



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0004043

(51) **G01R 27/00; G01R 27/26**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2024-00379

(22) 13/05/2022

(67) 1-2022-03028

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/07/2022 412A

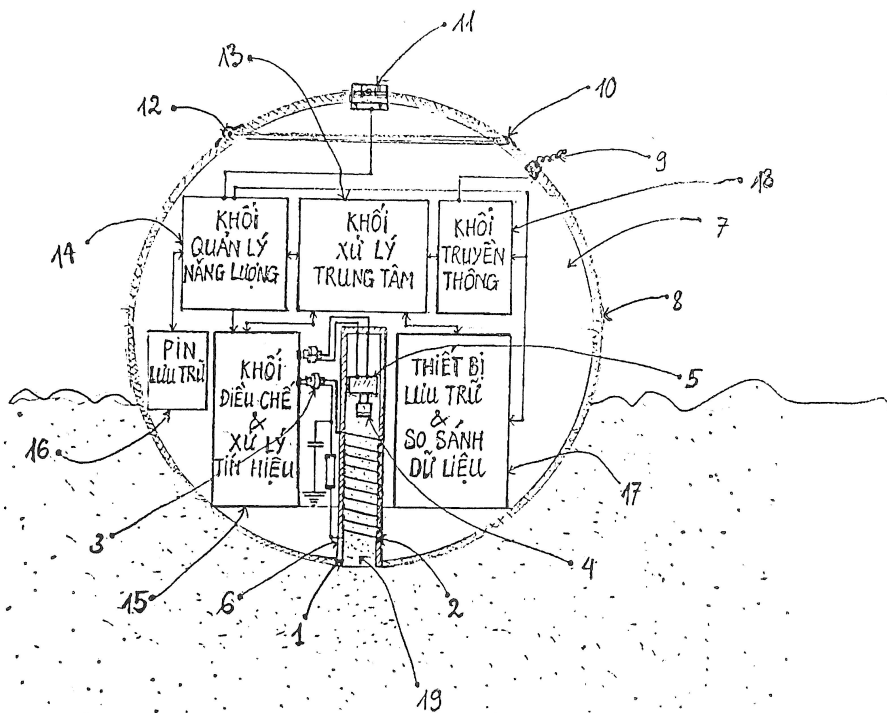
(71) Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)
Nhà E3, số 144 đường Xuân Thủy, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Bùi Đình Tú (VN); Nguyễn Đăng Cơ (VN); Hoàng Nam Nhật (VN); Vũ Xuân Mạnh (VN).

(54) **THIẾT BỊ ĐO NỒNG ĐỘ ION MUỐI TRONG DUNG DỊCH CHẤT LỎNG**

(21) 2-2024-00379

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, trong một số phương án được lựa chọn có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự, mà không tiếp xúc với chất lỏng, thiết bị này bao gồm: khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng để nổi được trên mặt nước, và có không gian trống bên trong để chứa các thành phần cảm biến, khối điều chế và xử lý tín hiệu, khối xử lý trung tâm, khối bộ nhớ, và pin lưu trữ năng lượng. Các thành phần cảm biến gồm có cuộn dây, tụ điện, và điện trở để tạo thành mạch *RLC*, trong đó cuộn dây bao gồm lõi cuộn dây có dạng ống trụ tròn rỗng được cuộn dây đồng xung quanh, ống trụ tròn rỗng được đặt ở phía dưới quả cầu rỗng và có đầu bên dưới được để hở và lộ ra sao cho nước ở nơi cần đo nồng độ ion muối sẽ đi vào và chiếm chỗ bên trong ống trụ tròn rỗng, làm thay đổi hệ số tự cảm của cuộn dây và do đó giá trị độ tự cảm được thay đổi tương ứng với nồng độ ion muối. Thiết bị theo giải pháp hữu ích xác định giá trị độ tự cảm này dựa trên dao động cộng hưởng khi phát nguồn dao động đầu vào tới mạch *RLC* với tần số thích hợp (tần số cộng hưởng), và dựa vào giá trị độ tự cảm để so khớp và đưa ra nồng độ ion muối tương ứng. Giải pháp hữu ích cũng sử dụng cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ của nước và sử dụng giá trị nhiệt độ đo được cùng với giá trị độ tự cảm đã nêu để tính toán nồng độ ion muối. Do nhiệt nước có thể ảnh hưởng tới hệ số tự cảm của cuộn dây, vì vậy việc sử dụng thêm giá trị nhiệt độ có thể nâng cao sự chính xác của phép đo.



HÌNH 1.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, cụ thể hơn là thiết bị cảm biến đo nồng độ muối trong nước, chẳng hạn như nước có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Đã biết có ba phương pháp đo độ mặn của dung dịch chất lỏng (độ dẫn) cho độ tin cậy và chính xác cao đó là sử dụng điện cực (tiếp xúc), sử dụng cuộn dây điện từ cảm ứng (không tiếp xúc) và sử dụng phương pháp quang học. Tuy nhiên mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm như được nêu ra dưới đây.

Đối với phương pháp sử dụng điện cực (hoặc mũi dò): đây là phương pháp khá phổ biến hiện nay, nguyên tắc là đo độ dẫn điện của dung dịch muối từ đó có thể xác định được độ mặn do nồng độ muối và độ dẫn điện tỷ lệ thuận với nhau. Ví dụ, khi nồng độ muối là 0,05%, độ dẫn điện σ là 0,1 S/m. Các dung dịch muối thường được hòa tan trong nước (H_2O), nước khử ion hay dung môi khác. Sau khi các phân tử muối đã hòa tan hoàn toàn trong dung môi sẽ phân ly thành các ion tự do, tức là các cation (các ion mang điện tích dương) và các anion (các ion mang điện tích âm), các phân tử này có thể di chuyển trong dung dịch (dung dịch điện phân) và có thể dẫn điện. Cách đơn giản nhất theo phương pháp này là đưa hai điện cực (hoặc hai mũi dò) cách nhau một đoạn ngâm trong một mẫu dung dịch chất lỏng cần đo và áp một hiệu điện thế lên các điện cực để dòng điện chạy qua chất lỏng. Dòng điện sẽ chạy qua mẫu chất lỏng điện phân giữa hai điện cực và độ dẫn điện có thể được xác định bằng định luật Ôm:

$$U = IR \quad (\text{phương trình 1})$$

trong đó, U là điện áp (V), I là dòng điện (A) và R là điện trở (Ω).

Với ưu điểm dễ chế tạo, giá thành thấp thì phương pháp này cũng có nhiều nhược điểm đó là dễ bị nhiễu, giá trị đo dễ bị ảnh hưởng bởi điện trở tiếp xúc giữa điện cực và mẫu vì phân đo được đặt trong chất lỏng, khi làm việc trong thời gian dài tiếp xúc nước nhiễm mặn sẽ giảm độ nhạy do các ion bám trên điện cực, oxy hóa điện cực, điện cực có thể bị ăn mòn bởi các chất hóa học, các muối dẫn đến dung dịch điện phân bị thay đổi thành phần, nhiễm bẩn. Ngoài ra, còn có các vấn đề khác về tính an toàn.

Tài liệu patent của Mỹ số US3283240A là một ví dụ về thiết bị và phương pháp xác định độ dẫn điện của dung dịch điện phân theo cách này, mặc dù có các biến thể khác.

Phương pháp đo độ dẫn sử dụng điện cực (hoặc mũi dò) tiếp xúc như đã mô tả trên phù hợp đối với các dung dịch không vô trùng, các phương pháp không tiếp xúc, không xâm lấn lại được ưu tiên nhiều hơn trong các lĩnh vực ứng dụng yêu cầu mẫu được đo không được nhiễm bẩn tài liệu patent của Mỹ số US8981795B2 bộc lộ thiết bị và phương pháp để đo độ dẫn điện không tiếp xúc của dung dịch chất lỏng. Tài liệu sáng chế này đưa ra thiết bị gồm cuộn dây kích thích sơ cấp, và hai cuộn dây nhận thứ cấp, trong đó hai cuộn dây nhận thứ cấp một và hai được bố trí đối xứng với cuộn sơ cấp đã được nối với máy kích thích. Một mạch đo lường được trang bị để kích thích cuộn dây máy kích thích vì tạo ra một từ trường xoay chiều đi qua cuộn dây nhận thứ nhất, cuộn dây nhận thứ hai và chất lỏng đo được. Để thiết bị đo gần bình chứa chất lỏng, khi đó từ trường do cuộn dây sơ cấp phát ra sẽ hình thành một từ trường xoáy trong chất lỏng ngược chiều với từ trường phát ban đầu. Các cuộn dây nhận thứ cấp thứ nhất và thứ hai sẽ thu được tín hiệu từ trường xoáy này. Sự chênh lệch tín hiệu điện của hai cuộn thứ cấp này, do dòng từ trường xoáy gây nên, nó đặc trưng cho dung dịch cần đo từ đó xác định độ dẫn điện của dung dịch. Tuy nhiên, phương pháp được mô tả trong tài liệu sáng chế này có một vấn đề là nó không đủ nhạy với nước có chứa một lượng muối nhẹ như nước ngọt.

