



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0053818

(51)^{2022.01} H01J 37/32; C01B 32/205; B01J 19/12; (13) B
C01B 32/184

(21) 1-2023-01858

(22) 09/07/2021

(86) PCT/US2021/041050 09/07/2021

(87) WO 2022/055609 17/03/2022

(30) 17/008,188 31/08/2020 US; 17/039,736 30/09/2020 US

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/09/2023 426A

(73) Lyten, Inc. (US)

145 Baytech Drive, San Jose, CA 95134-2303, United States of America

(72) STOWELL, Michael, W. (US); PHAM, Tung Van (US); ANZELMO, Bryce, H.
(US); RISO, Thomas (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XUẤT RA BỘT

(21) 1-2023-01858

(57) Sáng chế đề cập đến nguồn năng lượng vi sóng tạo ra năng lượng vi sóng. Nguồn năng lượng vi sóng này có trạng thái bật và trạng thái tắt. Mạch điều khiển được ghép với nguồn năng lượng vi sóng và bao gồm đầu ra để tạo ra tín hiệu điều khiển mà điều chỉnh tần số xung của năng lượng vi sóng. Bộ tạo điện áp áp dụng điện áp khác không vào nguồn năng lượng vi sóng trong trạng thái tắt. Tần số và chu kỳ hoạt động của điện áp khác không được dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển. Ống dẫn sóng được ghép với nguồn năng lượng vi sóng. Ống dẫn sóng này có cửa nạp cung cấp khí để nhận khí cung cấp, vùng phản ứng tạo ra plasma, cửa nạp xử lý đưa vật liệu thô vào vùng phản ứng, và cửa ra xuất ra bột trên cơ sở hỗn hợp của khí cung cấp và vật liệu thô trong plasma.

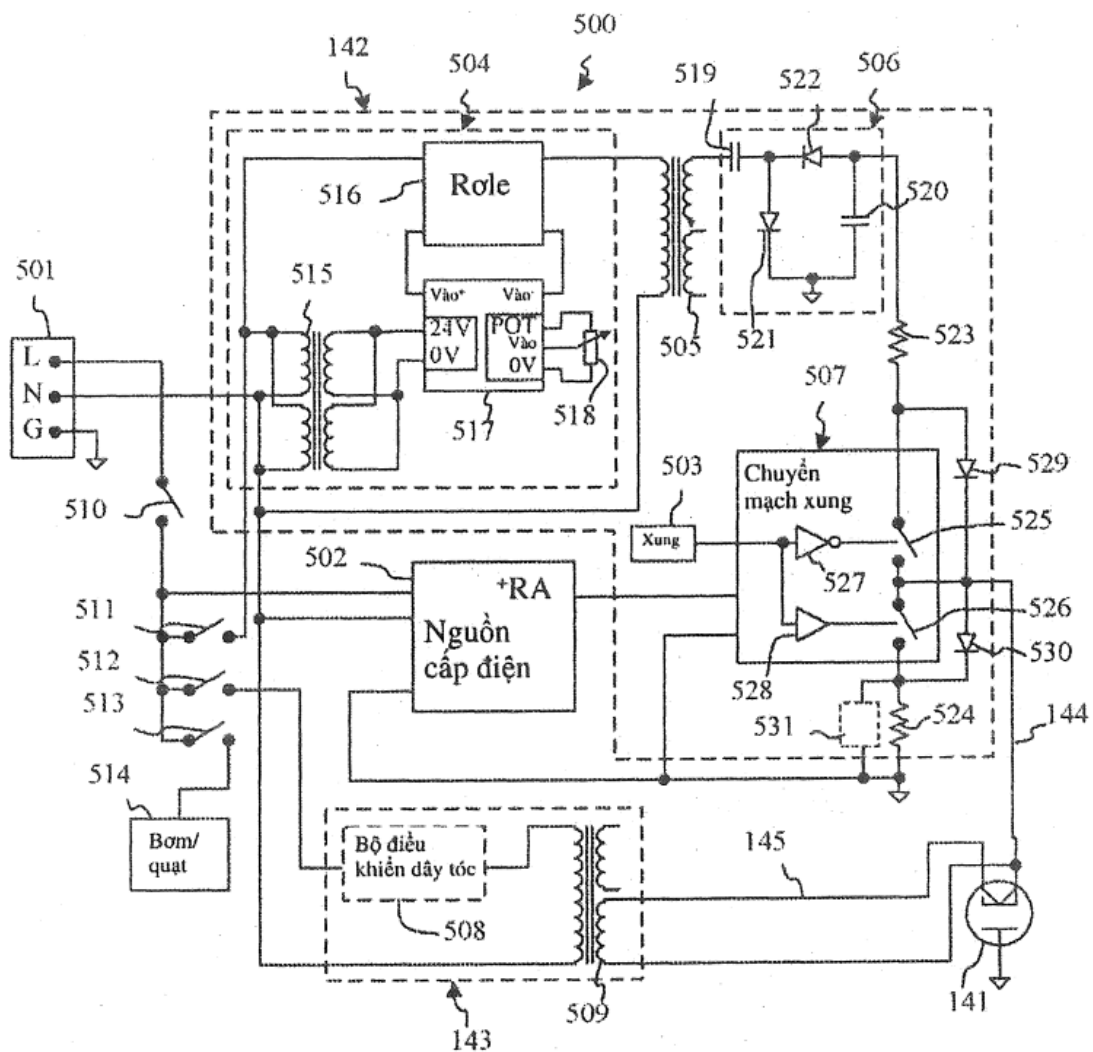


Fig. 5

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến lò phản ứng để tạo ra các hạt cacbon, và cụ thể hơn là, đề cập đến lò phản ứng được ghép với mạch được cấu hình để truyền năng lượng vi sóng ở tần số xung hoặc chu kỳ hoạt động xác định vào lò phản ứng để xuất ra các hạt cacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ví dụ, các thiết bị phát vi sóng như manhetron hoặc klytron có thể được cấu hình để phát ra bức xạ điện từ (EM) ở dạng năng lượng vi sóng. Để kiểm soát cẩn thận mức công suất đầu ra của năng lượng vi sóng đầu ra, các mạch tích hợp có thể được ghép với các thiết bị phát vi sóng này để điều khiển nguồn năng lượng vi sóng phát ra năng lượng vi sóng ở các xung rời rạc có tần số và chu kỳ hoạt động khác nhau. Một mạch như vậy có thể được thiết kế cho dải tần số xung, chu kỳ hoạt động, hình dạng và mức công suất đầu ra cụ thể; tuy nhiên, các thách thức gặp phải trong thiết kế lò phản ứng và thiết bị phát vi sóng truyền thống và hạn chế hiệu quả dải hoạt động tổng thể. Thời gian tăng và giảm quan sát được của tín hiệu xung có thể là các hạn chế ví dụ được quan sát thấy, vì rằng thời gian tăng hoặc giảm tương đối chậm có thể tác động tiêu cực đến tốc độ mà tín hiệu có thể được chuyển đổi ở tốc độ này. Và công suất mà mạch có thể cung cấp cho manhetron cũng có thể ảnh hưởng đến mức công suất đầu ra của manhetron. Điều khiển cẩn thận và xem xét việc tối ưu hóa thiết kế mạch và tích hợp với các thiết kế lò phản ứng khác nhau có thể mang lại lợi ích liên quan đến đầu ra sản phẩm lò phản ứng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mỗi hệ thống, phương pháp, và thiết bị của sáng chế này đều có một số khía cạnh sáng chế, không một khía cạnh nào trong số đó chịu trách nhiệm duy nhất về các thuộc tính mong muốn được bộc lộ trong bản mô tả này.

Một khía cạnh sáng chế của đối tượng được mô tả trong sáng chế này có thể được triển khai trong hệ thống lò phản ứng bao gồm nguồn năng lượng vi sóng được cấu hình để tạo ra năng lượng vi sóng. Nguồn năng lượng vi sóng có trạng thái bật và trạng thái tắt. Mạch điều khiển được ghép với nguồn năng lượng vi sóng và bao gồm đầu ra để tạo tín

hiệu điều khiển được cấu hình để điều chỉnh ít nhất một phần tần số xung của năng lượng vi sóng. Bộ tạo điện áp được cấu hình để đặt điện áp khác không vào nguồn năng lượng vi sóng trong trạng thái tắt, trong đó tần số và chu kỳ hoạt động của điện áp khác không dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển. Ống dẫn sóng tăng cường trường (FEWG) được ghép với nguồn năng lượng vi sóng và bao gồm vùng tăng cường trường có diện tích mặt cắt ngang giảm dọc theo chiều dài của FEWG. Vùng tăng cường trường bao gồm cửa nạp khí cung cấp được cấu hình để nhận khí cung cấp, vùng phản ứng được cấu hình để tạo ra plasma đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bằng năng lượng vi sóng, cửa nạp xử lý được cấu hình để phun vật liệu thô vào vùng phản ứng, và cửa ra được cấu hình để xuất ra bột chứa cacbon dựa trên hỗn hợp khí cung cấp và các phần của vật liệu thô trong plasma.

Theo một số cách triển khai, hệ thống lò phản ứng có thể bao gồm bộ thu gom được cấu hình để thu gom bột chứa cacbon. Vùng tăng cường trường có thể được cấu hình để tập trung năng lượng vi sóng. Vùng phản ứng có thể được cấu hình để tự khơi mào plasma đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bằng năng lượng vi sóng tập trung. Một hoặc nhiều tính chất vật lý hoặc tính chất hóa học của bột chứa cacbon có thể dựa ít nhất một phần vào tần số xung. Theo một số khía cạnh, điện áp khác không có thể có thời gian tăng trong khoảng thời gian từ khoảng 20 nano giây đến 50 nano giây và điện áp khác không có thể có thời gian giảm nằm trong từ khoảng 20 nano giây đến khoảng 50 nano giây.

Theo một số cách triển khai, tần số xung của năng lượng vi sóng có thể được tiếp tục dựa ít nhất một phần vào điện áp khác không. Mạch điều khiển cũng có thể bao gồm dây tóc được cấu hình để điều chỉnh sự phân ly của khí cung cấp. Mức công suất của năng lượng vi sóng có thể dựa ít nhất một phần vào điện áp khác không. Nguồn năng lượng vi sóng bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều manhetron, klystron, hoặc bộ khuếch đại ống sóng du hành (TWTA - traveling wave tube amplifier). Mạch điều khiển có thể bao gồm công tắc tạo xung bao gồm công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được kết hợp tiếp giữa nguồn cấp điện áp và điện thế đất. Theo một số khía cạnh, khí cung cấp có thể bao gồm hydrocacbon. Bột chứa cacbon có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều hạt chứa cacbon, chất phân tán dạng keo, hoặc nhiều hạt rắn.

Theo một số cách triển khai, hệ thống lò phản ứng có thể bao gồm máy tách chất khí/chất rắn được cấu hình để tách vật liệu pha khí và vật liệu pha rắn ra khỏi bột chứa cacbon. FEWG có thể được cấu hình để tạo ra một hoặc nhiều phép đo điều kiện của nguồn

năng lượng vi sóng. Bột chứa cacbon có thể bao gồm nhiều tiểu cầu graphen. FEWG có thể được cấu hình để hợp nhất nhiều tiểu cầu graphen với nhau ở các góc gần như trực giao. FEWG được cấu hình để điều chỉnh chiều dài của plasma được tạo ra trong FEWG bằng cách dẫn có chọn lọc khí cung cấp vào vùng phản ứng. Vùng phản ứng có thể được cấu hình để chứa hỗn hợp ở áp suất khoảng 1 atm. Theo một số khía cạnh, hệ thống lò phản ứng có thể bao gồm bộ điều khiển nhiệt độ được cấu hình để điều khiển nhiệt độ bên trong FEWG.

Một khía cạnh sáng chế khác về đối tượng được mô tả trong sáng chế này có thể được triển khai dưới dạng phương pháp, có thể bao gồm bước tạo ra năng lượng vi sóng từ nguồn năng lượng vi sóng, bước tạo ra tín hiệu điều khiển được định cấu hình để điều chỉnh tần số xung của năng lượng vi sóng điều khiển nguồn năng lượng vi sóng, bước đặt điện áp khác không vào nguồn năng lượng vi sóng trong trạng thái tắt của nguồn năng lượng vi sóng, điện áp khác không được cấu hình để điều chỉnh tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển, bước tạo ra plasma đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bằng năng lượng vi sóng, bước phun vật liệu thô vào plasma, bước tạo ra hỗn hợp trên cơ sở sự kết hợp của khí cung cấp và các phần của vật liệu thô trong plasma, và bước xuất ra bột chứa cacbon dựa trên sự kích thích của hỗn hợp bằng năng lượng vi sóng. Theo một số khía cạnh, phương pháp này có thể bao gồm bước tạo xung điện áp khác không, điện áp khác không được tạo xung có thời gian tăng trong khoảng từ 20 nano giây đến 50 nano giây.

Khía cạnh theo sáng chế khác về đối tượng được mô tả trong sáng chế này có thể được triển khai dưới dạng phương pháp, có thể bao gồm bước điều khiển nhiệt độ và áp suất của bất kỳ một hoặc nhiều loại hydrocacbon và vật liệu thô, bước tạo ra năng lượng vi sóng bằng nguồn năng lượng vi sóng, mà bao gồm đầu ra để tạo tín hiệu điều khiển, bước khơi mào plasma bằng cách kích thích các loại hydrocacbon bằng năng lượng vi sóng lan truyền, bề gãy các loại hydrocacbon trong plasma thành nhiều loại chứa cacbon nhỏ hơn dựa trên năng lượng vi sóng lan truyền, và bước xuất ra bột chứa cacbon dựa trên hỗn hợp của nhiều loại chứa cacbon nhỏ hơn và vật liệu thô. Theo một số khía cạnh, phương pháp này có thể bao gồm bước tiến hành một hoặc nhiều hoạt động sau xử lý đối với bất kỳ một hoặc nhiều loại chứa cacbon nhỏ hơn.

Chi tiết về một hoặc nhiều triển khai của đối tượng được mô tả trong sáng chế này được trình bày trong các hình vẽ kèm theo và phần mô tả bên dưới. Các dấu hiệu kỹ thuật, khía cạnh, và các ưu điểm sẽ rõ ràng từ phần mô tả, hình vẽ, và yêu cầu bảo hộ. Lưu ý rằng

các kích thước tương đối của các hình sau đây có thể không được vẽ theo tỷ lệ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1A mô tả các miền khác nhau mà nguồn điện của mạch điều khiển (như dây tóc) có thể được chuyển đổi qua các dải nguồn điện được cung cấp và/hoặc dải tần số chuyển đổi, theo một số cách triển khai.

Fig. 1B thể hiện sơ đồ đơn giản hóa của mạch ví dụ (như mạch điều khiển bộ phát vi sóng), theo một số cách triển khai.

Fig. 2 thể hiện biểu đồ đơn giản hóa của điện áp hoạt động được so sánh với từ trường do manhetron tạo ra, theo một số cách triển khai.

Fig. 3 thể hiện biểu đồ đơn giản hóa các kết quả thử nghiệm cho mạch điều khiển bộ phát vi sóng ví dụ được thể hiện trong Fig. 1B, theo một số cách triển khai.

Fig. 4 thể hiện biểu đồ đơn giản hóa các kết quả thử nghiệm đối với mạch điều khiển bộ phát vi sóng tình trạng kỹ thuật trước đó, theo một số cách triển khai.

Fig. 5 thể hiện biểu đồ cho mạch ví dụ được thể hiện trong Fig. 1B, theo một số cách triển khai.

Fig. 6 thể hiện biểu đồ mạch mạng điều chỉnh thời gian tăng thích hợp để kết hợp và/hoặc sử dụng với các mạch ví dụ được thể hiện trong Fig. 1B và Fig. 5, theo một số cách triển khai.

Fig. 7A là lưu đồ về phương pháp tạo bức xạ vi sóng dạng xung bằng mạch, theo một số cách triển khai.

Fig. 7B là lưu đồ về phương pháp kết nối luân phiên đầu ra điện áp dạng xung, theo một số cách triển khai.

Fig. 8A thể hiện mặt cắt dọc của hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng thông thường, theo một số cách triển khai.

Fig. 8B và Fig. 8C thể hiện dạng hình học ví dụ và các kích thước của các ống dẫn sóng (như ống dẫn sóng tăng cường trường, FEWG), theo một số cách triển khai.

