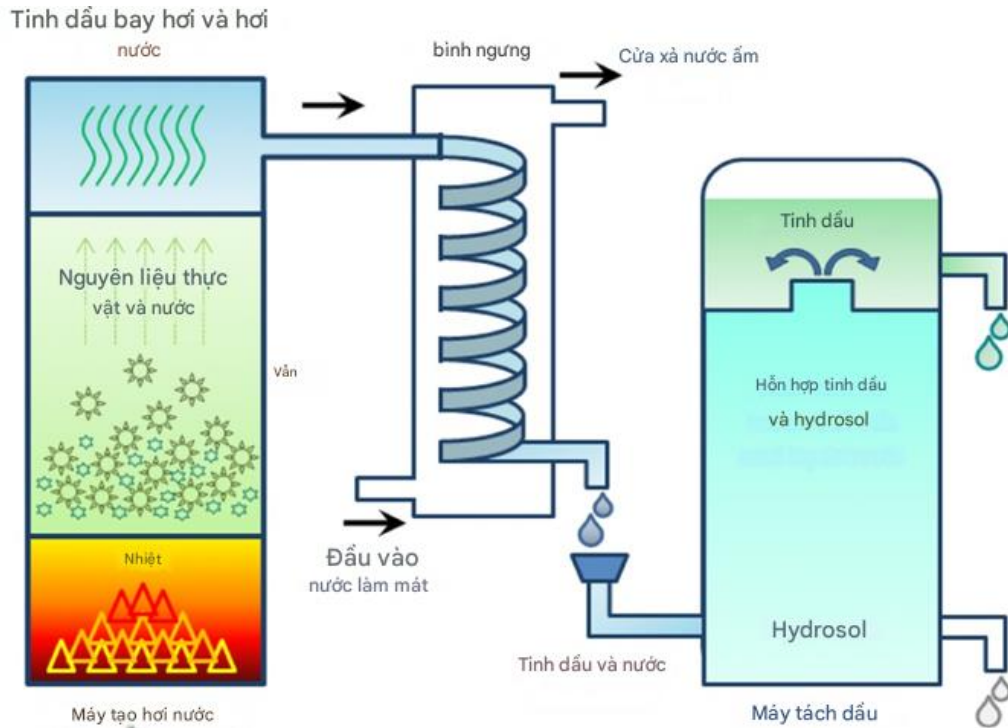
Chưng cất bằng hơi nước là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất để chiết xuất tinh dầu thực vật. Tỷ lệ tinh dầu được chiết xuất bằng phương pháp chưng cất hơi nước là 93% và 7% còn lại có thể được chiết xuất thêm bằng các phương pháp khác. Nhiệt lượng được áp dụng là nguyên nhân chính gây ra sự vỡ và phá vỡ cấu trúc tế bào của nguyên liệu thực vật. Kết quả là các hợp chất thơm hoặc tinh dầu từ nguyên liệu thực vật được giải phóng. Nhiệt độ đun nóng phải đủ để phân hủy nguyên liệu thực vật và giải phóng hợp chất thơm hoặc tinh dầu [7].



Hình 1.3 Phương pháp chưng cất bằng hơi nước [7]

- Phương pháp thủy phân:

Phương pháp thủy phân đã trở thành phương pháp chiết xuất tinh dầu tiêu chuẩn từ nguyên liệu thực vật như gỗ hoặc hoa, thường được sử dụng để cô lập các sản phẩm tự nhiên không tan trong nước có nhiệt độ sôi cao. Quá trình này bao gồm việc ngâm hoàn toàn nguyên liệu thực vật vào nước, sau đó đun sôi. Phương pháp này bảo vệ dầu được chiết xuất ở một mức độ nhất định vì nước xung quanh đóng vai trò như một rào cản ngăn không cho dầu quá nóng. Ưu điểm của kỹ thuật này là nguyên liệu cần thiết có thể được chưng cất ở nhiệt độ dưới 100°C. Tổng sản lượng của các phân dễ bay hơi thu được thông qua phương pháp thủy phân là 0,31%. [7].



Hình 1.4 Phương pháp thủy phân [7]

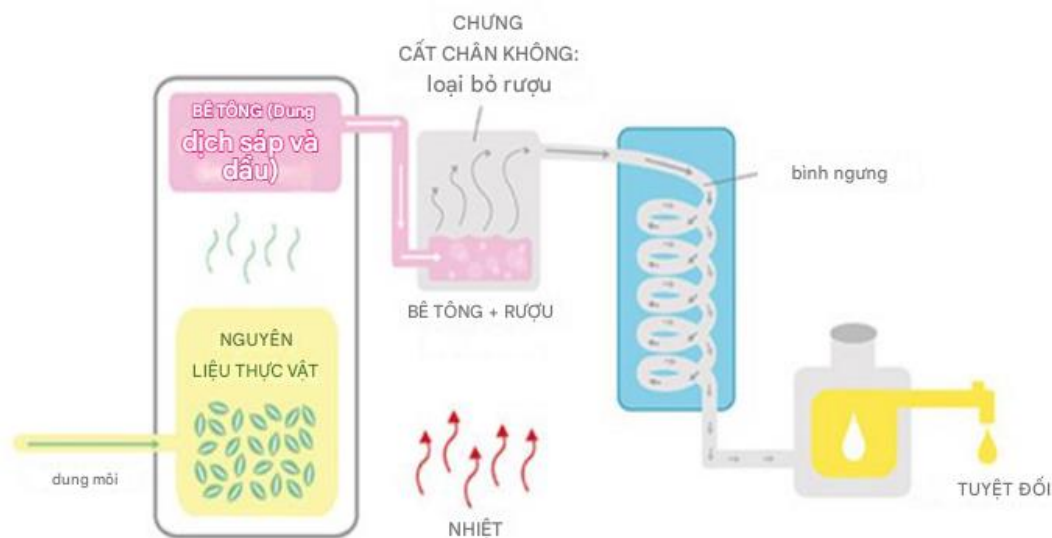
- Chiết xuất khuếch tán thủy lực:

Chiết xuất khuếch tán thủy lực là một loại chưng cất hơi nước, chỉ khác nhau ở đường dẫn hơi vào thùng chứa tinh vật. Phương pháp này được sử dụng khi nguyên liệu thực vật đã được sấy khô và không bị hư hỏng ở nhiệt độ sôi. Đối với quá trình khuếch tán thủy lực, hơi nước được áp dụng từ phía trên của nguyên liệu thực vật, trong khi hơi nước được đưa vào từ phía dưới đối với phương pháp chưng cất bằng hơi nước. Quá trình này cũng có thể được vận hành dưới áp suất thấp hoặc chân không và giảm nhiệt độ hơi xuống dưới 100°C . Phương pháp này ưu việt hơn phương pháp chưng cất bằng hơi nước vì thời gian xử lý ngắn hơn và hiệu suất thu được dầu cao hơn với lượng hơi nước sử dụng ít hơn [7].

- Chiết bằng dung môi:

Việc chiết bằng dung môi thông thường đã được thực hiện đối với các nguyên liệu hoa dễ vỡ hoặc mỏng manh, không chịu được nhiệt của quá trình chưng cất bằng hơi nước. Các dung môi khác nhau bao gồm axeton, hexan, ete dầu mỏ, metanol hoặc etanol có thể được sử dụng để chiết. Trong thực hành thông thường, dung môi được trộn với nguyên liệu thực vật rồi đun nóng để chiết xuất tinh dầu, sau đó lọc. Sau đó, dịch lọc được cô đặc bằng cách làm bay hơi dung môi. Chất cô đặc là resinoid hoặc sự kết hợp của sáp, hương thơm và tinh dầu. Từ chất cô đặc sau đó được trộn với rượu nguyên chất để chiết xuất dầu và chưng cất ở nhiệt độ thấp. Rượu hấp thụ mùi thơm và khi bay hơi rượu còn lại tinh dầu thơm

tuyệt đối. Tuy nhiên, phương pháp này là một quá trình tương đối tốn thời gian, do đó làm cho dầu đắt hơn các phương pháp khác. Tinh dầu có hoạt tính chống oxy hóa được chiết xuất bằng phương pháp chiết dung môi. Chiết xuất nước được thể hiện hoạt tính chống oxy hóa cao hơn từ các chiết xuất khác (hexane, ethyl acetate và metanol). Tuy nhiên, dư lượng dung môi có thể được giữ lại trong sản phẩm cuối cùng do loại bỏ không hoàn toàn. Điều này có thể gây dị ứng, nhiễm độc và ảnh hưởng đến hệ thống miễn dịch [7].

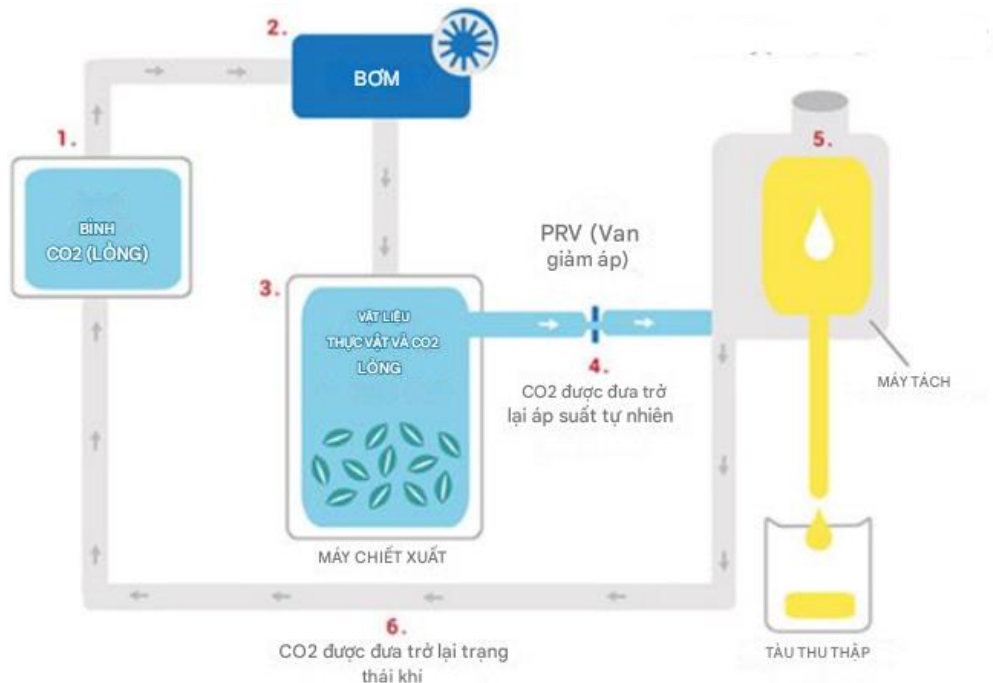


Hình 1.5 Chiết xuất bằng dung môi [7]

- Phương pháp chiết sử dụng CO₂ siêu tới hạn:

Các phương pháp thông thường bao gồm chiết bằng dung môi và chưng cất bằng hơi nước có một số nhược điểm như thời gian chuẩn bị lâu và lượng lớn dung môi hữu cơ. Hơn nữa, có thể gặp phải sự thất thoát một số hợp chất dễ bay hơi, hiệu suất chiết thấp, sự phân hủy các hợp chất không bão hòa và dư lượng dung môi độc hại trong dịch chiết. Vì vậy, chất lỏng siêu tới hạn đã được coi là môi trường thay thế để chiết xuất tinh dầu. Carbon dioxide tức CO₂ là chất lỏng siêu tới hạn được sử dụng phổ biến nhất vì các điều kiện tới hạn khiêm tốn của nó. Trong điều kiện áp suất cao, CO₂ biến thành chất lỏng, có thể được sử dụng làm môi trường rất trơ và an toàn để chiết xuất các phân tử thơm từ nguyên liệu thô. Không còn dư lượng dung môi trong thành phẩm cuối cùng vì CO₂ lỏng chỉ chuyển sang dạng khí và bay hơi dưới áp suất và nhiệt độ khí quyển bình thường. Mặc dù độ hòa tan cao của các thành phần tinh dầu trong CO₂ siêu tới hạn, tốc độ chiết xuất tương đối chậm với CO₂ nguyên chất thu hồi khoảng 80% sau 90 phút. Tuy nhiên, các phương pháp kết hợp bằng phương pháp chiết tĩnh trong 15 phút

với methylene chloride làm chất điều chỉnh, sau đó là phương pháp chiết động trong 15 phút với CO_2 tinh khiết mang lại độ thu hồi cao. Hiệu suất chiết tương đương với phương pháp thủy phân, được thực hiện trong 4 giờ. Các hợp chất dễ bay hơi như monoterpenes có thể được thu hồi từ nước ở đầu ra của phương pháp chiết chất lỏng siêu tới hạn >90%. Phương pháp chiết chất lỏng siêu tới hạn có thể thu hồi một số hợp chất hữu cơ không được chiết xuất bằng phương pháp thủy phân. Việc chiết xuất chất lỏng siêu tới hạn có hiệu quả kinh tế hơn so với việc chưng cất bằng hơi nước. Điều này chủ yếu là do năng suất thấp hơn và mức tiêu thụ năng lượng cao hơn sau này [7].



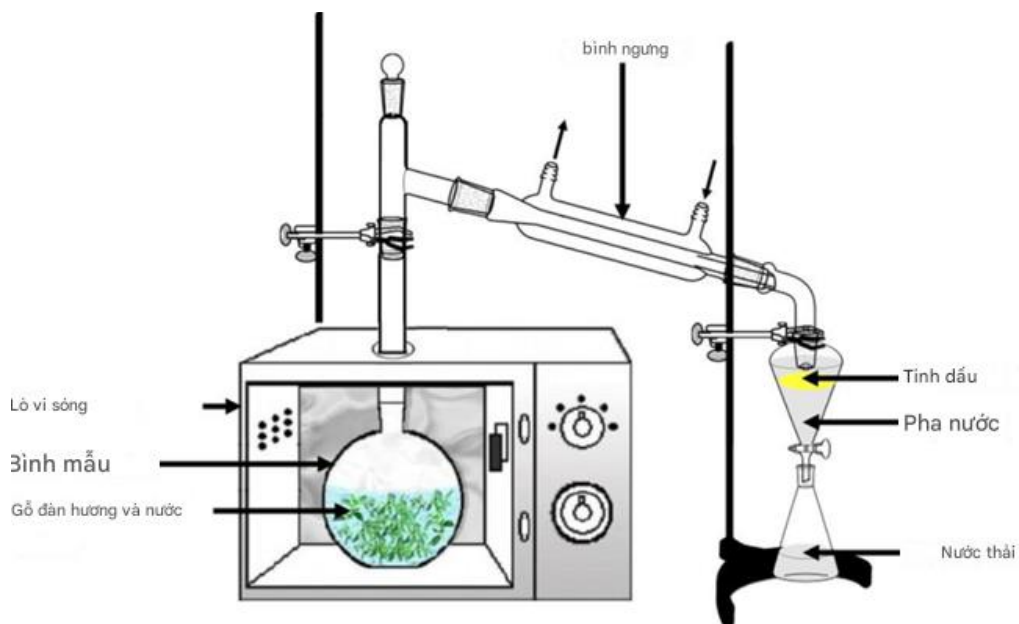
Hình 1.6 Phương pháp chiết sử dụng CO_2 siêu tới hạn [7]

- Phương pháp chiết chất lỏng siêu tới hạn sử dụng nước:

Là phương pháp chiết chất lỏng siêu tới hạn sử dụng nước hoặc nước nóng có áp suất đã được đưa vào làm chất chiết trong điều kiện động (áp suất đủ cao để duy trì nước ở trạng thái lỏng và nhiệt độ trong khoảng từ 100 đến 374 °C). Hiệu quả (về khối lượng tinh dầu/1 g cây) của việc chiết xuất nước dưới tới hạn liên tục cao hơn 5,1 lần so với phương pháp thủy phân. Phương pháp này nhanh hơn (15 phút so với 3 giờ), cung cấp tinh dầu có giá trị hơn với lượng hợp chất oxy hóa cao hơn và cho phép tiết kiệm đáng kể chi phí, cả về năng lượng và nguyên liệu thực vật[7].

- Phương pháp sử dụng lò vi sóng không sử dụng dung môi:

Nhược điểm của các phương pháp thông thường như chiết bằng dung môi hoặc khuếch tán bằng hydro là làm thất thoát một số hợp chất dễ bay hơi, hiệu suất chiết thấp, thời gian chiết dài, phân hủy các hợp chất chưa bão hòa hoặc este do tác dụng nhiệt hoặc thủy phân và dư lượng dung môi độc hại trong dịch chiết. Những nhược điểm này đã dẫn tới việc cân nhắc việc sử dụng chiết xuất vi sóng không dung môi. Đó là sự chiết xuất nhanh chóng các loại tinh dầu từ các loại thảo mộc thơm, gia vị và hạt khô. Chiết xuất vi sóng không dung môi có một số lợi thế, bao gồm năng suất và độ chọn lọc cao hơn, thời gian ngắn hơn và thân thiện với môi trường. Chiết xuất vi sóng không dung môi là sự kết hợp giữa gia nhiệt vi sóng và chưng cất khô, được thực hiện ở áp suất khí quyển mà không cần bất kỳ dung môi hoặc nước nào. Việc cô lập và cô đặc các hợp chất dễ bay hơi được thực hiện theo một giai đoạn duy nhất. Khi sử dụng công suất vi sóng ở mức 662 W trong chiết xuất vi sóng không dung môi, thời gian xử lý đã giảm 80% so với quy trình thông thường. Phương pháp vi sóng mang lại những ưu điểm quan trọng so với các phương pháp thay thế truyền thống, chẳng hạn như thời gian chiết ngắn hơn 30 phút so với 3 giờ đối với phương pháp thủy phân và 1 giờ đối với ép lạnh; năng suất tốt hơn 0,24% so với 0,21% đối với phương pháp thủy phân và 0,05% đối với ép lạnh; tác động môi trường chi phí năng lượng cao hơn đáng kể để thực hiện phương pháp thủy phân và cho động cơ cơ học so với yêu cầu để chiết xuất nhanh bằng vi sóng; các tính năng sạch hơn như không tạo ra cặn và không sử dụng nước hoặc dung môi; và hoạt tính kháng khuẩn cao [7].



Hình 1.7 Phương pháp sử dụng lò vi sóng [7]

1.2 Tìm hiểu về cảm biến kiểu điện dung

1.2.1 Tổng quan về cảm biến kiểu điện dung

Cảm biến điện dung có thể giải quyết nhiều loại vấn đề về cảm biến và đo lường khác nhau. Chúng có thể được tích hợp vào bảng mạch in hoặc vi mạch và cung cấp cảm biến không tiếp xúc với độ phân giải gần như vô hạn. Chúng được sử dụng để mã hóa vị trí quay và tuyến tính, cảm biến mức chất lỏng, cảm biến cảm ứng, micromet nhảy, thước đo kỹ thuật số của thợ mộc, công tắc phím, công tắc đèn và phát hiện khoảng cách. Điện thoại và máy ghi âm của bạn có thể sử dụng micro điện tử có cảm biến điện dung và túi khí trên ô tô của bạn có thể được triển khai bằng gia tốc kế silicon sử dụng cảm biến điện dung. Việc sử dụng cảm biến điện dung đang gia tăng nhanh chóng khi các nhà thiết kế khám phá ra những ưu điểm của chúng [8].



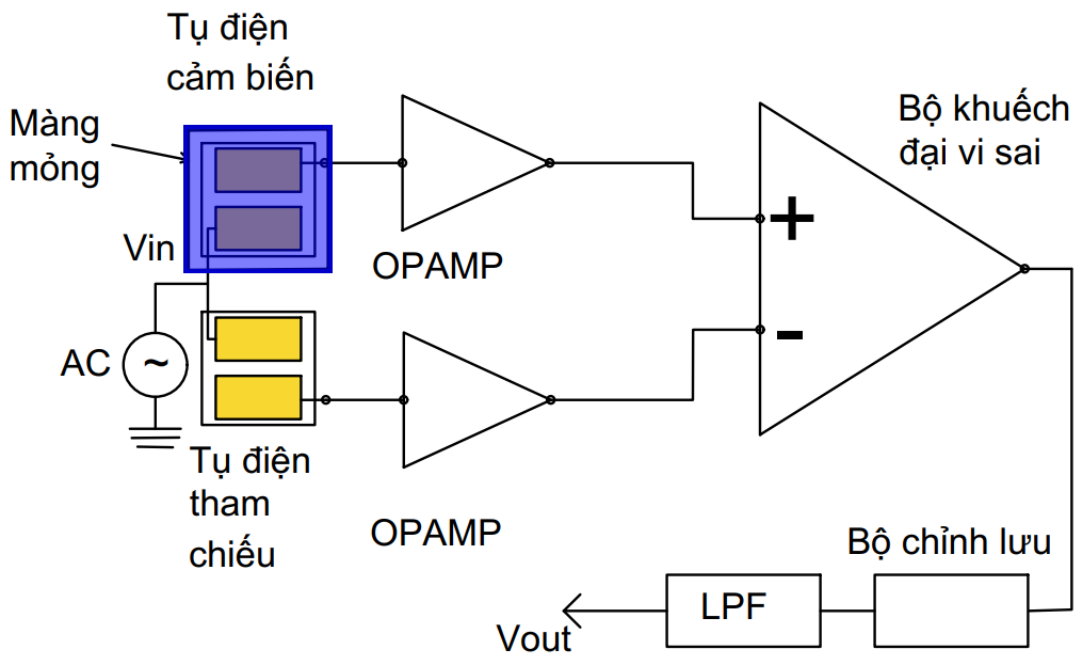
Hình 1.8 Cảm biến điện dung trong thực tế

Cảm biến điện dung có thể không bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, độ ẩm hoặc sự can thiệp sai cơ học và việc che chắn chống lại điện trường đi lạc rất đơn giản so với việc che chắn cảm biến cảm ứng khỏi nhiễu loạn từ tính. Độ chính xác của đầu dò điện dung là tuyệt vời, vì các mẫu tấm xác định độ chính xác có thể được tái tạo bằng ánh với độ chính xác micron. Công nghệ này được tích hợp dễ dàng và đang thay thế các đầu dò dựa trên silicon truyền thống sử dụng hiệu ứng áp điện, vì độ nhạy và độ ổn định với nhiệt độ tốt hơn gấp 10 lần. Cảm biến điện dung tiêu thụ rất ít điện năng; tuổi thọ pin cho các sản phẩm di động nhỏ có thể là vài năm [8].

Hầu hết các cảm biến điện dung sử dụng hình học tấm song song phẳng đơn giản và không yêu cầu chuyên môn về tĩnh điện. Một số ứng dụng cho cảm biến điện dung có thể sử dụng hình học điện cực không phẳng nhưng điều này có thể cần phân tích trường tĩnh điện rộng hơn [8].

Một số yếu tố cản trở việc sử dụng cảm biến điện dung, bao gồm các mạch chuyên dụng cần thiết và sự thiếu hiểu biết về công nghệ, bao gồm cả sự mê tín rầm rãi rằng cảm biến điện dung là phi tuyến tính và không thể hoạt động ở độ ẩm quá cao. Tuy

nhiên, nhiều sản phẩm nhúng bộ mã hóa điện dung đã thành công trên thị trường. Cuốn sách này khảo sát các loại cảm biến khác nhau và chỉ ra cách chế tạo các cảm biến điện dung chắc chắn, đáng tin cậy với độ chính xác cao và chi phí linh kiện thấp [8].