Một trong những phương pháp cho độ nhạy cao đó chính là phương pháp quang. Ví dụ, sử dụng một cảm biến quang đơn giản hoạt động dựa trên nguyên lý cộng hưởng của các bước sóng (bước sóng cộng hưởng là một hàm của độ mặn), nhỏ gọn và độ nhạy cao để đo độ mặn được báo cáo dựa trên bộ cộng hưởng cuộn dây sợi quang kích thước cỡ micrô (MCR). MCR được sản xuất bằng cách bọc vi sợi quang ban đầu trên một thanh PMMA (polymethylmethacrylate), được hòa tan để lại một kênh chất lỏng hình trụ rỗng trong cuộn dây để đo. Dựa trên sự truyền ánh sáng qua MCR, phổ của thiết bị di chuyển đến bước sóng dài với độ mặn tăng trong chất lỏng. Độ nhạy của thiết bị MCR có thể đạt tới 15,587nm/% với độ phân giải $1,28 \times 10^{-3}\%$. Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng thiết bị có thể được sử dụng rộng rãi như một cảm biến độ mặn có độ nhạy cao trong nước và các chất lỏng khác do tính ổn định, nhỏ gọn, miễn nhiễm điện từ và độ nhạy cao. Tuy nhiên, do đòi hỏi các bộ nguồn laze và các bộ thu dẫn tới cổng kênh, nguồn laze làm việc liên tục trong một thời gian dài sẽ bị suy hao công suất, có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố môi trường đến hệ quang học, do đó với phương pháp này chủ yếu sử dụng trong phòng thí nghiệm.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Do đó, mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng dựa trên nguyên lý mạch cộng hưởng *RLC* với độ phân giải, độ nhạy cao, có thể khắc phục được ít nhất là một hoặc một số các vấn đề còn tồn tại nêu trên.

Mục đích khác của giải pháp hữu ích là đề xuất thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, có thể được theo dõi, quản lý, hoặc giám sát từ xa.

Mục đích khác nữa của giải pháp hữu ích là đề xuất thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, cụ thể hơn là thiết bị cảm biến đo nồng độ muối trong nước, chẳng hạn như nước có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự, có kết cấu đơn giản, đảm bảo độ bền cao, và có thể được lắp đặt và ứng dụng rộng rãi trong dân dụng.

Cần hiểu rằng giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở các mục đích được nêu ra trên đây, mà có thể còn bao gồm các mục đích khác nữa, trong đó có các mục đích mà có thể được nhận biết bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng thông qua các mô tả dưới đây.

Để đạt được một hoặc một số các mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng bao gồm:

khối vỏ chứa cảm biến;

ít nhất là cuộn dây, tụ điện, và điện trở có vai trò như là các thành phần cảm biến được bố trí bên trong khối vỏ chứa cảm biến, và được mắc nối tiếp hoặc song song với nhau để tạo thành mạch RLC ;

khối điều chế và xử lý tín hiệu để phát nguồn dao động đầu vào tới mạch RLC đã nêu, trong đó nguồn xung đầu vào này có tần số được thay đổi trong quá trình phát xung và biên độ được giữ không thay đổi trong quá trình phát xung, và thu nhận nguồn dao động đầu ra từ mạch RLC này;

khối xử lý trung tâm để xác định tần số dao động cộng hưởng f_r của mạch RLC tương ứng với biên độ V_r của nguồn dao động đầu ra là lớn nhất, dựa vào tần số dao động cộng hưởng f_r để tính toán được giá trị độ tự cảm L_r của mạch RLC đã nêu, và dựa vào giá trị độ tự cảm L_r để đưa ra nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng mà tương ứng với giá trị độ tự cảm L_r này; và

khối bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu;

trong đó:

cuộn dây bao gồm lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng để tạo ra phần không gian rỗng lõi cuộn dây, và dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây để tạo ra tính chất độ tự cảm của cuộn dây,

phần không gian rỗng lõi cuộn dây có một đầu để hở và một đầu bịt kín, đầu để hở được làm lộ ra trên bề mặt khối vỏ chứa cảm biến sao cho phần không gian rỗng lõi cuộn dây được nối thông với dung dịch chất lỏng khi khối vỏ chứa cảm biến được nhúng vào trong dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối,

nhờ đó một lượng dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối sẽ đi vào và chiếm chỗ bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây làm cho giá trị độ tự cảm của cuộn dây thay đổi tương ứng với nồng độ ion muối có trong dung dịch chất lỏng,

khối xử lý trung tâm, dựa vào các dữ liệu có sẵn về nồng độ muối ion đã biết và giá trị độ tự cảm đã biết tương ứng được lưu trữ trong khối bộ nhớ, để so khớp và đưa ra nồng độ ion muối theo giá trị độ tự cảm L_r đã nêu.

Tốt hơn là, tần số của nguồn xung đầu vào được thay đổi nằm trong khoảng từ 100 kHz đến 4 MHz.

Theo một phương án, thiết bị nêu trên còn bao gồm cảm biến nhiệt độ được bố trí tại phần không gian rỗng lõi cuộn dây để đo nhiệt độ của dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, và khối xử lý trung tâm kết hợp giá trị nhiệt độ của dung dịch chất lỏng và giá trị độ tự cảm của cuộn dây để xác định nồng độ ion muối có trong dung dịch chất lỏng.

Tốt hơn là, cảm biến nhiệt độ được gắn vào phao cảm biến nhiệt độ để di chuyển bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây theo lượng dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, sao cho cảm biến nhiệt độ luôn tiếp xúc với dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối.

Theo một phương án, khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng để nổi được trên mặt dung dịch chất lỏng, và có không gian trống bên trong để chứa thêm ít nhất là khối điều chế và xử lý tín hiệu, khối xử lý trung tâm, khối bộ nhớ, và pin lưu trữ năng lượng.

Tốt hơn là, khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng đã nêu có nắp kín nước mở ra được để tiếp cận tới các thành phần được bố trí bên trong khối vỏ chứa cảm biến này.

Theo một phương án, khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng đã nêu có các cơ cấu kết nối để lắp vào hệ thống các thanh liên kết sao cho liên kết thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng với các kết cấu nổi khác để tạo thành hệ nổi ổn định trên mặt dung dịch chất lỏng.

Tốt hơn là, các kết cấu nổi khác đã nêu bao gồm ít nhất là hai thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng khác.

Tốt hơn là, thiết bị này ít nhất là được cung cấp năng lượng từ hệ pin năng lượng mặt trời được lắp vào hệ thống các thanh liên kết.

Theo một phương án, thiết bị nêu trên còn bao gồm khối truyền thông và ăng ten để truyền thông với trạm quan sát, máy chủ, thiết bị người dùng, hoặc thiết bị điện tử tương tự.

Theo một phương án cụ thể, lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng đã nêu được tạo ra từ ống trụ tròn rỗng bằng polyme không dẫn điện và không có từ tính, có đường kính bằng 11,5 mm hoặc nhỏ hơn, và dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây là dây đồng có sơn cách điện, có đường kính bằng 0,5 mm hoặc lớn hơn và được quấn số vòng dây là 50 vòng hoặc lớn hơn.

Tốt hơn là, nguồn dao động đầu vào đã nêu là dao động xung vuông, dao động sóng hình sin, hoặc nguồn dao động tương tự.

Dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối là nước, nước ngọt, hoặc nước mặn, trong đó dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối này có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ giản lược thể hiện cấu tạo các thành phần bên trong của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích;

Hình 2 là hình vẽ giản lược thể hiện các thành phần cảm biến tạo thành mạch *RLC* theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích;

Hình 3 là hình vẽ giản lược thể hiện kết cấu gồm ba thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng được liên kết với nhau để tạo thành kết cấu nổi ổn định và được lắp đặt hệ pin năng lượng mặt trời;

Hình 4 là hình vẽ đồ thị thể hiện giá trị độ tự cảm L_r thực nghiệm của các dung dịch muối (NaCl) với nồng độ khác nhau (từ $0 \div 3$ g/l) trong dải tần số thay đổi từ 100 kHz đến 2000 kHz ứng với cảm biến cuộn dây có 280 vòng; và

Hình 5 là hình vẽ đồ thị thể hiện giá trị độ tự cảm L_r cực đại thực nghiệm của các dung dịch muối (NaCl) có nồng độ khác nhau (từ $0,5 \div 3$ g/l) và đường làm khớp hàm tuyến tính theo nồng độ dung dịch muối NaCl ứng với cuộn dây 280 vòng.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Dưới đây, các ưu điểm, hiệu quả và bản chất của giải pháp hữu ích có thể được hiểu rõ hơn thông qua việc mô tả chi tiết các phương án ưu tiên thực hiện có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trên các hình vẽ, các số chỉ dẫn giống nhau được dự định để biểu thị các thành phần hoặc chi tiết giống nhau hoặc tương đương và được sử dụng thống nhất trong toàn bộ mô tả, do vậy trên một số các hình vẽ hoặc một số phần trên hình vẽ có thể không xuất hiện một hoặc một số các số chỉ dẫn nhằm mục đích làm cho hình vẽ trở nên đơn giản và thuận tiện trong việc thể hiện các thành phần cấu tạo hoặc nguyên lý hoạt động khác nhau của giải pháp hữu ích, trong trường hợp như vậy, mối tương quan giữa các thành phần hoặc chi tiết cụ thể với các số chỉ dẫn biểu thị nó có thể được minh họa rõ khi tham chiếu tới các hình vẽ khác hoặc các phần khác trên hình vẽ. Bên cạnh đó, các thành phần và chi tiết được thể hiện trên hình vẽ là không theo kích thước và hình dạng thực tế, một số thành phần hoặc chi tiết sẽ được phóng đại lên và có thể được biểu thị bởi các khối giản lược nhằm mục đích minh họa và thuận tiện cho việc mô tả. Vì vậy, cần hiểu rằng các phương án được mô tả trong phần mô tả chỉ với mục đích làm ví dụ giúp cho việc hiểu rõ hơn về bản chất và các ưu điểm của giải pháp hữu ích, mà không giới hạn phạm vi của giải pháp hữu ích theo các phương án được mô tả này.

Trên Hình 1 thể hiện thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo một phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích.

Như được thể hiện trên Hình 1, thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo phương án ưu tiên này bao gồm các thành phần chính là khối vỏ cảm biến 7; cuộn dây 2, tụ điện, và điện trở có vai trò như là các thành phần cảm biến để tạo thành mạch RLC ; cảm biến nhiệt độ 4; khối điều chế và xử lý tín hiệu 15; khối xử lý trung tâm 13; khối bộ nhớ; khối truyền thông 18; và pin lưu trữ 16 để lưu trữ năng lượng.

Theo phương án ưu tiên này, khối vỏ cảm biến 7 có dạng quả cầu rỗng để nổi được trên mặt dung dịch chất lỏng (ví dụ nước), và có không gian trống bên trong để chứa thêm ít nhất là khối điều chế và xử lý tín hiệu 15, khối xử lý trung tâm 13, khối bộ nhớ (ở đây là thiết bị lưu trữ và so sánh dữ liệu 17), và pin lưu trữ 16 để lưu trữ năng lượng. Theo cách này, khối vỏ cảm biến 7 cơ bản là có vai trò như vỏ của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích. Có lợi là, toàn bộ thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích có thể được tạo ra có hình dạng bên ngoài là dạng quả cầu, có thể tự nổi được trên mặt dung dịch chất lỏng (ví dụ mặt nước) cần đo nồng độ ion muối. Kết cấu và hình dạng này được cho là tương đối đơn giản, dễ chế tạo và đảm bảo độ bền cao, và có thể được lắp đặt và ứng dụng rộng rãi trong dân dụng như tại những nơi cần quan sát độ mặn như vùng có nước biển, vùng cửa sông, đầm, ao, hồ nuôi chông thủy sản, chẳng hạn.

Cuộn dây 2, tụ điện, và điện trở được mắc với nhau để tạo thành mạch RLC . Nói chung, mạch RLC có thể được mắc nối tiếp, song song, hoặc hỗn hợp nối tiếp-song song có thể được sử dụng, miễn là tạo thành mạch dao động mà cho phép xảy ra giao động cộng hưởng.

Khối điều chế và xử lý tín hiệu 15 để phát nguồn dao động đầu vào tới mạch RLC đã nêu, trong đó nguồn xung đầu vào này có tần số được thay đổi trong quá trình phát xung và biên độ được giữ không thay đổi trong quá trình phát xung, và thu nhận nguồn dao động đầu ra từ mạch RLC này.

Khối xử lý trung tâm 13 để xác định tần số dao động cộng hưởng f_r của mạch RLC tương ứng với biên độ V_r của nguồn dao động đầu ra là lớn nhất, dựa

vào tần số dao động cộng hưởng f_r để tính toán được giá trị độ tự cảm L_r của mạch RLC đã nêu, và dựa vào giá trị độ tự cảm L_r để đưa ra nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng mà tương ứng với giá trị độ tự cảm L_r này.

Nói chung, thành phần điện trở trong mạch RLC có thể là thành phần trở kháng bất kỳ, ví dụ điện trở dây dẫn, mà không nhất thiết bao gồm một hoặc nhiều điện trở rời rạc ở dạng linh kiện điện tử. Do đó, điện trở R được minh hoạ trên Hình 1 và Hình 2 có thể được coi là sự biểu thị về trở kháng của mạch điện, mà có thể không nhất thiết là một điện trở rời rạc.

Theo phương án ưu tiên này, mạch RLC có vai trò là một mạch cộng hưởng mạch RLC nối tiếp, tức là nó sẽ có tần số dao động riêng phụ thuộc vào các giá trị trở kháng, độ tự cảm, và dung kháng. Khi giá trị nào đó, ví dụ độ tự cảm thay đổi thì tần số dao động riêng của mạch RLC cũng thay đổi. Để xác định được tần số dao động riêng, giải pháp hữu ích dựa trên tính chất của mạch dao động cộng hưởng. Cụ thể hơn, khi có dao động cưỡng bức bên ngoài cấp vào mạch RLC có tần số trùng với tần số dao động riêng của mạch RLC này thì sẽ xảy ra hiện tượng dao động cộng hưởng, lúc này biên độ dao động là lớn nhất (ký hiệu V_r) và tần số sinh ra dao động cộng hưởng có thể được gọi là tần số dao động cộng hưởng (ký hiệu f_r). Do đó, có thể xác định được tần số dao động cộng hưởng f_r thông qua nguồn dao động đầu vào cấp tới mạch RLC như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Như đã được đề cập đến trên đây, nguồn dao động đầu vào cấp tới mạch RLC có thể được tạo ra bởi khối điều chế và xử lý tín hiệu 15. Nguồn dao động đầu vào này có thể là dao động xung vuông, dao động sóng hình sin, hoặc nguồn dao động tương tự, có biên độ không đổi là A . Khối điều chế và xử lý tín hiệu 15 sẽ thực hiện việc thay đổi tần số của nguồn dao động đầu vào nằm trong khoảng từ f_0 đến f_n ($f_0 < f_n$), ví dụ theo cách tăng dần từ f_0 đến f_n . Khi tần số dao động của nguồn dao động đầu vào thay đổi, biên độ của nguồn dao động đầu ra từ mạch RLC cũng thay đổi.

Tham khảo Hình 2, khối điều chế và xử lý tín hiệu 15 được nối với mạch *RLC* đã nêu thông qua cáp đồng trục 3 có một đường xung cấp để cấp nguồn dao động đầu vào cấp tới mạch *RLC*, và một đường tín hiệu cảm biến để thu nhận nguồn dao động đầu ra từ mạch *RLC* này. Mỗi khi khối điều chế và xử lý tín hiệu 15 thực hiện việc thay đổi tần số của nguồn dao động đầu vào tăng dần từ f_0 đến f_n , tín hiệu nguồn dao động đầu ra từ mạch *RLC* được thu nhận bởi khối điều chế và xử lý tín hiệu 15 sẽ được gửi tới khối xử lý trung tâm 13 để xử lý và tính toán, nhờ đó khối xử lý trung tâm 13 sẽ xác định được biên độ lớn nhất (biên độ V_r), và theo đó tần số dao động (f_r) tương ứng với biên độ lớn nhất này được xác định là tần số dao động cộng hưởng.

Hiển nhiên là, f_0 và f_n cần được lựa chọn để đảm bảo rằng f_r nằm trong khoảng từ f_0 đến f_n . Theo một ví dụ cụ thể, f_0 có thể được lựa chọn là 100 kHz và f_n có thể được lựa chọn là 4 MHz. Tuy nhiên giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở các giá trị cụ thể của f_0 và f_n , mà các giá trị này có thể được lựa chọn tùy theo ứng dụng cụ thể (khoảng nồng độ ion muối cần đo), tính chất thực tế của mạch *RLC* được sản xuất, hoặc theo các giá trị đo thực tế của các phần tử điện trở, cuộn dây, và tụ điện khi thiết kế/sản xuất, chẳng hạn.