Fig. 9 thể hiện mặt cắt dọc của lò phản ứng (như lò phản ứng được ghép với nguồn năng lượng vi sóng), theo một số cách triển khai.

Fig. 10 thể hiện mặt cắt dọc đơn giản hóa của hệ thống xử lý khí bằng vi sóng, theo

các triển khai khác.

Các hình vẽ Fig. 11A, Fig. 11B, Fig. 11C và Fig. 11D thể hiện các sơ đồ khối của các hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng có nhiều ống dẫn sóng tăng cường trường và nhiều nguồn năng lượng vi sóng, theo một số cách triển khai.

Fig. 12A và Fig. 12B thể hiện các biểu đồ đơn giản hóa của các hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng trong đó nhiều ống dẫn sóng tăng cường trường được ghép với một bộ tạo năng lượng vi sóng, theo một số cách triển khai.

Fig. 13 thể hiện mặt cắt dọc của hệ thống xử lý khí bằng vi sóng với đầu vào là khí phản ứng dạng hơi, theo một số cách triển khai.

Fig. 14 thể hiện mặt cắt dọc của lò phản ứng (như lò phản ứng được ghép với nguồn năng lượng vi sóng) có sợi tóc, theo một số cách triển khai.

Fig. 15 thể hiện mặt cắt dọc của lò phản ứng (như lò phản ứng được ghép với nguồn năng lượng vi sóng) bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều nguồn electron và một cặp điện cực, theo một số cách triển khai.

Fig. 16 thể hiện lưu đồ ví dụ về phương pháp ví dụ để cung cấp bức xạ vi sóng (như năng lượng vi sóng) để cấp năng lượng và/hoặc kích thích khí cung cấp và tạo ra plasma dựa trên khí cung cấp được kích thích, theo một số cách triển khai.

Các hình vẽ từ Fig. 17A đến Fig. 17Y mô tả các nguyên tử cacbon có cấu trúc, các hạt nano cacbon khác nhau, các kết tụ dựa trên cacbon khác nhau, và các cụm chứa cacbon ba chiều khác nhau được phát triển trên các vật liệu khác, theo một số cách triển khai.

Fig. 18A là lưu đồ về phương pháp xuất ra bột chứa cacbon, theo một số cách triển khai.

Fig. 18B là lưu đồ của phương pháp tạo xung điện áp khác không, theo một số cách triển khai.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bây giờ sẽ tham chiếu đến các cách triển khai của sáng chế đã bộc lộ, một hoặc nhiều ví dụ trong số đó được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Mỗi ví dụ được trình bày theo cách giải thích sáng chế, không làm giới hạn sáng chế. Trên thực tế, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ thấy rõ rằng các cải biến và các thay

đổi có thể được thực hiện theo sáng chế mà không rời khỏi phạm vi của nó. Ví dụ, các dấu hiệu kỹ thuật được minh họa hoặc mô tả dưới dạng một phần của một phương án có thể được sử dụng với phương án khác để tạo ra phương án khác nữa. Do đó, dự định rằng đối tượng sáng chế bao gồm tất cả các cải biến và các biến thể này trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo và các nội dung tương đương của chúng.

Các phương án về hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể được sử dụng để điều khiển, như với mạch, nguồn năng lượng vi sóng để cung cấp năng lượng vi sóng dạng xung để tạo ra các hạt chứa cacbon từ vật liệu thô bằng cách sử dụng các kỹ thuật xử lý hóa học plasma vi sóng được bộc lộ trong bản mô tả này. Theo một số cách triển khai, vật liệu thô có thể là chất khí, chất lỏng, hoặc chất phân tán dạng keo. Theo một số cách triển khai khác, vật liệu thô có thể là hoặc bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều hạt cacbon, chất phân tán dạng keo, hoặc nhiều hạt rắn. Theo một số khía cạnh, vật liệu thô có thể được xử lý thành các thành phần được tách trong vùng phản ứng của ống dẫn sóng. Theo một số cách triển khai, ống dẫn sóng có thể là ống dẫn sóng tăng cường trường không chỉ cho phép lượng vật liệu thô tương đối lớn được xử lý, mà còn đóng vai trò làm buồng phản ứng mà trong đó plasma (còn được gọi là môi trường plasma) có thể được tạo hoặc được tạo ra đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bởi năng lượng vi sóng.

Điều này trái ngược với các hệ thống thông thường có thể không cung cấp năng lượng vi sóng dạng xung được điều khiển bởi mạch và/hoặc sử dụng buồng thạch anh riêng biệt và khác biệt với ống dẫn sóng để tập trung năng lượng vi sóng dạng xung nhằm kích thích hỗn hợp khí cung cấp chứa cacbon và vật liệu thô trong môi trường plasma. Trong các hệ thống thông thường, sự tích tụ hạt trên thành buồng thạch anh có thể cản trở sự thâm nhập của năng lượng vi sóng qua thành buồng thạch anh, do đó làm giảm hiệu quả mà các hệ thống thông thường này có thể xử lý vật liệu thô. Cụ thể hơn, mạch có thể được ghép với nguồn năng lượng vi sóng, trong đó mạch có thể tạo ra đầu ra điện áp dạng xung, mà có thể điều khiển nguồn năng lượng vi sóng. Ví dụ, đầu ra điện áp dạng xung có thể làm cho nguồn năng lượng vi sóng tạo ra năng lượng vi sóng dạng xung, năng lượng này có thể được lan truyền dọc theo ống dẫn sóng thuần nhon mà nó được tập trung tỷ lệ với mức độ thuần nhon. Ống dẫn sóng cũng đóng vai trò là buồng phản ứng, nơi các khí cung cấp chứa cacbon đầu vào (như metan, CH_4) có thể được ghép với các vật liệu thô bổ sung, ví dụ silicon hoặc các kim loại khác, và được kích thích khi tiếp xúc với vi sóng tập trung và xung. năng lượng, cũng làm cho một số khí cung cấp bốc cháy và tạo ra plasma. Hỗn hợp

khí cung cấp và vật liệu thô được kích thích bởi năng lượng vi sóng dạng xung và tập trung trong môi trường plasma. Do đó, hiệu quả mà các hệ thống lò phản ứng được bộc lộ trong bản mô tả này có thể xử lý hỗn hợp khí cung cấp và vật liệu thô trong plasma để xuất ra bột chứa cacbon, được tăng cường. Hơn nữa, chính ống dẫn sóng không nhất thiết dễ bị tích tụ hạt trên các bề mặt hướng vào bên trong các thành buồng của nó, mà chỉ là một ví dụ về các ưu điểm được xác nhận bởi các khía cạnh khác nhau của đối tượng được mô tả trong bản mô tả này.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “ống dẫn sóng tăng cường trường” (FEWG) đề cập đến ống dẫn sóng có diện tích mặt cắt ngang thứ nhất và diện tích mặt cắt ngang thứ hai, mà diện tích mặt cắt ngang thứ hai nhỏ hơn diện tích mặt cắt ngang thứ nhất và cách xa nguồn năng lượng vi sóng hơn diện tích mặt cắt thứ nhất. Việc giảm diện tích mặt cắt ngang giúp tăng cường trường bằng cách tập trung năng lượng vi sóng, với các kích thước của ống dẫn sóng được thiết lập để duy trì sự lan truyền của tần số vi sóng cụ thể đang được sử dụng. Diện tích mặt cắt ngang thứ hai của FEWG kéo dài dọc theo chiều dài phản ứng mà tạo ra vùng phản ứng của FEWG. Có vùng tăng cường trường giữa diện tích mặt cắt ngang thứ nhất và diện tích mặt cắt ngang thứ hai của FEWG. Theo một số khía cạnh, vùng tăng cường trường có thể thay đổi diện tích mặt cắt ngang theo cách liên tục (như tuyến tính hoặc phi tuyến tính) hoặc theo cách đột ngột (như qua một hoặc nhiều bước rời rạc). Theo một số khía cạnh, áp suất trong các FEWG nằm trong khoảng từ 0,1 atm đến 10 atm hoặc từ 0,5 atm đến 10 atm hoặc từ 0,9 atm đến 10 atm, hoặc lớn hơn 0,1 atm, hoặc lớn hơn 0,5 atm, hoặc lớn hơn 0,9 atm.

Lò phản ứng xử lý hóa học plasma bằng vi sóng theo sáng chế có thể bao gồm hoặc có thể được ghép với một hoặc nhiều cửa nạp khí cung cấp mà khí cung cấp được dẫn vào cửa nạp khí cung cấp này và một hoặc nhiều cửa nạp xử lý mà vật liệu đầu vào được dẫn vào cửa nạp xử lý này. Các cửa nạp khí cung cấp và xử lý được đặt trong hoặc đầu dòng của vùng phản ứng, và khí cung cấp được sử dụng để tạo ra plasma trong vùng phản ứng. Các lưu lượng khí cung cấp có thể từ 1 slm (lít tiêu chuẩn mỗi phút) đến 1.000 slm, hoặc từ 2 slm đến 1.000 slm, hoặc từ 5 slm đến 1.000 slm, hoặc lớn hơn 1 slm, hoặc lớn hơn 2 slm, hoặc lớn hơn 5 slm. vật liệu xử lý là chất khí, và tốc độ dòng có thể từ 1 slm (lít tiêu chuẩn mỗi phút) đến 1.000 slm, hoặc từ 2 slm đến 1.000 slm, hoặc từ 5 slm đến 1.000 slm, hoặc lớn hơn 1 slm, hoặc lớn hơn 2 slm, hoặc lớn hơn 5 slm. Vật liệu xử lý là chất lỏng, hoặc chất phân tán dạng keo và tốc độ dòng nằm trong khoảng từ nhỏ hơn 1% đến lớn hơn

100% lưu lượng khí cung cấp.

Các lò phản ứng xử lý hóa học plasma vi sóng theo sáng chế có thể có bộ tạo năng lượng vi sóng duy nhất, mà là nguồn năng lượng vi sóng được ghép với một hoặc lớn hơn một FEWG. Các lò phản ứng được bộc lộ có thể có nhiều hơn một bộ tạo năng lượng vi sóng, được ghép với nhiều hơn một FEWG. Năng lượng vi sóng là sóng hoặc xung liên tục. Công suất bộ tạo năng lượng vi sóng nằm trong khoảng từ 1kW đến 100kW. Các lò phản ứng được bộc lộ có thể có nhiều hơn một vùng phản ứng, được nối với nhau và có một hoặc nhiều cửa ra từ đó thu gom các thành phần được tách. Các lò phản ứng được bộc lộ có thể chứa nhiều FEWG với các dạng hình học khác nhau bao gồm các cách sắp xếp đa dạng, và các cách sắp xếp mạng. Các dạng hình học này sẽ được mô tả đầy đủ hơn trong bản mô tả này.

Các lò phản ứng được bộc lộ theo sáng chế có các vùng phản ứng với các thành, và các cửa nạp khí cung cấp và xử lý (để tạo ra plasma vi sóng) và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng qua các thành. Có thể có nhiều cửa nạp khí cung cấp và xử lý và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng qua các thành theo các phần khối lượng được kiểm soát. Việc cung cấp khí cung cấp và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng qua các thành theo các phần khối lượng được kiểm soát có thể giảm thiểu sự lắng đọng của các thành phần được tách trên các thành của vùng phản ứng.

Việc xử lý hóa học plasma vi sóng của khí hydrocacbon có thể sử dụng các kỹ thuật khác nhau bao gồm bước tạo năng lượng vi sóng dạng xung để kiểm soát năng lượng của plasma. Khả năng kiểm soát năng lượng của plasma cho phép lựa chọn một hoặc nhiều con đường phản ứng trong sự chuyển đổi khí hydrocacbon thành các thành phần được tách cụ thể. Năng lượng vi sóng được tạo xung có thể được sử dụng để kiểm soát năng lượng của plasma vì các loại năng lượng cao tồn tại trong thời gian ngắn được tạo ra khi plasma khơi mào có thể được tái tạo khi bắt đầu mỗi xung mới. Năng lượng plasma được kiểm soát để có năng lượng ion trung bình thấp hơn so với các kỹ thuật thông thường, nhưng ở mức đủ cao để cho phép các phản ứng hóa học được nhắm trúng đích xảy ra ở lưu lượng khí cao và áp suất cao.

Các hệ thống xử lý hóa học plasma vi sóng sử dụng năng lượng vi sóng được tạo xung đã được phát triển mà kiểm soát năng lượng của plasma và có hiệu suất bẻ gãy rất cao, vượt quá 90%. Tuy nhiên, các hệ thống thông thường này, sử dụng tốc độ dòng thấp,

nhỏ hơn 1 lít tiêu chuẩn mỗi phút (slm), và các thể tích khí nhỏ trong plasma, dẫn đến tốc độ sản xuất thấp, và chi phí sản xuất cao. Các hệ thống thông thường này không thể làm tăng tốc độ dòng khí và thể tích khí trong plasma trong khi sử dụng xung vi sóng tần số cao (như cao hơn khoảng 100Hz) vì plasma không thể khởi mào đủ nhanh để theo kịp các xung khi thể tích lớn và lưu lượng cao của khí được sử dụng.

Manhetron điều khiển bộ phát năng lượng

Manhetron sản xuất vi sóng cung cấp tiện ích trên các ứng dụng khác nhau. Thông thường, manhetron tạo ra tín hiệu vi sóng được điều hướng bằng cách dẫn các electron được phát ra từ dây tóc khi kích thích từ dòng điện một chiều. Các electron được dẫn hướng bằng cách sử dụng trường - từ trường "B" làm cho các electron tạo xoáy trên các hốc trong vòng manhetron. Khi các electron xoáy quanh các lỗ trong các hốc, tín hiệu vi sóng có thể được phát ra. Tần số của tín hiệu vi sóng có thể được điều hướng trong dải bằng cách thay đổi hình dạng và kích thước cũng như vị trí và hướng của các khoang trong manhetron.

Như vậy, tín hiệu vi sóng phát ra có thể được điều hướng (như được điều hướng về mức công suất, điều hướng về tần số, hoặc điều hướng về hình dạng tín hiệu) để thích hợp với các ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Ví dụ, tín hiệu vi sóng phát ra được điều hướng theo tần số cộng hưởng của phân tử nước có thể được sử dụng để đốt nóng nước có trong thực phẩm được đặt trong lò vi sóng. Trong ứng dụng lò vi sóng, năng lượng trong tín hiệu vi sóng được sử dụng để đốt nóng thức ăn hoặc đồ uống, và năng lượng bị tiêu hao khi đốt nóng nước nằm trong khoảng vài trăm watt. Việc đốt nóng thực phẩm có kiểm soát được thực hiện bằng cách tạo năng lượng vi sóng dạng xung của tín hiệu vi sóng. Việc tạo xung này tạo điều kiện thuận lợi cho việc đốt nóng chậm và đều (như không làm khô hoặc cháy thực phẩm), ví dụ: (1) trong thời gian xung có kiểm soát thứ nhất, bật dòng điện một chiều cho manhetron để cung cấp năng lượng cho thực phẩm; sau đó (2) trong thời gian xung có kiểm soát thứ hai, tắt dòng điện một chiều tới manhetron để cho phép thực phẩm hấp thụ (như phân bố) năng lượng qua sự rung động và quay phân tử, do đó truyền nhiệt vào thực phẩm cần được đốt nóng.

Manhetron vi sóng được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác, một số ứng dụng đòi hỏi công suất cao hơn và tốc độ bật/tắt cao hơn. Trong một số trường hợp, các ứng dụng khác này yêu cầu công suất rất cao và tốc độ bật/tắt rất cao. Khi sử dụng manhetron vi sóng để cấp năng lượng cho mẫu vật liệu cần được ủ, công suất manhetron cần thiết để đốt nóng

mẫu trong một khoảng thời gian hợp lý (như vài phút hoặc ngắn hơn) có thể cao hơn nhiều (như trong phạm vi hàng nghìn watt) so với để đốt nóng thực phẩm, và tốc độ bật/tắt nhanh hơn nhiều (như trong khoảng từ 10KHz đến 25KHz).