Hình 1.9 Cảm biến đồng phẳng kiểu điện dung

1.2.2 Thiết kế

Cảm biến điện dung được chế tạo từ nhiều phương tiện khác nhau, chẳng hạn như đồng, oxit thiếc indium (ITO) và mực in. Cảm biến điện dung đồng có thể được thực hiện trên PCB FR4 tiêu chuẩn cũng như trên vật liệu linh hoạt. ITO cho phép cảm biến điện dung trong suốt lên đến 90% (đối với các giải pháp một lớp, chẳng hạn như màn hình điện thoại cảm ứng). Kích thước và khoảng cách của cảm biến điện dung đều rất quan trọng đối với hiệu suất của cảm biến. Ngoài kích thước của cảm biến và khoảng cách của nó so với mặt phẳng mặt đất, loại mặt phẳng mặt đất được sử dụng là rất quan trọng. Vì điện dung ký sinh của cảm biến có liên quan đến đường dẫn của điện trường (trường E) xuống đất, điều quan trọng là chọn mặt phẳng mặt đất giới hạn nồng độ của các đường trường E không có vật dẫn điện [9], [10].

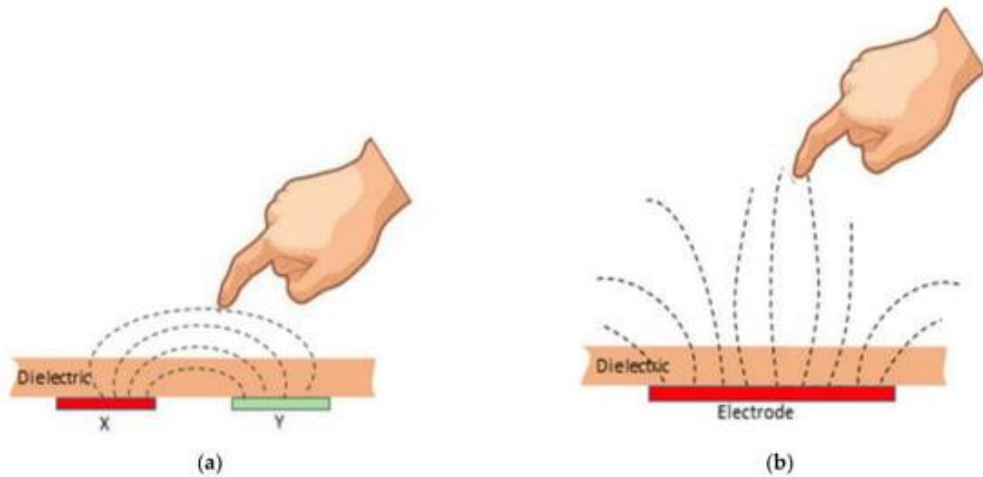
Thiết kế một hệ thống cảm biến điện dung trước tiên đòi hỏi phải chọn loại vật liệu cảm biến (FR4, Flex, ITO, v.v.). Người ta cũng cần hiểu môi trường mà thiết bị sẽ hoạt động, chẳng hạn như phạm vi nhiệt độ hoạt động đầy đủ, tần số vô tuyến nào có mặt và cách người dùng sẽ tương tác với giao diện.

Có hai loại hệ thống cảm biến điện dung:

- Điện dung lẫn nhau, trong đó vật thể (ngón tay, bút dẫn điện) làm thay đổi khớp nối lẫn nhau giữa các điện cực hàng và cột, được quét tuần tự.

- Tự điện dung, trong đó vật thể (chẳng hạn như ngón tay) tải cảm biến hoặc tăng điện dung ký sinh xuống đất.

Trong cả hai trường hợp, sự khác biệt của vị trí tuyệt đối trước đó so với vị trí tuyệt đối hiện tại mang lại chuyển động tương đối của vật hoặc ngón tay trong thời gian đó. Các công nghệ được xây dựng trong phần sau.



Hình 1.10(a) Cảm biến điện dung lẫn nhau (b) Cảm biến tự điện dung [10]

1.2.3 Công nghệ

Công nghệ cảm biến đang trong quá trình chuyển đổi từ các thiết bị rời rạc, đắt tiền và không linh hoạt sang các thiết bị thông minh, tự hiệu chỉnh, dựa trên silicon và phương pháp đo được lựa chọn cho các thiết bị silicon cũng như các thiết bị rời rạc đang chuyển động từ nhiều công nghệ chuyển đổi khác nhau, chẳng hạn như từ tính, quang học và áp điện, đến điện dung [9].

Cảm biến điện dung có thể được sử dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau. Các cảm biến đơn giản được sử dụng để đo mức không hoạt động, chẳng hạn như mức chất lỏng trong bể chứa, trong đó khả năng phát hiện sự hiện diện của chất điện môi hoặc dây dẫn ở khoảng cách xa cho phép chúng hoạt động thông qua cửa sổ không dẫn điện. Độ chính xác và tuyến tính tương tự rất cao có thể đạt được bằng hệ thống hai hoặc ba tấm với cấu trúc cẩn thận hoặc hình học nhiều tấm có thể được sử dụng với các mạch kỹ thuật số để thay thế độ chính xác kỹ thuật số cho độ chính xác tương tự.

Cảm biến điện dung cũng hữu ích để đo tính chất vật liệu. Vật liệu có các giá trị khác nhau của hằng số điện môi cũng như độ tổn hao điện môi và giá trị của cả hai tính chất thay đổi theo nhiệt độ và tần số để tạo cho vật liệu một dấu hiệu đặc trưng có thể đo được ở khoảng cách xa.

1.2.4 Tích hợp trên silicon

Các công cụ hiện có để chế tạo nhiều loại cảm biến khác nhau trên nền silicon, bao gồm cả vi cơ khí khắc các tấm silicon vào các cấu trúc cảm biến như màng chắn và dầm đúc hẫng. Quyết định tích hợp cảm biến có thể được thực hiện theo từng giai đoạn, trong đó cảm biến và thiết bị điện tử của nó được tích hợp cùng nhau hoặc riêng biệt. Theo Keister (1992) ưu điểm của việc tích hợp trên silicon là [11], [12]:

- Cải thiện độ nhạy
- Cảm biến vi sai
- Sự cân bằng nhiệt độ
- Chuyển đổi AC-DC dễ dàng hơn
- Chế tạo hàng loạt với chi phí thấp hơn
- Cải thiện độ tin cậy
- Giảm kích cỡ xuống
- Cần ít lắp ráp hơn
- Điện dung ký sinh thấp hơn cho các điện cực điện dung nhỏ hơn

Công nghệ điện dung đặc biệt hữu ích cho việc tích hợp vì nó ổn định nhiệt độ và các vấn đề về điện dung ký sinh, độ dài dây dẫn và nút trở kháng cao được xử lý dễ dàng hơn trên chip silicon so với trên bo mạch máy tính [12].

1.2.5 Tính thông minh

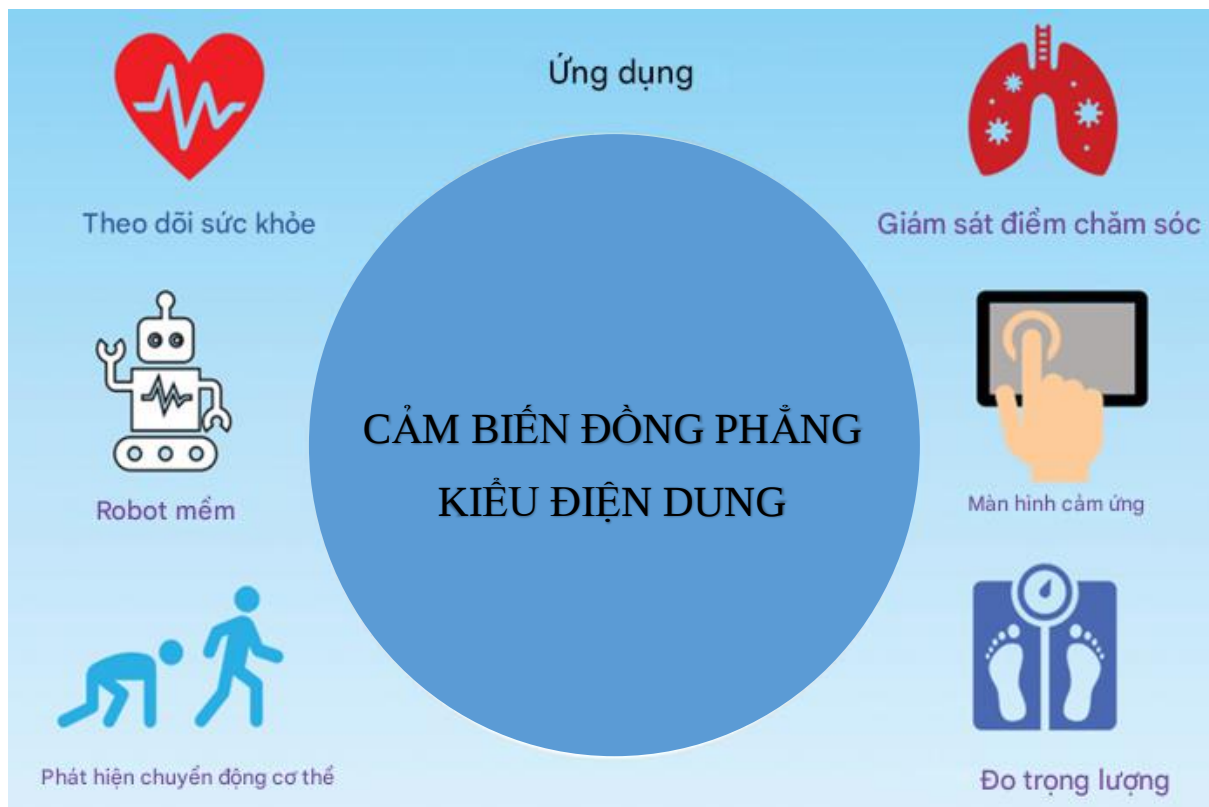
Cảm biến thông minh tăng giá trị cho hệ thống bằng cách xử lý các tác vụ cấp thấp như hiệu chuẩn, tự kiểm tra và bù các yếu tố môi trường. Hệ số đo của cảm biến thông minh có thể được điều chỉnh tự động để có thể sử dụng một loại cảm biến ở nhiều vị trí và phần mềm lưu trữ cảm biến có thể hỗ trợ liên lạc bằng cách quản lý dữ liệu cảm biến.



Hình 1.11 Tính thông minh của cảm biến

1.2.6 Ứng dụng của cảm biến điện dung

Cảm biến điện dung được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau do độ nhạy cao, thời gian phản hồi nhanh và mức tiêu thụ điện năng thấp [13], [14].



Hình 1.12 Ứng dụng của cảm biến điện dung trong đời sống

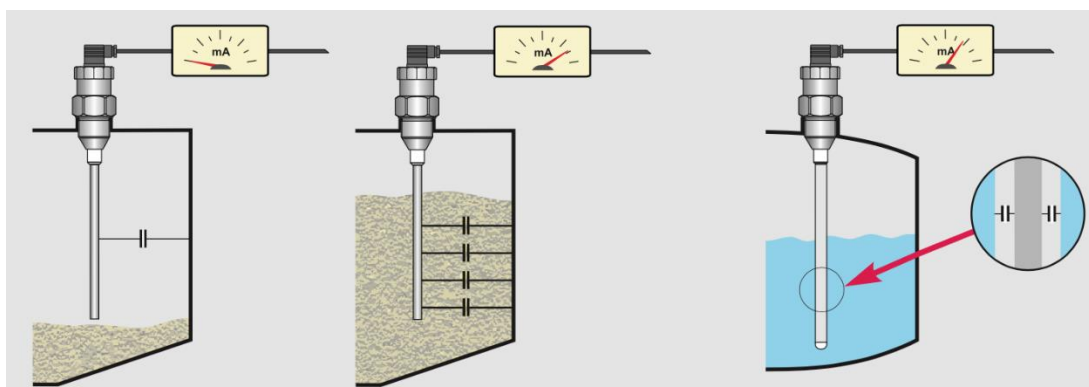
Bảng 1.1 Ứng dụng cảm biến tiệm cận [14]

Cảm biến tiệm cận	
Phát hiện con người	Ngắt an toàn khi có người ở quá gần máy móc
Công tắc đèn	Cảm biến tiệm cận điện dung có phạm vi 1m có thể được tích hợp vào công tắc đèn để sử dụng trong dân dụng
Phát hiện phương tiện giao thông	Đèn giao thông sử dụng vòng cảm ứng để phát hiện phương tiện. Máy dò điện dung cũng có thể thực hiện công việc này với khả năng phản hồi tốt hơn đối với các phương tiện di chuyển chậm

Bảng 1.2 Ứng dụng trong đo lường [14]

Đo lường

Dòng chảy	Nhiều loại lưu lượng kế chuyển đổi lưu lượng thành áp suất
Áp suất	Với chất khí hoặc chất rắn nén được, sự thay đổi áp suất có thể được đo trực tiếp dưới dạng thay đổi hằng số điện môi
Mức chất lỏng	Máy dò mức chất lỏng điện dung cảm nhận mức chất lỏng có trong bể chứa bằng cách đo sự thay đổi điện dung giữa các tấm dẫn điện song song được ngâm trong chất lỏng hoặc đặt bên ngoài bể không dẫn điện
Khoảng cách	Khi một kim loại tiến gần điện cực tụ điện sẽ làm thay đổi điện dung, từ đó có thể đo khoảng cách
Cảm biến có nhiều điện cực	Khái niệm đo khoảng cách bằng một tấm điện cực có thể được mở rộng hơn bằng cách sử dụng nhiều tấm điện cực
Độ dày	Hai tấm tiếp xúc với một chất cách điện sẽ đo được độ dày nếu biết hằng số điện môi
Máy dò băng	Có thể phát hiện được hiện tượng đóng băng ở cánh máy bay bằng cách sử dụng các dải kim loại cách nhiệt ở các cạnh đầu cánh
Đo góc hoặc vị trí	Cảm biến điện dung có thể đo góc hoặc vị trí bằng sơ đồ nhân cho độ chính xác cao
Cân bằng	Cân lò xo có thể được thiết kế với độ dịch chuyển rất thấp bằng cách sử dụng cảm biến điện dung để đo khoảng cách giữa các tấm. Bằng kỹ thuật tương tự có thể đo khối lượng, độ nghiêng, trọng lực hoặc gia tốc



Hình 1.13 Cảm biến mực chất lỏng

Bảng 1.3 Ứng dụng trong công tắc [14]

Công tắc	
Điều chỉnh độ sáng của đèn	Bộ điều chỉnh độ sáng đèn cảm ứng mềm bằng tấm kim loại tiêu chuẩn sử dụng kích thích 60Hz và cảm nhận điện dung của cơ thể con người với mặt đất
Công tắc phím	Công tắc phím điện dung sử dụng có tác dụng che chắn của ngón tay gần đó hoặc một pít-tông dẫn điện chuyển động để làm gián đoạn khớp nối giữa hai tấm nhỏ
Công tắc giới hạn	Công tắc giới hạn có thể phát hiện sự gần gũi của một bộ phận máy kim loại khi điện dung tăng lên hoặc sự gần gũi của một bộ phận nhựa nhờ hằng số điện môi tăng lên trong không khí

Bảng 1.4 Ứng dụng trong truyền thông [14]

Truyền thông	
Dữ liệu truyền thông	Dữ liệu không dây được ghép nối điện dung qua khoảng cách ngắn trong thiết bị thay thế bộ cách ly quang. Sự lan truyền RF ở gần đó có thể được cảm nhận bởi máy thu Anten có tấm điện dung.

Bảng 1.5 Ứng dụng trong đầu vào đồ họa máy tính [14]

Đầu vào đồ họa máy tính

Máy tính bảng X-Y	Đầu vào đồ họa điện dung của máy tính bảng có kích thước khác nhau có thể thay thế chuột máy tính như một thiết bị đầu vào tọa độ X-Y; Các thiết bị nhạy cảm với ngón tay, trục Z và kích hoạt bằng bút cảm ứng có sẵn.
-------------------	---

1.2.7 Công nghệ

Công nghệ cảm biến đang trong quá trình chuyển đổi từ các thiết bị rời rạc, đắt tiền và không linh hoạt sang các thiết bị thông minh, tự hiệu chỉnh, dựa trên silicon và phương pháp đo được lựa chọn cho các thiết bị silicon cũng như các thiết bị rời rạc đang chuyển động từ nhiều công nghệ chuyển đổi khác nhau, chẳng hạn như từ tính, quang học và áp điện, đến điện dung.

Cảm biến điện dung có thể được sử dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau. Các cảm biến đơn giản được sử dụng để đo mức không hoạt động, chẳng hạn như mức chất lỏng trong bể chứa, trong đó khả năng phát hiện sự hiện diện của chất điện môi hoặc dây dẫn ở khoảng cách xa cho phép chúng hoạt động thông qua cửa sổ không dẫn điện. Độ chính xác và tuyến tính tương tự rất cao có thể đạt được bằng hệ thống hai hoặc ba tấm với cấu trúc cẩn thận hoặc hình học nhiều tấm có thể được sử dụng với các mạch kỹ thuật số để thay thế độ chính xác kỹ thuật số cho độ chính xác tương tự.

Cảm biến điện dung cũng hữu ích để đo tính chất vật liệu. Vật liệu có các giá trị khác nhau của hằng số điện môi cũng như độ tổn hao điện môi và giá trị của cả hai tính chất thay đổi theo nhiệt độ và tần số để tạo cho vật liệu một dấu hiệu đặc trưng có thể đo được ở khoảng cách xa.

1.3 Kết luận

Tinh dầu có từ rất lâu đời và có rất nhiều công dụng tốt cho con người trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Những phương pháp chiết suất khác nhau sẽ cho ra những sản phẩm khác nhau về độ tinh khiết của loại thảo dược đó. Mặt khác, cảm biến điện dung đã có nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, trong đó có thể ứng dụng cảm biến trong lĩnh vực sản xuất dược phẩm. Vì vậy có thể áp dụng cảm biến điện dung vào ứng dụng chiết suất tinh các loại dầu.

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Quy trình chiết xuất và chưng cất tinh dầu gừng

2.1.1 Tổng quan về gừng



Hình 2.1 Hình ảnh về toàn bộ cây gừng

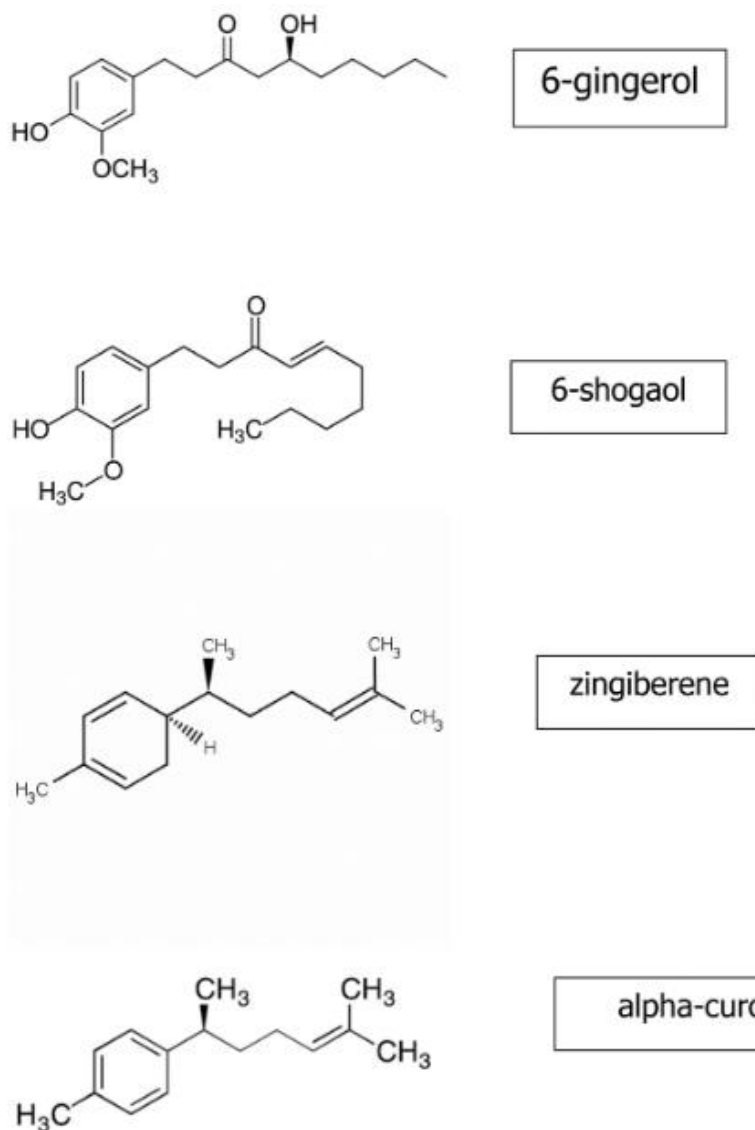
Gừng (*Zingiber officinale* Roscoe) là một loại cây có hoa có thân rễ, rễ gừng hoặc gừng, được sử dụng rộng rãi như một loại gia vị và một loại thuốc dân gian. Đây là một loại cây thân thảo lâu năm mọc giả thân hàng năm (thân giả làm từ gốc lá cuộn) cao khoảng một mét, mang phiến lá hẹp. Cụm hoa mang hoa có cánh hoa màu vàng nhạt với các cạnh màu tím và phát sinh trực tiếp từ thân rễ trên các chồi riêng biệt. Gừng thuộc họ Zingiberaceae, cũng bao gồm nghệ (*Curcuma longa*), thảo quả (*Elettaria cardamomum*), và riềng [15]. Gừng có nguồn gốc từ Đông Nam Á hàng hải và có khả năng được thuần hóa đầu tiên bởi các dân tộc Nam Đảo. Nó được vận chuyển cùng họ khắp Ấn Độ Dương-Thái Bình Dương trong quá trình mở rộng Nam Đảo (khoảng 5.000 BP), đến tận Hawaii. Gừng là một trong những loại gia vị đầu tiên được xuất khẩu từ châu Á, đến châu Âu với thương mại gia vị, và được sử dụng bởi người Hy Lạp và La Mã cổ đại. Các loài dicots có quan hệ họ hàng xa trong chi *Asarum* thường được gọi là gừng hoang dã vì hương vị tương tự của chúng. Được sử dụng trong y học cổ truyền ở Trung

Quốc, Ấn Độ và Nhật Bản trong nhiều thế kỷ, và như một chất bổ sung chế độ ăn uống, nghiên cứu cho thấy gừng có thể hữu ích cho buồn nôn và nôn nhẹ liên quan đến thai kỳ, mặc dù sự an toàn của nó chưa được chứng minh [16]. Vẫn chưa chắc chắn liệu gừng có hiệu quả để điều trị bất kỳ bệnh nào hay không và việc sử dụng gừng làm thuốc chưa được FDA chấp thuận. Năm 2020, sản lượng gừng thế giới là 4,3 triệu tấn, dẫn đầu là Ấn Độ với 43% tổng sản lượng thế giới [17].



Hình 2.2 Củ gừng trong tự nhiên [17]

Gừng tươi chứa nhiều chất phytochemical góp phần vào hồ sơ cảm giác độc đáo của nó, mặc dù các thành phần chính chịu trách nhiệm cho vị cay của nó là gingerols không bay hơi, phổ biến nhất trong số đó là 6-gingerol [5-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) decane-3-one]. Các phân tử cấu trúc tương tự chính khác có mặt bao gồm 8-gingerol và 10-gingerol. Khi đun nóng, sấy khô, chần, hấp hoặc tiếp xúc với điều kiện axit, những gingerols rất không ổn định này có thể bị mất nước thành shogaols. So với gừng tươi, trong đó mức độ shogaol rất thấp được phát hiện, nồng độ shogaol trong gừng khô có thể vượt qua mức độ của gingerols. Trong dầu dễ bay hơi, có những hóa chất khác có thể ảnh hưởng đến chất lượng thơm của gừng, và chúng bao gồm sesquiterpenes zingiberene, curcumene và monoterpene phellandrenes. Cũng như các thành phần không bay hơi của gừng, vị trí địa lý, sự trưởng thành và sự đa dạng của cây, cũng như các phương pháp chế biến và chiết xuất, có thể ảnh hưởng đến lượng tương đối của các hóa chất dầu dễ bay hơi này.



