



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0053628

(51)^{2022.01} H05H 1/00; A61L 2/00

(13) B

(21) 1-2023-02412

(22) 12/04/2023

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/07/2023 424A

(76) Lê Hồng Mạnh (VN)

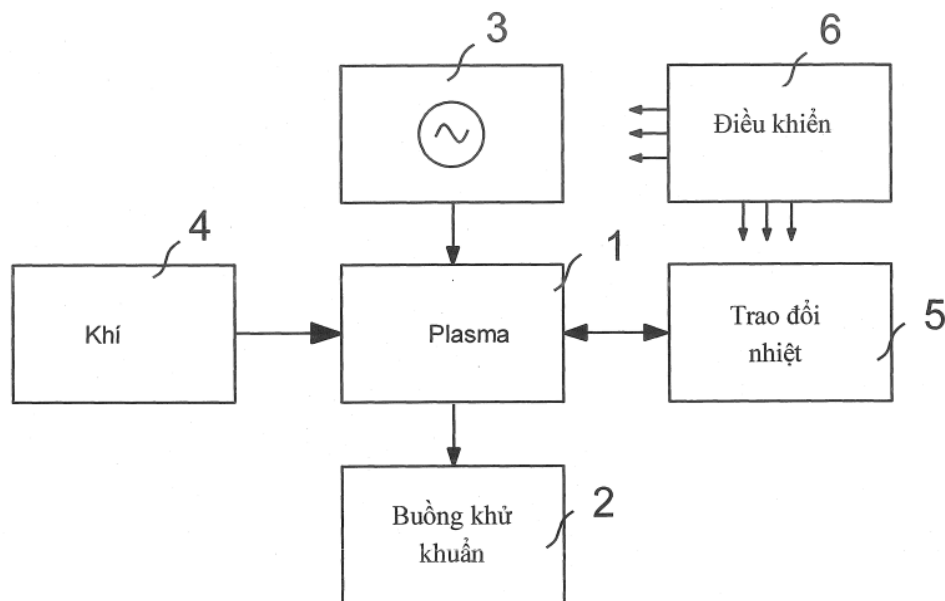
510 - D5, Dịch Vọng, Cầu Giấy, Hà Nội

(54) THIẾT BỊ KHỬ TRÙNG BẰNG PLASMA LẠNH Ở ÁP SUẤT KHÍ QUYỀN,
ỨNG DỤNG TRONG NÔNG NGHIỆP VÀ Y TẾ

(21) 1-2023-02412

(57) Sáng chế đề cập tới thiết bị phát plasma lạnh ở áp suất khí quyển (CAP) được phối hợp với các hoạt chất đệm để khử trùng hiệu quả cho nhiều loại vật phẩm dạng đơn cũng như công nghiệp, thiết bị này bao gồm:

một môđun phát plasma lạnh CAP gồm ít nhất hai ống điện môi hình trụ đặt song song với nhau và nằm trong một bình đựng dung dịch; một môđun cung cấp khí cùng các hoạt chất đệm cung cấp cho môđun plasma; buồng khử trùng có thiết kế phù hợp với nhiều loại vật phẩm khác nhau.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị phát plasma lạnh ở áp suất khí quyển (Cold Atmospheric Plasma–CAP), ứng dụng trong việc khử trùng các sản phẩm trong nông nghiệp và y tế.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Khử trùng là công việc vô hiệu hóa các vi sinh vật được coi là gây bệnh. Hiện nay có rất nhiều phương pháp khử trùng, điển hình như: khử trùng dùng nhiệt, khử trùng dùng hóa chất, khử trùng dùng tia chiếu xạ, khử trùng dùng tia cực tím (Ultraviolet-UV)... Mỗi một phương pháp khử trùng đều có những ưu nhược điểm riêng. Khử trùng dùng nhiệt là phương pháp phổ biến cho việc khử trùng các đồ vật dụng y tế, dụng cụ thí nghiệm, nông sản thực phẩm khô... Nhược điểm là tốn năng lượng, sản phẩm bị biến chất. Khử trùng dùng hoá chất cũng có hai loại, dùng các hóa chất bay hơi (như CH_3 , Ozon...) và dùng các hóa chất lỏng (như Hydro peroxit (H_2O_2), Hypochlorit, NaOCl (Javen)). Ưu điểm là khử trùng nhanh, thể tích lớn nhưng nhược điểm là tồn dư hóa chất sẽ gây độc. Khử trùng dùng tia chiếu xạ là dùng các chùm bức xạ electron, tia X, tia gama hoặc chiếu xạ các hạt nguyên tử để tiêu diệt vi sinh vật, ưu điểm là khử trùng triệt để, nhược điểm là phải đáp ứng các tiêu chuẩn riêng biệt cho từng loại, từng quốc gia dẫn đến hệ thống phức tạp, chi phí khử trùng sản phẩm cao, chưa thuận tiện. Khử trùng dùng tia cực tím cũng khá phổ biến, tuy nhiên tốc độ khá chậm, diện tích khử trùng hẹp và khá tiêu tốn điện năng.

Khử trùng bằng plasma lạnh là phương pháp dùng các hoạt chất sinh ra từ tia plasma lạnh để tiêu diệt các vi sinh vật gây hại trong vùng tiếp xúc của nó. Đây được coi là một phương pháp mới đầy tiềm năng ứng dụng nhằm nâng cao hiệu quả xử lý và giảm chi phí vận hành hệ thống.

Có rất nhiều sáng chế đã công bố trên thế giới liên quan đến công nghệ xử lý bằng công nghệ plasma. Sáng chế US8802022B2 sử dụng các đầu phát plasma phun lên diện rộng, sử dụng khí trơ là Argon hoặc Heli. Phương pháp này đang được dùng chủ yếu để khử trùng vết thương hở, vết bỏng. Tuy nhiên khi dùng khử khuẩn trong không gian rộng thì chi phí rất cao do dùng lượng khí lớn. Theo tài liệu sáng chế US11253620B2, phương pháp khử khuẩn là đưa ozon kết hợp với hơi hydro peroxit (H_2O_2) vào buồng khử khuẩn. Trong sáng chế này, ozon và hơi hydro peroxit là những chất khử trùng điển hình, tuy nhiên việc cấu hình để tạo ozon và hóa hơi hydro peroxit còn phức tạp và chỉ có tính kết hợp cơ học. Ngoài ra việc kiểm soát độ ẩm đối với khử trùng khô, ăn mòn vật liệu kim loại và phải khử ozon dư thừa.

Vì vậy, vẫn cần phải cải tiến các thiết bị và phương pháp khử trùng.

Plasma lạnh là plasma có nhiệt độ thấp hơn $40^{\circ}C$. Plasma lạnh ở áp suất khí quyển (CAP) được cho là không sinh nhiệt. Plasma lạnh từ lâu đã được coi là một phương pháp khử trùng hiệu quả, có tác dụng tiêu diệt vi sinh vật và mầm bệnh nên có một tiềm năng to lớn. CAP chứa nhiều chất có hoạt tính mạnh được tạo ra gồm các chất ôxi hoạt động (ROS - reactive oxygen species) và các chất nitơ hoạt động (RNS - reactive nitrogen species), điển hình như gốc hydroxyl ($OH\cdot$), gốc nitric oxit ($NO\cdot$), gốc tự do superoxit ($O_2^{\cdot-}$), gốc hydroperoxyl ($HOO\cdot$), gốc nitric dioxit ($N_2O\cdot$), oxi đơn (1O_2), ozon (O_3). Những hoạt tính này có tác dụng tiêu diệt vi sinh vật mạnh mẽ mà không làm biến đổi chất lượng của sản phẩm. CAP tương thích khử trùng cho các vết thương hở ở người, động vật, các thiết bị y tế, đa số các loại vật liệu khô, nông sản khô, thực phẩm và hoa quả tươi mà không sử dụng hoá chất độc hại.

Plasma lạnh có thể tạo ra dễ dàng bằng cấu hình plasma rào cản điện môi (DBD). Một trong những DBD đầu tiên đã được mô tả vào năm 1857 bởi W. Siemens để tạo ra ozone. Một loạt các thiết kế và hình học DBD khác nhau đã được đề xuất trong thời gian qua, nhưng tất cả đều có các đặc điểm chung sau: hai điện cực được kết nối với nguồn điện xoay chiều điện áp cao và được ngăn cách bởi ít nhất một lớp vật liệu điện môi. Các vật liệu điện môi khác nhau như thủy tinh, thạch

anh, polyme và gốm được sử dụng để hạn chế dòng điện từ điện cực này sang điện cực kia. Do giới hạn dòng điện này bởi chất điện môi, việc hình thành hồ quang và sự đốt nóng liên quan của khí bị ngăn chặn. Sự hiện diện của một rào cản điện môi giữa hai điện cực đòi hỏi một nguồn cung cấp điện áp xoay chiều. Tần số điều khiển điển hình nằm trong khoảng từ 50 Hz đến 500 kHz và điện áp điều khiển nằm trong khoảng 10 kV tùy thuộc vào cấu hình chính xác của lò phản ứng. Điện áp xoay chiều được áp dụng tạo ra dòng điện dịch chuyển bị giới hạn bởi hằng số điện môi và độ dày của vật liệu điện môi. Khi điện trường bên ngoài chất điện môi đủ lớn thì xảy ra hiện tượng phóng điện và hình thành plasma.