Trong một ví dụ, khi manhetron vi sóng được sử dụng để tạo plasma trong lò phản ứng plasma vi sóng, năng lượng cần thiết để phân ly khí xử lý thành các ion thậm chí còn cao hơn (như trong phạm vi hàng chục nghìn watt) so với vật liệu ù, và các tốc độ bật/tắt cần thiết để kiểm soát nhiệt độ của electron thậm chí còn nhanh hơn (như trong khoảng từ 25KHz đến 100KHz), tùy thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Việc tạo ra chùm plasma ổn định gồm các thành phần phân ly của khí xử lý rất nhạy với tỷ lệ bật/tắt và chu kỳ hoạt động. Hơn nữa, việc tạo ra chùm plasma ổn định trong lò phản ứng khí xử lý còn phức tạp hơn do cần thực hiện quá trình phân ly trong môi trường khí quyển (như chi phí thấp).

Thật không may, các bộ nguồn có thể cung cấp hàng chục nghìn watt điện không nhanh chóng chuyển từ “bật” sang “tắt” (hoặc “tắt” sang “bật”). Việc không thể nhanh chóng chuyển từ trạng thái “bật” công suất cao sang trạng thái “tắt” công suất thấp hoặc bằng không sẽ hạn chế khả năng tinh chỉnh hoặc kiểm soát tín hiệu vi sóng. Đổi lại, việc không thể kiểm soát tín hiệu vi sóng sẽ hạn chế khả năng kiểm soát quá trình ù và/hoặc hạn chế khả năng điều khiển động học phân ly của khí xử lý. Điều cần thiết là các kỹ thuật để kiểm soát dòng điện công suất cao đến dây tóc sao cho khả năng chuyển đổi công suất cao và tần số cao cần thiết để kiểm soát các quá trình ù và/hoặc để kiểm soát động học phân ly của khí xử lý có thể đạt được. Lưu ý rằng, mặc dù các phương án về mạch điều khiển điện tử sẽ được mô tả để sử dụng với các nguồn năng lượng vi sóng, nhưng các mạch điện tử này có thể được sử dụng với các tần số khác, như ống manhetron ở tần số bất kỳ.

Fig. 1A trình bày các chế độ khác nhau trong đó bật và tắt nguồn dây tóc trên nhiều dải công suất và khi nguồn điện dây tóc được chuyển đổi trên nhiều dải tần số chuyển đổi. Trục hoành của biểu đồ bao gồm dải tần số chuyển đổi nằm trong từ khoảng 2KHz đến khoảng 30KHz. Trục tung của biểu đồ bao gồm dải từ vài watt đến hơn 30kWatt. Hơn nữa, chế độ môi trường chân không và chế độ môi trường khí quyển được xếp chồng tương ứng về phía trên bên trái và bên phải của biểu đồ. Việc xác định chế độ thực hiện các quy trình (như chọn môi trường chân không hoặc môi trường khí quyển) dựa trên quy trình hoặc ứng dụng cụ thể. Ví dụ, môi trường chân không có thể được ưu tiên cho quá trình phân ly khí, ù vật liệu, lắng đọng vật liệu, ăn mòn và cho các mục đích chức năng hóa khác nhau, trong khi đó để tạo ra plasma hoặc gốc plasma, hoặc để nhiệt phân, hoặc để thiêu kết, để ù, chế

độ khí quyển có thể được ưu tiên.

Như có thể thấy, chế độ mạch chuyển đổi tần số thấp thông thường 122 chỉ mở rộng đến khoảng 10KHz, và chỉ trong chế độ chân không. Ngoài ra, như có thể thấy, các mạch chuyển đổi công suất thấp thông thường 124 được thể hiện chỉ mở rộng đến khoảng 20KHz, trong khi chế độ chuyển đổi tần số cao và công suất cao 126 bao gồm dải chuyển đổi từ khoảng 20KHz và cao hơn. Như đã chỉ ra ở trên, điều cần thiết là cách để điều khiển dòng điện công suất cao tới dây tóc sao cho khả năng chuyển đổi công suất cao và tần số cao được sử dụng để kiểm soát quá trình ủ và/hoặc để kiểm soát động lực phân ly của khí xử lý có thể đạt được.

Bộ máy tạo tín hiệu vi sóng thường bao gồm manhetron hoặc klystron, hoặc ống dẫn sóng chạy, hoặc nguồn năng lượng vi sóng khác. Các mạch điện tử điều khiển việc cung cấp năng lượng điện (như dòng điện một chiều) đến bộ máy tạo tín hiệu vi sóng. Hệ mạch điện tử này có thể được cấu hình thành hai thành phần: (1) thành phần điều khiển công suất điện cao áp, và (2) thành phần điều khiển dạng phân phối của công suất điện được tạo xung tới dây tóc.

Như được thể hiện trong Fig. 1B, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140, theo một số phương án, bao gồm manhetron hoặc klystron, ống dẫn sóng chạy, hoặc nguồn năng lượng vi sóng khác 141, hệ mạch điều khiển điện áp cao 142, và mạch điều khiển dây tóc 143, trong số các thành phần mạch tiềm năng khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 là thiết kế có chi phí tương đối thấp, độ phức tạp thấp cho phép thời gian tăng và giảm tương đối nhanh để tạo xung cho nguồn năng lượng vi sóng 141 với dải tương đối rộng đối với mức công suất đầu ra. Hơn nữa, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 cung cấp sự điều khiển tốt tần số xung cũng như chu kỳ hoạt động xung đối với bức xạ vi sóng dạng xung do nguồn năng lượng vi sóng tạo ra. Hệ mạch điều khiển điện áp cao 142 thường bao gồm các thiết bị điện tử công suất cao áp để tạo ra điện áp cao (máy tạo điện áp cao) và công tắc tạo xung (như được mô tả bên dưới có tham chiếu đến Fig. 5) để tạo ra đầu ra điện áp cao dạng xung 144 từ điện áp cao được tạo ra. Mạch điều khiển dây tóc 143 thường bao gồm biến áp cách ly dây tóc và bộ điều khiển dây tóc tùy ý (như được mô tả bên dưới có tham chiếu đến Fig. 5) để tạo ra dòng điện dây tóc ở 145. Đầu ra điện áp cao dạng xung 144 được áp dụng cho các thành phần điện áp cao của nguồn năng lượng vi sóng 141, và dòng điện dây tóc ở 145 được áp dụng cho dây tóc của nguồn năng lượng vi sóng 141; do đó làm cho nguồn năng lượng vi sóng 141 tạo ra hoặc phát ra

bức xạ vi sóng (như ở khoảng 915MHz, hoặc ở hoặc khoảng 2,45GHz hoặc ở hoặc khoảng 5,8GHz). Ngoài ra, bản chất xung của đầu ra điện áp cao dạng xung 144 tạo xung hoặc chuyển đổi nguồn năng lượng vi sóng 141 bật và tắt, hoặc giữa mức công suất cao và mức công suất thấp; do đó làm cho nguồn năng lượng vi sóng 141 tạo ra hoặc phát ra bức xạ vi sóng một cách không liên tục khi nó được tạo xung bật và tắt.

Việc tạo xung bật/tắt của nguồn năng lượng vi sóng 141 (và do đó của bức xạ vi sóng phát ra) được thực hiện ở mức công suất hoạt động, tần số xung, và chu kỳ hoạt động xung thường phụ thuộc vào ứng dụng cụ thể của mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140. Ngoài ra, việc tạo xung bật/tắt của nguồn năng lượng vi sóng 141 (và do đó của bức xạ vi sóng phát ra) được thực hiện với thời gian tăng và giảm tương đối nhanh cho phép nhiều kết hợp tương đối đa dạng của các dải khác nhau đối với mức công suất hoạt động, tần số xung, và chu kỳ hoạt động xung, do đó cho phép sử dụng mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 trong nhiều ứng dụng khác nhau (như để tạo ra plasma hoặc gốc plasma, hoặc để nhiệt phân, thiêu kết, hoặc ủ và/hoặc các dạng tương tự) và/hoặc liên quan đến các loại vật liệu khác nhau. Thời gian tăng và giảm có thể được làm chậm lại, điều hướng, hoặc điều chỉnh cho các ứng dụng cụ thể bằng mạch mạng điều chỉnh thời gian tăng ở đầu ra của hệ mạch điều khiển điện áp cao 142, như được mô tả dưới đây đối với Fig. 6.

Thông thường, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 cho phép mức công suất bức xạ vi sóng nằm trong khoảng từ 100 watt đến 250 kilowatt hoặc từ 250 kilowatt đến khoảng 500 kilowatt, hoặc từ khoảng 500 kilowatt đến 1 megawatt, tần số xung nằm trong khoảng từ 5Hz đến 100kHz, và chu kỳ hoạt động xung khoảng từ 5% đến 100%. Các thông số hoạt động cụ thể hơn thường phụ thuộc vào ứng dụng cụ thể trong đó mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 đang được sử dụng. Danh sách không giới hạn về các ứng dụng này có thể bao gồm nhiệt phân, bẻ gãy, hoặc chuyển đổi các loại khí hoặc phân tử khác nhau, ủ các loại vật liệu khác nhau, thiêu kết các loại vật liệu khác nhau, tạo ra kim cương nano, tạo ra nano-onion cacbon, và tổng hợp vật liệu dựa trên plasma, v.v.. Các thông số hoạt động cụ thể cũng thường phụ thuộc vào loại manhetron, klystron, ống dẫn sóng chạy, hoặc nguồn năng lượng vi sóng khác hoặc nguồn tạo vi sóng khác mà mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 điều khiển.

Fig. 2 thể hiện biểu đồ đặc trưng tổng quát 200 của điện áp hoạt động so với từ trường và sự tương ứng của nó với trạng thái đám mây điện từ đối với manhetron điển hình. Biểu đồ đặc trưng 200 có thể minh họa cách mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140

trong Fig.1B có khả năng đạt được các dải thông số hoạt động nêu trên. Đường bên dưới biểu thị “đường cong Hartree” 201 và đường bên trên biểu thị “đường cong ngưỡng Hull” 202. Các đường cong đặc trưng 201 và 202 này có các giá trị khác nhau đối với các manhetron khác nhau, vì vậy các giá trị tuyệt đối cho các đơn vị không được thể hiện. Tuy nhiên, chế độ hoạt động của manhetron nhất định bất kỳ phụ thuộc rộng rãi vào vị trí chung của điện áp hoạt động và từ trường của manhetron so với các đường cong đặc trưng 201 và 202. Ví dụ, bên dưới đường cong Hartree 201, manhetron thường nằm trong vùng ngưỡng 203, trong đó manhetron không dẫn cũng không dao động, vì vậy nó không tạo ra bức xạ vi sóng trong vùng ngưỡng 203. Phía trên hoặc bên trái của đường cong ngưỡng Hull 202, manhetron thường ở vùng dẫn hoặc chế độ dẫn 204, trong đó dòng điện chạy qua manhetron, nhưng nó không dao động, vì vậy nó không tạo ra bức xạ vi sóng trong vùng 204 này. Giữa đường cong Hartree 201 và đường cong ngưỡng Hull 202, manhetron thường nằm trong vùng dao động 205, trong đó manhetron có dòng điện chạy qua và đang dao động, vì vậy nó đang tạo ra bức xạ vi sóng trong vùng dao động 205 này, còn được gọi là vùng Hartree. Tại các vị trí hoặc điểm hoạt động khác nhau trong vùng dao động 205, manhetron thường hoạt động với các đầu ra công suất khác nhau và/hoặc các hiệu suất khác nhau. Ví dụ, tại điểm hoạt động trong vùng dao động 205, nhưng gần với đường cong Hartree 201, manhetron đang dao động, nhưng hầu như không tạo ra bức xạ vi sóng bất kỳ. Mặt khác, đi tiếp vào giữa vùng dao động 205, manhetron thường tạo ra các mức bức xạ vi sóng đáng kể, tùy thuộc vào mức công suất hoạt động tổng thể.

Mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 trong Fig.1B hoạt động theo cách sao cho tạo chu kỳ hoặc tạo xung bật/tắt của nguồn năng lượng vi sóng 141 làm cho nguồn năng lượng vi sóng 141 tạo chu kỳ giữa các điểm hoạt động “bật” và “tắt” 206 và 207, trong thời gian bật và thời gian tắt, tương ứng. Điểm “bật” 206 nằm phía trên đường cong Hartree 201 và gần như nằm trong vùng dao động 205, như được biểu thị chung bởi thứ nguyên 208 so với đường cong Hartree 201, sao cho nguồn năng lượng vi sóng 141 đang dao động và tạo ra bức xạ vi sóng ở mức công suất đáng kể với hiệu suất tương đối cao. Mặt khác, điểm “tắt” 207, chỉ bên dưới đường cong Hartree 201 một chút và vừa đủ nằm trong vùng ngưỡng 203 ở mức điện áp khác không, như thường được biểu thị bằng thứ nguyên 209 so với đường cong Hartree 201, sao cho nguồn năng lượng vi sóng 141 không dao động hoặc tạo ra bức xạ vi sóng.

Tuy nhiên, công suất cho nguồn năng lượng vi sóng 141 không được tắt hoàn toàn

tại điểm "tắt" 207 do mức điện áp khác không mà tại đó điện áp hoạt động được duy trì, mặc dù công suất đầu ra nguồn năng lượng vi sóng 141 bị tắt tại điểm này. Thay vào đó, một số mức công suất hoặc điện áp khác không vẫn được áp dụng cho nguồn năng lượng vi sóng 141 tại điểm "tắt" 207 trong thời gian tắt. Nghĩa là, khi tắt bức xạ vi sóng dạng xung, các phương pháp bao gồm việc giữ nguồn năng lượng vi sóng ở mức điện áp khác không bên dưới vùng dao động.

Việc duy trì mức công suất hoặc điện áp thấp này trong thời gian tắt cho phép manhetron được quay trở lại nhanh chóng công suất hoạt động bật hoàn toàn, ví dụ tại điểm "bật" 206 trong một khoảng thời gian rất ngắn (như với thời gian tăng nằm trong từ khoảng 20 đến khoảng 50 nano giây). Khái niệm duy trì hoặc giữ nguồn năng lượng vi sóng 141 này chỉ bên ngoài một chút và bên dưới vùng dao động 205 (như bên dưới đường cong Hartree 201 một chút hoặc bên trong vùng ngưỡng 203 một chút) trong bản mô tả này được gọi là "trạng thái sôi", trong đó nguồn năng lượng vi sóng 141 "sôi" ở mức công suất hoặc điện áp ngay bên ngoài tình trạng "bật" và từ đó nó có thể được chuyển sang mức bật hoàn toàn rất nhanh. Kỹ thuật này có thể được sử dụng theo một số phương án để định hình xung của bức xạ vi sóng dạng xung. Ví dụ, hình dạng xung có thể là hình tam giác, hình thang, hoặc các kiểu được làm nhẵn của các xung hình tam giác, hình thang, hoặc hình vuông. Hình dạng xung có thể được điều khiển ở mức độ mịn bằng mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140. Ví dụ, hình dạng xung có thể dựa trên tập hợp đặc tính mong muốn của chùm plasma, các đặc tính mong muốn này lần lượt dựa trên sự điều tiết cho ứng dụng cụ thể (ví dụ cho nhiệt phân, thiêu kết, ủ, v.v.).

Việc duy trì mức công suất sôi của nguồn năng lượng vi sóng trong thời gian tắt được phân biệt với các quy trình hoặc hệ thống tắt hoàn toàn công suất tới nguồn năng lượng vi sóng, vì thời gian và công suất cần thiết để chuyển tiếp sang điểm "bật" ít hơn đáng kể khi nguồn năng lượng vi sóng có thể bắt đầu từ mức công suất sôi so với khi nó phải bắt đầu từ điểm tắt hoàn toàn thấp hơn. Khả năng chuyển tiếp nhanh chóng từ điểm sôi sang điểm "bật" cho phép tạo xung tần số cao của nguồn năng lượng vi sóng. Ngoài ra, kỹ thuật làm sôi này được phân biệt với các quy trình hoặc hệ thống mà giữ nguồn năng lượng vi sóng trong vùng dao động 205. Hơn nữa, thời gian tăng nhanh hơn có thể xảy ra khi sử dụng kỹ thuật làm sôi được thảo luận trong bản mô tả này và thời gian giảm nhanh hơn có thể xảy ra khi sử dụng kỹ thuật dập tắt được thảo luận trong bản mô tả này giúp ngăn chặn hồ quang hoặc sự mất ổn định xảy ra trong plasma.