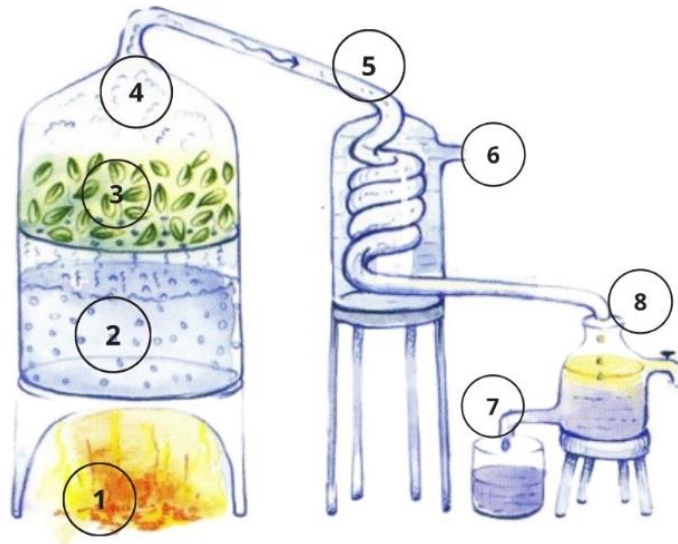
Hình 2.3 Cấu trúc Phytochemical của gừng

2.1.2 Tìm hiểu về tinh dầu gừng

Do gừng được trồng ở các nước cận nhiệt đới và nhiệt đới và đã được sử dụng phổ biến như một loại gia vị và thuốc chữa bệnh tại nhà trong nhiều thế kỷ. Các thành phần của gừng, đặc biệt là tinh dầu, gần đây đã trở nên phổ biến nhờ tác dụng chống oxy hóa, chống ung thư, kháng khuẩn và chống loét [18][19]. Tinh dầu chiết xuất từ thân rễ gừng cũng đã được công nhận về mặt thương mại trên toàn cầu và được sử dụng trong ngành công nghiệp dược phẩm và thực phẩm. Tinh dầu thường chứa (95%–99%) thành phần dễ bay hơi với hiệu suất dầu (1%–4%) từ gừng khô và α -zingiberene là thành phần quan trọng; tuy nhiên, thành phần hóa học và năng suất của tinh dầu bị ảnh hưởng bởi nguồn gốc địa lý, giống cây trồng, thời gian thu hoạch, phương pháp sấy khô và kỹ thuật chiết xuất [19].

2.1.3 Các phương pháp chiết xuất tinh dầu gừng

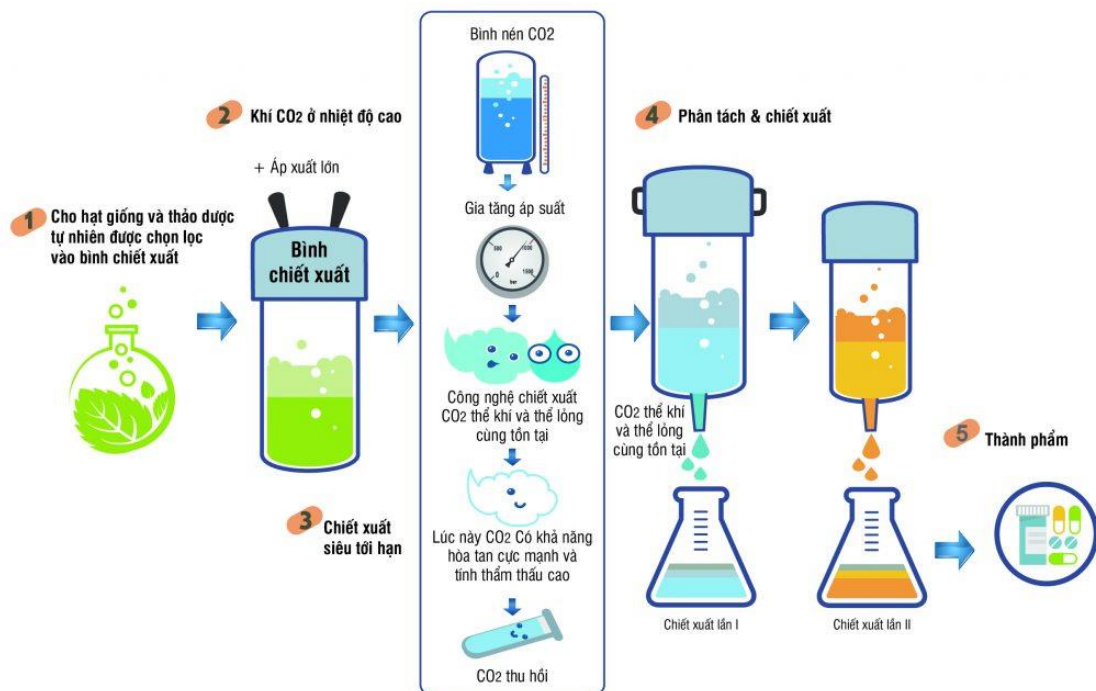
Chưng cất bằng hơi nước (SD) là dùng hơi quá nhiệt để lôi cuốn tinh dầu trong nguyên liệu. Nhược điểm của phương pháp là sử dụng nhiệt độ cao có thể làm phân hủy các hợp chất không bền nhiệt. Ưu điểm là chi phí của quy trình thấp hơn so với các phương pháp chiết xuất phức tạp hơn [20].



1. Nguồn nhiệt.
2. Nước
3. Nguyên liệu
4. Hơi nước
5. Hơi nước + tinh dầu
6. nước lạnh chế từ bên ngoài vào
7. Nước thơm tinh khiết
8. Tinh dầu

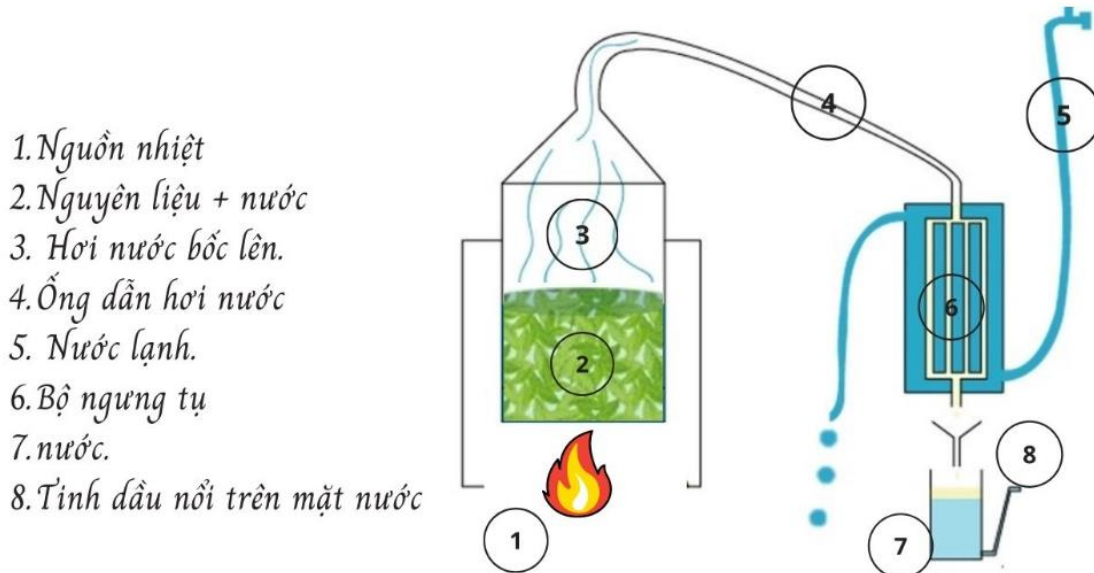
Hình 2.4 Phương pháp chưng cất hơi nước [20]

Chiết chất lỏng siêu tới hạn (SFE) sử dụng các dung môi không độc hại như carbon dioxide và thúc đẩy sự phân tách hoàn toàn giữa dung môi và sản phẩm. Nhược điểm là chi phí thực hiện cao, khó tiếp cận [20].



Hình 2.5 Chiết chất lỏng siêu tới hạn [20]

Chưng cất trực tiếp bằng hơi nước (HD) là gia nhiệt hỗn hợp nguyên liệu ngập trong nước đến điểm sôi, khi đó tinh dầu và nước sẽ bay hơi và ta thu được hỗn hợp. Ưu điểm là không để lại dư lượng độc hại khi kết thúc nhưng thiết bị cần phải thích ứng để thu được dầu đặc hơn. Nhược điểm của phương pháp này là tinh dầu dễ bị thủy phân [20].



Hình 2.6 Chưng cất trực tiếp bằng hơi nước [20]

2.1.4 Quy trình chưng cất trong phòng thí nghiệm

- Thu hoạch và bảo quản:

Độ tuổi của gừng là yếu tố quan trọng đến hàm lượng tinh dầu, hàm lượng các hợp chất thơm. Theo nghiên cứu, nên thu hoạch gừng khi đạt 9 tháng tuổi để chiết xuất được hàm lượng tinh dầu cao nhất. Sau thời gian này, hàm lượng tinh dầu sẽ giảm và hàm lượng chất xơ và vị cay sẽ tăng. Lá gừng vàng và khô khoảng 2/3 là dấu hiệu cho lúc tinh dầu trong củ đạt mức cao nhất [21].

Trong quá trình bảo quản, tránh làm gãy và dập gừng vì sẽ thất thoát rất nhiều tinh dầu và làm ảnh hưởng đến chất lượng thành phẩm [21].

Trong vỏ gừng cũng có chứa hàm lượng tinh dầu cao. Do đó, người ta thường chưng cất nguyên vỏ. Tinh dầu được chiết xuất từ củ gừng tươi sẽ có vị tươi mát hơn so với gừng khô [21].



Hình 2.7 Dung cụ chưng cất tinh dầu gừng trong phòng thí nghiệm

- Chưng cất: Sử dụng phương pháp chưng cất hơi nước cho hơi nước đi qua bột gừng khô và chiết xuất dầu dễ bay hơi. Sau đó, dầu gừng dễ bay hơi được mang theo hơi nước đi qua bình ngưng và thu vào bình thu [21].

Bước 1 chuẩn bị nguyên liệu: Gừng tươi được rửa sạch và cắt nhỏ nhằm tăng bề mặt tiếp xúc giữa nước và nguyên liệu. Để tối ưu hiệu quả, người ta sử dụng bột gừng bằng cách nghiền mịn [21].

Bước 2 chưng cất: Nguyên liệu được đưa vào thiết bị chưng cất và hơi nước sẽ lôi cuốn tinh dầu ra khỏi nguyên liệu [21].

Bước 3 tách tinh dầu: Hơi nước chứa tinh dầu được làm lạnh để ngưng tụ thành dạng lỏng. Tinh dầu sẽ nổi lên trên cùng do có mật độ nhẹ hơn nước và được tách ra [21].

Bước 4 lọc: Tinh dầu sau cùng sẽ được lọc để loại bỏ bất kỳ tạp chất nào còn lại và được đem đi đóng chai [21].

2.2 Cơ sở lý thuyết về cảm biến điện dung

Các thiết kế cảm biến điện dung trong thế giới thực liên quan đến các điện tích chuyển động, bề mặt dẫn điện một phần và nguồn điện xoay chiều. Để phân tích chính xác các trường và dòng điện tạo nên cảm biến điện dung thì việc sử dụng các phương trình Maxwell liên quan đến điện trường và từ trường, mật độ

điện tích và mật độ dòng điện là điều cần thiết. Nhưng một phép tính gần đúng đơn giản hóa mà bỏ qua từ trường hầu như luôn có thể thực hiện được với độ chính xác bị mất không đáng kể. Các hệ thống trong đó sự gần đúng này là hợp lý được định nghĩa là tĩnh điện. Các phương trình Maxwell mô tả các hiện tượng sóng điện từ phức tạp nhất. Việc phân tích những lĩnh vực như vậy là khó khăn và không phải lúc nào cũng cần thiết. Hiện tượng sóng xảy ra ở quy mô thời gian ngắn hoặc ở tần số cao thường không đáng quan tâm trong thực tế. Nếu đúng như vậy thì các trường có thể được mô tả bằng các phiên bản rút gọn của phương trình Maxwell áp dụng cho thang thời gian tương đối dài và tần số thấp. Chúng ta sẽ thấy rằng một hệ bao gồm các vật dẫn hoàn hảo và không gian trống là hệ tĩnh điện nếu một sóng điện từ có thể truyền qua một chiều điển hình của hệ trong thời gian ngắn hơn thời gian quan tâm [22].

2.2.1 Tĩnh điện

Khi một điện tích dương được đưa đến gần một dây dẫn, các electron tự do trong dây dẫn sẽ bị hút vào bề mặt gần điện tích, và đối với một dây dẫn nổi, các lỗ trống hoặc điện tích dương sẽ bị đẩy về bề mặt đối diện. Với dây dẫn nối đất, các lỗ sẽ chảy qua kết nối với mặt đất và điện cực có điện tích âm. Các điện tích đạt đến trạng thái cân bằng trong đó lực đẩy của các electron bề mặt được cân bằng bởi lực hút của các electron bề mặt đối với điện tích thử nghiệm. Điện trường bên trong dây dẫn thường không đáng kể nếu dòng điện nhỏ nên bề mặt của dây dẫn là bề mặt đẳng thế. Một điện trường bên ngoài dây dẫn nhưng ở gần bề mặt của nó có các bề mặt đẳng thế song song với dây dẫn và các đường từ thông cắt dây dẫn vuông góc. Độ lớn điện tích bề mặt của dây dẫn bằng mật độ từ thông trong chất điện môi liền kề, $\sigma = |D|$. Hiệu ứng của điện tích cảm ứng được thấy trong các ứng dụng như phát hiện tiệm cận điện dung, vì hiệu ứng trường xa của điện cực cảm ứng điện dung cũng phải bao gồm sự đóng góp vào trường E của điện tích mà điện cực tạo ra trên các dây dẫn nổi gần đó [22].

2.2.2 Điện trường

Đối với phép đo hình học tám song song, một điện áp V có thể được đặt vào các bản để tạo ra thông lượng tổng ψ . Khi đó, tượng từ thông tính bằng C được tạo ra bởi V là [22]:

$$\psi = Q = CV \quad (2.1)$$

Điện dung được tính bằng biểu thức sau [22]:

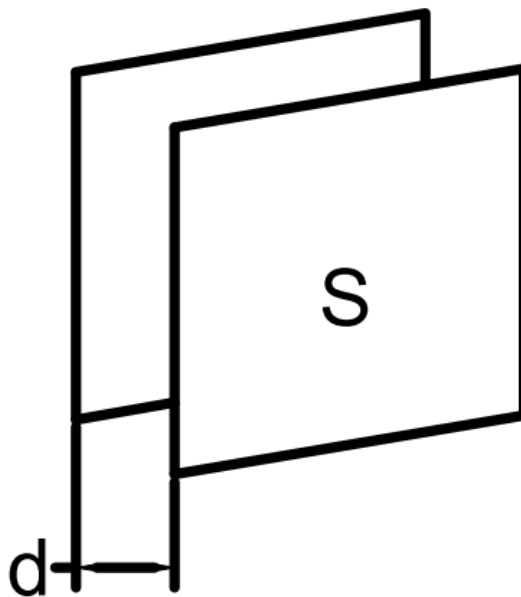
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \psi}{\int D \cdot dl} = \frac{\psi}{\int E \cdot dl} \quad (2.2)$$

Với dl là chiều dài cơ bản dọc theo đường sức của dòng điện dịch chuyển. Tích phân này cho biết điện dung của một khối cơ bản bao quanh dòng từ thông và phải được lặp lại cho tất cả các dòng từ thông phát ra từ một trong các bản và kết thúc ở bản kia. Đối với hệ thống hai điện cực, tất cả các dòng từ thông phát ra từ một tấm sẽ kết thúc ở tấm kia, nhưng với nhiều điện cực thì điều này thường không đúng [22].

2.2.3 Tính điện dung trong các trường hợp

Hai tấm mặt phẳng song song:

Định luật Gauss được áp dụng cho bề mặt bao quanh một trong các tấm song song. Nếu bề mặt được chọn đúng và các đường từ thông viên ở mép của các bản bị bỏ qua thì tổng điện tích Q bên trong bề mặt bằng tổng thông lượng dịch chuyển D nhân với diện tích của bề mặt S [22]:



Hình 2.8 Hai tấm điện cực song song

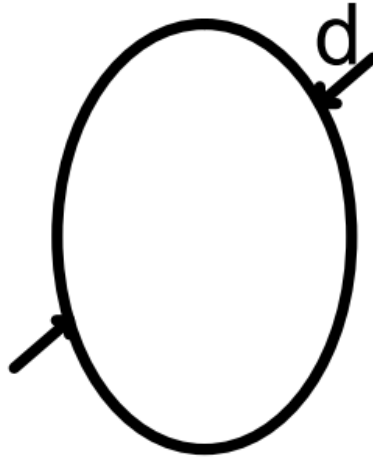
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} = 8.854 * 10^{-12} * \frac{\epsilon_r S}{d} \quad (2.3)$$

Trong đó:

- C : điện dung
- $\epsilon_0 = 8.854 * 10^{-12}$
- ϵ_r : hằng số điện môi
- S : diện tích

- d : khoảng cách giữa hai tấm điện cực

Hình tròn:

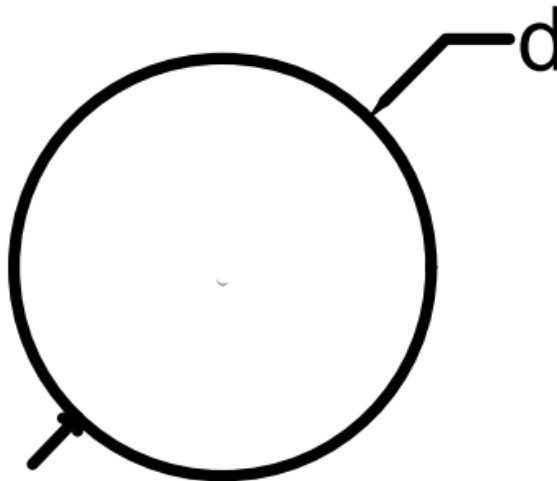


Hình 2.9 Tấm điện cực hình tròn

Cấu hình đơn giản nhất là một tấm mỏng có đường kính d mét. Có cảm ứng điện dung được tính như sau [22]:

$$C = 35.4 * 10^{-12} \epsilon_r * d \quad (2.4)$$

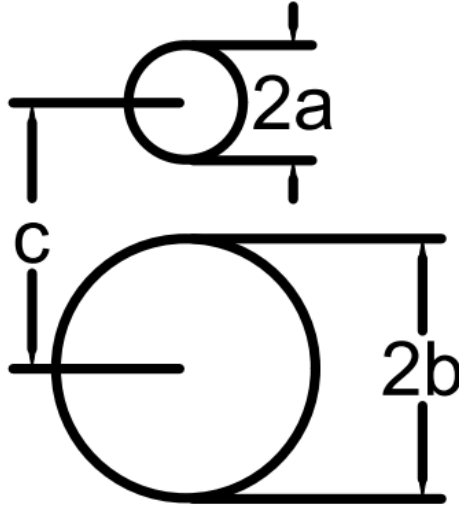
Hình cầu [22]:



Hình 2.10 Điện cực hình cầu

$$C = 55.6 * 10^{-12} \epsilon_r * d \quad (2.5)$$

Hai hình cầu:

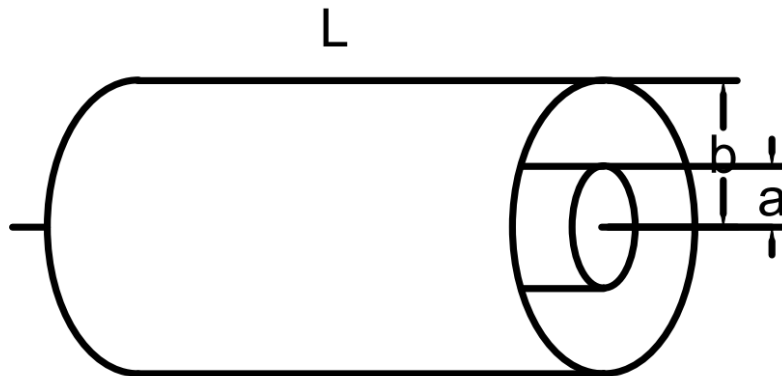


Hình 2.11 Hai điện cực hình cầu đặt cách nhau

Điện dung được tính dựa trên bán kính giữa hai của quả cầu là a , b và khoảng cách c giữa hai tâm của quả cầu đó. Công thức sẽ được áp dụng đúng khi $(a + b \leq 2c)$ [22]:

$$C \approx \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\frac{a+b}{ab} - \frac{1}{c}} \quad (2.6)$$

Hai hình trụ đồng tâm:

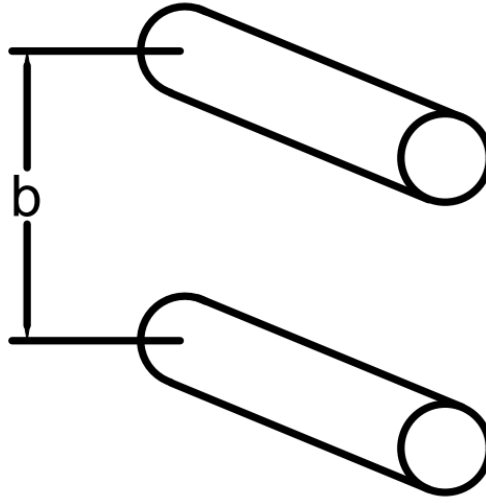


Hình 2.12 Hai điện cực hình trụ đồng tâm

Một hình học khác dẫn đến sự phân bố từ thông có thể dễ dàng đánh giá là hai hình trụ đồng tâm. Điện dung giữa hai hình trụ đồng tâm có chiều dài L và bán kính a và b mét là [22]:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad (2.7)$$

Hai hình trụ song song:



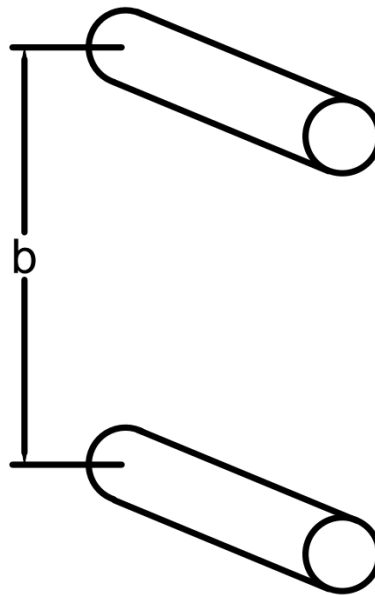
Hình 2.13 Hai điện cực hình trụ song song

Đối với hình trụ có chiều dài L mét và bán kính một mét cách nhau b mét, điện dung tính bằng là [22]:

$$C = \frac{\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r}{\ln \left(\frac{b + \sqrt{b^2 - 4a^2}}{2a} \right)} L \quad (2.8)$$

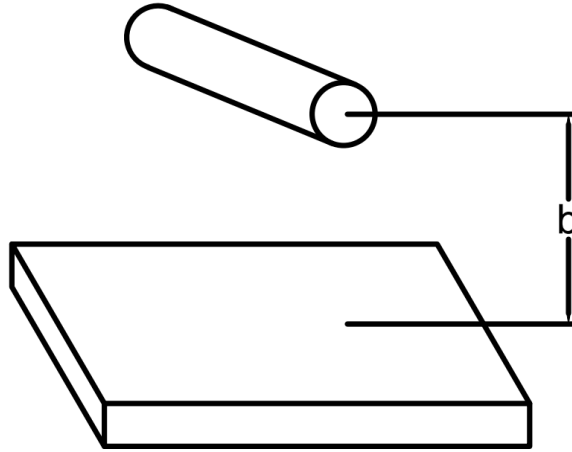
Nếu $b > a$ thì điện dung được tính bằng [22]:

$$C \approx \frac{\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r}{\ln \frac{b}{a}} L \quad (2.9)$$