Theo một ví dụ cụ thể từ tần số dao động cộng hưởng f_r của mạch *RLC*, áp dụng các công thức được đưa ra dưới đây để tìm được giá trị của độ tự cảm L_r :

$$2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{L.C}} \quad (\text{phương trình 2})$$

$$\text{suy ra } L_r = \frac{1}{C(2\pi f_r)^2} \quad (\text{phương trình 3})$$

trong đó f_r là tần số cộng hưởng của mạch (Hz), L_r là độ tự cảm của cuộn dây (H) và C là dung kháng của tụ điện (F).

Như cũng được thể hiện trên các hình vẽ, cuộn dây 2 bao gồm lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng 1 để tạo ra phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19, và dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây 1 để tạo ra tính chất độ tự cảm của cuộn dây 2. Phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 có một đầu để hở và một đầu bịt kín, đầu để hở được làm lộ ra trên bề mặt khối vỏ chứa cảm biến 8 sao cho phần không

gian rỗng lõi cuộn dây 19 được nối thông với dung dịch chất lỏng khi khối vỏ chứa cảm biến được nhúng vào trong dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối. Ví dụ khi thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích được đặt nổi trên mặt nước có đầu để hở của phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 được hướng xuống phía dưới, nước sẽ đi vào và chiếm chỗ bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 làm cho giá trị độ tự cảm của cuộn dây thay đổi tương ứng với nồng độ ion muối có trong nước.

Đã biết rằng mỗi ion kim loại có một độ thẩm từ μ xác định, không thay đổi. Hệ số tự cảm hay độ tự cảm của cuộn dây là đại lượng đặc trưng cho sức điện động cảm ứng của cuộn dây khi có dòng điện biến thiên chạy qua. Trong trường hợp mà cuộn cảm thuần được thiết kế với các cấu hình khác nhau, nhưng giữ nguyên tính chất lõi cuộn dây, ví dụ chỉ thay đổi các thông số gồm có chiều dài dây, số vòng dây, đường kính dây, đường kính cuộn dây/thiết diện cuộn dây thì cơ bản là sẽ có độ tự cảm L xác định. Tuy nhiên, trong trường hợp mà cuộn cảm có độ tự cảm ban đầu L được đưa vào trong các môi trường có các độ thẩm từ ($\mu \neq 0$) khác nhau thì giá trị độ cảm L sẽ thay đổi khác nhau tương ứng với các độ thẩm từ khác nhau. Do đó, về cơ bản có thể dựa vào mối quan hệ giữa giá trị độ tự cảm và độ thẩm từ, để tính toán/xác định được độ thẩm từ khi biết được giá trị độ tự cảm. Tiếp theo, do độ thẩm từ biểu thị cho đặc trưng về nồng độ và loại ion kim loại có trong dung dịch, khi xác định được độ thẩm từ thì cơ bản có thể xác định được nồng độ ion muối có trong dung dịch.

Dựa vào các nguyên lý được mô tả trên đây, khối xử lý trung tâm 13, dựa vào các dữ liệu có sẵn về nồng độ muối ion đã biết và giá trị độ tự cảm đã biết tương ứng được lưu trữ trong khối bộ nhớ, để so khớp và đưa ra nồng độ ion muối theo giá trị độ tự cảm L_r đã nêu.

Nói chung, các dữ liệu có sẵn về nồng độ muối ion đã biết và giá trị độ tự cảm đã biết có thể được tạo ra theo nhiều cách khác nhau sử dụng cách thức kỹ thuật đã biết. Ví dụ, nhiều mẫu dung dịch muối với nồng độ ion muối tăng dần được chuẩn bị để đo giá trị độ tự cảm tương ứng của cuộn dây 2 của thiết bị đo

nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích. Giá trị về nồng độ ion muối có thể là biết trước (ví dụ được pha theo tỉ lệ biết trước), hoặc có thể được đo bằng thiết bị chuyên dụng. Dữ liệu này có thể được tạo ra từ đầu, được tích lũy theo thời gian, hoặc có thể được thu thập từ nhiều hơn một nguồn. Theo cách này có tạo ra được cơ sở dữ liệu lớn về mối tương quan giữa nồng độ ion muối (và/hoặc độ thẩm từ) với giá trị độ tự cảm tương ứng. Dựa vào cơ sở dữ liệu lớn này, khi thực hiện phép đo thực tế theo giải pháp hữu ích, khi tính được giá trị độ tự cảm, sẽ đưa ra được nồng độ ion muối tương ứng. Một phương án phương án cụ thể làm ví dụ theo giải pháp hữu ích sử dụng phân tích Fourier kết hợp với làm khớp đường cong phi tuyến để so khớp/đưa ra nồng độ ion muối tương ứng.

Nói chung, việc sử dụng phân tích Fourier kết hợp với làm khớp đường cong phi tuyến là đã biết, các mô tả chi tiết liên quan được dự định lược bỏ để tập trung hơn vào các đặc điểm khác của giải pháp hữu ích.

Để thấy là, cơ sở dữ liệu lớn có thể được tạo ra với quy mô dữ liệu được lưu trữ khác nhau, ví dụ số lượng dữ liệu, dải lưu trữ, bước biến thiên nồng độ/độ tự cảm, có thể ảnh hưởng tới độ chính xác của phép đo.

Do đó, tùy theo các thiết kế cụ thể, các phương pháp ước lượng đã biết khác nhau để xác định nồng độ ion muối dựa trên cơ sở dữ liệu lớn đã nêu có thể được sử dụng, bao gồm cả những phương pháp đơn giản, ví dụ như “tra cứu” (giá trị độ tự cảm được xấp xỉ tới một giá trị độ tự cảm có trong cơ sở dữ liệu lớn, và nồng độ ion muối là giá trị nồng độ ion muối tương ứng với giá trị độ tự cảm này); và những phương pháp phức tạp hơn, ví dụ ứng dụng trí tuệ nhân tạo, bao gồm nhưng không giới hạn ở các mạng nơ ron hồi quy được huấn luyện có giám sát, có lợi là phương pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo có thể thích ứng tốt và đưa ra kết quả có tính phổ quát cao hơn đối với cơ sở dữ liệu đầu vào có thể không chứa toàn bộ dải đo, tức là ở mức độ dữ liệu ít hơn.

Quay trở lại Hình 1, lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng đã nêu được tạo ra từ ống trụ tròn rỗng bằng polyme không dẫn điện và không có từ tính, có đường kính

bằng 11,5 mm hoặc nhỏ hơn. Dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây là dây đồng có sơn cách điện, có đường kính bằng 0,5 mm hoặc lớn hơn và được quấn số vòng dây là 50 vòng hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở đó, số vòng dây và kích thước bất kỳ có thể được sử dụng.

Khối vỏ cảm biến 7 có dạng quả cầu rỗng kín khí và nước để có thể nổi trên mặt nước, và được làm bằng vật liệu composite cứng, gia cường sợi các bon. Khối vỏ cảm biến 7 này có nắp kín nước mở ra được để tiếp cận tới các thành phần được bố trí bên trong. Nắp kín nước được lắp sử dụng bản lề 12 và chốt khóa 10 có gioăng cao su làm kín, chống thấm nước. Bên ngoài khối vỏ cảm biến 7 được sơn phủ lớp vật liệu phản xạ sóng điện từ 8 có tác dụng bảo vệ cảm biến khỏi tác động của sóng điện từ bên ngoài tới tín hiệu cảm biến.

Để bảo vệ lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng 1 cũng như cuộn dây 2, lớp keo epoxy 6 được định hình, đổ đầy, kín xung quang để cố định cảm biến cuộn dây 2, chỉ để hở đầu để hở của phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 để dung dịch chất lỏng có thể chảy vào.

Theo một phương án ưu tiên, thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng còn bao gồm khối truyền thông 18 và ăng ten 19 để truyền thông với trạm quan sát, máy chủ, thiết bị người dùng, hoặc thiết bị điện tử tương tự. Khối truyền thông 18 có thể sử dụng các kỹ thuật truyền thông đã biết bất kỳ để thực hiện việc truyền thông, ví dụ sóng di động 3G/4G/5G, WiFi, LoRa, hoặc kỹ thuật truyền thông tương tự.

Cảnh báo về thông tin về giá trị độ mặn đo được quá ngưỡng cho phép, thay đổi bất thường, hoặc những thông tin cần quan tâm có thể ngay lập tức được gửi tới người quản lý/người dùng từ xa thông qua khối truyền thông 18.