Fig. 3 minh họa các kết quả thử nghiệm ví dụ về mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140. vết tín hiệu điều khiển 300 thể hiện hoạt động của điện áp phụ thêm dạng xung tương đối cao được áp dụng cho nguồn năng lượng vi sóng, và vết thứ hai 301 thể hiện hiệu suất của dòng điện hoặc công suất đầu ra thu được của nguồn năng lượng vi sóng. Thời gian tăng và giảm tại các lần chuyển tiếp cho vết tín hiệu điều khiển 300 là khoảng 40 nano giây. Đáp ứng nhanh của vết dòng điện hoặc công suất đầu ra 301 thể hiện các nhánh ban đầu lớn ở các lần chuyển tiếp tăng/giảm, nhưng chúng không đáng kể tại các khoảng thời gian liên quan, và thời gian tăng/giảm của vết dòng điện hoặc công suất đầu ra 301 có thứ tự tương tự như thời gian của vết tín hiệu điều khiển 300 (như khoảng 100 nano giây hoặc nhỏ hơn).

Fig. 4 minh họa các kết quả thử nghiệm ví dụ về mạch điều khiển bộ phát vi sóng trong tình trạng kỹ thuật trước. vết 400 thể hiện hoạt động của điện áp phụ thêm dạng xung tương đối cao được áp dụng cho manhetron, và vết thứ hai 401 thể hiện hiệu suất của dòng điện hoặc công suất đầu ra thu được của manhetron. Thời gian tăng và giảm đối với vết điện áp phụ thêm 400 là khoảng 4 mili giây.

Các vết 300 và 301 được trình bày trong Fig.3 được thể hiện ở độ phân giải ngang mịn hơn nhiều so với các vết 400 và 401 trong Fig.4, nhưng ở cùng độ phân giải dọc. Nếu các vết 300 và 301 trong Fig. 3 được trình bày ở độ phân giải ngang trong Fig. 4, thì các nhánh chuyển tiếp tăng/giảm ban đầu trong vết dòng điện hoặc công suất đầu ra 301 của nguồn năng lượng vi sóng sẽ không nhìn thấy được. Thay vào đó, vết dòng điện hoặc công suất đầu ra 301 sẽ xuất hiện dưới dạng sóng vuông gần như hoàn hảo, ví dụ không có thời gian tăng/giảm, nhánh, hoặc dao động chuông rõ ràng. Tuy nhiên, khi so sánh, vết dòng điện hoặc công suất đầu ra trong tình trạng kỹ thuật trước 401 thể hiện độ trễ phản hồi đáng kể 402 và dao động chuông dễ thấy rõ ràng. Ngoài ra, vết điện áp phụ thêm trong tình trạng kỹ thuật trước 400 biểu lộ dao động chuông đáng chú ý. Ngược lại, vết tín hiệu điều khiển 300 cho nguồn năng lượng vi sóng theo các phương án sáng chế hầu như không có dao động chuông nhìn thấy được, ngay cả ở độ phân giải ngang mịn hơn nhiều trong Fig. 3.

Fig.5 thể hiện biểu đồ ví dụ 500 mà có thể là một ví dụ về mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 trong Fig. 1B, theo một số phương án. Mạch điều khiển bộ phát vi sóng 500 được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141, hệ mạch điều khiển điện áp cao 142, mạch điều khiển dây tóc 143, đầu vào điện áp 501, mạch cấp điện 502, và bộ tạo xung 503, trong số các thành phần mạch thể khác mà được mô tả bên dưới hoặc không được thể

hiện trong sơ đồ này để đơn giản hóa. Hệ mạch điều khiển điện áp cao 142 thường bao gồm bộ điều khiển điện áp cao 504, máy biến áp cung cấp điện cao áp (HVPS) 505, bộ nhân đôi điện áp 506 và công tắc tạo xung 507, trong số các thành phần mạch tiềm năng khác được mô tả bên dưới hoặc không được thể hiện để đơn giản hóa. Mạch điều khiển dây tóc 143 thường bao gồm bộ điều khiển dây tóc tùy ý 508 và biến áp cách ly dây tóc 509, trong số các thành phần mạch tiềm năng khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Các phương án khác có thể bao gồm các thành phần hoặc cách sắp xếp các thành phần khác để đạt được các kết quả tương tự trong hoạt động của nguồn năng lượng vi sóng 141 (như bộ vi xử lý có thể được sử dụng thay cho bộ điều khiển điện áp cao 504 để điều khiển dạng sóng được cung cấp cho công tắc tạo xung 507).

Mạch điều khiển bộ phát vi sóng 500 nhận điện áp AC đầu vào thích hợp (như AC 120 Vôn) ở đầu vào điện áp 501 qua đường dây điện áp L, trung tính N, và nối đất G (như điện thế nối đất). Công tắc điều khiển chính 510 nối với đường dây điện áp L để điều khiển bật và tắt điện áp AC đầu vào đến mạch điều khiển bộ phát vi sóng 500. Công tắc điều khiển chính 510 cung cấp điện áp AC đầu vào từ đường dây điện áp L đến mạch cấp điện 502. Công tắc điều khiển chính 510 cung cấp điện áp AC đầu vào từ đường dây điện áp L và qua các công tắc điều khiển bổ sung (như công tắc điều khiển điện áp cao 511, công tắc điều khiển dây tóc 512, công tắc điều khiển đưa/quạt 513). Khi các công tắc điều khiển 510, 511, 512 và 513 được đóng, điện áp AC từ đường dây điện áp L được cung cấp cho bộ điều khiển điện áp cao 504, đến mạch điều khiển dây tóc 143, và đưa làm mát hoặc quạt 514. Điện thế trung tính N được áp dụng trực tiếp vào bộ điều khiển điện áp cao 504, vào máy biến áp HVPS 505, vào mạch cấp điện 502, và vào mạch điều khiển dây tóc 143.

Bộ điều khiển điện áp cao 504 thường bao gồm máy biến áp 515, role 516, bộ điều khiển role 517, và chiết áp 518, trong số các thành phần mạch thể khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Bộ điều khiển điện áp cao 504 thường điều khiển điện áp được cung cấp cho máy biến áp HVPS 505. Để tạo điện áp cho máy biến áp HVPS 505, role 516 (như role bắt điểm không trạng thái rắn) nhận điện áp AC đầu vào qua công tắc điều khiển điện áp cao 511 và, dưới sự điều khiển của bộ điều khiển role 517, giảm hoặc cắt giảm điện áp AC đầu vào đến một số phần trăm của dạng sóng ban đầu (như 5%-10% sóng hình sin), để tạo ra điện áp xoay chiều hình sin giảm hoặc cắt giảm. Dạng sóng giảm có thể thấp bằng 0% và cao bằng 100% dạng sóng ban đầu, nhưng theo một số phương án, dải chu kỳ hoạt động thực tế thường phụ thuộc vào các đặc tính của máy biến áp HVPS 505 và điện áp mà

nguồn năng lượng vi sóng 141 hoạt động tại đó. Việc cài đặt chiết áp 518 xác định phần trăm dạng sóng ban đầu của điện áp AC đầu vào đi qua role 516. Máy biến áp 515 nhận điện áp AC đầu vào và điểm trung tính N để tạo ra điện áp (như 24 Vôn) để cấp điện cho bộ điều khiển role 517.

Máy biến áp HVPS 505 (như máy biến áp tăng áp) nhận điểm trung tính N và điện áp AC được cắt giảm xuống. Với điện áp này, máy biến áp HVPS 505 tạo ra điện áp cao trung bình (như nằm trong từ khoảng 0 Vôn đến khoảng 10.000 Vôn). Mức điện áp cao trung gian dựa trên phần trăm sóng hình sin ban đầu của điện áp AC đầu vào đi qua role 516, được điều chỉnh bằng cách cài đặt chiết áp 518. Dạng sóng của điện áp cao trung bình được lấy trung bình bởi máy biến áp HVPS 505.

Bộ nhân đôi điện áp 506 thường bao gồm tụ điện 519, tụ điện 520 cũng như đi-ốt 521 và đi-ốt 522 được nối với nhau và nối đất như được thể hiện. Bộ nhân đôi điện áp 506 nhận điện áp cao trung gian do máy biến áp HVPS 505 tạo ra và nhân đôi nó để tạo ra điện áp cao (như khoảng 3-15 kilovôn, tùy thuộc vào yêu cầu công suất đầu ra cho nguồn năng lượng vi sóng 141). Điện áp cao được truyền qua điện trở phía cao 523 đến đầu vào phía cao, hoặc điểm nối điện áp cao, của công tắc tạo xung 507 để được cung cấp cho nguồn năng lượng vi sóng 141 với mỗi xung.

Mạch cấp điện 502 là bộ chuyển đổi nguồn điện AC-DC thích hợp bất kỳ mà nhận điện áp AC đầu vào, trung tính N, và thể đất. Mạch cấp điện 502 tạo ra điện áp phụ thêm DC (+ra). Bộ tạo xung 503 cung cấp tín hiệu cho công tắc tạo xung 507.

Bộ tạo xung 503 là bộ tạo chức năng bên trong hoặc bên ngoài thích hợp bất kỳ có khả năng tạo ra tín hiệu điều khiển xung có thể thay đổi. Tín hiệu điều khiển xung ở tần số mong muốn và chu kỳ hoạt động được đề cập ở trên để tạo ra năng lượng vi sóng ở tần số xung, chu kỳ hoạt động, hình dạng, và mức công suất đầu ra thích hợp cho ứng dụng cụ thể. Theo một số phương án, bộ tạo xung 503 được điều khiển bằng máy tính, đầu vào tương tự, thủ công, hoặc kỹ thuật điều khiển thích hợp khác để đặt tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển xung.

Công tắc tạo xung 507 được nối với mạch cấp điện 502 để nhận điện áp phụ thêm DC (+ra) và được nối với bộ tạo xung 503 để nhận tín hiệu điều khiển xung. Công tắc tạo xung 507 cũng được nối với điện trở phía cao 523 để nhận điện áp cao được cung cấp bởi bộ nhân đôi điện áp 506 và được nối thêm qua điện trở phía thấp 524 với đường dẫn xuống

đất. Công tắc tạo xung 507 là thiết bị chuyển mạch thích hợp bất kỳ và có thể bao gồm role chân không, MOSFET nguồn điện, IGBT hoặc các thành phần chuyển mạch khác. Ví dụ, môđun chuyển mạch HTS-GSM có sẵn từ hãng Behlke Power Electronics GmbH của Kronberg, Đức hoặc mạch kéo đẩy thích hợp khác, có thể được sử dụng cho công tắc tạo xung 507.

Công tắc tạo xung 507 thường bao gồm công tắc hoạt động hai cực phía cao 525 và công tắc hoạt động hai cực phía thấp 526 và trình điều khiển công tắc tương ứng (như trình điều khiển công tắc 527 và trình điều khiển công tắc 528). Theo một số phương án, công tắc hoạt động hai cực là công tắc bán dẫn hoặc ống chân không tương đối nhạy với độ trễ tương đối phù hợp cho các điểm chuyển mạch. Theo một số phương án, cả công tắc hoạt động hai cực 525 và công tắc hoạt động hai cực 526 được mắc nối tiếp giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất (như dây dẫn điện áp cao và dây dẫn nối đất). Đầu ra điện áp cao dạng xung 144 được tạo ra từ nút giữa các công tắc hoạt động hai cực, sao cho công tắc hoạt động hai cực 525 cung cấp nguồn điện dương cho nguồn năng lượng vi sóng 141, trong khi đó công tắc hoạt động hai cực 526 nhanh chóng rẽ nguồn điện trở lại mức thấp hơn.

Điện áp phụ thêm DC (+ra) cấp nguồn điện cho trình điều khiển công tắc 527 và 528. Trình điều khiển công tắc 527 và 528 điều khiển công tắc hoạt động hai cực 525 và 526, tương ứng. Công tắc hoạt động hai cực 525 và 526 được bật và tắt theo tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển xung nhận được từ bộ tạo xung 503. Trình điều khiển công tắc phía cao 527 tạo ra tín hiệu điều khiển đảo ngược so với tín hiệu của trình điều khiển công tắc phía thấp 528, để các công tắc hoạt động hai cực 525 và 526 được kích hoạt và hủy kích hoạt theo kiểu bù. Điốt 529 (được nối từ đầu vào điện áp cao phía cao với đầu ra điện áp cao dạng xung của công tắc tạo xung 507) và điốt 530 (được nối từ đầu ra điện áp cao dạng xung với phía thấp, hoặc nối đất, nối qua điện trở 524) cung cấp sự bảo vệ điện cho công tắc tạo xung 507.

Khi công tắc hoạt động hai cực 525 được đóng, công tắc hoạt động hai cực 526 được mở, và điện áp cao nhanh chóng được áp dụng ở đầu ra điện áp cao dạng xung (như đầu ra điện áp cao dạng xung 144) vào nguồn năng lượng vi sóng 141 như được mô tả ở trên để làm cho nguồn năng lượng vi sóng 141 bắt đầu dao động và tạo ra bức xạ vi sóng. Việc áp dụng trực tiếp điện áp cao vào nguồn năng lượng vi sóng 141 gây ra phản ứng tăng nhanh (như phạm vi khoảng 20-50 nano giây, hoặc giá trị khoảng 40 nano giây) trong dòng điện

hoặc công suất đầu ra của nguồn năng lượng vi sóng 141 được mô tả ở trên đối với Fig. 3. Đặt chiết áp 518 điều chỉnh mức dòng điện hoặc công suất đầu ra do điều chỉnh tương ứng ở mức điện áp cao.

Khi công tắc hoạt động hai cực 526 được đóng, công tắc hoạt động hai cực 525 được mở, và đầu ra điện áp cao dạng xung của công tắc tạo xung 507 được nối với đầu nối đất qua điện trở 524 trực tiếp với đất. Theo cách này, điện áp đầu ra nhanh chóng được rẽ sang mức điện áp thấp (được xác định bởi điện trở 524 và thành phần chạy không 531). Sự rẽ nhanh này của điện áp đầu ra và hiệu ứng dập tắt nhanh tương ứng của nó đối với đám mây điện tử tuần hoàn được gọi trong bản mô tả này là “kỹ thuật dập tắt”. Theo một số phương án, “kỹ thuật dập tắt” nêu trên được triển khai bằng cách sử dụng thành phần chạy không 531, mà đưa bộ góp điện dung (như bộ góp điện tích) và/hoặc tải cảm ứng qua điện trở 524. Theo cách khác, theo một số phương án, thành phần chạy không 531 được đặt trực tiếp qua đầu ra của công tắc hoạt động hai cực 525 và 526. Theo một số phương án, thành phần cấp nguồn điện tương đối nhỏ được sử dụng bổ sung hoặc thay cho thành phần chạy không 531 để giữ điện áp tại nút giữa các công tắc hoạt động hai cực 525 và 526 ở mức sôi.

Nguồn năng lượng vi sóng 141 vẫn có công suất ẩn ở thời điểm này dưới dạng đám mây điện tử tuần hoàn bên trong nó khi nó đang tạo ra vi sóng. Công suất ẩn này được rẽ vào mức thấp để nhanh chóng dập tắt đám mây điện tử tuần hoàn, do đó gây ra phản ứng giảm nhanh (như phạm vi khoảng 20-50 nano giây, hoặc giá trị khoảng 40 nano giây) trong dòng điện hoặc công suất đầu ra của nguồn năng lượng vi sóng 141 được mô tả ở trên đối với Fig. 3. Do đó, điện áp cao dạng xung được tạo ra ở đầu ra điện áp cao dạng xung 144 khi các công tắc hoạt động hai cực 525 và 526 được bật và tắt lặp lại để nối luân phiên đầu ra điện áp cao dạng xung qua lại giữa đầu nối điện áp cao và mức điện áp thấp hơn tương đối. Nghĩa là, đầu ra điện áp dạng xung được rẽ xuống đất qua công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu ra điện áp dạng xung có khả năng làm sục đám mây điện tử tuần hoàn trong các khoang của vòng manhetron, do đó sẽ làm tắt sự tạo ra năng lượng vi sóng. Điện áp cao dạng xung có tần số và chu kỳ hoạt động dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển xung nhận được từ bộ tạo xung 503.