Hình 2.14 Hai điện cực hình trụ đặt song song với khoảng cách xa

Hình trụ song song với tấm mặt phẳng:



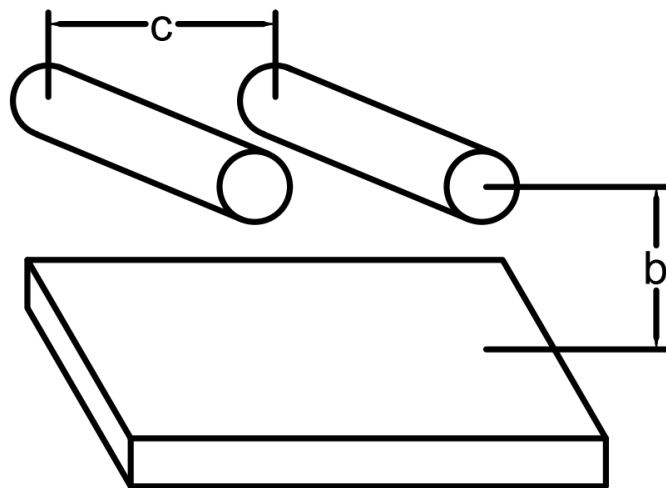
Hình 2.15 Điện cực hình trụ đặt song song với điện cực mặt phẳng

Một hình trụ có chiều dài L và bán kính a nằm cách mặt phẳng vô hạn b mét là [22]:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln\left[\frac{(b + \sqrt{b^2 - a^2})}{a}\right]} \quad (2.10)$$

Hai hình trụ song song với nhau đồng thời song song với miếng mặt phẳng [22]:

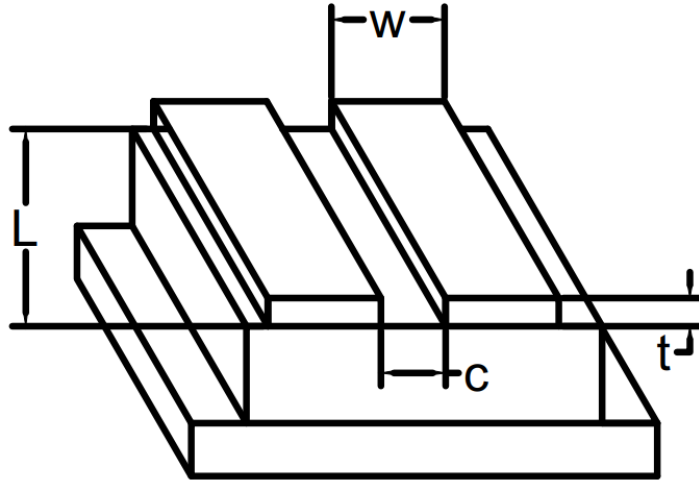
$$C_m \approx \frac{\pi\epsilon_0\epsilon_r L * \ln\left[1 + \frac{2b}{c}\right]}{[\ln(\frac{2b}{a})]^2} \quad (2.11)$$



Hình 2.16 Hai điện cực hình trụ đặt song song với điện cực mặt phẳng

Hai miếng phẳng với một mặt phẳng:

Hình học nhìn thấy trong các bảng mạch in là hai dây dẫn hình chữ nhật được ngăn cách với mặt phẳng nối đất bằng một chất điện môi. Trong trường hợp này, điện dung lẫn nhau tính bằng farad giữa các tụ có chiều dài L , chiều rộng w , độ dày t và khoảng cách c mét trên nền đất vô hạn được phủ một lớp điện môi có độ dày t mét với hằng số điện môi ϵ [22]:



Hình 2.17 Hai miếng điện cực với một mặt phẳng

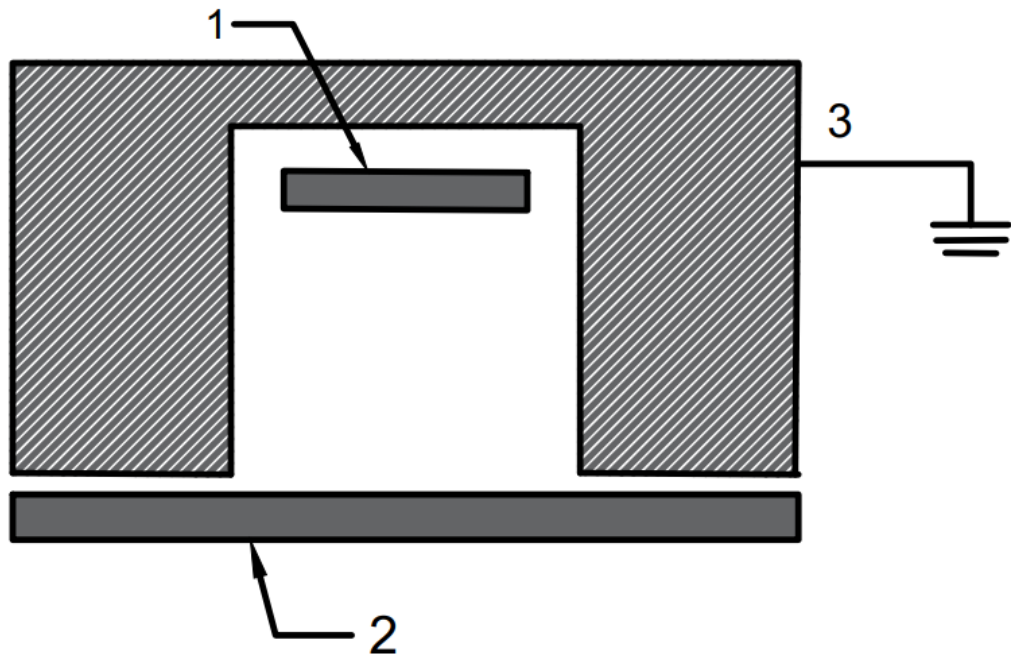
$$C \approx \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_r L}{\left[\ln \left(\frac{\pi(c-w)}{w+t} + 1 \right) \right]} \quad (2.12)$$

Tụ điện đa điện cực:

Hầu hết các tụ điện rời rạc được sử dụng trong thiết bị điện tử là thiết bị hai cực, trong khi hầu hết các tụ điện vùng không khí được sử dụng cho cảm biến đều có ba cực trở lên, với các điện cực bổ sung đóng vai trò là tấm chắn hoặc tấm bảo vệ để kiểm soát từ thông viên, giảm điện dung đi lạc không mong muốn hoặc che chắn chống lại sự thu nhận không mong muốn của điện trường bên ngoài. Một ứng dụng của tụ điện ba điện cực (Hình 2.18) là xây dựng các tụ điện tham chiếu chính xác có giá trị nhỏ [22].

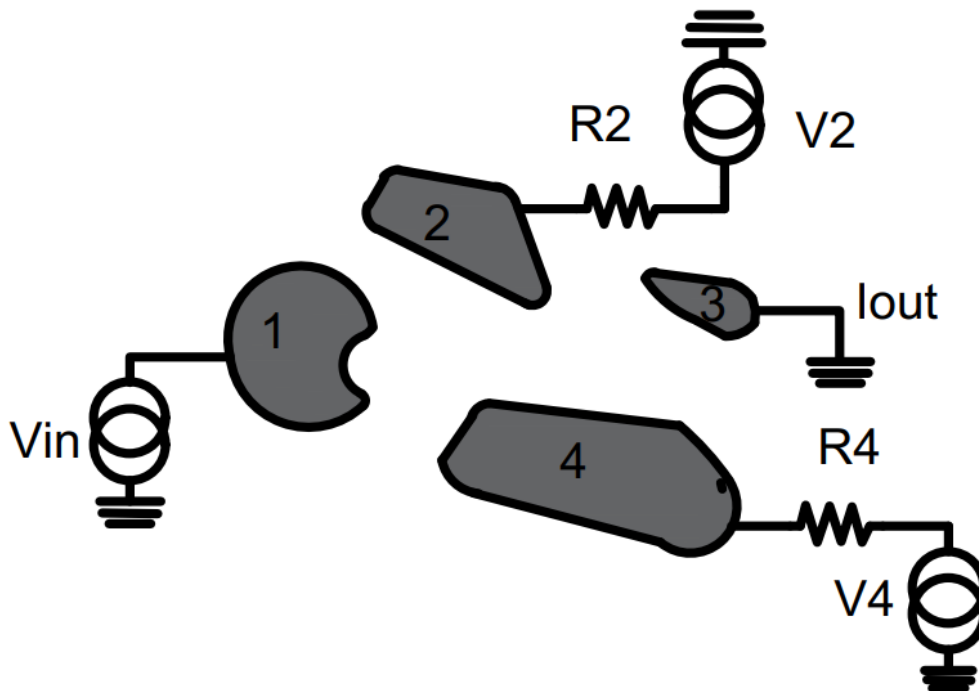
Các tụ điện tham chiếu của công trình này được Cục Tiêu chuẩn Quốc gia chế tạo vào năm 1948. Tụ điện 0,0001 pF có độ chính xác 2% và tụ điện 0,1 pF có độ chính xác 0,1% [Stout, trang 288-289]. Điện cực 3, tấm chắn hoặc điện cực bảo vệ, hoạt động trong trường hợp này để che chắn điện cực cảm nhận được (1) khỏi các trường bên ngoài và chuyển hướng hầu hết các

đường sức từ điện cực được điều khiển (2) nên chỉ một phần trăm nhỏ của dòng điện dịch chuyển đến điện cực cảm nhận được [22].



Hình 2.18 Tụ điện có ba điện cực

Nói chung, điện dung của một cặp điện cực ở gần các điện cực khác có thể được biểu diễn cho các hình dạng tùy ý, như trong Hình 2.19.



Hình 2.19 Tụ điện có bốn điện cực có hình dạng tùy ý

Ví dụ, điện dung giữa điện cực 1 và điện cực 3 được xác định bằng cách tính hoặc đo sự chênh lệch điện tích Q tạo ra trên điện cực 3 bằng điện áp kích thích V_{in} tác động lên điện cực 1. Nếu điện cực 2 và 4 được nối với điện áp kích thích, chúng sẽ đóng góp vào điện tích trên 3 bị bỏ qua khi đo điện dung giữa 1 và 3. Hình dạng của điện cực 2 và 4 và trở kháng của chúng với mặt đất sẽ có ảnh hưởng đến C_{13} , nhưng điện thế không quan trọng. Mặc dù một sự thay đổi điện thế sẽ tạo ra một cấu hình điện trường hoàn toàn khác, nhưng cấu hình trường đó có thể bị bỏ qua khi tính điện dung, vì áp dụng nguyên lý xếp chồng; một giải pháp trường hoàn chỉnh là đủ nhưng không cần thiết. Nếu R_2 và R_4 bằng 0 và V_2 và V_4 bằng 0, thì điện tích tính bằng coulomb có thể được đo trực tiếp bằng cách áp dụng bước V volt cho V_{in} và tích phân dòng điện tính bằng ampe [22]:

$$Q_3 = \int I_{out} dt \quad (2.13)$$

Sau đó, điện dung tính như sau:

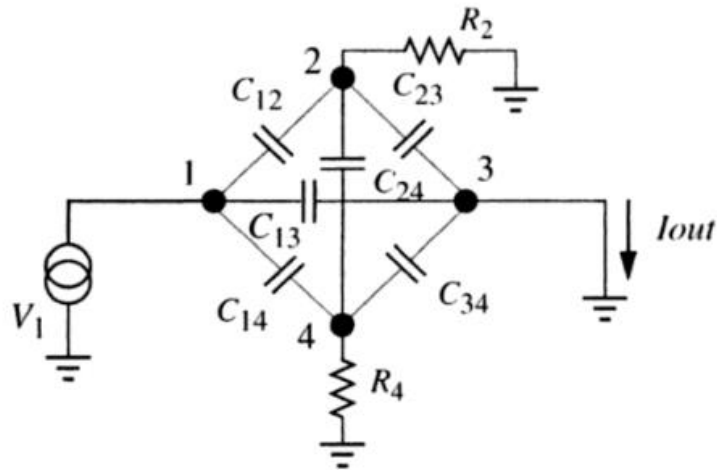
$$C_{13} = \frac{Q_3}{V_{in}} \quad (2.14)$$

Hoặc, khi điện cực 2 và 4 khác 0:

$$C_{13} = \frac{\partial Q_3}{\partial V_{in}} \quad (2.15)$$

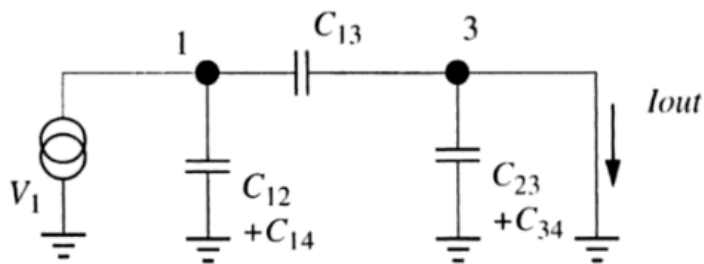
Khi R_2 và R_4 có trở kháng cao so với các trở kháng điện dung liên quan, C_{31} có giá trị cao hơn nếu R_2 và R_4 ở mức thấp. Điện cực 2 và 4 hoạt động như những tấm chắn có R_2 và R_4 ở mức thấp, chặn phần lớn từ thông giữa 1 và 3 và đưa dòng điện của nó xuống đất, làm giảm đáng kể C_{13} . Với R_2 và R_4 cao, các điện cực này tăng C_{13} lên trên giá trị không khí tự do. Với phương tiện tuyến tính, $C_{13}=C_{31}$ [22].

Việc giải một hệ thống nhiều điện cực với các trở kháng tùy ý là cực kỳ tế nhị khi sử dụng các nguyên lý tĩnh điện. Trường tĩnh điện rất khó giải quyết, thậm chí gần đúng. Nhưng vấn đề thường có thể được rút gọn thành một mạch tương đương và được xử lý dễ dàng bằng cách sử dụng các phép tính gần đúng, chồng chất và lý thuyết mạch cơ bản. Ví dụ, mạch tương đương bốn điện cực được hiển thị trong Hình 2.20 [22].



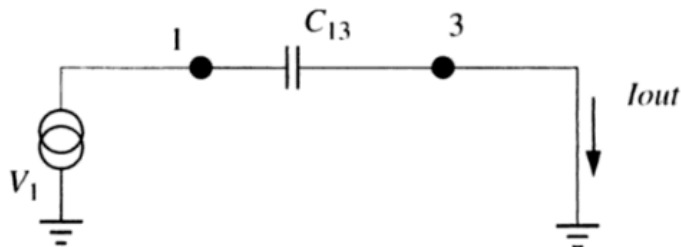
Hình 2.20 Mạch tương đương bốn điện cực

Nếu hằng số thời gian của R_2 với C_{12} và C_{23} và hằng số thời gian của R_4 với C_{14} và C_{34} nhỏ so với tần số kích thích thì R_2 và R_4 có thể được thay thế bằng ngắn mạch. Khi đó mạch giảm xuống như thể hiện trong hình 2.21 [22].



Hình 2.21 Mạch bốn điện cực đã được giảm xuống

Do tụ điện tìm kiếm nguồn điện áp trở kháng thấp hoặc phép đo dòng điện trở kháng thấp có thể bị bỏ qua nên mạch có thể được giảm xuống mức như trong hình 2.22 [22].



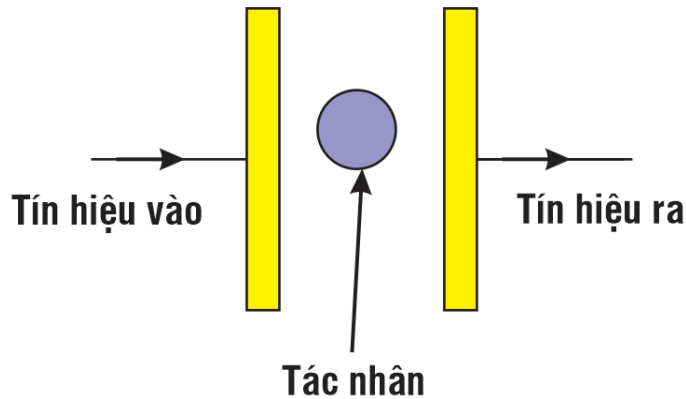
Hình 2.22 Mạch bốn điện cực đã được giảm hơn nữa

Nếu có thể, việc chuyển đổi một bài toán tĩnh điện thành bài toán lý thuyết mạch sẽ dễ dàng hơn, nơi có sẵn các công cụ hiệu quả hơn và có thể sử dụng mô phỏng SPICE. Loại phân tích này sẽ được sử dụng để hiểu tác động của các điện cực bảo vệ và che chắn bằng cảm biến điện dung [22].

2.2.4 Nguyên tắc hoạt động của một cảm biến kiểu điện dung

Cảm biến kiểu điện dung chuyển đổi một sự thay đổi vị trí, khoảng cách, hay chất điện môi thành một tín hiệu điện. Cảm biến kiểu điện dung phát hiện ra bất kỳ sự thay đổi nào của một trong ba thông số của tụ điện: khoảng cách (c), diện tích tấm điện cực (A) và hằng số điện môi (ϵ_r) do đó ta có:

$$C = f(c, A, \epsilon_r) \quad (2.16)$$



Hình 2.23 Mô hình điện dung thay đổi dựa trên cảm biến điện môi

Giá trị của điện dung đầu ra của cảm biến là tuyến tính theo hàm f biểu diễn sự thay đổi các giá trị c , A , ϵ_r đầu vào.

2.2.5 Mạch điện cơ bản đo điện dung

Có nhiều cấu trúc mạch điện có thể sử dụng cho việc đo điện dung, nhưng chúng ta cần đi phân tích cấu trúc mạch để sử dụng cho phù hợp. Trước tiên, cần phải xác định mối quan hệ giữa điện tích và điện áp của tụ điện. Giả sử mối quan hệ này là tuyến tính (tức là không có thành phần điện môi phi tuyến tham gia) và điện dung phụ thuộc vào điện môi của môi trường giữa các điện cực [23].

Do đó có thể viết như sau:

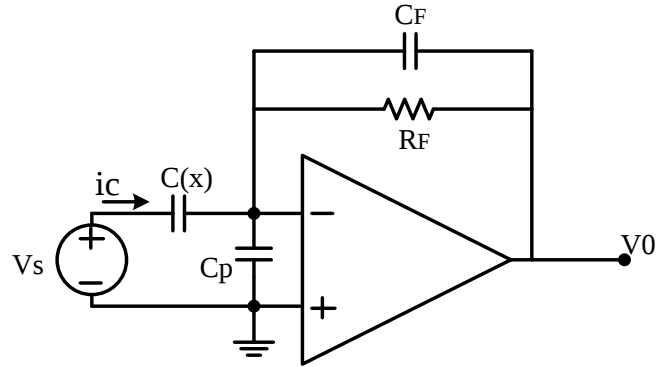
$$Q = C(x).V \quad (2.17)$$

Trong đó: Q là điện tích của tụ điện, V là điện thế qua tụ điện, $C(x)$ là một hàm điện dung phụ thuộc vào biến x (biến x đặc trưng cho sự thay đổi các thông số của cảm biến kiểu tụ điện như: diện tích của bản tụ, khoảng cách giữa hai bản tụ và hằng số điện môi).

Khi đó dòng điện qua tụ điện theo thời gian: [23]

$$i_c = C(x) \frac{dV}{dt} + V \frac{\partial C}{\partial x} \frac{dx}{dt} \quad (2.18)$$

Nếu sử dụng một xung sine như một nguồn V_s , ta có thể xác định được điện dung một cách trực tiếp. Cụ thể, nếu điện môi cố định thì điện dung là một hằng số và $V_s = V_{s0} \cos \omega t$ thì đầu ra của bộ khuếch đại là $-\omega V_{s0} C(x) \cos \omega t$. Giá trị của $C(x)$ có thể xác định từ biên độ đầu ra sóng sine.

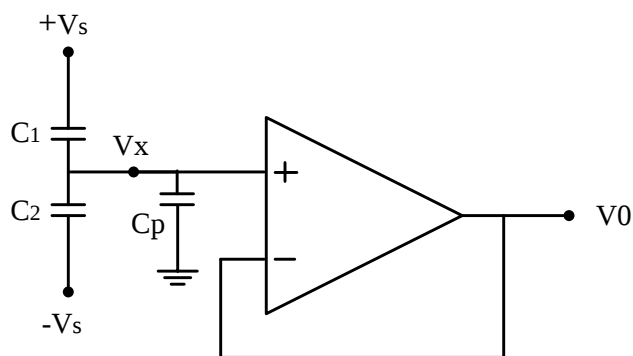


Hình 2.24 Sơ đồ mạch sử dụng một mạch khuếch đại điện trở truyền (Transimpedance amplifier) để xác định dòng qua tụ điện có sử dụng tụ điện phản hồi

Điện áp đầu ra là: [23]

$$V_0 \approx -\frac{C(x)}{C_F} V_s \quad (2.19)$$

Chức năng của điện trở là để cung cấp phản hồi một chiều DC vào đầu vào khuếch đại thuật toán, nên giá trị DC tại đầu vào đảo được giữ ở không. Ngoài ra, điện trở có thể được kết nối giữa đầu vào đảo và đất. Nếu không có điện trở thì điện thế tại đầu vào có thể trôi khỏi mức không và đầu ra bộ khuếch đại có thể bão hòa.



Hình 2.25 Sơ đồ mạch đo lường điện áp ra của một tụ điện vi sai [23]

Khi sử dụng tụ điện vi sai, điện áp V_x trên phần chia giữa hai tụ sẽ được đo lường. Hình 2.25 minh họa cách tiếp cận trực tiếp nhất sử dụng một bộ đệm cảm

nhận điện áp đầu ra V_x . Tuy nhiên ở đây xuất hiện điện dung ký sinh ảnh hưởng vào thành phần điện áp đầu ra. Giả sử hai tín hiệu sine ngược pha nhau $+V_s$ và $-V_s$ được đưa vào như đầu vào tụ điện C_1 và C_2 tương ứng. Khi đó V_x được tính như sau: [23]

$$V_x = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2 + C_p} V_s \quad (2.20)$$

Điện dung ký sinh làm suy giảm tín hiệu và ảnh hưởng đến hiệu chuẩn đo lường. Để giảm thiểu vấn đề này trong các thiết kế là bổ sung một điện cực bảo vệ bên dưới các kết nối với đầu ra V_0 . Khi đó điện áp V_0 gần như bằng điện áp V_x , điện áp qua các kết nối điện dung ký sinh rất nhỏ giống như trường hợp đất ảo. Tuy nhiên, việc chế tạo theo cách này rất phức tạp và khó triệt tiêu tất cả điện dung ký sinh. Một phương pháp thay thế là sử dụng các nguồn tín hiệu sine trái dấu theo từng giai đoạn cho $+V_s$ và $-V_s$ và thay thế kết nối $C(x)$ trong hình 2.12 với kết nối chia sẻ của tụ điện vi sai. Khi đó, đối với trường hợp của hình 2.12, tín hiệu ra là: [23]

$$V_0 = -\frac{C_1 - C_2}{C_F} V_s \quad (2.21)$$

2.3 Phần mềm mô phỏng COMSOL Multiphysics 5.6

Phần mềm COMSOL Multiphysics là một phần mềm mô phỏng trên máy tính. Là phần mềm hỗ trợ trong việc xây dựng hình học mô hình, tạo lưới cho các phần tử hữu hạn, tạo tham số và biến được sử dụng trong mô hình, thêm các đặc tính vật lý và vật liệu cũng như cách giải và hiển thị kết quả đã tính toán.