Một số cấu hình điển hình của DBD plasma bao gồm hai lớp điện môi đối xứng, một lớp điện môi lệch, một lớp điện môi nổi giữa hai bản cực, điện môi hình trụ và plasma phóng điện bề mặt (Hình 2).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là giải quyết các nhu cầu trong lĩnh vực này và khắc phục các nhược điểm đã nêu trong tình trạng kỹ thuật. Do đó, sáng chế đề xuất một cấu hình DBD plasma biến đổi từ một ống điện môi hình trụ có điện cực ngoài thành hai ống điện môi có hai điện cực trong và nằm trong môi trường nước thì để nó trở thành cấu hình điện môi nổi trong đó lớp điện môi nổi chính là thành hai ống điện môi được liên kết với nhau bằng môi trường nước. Lúc này hai điện cực cao áp được nằm gọn trong lòng hai ống điện môi tạo nên sự an toàn và plasma phóng ổn định. Giải pháp của sáng chế tạo nên sự khác biệt, an toàn, dễ ràng thiết kế, chế tạo và áp dụng trong công nghiệp.

Do đó, theo một phương án sáng chế đề xuất:

Thiết bị khử trùng bằng plasma lạnh ở áp suất khí quyển gồm môđun phát plasma rào cản điện môi (DBD) sử dụng môi trường nước, môđun cung cấp hỗn hợp khí và môđun buồng xử lý;

Môđun phát plasma bao gồm:

Một buồng phản ứng trong đó ít nhất hai ống điện cực (8) được đặt song song với nhau theo phương thẳng đứng hoặc phương bất kỳ và cách nhau một khoảng từ 3cm đến 10cm, mỗi ống điện cực (8) là ống điện môi có dạng hình trụ tạo thành một buồng plasma tương ứng, chúng được đặt trong một bình chứa nước (19) và đầu còn lại được xuyên qua đáy bình có gioăng chống nước (11) ra ngoài một đoạn từ 1cm đến 5cm, tốt nhất là 1cm đến 3cm;

các điện cực (9) bằng dây kim loại có dạng xoắn trụ đều với bước xoắn từ 1cm đến 4cm, được bố trí cách đều thành trong của ống điện cực (8) tương ứng một khoảng không quá 1,5mm, đầu trên nối với nguồn điện cao áp xoay chiều (3) có điện áp từ 6kV đến 20kV, tần số 10kHz đến 30kHz, đầu còn lại cách mép dưới ống điện cực (8) một khoảng từ 1cm đến 5cm;

môđun cung cấp hỗn hợp khí bao gồm:

bơm thổi khí (24) cùng với van điều chỉnh lưu lượng (7) để hút và phân phối khí vào đầu trên của các ống điện cực (8) nêu trên và phân tán khí ở đầu còn lại;

môđun trao đổi nhiệt bao gồm:

cảm biến nhiệt (30a) điều khiển bơm hút (30) đưa nước (10) vào bộ trao đổi nhiệt (31) có gắn quạt thổi nhiệt (32);

môđun buồng xử lý là nơi chứa vật cần khử trùng, nó nằm ngay dưới môđun phát plasma có kích thước phù hợp với loại hình cần khử trùng.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó mỗi ống điện môi là ống thủy tinh thạch anh, có chiều cao từ 5cm đến 20cm, đường kính ngoài từ 6mm đến 12mm, độ dày từ 0,5mm đến 2mm.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó mỗi ống điện môi là ống teflon, có chiều cao từ 5cm đến 20cm, đường kính ngoài từ 6mm đến 12mm, độ dày từ 1mm đến 3mm.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó các dây điện cực (9) được thay thế bằng kim loại thẳng và trơ (như volfram) được đặt ở tâm với ống điện cực (8) bằng chi tiết (34) và kéo dài dọc gần hết theo chiều dài của mỗi ống điện cực (8) tương ứng.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó nước (10) trong bình chứa (19) có thể thay thế bằng dung dịch làm mát có độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt hơn như dung dịch làm mát động cơ ô tô (ví dụ: dung dịch chứa Ethylene Glycol cùng một số chất có tác dụng chống bốc hơi, chống ăn mòn, giảm lượng điện phân).

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào bao gồm quạt thổi (24) và bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí (7) được tạo kết cấu để phân phối dòng khí từ quạt thổi (24) vào một đầu của các ống điện cực (8). Trong một số trường hợp, bộ phận cung cấp khí còn được nối tiếp với một bình đệm (25) được bố trí sau bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí (7) để cung cấp các hoạt chất khác vào khí trước khi cấp vào môđun plasma, bình dung dịch đệm này là bình kín bằng thủy tinh tối màu, có ống thổi khí đầu vào ngập dưới đáy dung dịch và được gắn với một đầu phân tán khí (28), đầu lấy khí ra (29) nằm phía trên mặt dung dịch (26). Bình đệm này có thể tháo rời, thay thế dung dịch và có thể sử dụng hay không sử dụng bằng van điều chỉnh (7a) đầu song song. Dung dịch đệm (26) thường là nước, dung dịch hydro peroxit (H_2O_2) từ 10% đến 30% hoặc các dung dịch khác nhằm cung cấp những hoạt chất bổ sung vào thành phần của CAP.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào được chọn từ một nhóm bao gồm không khí, nitơ, oxy, argon, heli và các tổ hợp của chúng.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó hệ thống hoạt động ở áp suất không khác biệt đáng kể so với áp suất môi trường xung quanh.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó hệ thống được cấu hình để hoạt động ở áp suất từ 600 mm Hg đến 800 mm Hg và ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0 độ C đến 50 độ C.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó độ ẩm tương đối được duy trì cho phép hệ thống khử trùng được các thiết bị điện tử.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng xử lý (20) là buồng để chứa vật cần khử trùng, nó có thể có hình dáng dạng hộp trong phương án khử trùng các vật đơn lẻ như: dụng cụ y tế, dụng cụ thí nghiệm, dụng cụ thẩm mỹ, dụng cụ sinh hoạt.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng xử lý (20) có thể là hình dạng buồng bệnh trong khử khuẩn bông toàn thân cho người, khử trùng cho động vật hoặc hình dạng cánh tay, chân trong khử khuẩn bông tay, chân ...

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng khử khuẩn là buồng kín có đường hồi lưu khí tuần hoàn nhằm thu hồi các hoạt chất plasma dư thừa về bộ phận cung cấp khí đầu vào để tăng hiệu suất của quá trình khử khuẩn.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng khử khuẩn có thể là có khe hở đáy song song với bề mặt dây chuyền trong trường hợp khử khuẩn công suất lớn và liên tục cho vật liệu điện tử, nông sản dạng khô, dạng bột, thực phẩm miếng, thủy hải sản ... và nhiều lĩnh vực khác nhau không giới hạn.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng khử khuẩn còn có thể gắn thêm đèn tia cực tím (Ultraviolet – UV) để tăng cường công dụng khử khuẩn của thiết bị.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị như trên, trong đó buồng khử khuẩn còn bao gồm bộ lọc than hoạt tính ở cửa thoát khí (23) được cấu hình để đảm bảo chỉ có không khí sạch thoát ra khỏi hệ thống.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Thiết bị phát plasma lạnh ở áp suất khí quyển, sử dụng nguồn plasma rào cản điện môi (DBD) theo sáng chế, các hoạt chất do plasma phi nhiệt tạo ra trong ống điện cực sẽ được thổi vào buồng khử khuẩn. Có thể điều khiển tỷ lệ các hoạt chất do plasma tạo ra trong buồng phản ứng bằng cách:

- Thay đổi bước xoắn của các dây điện cực: bước xoắn càng thưa thì cường độ plasma càng lớn, nhiệt độ càng cao và hoạt chất ozon, nitrit sinh ra sẽ ít hơn.

- Trong trường hợp điện cực trong là thẳng thì điện cực có đường kính càng lớn thì cường độ plasma càng lớn.

- Đường kính lòng trong ống điện cực càng lớn thì cường độ plasma càng nhỏ, khi đó hoạt chất ozon, RNS sinh ra sẽ nhiều, hoạt chất hydro peroxit và tia UV sinh ra sẽ ít.

- Độ dày của ống thủy tinh điện cực càng lớn thì cường độ plasma sinh ra càng nhỏ.

- Mức nước trong bình chứa môđun plasma càng cao thì đoạn plasma hình thành trong ống điện cực càng dài và cường độ plasma càng nhỏ. Khi đó hoạt chất ozon, RNS sinh ra sẽ nhiều, phù hợp cho các ứng dụng như khử trùng nước, khử trùng không gian rộng không có sự tiếp xúc của con người.

- Nguồn khí cung cấp là argon hoặc heli thì cường độ plasma sinh ra càng mạnh, và thành phần các hoạt chất sinh ra sẽ “sạch” hơn so với khi dùng không khí. Loại hình này cần cho những ứng dụng khử trùng trong y tế và các ứng dụng khử trùng chất lượng cao.

Như vậy, chúng ta có thể tạo ra và điều khiển được các loại hoạt chất có các thành phần mong muốn cho các ứng dụng khử khuẩn khác nhau sao cho đạt hiệu quả cao nhất.

Theo một khía cạnh của sáng chế, không khí thổi được đi qua một dung dịch đậm đặc hạn như hydro peroxit (H_2O_2) thì có thể tạo ra được CAP có các thành phần hoạt chất ROS tăng lên đáng kể, đồng thời giảm hoặc có rất ít hàm lượng ozon, Nitrit (NO_2^-). Thành phần này của CAP phù hợp an toàn trong việc khử trùng vết thương, vết bỏng, khử trùng các dụng cụ nội soi y tế, các bộ phận cấy ghép nhân tạo, khử trùng thực phẩm, hoa quả tươi. Do hydro peroxit bị phân hủy bởi ánh sáng và nhiệt độ, nên để ổn định nồng độ, bình đậm được thiết kế bằng lọ thủy tinh dày, tối màu và có thể thay thế khi sử dụng hết. Với việc khử trùng thực phẩm tươi như thịt, hoa quả cắt lát thì thực phẩm không bị biến tính chất lượng, màu sắc cũng như mùi vị và hàm lượng dinh dưỡng... loại bỏ được hoàn toàn các hoá chất độc hại tồn dư trong việc khử trùng trước đây.