Máy biến áp cách ly dây tóc 509 cung cấp điện cho dây tóc của nguồn năng lượng vi sóng 141. Đối với các phương án không có bộ điều khiển dây tóc 508, máy biến áp cách ly dây tóc 509 được điều khiển trực tiếp bằng điện áp AC đầu vào nhận được từ đầu vào

điện áp 501. Dòng điện đầu ra hoặc mức công suất của nguồn năng lượng vi sóng 141, như được mô tả ở trên, phụ thuộc vào, hoặc được kiểm soát bởi, điện áp cao (và tần số xung và chu kỳ hoạt động xung của nó) nhận được qua công tắc tạo xung 507 và dòng điện dây tóc. Trong trường hợp này không có bộ điều khiển dây tóc 508, do đó, dòng điện đầu ra hoặc mức công suất của nguồn năng lượng vi sóng 141 chỉ được điều khiển bởi điện áp cao nhận được qua công tắc tạo xung 507, vì dòng điện dây tóc không đổi. Để triển khai với bộ điều khiển dây tóc 508, điện áp AC được áp dụng cho máy biến áp cách ly dây tóc 509 có thể được điều chỉnh hoặc điều khiển bằng bộ điều khiển dây tóc 508. Trong trường hợp này, bộ điều khiển dây tóc 508 điều khiển lượng dòng điện hoặc điện áp tới dây tóc của nguồn năng lượng vi sóng 141, do đó cung cấp sự điều khiển bổ sung, tương đối kém, đối với dòng điện đầu ra hoặc mức công suất của nguồn năng lượng vi sóng 141. Việc điều khiển dòng điện dây tóc có thể dịch chuyển vị trí của điểm “bật” 206 trong Fig. 2.

Mạch điện tử bao gồm bộ tạo điện áp cao tạo ra điện áp cao, bộ tạo xung tạo ra tín hiệu điều khiển xung có tần số và chu kỳ hoạt động, và công tắc tạo xung. Mạch điện tử có thể được sử dụng với nguồn năng lượng tạo ra năng lượng ở các tần số khác nhau, như nguồn năng lượng vi sóng. Trong việc triển khai liên quan đến năng lượng vi sóng, mạch điện tử đóng vai trò là mạch điều khiển bộ phát vi sóng cho nguồn năng lượng vi sóng, trong đó nguồn năng lượng vi sóng tạo ra bức xạ vi sóng dạng xung khi nhận được điện áp cao dạng xung, và mức công suất của bức xạ vi sóng dạng xung phụ thuộc vào mức điện áp, tần số, và chu kỳ hoạt động của điện áp cao dạng xung. Công tắc tạo xung có thể có công tắc hoạt động hai cực thứ nhất, công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu nối điện áp cao, đầu nối đất, đầu vào xung, và đầu ra điện áp dạng xung. Công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được mắc nối tiếp giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Đầu nối điện áp cao được nối với bộ tạo điện áp cao để nhận điện áp cao. Đầu nối đất được nối với thể đất. Đầu ra điện áp dạng xung được nối giữa công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai. Đầu vào xung được nối với bộ tạo xung để nhận tín hiệu điều khiển xung. Điện áp cao dạng xung được tạo ra ở đầu ra điện áp dạng xung khi công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được bật và tắt lặp lại để nối luân phiên qua lại đầu ra điện áp dạng xung giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Tần số và chu kỳ hoạt động của điện áp cao dạng xung dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển xung.

Mạch điều khiển bộ phát vi sóng bao gồm nguồn năng lượng vi sóng, bộ tạo điện

áp cao tạo ra điện áp cao, bộ tạo xung tạo ra tín hiệu điều khiển xung có tần số và chu kỳ hoạt động, và công tắc tạo xung. Nguồn năng lượng vi sóng tạo ra bức xạ vi sóng dạng xung khi nhận được điện áp cao dạng xung, trong đó mức công suất của bức xạ vi sóng dạng xung phụ thuộc vào mức điện áp, tần số, và chu kỳ hoạt động của điện áp cao dạng xung. Công tắc tạo xung có công tắc hoạt động hai cực thứ nhất, công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu nối điện áp cao, đầu nối đất, đầu vào xung, và đầu ra điện áp dạng xung. Công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được mắc nối tiếp giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Đầu nối điện áp cao được nối với bộ tạo điện áp cao để nhận điện áp cao. Đầu nối đất được nối với thế đất. Đầu ra điện áp dạng xung được nối giữa công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai. Đầu vào xung được nối với bộ tạo xung để nhận tín hiệu điều khiển xung. Điện áp cao dạng xung được tạo ra ở đầu ra điện áp dạng xung với thời gian tăng và giảm nằm trong khoảng 20-50 nano giây khi công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được bật và tắt lặp lại để nối luân phiên qua lại đầu ra điện áp dạng xung giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Tần số và chu kỳ hoạt động của điện áp cao dạng xung dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển xung. Khi tắt bức xạ vi sóng dạng xung, nguồn năng lượng vi sóng được giữ ở mức điện áp khác không bên dưới vùng dao động. Đầu ra điện áp dạng xung được rẽ sang thế đất qua công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu ra điện áp dạng xung có khả năng làm sụt đám mây điện từ tuần hoàn.

Bộ máy bao gồm mạch điện tử được cấu hình để tạo ra điện áp cao có mức điện áp và tạo ra tín hiệu điều khiển xung có tần số và chu kỳ hoạt động. Mạch điện tử cũng được cấu hình để tạo ra, bằng công tắc tạo xung, điện áp cao dạng xung từ điện áp cao và tín hiệu điều khiển xung, điện áp cao dạng xung có mức điện áp, tần số và chu kỳ hoạt động, công tắc tạo xung có công tắc hoạt động hai cực thứ nhất, công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu nối điện áp cao, đầu nối đất, đầu vào xung, và đầu ra điện áp dạng xung, trong đó công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được nối nối tiếp giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất, đầu nối điện áp cao nhận điện áp cao, đầu nối đất được nối với thế đất, đầu ra điện áp dạng xung được nối giữa công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu vào xung nhận tín hiệu điều khiển xung, và điện áp cao dạng xung được tạo ra ở đầu ra điện áp dạng xung khi công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được bật và tắt xung lặp lại để nối luân phiên đầu ra điện áp dạng xung qua lại giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Mạch

điện tử cũng được cấu hình để tạo ra bức xạ vi sóng dạng xung có mức công suất phụ thuộc vào mức điện áp, tần số, và chu kỳ hoạt động.

Bộ máy bao gồm nguồn năng lượng, bộ tạo điện áp cao tạo ra điện áp cao trên đầu nối điện áp cao, bộ tạo xung tạo ra tín hiệu điều khiển xung có tần số điều khiển xung và chu kỳ hoạt động điều khiển xung, và công tắc tạo xung. Ví dụ, nguồn năng lượng có thể là nguồn năng lượng vi sóng. Nguồn năng lượng tạo ra bức xạ dạng xung (như bức xạ vi sóng) khi nhận được điện áp cao dạng xung, trong đó mức công suất của bức xạ dạng xung phụ thuộc vào mức điện áp, tần số, và chu kỳ hoạt động của điện áp cao dạng xung. Công tắc tạo xung có công tắc hoạt động hai cực thứ nhất, công tắc hoạt động hai cực thứ hai, đầu nối điện áp cao, đầu nối đất, đầu vào xung, và đầu ra điện áp dạng xung. Khi điện áp ở đầu nối điện áp cao chuyển tiếp từ điện áp cao hơn sang điện áp thấp hơn, thì mức công suất của bức xạ vi sóng dạng xung sẽ chuyển tiếp từ mức công suất cao hơn sang mức công suất thấp hơn (như từ mức công suất thứ nhất sang mức công suất thứ hai mà thấp hơn mức công suất thứ nhất) nằm trong phạm vi từ khoảng 20 nano giây đến khoảng 50 nano giây.

Fig. 6 thể hiện mạng điều chỉnh thời gian tăng tùy ý 600 để điều hướng thời gian tăng và giảm của đầu ra điện áp cao dạng xung 144 cho các ứng dụng của mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 mà có, ví dụ, lò phản ứng hoặc hóa chất cần thêm thời gian tăng. Mạng điều chỉnh thời gian tăng 600 thường bao gồm sự sắp xếp song song của cuộn cảm 601, điện trở 602, và điôt/điện trở (603/604) nối tiếp có thể làm chậm thời gian tăng và giảm của đầu ra điện áp cao dạng xung 144. Do đó, mạng điều chỉnh thời gian tăng 600 có thể được đặt giữa công tắc tạo xung 507 và nguồn năng lượng vi sóng để đặt độ dốc để kiểm soát hơn trong các lần chuyển tiếp sóng vuông của vết tín hiệu điều khiển 300, để làm mịn, hoặc giảm, nhánh hoặc dao động chuông, và để đặt đường cong trong các lần chuyển tiếp của dòng điện đầu ra hoặc vết công suất 301 được thể hiện trong Fig. 3. Theo cách này, mạng điều chỉnh thời gian tăng 600 làm mịn dao động chuông hoặc cung cấp thời gian tăng có kiểm soát trong dòng điện đầu ra hoặc vết nguồn 301 để làm mịn, hoặc cách khác định hình dạng sóng tổng thể.

Fig. 7A thể hiện lưu đồ minh họa mô tả hoạt động ví dụ 700A cho phương pháp tạo ra bức xạ vi sóng dạng xung. Theo một số cách triển khai, hoạt động 700A có thể là ví dụ về một hoặc nhiều hoạt động có thể được thực hiện với một hoặc nhiều mạch bất kỳ trong số các mạch hiện được bộc lộ, như mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5. Ở khối 702A,

mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể áp dụng điện áp cao có một mức điện áp. Ở khối 704A, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể tạo ra tín hiệu điều khiển xung có tần số và chu kỳ hoạt động. Ở khối 706A, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể tạo ra, bằng công tắc tạo xung, điện áp cao dạng xung từ điện áp cao và tín hiệu điều khiển xung. Ở khối 708A, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể nối công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai nối tiếp giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Ở khối 710A, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể nối đầu ra điện áp dạng xung giữa công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai, trong đó đầu vào xung nhận tín hiệu điều khiển xung. Ở khối 712A, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 có thể tạo ra bức xạ vi sóng dạng xung có mức công suất phụ thuộc vào mức điện áp, tần số, và chu kỳ hoạt động.

Fig. 7B thể hiện lưu đồ minh họa mô tả hoạt động ví dụ 700B cho phương pháp nối luân phiên đầu ra điện áp dạng xung giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất. Theo một số cách triển khai, hoạt động 700B có thể là một phần của hoạt động 700A và/hoặc là ví dụ về một hoặc nhiều hoạt động có thể được thực hiện với một hoặc nhiều mạch bất kỳ trong số các mạch hiện được bộc lộ, như mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5. Ở khối 702B, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 nhận tín hiệu điều khiển xung khi đầu ra điện áp dạng xung được nối giữa công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai. Ở khối 704B, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 tạo ra điện áp cao dạng xung ở đầu ra điện áp dạng xung. Ở khối 706B, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 tạo xung lặp lại cho công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai bật và tắt. Ở khối 708B, mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 nối luân phiên đầu ra điện áp dạng xung giữa đầu nối điện áp cao và đầu nối đất.

Hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng

Mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5 có thể được ghép với một hoặc nhiều bất kỳ trong số các ống dẫn sóng và/hoặc hệ thống lò phản ứng hiện được bộc lộ để điều khiển năng lượng vi sóng được tạo xung và/hoặc lan truyền khắp ống dẫn sóng để xuất ra bột chứa cacbon. Về ống dẫn sóng và/hoặc các hệ thống lò phản ứng, plasma vi sóng có thể được tạo ra trong khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý, và năng lượng trong plasma đủ để tạo ra các thành phần được tách từ các phân tử vật liệu xử lý. Nguồn năng lượng vi sóng

được ghép với FEWG, plasma được tạo ra dọc theo vùng plasma của FEWG, và vật liệu xử lý được tách thành các thành phần bởi plasma dọc theo chiều dài phản ứng trong FEWG. Năng lượng vi sóng được kết hợp trực tiếp vào plasma và không qua thành điện môi như theo các phương pháp thông thường. Plasma vi sóng có thể được tạo ra trong khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý, và năng lượng trong plasma đủ để tạo ra các thành phần được tách từ các phân tử vật liệu xử lý. Nguồn năng lượng vi sóng được ghép với FEWG, plasma được tạo ra dọc theo vùng plasma của FEWG, và vật liệu xử lý được tách thành các thành phần bởi plasma dọc theo chiều dài phản ứng trong FEWG. Năng lượng vi sóng được kết hợp trực tiếp vào plasma và không qua thành điện môi như theo các phương pháp thông thường.

Fig. 8A minh họa hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng thông thường 800. Như được thể hiện, hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng 800 thường bao gồm buồng phản ứng 801, một hoặc nhiều cửa nạp khí 802 được cấu hình để nhận vật liệu xử lý 808 chảy vào buồng phản ứng, một hoặc nhiều cửa ra 803 được cấu hình để thu gom các sản phẩm đã tách ra khỏi buồng phản ứng 801, và nguồn năng lượng vi sóng 804 được ghép với buồng phản ứng qua ống dẫn sóng 805, trong số các chi tiết khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Năng lượng vi sóng 809 tạo ra plasma vi sóng 806 trong buồng phản ứng 801 và cung cấp năng lượng cho các phản ứng xảy ra. mạch bộ phát vi sóng 807 có thể điều khiển năng lượng vi sóng 809 được phát ra từ nguồn năng lượng vi sóng 804 là sóng liên tục hoặc được tạo xung. Với các điều kiện thích hợp, năng lượng trong plasma sẽ đủ để tạo ra các thành phần được tách từ các phân tử vật liệu xử lý.

Lò phản ứng xử lý hóa chất bằng vi sóng với ống dẫn sóng tăng cường trường (FEWG)

Như được thể hiện trong Fig. 8B, kích thước rộng nhất của ống dẫn sóng được gọi là kích thước “a” và xác định dải tần số hoạt động. Kích thước hẹp nhất xác định khả năng xử lý công suất của ống dẫn sóng và được gọi là kích thước “b”. FEWG theo sáng chế truyền năng lượng điện từ tần số vi sóng một cách hiệu quả. FEWG theo sáng chế được cấu hình từ vật liệu dẫn điện và có thể có mặt cắt ngang hình chữ nhật, hình tròn, hoặc hình elip.

Fig. 8C thể hiện ví dụ về vùng tăng cường trường của FEWG, trong đó kích thước rộng nhất “a” giữ không đổi để truyền hiệu quả tần số năng lượng vi sóng đã chọn, và kích thước hẹp hơn “b” được giảm dọc theo chiều dài của FEWG để tập trung mật độ năng

lượng vi sóng. Fig. 8C mô tả sự giảm tuyến tính của kích thước “b”; tuy nhiên, độ giảm về kích thước “b” có thể là phi tuyến tính (như parabol, hypebol, v.v.), có các tốc độ giảm khác nhau dọc theo chiều dài (như độ dốc giảm tuyến tính khác nhau, tuyến tính trong một phần và không tuyến tính trong phần khác), hoặc chứa các bước dốc đứng để giảm chiều dài của kích thước “b”. Các cấu hình hoặc triển khai được bộc lộ có thể áp dụng cho cả hệ thống sóng cố định (trong đó các đỉnh vẫn ở cùng một vị trí) và hệ thống sóng chạy (trong đó các đỉnh có thể di chuyển).

Fig. 9 thể hiện hệ thống lò phản ứng 900 trong đó FEWG được ghép với bộ tạo năng lượng vi sóng (như nguồn năng lượng vi sóng), plasma được tạo ra từ khí cung cấp trong vùng plasma của FEWG, và chiều dài phản ứng của FEWG đóng vai trò làm vùng phản ứng để tách vật liệu xử lý thành các thành phần được tách. Fig. 10 thể hiện hệ thống lò phản ứng 1000 khác trong đó FEWG được ghép với bộ tạo năng lượng vi sóng (như nguồn năng lượng vi sóng), plasma được tạo ra từ khí cung cấp trong vùng plasma của FEWG, và chiều dài phản ứng của FEWG đóng vai trò làm vùng phản ứng để tách vật liệu xử lý thành các thành phần được tách. Hệ thống lò phản ứng 900 và 1000 trong Fig. 9 và Fig. 10, tương ứng, không có hàng rào điện môi giữa vùng tăng cường trường của ống dẫn sóng tăng cường trường và vùng phản ứng. Ngược lại, các vùng phản ứng của các hệ thống thông thường, được bao bọc trong hàng rào điện môi như buồng thạch anh như được giải thích trước đó. Hướng lan truyền của năng lượng vi sóng song song với phần lớn dòng khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý, và năng lượng vi sóng đi vào phía đầu dòng ống dẫn sóng của phần FEWG mà các thành phần được tách được tạo ra.