Mặc dù như được thể hiện trên Hình 1, thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng có thể bao gồm thiết bị lưu trữ và so sánh dữ liệu 17. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở đó, việc lưu trữ và so sánh dữ liệu có thể được thực hiện một phần hoặc toàn phần từ xa thông qua trạm quan sát, máy chủ, thiết bị người dùng, hoặc thiết bị điện tử tương tự, và các dữ liệu/kết quả có

thể được truyền thông tới thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng thông qua khối truyền thông 18 và ăng ten 19. Theo cách này, thiết bị lưu trữ và so sánh dữ liệu 17 có thể được lược bỏ.

Theo một phương án ưu tiên, thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích còn bao gồm cảm biến nhiệt độ 4, ví dụ cảm biến nhiệt độ thương mại có sẵn dòng LM35, được bố trí tại phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 để đo nhiệt độ của dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, và khối xử lý trung tâm 13 kết hợp giá trị nhiệt độ của dung dịch chất lỏng và giá trị độ tự cảm của cuộn dây để xác định nồng độ ion muối có trong dung dịch chất lỏng. Ưu tiên là, cảm biến nhiệt độ 4 được gắn vào phao cảm biến nhiệt độ 5 để di chuyển bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 theo lượng dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, sao cho cảm biến nhiệt độ luôn tiếp xúc với dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối. Tuy ý, cơ cấu dẫn hướng cảm biến nhiệt độ 4 và phao cảm biến nhiệt độ 5 có thể được tạo ra để giới hạn hành trình di chuyển của cảm biến nhiệt độ 4 và phao cảm biến nhiệt độ 5, giúp tăng độ ổn định khi chúng di chuyển và có thể bảo vệ dây dẫn được nối từ cảm biến nhiệt độ vào phía trong khối vỏ cảm biến 7.

Theo cách tương tự như được mô tả trên đây, cơ sở dữ liệu lớn về mối tương quan giữa nồng độ ion muối (và/hoặc độ thẩm từ), nhiệt độ dung dịch, và giá trị độ tự cảm mà tương ứng với nhau có thể được tạo ra. Nhờ đó, dựa vào giá trị độ tự cảm và nhiệt độ khi đo sẽ xác định được nồng độ ion muối. Do nhiệt độ có thể ảnh hưởng tới độ thẩm từ, việc kết hợp thêm yếu tố nhiệt độ trong phép đo cơ bản sẽ làm tăng đáng kể độ chính xác kết quả nồng độ ion muối thu được.

Theo một phương án ưu tiên, khối vỏ cảm biến 7 có dạng quả cầu rỗng và các thành phần chính của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo phương án được minh họa trên Hình 1 có thể được tạo ra và bố trí sao cho trọng tâm của toàn bộ thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng có trọng tâm cơ bản là nằm bên trên phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19, sao cho khi thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng được đặt nổi trong

dung dịch chất lỏng, phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 sẽ được điền đầy bởi chất lỏng. Điều này là do trọng tâm của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng luôn thấp hơn mặt chất lỏng khi nó được đặt nổi trên mặt dung dịch chất lỏng, trong khi đó mực nước trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 luôn cân bằng với mặt chất lỏng.

Hiển nhiên là, toàn bộ phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 không nhất thiết là phải nằm bên dưới trọng tâm của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, mà một phần lớn của phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 có thể nằm bên dưới trọng tâm của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng, miễn là đảm bảo chất lỏng có thể điền đầy toàn bộ phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 khi thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng được đặt nổi trong dung dịch chất lỏng. Theo cách này, độ chính xác của phép đo có thể được tăng lên do điều kiện đo luôn được đảm bảo đồng nhất. Ngoài ra, cảm biến nhiệt độ 4 cơ bản có thể luôn được tiếp xúc với chất lỏng cần đo, phao cảm biến nhiệt độ 5 có thể được lược bỏ.

Theo một phương án ưu tiên khác, cảm biến khoảng cách có thể được trang bị tại phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 để xác định mực chất lỏng chiếm chỗ bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 này, nhờ đó xác định được thể tích chất lỏng chiếm chỗ bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19. Thông số về thể tích chất lỏng chiếm chỗ này có thể được sử dụng để hiệu chỉnh kết quả phép đo, chẳng hạn.

Theo một phương án ưu tiên khác, tuabin cỡ nhỏ có thể được bố trí ở bên trong hoặc ở vị trí lân cận với đầu để hở của phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 để khuấy đều chất lỏng bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây 19 và chất lỏng xung quanh, nhờ đó tăng mức độ đồng đều của chất lỏng được đo.

Theo một phương án ưu tiên, khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng đã nêu có các cơ cấu kết nối để lắp vào hệ thống các thanh liên kết sao cho liên kết thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng với các kết cấu nổi

khác để tạo thành hệ nổi ổn định trên mặt dung dịch chất lỏng. Ví dụ cụ thể về kết cấu theo phương án ưu tiên này được thể hiện trên Hình 3.

Như được thể hiện trên Hình 3, khối vỏ chứa cảm biến 7 có dạng quả cầu rỗng có các cơ cấu kết nối 11 để lắp vào hệ thống các thanh liên kết 21 được gia cố bởi các dây cáp 22 để liên kết một thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng với hai thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng khác để tạo thành hệ nổi ổn định trên mặt dung dịch chất lỏng.

Các thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng khác nhau được lắp đặt cùng nhau có thể được hoạt động luân phiên, hoặc có thể được tham chiếu kết quả lẫn nhau để tăng hiệu quả sử dụng năng lượng và độ chính xác phép đo.

Hệ pin năng lượng mặt trời gồm có tám pin năng lượng mặt trời 20 được lắp vào hệ thống các thanh liên kết 21 để chuyển đổi năng lượng mặt trời thành điện năng. Thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích có thể được cung cấp năng lượng từ hệ pin năng lượng mặt trời này.

Theo một phương án ưu tiên, thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng có thể sử dụng năng lượng từ pin lưu trữ 16 (xem Hình 1) và năng lượng từ tám pin năng lượng mặt trời 20 (xem Hình 3). Khối quản lý năng lượng 14 có thể được tạo ra để tối ưu hoá việc sử dụng năng lượng. Năng lượng được tạo ra từ tám pin năng lượng mặt trời 20 có thể được nạp và tích trữ trong pin lưu trữ 16. Phương án này có lợi là, tám pin năng lượng mặt trời 20 khi được sử dụng ngoài việc cung cấp năng lượng bổ sung, còn có thể đóng vai trò làm kết cấu gia cố cho hệ thống các thanh liên kết 21.

Hiển nhiên là, pin lưu trữ 16 cũng có thể được cấp năng lượng từ các nguồn thích hợp khác nhau.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Bộ dữ liệu có sẵn về nồng độ muối ion đã biết và giá trị độ tự cảm đã biết có thể được tạo ra theo nhiều cách khác nhau sử dụng cách thức kỹ thuật đã biết. Ví dụ, nhiều mẫu dung dịch muối với nồng độ ion muối tăng dần được chuẩn bị

để đo giá trị độ tự cảm tương ứng của cuộn dây 2 của thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích. Giá trị về nồng độ ion muối có thể là biết trước. Ví dụ, trong thực hiện giải pháp hữu ích này, bộ số liệu có quy mô lớn (với nhiều loại muối khác nhau được tiến hành đo đặc: muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba)) cả về số lượng lấy mẫu (ví dụ theo giải pháp hữu ích đã thực hiện hơn 500 mẫu đo/mỗi loại muối thử nghiệm, độ lặp lại thực nghiệm là 3 lần đo độc lập được tiến hành/mỗi loại muối) lẫn dài lưu trữ với các bước biến thiên nồng độ nhỏ (ví dụ theo giải pháp hữu ích là 0,025 % g/ml, nhưng không giới hạn có thể nhỏ hơn) cho độ chính xác cao và bộ số liệu luôn được cập nhật cho hệ thống.

Ví dụ, để xây dựng một bộ số liệu về độ mặn của dung dịch muối Na^+ theo giải pháp hữu ích, các dung dịch muối Na^+ với nồng độ khác nhau được pha từ những hóa chất có độ tinh khiết cao như phân tích thành phần của hãng sản xuất và được sử dụng mà không cần tinh chế thêm. Ví dụ theo giải pháp hữu ích, hóa chất được sử dụng là sodium chloride ($\text{NaCl} \geq 99,5\%$, Merck), v.v..

Theo đó, tiến hành cân lần lượt các muối NaCl với tỉ phần khối lượng phù hợp cho vào cốc đựng 100ml nước khử ion hoặc tỉ lệ pha loãng hơn là 1000 ml nước khử ion. Tiến hành khuấy từ trong vòng 10 phút với tốc độ khuấy 3000 vòng/phút trong điều kiện nhiệt độ phòng để muối tan hoàn toàn. Sau khi muối tan hết thu được các dung dịch muối đồng nhất NaCl ứng với các tỉ phần khối lượng khác nhau đã biết trước như Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Tỉ phần khối lượng muối NaCl hòa tan trong 1000 ml dung dịch nước khử ion và độ tự cảm cực đại L_r của dung dịch muối được đo bởi cảm biến cuộn dây theo giải pháp hữu ích tại nhiệt độ phòng.