Sáng chế hiện tại cho phép khử trùng các sản phẩm nông sản khô như các loại hạt (điều, cà phê, hạt tiêu...), quả sấy khô mà chỉ sử dụng không khí và điện mà không có thêm hóa chất nào khác. Điều này làm cho giá thành khử trùng giảm đi rất nhiều mà lại loại bỏ được các vi sinh vật, nấm mốc, tránh những tồn dư hoá chất trong các phương pháp khử trùng bằng hoá chất hoặc phương pháp chiếu xạ.

Sáng chế cũng cho phép khử trùng với năng suất cao, không gian rộng, tự động hoá quá trình khử trùng, điều này làm giảm nhân công và giá thành, mang lại khả năng ứng dụng to lớn trong nông nghiệp trong tương lai.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối tổng thể của thiết bị.

Hình 2 là hình vẽ minh họa một số cấu hình plasma rào cản điện môi (DBD) điển hình.

Hình 3 là hình vẽ thể hiện nguyên lý hoạt động của hệ khử trùng sử dụng môđun phát plasma lạnh áp suất khí quyển theo một phương án thực hiện sáng chế.

Hình 4 là hình vẽ phóng to một phần mặt cắt đứng của môđun phát plasma đã thể hiện trong hình 3.

Hình 5 là hình vẽ mô tả một mặt cắt ngang của một ống điện cực được thể hiện trong hình 3.

Hình 6 là hình vẽ thể hiện một phương án thực hiện sáng chế bổ sung bình đệm (25) cho khí vào và môđun trao đổi nhiệt (31) cho dung dịch (10) chứa điện cực.

Hình 7 là hình vẽ mô tả một phương án sử dụng môđun của sáng chế, trong đó điện cực xoắn được thay bằng điện cực thẳng, để làm ví dụ.

Hình 8 là hình vẽ mô tả một mặt cắt ngang của một ống điện cực, nơi đặt bộ định tâm cho điện cực được thể hiện trong hình 7.

Hình 9 là hình vẽ mô tả một phương án của sáng chế, trong đó khí vào môđun plasma thay bằng khí trơ argon, để làm ví dụ.

Hình 10 là hình vẽ mô tả phương án khử trùng nồng độ sản phẩm cao của sáng chế với nhiều môđun CAP song song theo chiều dọc của dây chuyền, để làm ví dụ.

Hình 11 là ảnh chụp kết quả xử lý vi sinh của buồng khử trùng trong 3 phương án ví dụ thực hiện sáng chế. Trong đó Hình 11a là mẫu chứa vi khuẩn ban đầu. Phương án 1 sử dụng bình đệm (25) là không khí với kết quả mẫu vi khuẩn được xử lý plasma với thời gian 2,5 phút (Hình 11b) và 5 phút (Hình 11c). Phương án 2 sử dụng bình đệm (25) là nước cất với kết quả mẫu vi khuẩn được xử lý plasma với thời gian 2,5 phút (Hình 11d) và 5 phút (Hình 11e). Phương án 3 sử dụng bình đệm (25) là dung dịch H_2O_2 10% với kết quả mẫu vi khuẩn được xử lý plasma với thời gian 2,5 phút (Hình 11g) và 5 phút (Hình 11h). Phương án 4 sử dụng bình đệm (25) là dung dịch H_2O_2 30% với kết quả mẫu vi khuẩn được xử lý plasma với thời gian 2,5 phút (Hình 11i) và 5 phút (Hình 11k). Các hình ảnh cho thấy khả năng diệt khuẩn của CAP tăng dần khi sử dụng dung dịch đệm (25) từ nước cất, không khí, H_2O_2 10% đến H_2O_2 30%.

Hình 12 là ảnh chụp hai cấu hình khác nhau của sáng chế để làm ví dụ với cấu hình bốn điện cực xoắn và sử dụng khí thổi là không khí (Hình 12a) và cấu hình bốn điện cực thẳng bằng kim wolfram và sử dụng khí thổi là khí argon (Hình 12b).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án thực hiện ưu tiên của thiết bị CAP theo sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, lưu ý rằng phạm vi của sáng chế không chỉ giới hạn ở các phương án thực hiện ưu tiên được mô tả dưới đây dưới dạng ví dụ minh họa cho sáng chế và cần hiểu rằng phạm vi của sáng chế bao gồm tất cả các cải biến, các thay đổi tương đương khác của chúng.

Như được thể hiện trên sơ đồ Hình 1, thiết bị gồm các môđun plasma 1 là trung tâm với các môđun cung cấp khí 4, môđun nguồn cao áp 3, môđun trao đổi nhiệt 5, buồng khử khuẩn 2 và môđun điều khiển 6.

Hình 2 là hình vẽ minh họa một số cấu hình plasma rào cản điện môi (DBD) điển hình. Hình 2 (a) là cấu hình DBD plasma có hai lớp điện môi đối xứng, Hình 2 (b) là cấu hình DBD plasma một lớp điện môi, Hình 2 (c) là cấu hình DBD plasma một lớp điện môi nổi ở giữa hai điện cực, Hình 2 (d) là cấu hình DBD plasma bề mặt, Hình 2 (e) là cấu hình DBD plasma hình trụ. Cấu hình DBD plasma trong sáng chế là sự kết hợp giữa cấu hình trụ (e) và cấu hình điện môi nổi (c). Lớp điện môi nổi trong hình (c) chính là thành của hai ống điện môi hình trụ trong sáng chế được liên kết với nhau thông qua môi trường nước.

Hình 3, Hình 4 và Hình 5 là các hình vẽ thể hiện nguyên lý hoạt động của hệ khử trùng sử dụng môđun phát plasma lạnh áp suất khí quyển được đề xuất theo sáng chế bao gồm:

Một buồng phản ứng trong đó ít nhất hai ống điện cực 8 được đặt theo phương thẳng đứng, song song với nhau và cách nhau một khoảng từ 3cm đến 10cm, mỗi ống điện cực 8 là ống điện môi có dạng hình trụ tạo thành một buồng plasma tương

ứng, chúng được đặt trong một bình chứa nước 19 và đầu còn lại được xuyên qua đáy bình có gioăng chống nước 11 ra ngoài một đoạn từ 0,5cm đến 5cm, tốt nhất là 0,5cm đến 2cm;

Các dây điện cực 9 bằng kim loại có dạng xoắn được bố trí bên trong và kéo dài dọc gần hết theo chiều dài của mỗi ống điện cực 8 tương ứng, các dây điện cực 9 được nối với các cực của nguồn điện cao áp xoay chiều 3, thông qua các tiếp điểm đầu điện 15 tương ứng. Tốt hơn là, dây điện cực 9 có dạng xoắn trụ đều với bước xoắn từ 1cm đến 3cm, dây này được bố trí cách đều thành trong của ống điện cực 8 tương ứng một khoảng không quá 1,5mm, nhằm tăng hiệu quả của việc hình thành plasma. Dòng điện plasma được hình thành trong đoạn điện cực xoắn bên trong ống điện cực là dòng điện dịch hay dòng điện dung và plasma vùng này là plasma phi nhiệt (plasma lạnh) 18. Plasma lạnh này hình thành ở áp suất khí quyển nên gọi là plasma lạnh áp suất khí quyển (CAP). Theo một phương án thực hiện, dây điện cực 9 được sử dụng là dây vonfram thẳng 33 có đường kính 1,6mm, đầu trên được gá trên một cọc đồng tiếp điện, đầu dưới được mài nhọn. Các hệ thống gá và tiếp điện 14, 15 cùng với bộ phận định tâm 34 làm cho điện cực 33 này luôn đồng tâm với ống điện cực 1 nhằm tạo ra vùng plasma lạnh 33a một cách đồng đều suốt dọc khe giữa điện cực và thành trong của ống điện cực 8.

Theo một phương án thực hiện, một đầu của mỗi dây điện cực 9 nối với nguồn điện cao áp xoay chiều 3 có điện áp từ 6kV đến 20kV, tần số 10kHz đến 30kHz, đầu còn lại của mỗi dây được mài nhọn và cách mép dưới ống điện cực 1 một khoảng từ 1cm đến 5cm. Khi phương án thực hiện dùng khí argon, cường độ plasma được tăng cường tại điểm nhọn điện cực này tạo thành vùng plasma rộng lớn 47 giữa vùng không gian của hai điện cực 33.

Sáng chế cũng đề xuất phương án và nguyên tắc điều khiển các thành phần và cường độ của vùng plasma lạnh:

- Tăng hay giảm bước xoắn của dây điện cực 9 sẽ làm tăng hay giảm cường độ của plasma lạnh.

- Tăng hay giảm khoảng cách giữa dây xoắn điện cực 9 với thành ống điện môi 8 sẽ làm giảm hay tăng cường độ của plasma lạnh.
- Tăng hay giảm độ sâu ống điện môi 8 trong chất lỏng 10 sẽ làm tăng hay giảm cường độ của plasma lạnh.
- Tăng hay giảm độ dày của thành ống điện môi 8 sẽ làm giảm hay tăng cường độ của plasma lạnh.
- Tăng hay giảm khoảng cách giữa đầu điện cực nhọn với mép dưới ống điện môi sẽ làm giảm hay tăng cường độ của plasma lạnh.
- Ngoài ra sáng chế cũng đề xuất các phương án như tăng giảm tần số nguồn cao áp 3 và độ lớn của điện áp nguồn cao áp 3.