Như được thể hiện trong Fig. 9, hệ thống lò phản ứng 900 bao gồm FEWG 905, một hoặc nhiều cửa nạp 902 được cấu hình để nhận khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý 908a chảy vào FEWG 905, và nguồn năng lượng vi sóng 904 được ghép với FEWG 905, trong số các chi tiết khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Mạch vi sóng 907, có thể tương đương hoặc tương tự với mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5, điều khiển tần số xung mà tại đó năng lượng vi sóng 909 từ nguồn năng lượng vi sóng 904 được tạo xung. Năng lượng vi sóng 909 từ nguồn năng lượng vi sóng 904 là sóng liên tục.

FEWG 905 có chiều dài L . Phần của FEWG 905 có chiều dài L_A (được thể hiện trong Fig. 9 và Fig. 10) gần với bộ tạo năng lượng vi sóng hơn so với phần của FEWG có chiều dài L_B (được thể hiện trong Fig. 9 và Fig. 10). Xuyên suốt sáng chế này, các phần

khác nhau của FEWG sẽ được mô tả bằng chữ L viết hoa với chỉ số dưới biểu thị phần nhất định của FEWG (như L_A , L_0 , L_B , L_1 , L_2), và đồng nghĩa, chiều dài của các phần khác nhau của FEWG cũng sẽ được mô tả bằng chữ L viết hoa với chỉ số dưới biểu thị chiều dài của một phần nhất định của FEWG (như L_A , L_0 , L_B , L_1 , L_2).

Diện tích mặt cắt ngang của FEWG có chiều dài L_B nhỏ hơn diện tích mặt cắt ngang của FEWG có chiều dài L_A . Chiều dài của FEWG L_0 , nằm giữa chiều dài L_A và L_B của FEWG và có diện tích mặt cắt giảm dần dọc theo đường lan truyền năng lượng vi sóng. Diện tích mặt cắt ngang của FEWG dọc theo chiều dài L_0 có thể giảm theo kiểu liên tục. Diện tích mặt cắt ngang của FEWG dọc theo chiều dài L_0 giảm tuyến tính giữa chiều dài L_A và L_B . Diện tích mặt cắt ngang của FEWG dọc theo chiều dài L_0 có thể giảm phi tuyến tính giữa chiều dài L_A và L_B , như giảm theo đường parabol, theo đường hypebol, theo cấp số nhân, hoặc theo logarit. Diện tích mặt cắt ngang của FEWG dọc theo chiều dài L_0 giảm theo cách hoặc đột ngột giữa chiều dài L_A và L_B , như giảm qua một hoặc nhiều bước rời rạc.

Việc giảm diện tích mặt cắt góp phần tập trung điện trường, do đó làm tăng mật độ năng lượng vi sóng trong khi vẫn cung cấp lượng điện tích đáng kể trong đó plasma có thể được tạo ra so với các hệ thống thông thường. Phần của FEWG có chiều dài L_B (được thể hiện trong Fig. 9 và Fig. 10) có thể có mặt cắt ngang hình chữ nhật có kích thước 0,75 inch x 3,4 inch khi sử dụng tần số năng lượng vi sóng là 2,45 GHz. Diện tích mặt cắt ngang này lớn hơn nhiều so với các hệ thống thông thường trong đó diện tích tạo plasma thường nhỏ hơn một inch vuông. Kích thước của các phần khác nhau của FEWG 905 được thiết lập theo tần số vi sóng, để chức năng đúng cách làm ống dẫn sóng. Ví dụ, đối với ống dẫn sóng hình elip, các kích thước mặt cắt ngang có thể là 5,02 inch x 2,83 inch cho 2,1-2,7 GHz.

Trong các hệ thống xử lý khí thông thường, vùng giới hạn trong đó plasma có thể tạo ra, như nhỏ hơn một inch vuông như được mô tả ở trên, hạn chế thể tích trong đó các phản ứng khí có thể xảy ra. Ngoài ra, trong các hệ thống thông thường, năng lượng vi sóng đi vào buồng phản ứng qua cửa sổ (thường là thạch anh). Trong các hệ thống này, các vật liệu điện môi (như cacbon dạng hạt) được phủ cửa sổ trong quá trình xử lý dẫn đến giảm khả năng cung cấp điện năng theo thời gian. Điều này có thể rất khó giải quyết nếu các thành phần được tách này hấp thụ năng lượng vi sóng vì chúng có thể ngăn năng lượng vi sóng kết hợp vào buồng phản ứng để tạo ra plasma.

Do đó, xảy ra sự tích tụ nhanh chóng các sản phẩm phụ, như các hạt cacbon được tạo ra từ các phản ứng khí, và hạn chế thời gian chạy của trang thiết bị xử lý. Lò phản ứng xử lý hóa chất bằng vi sóng 900 có thể được thiết kế mà không cần sử dụng cửa sổ trong vùng phản ứng; nghĩa là, sử dụng hệ thống dòng khí/lan truyền song song mà năng lượng đi vào phía đầu dòng từ phản ứng. Kết quả là, nhiều năng lượng và công suất có thể được kết hợp vào plasma từ nguồn năng lượng vi sóng. Việc thiếu cửa sổ và thể tích lớn hơn trong ống dẫn sóng, so với thể tích buồng phản ứng hạn chế trong các hệ thống thông thường, giúp giảm đáng kể vấn đề tích tụ hạt gây ra thời gian chạy hạn chế, do đó cải thiện hiệu quả sản xuất của hệ thống xử lý vi sóng.

Năng lượng vi sóng 909 trong Fig. 9 tạo ra plasma vi sóng 906 trong khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý trong vùng plasma có chiều dài L_1 (được thể hiện trong Fig. 9 và Fig. 10) của chiều dài của FEWG 905. Vùng plasma có chiều dài L_1 nằm trong phần của FEWG L_B , trong đó diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn, và mật độ năng lượng vi sóng cao hơn chiều dài L_A . Khí cung cấp khác với vật liệu xử lý được sử dụng để tạo ra plasma vi sóng 906. Ví dụ, khí cung cấp có thể là hydro, heli, khí hiếm như argon, hoặc hỗn hợp của nhiều loại khí. Khí cung cấp có thể giống như vật liệu xử lý, trong đó vật liệu xử lý là vật liệu mà từ đó các thành phần được tách được tạo ra.

Cửa nạp khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý 902 có thể được đặt ở phía đầu dòng từ phần của FEWG L_B , hoặc được đặt trong phần của FEWG L_0 , hoặc được đặt trong phần của FEWG L_A , hoặc được đặt ở phía đầu dòng của phần của FEWG L_A . Phần của FEWG L_1 kéo dài từ vị trí dọc theo FEWG về phía cuối dòng từ vị trí mà cung cấp khí và/hoặc vật liệu xử lý 908a đi vào FEWG, đến điểm cuối của FEWG hoặc đến vị trí giữa lối vào của khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý và điểm cuối của FEWG 905. Phần của FEWG L_1 kéo dài từ nơi mà cung cấp khí và/hoặc vật liệu xử lý 908a đi vào FEWG, đến điểm cuối của FEWG hoặc đến vị trí giữa lối vào của khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý và điểm cuối của FEWG.

Plasma được tạo ra 906 cung cấp năng lượng cho các phản ứng xảy ra trong vật liệu xử lý 908b trong vùng phản ứng 901 của FEWG 905 có chiều dài phản ứng L_2 . Vùng phản ứng L_2 kéo dài từ ví dụ vật liệu xử lý 908a đi vào FEWG 905, đến điểm cuối của FEWG 905 hoặc đến vị trí giữa lối vào của vật liệu xử lý và điểm cuối của FEWG 905. Với các điều kiện thích hợp, năng lượng trong plasma 906 sẽ đủ để tạo ra các thành phần được tách từ các phân tử vật liệu xử lý. Một hoặc nhiều cửa ra 903 được cấu hình để thu gom các sản

phẩm đã tách ra khỏi FEWG 905 ở phía cuối dòng phần vùng phản ứng của FEWG, nơi các phản ứng xảy ra trong vật liệu xử lý 908b. Trong ví dụ được thể hiện trong Fig. 9, hướng lan truyền của năng lượng vi sóng 909 song song với phần lớn khí cung cấp và/hoặc dòng vật liệu xử lý 908b, và năng lượng vi sóng 909 đi vào FEWG 905 phía đầu dòng vùng phản ứng 901 của FEWG nơi các thành phần được tách được tạo ra.

Hàng rào áp suất 910 trong suốt với năng lượng vi sóng có thể được đặt bên trong nguồn năng lượng vi sóng 904, gần cửa ra của nguồn năng lượng vi sóng, hoặc tại các vị trí khác giữa nguồn năng lượng vi sóng 904 và plasma 906 được tạo ra trong FEWG. Hàng rào áp suất 910 này có thể đóng vai trò là biện pháp an toàn để bảo vệ không cho dòng ngược plasma tiềm năng vào nguồn năng lượng vi sóng 904. Plasma không tự tạo ra ở hàng rào áp suất; thay vào đó, hàng rào áp suất chỉ đơn giản là hàng rào cơ học. Một số ví dụ về vật liệu mà hàng rào áp suất có thể được làm bằng thạch anh, etylen tetrafloetylen (ETFE), các chất dẻo khác, hoặc xeramic. Có thể có hai hàng rào áp suất 910 và 911, trong đó một hoặc cả hai hàng rào áp suất 910 và 911 nằm trong nguồn năng lượng vi sóng 904, gần cửa ra của nguồn năng lượng vi sóng, hoặc tại các vị trí khác giữa nguồn năng lượng vi sóng 904 và plasma 906 được tạo ra trong FEWG. Hàng rào áp suất 911 có thể gần với plasma 906 trong FEWG hơn so với hàng rào áp suất 910, và có cổng xả áp suất 912 giữa các hàng rào áp suất 910 và 911 trong trường hợp hàng rào áp suất 911 bị hỏng.

Thanh chặn lùi plasma (không được thể hiện) có thể được chứa trong hệ thống để ngăn chặn plasma lan truyền tới nguồn năng lượng vi sóng 904 hoặc (các) cửa nạp khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý 902. Thanh chặn lùi plasma có thể là bộ lọc xeramic hoặc kim loại có lỗ để cho phép năng lượng vi sóng đi qua thanh chặn lùi plasma nhưng ngăn chặn phần lớn các loại plasma đi qua. Phần lớn các loại plasma sẽ không thể đi qua thanh chặn lùi plasma vì các lỗ sẽ có tỷ lệ khung hình cao, và các loại plasma sẽ kết hợp lại khi chúng va vào các thành bên của các lỗ. Thanh chặn lùi plasma được đặt giữa phần L_0 và L_1 , hoặc trong phần L_0 phía đầu dòng của phần L_1 và phía cuối dòng của (các) cửa nạp 902 (theo một phương án trong đó cửa nạp 902 nằm trong phần L_0) và nguồn năng lượng vi sóng 904.

Đề cập lại Fig. 10, hệ thống lò phản ứng 1000 thường bao gồm FEWG 1005, một hoặc nhiều cửa nạp khí cung cấp 1002 được cấu hình để nhận khí cung cấp 1008a chảy vào FEWG 1005, một hoặc nhiều cửa nạp vật liệu xử lý 1010 được cấu hình để nhận vật liệu xử lý 1011a, và nguồn năng lượng vi sóng 1004 được ghép với FEWG 1005, trong số các

chi tiết khác không được thể hiện để đơn giản hóa. Vị trí của cửa nạp vật liệu xử lý 1010 ở phía cuối dòng vị trí của cửa nạp khí cung cấp 1002, mà phía cuối dòng được xác định theo hướng lan truyền năng lượng vi sóng.

Mạch vi sóng 1007 có thể điều khiển tần số xung mà tại đó năng lượng vi sóng 1009 từ nguồn năng lượng vi sóng 1004 được tạo xung. Năng lượng vi sóng từ nguồn năng lượng vi sóng 1004 có thể là sóng liên tục. Tương tự với phương án được thể hiện trong Fig. 9, FEWG 1005 trong Fig. 10 có các phần L_A , L_0 , L_B , L_1 , và L_2 , trong đó phần L_B có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn diện tích mặt cắt ngang của L_A , phần L_0 có diện tích mặt cắt giảm dần giữa phần L_A và L_B , L_1 là phần mà tạo ra plasma, và L_2 là phần là vùng phản ứng.

Năng lượng vi sóng 1009 tạo ra plasma vi sóng 1006 trong khí cung cấp 1008b trong vùng plasma L_1 có chiều dài L của FEWG 1005. Phần L_1 có thể kéo dài từ vị trí dọc theo FEWG 1005 về phía cuối dòng từ vị trí mà khí cung cấp 1008a đi vào FEWG 1005, đến điểm cuối của FEWG 1005 hoặc đến vị trí giữa lõi vào của khí cung cấp và điểm cuối của FEWG 1005. Phần L_1 có thể kéo dài từ nơi mà khí cung cấp 1008a đi vào FEWG 1005, đến điểm cuối của FEWG 1005 hoặc đến vị trí giữa lõi vào của khí cung cấp và điểm cuối của FEWG 1005. Một hoặc nhiều cửa nạp vật liệu xử lý bổ sung 1010 được cấu hình để nhận vật liệu xử lý chảy vào FEWG tại tập hợp vị trí thứ hai phía cuối dòng của (các) cửa nạp khí cung cấp 1002. Plasma được tạo ra 1006 cung cấp năng lượng cho các phản ứng xảy ra trong vùng phản ứng 1001 của FEWG 1005 có chiều dài phản ứng L_2 .

Phần L_2 có thể kéo dài từ nơi vật liệu xử lý 1011a đi vào FEWG 1005, đến điểm cuối của FEWG 1005 hoặc đến vị trí giữa lõi vào của vật liệu xử lý và điểm cuối của FEWG 1005. Với các điều kiện thích hợp, năng lượng trong plasma sẽ đủ để tạo ra các thành phần được tách từ các phân tử vật liệu xử lý. Một hoặc nhiều cửa ra 1003 được cấu hình để thu gom các sản phẩm đã tách ra khỏi FEWG 1005 phía cuối dòng của phần 1001 mà các phản ứng xảy ra. Trong hệ thống ví dụ 1000 được thể hiện trong Fig. 10, hướng lan truyền của năng lượng vi sóng 1009 song song với phần lớn dòng khí cung cấp 1008b và dòng vật liệu xử lý 1011b, và năng lượng vi sóng 1009 đi vào FEWG 1005 phía đầu dòng của phần phản ứng 1001 của FEWG mà các thành phần được tách được tạo ra.

Một hoặc nhiều hàng rào áp suất trong suốt với năng lượng vi sóng có thể được đặt bên trong nguồn năng lượng vi sóng 1004, gần cửa ra của nguồn năng lượng vi sóng, hoặc tại các vị trí khác giữa nguồn năng lượng vi sóng 1004 và plasma 1006 được tạo ra trong

FEWG (tương tự với những gì được mô tả ở trên và được mô tả trong Fig. 9). Có thể có hai hàng rào áp suất và cổng xả áp suất giữa các hàng rào áp suất trong trường hợp hàng rào gần plasma 1006 trong FEWG bị hỏng.

Các thành của vùng phản ứng L_2 có thể được cấu hình sao cho các cửa nạp khí cung cấp và vật liệu xử lý cung cấp khí cung cấp và vật liệu xử lý đến vùng phản ứng qua các thành của FEWG. Ví dụ, các thành có thể có một loạt lỗ đóng vai trò làm các cửa nạp khí cung cấp thứ cấp mà qua đó khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý có thể được chèn vào FEWG, hoặc các thành có thể thấm vào nguồn cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý, hoặc các thành có thể xốp. Việc cung cấp khí cung cấp và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng qua các thành có thể giảm thiểu sự lắng đọng của các thành phần được tách trên các thành vùng phản ứng, bằng cách tạo ra plasma phản ứng gần thành ăn mòn vật liệu đã lắng đọng.