STT	Khối lượng muối NaCl (g)	Thể tích nước khử ion (ml)	Nhiệt độ dung dịch muối (°C)	Độ tự cảm cực đại L_r max (H)
1	0.00	1000	27	$6.47.10^{-5}$
2	0.50	1000	27	$5.954.10^{-5}$
3	0.75	1000	27	$6.498.10^{-5}$
4	1.00	1000	27	$7.0773.10^{-5}$
5	1.25	1000	27	$7.5863.10^{-5}$
6	1.50	1000	27	$8.1559.10^{-5}$
7	1.75	1000	27	$8.5894.10^{-5}$
8	2.00	1000	27	$9.0967.10^{-5}$
9	2.25	1000	27	$9.6142.10^{-5}$
10	2.50	1000	27	$9.974.10^{-5}$
11	2.75	1000	27	$1.08.10^{-4}$
12	3.00	1000	27	$1.12.10^{-4}$
...	...	...	...	...

Trong ví dụ thực hiện đo dung dịch muối NaCl với nồng độ khác nhau (từ $0 \div 3$ g/l) trong dải tần số thay đổi từ 100 kHz đến 2 MHz tại nhiệt độ phòng (27°C) bằng thiết bị theo giải pháp hữu ích. Ví dụ, một vài kết quả của phép đo được thể hiện như hình 4, đây là hình vẽ đồ thị thể hiện giá trị độ tự cảm L_r thực nghiệm của các dung dịch muối (NaCl) với nồng độ khác nhau (từ $0 \div 3$ g/l) trong dải tần số thay đổi từ 100 kHz đến 2000 kHz ứng với cảm biến cuộn dây có 280 vòng.

Có thể thấy rằng, với mẫu nước cất, giá trị độ tự cảm L có sự thay đổi không đáng kể trong toàn bộ dải tần, nhưng khi tăng khối lượng muối hòa tan trong dung dịch thì giá trị độ tự cảm L của cảm biến cuộn dây cho tín hiệu biến đổi rõ rệt, đặc biệt tại khoảng tần số cộng hưởng khoảng 600 kHz, xuất hiện các giá trị độ tự cảm cực đại và các giá trị này có xu hướng tăng theo chiều tăng khối lượng muối hòa tan, cụ thể như Bảng 1.

Để đo được độ mặn của dung dịch muối trên, nghiên cứu sử dụng cảm biến cuộn dây (chất liệu: dây đồng; số vòng 280; tiết diện dây: 0,3 mm) với ống polyme lõi rỗng bên trong, được tạo dao động trong dải tần số từ 100 kHz – 2 MHz và

tần số cộng hưởng tương ứng được xác định bằng phân tích Fourier kết hợp với làm khớp đường cong phi tuyến như hình 5. Với giá trị $R^2 = 0,998$ cho thấy giá trị thực nghiệm đo đạc và hàm làm khớp có độ chính xác cao thể hiện rõ sự phụ thuộc của giá trị độ tự cảm cực đại với nồng độ muối hòa tan trong dung dịch. Môi trường bên trong bộ cộng hưởng làm thay đổi tần số cộng hưởng của nó, tùy thuộc vào loại muối, nồng độ dung dịch muối, nhiệt độ của môi trường cần đo. Bảng so sánh kết quả đo độ mặn của dung dịch muối NaCl bằng thiết bị theo giải pháp hữu ích và giá trị nồng độ đã chuẩn bị và biết trước.

Bộ dữ liệu này có thể được tạo ra từ đầu, được tích lũy theo thời gian, hoặc có thể được thu thập từ nhiều hơn một nguồn. Theo cách này có tạo ra được cơ sở dữ liệu lớn về mối tương quan giữa nồng độ ion muối (và/hoặc độ thâm từ) với giá trị độ tự cảm tương ứng. Dựa vào cơ sở dữ liệu lớn này, khi thực hiện phép đo thực tế theo giải pháp hữu ích, khi tính được giá trị độ tự cảm, sẽ đưa ra được nồng độ ion muối tương ứng.

Kết quả được thể hiện trên Hình 4 và Hình 5, trong đó Hình 4 là hình vẽ đồ thị thể hiện giá trị độ tự cảm L_r thực nghiệm của các dung dịch muối (NaCl) với nồng độ khác nhau (từ 0 ÷ 3 g/l) trong dải tần số thay đổi từ 100 kHz đến 2000 kHz ứng với cảm biến cuộn dây có 280 vòng, và Hình 5 là hình vẽ đồ thị thể hiện giá trị độ tự cảm L_r cực đại thực nghiệm của các dung dịch muối (NaCl) có nồng độ khác nhau (từ 0,5 ÷ 3 g/l) và đường làm khớp hàm tuyến tính theo nồng độ dung dịch muối NaCl ứng với cuộn dây 280 vòng.

Hiệu quả có thể đạt được của giải pháp hữu ích

Như đã biết, hàm lượng muối của sông, suối và vịnh ven biển có tác động mạnh mẽ đến nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và môi trường sống của nhiều loài động vật hay giao thông, xây dựng công trình ven biển.... Biến đổi khí hậu dẫn đến nước biển hay thủy triều dâng cao đã và đang trở thành những mối lo ngại về tình trạng xâm nhập mặn tại các tỉnh đồng bằng ven biển, ví dụ như đồng bằng Cửu Long hay một số vùng ở miền Bắc nước ta. Nếu như kiểm soát tốt nước

nhiễm mặn vẫn có thể thành công với nền nông nghiệp dùng nước mặn, tuy nhiên việc này đòi hỏi cần phải được kiểm soát tốt nồng độ nước nhiễm mặn.

Thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng theo giải pháp hữu ích, cụ thể là thiết bị cảm biến đo nồng độ muối trong nước, chẳng hạn như nước có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự, có kết cấu đơn giản, đảm bảo độ bền cao, có thể được lắp đặt rộng rãi trong dân dụng, và có thể được ứng dụng trong việc giám sát, cảnh báo, kiểm soát hàm lượng mặn như vùng có nước biển, vùng cửa sông, đầm, ao, hồ nuôi trồng thủy sản, chẳng hạn... phục vụ trong nông nghiệp, ứng phó biến đổi khí hậu, được xem là một trong những giải pháp cho vấn đề trên.

Trên đây, giải pháp hữu ích đã được mô tả chi tiết theo các phương án ưu tiên thực hiện, và có thể kèm theo các phương án thay thế hoặc tương đương hoặc các ví dụ cụ thể, sử dụng các mô tả và thuật ngữ phù hợp để người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này có thể hiểu và thực hiện được giải pháp theo giải pháp hữu ích. Vì vậy, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể dễ dàng tạo ra các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương dựa vào các nội dung và phương án được mô tả. Do đó, các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương này được coi là không nằm ngoài phạm vi của giải pháp hữu ích, và phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích hiển nhiên là không bị giới hạn bởi các nội dung và phương án được mô tả mà được xác định trong yêu cầu bảo hộ dưới đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng bao gồm:

khối vỏ chứa cảm biến;

ít nhất là cuộn dây, tụ điện, và điện trở có vai trò như là các thành phần cảm biến được bố trí bên trong khối vỏ chứa cảm biến, và được mắc nối tiếp hoặc song song với nhau để tạo thành mạch *RLC*;

khối điều chế và xử lý tín hiệu để phát nguồn dao động đầu vào tới mạch *RLC* đã nêu, trong đó nguồn xung đầu vào này có tần số được thay đổi trong quá trình phát xung và biên độ được giữ không thay đổi trong quá trình phát xung, và thu nhận nguồn dao động đầu ra từ mạch *RLC* này;

khối xử lý trung tâm để xác định tần số dao động cộng hưởng f_r của mạch *RLC* tương ứng với biên độ V_r của nguồn dao động đầu ra là lớn nhất, dựa vào tần số dao động cộng hưởng f_r để tính toán được giá trị độ tự cảm L_r của mạch *RLC* đã nêu, và dựa vào giá trị độ tự cảm L_r để đưa ra nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng mà tương ứng với giá trị độ tự cảm L_r này; và

khối bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu;

trong đó:

cuộn dây bao gồm lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng để tạo ra phần không gian rỗng lõi cuộn dây, và dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây để tạo ra tính chất độ tự cảm của cuộn dây,

phần không gian rỗng lõi cuộn dây có một đầu để hở và một đầu bịt kín, đầu để hở được làm lộ ra trên bề mặt khối vỏ chứa cảm biến sao cho phần không gian rỗng lõi cuộn dây được nối thông với dung dịch chất lỏng khi khối vỏ chứa cảm biến được nhúng vào trong dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, nhờ đó một lượng dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối sẽ đi vào và chiếm chỗ bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây làm cho giá trị độ tự cảm của cuộn dây thay đổi tương ứng với nồng độ ion muối có trong dung dịch chất lỏng,