Dựa theo những nguyên tắc này, tùy thuộc và từng ứng dụng cụ thể để thiết kế hệ thống có các thông số tối ưu. Một số ví dụ thực hiện sáng chế hiệu suất cao được trình bày ở phần sau.

Bộ phận cung cấp khí đầu vào bao gồm hệ thống bơm thổi khí để hút và phân phối khí ở điều kiện thường (tức là ở nhiệt độ và áp suất khí quyển) vào đầu trên của các ống điện cực 8 nêu trên, hình thành các hoạt chất plasma và phân tán ở đầu dưới xuống buồng khử khuẩn 20. Theo một phương án thực hiện, trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào bao gồm bơm thổi khí 24, bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí 7, bình đệm 25 để phân phối dòng khí từ bơm thổi khí 24 vào một đầu của các ống điện cực 8. Theo một phương án thực hiện, bình đệm 25 có kết cấu là bình kín chứa khoảng một nửa bình dung dịch đệm 26, một đầu vào khí 27 được gắn bộ phân tán khí 28 ngập dưới đáy của dung dịch đệm 26 và một đầu ra khí 29 lấy khí ở nửa trên của bình đệm 25. Điều này thực hiện có hai mục đích là điều khiển khí ozon hình thành trong buồng plasma và mang theo các hoạt chất trong dung dịch đệm 26 vào trong buồng phản ứng nhằm tạo ra một vùng plasma lạnh trong buồng khử khuẩn 20 có tính chất đặc biệt theo mục đích sử dụng.

Theo một phương án thực hiện, bình đệm 25 còn được gắn thêm van chỉnh 7a. Van này có tác dụng điều tiết lượng khí đi qua dung dịch đệm 26 nhằm điều khiển các thành phần hoạt chất plasma sinh ra phù hợp với từng đối tượng khử trùng.

Theo một phương án thực hiện, trong đó dung dịch 10 còn được trao đổi nhiệt bởi mô đun bao gồm bơm 30, cảm biến nhiệt 30a, buồng trao đổi nhiệt 31 và quạt làm mát 32. Khi bộ cảm biến nhiệt 30a phát hiện nhiệt độ dung dịch 10 tăng đến một giá trị được đặt sẵn thì mô đun điều khiển sẽ ra lệnh cho bơm 30 hoạt động, bơm sẽ hút dung dịch 10 qua cửa hút 13 đẩy vào bộ trao đổi nhiệt 31 và quay trở lại qua cửa 12. Bộ trao đổi nhiệt 31 có cấu tạo như một bộ tản nhiệt nước, gồm nhiều ống mao dẫn song song trên đó gắn các cánh tản nhiệt bằng đồng, nhiệt trao đổi được quạt làm mát thổi ra ngoài. Dung dịch làm mát 10 rất quan trọng liên quan đến nhiệt độ của plasma lạnh. Theo một phương án thực hiện có thể thay bằng dung dịch làm mát có hệ số trao đổi nhiệt lớn như nước làm mát cho động cơ ô tô rất thông dụng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, thiết bị CAP được thực hiện theo sáng chế và áp dụng để khử trùng.

Cấu hình cụ thể của thiết bị trong ví dụ này bao gồm:

Hai ống điện cực 8 được đặt theo phương thẳng đứng, song song và cách nhau một khoảng 3cm, hai ống này được làm bằng thủy tinh loại thạch anh và có dạng ống hình trụ với chiều cao bằng 12cm, đường kính ngoài bằng 8mm, độ dày bằng 1,5mm. Chúng được đặt xuyên qua đáy có gắn gioăng chống nước một đoạn 2cm của bình chứa 19 bằng nhựa có dung tích 1,5 lít chứa 1,2 lít nước máy. Bình chứa 19 này được làm mát bởi một bơm hút một chiều 30 có điện áp làm việc 12 vôn, lưu lượng 1,5 lít/phút và bộ làm mát 31 gắn sẵn quạt thổi 32 kích thước 12cm x 12cm x 4cm. Dây điện cực 9 được sử dụng là dây vonfram thẳng 33 có đường kính 1,6mm, đầu trên được gá trên một cọc đồng tiếp điện, đầu dưới được mài nhọn. Các hệ thống gá và tiếp điện 15 cùng với bộ phận định tâm 34 làm cho điện cực 33 này

luôn đồng tâm với ống điện cực 8 nhằm tạo ra vùng plasma lạnh 33a một cách đồng đều suốt dọc khe giữa điện cực và thành trong của ống điện cực 8. Hai dây này được nối với các cực của nguồn điện cao áp xoay chiều 10kV, tần số 22kHz.

Bộ phận cung cấp khí đầu vào bao gồm bơm thổi khí 24, bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí 7, bình đệm 25 để phân phối dòng khí từ bơm thổi khí 24 vào một đầu của các ống điện cực 8.

Buồng khử khuẩn 20 có dung tích 4,5 lít có đầu thoát khí 23 được gắn phía dưới buồng plasma sao cho hai ống điện cực 8 xuyên qua nắp của nó, là nơi để chứa mẫu cần khử trùng.

Tiến hành thí nghiệm đánh giá hiệu quả khử trùng trên đĩa thạch với vi khuẩn E. coli trong bốn phương án với hai khoảng thời gian xử lý là 2,5 phút và 5 phút với cùng một cấu hình môđun plasma và cùng các thông số, điều kiện thí nghiệm. Tuy nhiên có sự khác biệt nhất định ở bốn phương án, cụ thể như sau:

- Phương án 1: Môđun plasma sử dụng không khí;
- Phương án 2: Môđun plasma sử dụng dung dịch đệm 26 là nước cất;
- Phương án 3: Môđun plasma sử dụng dung dịch đệm 26 là H₂O₂ 10%;
- Phương án 4: Môđun plasma sử dụng dung dịch đệm 26 là H₂O₂ 30%;

Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình 11, trong đó Hình 11a là mẫu chứa vi khuẩn ban đầu. Hình 11b là mẫu xử lý plasma trong 2,5 phút, Hình 11c là mẫu xử lý plasma trong 5 phút theo phương án 1. Hình 11d là mẫu xử lý plasma trong 2,5 phút, Hình 11e là mẫu xử lý plasma trong 5 phút theo phương án 2. Hình 11g là mẫu xử lý plasma trong 2,5 phút, Hình 11h là mẫu xử lý plasma trong 5 phút theo phương án 3. Hình 11i là mẫu xử lý plasma trong 2,5 phút, Hình 11k là mẫu xử lý plasma trong 5 phút theo phương án 4.

Các hình ảnh cho thấy khả năng diệt khuẩn của CAP tăng dần khi sử dụng dung dịch đệm 26 từ nước cất, không khí, H₂O₂ 10% đến H₂O₂ 30%. Với phương án 1 sử dụng không khí cần 5 phút để diệt 100% vi khuẩn. Phương án 2 sử dụng

nước cất thì 5 phút diệt được khoảng 90% vi khuẩn. Phương án 3 và 4 chỉ cần không tới 2,5 phút xử lý là diệt được 100% vi khuẩn.

Dưới đây là một số cấu hình phát triển dựa trên môđun CAP ứng dụng khử trùng dụng cụ y tế và hoa quả, gia vị khô.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được minh họa trên Hình 8, là cấu hình phát triển của thiết bị khử trùng có tính chất sạch hơn cho thực phẩm hay thiết bị y tế sử dụng khí argon. Một hệ plasma gồm bốn ống thủy tinh song song có:

- Điện cực 9 bằng thanh wolfram phi 1,6mm.
- Ống điện môi 8 bằng thủy tinh thạch anh có đường kính ngoài phi 8mm, đường kính trong phi 5mm.
- Độ sâu ống điện môi 8 trong chất lỏng là 80 mm.
- Khoảng cách từ đầu kim điện cực 9 xuống mép ống điện môi 8 bằng 10 mm.
- Nguồn điện cao áp là 10KV, tần số 22 kHz công suất tối đa là 120W.

Lúc này bình khí argon có đồng hồ chỉ áp lực 37 thổi khí vào buồng plasma qua van chỉnh lưu lượng 38 qua hai nhánh riêng biệt 44 và 45. Plasma trong trường hợp này mạnh hơn tạo thành một vùng rộng 47 bao trùm lên các vật phẩm 48 làm cho chúng được khử trùng hoàn toàn. Hình ảnh thực tế của vùng plasma thể hiện trên hình 12b.

Theo một phương án thiết kế hiệu suất cao, hiệu quả tốt cho ứng dụng khử trùng gia vị, hạt khô sử dụng không khí. Một môđun plasma gồm bốn ống thủy tinh song song trong đó:

- Điện cực 9 bằng dây inox đường kính 0,6mm, bước xoắn 5mm.
- Ống điện môi 8 bằng thủy tinh thạch anh có đường kính ngoài phi 8, đường kính trong phi 5.
- Độ sâu ống điện môi 8 trong chất lỏng là 120mm.

- Khoảng cách từ đầu kim điện cực 9 xuống mép ống điện môi 8 bằng 10mm
- Nguồn điện cao áp là 10KV, tần số 22 kHz công suất tối đa là 120W.