2.3.1 Giới thiệu về COMSOL

COMSOL Multiphysical là một môi trường tương tác mạnh mẽ để mô hình hóa và giải quyết tất cả các loại vấn đề khoa học và kỹ thuật. Phần mềm cung cấp môi trường máy tính để bàn tích hợp mạnh mẽ với Trình tạo mô hình nơi bạn có được cái nhìn tổng quan đầy đủ về mô hình và quyền truy cập vào tất cả chức năng. Với COMSOL Multiphysical bạn có thể dễ dàng mở rộng các mô hình thông thường cho một loại vật lý thành các mô hình đa vật lý để giải quyết các hiện tượng vật lý kết hợp và thực hiện đồng thời. Việc tiếp cận sức mạnh này không đòi hỏi kiến thức chuyên sâu về toán học hoặc phân tích số [24].

Bằng cách sử dụng các giao diện vật lý tích hợp và hỗ trợ nâng cao cho các thuộc tính vật liệu, có thể xây dựng các mô hình bằng cách xác định các đại lượng vật lý liên quan ví dụ như các đặc tính vật liệu, tải trọng, giới hạn, nguồn và thông lượng thay vì bằng cách xác định các phương trình cơ bản. Bạn luôn có thể áp dụng trực tiếp các biến, biểu thức hoặc số này cho các miền, ranh giới, cạnh và điểm rãnh và lỗ một cách độc lập với lưới tính toán. Sau đó, COMSOL Multiphysical sẽ biên dịch nội bộ một bộ phương trình biểu thị toàn bộ mô hình [24].

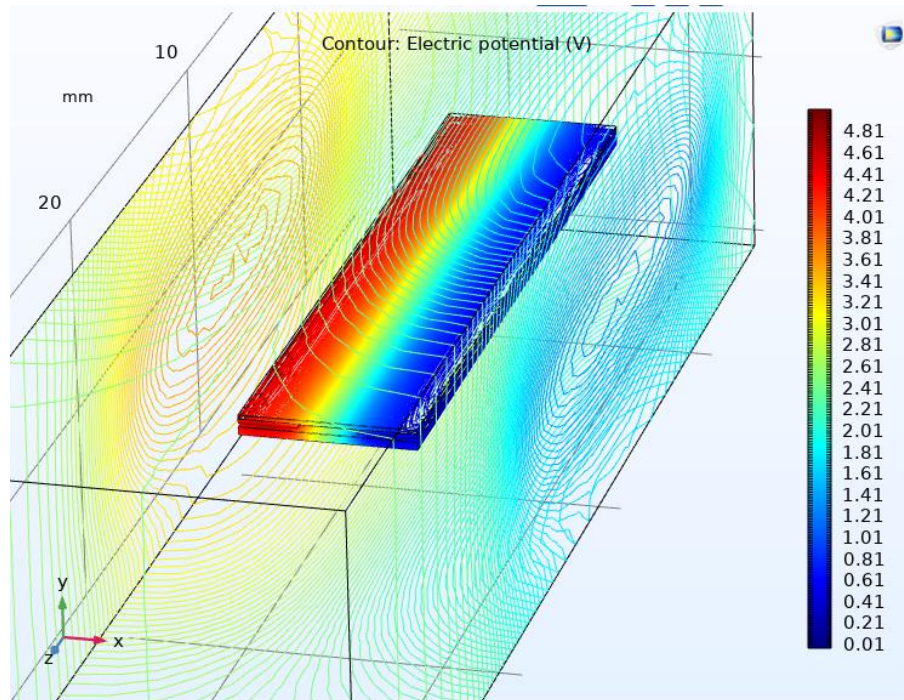
Sử dụng các giao diện vật lý này, bạn có thể thực hiện nhiều loại nghiên cứu khác nhau bao gồm [24]:

- Nghiên cứu cố định và phụ thuộc vào thời gian (tạm thời)
- Nghiên cứu tuyến tính và phi tuyến
- Nghiên cứu đáp ứng tần số, phương thức và tần số riêng

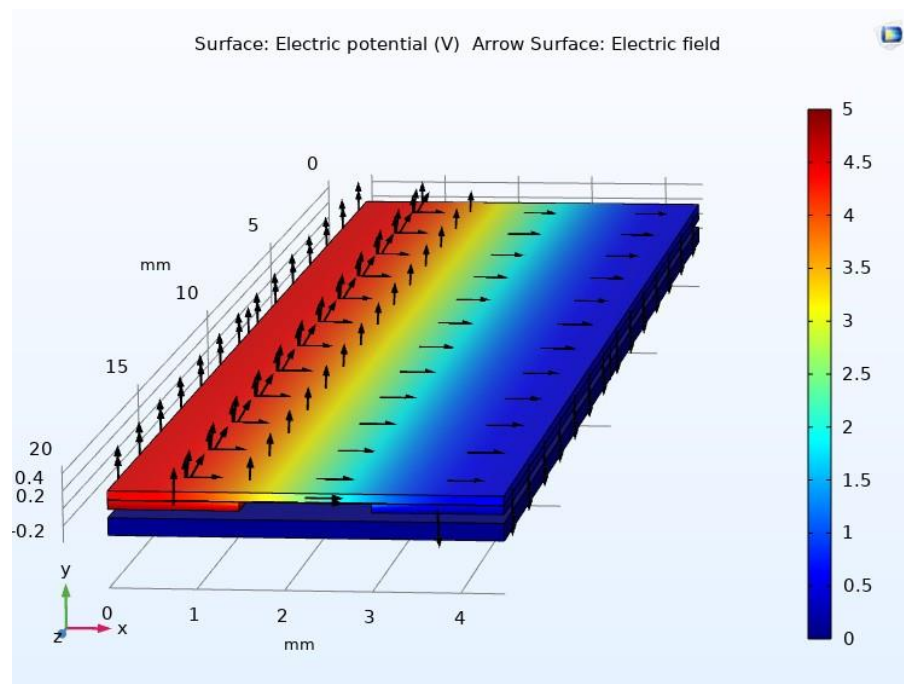
Có thể sử dụng COMSOL Multiphysical trong nhiều lĩnh vực ứng dụng ví dụ như:

- Âm học
- Khoa học sinh học
- Phản ứng hoá học
- Chống ăn mòn và chống ăn mòn
- Khuếch tán
- Điện hóa học
- Điện từ
- Động lực học chất lỏng
- Pin nhiên liệu và điện hóa
- Địa vật lý
- Truyền nhiệt
- Hệ thống vi cơ điện tử (MEMS)
- Vi lỏng
- Kỹ thuật vi sóng
- Quang học
- Truy tìm hạt
- Quang tử
- Vật lý plasma

- Dòng vật liệu xốp
- Cơ lượng tử
- Thành phần tần số vô tuyến
- Những thiết bị bán dẫn
- Cơ học kết cấu
- Hiện tượng vận chuyển
- Sự truyền sóng



Hình 2.26 Đường viền trường điện từ



Hình 2.27 Trường điện từ trên bề mặt

Trong cấu hình cơ bản, COMSOL Multiphysical cung cấp khả năng mô hình hóa và phân tích cho nhiều lĩnh vực ứng dụng. Đối với một số lĩnh vực ứng dụng chính cũng có các module tùy chọn. Các module dành riêng cho ứng dụng này sử dụng các thuật ngữ và phương pháp giải pháp cụ thể cho từng lĩnh vực cụ thể, giúp đơn giản hóa việc tạo và phân tích các mô hình. Các module này cũng bao gồm các thư viện mô hình toàn diện với các mô hình ví dụ cho thấy việc sử dụng sản phẩm trong các lĩnh vực ứng dụng của nó [24].

2.3.2 Các module trong COMSOL

Các module tùy chọn được tối ưu hóa cho các lĩnh vực ứng dụng cụ thể và cung cấp các giao diện vật lý và thuật ngữ tiêu chuẩn ngành. Đối với một số module sẽ có thư viện tài liệu bổ sung, bộ giải chuyên biệt, loại phần tử. Các loại module bao gồm [24]:

- Module AC/DC
- Module Acoustics
- Module Batteries & Fuel Cells
- Module CFD
- Module Chemical Reaction Engineering
- Module Corrosion
- Module Geomechanics
- Module Heat Transfer
- Module MEMS
- Module Microfluidics
- Module Nonlinear Structural Materials
- Module Optimization
- Module Particle Tracing
- Module Pipe Flow
- Module Plasma
- Module RF
- Module Structural Mechanics
- Module Subsurface Flow

2.3.3 Thông tin chi tiết về một số Module

Module AC/DC:

Module AC/DC cung cấp một môi trường duy nhất để mô phỏng điện từ AC/DC ở dạng 2D và 3D. Module này là một công cụ mạnh mẽ để phân tích chi tiết cuộn dây, tụ điện và máy điện. Với module này, có thể chạy các mô phỏng tĩnh, bán tĩnh, nhất thời và hài hòa thời gian trong giao diện người dùng đồ họa dễ sử dụng [24].

Các giao diện có sẵn bao gồm các loại mô phỏng trường điện từ sau [24]:

- Tĩnh điện
- Dòng điện trong môi trường dẫn điện
- Trường điện từ
- Điện từ trường tần số thấp

Các đặc tính vật liệu bao gồm các vật liệu không đồng nhất và hoàn toàn dị hướng, môi trường có lợi hoặc mất mát và các đặc tính vật liệu có giá trị phức tạp. Các phần tử vô hạn giúp mô hình hóa các miền không giới hạn. Ngoài các kết quả tiêu chuẩn và chức năng hiển thị, module này còn hỗ trợ tính toán trực tiếp các tham số gộp như điện dung và độ tự cảm cũng như lực điện từ [24].

Giống như tất cả các module trong COMSOL, có một thư viện các mô hình sẵn sàng chạy giúp việc phân tích các vấn đề cụ thể theo chuyên ngành nhanh hơn và dễ dàng hơn. Ngoài ra, bất kỳ mô hình nào bạn phát triển đều được mô tả dưới dạng các phương trình vi phân từng phần cơ bản, cung cấp một cách duy nhất để xem các định luật vật lý cơ bản của mô phỏng [24].

Các giao diện được kích hoạt hoàn toàn đa vật lý kết hợp chúng với bất kỳ giao diện nào khác trong COMSOL Multiphysical hoặc các module khác [24].

Module Acoustics:

Module Acoustics là tập hợp các giao diện vật lý dành cho COMSOL Multiphysics được điều chỉnh phù hợp với nhiều loại mô phỏng âm học trong chất lỏng và chất rắn. Module này rất hữu ích ngay cả khi bạn không quen với các kỹ thuật tính toán. Nó có thể phục vụ tốt như một công cụ tuyệt vời cho mục đích giáo dục [24].

Module này hỗ trợ các nghiên cứu điều hòa thời gian, phương thức và nhất thời đối với áp suất chất lỏng cũng như phân tích tĩnh, nhất thời, tần số riêng và đáp ứng tần số cho các kết cấu. Các giao diện vật lý có sẵn bao gồm các chức năng sau [24]:

- Âm học miền tần số và áp suất nhất thời
- Tương tác cấu trúc âm thanh
- Âm học hàng không
- Âm học chế độ ranh giới
- Nhiệt âm học
- Âm học có dòng chảy
- Dòng điện thế nén
- Cơ học rắn
- Áp điện

Đối với các ứng dụng âm học áp suất, bạn có thể chọn phân tích sóng phân tán ngoài sóng tổng. Các lớp được kết hợp hoàn hảo cung cấp các mô phỏng chính xác về các đường ống mở và các mô hình khác với các miền không giới hạn. Miền mô hình hóa có thể bao gồm các nguồn lưỡng cực cũng như các nguồn đơn cực và rất dễ dàng để xác định các nguồn điểm về lưu lượng, cường độ hoặc công suất. Module này cũng bao gồm hỗ trợ lập mô hình cho một số loại giảm xóc. Để đánh giá kết quả của các mô hình âm học áp suất, bạn có thể tính toán trường xa [24].

Các lĩnh vực ứng dụng điển hình của Acoustics Module bao gồm [24]:

- Ứng dụng ô tô như bộ giảm âm và nội thất ô tô
- Mô hình hóa loa và micro
- Âm học hàng không
- Âm học dưới nước

Bằng cách sử dụng các khớp nối đa vật lý đầy đủ trong môi trường COMSOL Multiphysical, bạn có thể ghép các sóng âm với phân tích điện từ hoặc phân tích cấu trúc để tương tác cấu trúc âm thanh. Module này tích hợp mượt mà với tất cả chức năng COMSOL Multiphysical [24].

Module Batteries & Fuel Cells:

Module Batteries & Fuel Cells cung cấp các giao diện vật lý tùy chỉnh để mô hình hóa pin và pin nhiên liệu. Các giao diện vật lý này cung cấp các công cụ để xây dựng các mô hình chi tiết về cấu hình của các điện cực và

chất điện phân trong pin điện hóa. Chúng bao gồm các mô tả về các phản ứng điện hóa và các đặc tính vận chuyển ảnh hưởng đến hiệu suất của pin, pin nhiên liệu và các pin điện hóa khác [24].

Các giao diện vật lý được tổ chức theo các giao diện vật lý phân bố mật độ dòng điện sơ cấp, thứ cấp và thứ ba. Chúng có sẵn cho các điện cực rắn không xốp và cho các điện cực xốp. Ngoài các giao diện vật lý chung này, Module còn chứa giao diện vật lý chuyên dụng để mô hình hóa pin Li-ion [24].

Các giao diện vật lý tùy chỉnh được đề cập ở trên cũng được bổ sung chức năng mở rộng trong các giao diện vật lý khác để vận chuyển các loại hóa chất, truyền nhiệt và dòng chất lỏng [24].

Các giao diện vật lý để vận chuyển các loài hóa học của các loài trung tính được mở rộng bằng cách thêm các nút kết hợp trực tiếp với các phản ứng điện hóa được xác định trong các giao diện vật lý dành cho tế bào điện hóa. Một ví dụ điển hình là sự vận chuyển và phản ứng của các loại khí trong các điện cực khuếch tán khí và các kênh khí trong pin nhiên liệu [24].

Các giao diện vật lý truyền nhiệt bao gồm các nguồn nhiệt mô tả tổn thất ohmic trong các điện cực và chất điện phân và nguồn nhiệt do phản ứng điện hóa trong pin điện hóa. Khả năng dòng chất lỏng được mở rộng cho dòng chảy tầng, trong đó các loại hóa chất vận chuyển và cân bằng năng lượng ảnh hưởng đến các đặc tính của dòng chảy. Các giao diện vật lý truyền nhiệt bao gồm các nguồn nhiệt mô tả tổn thất ohmic trong các điện cực và chất điện phân và nguồn nhiệt do phản ứng điện hóa trong pin điện hóa [24].

Khả năng dòng chất lỏng được mở rộng cho dòng chảy tầng, trong đó các loại hóa chất vận chuyển và cân bằng năng lượng ảnh hưởng đến các đặc tính của dòng chảy [24].

Module CFD:

Module CFD là gói tùy chọn mở rộng môi trường mô hình COMSOL Multiphysical với các giao diện người dùng tùy chỉnh và chức năng được tối ưu hóa để phân tích tất cả các loại dòng chất lỏng. Các giao diện sẵn sàng sử dụng cho phép bạn lập mô hình dòng chảy tầng và dòng chảy hỗn loạn theo một hoặc nhiều pha. Chức năng xử lý dòng phương tiện xốp và

tự do kết hợp, bình khuấy và tương tác cấu trúc chất lỏng cũng được bao gồm [24]:

- Dòng chảy tầng và dòng chảy rối sử dụng một số mô hình dòng chảy rối đã được thiết lập
- Dòng một pha và nhiều pha
- Dòng đẳng nhiệt và không đẳng nhiệt
- Dòng chảy có thể nén và không nén được
- Dòng chảy Newton và phi Newton

Sự kết hợp sẵn sàng giữa truyền nhiệt và khối lượng với dòng chất lỏng cho phép mô hình hóa nhiều ứng dụng công nghiệp như bộ trao đổi nhiệt, tua-bin, bộ phân tách và hệ thống thông gió [24].

Cùng với COMSOL Multiphysics, Module CFD đưa mô phỏng dòng chảy lên một tầm cao mới, cho phép ghép nối tùy ý với các giao diện vật lý mô tả các hiện tượng vật lý khác, chẳng hạn như cơ học kết cấu, điện từ hoặc thậm chí các phương trình vận chuyển do người dùng xác định [24].

Module Chemical Reaction Engineering:

Các công cụ kỹ thuật phản ứng sử dụng các công thức phản ứng để tạo ra các mô hình hệ thống phản ứng. Trong bối cảnh này, một mô hình có nghĩa là sự cân bằng vật chất (khối lượng), năng lượng (nhiệt) và động lượng của một hệ thống. Module Chemical Reaction Engineering không chỉ xác định các cân bằng này mà còn có thể giải các cân bằng vật chất và năng lượng cho các mô hình không phụ thuộc vào không gian (nghĩa là đối với các mô hình trong đó thành phần và nhiệt độ trong hệ thống phản ứng chỉ thay đổi theo thời gian) và các mô hình phụ thuộc vào không gian. Điều này cho phép tạo ra các mô hình liên quan đến cân bằng vật chất, năng lượng và động lượng trong COMSOL Multiphysical trực tiếp từ một bộ công thức phản ứng [24].

Bao gồm trong các mô hình này là các biểu thức động học của hệ thống phản ứng, được xác định tự động hoặc thủ công trong Module. Bạn cũng có quyền truy cập vào nhiều biểu thức có sẵn khác nhau để tính toán các đặc tính vận chuyển và nhiệt động lực học của hệ thống [24].

Module này trình bày một cách mạnh mẽ để mô hình hóa thiết bị và quy trình trong kỹ thuật hóa học. Nó cung cấp các giao diện và công thức

vật lý tùy chỉnh để truyền động lượng, khối lượng và nhiệt cùng với các phản ứng hóa học cho các ứng dụng như [24]:

- Kỹ thuật và thiết kế phản ứng
- Xúc tác dị thể
- Quá trình tách
- Pin nhiên liệu và điện phân công nghiệp
- Kiểm soát quá trình

COMSOL Multiphysical vượt trội trong việc giải quyết các hệ thống PDE phi tuyến kết hợp có thể bao gồm [24]:

- Truyền nhiệt
- Truyền khối thông qua khuếch tán, đối lưu và di chuyển
- Động lực học chất lỏng
- Động học phản ứng hóa học
- Tính chất vật liệu thay đổi

Khả năng đa vật lý của COMSOL có thể kết hợp và đồng thời mô hình hóa dòng chất lỏng, sự vận chuyển khối lượng và nhiệt cũng như các phản ứng hóa học [24].

Trong động lực học chất lỏng, bạn có thể mô hình hóa dòng chất lỏng qua môi trường xốp và mô tả đặc điểm dòng chảy bằng các phương trình Navier-Stokes không nén được. Thật dễ dàng để biểu diễn các phản ứng hóa học theo thuật ngữ nguồn hoặc chìm trong cân bằng khối lượng và nhiệt. Các điều khoản này có thể theo thứ tự tùy ý. Các giao diện vật lý trong Module này bao gồm các lĩnh vực sau [24]:

- Vận chuyển các loài hóa học
 - Kỹ thuật phản ứng
 - Vận chuyển các loài pha loãng thông qua khuếch tán, đối lưu và di chuyển trong điện trường
 - Vận chuyển các loài tập trung sử dụng một trong các mô hình khuếch tán sau: hỗn hợp trung bình, Maxwell-Stefan hoặc định luật Fick
 - Nernst-Planck phương trình vận chuyển
- Truyền nhiệt trong chất lỏng, chất rắn và môi trường xốp
- Dòng chất lỏng
 - Dòng chảy một pha

Định luật Darcy

Phương trình Brinkman

Dòng chảy tự do và xốp

Module Geomechanics:

Module Geomechanics là một gói tùy chọn mở rộng Module Cơ học Kết cấu sang việc điều tra định lượng các quá trình địa kỹ thuật. Nó được thiết kế cho các nhà nghiên cứu, kỹ sư, nhà phát triển, giáo viên và sinh viên, đồng thời phù hợp với cả nghiên cứu vật lý đơn lẻ và nghiên cứu liên ngành trong địa cơ học và cơ học đất [24].

Module này bao gồm một tập hợp mở rộng các mô hình vật liệu cơ bản, chẳng hạn như tiêu chí Drucker-Prager và Mohr-Coulomb và mô hình Cam-Clay trong cơ học đất. Các mô hình vật liệu này cũng có thể kết hợp với bất kỳ phương trình mới nào được tạo và với các giao diện vật lý (ví dụ: truyền nhiệt, dòng chất lỏng và vận chuyển chất tan trong môi trường xốp) đã được tích hợp trong COMSOL Multiphysics và các Module chuyên dụng khác của nó [24].

2.3.4 Một số các Module riêng lẻ

Definitions: mô tả các tính năng định nghĩa toàn cục và cục bộ. Tùy thuộc vào phạm vi hình học, bạn thêm các nút đối tượng được mô tả trong phần này vào nút Định nghĩa Toàn cầu hoặc bên dưới nút Định nghĩa cho một mô hình cụ thể.

Visualize: mô tả các công cụ được sử dụng để trực quan hóa và kiểm soát cách bạn xem các mô hình và chọn các phần của hình học mô hình trong cửa sổ Đồ họa và cửa sổ cài đặt [24].

Geometry: bao gồm mô hình hóa hình học ở dạng 1D, 2D và 3D với các ví dụ về mô hình khối, mô hình ranh giới, toán tử Boolean và các công cụ CAD khác trong COMSOL Multiphysics. Ngoài ra, nó còn cho thấy cách sử dụng các công cụ để khám phá các đặc tính hình học, chẳng hạn như khối lượng và bề mặt. Ngoài ra còn có thông tin về việc sử dụng dữ liệu CAD bên ngoài [24].

Material: cho phép tìm kiếm cơ sở dữ liệu của từng vật liệu có trong COMSOL hoặc có thể tự thiết lập thông số cho vật liệu cụ thể [24].

Multiphysics: mô tả nhiều cách khác nhau để xây dựng các mô hình đa vật lý và bao gồm tổng quan về các giao diện đa vật lý được xác định trước có sẵn trong COMSOL Multiphysics và các module bổ sung [24].

Mesh: tóm tắt cách tạo và điều khiển lưới của bạn cho các hình học 1D, 2D và 3D trong COMSOL Multiphysical. Nó cũng giải thích khả năng nhập và xuất lưới ở các định dạng khác nhau [24].

Solvers: nghiên cứu liệt kê các loại bộ giải và nghiên cứu khác nhau trong COMSOL Multiphysicals và giải thích các bước nghiên cứu cũng như cấu hình bộ giải. Nó cũng mô tả các bộ giải và cài đặt chính cũng như các công việc hàng loạt, quét tham số và tính toán cụm [24].

Results: giúp bạn phân tích kết quả trong COMSOL Multiphysicals và mô tả nhiều công cụ trực quan hóa và đánh giá kết quả, bao gồm các chức năng đồ họa, hiển thị dữ liệu và xuất nâng cao [24].

Running: cung cấp tổng quan về các cách khác nhau mà bạn có thể chạy phần mềm COMSOL ngoài giao diện người dùng đồ họa COMSOL Desktop [24].

Deformed Meshes: giải thích cách sử dụng các giao diện mô hình hóa để kiểm soát biến dạng lưới. Nó cũng chứa các nguyên tắc cơ bản về lưới biến dạng và thông tin về các công thức Euler và Lagrange trong vật lý, các loại khung hỗ trợ các công thức này và phương pháp Lagrangeian-Eulerian [24].

2.4 Kết luận

Gừng đã rất quen thuộc với người Việt Nam từ thời xa xưa tới hiện tại ngày nay và chúng có nhiều công dụng tốt với con người. Vậy nên việc sản xuất các sản phẩm từ gừng để đáp ứng nhu cầu của mọi người là vô cùng nhiều và phổ biến. Trong đó có tinh dầu gừng – một loại tinh dầu được chiết suất từ gừng, được sử dụng với nhiều mục đích khác nhau và có thể bảo quản được rất lâu.