khối xử lý trung tâm, dựa vào các dữ liệu có sẵn về nồng độ muối ion đã biết và giá trị độ tự cảm đã biết tương ứng được lưu trữ trong khối bộ nhớ, để so khớp và đưa ra nồng độ ion muối theo giá trị độ tự cảm L_r đã nêu;

và trong đó:

thiết bị này còn bao gồm cảm biến nhiệt độ được bố trí tại phần không gian rỗng lõi cuộn dây để đo nhiệt độ của dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, và khối xử lý trung tâm kết hợp giá trị nhiệt độ của dung dịch chất lỏng và giá trị độ tự cảm của cuộn dây để xác định nồng độ ion muối có trong dung dịch chất lỏng.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó tần số của nguồn xung đầu vào được thay đổi nằm trong khoảng từ 100 kHz đến 4 MHz.
3. Thiết bị theo điểm 1 hoặc 2, trong đó cảm biến nhiệt độ được gắn vào phao cảm biến nhiệt độ để di chuyển bên trong phần không gian rỗng lõi cuộn dây theo lượng dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối, sao cho cảm biến nhiệt độ luôn tiếp xúc với dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối.
4. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng để nổi được trên mặt dung dịch chất lỏng, và có không gian trống bên trong để chứa thêm ít nhất là khối điều chế và xử lý tín hiệu, khối xử lý trung tâm, khối bộ nhớ, và pin lưu trữ năng lượng.
5. Thiết bị theo điểm 4, trong đó khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng đã nêu có nắp kín nước mở ra được để tiếp cận tới các thành phần được bố trí bên trong khối vỏ chứa cảm biến này.
6. Thiết bị theo điểm 4 hoặc 5, trong đó khối vỏ chứa cảm biến có dạng quả cầu rỗng đã nêu có các cơ cấu kết nối để lắp vào hệ thống các thanh liên kết sao cho liên kết thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng với các kết cấu nổi khác để tạo thành hệ nổi ổn định trên mặt dung dịch chất lỏng.
7. Thiết bị theo điểm 6, trong đó các kết cấu nổi khác đã nêu bao gồm ít nhất là hai thiết bị đo nồng độ ion muối trong dung dịch chất lỏng khác.

8. Thiết bị theo điểm 6 hoặc 7, trong đó thiết bị này ít nhất là được cung cấp năng lượng từ hệ pin năng lượng mặt trời được lắp vào hệ thống các thanh liên kết.

9. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó thiết bị này còn bao gồm khối truyền thông và ăng ten để truyền thông với trạm quan sát, máy chủ, thiết bị người dùng, hoặc thiết bị điện tử tương tự.

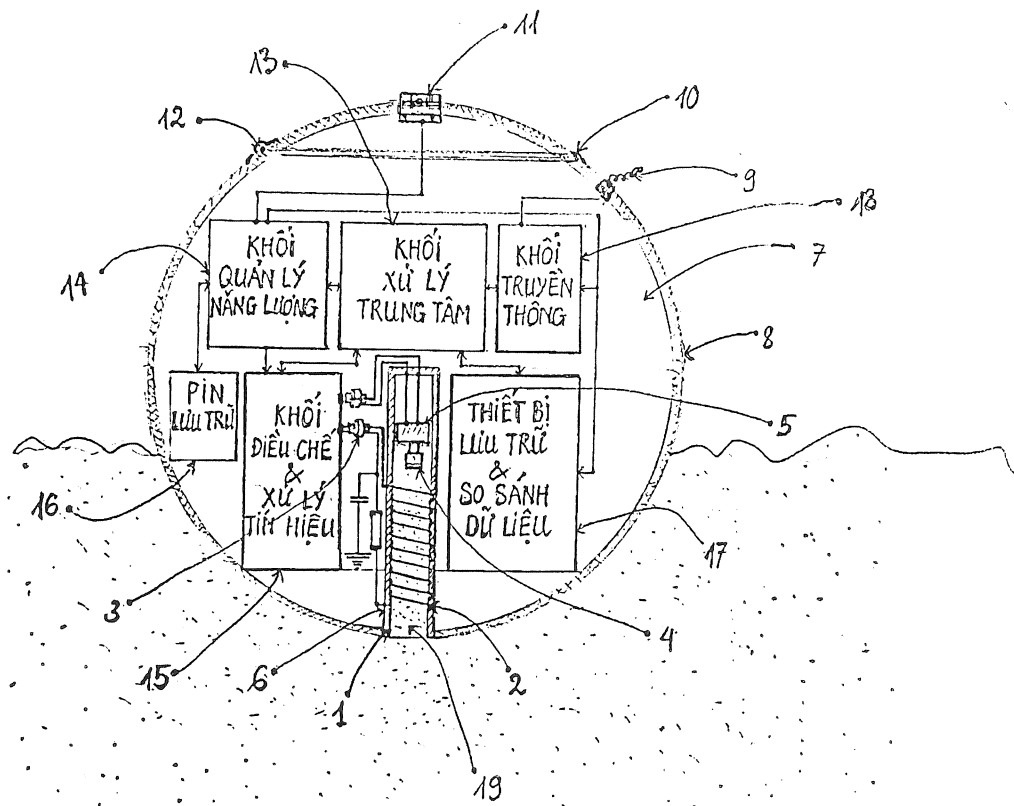
10. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó:

lõi cuộn dây có dạng trụ rỗng đã nêu được tạo ra từ ống trụ tròn rỗng bằng polyme không dẫn điện và không có từ tính, có đường kính bằng 11,5 mm hoặc nhỏ hơn, và

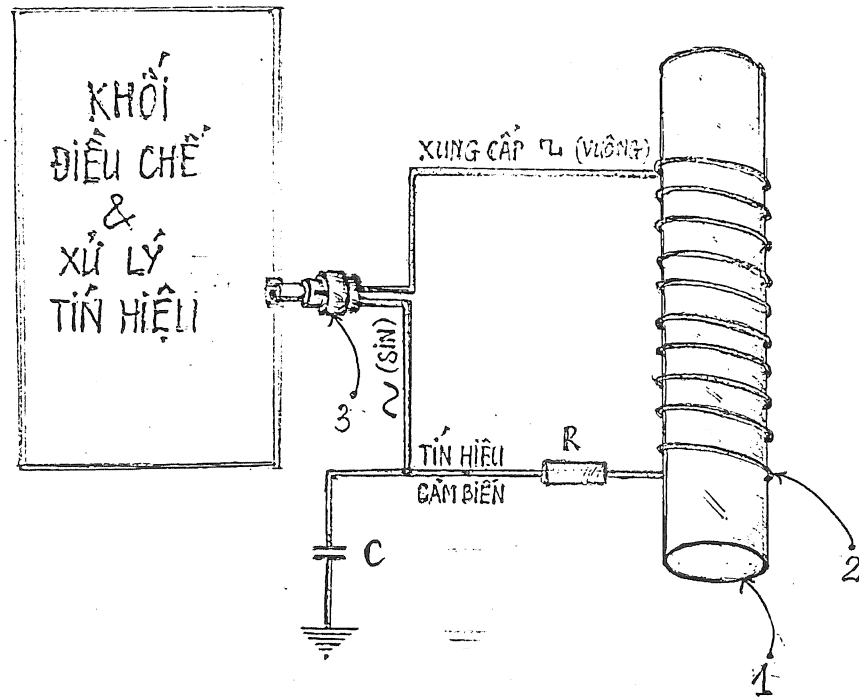
dây dẫn điện được quấn xung quanh lõi cuộn dây là dây đồng có sơn cách điện, có đường kính bằng 0,5 mm hoặc lớn hơn và được quấn số vòng dây là 50 vòng hoặc lớn hơn.

11. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó nguồn dao động đầu vào đã nêu là dao động xung vuông, dao động sóng hình sin, hoặc nguồn dao động tương tự.