Hình ảnh thực tế của môđun thể hiện trong hình ảnh 12a.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được minh họa trên Hình 9, là cấu hình phát triển của thiết bị khử trùng hạt, quả khô công suất lớn. Các môđun CAP được ghép song song với nhau thành một thiết bị có nhiều đầu phun hoạt chất khử trùng vào một buồng có khe hở 26, buồng này đặt sát ngay trên bề mặt hạt, quả khô 61 đang chạy trên bề mặt băng tải 60. Với cấu hình này, có thể tính toán được số lượng môđun CAP và tốc độ băng tải sao cho toàn bộ số hạt, quả khô được khử trùng hoàn toàn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị khử trùng bằng plasma lạnh ở áp suất khí quyển gồm môđun phát plasma rào cản điện môi (DBD) sử dụng môi trường nước, môđun cung cấp hỗn hợp khí và môđun buồng xử lý;

môđun phát plasma bao gồm:

một buồng phản ứng trong đó ít nhất hai ống điện cực (8) được đặt song song với nhau theo phương thẳng đứng hoặc phương bất kỳ và cách nhau một khoảng từ 3cm đến 10cm, mỗi ống điện cực (8) là ống điện môi có dạng hình trụ tạo thành một buồng plasma tương ứng, chúng được đặt trong một bình chứa nước (19) và đầu còn lại được xuyên qua đáy bình có gioăng chống nước (11) ra ngoài một đoạn từ 1cm đến 5cm, tốt nhất là 1cm đến 3cm;

các điện cực (9) bằng dây kim loại có dạng xoắn trụ đều với bước xoắn từ 1cm đến 4cm, được bố trí cách đều thành trong của ống điện cực (8) tương ứng một khoảng không quá 1,5mm, đầu trên nối với nguồn điện cao áp xoay chiều (3) có điện áp từ 6kV đến 20kV, tần số 10kHz đến 30kHz, đầu còn lại cách mép dưới ống điện cực (8) một khoảng từ 1cm đến 5cm;

môđun cung cấp hỗn hợp khí bao gồm:

bơm thổi khí (24) cùng với van điều chỉnh lưu lượng (7) để hút và phân phối khí vào đầu trên của các ống điện cực (8) nêu trên và phân tán khí ở đầu còn lại;

môđun trao đổi nhiệt bao gồm:

bơm hút (30) đưa nước (10) vào bộ trao đổi nhiệt (31) có gắn quạt thổi nhiệt (32);

môđun buồng xử lý là nơi chứa vật cần khử trùng, nó nằm ngay dưới môđun phát plasma có kích thước phù hợp với loại hình cần khử trùng.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mỗi ống điện môi là ống thủy tinh thạch anh, có chiều cao từ 5cm đến 20cm, đường kính ngoài từ 6mm đến 12mm, độ dày từ 0,5mm đến 2mm.

3. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mỗi ống điện môi là ống teflon, có chiều cao từ 5cm đến 20cm, đường kính ngoài từ 6mm đến 12mm, độ dày từ 1mm đến 3mm.

4. Thiết bị theo điểm 1, 2 và 3 trong đó các dây điện cực (9) thay thế bằng kim loại thẳng và trơ (như wolfram) được đặt ở tâm với ống điện cực (8) bằng chì tiết (34) và kéo dài dọc gần hết theo chiều dài của mỗi ống điện cực (8) tương ứng.

5. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó nước (10) trong bình chứa (19) có thể thay thế bằng dung dịch làm mát có độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt hơn như dung dịch làm mát động cơ thông dụng.

6. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào bao gồm quạt thổi (24) và bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí (7) được tạo kết cấu để phân phối dòng khí từ quạt thổi (24) vào một đầu của các ống điện cực (8).

7. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào được chọn từ một nhóm bao gồm không khí, nitơ, oxy, argon, heli, và các tổ hợp của chúng.

8. Thiết bị theo một trong số các điểm 6, 7 trong đó bộ phận cung cấp khí đầu vào còn bao gồm một bình dung dịch đệm (25) được bố trí sau bộ phận điều chỉnh lưu lượng khí (7) để cung cấp các hoạt chất khác vào khí trước khi cấp vào môđun plasma, bình dung dịch đệm này là bình kín, có ống thổi khí đầu vào ngập dưới đáy dung dịch và được gắn với một đầu phân tán khí (28), đầu lấy khí ra (29) nằm phía trên mặt dung dịch (26).

9. Thiết bị theo điểm 8, trong đó dung dịch đệm (26) sử dụng nước, dung dịch hydro peroxit (H_2O_2) từ 10% đến 30% hoặc các dung dịch khác nhằm cung cấp những hoạt chất bổ sung vào thành phần của CAP.

10. Thiết bị theo điểm 9, trong đó bình chứa dung dịch đệm (26) có thể tháo rời.

11. Thiết bị theo điểm 10, trong đó bình chứa dung dịch đệm (26) còn được gắn song song với van điều chỉnh (7a).

12. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hệ thống hoạt động ở áp suất không khác biệt đáng kể so với áp suất môi trường xung quanh.

13. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hệ thống được cấu hình để hoạt động ở áp suất từ 600 mm Hg đến 800 mm Hg và ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0 độ C đến 50 độ C.

14. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó độ ẩm tương đối được duy trì cho phép hệ thống khử trùng được các thiết bị điện tử.

15. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó buồng xử lý (20) là buồng để chứa vật cần khử trùng, nó có thể có hình dáng dạng hộp trong phương án khử trùng các vật đơn lẻ: dụng cụ y tế, dụng cụ thí nghiệm, dụng cụ thẩm mỹ, dụng cụ sinh hoạt.

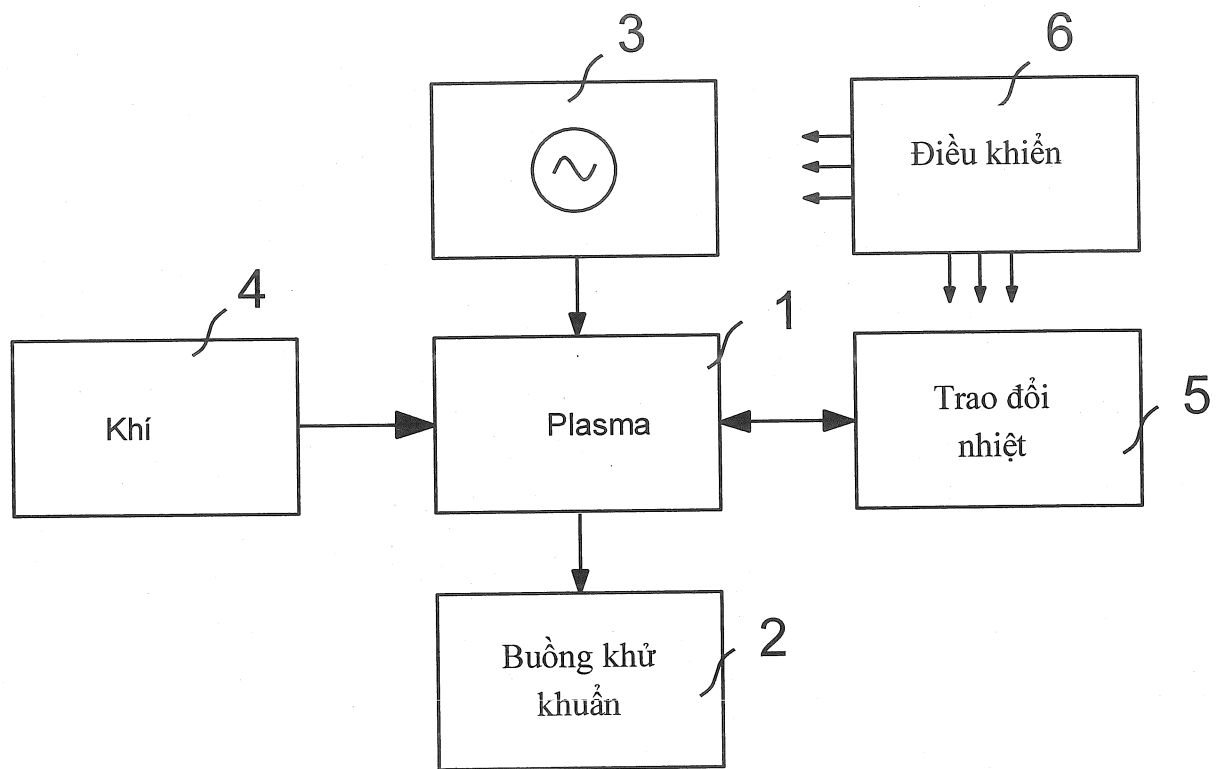
16. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó buồng xử lý (20) có thể là hình dạng buồng bệnh trong khử khuẩn bông toàn thân cho người, khử trùng cho động vật hoặc hình dạng cánh tay, chân trong khử khuẩn bông tay, chân hoặc các dạng buồng tương tự.

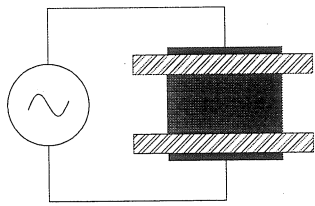
17. Thiết bị theo một trong số các điểm 15, 16, trong đó buồng khử khuẩn là buồng kín có đường hồi lưu khí tuần hoàn nhằm thu hồi các hoạt chất plasma dư thừa về bộ phận cung cấp khí đầu vào để tăng hiệu suất của quá trình khử khuẩn.

18. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó buồng khử khuẩn có thể là có khe hở đáy song song với bề mặt dây chuyền trong trường hợp khử khuẩn công suất lớn và liên tục cho vật liệu điện tử, nông sản dạng khô, dạng bột, thực phẩm miếng, thủy hải sản và các sản phẩm có nhu cầu khử khuẩn thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau.

19. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên trong đó buồng khử khuẩn còn có thể gắn thêm đèn tia cực tím (Ultraviolet – UV) để tăng cường công dụng khử khuẩn của thiết bị.

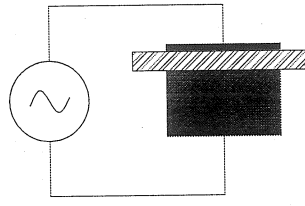
20. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên trong đó buồng khử khuẩn còn bao gồm bộ lọc than hoạt tính ở cửa thoát khí (23) được cấu hình để đảm bảo chỉ có không khí sạch thoát ra khỏi hệ thống.

**Hình 1**



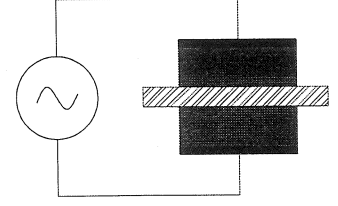
(a)

DBD hai điện môi đối xứng



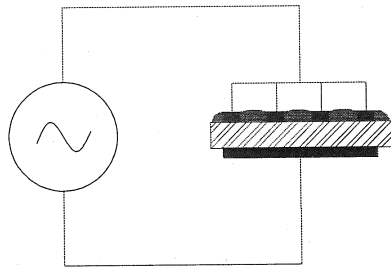
(b)

DBD một điện môi lệch



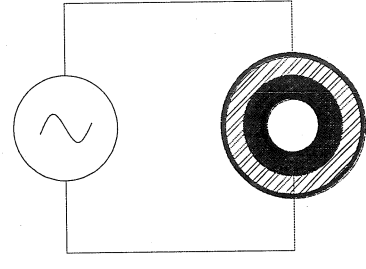
(c)

DBD với điện môi nổi



(d)

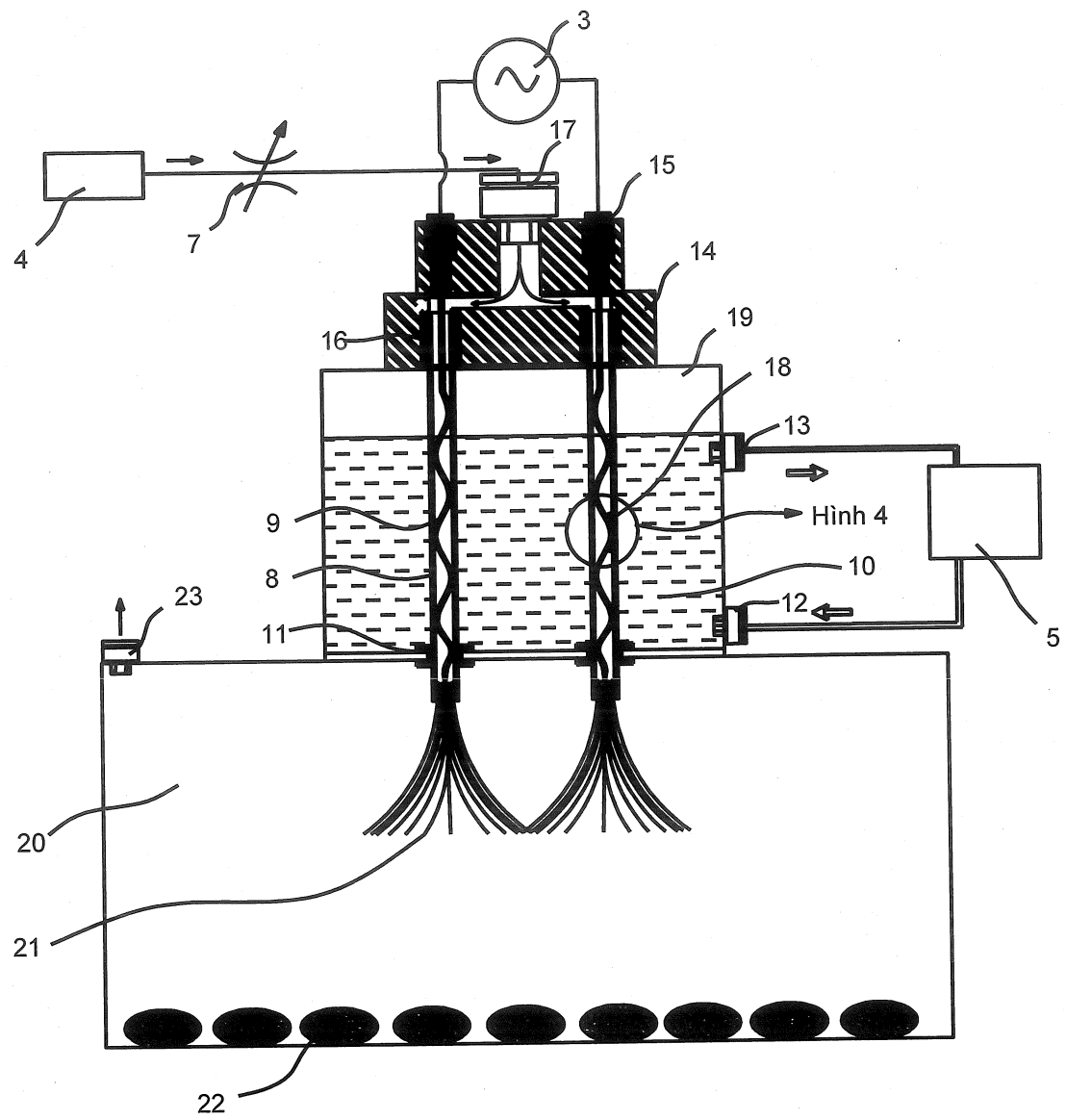
DBD bề mặt



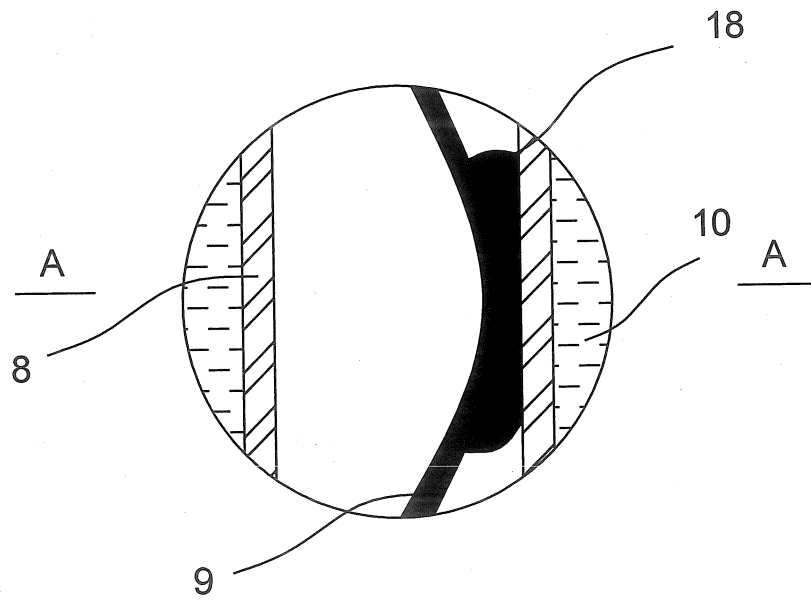
(e)