Có thể có nhiều cửa nạp khí cung cấp và xử lý và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng L_2 qua các thành của FEWG. Có thể có nhiều cửa nạp khí cung cấp và xử lý được cấu hình để cung cấp các phần khối lượng có kiểm soát của khí cung cấp và vật liệu đầu vào cho vùng phản ứng L_2 qua các thành FEWG. Có khí cung cấp và vật liệu xử lý được đưa vào FEWG với các phần khối lượng có kiểm soát có thể ăn mòn hiệu quả hơn mọi vật liệu được lắng đọng trên các thành của FEWG trong vùng phản ứng.

Như được mô tả ở trên, FEWG (như 905 trong Fig. 9, và 1005 trong Fig. 10) có tổng chiều dài L , một phần của tổng chiều dài L_A và một phần L_B trong đó diện tích mặt cắt ngang của L_B nhỏ hơn so với diện tích ngang của L_A , phần L_1 dọc theo đó plasma được tạo ra, và một phần của tổng chiều dài L_2 dọc theo đó vật liệu xử lý được chuyển đổi thành các thành phần được tách. Tổng chiều dài L của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 1 cm đến 1.000 cm. Chiều dài L_0 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 1 cm đến 100 cm. Chiều dài L_1 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 1 cm đến 100 cm. Chiều dài L_2 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 1 cm đến 1.000 cm. Chiều dài L của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 30 cm đến 60 cm. Chiều dài L_0 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 10 cm đến 40 cm. Chiều dài L_1 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 10 cm đến 30 cm. Chiều dài L_2 của ống dẫn sóng có thể nằm trong khoảng từ 5 cm đến 20 cm. Phần chiều dài L_A của FEWG nằm trong khoảng, ví dụ, từ 0 inch đến 10 inch đối với tần số vi sóng là 2,45 GHz, mặc dù chiều dài có thể thay đổi theo tần số vi sóng được sử dụng. Phần chiều dài L_B của FEWG nằm trong khoảng, ví dụ, từ 10 inch đến 20 inch, điều này sẽ phụ thuộc vào các yếu tố như tốc độ dòng khí và công suất

vi sóng.

Ví dụ, vận tốc dòng khí cao hơn sẽ mở rộng chiều dài vùng phản ứng. Chiều dài L_1 lớn hơn 10%, hoặc lớn hơn 20%, hoặc lớn hơn 30% hoặc lớn hơn 40% hoặc lớn hơn 50%, hoặc lớn hơn 60%, hoặc lớn hơn 70%, hoặc lớn hơn 80%, hoặc từ 10% đến 90%, hoặc từ 20% đến 80%, hoặc từ 30% đến 70% chiều dài của ống dẫn sóng, chiều dài L_2 lớn hơn 5%, hoặc lớn hơn 10%, hoặc lớn hơn 15% hoặc lớn hơn 20%, hoặc lớn hơn 25% hoặc lớn hơn 30%, hoặc lớn hơn 35%, hoặc lớn hơn 40%, hoặc lớn hơn 45%, hoặc lớn hơn 50%, hoặc lớn hơn 55%, hoặc lớn hơn 60%, hoặc từ 1% đến 90%, hoặc từ 1% đến 70%, hoặc từ 1% đến 50%, hoặc từ 10% đến 50%, hoặc từ 10% đến 40%, hoặc từ 20% đến 40% chiều dài của ống dẫn sóng, L .

FEWG 905 và 1005 có thể được cấu hình để duy trì áp suất nằm trong khoảng từ 0,1 atm đến 10 atm hoặc từ 0,5 atm đến 10 atm, hoặc từ 0,9 atm đến 10 atm, hoặc lớn hơn 0,1 atm, hoặc lớn hơn 0,5 atm, hoặc lớn hơn 0,9 atm. Trong nhiều hệ thống thông thường, quá trình xử lý hóa chất bằng vi sóng được hoạt động ở chân không. Tuy nhiên, theo các phương án sáng chế với plasma được tạo ra trong FEWG, hoạt động trong môi trường áp suất dương hỗ trợ ngăn chặn plasma được tạo ra quay trở lại nguồn năng lượng vi sóng, ví dụ, như được mô tả trong Fig. 9 và Fig. 10.

FEWG 905 và 1005 có thể có mặt cắt ngang hình chữ nhật với chiều dài L_B có kích thước 0,75 inch x 3,4 inch, tương ứng với tần số năng lượng vi sóng là 2,45 GHz. Các kích thước khác của L_B có thể có đối với các tần số vi sóng khác, và phụ thuộc vào chế độ ống dẫn sóng, các kích thước mặt cắt ngang này có thể từ 3 đến 6 inch. FEWG 905 và 1005 có thể có mặt cắt ngang hình chữ nhật với chiều dài L_A có kích thước 1,7 inch x 3,4 inch, ví dụ, tương ứng với tần số năng lượng vi sóng là 2,45 GHz. Các kích thước khác của L_A có thể có đối với các tần số vi sóng khác. FEWG 905 và 1005 có thể được làm bằng vật liệu dẫn điện vốn có bất kỳ hoặc vật liệu có lớp phủ dẫn điện đủ để lan truyền hơn 90% điện năng đến. Một số ví dụ về vật liệu FEWG là vật liệu kim loại, vật liệu kim loại có lớp phủ dẫn điện, vật liệu xeramic, vật liệu xeramic có lớp phủ dẫn điện, thép không gỉ, thép không gỉ được phủ một lớp dẫn điện (như Al, Ni, Au, hoặc hợp kim Ni/Au), thép không gỉ có lớp lót bằng nhôm, hoặc vật liệu xeramic được phủ lớp dẫn điện.

Đáng chú ý, FEWG 905 và 1005 có thể đóng vai trò làm buồng trong đó plasma được tạo ra và các phản ứng vật liệu xử lý xảy ra, thay vì có buồng phản ứng thạch anh và

ống dẫn sóng riêng biệt như trong các hệ thống thông thường. Có FEWG 905 và 1005 đóng vai trò làm buồng lò phản ứng cung cấp thể tích lớn hơn nhiều trong đó các phản ứng khí có thể xảy ra (như lên đến 1000 L). Điều này cho phép tốc độ dòng cao của vật liệu xử lý cần được xử lý mà không bị giới hạn bởi sự tích tụ của các hạt cacbon như xảy ra trong các hệ thống thông thường. Ví dụ, tốc độ dòng vật liệu xử lý qua các cửa nạp 902 và 1010 vào các FEWG 905 1005 tương ứng có thể nằm trong khoảng từ 1 slm (lít tiêu chuẩn trên phút) đến 1.000 slm, hoặc từ 2 slm đến 1.000 slm, hoặc từ 5 slm đến 1.000 slm, hoặc lớn hơn 1 slm, hoặc lớn hơn 2 slm, hoặc lớn hơn 5 slm. Tốc độ dòng khí cung cấp qua các cửa nạp 902 và 1002 vào các FEWG 905 và 1005 tương ứng có thể nằm trong khoảng, ví dụ, từ 1 slm đến 1.000 slm, hoặc từ 2 slm đến 1.000 slm, hoặc từ 5 slm đến 1.000 slm, hoặc lớn hơn 1 slm, hoặc lớn hơn 2 slm, hoặc lớn hơn 5 slm. Tùy thuộc vào các đặc tính khí plasma dẫn đến mật độ plasma đủ (như hệ số phát xạ điện tử thứ cấp), các dòng có thể từ 1 slm đến 1.000 slm và với áp suất lên đến 14 atm.

Vật liệu xử lý (theo cách khác, còn được gọi là vật liệu thô) có thể là chất lỏng được cung cấp qua cửa nạp vật liệu xử lý vào FEWG 905 và 1005. Một số ví dụ về chất lỏng có thể được sử dụng làm vật liệu xử lý là nước, alkan, alken, alkyn, hydrocacbon thơm, hydrocacbon bão hòa và không bão hòa (như của alkan, alken, alkyn, hoặc hydrocacbon thơm), etanol, metanol, rượu isopropyl (như isopropanol), hoặc hỗn hợp của chúng (như hỗn hợp 50/50 của etanol/metanol). Các vật liệu xử lý dạng lỏng được liệt kê ở trên có thể tạo ra các thành phần được tách cacbon và hydro. Tốc độ dòng của chất lỏng có thể là tỷ lệ phần trăm của dòng khí cung cấp vào lò phản ứng, như từ 0,001% đến 1.000%, hoặc từ 0,001% đến 100%, hoặc từ 0,001% đến 10%, hoặc từ 0,001% đến 1%, hoặc từ 0,001% đến 0,1%, hoặc từ 0,01% đến 1.000%, hoặc từ 0,01% đến 100%, hoặc từ 0,01% đến 10%, hoặc từ 0,01% đến 1%, hoặc từ 0,01% đến 0,1%.

Vật liệu xử lý có thể là chất phân tán dạng keo (như hỗn hợp các hạt rắn được tạo huyền phù trong chất lỏng hoặc khí) được cung cấp qua cửa nạp vật liệu xử lý vào FEWG 905 và 1005. Ví dụ, chất phân tán keo có thể bao gồm các hạt chứa cacbon. Một số ví dụ về chất phân tán dạng keo có thể được sử dụng làm vật liệu xử lý là các hạt rắn từ Nhóm 16, Nhóm 14, Nhóm 10, Nhóm 9, Nhóm 5, Nhóm 2, Nhóm 1, hợp kim của chúng, và hỗn hợp của chúng, được trộn với chất lỏng hoặc khí. Các hạt rắn được liệt kê ở trên có thể được trộn lẫn với các chất lỏng như nước, alkan, alken, alkyn, hydrocacbon thơm, hydrocacbon bão hòa và không bão hòa (như của alkan, alken, alkyn, hoặc hydrocacbon

thơm), etanol, metanol, rượu isopropyl, hoặc hỗn hợp của chúng (như hỗn hợp 50/50 của etanol/metanol).

Các ví dụ về khí là Nhóm 1 và Nhóm 15-18, cũng như các hợp chất vô cơ (như hydrua nhóm 14). Một số ví dụ về các thành phần được tách có thể được tạo ra từ vật liệu xử lý phân tán dạng keo được liệt kê ở trên là vật liệu vô cơ rắn được phủ vật liệu hữu cơ (như silic được phủ bằng graphen), và vật liệu compozit có các lớp xen kẽ của vật liệu hữu cơ/vô cơ (như lõi silic với lớp cacbon bao bọc silic, được phủ lớp vô cơ bổ sung). Tốc độ dòng của chất phân tán dạng keo có thể là tỷ lệ phần trăm của dòng khí cung cấp vào lò phản ứng, như từ 0,001% đến 1.000%, hoặc từ 0,001% đến 100%, hoặc từ 0,001% đến 10%, hoặc từ 0,001% đến 1%, hoặc từ 0,001% đến 0,1%, hoặc từ 0,01% đến 1.000%, hoặc từ 0,01% đến 100%, hoặc từ 0,01% đến 10%, hoặc từ 0,01% đến 1%, hoặc từ 0,01% đến 0,1%.

Vật liệu xử lý có thể là khí. vật liệu xử lý có thể là khí hydrocacbon, như C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 . vật liệu xử lý có thể là metan, và các thành phần được tách là hydro và cacbon dạng hạt nano. vật liệu xử lý có thể là cacbon dioxit với nước, và các thành phần được tách là oxy, cacbon, và nước. vật liệu xử lý là H_2S và các thành phần được tách có thể bao gồm khí hydro và lưu huỳnh. vật liệu xử lý không chứa cacbon dioxit. vật liệu xử lý có thể là vật liệu dựa trên khí phức hợp, ví dụ SiH_4 , trimetyl nhôm (TMA), trimetyl gali (TMG), glycidyl metacrylat (GMA), SF_6 , và các vật liệu khác được sử dụng trong ngành công nghiệp bán dẫn để lắng đọng và ăn mòn kim loại và điện môi.

Một trong các thành phần được tách là cacbon dạng hạt nano như, nhưng không giới hạn ở, cacbon đen, cacbon nano-onion (CNO), CNO cổ, khối cầu nano cacbon, graphit, graphit nhiệt phân, graphen, hạt nano graphen, tiểu cầu graphen, fuloren, fuloren lai, ống nano thành đơn, và ống nano đa thành. Một hoặc nhiều trong số các cacbon dạng hạt nano này có thể được tạo ra trong quá trình chạy quy trình cụ thể. Các thành phần được tách có thể bao gồm cacbon dạng hạt nano ở dạng kết tụ – cũng có thể được mô tả là hạt - tích tụ. Trong một số trường hợp, các hạt tích tụ hoặc kết tụ bao gồm nhiều hạt cacbon dạng hạt nano. Các hạt kết tụ hoặc tích tụ có thể bao gồm các hạt cacbon dạng hạt nano và có đường kính trung bình lớn hơn 50 micron, hoặc lớn hơn 100 micron, hoặc lớn hơn 200 micron, hoặc lớn hơn 300 micron, hoặc lớn hơn 500 micron hoặc lớn hơn 1.000 micron, hoặc từ 1 đến 1.000 micron, hoặc từ 10 micron đến 1.000 micron, hoặc từ 100 micron đến 1.000 micron, hoặc từ 100 micron đến 500 micron.

Điều hướng năng lượng vi sóng trong các hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng

Các vật liệu xử lý khác nhau cần các lượng năng lượng khác nhau để phản ứng thành các thành phần được tách khác nhau. Theo sáng chế, các con đường phản ứng có sẵn có thể được chọn bằng cách thay đổi năng lượng trung bình của plasma. Năng lượng vi sóng được ghép với plasma có thể được tạo xung, và năng lượng trung bình của plasma, và do đó, các con đường phản ứng, được chọn bằng cách kiểm soát thời gian xung và tần số năng lượng vi sóng dạng xung, chu kỳ hoạt động, hình dạng, và mức công suất đầu ra trung bình theo thời gian. Các chi tiết bổ sung về điều hướng năng lượng vi sóng trong các hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng được bộc lộ trong Bằng độc sáng chế Mỹ 9,812,295, thuộc sở hữu của người được chuyển nhượng của đơn sáng chế này và được kết hợp vào trong bản mô tả này bằng cách viện dẫn toàn bộ nội dung của nó.

Năng lượng trung bình trong plasma có thể được điều khiển bằng cách thay đổi chu kỳ xung, bằng cách chọn tần số xung để đạt được năng lượng plasma mong muốn. Ngoài ra, năng lượng trung bình của plasma có thể được điều khiển bằng cách kiểm soát chu kỳ hoạt động. Điều này có thể được hiểu bằng cách xem xét tình huống trong đó công suất đầu vào trung bình theo thời gian và chu kỳ xung đều được giữ không đổi và chu kỳ hoạt động được thay đổi. Chu kỳ hoạt động ngắn hơn sẽ làm tăng cường độ của công suất được kết hợp vào buồng khi năng lượng vi sóng được bật. Điều này là có lợi vì có thể sử dụng lượng điện năng tương đối thấp (như công suất trung bình theo thời gian) để tạo ra các sản phẩm phản ứng từ các con đường phản ứng sẽ không thể tạo điều kiện thuận lợi ở cùng một công suất trong sóng liên tục.

Các con đường phản ứng có thể được chọn bằng cách điều khiển đầu vào công suất trung bình theo thời gian vào plasma. Ví dụ, nếu chu kỳ hoạt động và tần số xung được giữ không đổi, và đầu vào công suất của bộ tạo vi sóng được tăng lên, thì sau đó năng lượng của plasma sẽ tăng lên. Bằng ví dụ khác, nếu chu kỳ hoạt động và tần số xung được giữ không đổi, và công suất được kết hợp hiệu quả hơn vào buồng phản ứng, thì sau đó năng lượng của plasma sẽ tăng lên.

Các con đường phản ứng có thể được lựa chọn bằng cách điều khiển hình dạng của năng lượng vi sóng dạng xung. Xung vi sóng có thể là sóng hình chữ nhật, trong đó công suất không đổi trong khoảng thời gian của chu kỳ xung khi vi sóng bật. Công suất xung không thể không đổi trong khoảng thời gian của chu kỳ xung khi công suất vi sóng bật.