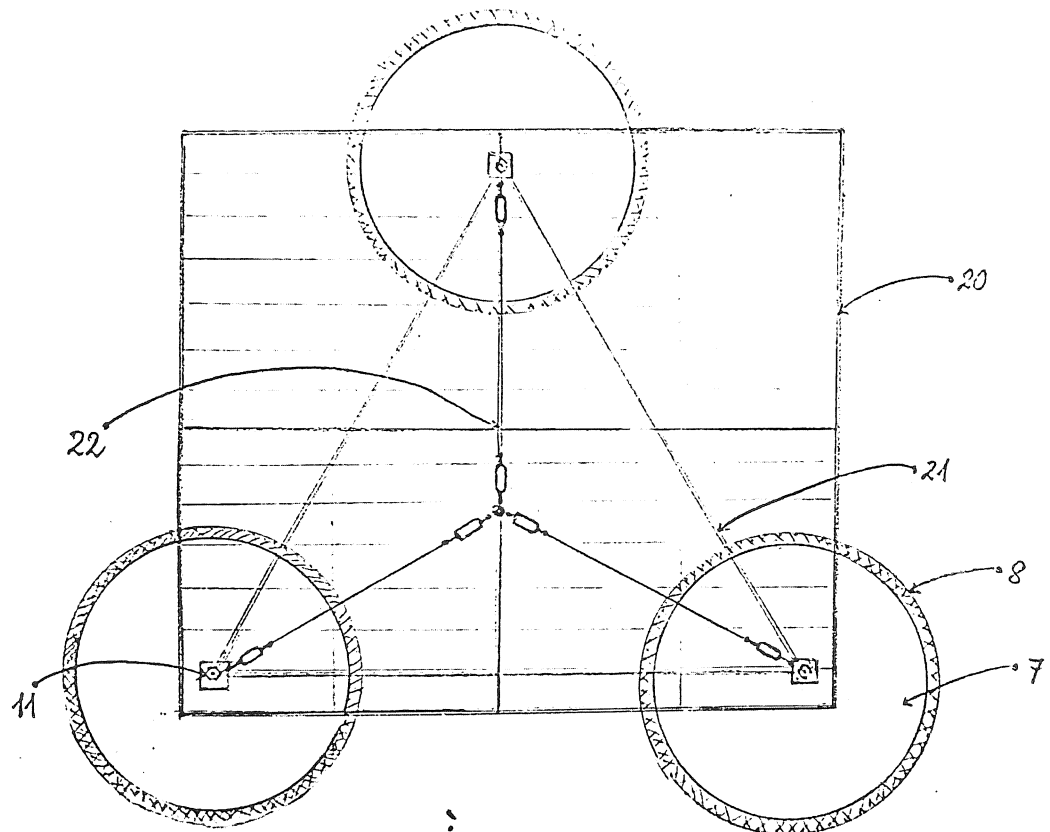
12. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối là nước, nước ngọt, hoặc nước mặn, trong đó dung dịch chất lỏng cần đo nồng độ ion muối này có chứa muối coban (Co), muối sắt (Fe), hoặc các muối của kim loại kiềm/kiềm thổ gồm có natri (Na), kali (K), bari (Ba), hoặc muối tương tự.



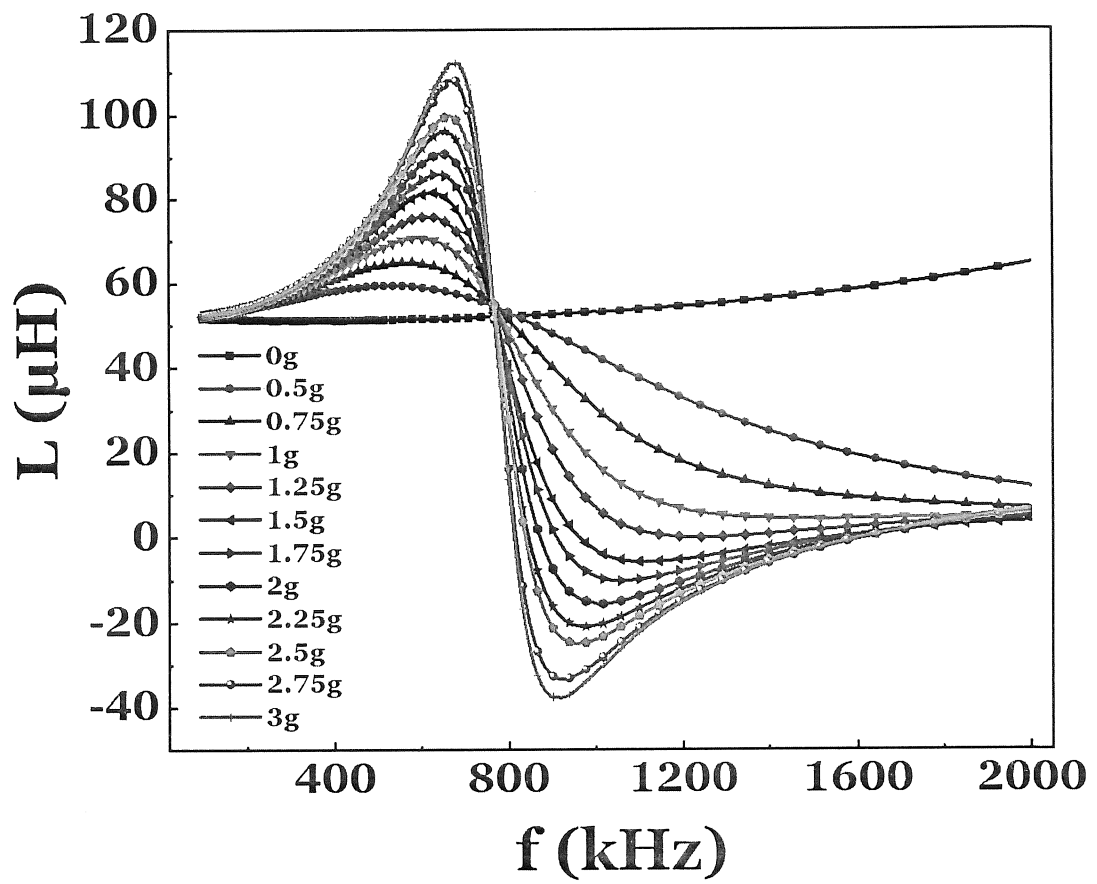
HÌNH 1.



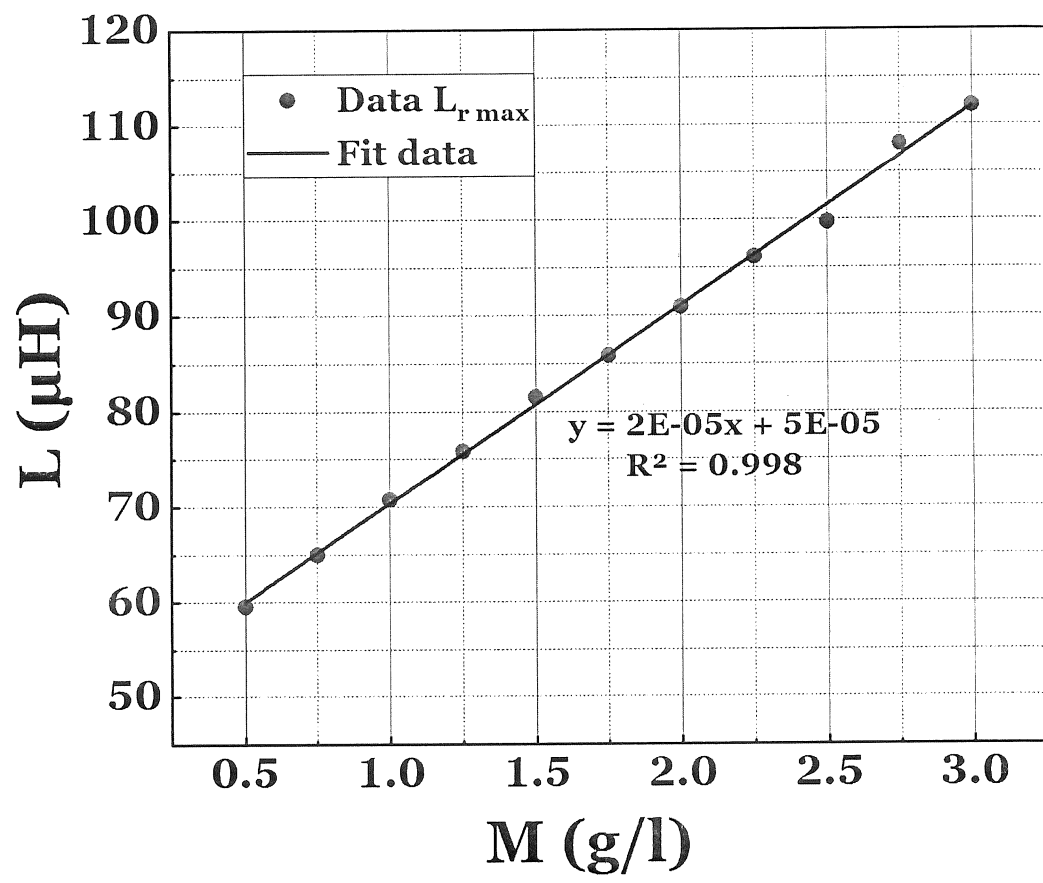
HÌNH 2.



HÌNH 3.



Hình 4



Hình 5