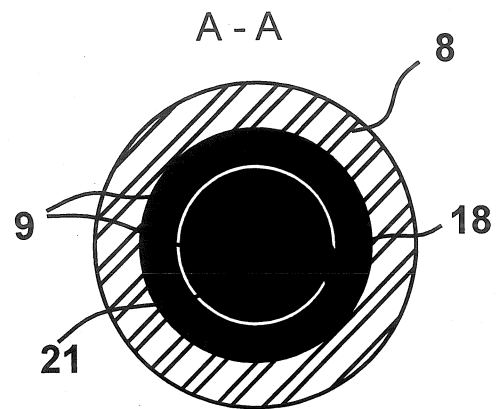
DBD ống trụ

Hình 2

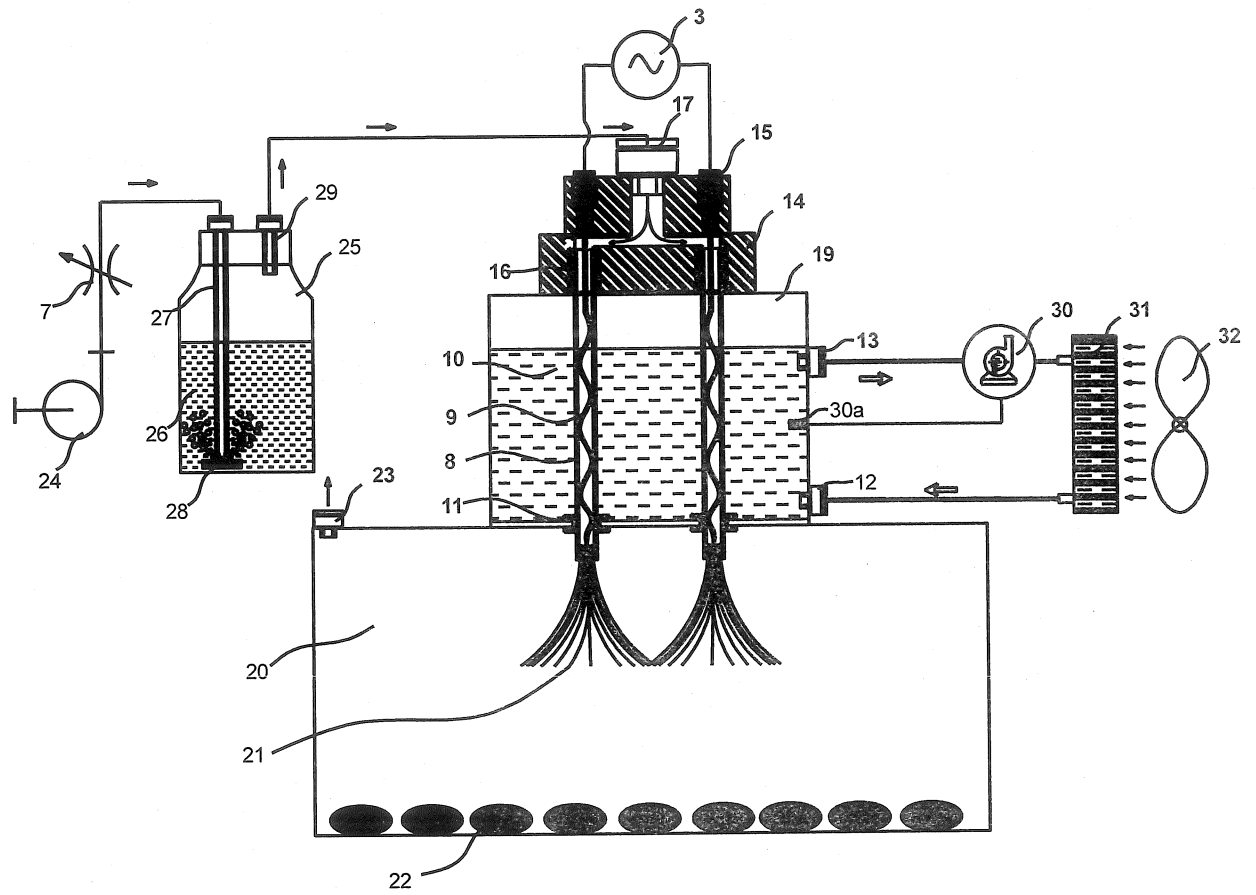


Hình 3

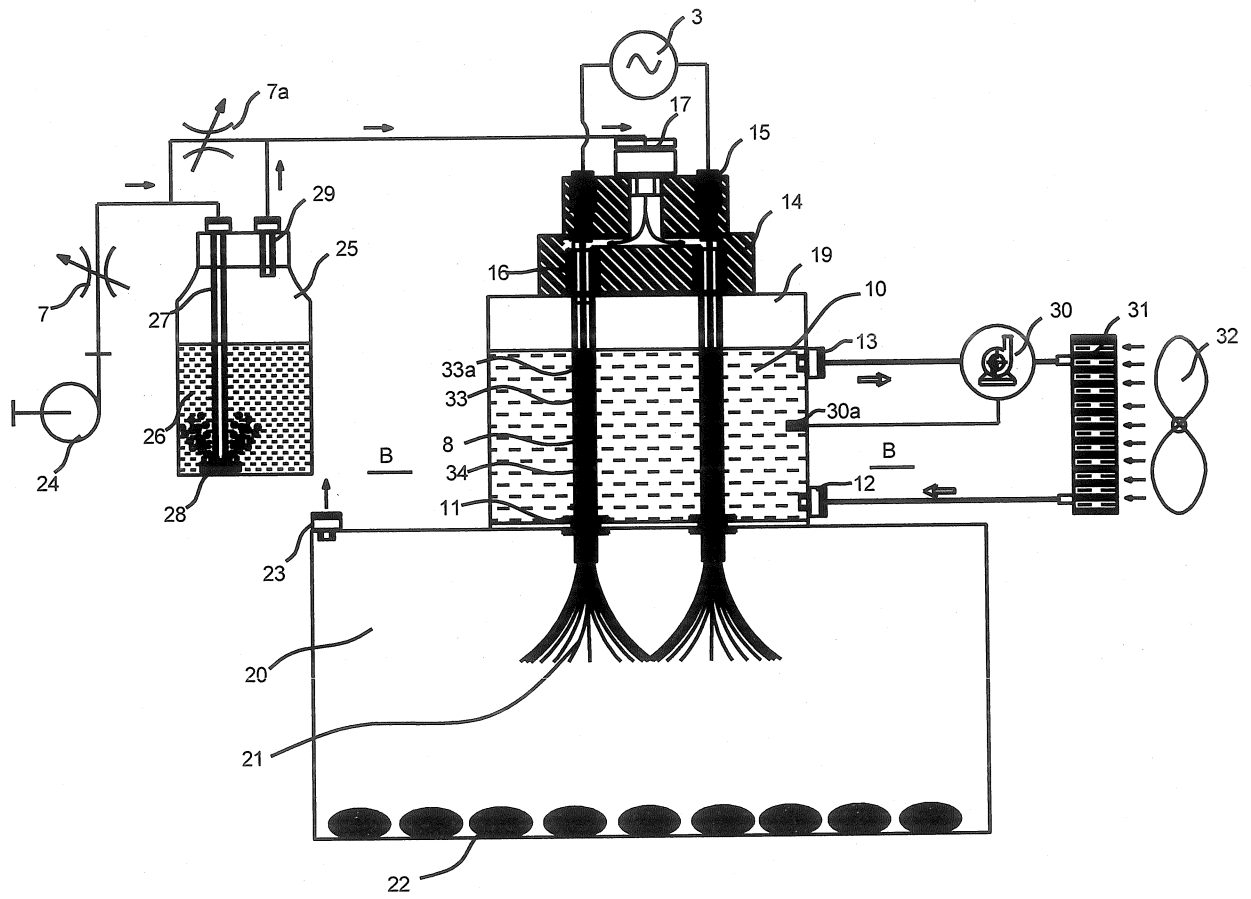
**Hình 4**



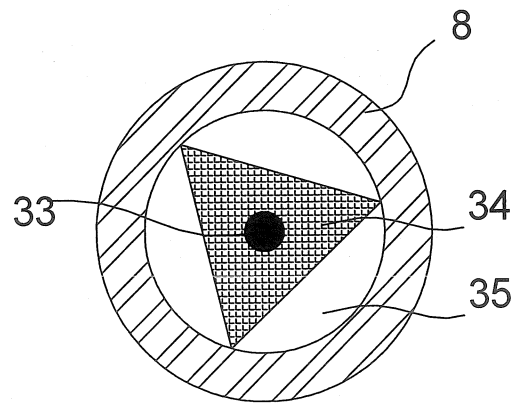
Hình 5



Hình 6

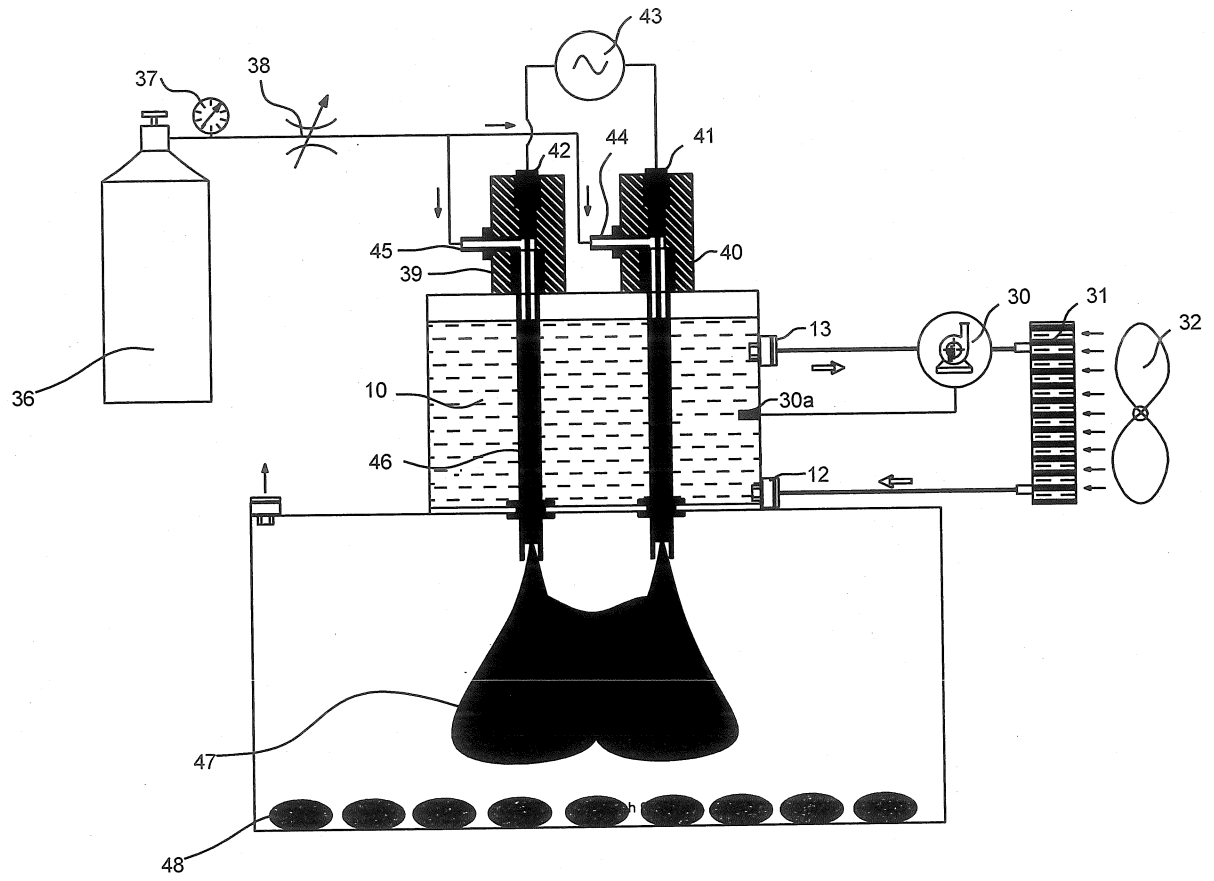


Hình 7

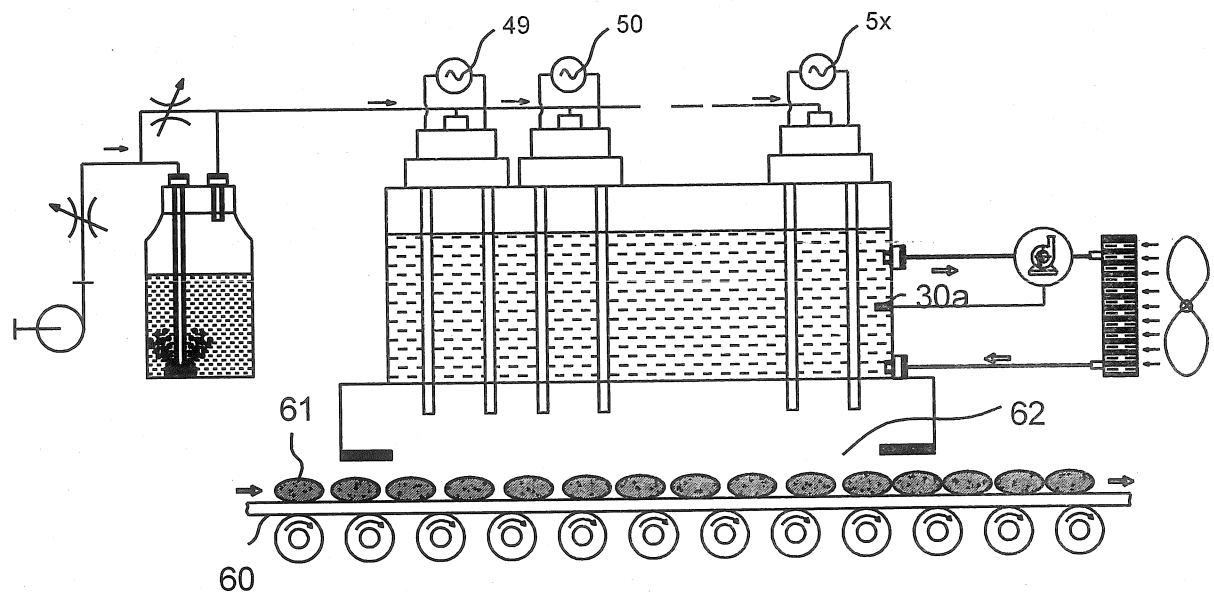


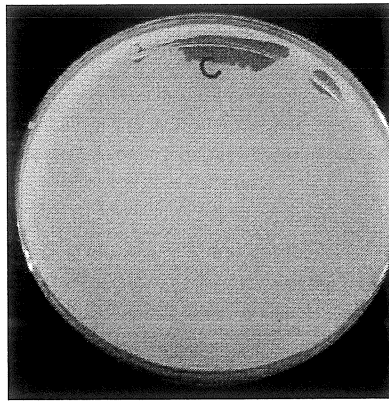
B - B

Hình 8

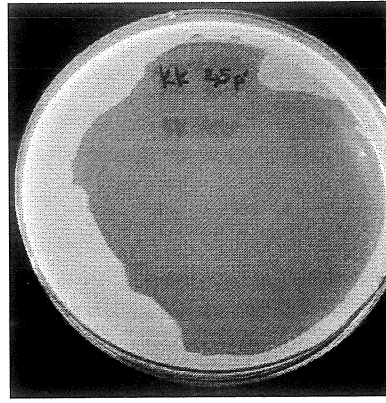


Hình 9

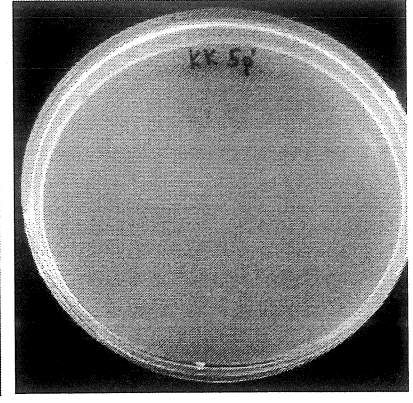