Việc sử dụng cảm biến điện dung áp dụng vào phương pháp chiết xuất tinh dầu gừng để cho ra sản phẩm tốt là điều hoàn toàn khả thi với sự trợ giúp của phần mềm COMSOL. Phần mềm có thể cho phép mô phỏng hoạt động của cảm biến để tối ưu thiết kế cảm biến trong quá trình chiết xuất tinh dầu.

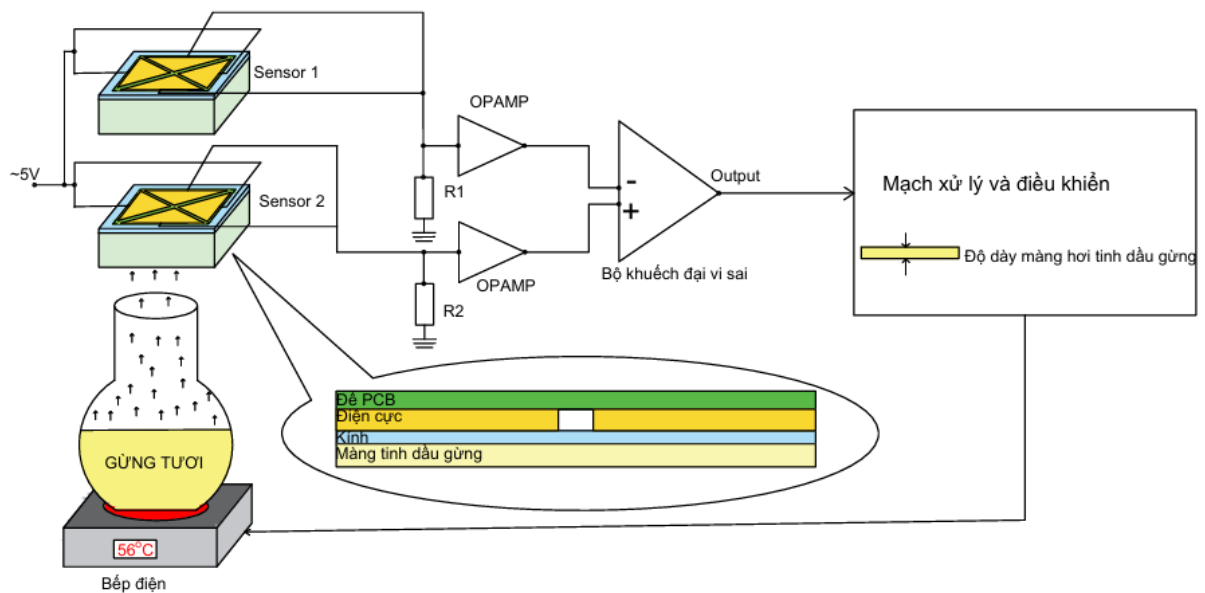
CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG CẢM BIẾN

3.1 Giới thiệu chương

Hiện nay việc chưng cất tinh dầu gừng không còn xa lạ với mọi người, tuy nhiên việc tách tinh dầu gừng cho ra những hoạt chất có dược tính cao từ tinh dầu gừng vẫn chưa được kiểm soát chặt chẽ cũng như việc ứng dụng hết các lợi ích của tinh dầu gừng chưa cao.

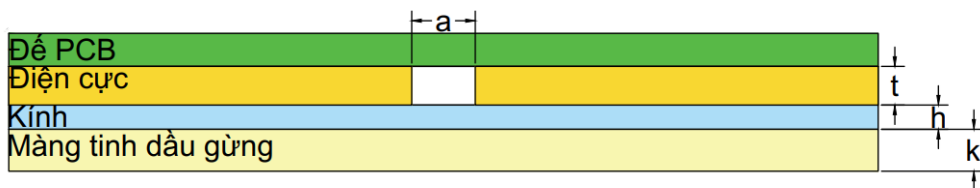
Bên cạnh đó, trên thế giới và cả trong nước đã có nhiều bài nghiên cứu về cảm biến kiểu điện dung đã được áp dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau do độ nhạy cao, thời gian phản hồi nhanh và mức tiêu thụ điện năng thấp. Rất phù hợp trong việc kiểm soát tốc độ bay nước của trong quá trình chưng cất tinh dầu.

Với lý do trên em đã thiết kế và mô phỏng để có thể so sánh và tìm ra loại cảm biến nhạy nhất.



Hình 3.1 Sơ đồ tổng quát thực nghiệm trong phòng thí nghiệm

3.2 Thiết kế cấu trúc cảm biến



Hình 3.2 Mặt cắt ngang của cảm biến

Cảm biến điện dung đồng phẳng được cấu tạo bởi hai điện cực đồng phẳng cách nhau một khoảng (a) và đặt trong môi trường điện môi đồng nhất có hằng số điện môi ϵ_r . Hình 3.2 cho thấy mặt cắt ngang của cảm biến điện dung đồng phẳng trên bảng mạch in PCB. Lớp kính được đặt lên các điện cực. Nguyên lý hoạt động của cảm biến này là khi một màng tinh dầu gừng bay hơi và lên bề mặt cảm biến điện dung đồng phẳng sẽ làm thay đổi môi trường điện môi của cảm biến điện dung đồng phẳng và nó làm thay đổi điện dung của cảm biến. Khi màng tinh dầu gừng có trên bề mặt cảm biến, sẽ có ba lớp gồm lớp kính, màng tinh dầu gừng và không khí có thể được coi là một chất điện môi trung bình mới. Như có thể thấy trong cấu trúc này, kích thước và khoảng cách giữa các điện cực là không đổi. Cảm biến này phát hiện môi trường điện môi trên các điện cực. Điện trường mạnh hơn ở khu vực gần khe hở giữa hai điện cực và trở nên yếu hơn khi đi ra ngoài dẫn đến việc tính toán lý thuyết điện dung phức tạp và phi tuyến tính.

Ở hình 3.3, hình 3.4, hình 3.5 cho kích thước của cảm biến đều có cùng chiều dài (m) và chiều rộng (n). Thiết kế của cảm biến điện dung đồng phẳng bao gồm tụ điện tham chiếu và tụ điện cảm biến. Tụ điện tham chiếu không có màng tinh dầu, trong khi đó tụ điện cảm biến có màng tinh dầu đặt lên trên. Tụ điện tham chiếu có giá trị điện dung là C_1 và tụ điện cảm biến có giá trị điện dung là C_2 . Chênh lệch điện dung của hai tụ điện được xác định là:

$$\Delta C = C_2 - C_1 \quad (3.1)$$

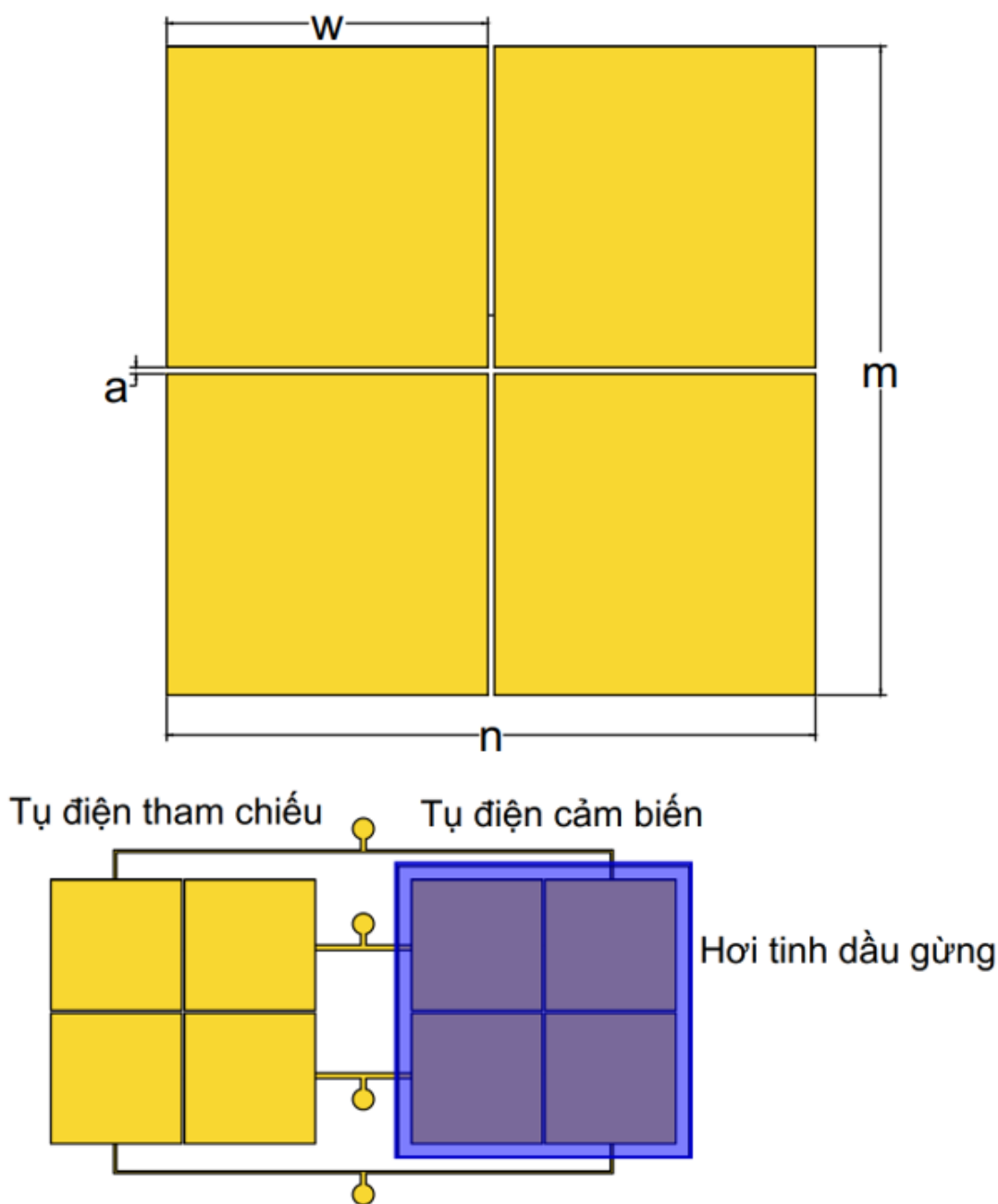
Ba hình dạng của cảm biến là: Cấu trúc 1 (hình 3.3), Cấu trúc 2 (hình 3.4), Cấu trúc 3 (hình 3.5). Các điện cực của ba loại này có cùng độ dày t, khoảng cách giữa hai điện cực là a, chiều rộng của điện cực là w. Cả ba dạng cảm biến đều được thiết kế bao gồm điện cực cảm biến và điện cực kích thích. Các điện cực của cảm biến được đặt lên một lớp kính để có tác dụng cách điện và các điện cực không tiếp xúc với màng tinh dầu. Trong mô phỏng độ dày điện cực của cảm biến (t) được cố định ở mức 0,1 mm, chiều dài (m) và chiều rộng (n) của cảm biến được cố định ở 20 mm.

Bảng 3.1 Các tham số dùng để mô phỏng cảm biến

Thành phần hệ thống của cảm biến	Chất liệu	Hằng số điện môi	Độ dẫn điện (s/m)
Không khí	Không khí	1	-
Màng tinh dầu gừng	Tinh dầu gừng	24	-
Lớp phủ điện cực	Kính	3,25	-

Điện cực	Đồng	1	$5,8.10^6$
----------	------	---	------------

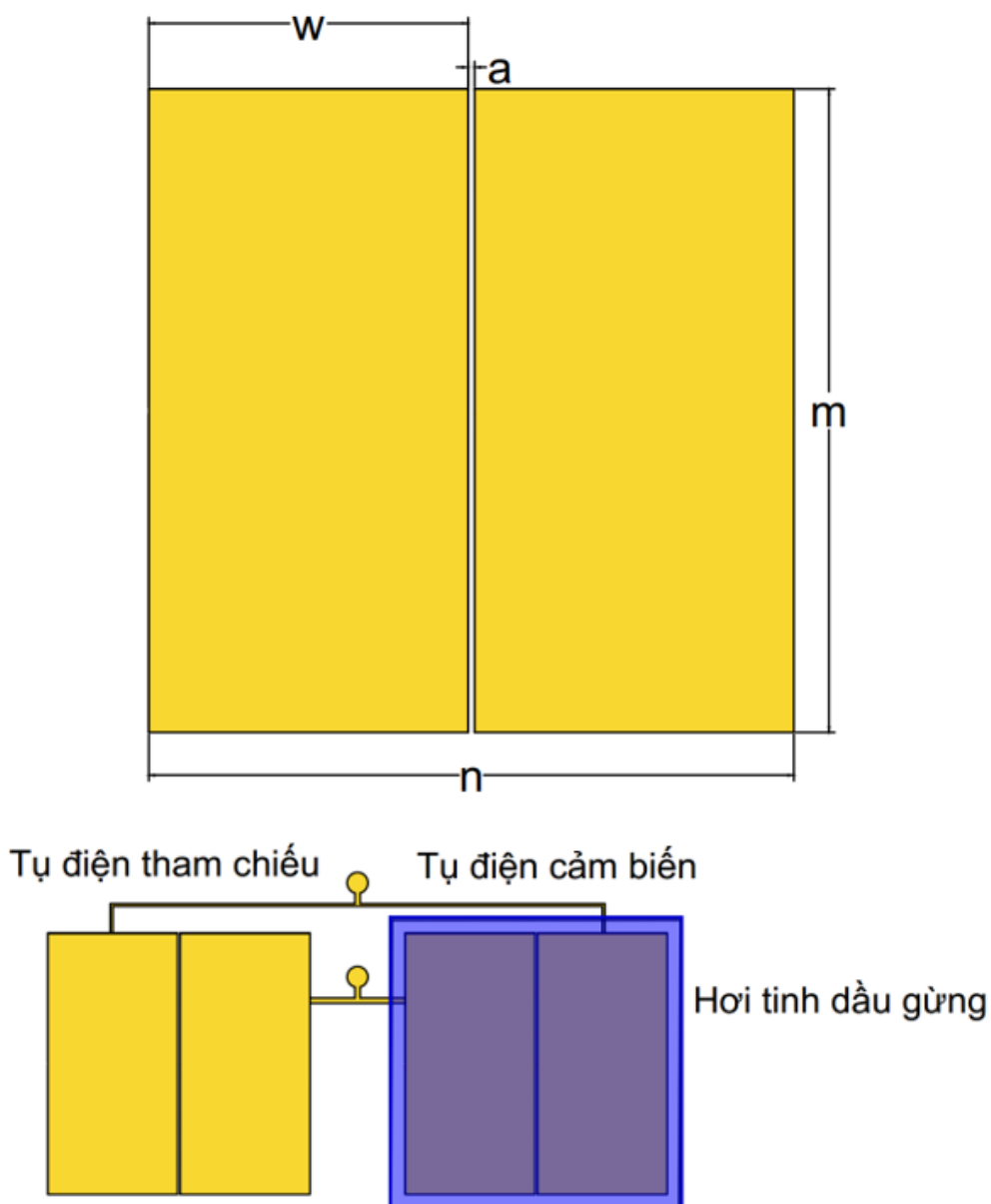
Sử dụng điện áp DC (+5V). Màng hơi tinh dầu gừng có hằng số điện môi là 24 với độ dày (k) thay đổi từ 0,01 đến 3,01 mm. Lớp kính có độ dày cố định (h) 1 mm trên các điện cực có hằng số điện môi là 3,25. Tham số của khoảng cách giữa các điện cực (a) và độ rộng của điện cực (w) được điều chỉnh theo các bảng 3.1, bảng 3.2, bảng 3.3.



Hình 3.3 Cảm biến dạng cấu trúc 1

Bảng 3.2 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 1

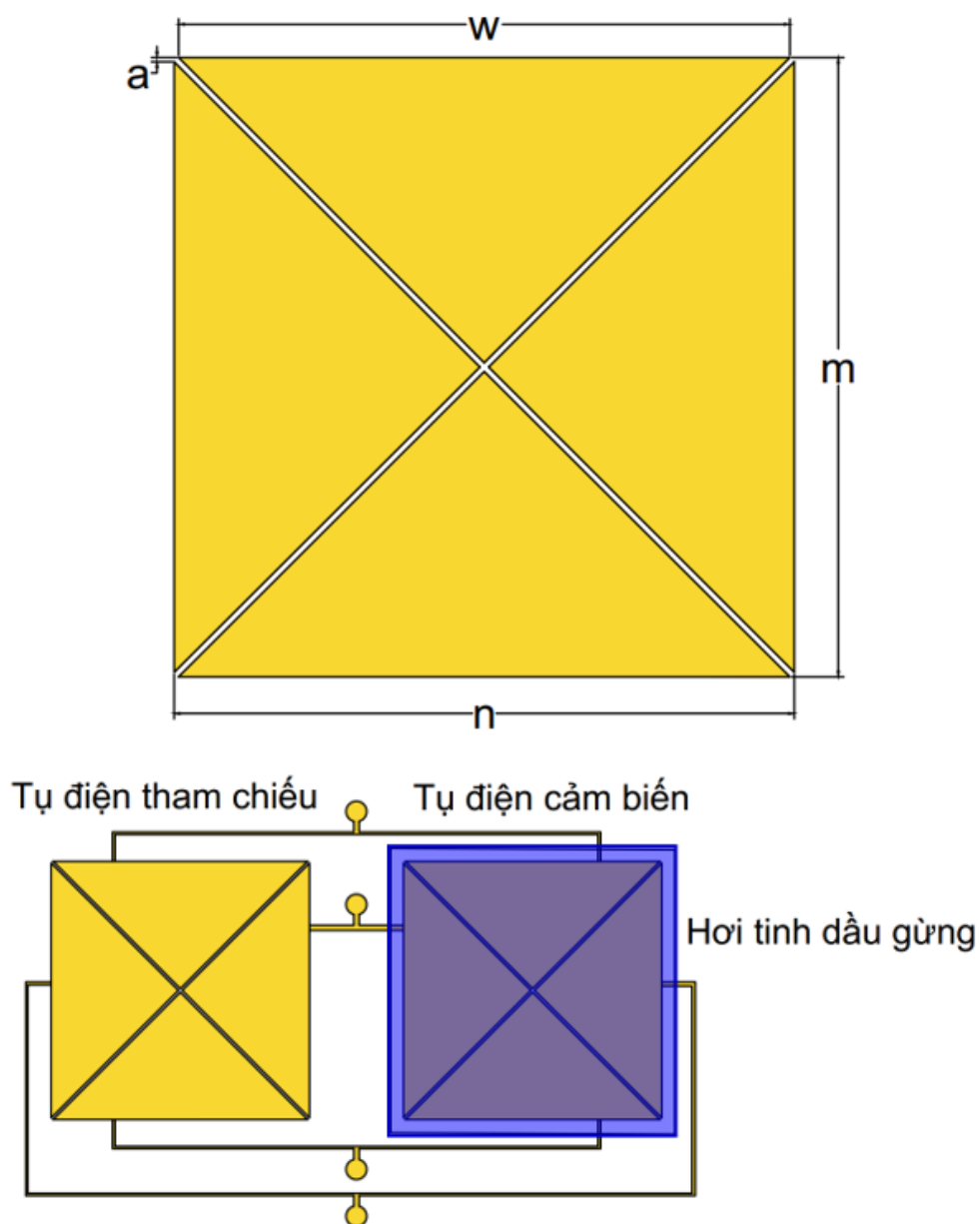
Khoảng cách giữa các điện cực – a (mm)	Độ rộng của điện cực – w (mm)
0,2	9,9
0,4	9,8
0,6	9,7
0,8	9,6
1	9,5
1,2	9,4
1,4	9,3



Hình 3.4 Cảm biến dạng cấu trúc 2

Bảng 3.3 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 2

Khoảng cách giữa các điện cực – a (mm)	Độ rộng của điện cực – w (mm)
0,2	9,9
0,4	9,8
0,6	9,7
0,8	9,6
1	9,5
1,2	9,4
1,4	9,3



Hình 3.5 Cảm biến dạng cấu trúc 3

Bảng 3.4 Khoảng cách giữa các điện cực-a và độ rộng của điện cực-w của cấu trúc 3

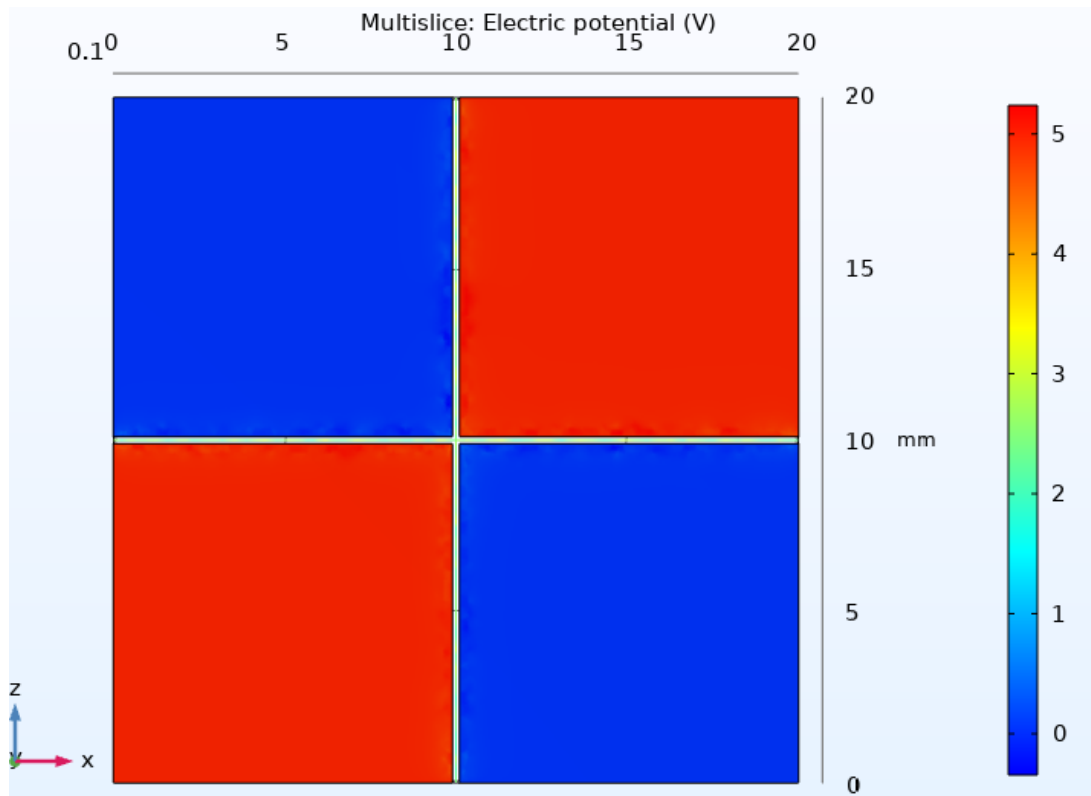
Khoảng cách giữa các điện cực – a (mm)	Độ rộng của điện cực – w (mm)
0,2	$20 - \frac{\sqrt{2}}{5}$
0,4	$20 - \frac{2\sqrt{2}}{5}$
0,6	$20 - \frac{3\sqrt{2}}{5}$
0,8	$20 - \frac{4\sqrt{2}}{5}$
1	$20 - \sqrt{2}$
1,2	$20 - \frac{6\sqrt{2}}{5}$
1,4	$20 - \frac{7\sqrt{2}}{5}$

3.3 Mô phỏng

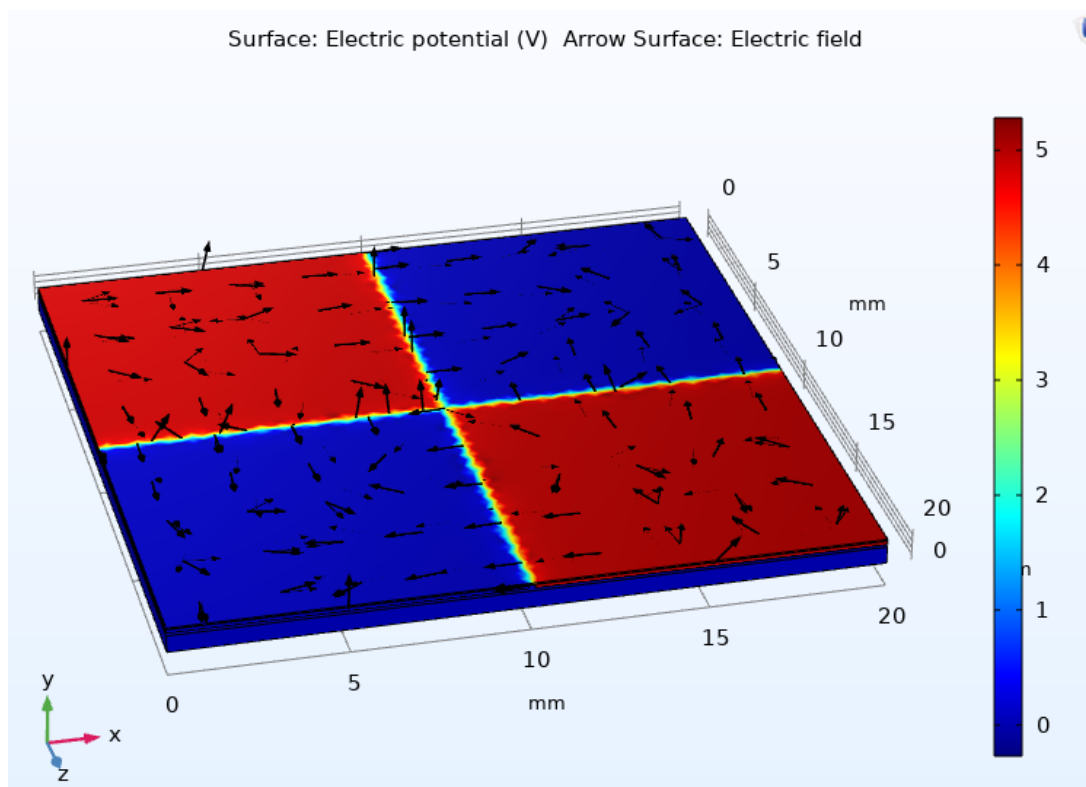
Khi màng mỏng tinh dầu gừng bay hơi bám vào điện cực cảm thì có sự thay đổi điện dung ΔC . Khi tính chất của màng mỏng hơi tinh dầu gừng không thay đổi thì sự thay đổi giá trị điện dung nhiều hay ít chỉ phụ thuộc vào độ dày của màng mỏng hơi tinh dầu gừng. Ngoài ra độ nhạy của cảm biến còn phụ thuộc vào độ rộng của điện cực và khoảng cách giữa hai điện cực. Trong nghiên cứu này, các khảo sát về độ rộng của điện cực, khảo sát về khoảng cách giữa hai điện cực để tìm ra cấu trúc cảm biến và kích thước, khoảng cách tối ưu cho độ nhạy tốt nhất sẽ được trình bày.