**Hình 10**



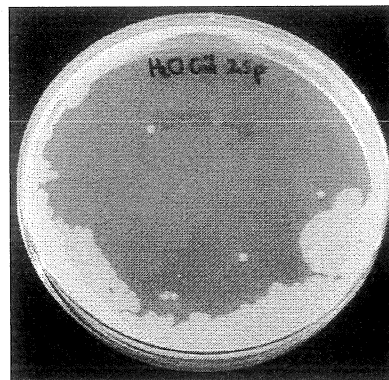
(a)



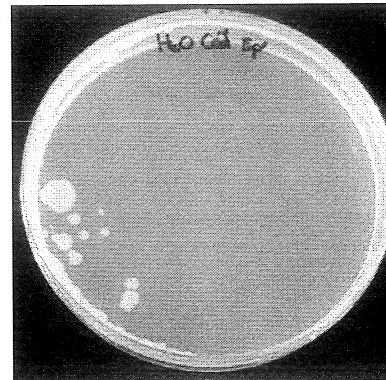
(b)



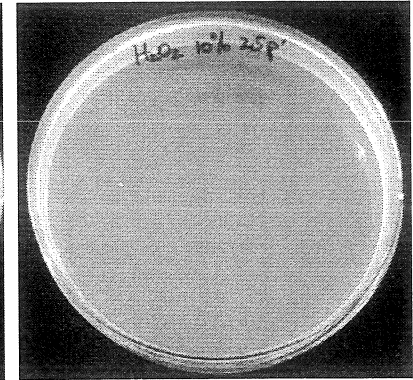
(c)



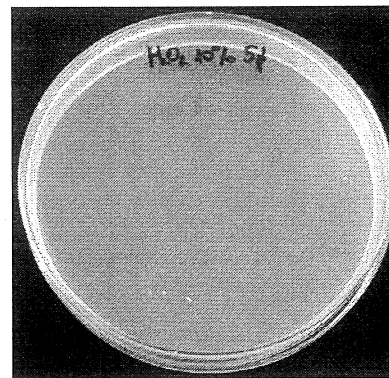
(d)



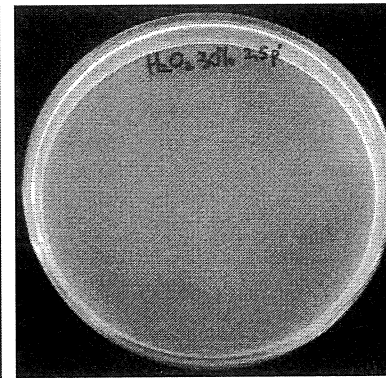
(e)



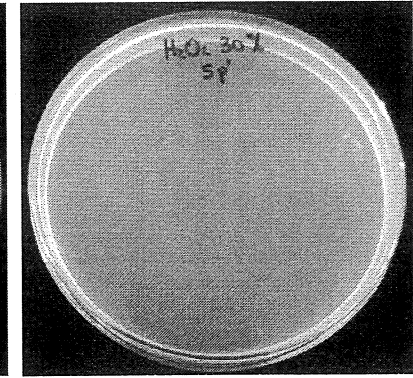
(g)



(h)

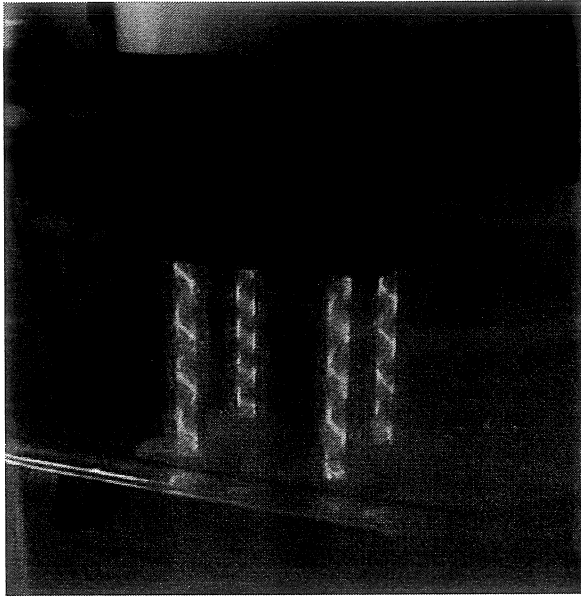


(i)

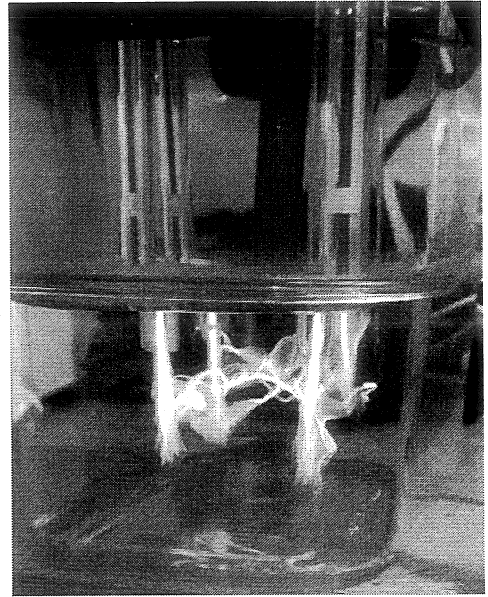


(k)

Hình 11



(a)



(b)

Hình 12