3.4 Khảo sát các tham số kích thước của các cảm biến

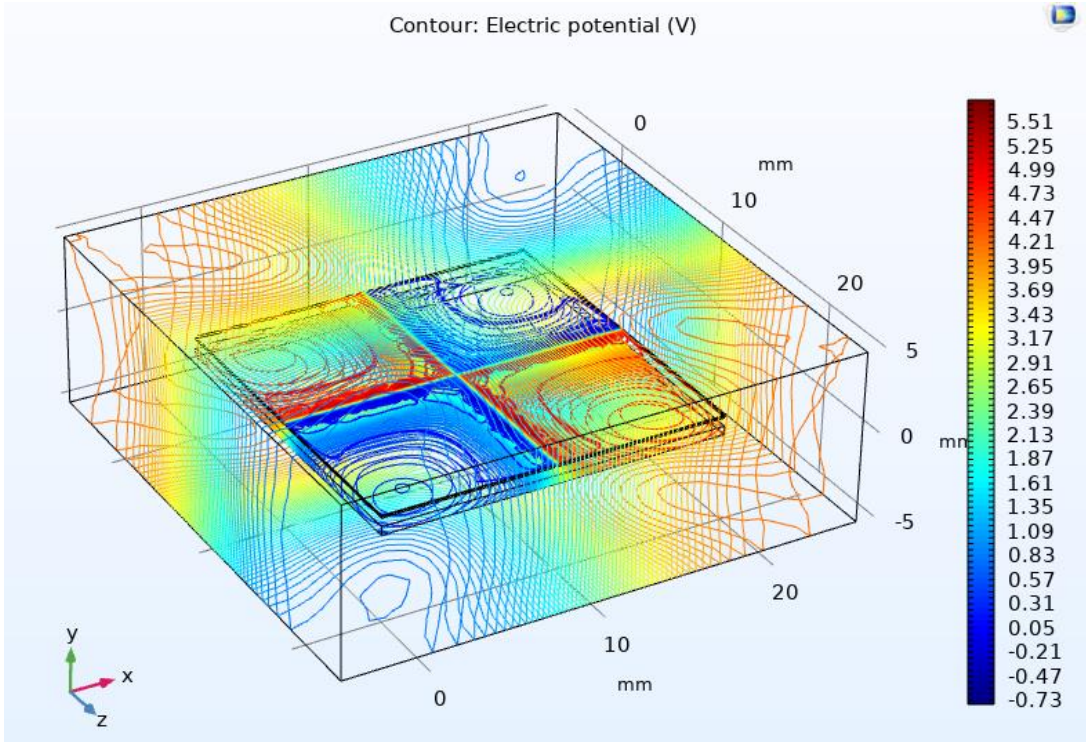
3.4.1 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 1



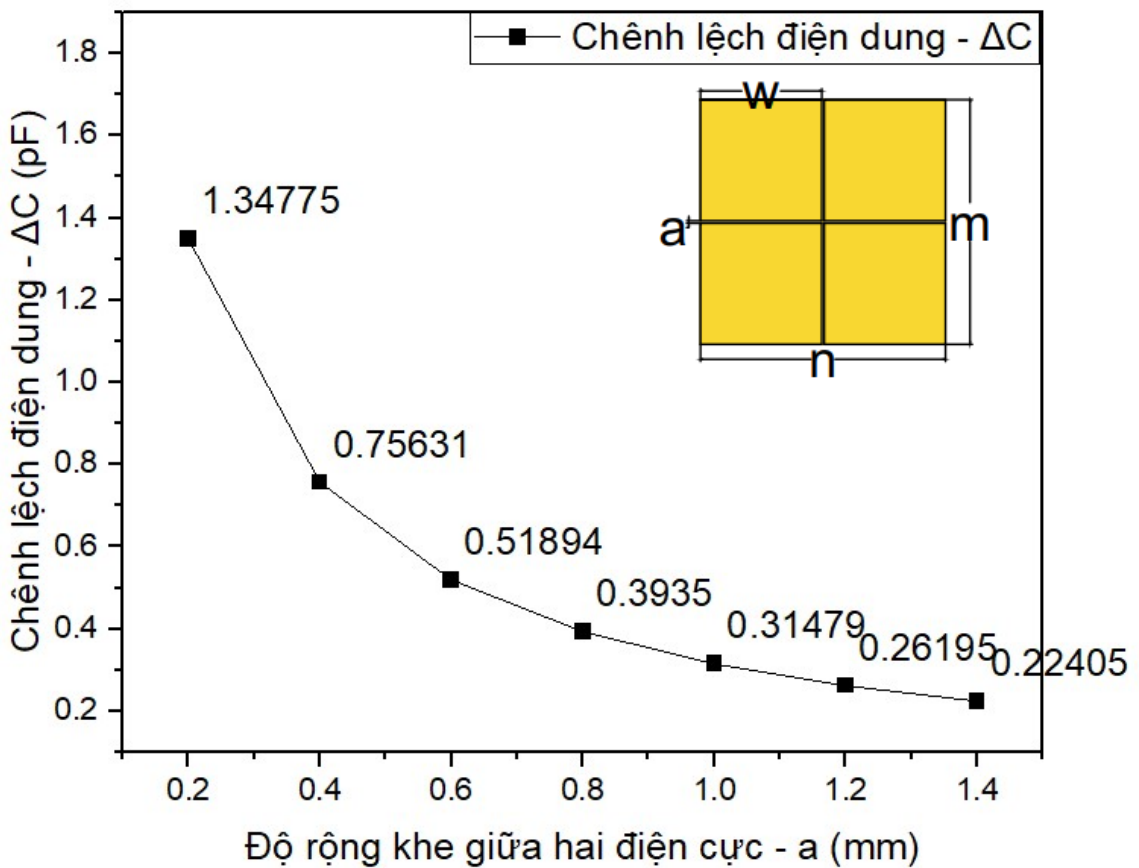
Hình 3.6 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 1 trên COMSOL



Hình 3.7 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 1



Hình 3.8 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 1

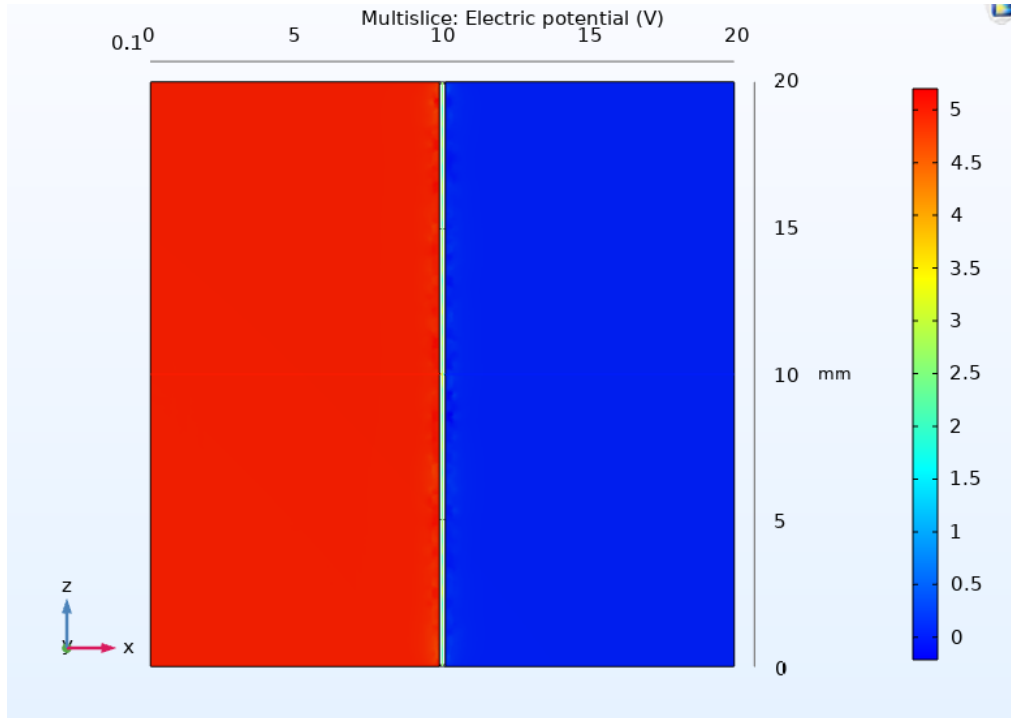


Hình 3.9 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 1

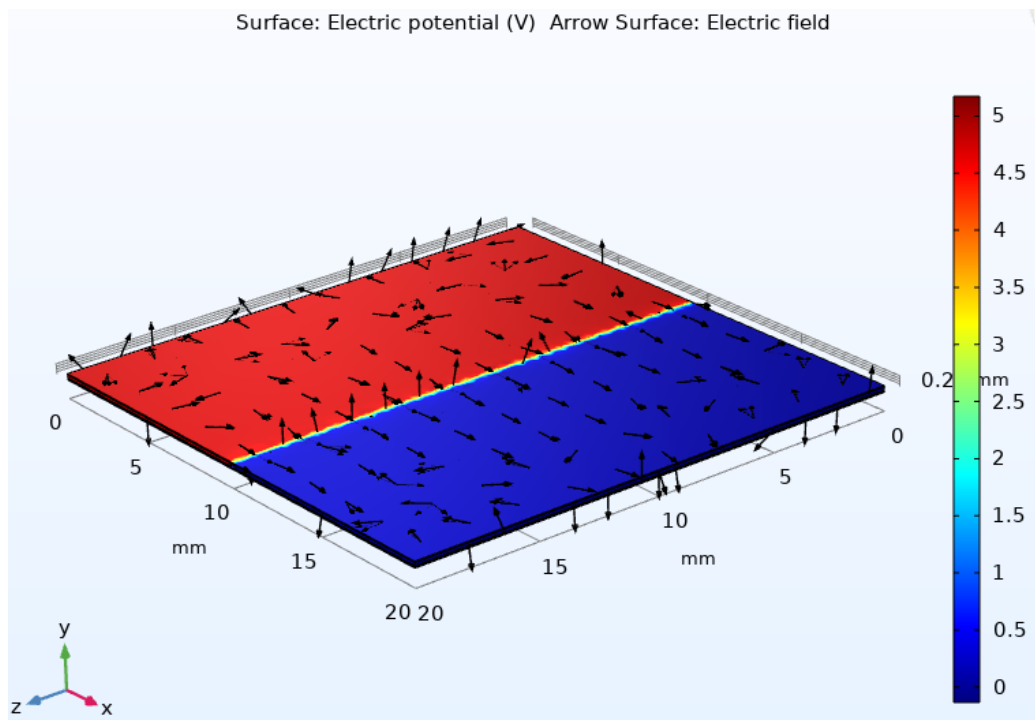
Cảm biến sử dụng cấu trúc 1 có khoảng cách giữa các điện cực (a) là từ 0,2 mm đến 1,4 mm và chiều rộng điện cực (w) là từ 9,9 mm xuống còn 9,3 mm (Bảng

3.2). Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 3.7. Kết quả trên hình cho thấy cảm biến theo cấu trúc 1 có ΔC tương ứng từ 1,34775 pF xuống 0,22405 pF tương ứng với độ dày màng tinh dầu gừng (k) là 0,01 mm.

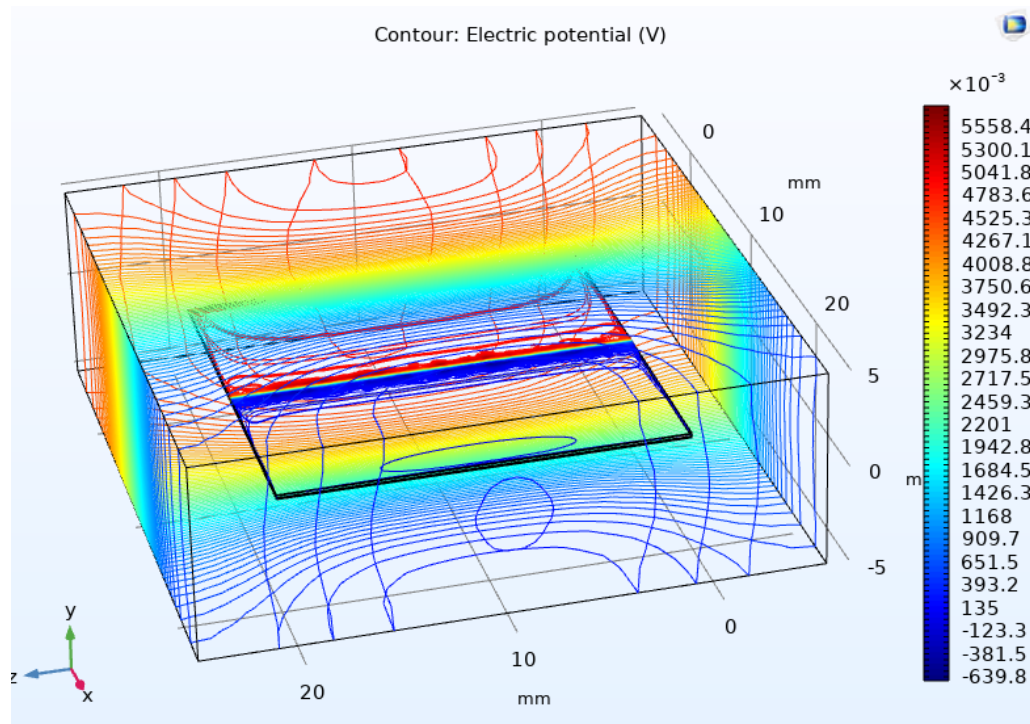
3.4.2 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 2



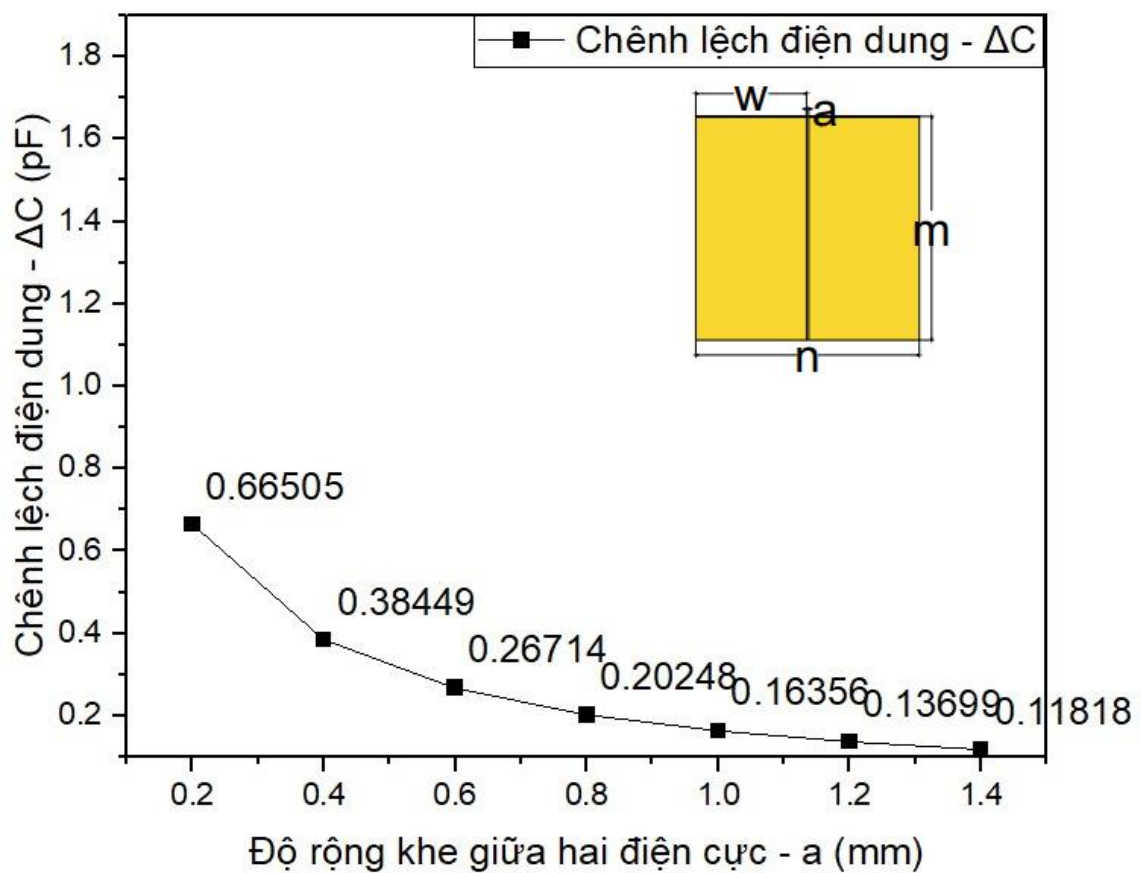
Hình 3.10 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 2 trên COMSOL



Hình 3.11 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 2



Hình 3.12 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 2

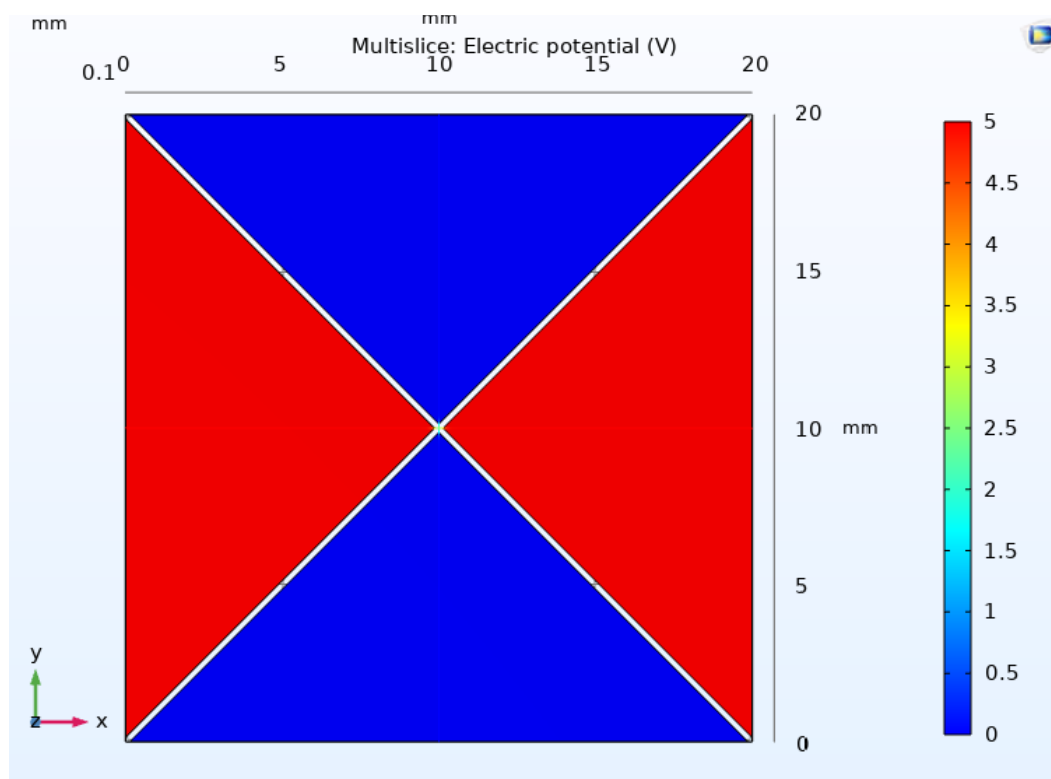


Hình 3.13 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 2

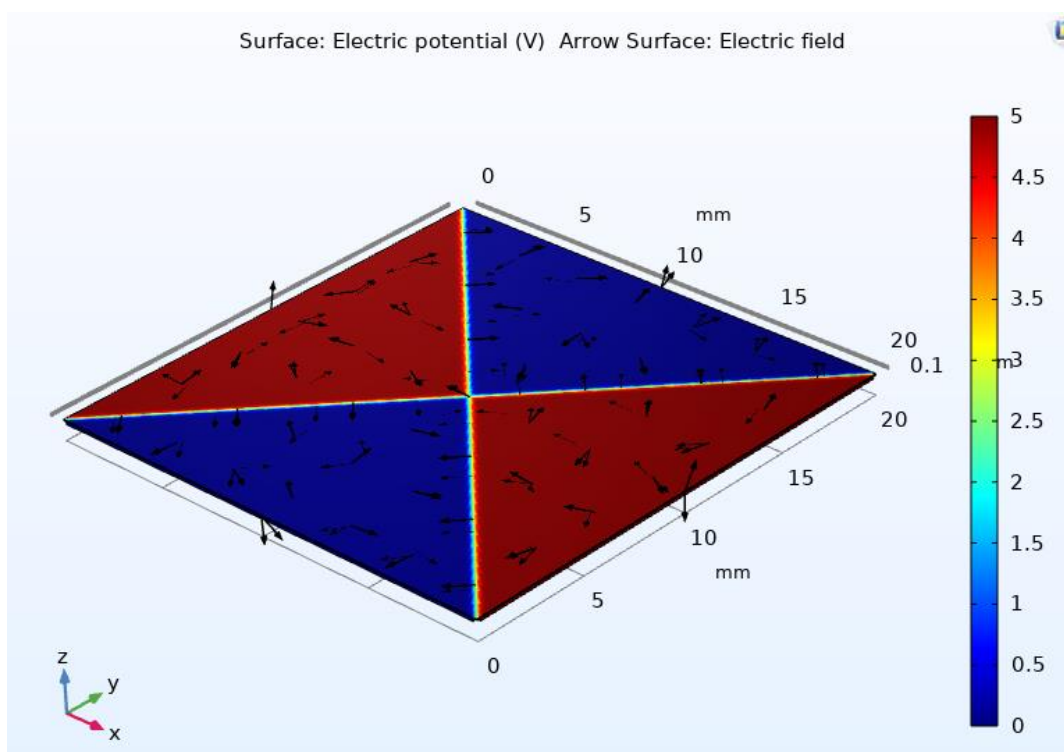
Cảm biến sử dụng cấu trúc 2 có khoảng cách giữa các điện cực (a) là từ 0,2 mm đến 1,4 mm và chiều rộng điện cực (w) là từ 9,9 mm xuống còn 9,3 mm (Bảng 3.3). Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 3.9. Kết quả trên hình cho thấy

cảm biến theo cấu trúc 2 có ΔC tương ứng từ 0,66505 pF xuống 0,11818 pF tương ứng với độ dày màng tinh dầu gừng (k) là 0,01 mm.

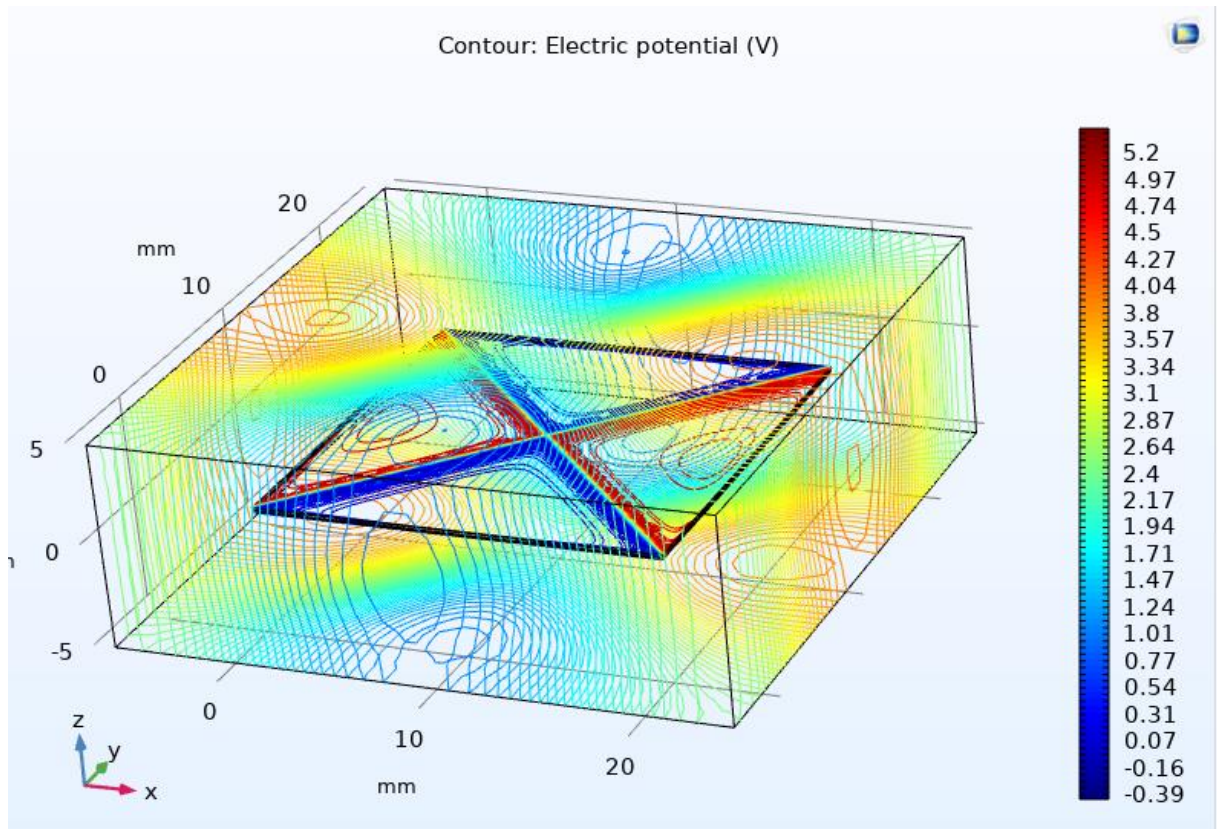
3.4.3 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 3



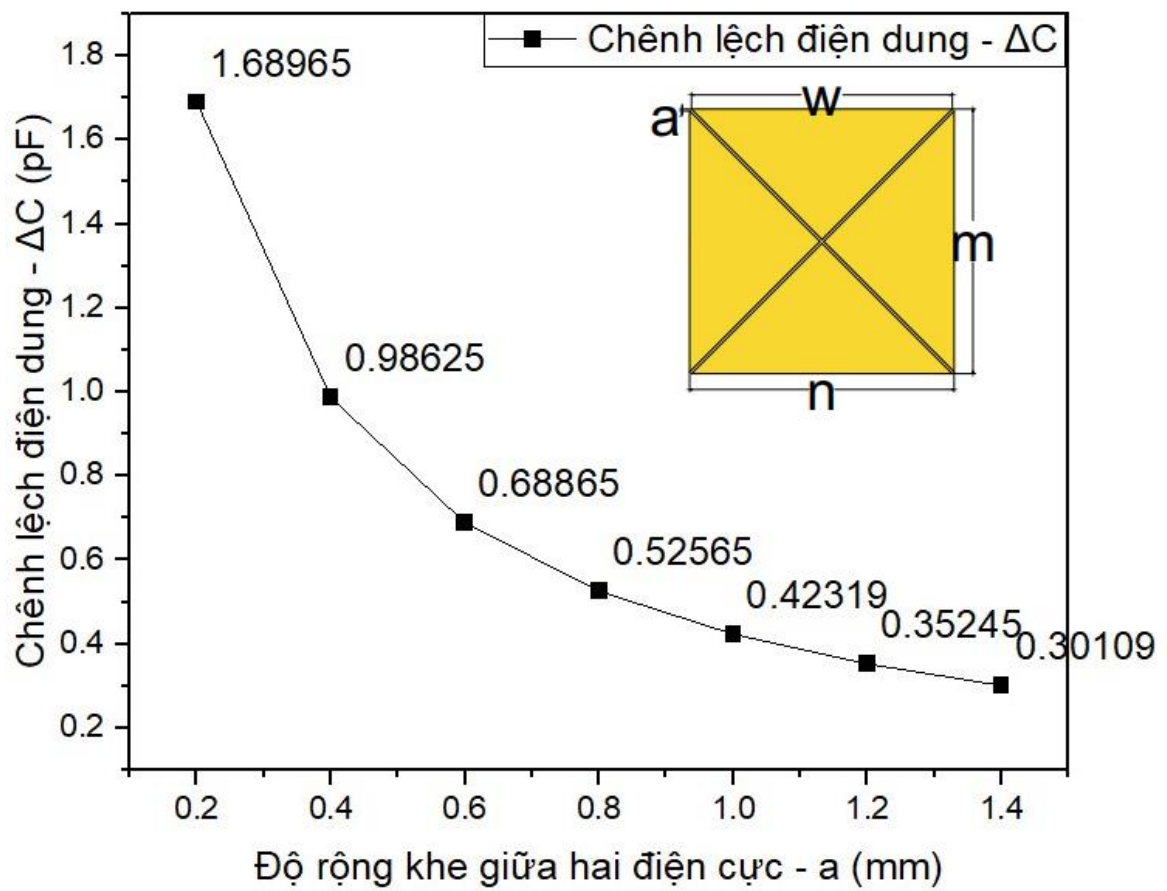
Hình 3.14 Mô phỏng cảm biến cấu trúc 3 trên COMSOL



Hình 3.15 Mô phỏng trường điện từ trên bề mặt cảm biến cấu trúc 3



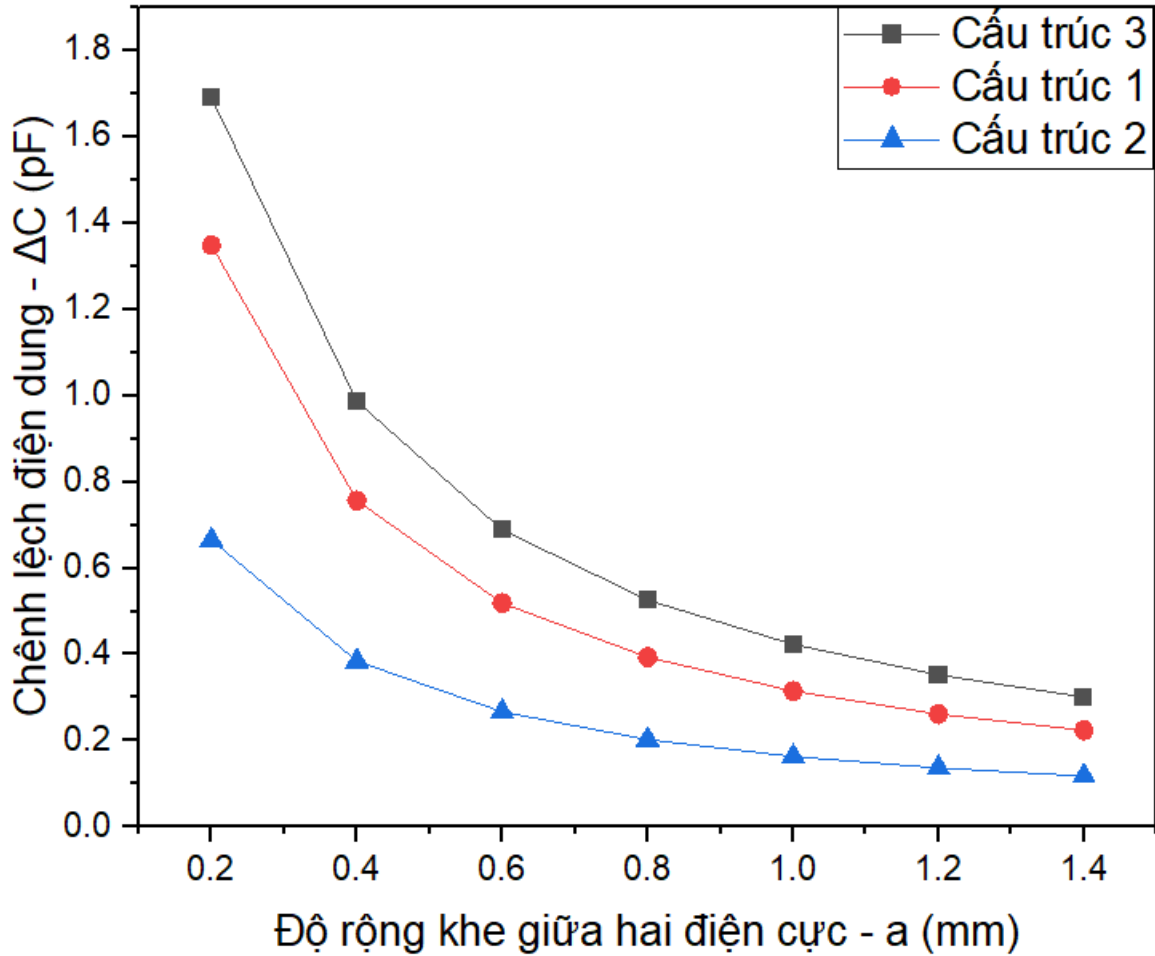
Hình 3.16 Mô phỏng đường viền trường điện từ cảm biến cấu trúc 3



Hình 3.17 Khảo sát trên cảm biến sử dụng cấu trúc 3

Cảm biến sử dụng cấu trúc 3 có khoảng cách giữa các điện cực (a) là từ 0,2 mm đến 1,4 mm và chiều rộng điện cực (w) từ $\approx 19,72$ mm xuống $\approx 18,02$ mm (Bảng 3.4). Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 3.11. Kết quả trên hình cho thấy cảm biến theo cấu trúc 1 có ΔC tương ứng từ 1,68965 pF xuống 0,30109 pF tương ứng với độ dày màng tinh dầu gừng (k) là 0,01 mm.

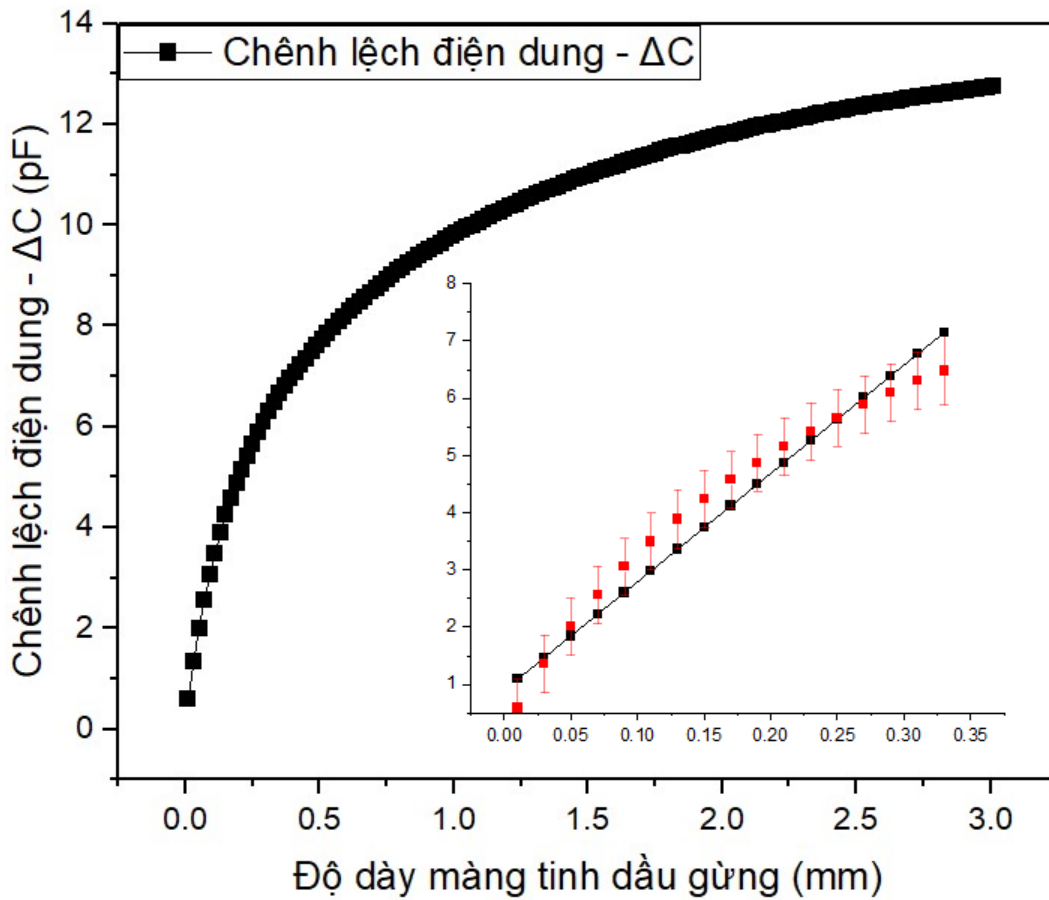
3.4.4 So sánh chênh lệch điện dung của ba loại cảm biến



Hình 3.18 So sánh chênh lệch điện dung của ba loại cảm biến

Theo như sơ đồ của hình ta có thể dễ dàng nhận ra được, loại cảm biến sử dụng cấu trúc 3 với độ rộng giữa hai khe điện cực $a = 0,2$ mm có mức chênh lệch điện dung lớn nhất $\Delta C = 1,68965$ pF. Vì vậy em chọn cảm biến sử dụng cấu trúc 3 có thông số như sau độ dày cực tụ ($t = 0,1$ mm), khoảng cách khe cực tụ cảm biến ($a = 0,2$ mm), độ rộng của bản cực tụ ($w = 9,9$ mm) để tiếp tục phương án tối ưu.

3.5 Khảo sát cảm biến sử dụng cấu trúc 3 với độ dày màng tinh dầu gừng



Hình 3.19 Đồ thị khảo sát cảm biến sử dụng cấu trúc 3 theo độ dày màng tinh dầu gừng

Hình 3.13 thể hiện kết quả mô phỏng khi màng tinh dầu gừng có hằng số điện môi là 24 và độ dày thay đổi từ 0,01 mm đến 3,01 mm thì điện dung đầu ra thay đổi tương ứng từ 0,58801 pF đến 12,75105 pF. Kết quả mô phỏng này cho thấy khi độ dày màng tinh dầu gừng thay đổi từ 0,01 mm đến 3,01 mm thì điện dung đầu ra thay đổi đồng biến tương ứng từ 0,58801 pF đến 12,75105 pF. Trong cấu trúc này, độ dày màng hơi tinh dầu gừng phạm vi từ 0 đến 0,33 mm thì chênh lệch điện dung đầu ra là tuyến tính.

Độ nhạy của cảm biến được tính như sau:

$$\frac{\Delta C_{0,33} - \Delta C_{0,01}}{k_{0,33} - k_{0,01}} \quad (3.2)$$

Trong đó:

$\Delta C_{0,33}$: Chênh lệch điện dung khi độ dày màng hơi là 0,33 mm.

$\Delta C_{0,01}$: Chênh lệch điện dung khi độ dày màng hơi là 0,01 mm.

$k_{0,33}$: Độ dày màng hơi ở mức 0,33mm.

$k_{0,01}$: Độ dày màng hơi ở mức 0,01 mm.

Với độ dày màng hơi tinh dầu phạm vi từ 0,01 đến 0,33 mm độ nhạy đạt được là 18,41 (pF/mm).

Bảng 3.5 Độ nhạy của cảm biến

Loại cấu trúc cảm biến	Độ nhạy của cảm biến (pF/mm)
1	8,94
2	4,78
3	18,41

3.6 Kết luận

Cảm biến điện dung sử dụng cấu trúc 3 với tham số như sau: khoảng cách giữa hai khe điện cực (a) = 0,2 mm, độ rộng của điện cực (w) $\approx$ 19.72 mm, độ dày điện cực (t) = 0,1 mm, lớp kính có độ dày (h) = 1 mm, độ dày màng hơi tinh dầu gừng dầu gừng thay đổi từ 0,01 mm đến 0,33 mm. Thì cảm biến điện dung sẽ có độ nhạy cao nhất là 18,41 (pF/mm). Từ đó ta có thể điều chỉnh lượng nhiệt vừa đủ sao cho lớp màng hơi tinh dầu không quá dày để có thể cho ra sản phẩm tinh dầu chất lượng nhất.

KẾT LUẬN

Tinh dầu rất phổ biến trong cuộc sống hằng ngày, việc chiết suất ra tinh dầu có chất lượng tốt luôn luôn được nhiều người quan tâm. Trong bài nghiên cứu này em sử dụng cảm biến điện dung để áp dụng vào phương pháp chiết suất tinh dầu gừng trực tiếp bằng hơi nước (HD). Em đã mô phỏng ba loại cảm biến với ba cấu trúc khác nhau có cùng kích thước 20 x 20 mm để đo độ dày màng hơi tinh dầu gừng.

Sau khi thực hiện mô phỏng trên ba loại cảm biến, đã phát hiện ra rằng cảm biến sử dụng cấu trúc 3 có hiệu suất làm việc tốt nhất. Cấu trúc cảm biến được tối ưu hóa bằng phương pháp khảo sát các kích thước khác nhau của các điện cực cảm biến là khoảng cách giữa các điện cực và độ rộng của điện cực.

Ngoài ra, cảm biến tụ điện được chế tạo và liên kết trực tiếp trên PCB với mạch xử lý tín hiệu tích hợp để giảm điện dung ký sinh và nhiễu thông thường. Cảm biến được đề xuất này có thể đo độ dày màng tinh dầu mà không cần tiếp xúc và không phá hủy. Cảm biến sử dụng cấu trúc 3 đề xuất có thể đo màng tinh dầu gừng có độ dày từ 0.01 mm đến 0.33 mm. Kết quả cho thấy cấu trúc đề xuất có chi phí thấp, độ chính xác cao, phù hợp với ứng dụng trong chiết xuất tinh dầu và nhiều ứng dụng khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. VietEssence. Tiềm năng phát triển tinh dầu Việt Nam hiện nay.
<https://tinhdauhanoi.com/tiem-nang-phat-trien-thi-truong-tinh-dau-viet-nam/>
- [2]. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Essential_oil. Essential oil .
- [3]. [Cosmetici vietnamiti: quali cosmetici portare dal Vietnam? Cosmetici Thorakao di Nha Trang per viso e corpo, una rassegna dei migliori prodotti.](#)
Tutto sui cosmetici vietnamiti.
- [4]. [Histoire du vin - DOMAINE LE GRAND ROUVIERE Vins Côtes de Provence AOC.](#) L'histoire du vin.
- [5]. Ayeza Naeem, Tanveer Abbas, Tahira Mohsin Ali and Abid Has (2018), Essential Oils: Brief Background and Uses.
- [6]. Hazem S. Elshafie and Ippolito Camele (2017), An Overview of the Biological Effects of Some Mediterranean Essential Oils on Human Health.
- [7]. Phakawat Tongnuanchan and Soottawat Benjakul (2014), Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation
- [8]. Larry K. Baxter (1997), Capacitive Sensors: Design and Applications.
- [9]. Bonse, M.H.W., C. Mul, and J.W. Spronck (1995), Finite-element modelling as a tool for designing capacitive position sensors.
- [10]. Reza Moheimani, Paniz Hosseini, Saeed Mohammadi, and Hamid Dalir (2022), Recent Advances on Capacitive Proximity Sensors: From Design and Materials to Creative Applications
- [11]. C. Sander, J. Knutti, J. Meindl (1980), A monolithic capacitive pressure sensor with pulse-period output.
- [12]. KjenSITIO (1990), A CMOS front-end circuit for a capacitive pressure sensor.
- [13]. Kobayashi (1990), A study of a capacitance-type position sensor for automotive use.
- [14]. Bindicator Level Sensors (1991), catalog.
- [15]. Sutarno H, Hadad EA, Brink M (1999), Zingiber officinale Roscoe.
- [16]. Kew Science, Plants of the World Online (2017), Zingiber officinale Roscoe.
- [17]. Zingiber capitatum Smith, Zingiber officinale Roscoe (2023). Ginger

- [18]. Ayodele Jacob Akinyemicorresponding and Philip Adeyemi Adeniyi (2018), Effect of Essential Oils from Ginger (*Zingiber officinale*) and Turmeric (*Curcuma longa*) Rhizomes on Some Inflammatory Biomarkers in Cadmium Induced Neurotoxicity in Rats.
- [19]. Jalal Uddin, Humam Ahmed, Yahya Ibrahim Asiri, Ghulam Mustafa Kamal, Syed Ghulam Musharraf (2023), Ginger essential oil: Chemical composition, extraction, characterization, pharmacological activities, and applications.
- [20]. Edgar Junior (2020), Comparison of Different Extraction Techniques of *Zingiber officinale* Essential Oil. Biological and Applied Sciences.
- [21]. Foodnk (2023), Quy trình chiết xuất và chưng cất tinh dầu gừng.
- [22]. Larry K.Baxter (1997), Capacitive Sensors.
- [23].Stephen D. Senturia (2002), Microsystem design, Kluwer academic publishers.
- [24]. COMSOL, Comsol Multiphysics User's Guide (Version 5.6).