Xung vi sóng là sóng hình tam giác, hoặc sóng hình thang, hoặc dạng sóng khác. Plasma có thể được gọi là dạng khuếch tán trong khoảng thời gian khi các loại năng lượng cao tồn tại ở các phần cao hơn (như ở lúc bắt đầu xung trước khi plasma đạt đến trạng thái cân bằng). Năng lượng vi sóng có thể tăng lên trong khoảng thời gian mà plasma khuếch tán, điều này làm tăng phần thời gian trung bình của các loại năng lượng cao trong plasma. Như được mô tả ở trên, việc điều hướng tần số xung, chu kỳ hoạt động, và hình dạng xung có thể cho phép tạo ra phần lớn hơn của các loại năng lượng cao hơn trong plasma đối với công suất đầu vào trung bình theo thời gian nhất định. Các loại năng lượng cao hơn có thể kích hoạt các con đường phản ứng bổ sung mà nếu không sẽ không thuận lợi về mặt năng lượng.

Các kỹ thuật nêu trên có thể được hiểu rõ hơn bằng cách sử dụng metan (CH_4) làm vật liệu xử lý ví dụ, để được tách thành hydro và cacbon dạng hạt nano. Thông thường, cần 4-6 eV để phân ly metan (CH_4); tuy nhiên, năng lượng plasma thường ổn định ở khoảng 1,5 eV sau khi năng lượng khởi tạo ban đầu tăng đột biến. Bằng cách tạo xung vi sóng, năng lượng plasma trung bình (như năng lượng plasma trung bình theo thời gian) được duy trì ở các mức cao hơn, trong đó tần số và thời gian xung của xung điều khiển năng lượng plasma trung bình. Cụ thể, các tham số xung như tần số và chu kỳ hoạt động có thể được điều khiển để cung cấp năng lượng plasma trung bình là 4-6 eV nhằm chọn lọc các phản ứng phân ly cụ thể của metan. Ưu điểm khác của việc tạo năng lượng vi sóng dạng xung đó là năng lượng được phân bổ nhiều hơn khắp buồng trong đó vi sóng đang được đưa vào.

Trong các hệ thống thông thường, ở trạng thái cân bằng, plasma tạo ra lớp dày đặc gồm các loại bị ion hóa trong buồng hướng tới vị trí của đầu vào vi sóng, mà hấp thụ năng lượng vi sóng tới và do đó ngăn năng lượng vi sóng khác thâm nhập sâu hơn vào buồng. Xung tần số cao theo sáng chế duy trì plasma ở trạng thái không cân bằng trong phần lớn thời gian và lớp dày đặc của các loại bị ion hóa có mặt trong phần nhỏ thời gian, điều này cho phép năng lượng vi sóng thâm nhập sâu hơn vào buồng và plasma được tạo ra với thể tích lớn hơn trong buồng. Tổng quát hơn, theo các phương án khác nhau của sáng chế, năng lượng trung bình của plasma trong toàn bộ khoảng thời gian của chu kỳ xung có thể nằm trong khoảng từ 0,9 eV đến 20 eV, hoặc từ 0,9 đến 10 eV, hoặc từ 1,5 eV đến 20 eV, hoặc từ 1,5 eV đến 10 eV, hoặc lớn hơn 0,9 eV, hoặc lớn hơn 1,5 eV. Các giá trị cụ thể mà năng lượng plasma được điều hướng sẽ phụ thuộc vào loại vật liệu xử lý được sử dụng.

Trong các hệ thống xử lý vi sóng được mô tả ở trên, nguồn năng lượng vi sóng được

điều khiển bởi mạch bộ phát vi sóng (như 907 trong Fig. 9, và 1007 trong Fig. 10), mà có thể điều khiển năng lượng vi sóng được phát ra từ nguồn là sóng liên tục hoặc được tạo xung. mạch bộ phát vi sóng có thể tạo ra năng lượng vi sóng qua việc sử dụng manhetron, như ở 915 MHz, 2,45 GHz, hoặc 5,8 GHz. Để kiểm soát công suất đầu ra xung của năng lượng vi sóng, mạch bộ phát vi sóng có thể tạo xung cho manhetron ở các tần số và chu kỳ hoạt động khác nhau. Mỗi mạch bộ phát vi sóng được thiết kế cho dải tần số xung, chu kỳ hoạt động, hình dạng, và mức công suất đầu ra xung cụ thể, trong đó việc lựa chọn các giá trị cụ thể của các tham số này được sử dụng để điều hướng các con đường phản ứng hóa học trong vật liệu xử lý.

Mạch điều khiển vi sóng có thể kích hoạt tần số xung từ 500Hz đến 1.000kHz, hoặc từ 1kHz đến 1.000kHz, hoặc từ 10kHz đến 1.000kHz, hoặc từ 40kHz đến 80kHz, hoặc từ 60kHz đến 70kHz, hoặc lớn hơn 10kHz, hoặc lớn hơn 50kHz, hoặc lớn hơn 100kHz. Nguồn vi sóng có thể phát ra năng lượng vi sóng dạng xung hoặc sóng liên tục với công suất trung bình theo thời gian nằm trong khoảng từ 1 đến 100kW, hoặc từ 1kW đến 500kW, hoặc từ 1kW đến 1MW, hoặc từ 10kW đến 5MW, hoặc lớn hơn 10kW, hoặc lớn hơn 100kW, hoặc lớn hơn 500kW, hoặc lớn hơn 1MW, hoặc lớn hơn 2MW. Chu kỳ xung có thời gian xung thứ nhất mà công suất vi sóng bật, và thời gian xung thứ hai mà năng lượng vi sóng tắt hoặc ở công suất thấp hơn trong thời gian xung thứ nhất. Thời gian xung thứ hai có thể dài hơn thời gian xung thứ nhất. Chu kỳ hoạt động tối ưu cho hệ thống nhất định phụ thuộc vào nhiều yếu tố bao gồm công suất vi sóng, tần số xung, và hình dạng xung. Chu kỳ hoạt động (như phần nhỏ của chu kỳ xung mà năng lượng vi sóng bật, được biểu thị bằng phần trăm) có thể nằm trong khoảng từ 1% đến 99%, hoặc từ 1% đến 95%, hoặc từ 10% đến 95%, hoặc từ 20% đến 80%, hoặc từ 50% đến 95%, hoặc từ 1% đến 50%, hoặc từ 1% đến 40%, hoặc từ 1% đến 30%, hoặc từ 1% đến 20%, hoặc từ 1% đến 10%, hoặc nhỏ hơn 99%, hoặc nhỏ hơn 95%, hoặc nhỏ hơn 80%, hoặc nhỏ hơn 60%, hoặc nhỏ hơn 50%, hoặc nhỏ hơn 40%, hoặc nhỏ hơn 30%, hoặc nhỏ hơn 20%, hoặc nhỏ hơn 10%.

Lò phản ứng xử lý hóa chất bằng vi sóng với ống dẫn sóng tăng cường nhiễu trường (FEWG)

Các hình vẽ từ Fig. 11A đến Fig. 11D thể hiện các sơ đồ khối biểu diễn các phương án về các hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng theo sáng chế, trong đó nhiều FEWG được ghép với một hoặc nhiều bộ tạo năng lượng vi sóng (như nguồn năng lượng vi sóng). Các FEWG theo các phương án này có thể dùng chung một số hoặc tất cả các dấu hiệu kỹ thuật

của các hệ thống được mô tả ở trên. Cửa nạp khí cung cấp và vật liệu xử lý theo các phương án này cũng có thể dùng chung một số hoặc tất cả các dấu hiệu kỹ thuật được mô tả ở trên. Mỗi FEWG có thể có vùng phản ứng. Plasma có thể được tạo ra từ khí cung cấp trong vùng plasma trong mỗi FEWG, và chiều dài phản ứng của mỗi FEWG đóng vai trò làm các vùng phản ứng để tách vật liệu xử lý thành các thành phần được tách. Các vùng phản ứng có thể được nối với nhau, và hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng có một cửa ra cho các thành phần được tách. Các vùng phản ứng có thể được nối với nhau, và hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng có nhiều hơn một cửa ra cho các thành phần được tách. Mỗi vùng phản ứng có thể có cửa ra riêng của nó cho các thành phần được tách.

Fig. 11A thể hiện phương án trong đó có một bộ tạo năng lượng vi sóng 1101 được ghép với nhiều FEWG 1102, và các vùng phản ứng của các FEWG đều được nối với nhau sao cho có một cửa ra duy nhất 1103 để thu gom các thành phần được tách. Fig. 11B thể hiện phương án trong đó có một bộ tạo năng lượng vi sóng 1101 được ghép với nhiều FEWG 1102, và các vùng phản ứng của một số FEWG được nối với nhau sao cho có nhiều hơn một cửa ra 1103 để thu gom các thành phần được tách. Fig. 11C thể hiện phương án trong đó có nhiều hơn một bộ tạo năng lượng vi sóng 1101 được ghép với nhiều FEWG 1102, và các vùng phản ứng của các FEWG đều được nối với nhau sao cho có một cửa ra duy nhất 1103 để thu gom các thành phần được tách. Fig. 11D thể hiện phương án trong đó có nhiều hơn một bộ tạo năng lượng vi sóng 1101 được ghép với nhiều FEWG 1102, và các vùng phản ứng của một số FEWG được nối với nhau sao cho có nhiều hơn một cửa ra 1103 để thu gom các thành phần được tách.

Các hình vẽ từ Fig. 11A đến Fig. 11D mô tả 6 FEWG nhằm mục đích minh họa, nhưng có thể có ít hơn hoặc lớn hơn 6 FEWG trong các cách triển khai thực tế. Ví dụ, có thể có từ 1 đến 10 FEWG được ghép với mỗi bộ tạo năng lượng vi sóng. Năng lượng vi sóng từ nhiều hơn một bộ tạo vi sóng có thể được kết hợp bằng cách sử dụng bộ phối hợp công suất, và sau đó năng lượng vi sóng kết hợp có thể được ghép vào nhiều hơn một FEWG. Năng lượng vi sóng được phát ra từ bộ phối hợp công suất này có thể rất lớn và có thể được ghép vào nhiều FEWG (như lớn hơn 10). Ghép kênh có thể được sử dụng để ghép năng lượng vi sóng vào nhiều FEWG từ một nguồn năng lượng vi sóng duy nhất.

Trong một ví dụ, ghép kênh là ghép kênh phân chia theo thời gian, có nghĩa là năng lượng được ghép từ nguồn năng lượng vi sóng vào một tập hợp FEWG tại một thời điểm, và công tắc được sử dụng để hướng năng lượng vào tập hợp FEWG khác tại thời điểm sau

đó. Công tác có thể được sử dụng để tạo chu kỳ năng lượng giữa nhiều tập hợp FEWG (như nhiều hơn 2, hoặc nhiều hơn 5, hoặc nhiều hơn 10) từ một nguồn năng lượng vi sóng duy nhất theo thời gian, trong đó mỗi tập hợp FEWG có thể chứa nhiều FEWG (như nhiều hơn 2, hoặc nhiều hơn 5, hoặc từ 1 đến 10). Fig. 11B mô tả hai cửa ra và Fig. 11D mô tả ba cửa ra, nhưng có thể có nhiều hơn hai hoặc ba cửa ra trong các kết cấu dây FEWG khác, trong đó (ví dụ) mỗi FEWG có thể có cửa ra riêng của nó để thu gom các thành phần được tách. Có từ 1 cửa ra đến 10 cửa ra để thu gom các thành phần được tách. Fig. 11B và Fig. 11D mô tả 3 FEWG được nối với mỗi cửa ra, nhưng có thể có ít hơn hoặc lớn hơn 3 FEWG được nối với mỗi cửa ra, và mỗi FEWG có thể có cửa ra riêng của nó để thu gom các thành phần được tách. Fig. 11C và Fig. 11D mô tả hai bộ tạo năng lượng vi sóng, nhưng có nhiều hơn 2 bộ tạo năng lượng vi sóng. Có thể có từ 1 FEWG đến 10 FEWG được nối với nhau vào mỗi cửa ra để thu gom các thành phần được tách.

Fig. 12A và Fig. 12B thể hiện các phương án về hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng theo sáng chế, trong đó nhiều FEWG được ghép với một bộ tạo năng lượng vi sóng (như các nguồn năng lượng vi sóng) bằng cách sử dụng các dạng hình học khác nhau. Các FEWG theo các phương án này có thể dùng chung một số hoặc tất cả các dấu hiệu kỹ thuật của các hệ thống được mô tả ở trên. Cửa nạp khí cung cấp và vật liệu xử lý theo các phương án này cũng có thể dùng chung một số hoặc tất cả các dấu hiệu kỹ thuật được mô tả ở trên. Mỗi FEWG có thể có một vùng phản ứng. Plasma có thể được tạo ra từ khí cung cấp trong vùng plasma trong mỗi FEWG, và chiều dài phản ứng của mỗi FEWG đóng vai trò làm vùng phản ứng để tách vật liệu xử lý thành các thành phần được tách. Các vùng phản ứng có thể được nối với nhau, và hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng có một cửa ra cho các thành phần được tách. Các vùng phản ứng có thể được nối với nhau, và hệ thống xử lý hóa chất bằng vi sóng có nhiều hơn một cửa ra cho các thành phần được tách. Mỗi vùng phản ứng có thể có cửa ra riêng của nó cho các thành phần được tách.

Fig. 12A thể hiện dạng hình học đa tạp trong đó có một bộ tạo năng lượng vi sóng được ghép với nhiều FEWG. Năng lượng vi sóng 1201 được ghép với ống dẫn sóng đa tạp 1202, và sau đó được ghép vào nhiều FEWG. Năng lượng vi sóng đi vào vùng có diện tích mặt cắt ngang lớn của mỗi FEWG, sau đó đi vào vùng tăng cường trường của FEWG 1203 và sau đó được ghép vào các vùng phản ứng có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn của FEWG 1204. Theo phương án được mô tả trong Fig. 12A, tất cả FEWG đều được nối với nhau sao cho có một cửa ra duy nhất 1205 để thu gom các thành phần được tách.

Fig. 12B thể hiện dạng hình học mạng trong đó có một bộ tạo năng lượng vi sóng được ghép với nhiều FEWG. Năng lượng vi sóng 1201 được ghép với ống dẫn sóng mạng 1202, và sau đó được ghép vào nhiều FEWG. Các kích thước ống dẫn sóng mạng cụ thể phụ thuộc vào tần số vi sóng đang được sử dụng. Năng lượng vi sóng đi vào vùng có diện tích mặt cắt ngang lớn của mỗi FEWG, sau đó đi vào vùng tăng cường trường của FEWG 1203 và sau đó được ghép vào các vùng phản ứng có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn của FEWG 1204. Theo cách triển khai được mô tả trong Fig. 12B, tất cả FEWG đều được nối với nhau sao cho có một cửa ra duy nhất 1205 để thu gom các thành phần được tách.

Mặc dù Fig. 12A và Fig. 12B mô tả một bộ tạo năng lượng vi sóng được ghép với 5 FEWG trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng, theo các triển khai khác, có thể có các số lượng hoặc trường hợp thích hợp khác của bộ tạo năng lượng vi sóng. Năng lượng vi sóng từ nhiều hơn một bộ tạo vi sóng có thể được kết hợp bằng cách sử dụng bộ phối hợp công suất, và sau đó năng lượng vi sóng kết hợp có thể được ghép vào nhiều hơn một FEWG trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng. Năng lượng vi sóng được phát ra từ bộ phối hợp công suất này có thể rất lớn và có thể được ghép vào nhiều FEWG (như lớn hơn 10) trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng. Có thể có từ 1 FEWG đến 10 FEWG được ghép với mỗi bộ tạo năng lượng vi sóng trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng.

Tương tự, mặc dù Fig. 12A và Fig. 12B mô tả một cửa ra, theo các cách triển khai khác, có thể có số lượng hoặc trường hợp cửa ra thích hợp khác. Có thể có từ 1 cửa ra đến 10 cửa ra để thu gom các thành phần được tách từ FEWG được ghép với bộ tạo năng lượng vi sóng trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng. Tương tự, mặc dù Fig. 12A và Fig. 12B mô tả một bộ tạo năng lượng vi sóng được ghép với nhiều FEWG, theo các triển khai khác, có thể có các số lượng hoặc trường hợp bộ tạo năng lượng vi sóng thích hợp khác. Có thể có từ 1 FEWG đến 10 FEWG được nối với nhau vào mỗi cửa ra để thu gom các thành phần được tách từ các FEWG được ghép với bộ tạo năng lượng vi sóng trong dạng hình học đa tạp hoặc mạng.

Theo một số cách triển khai, có thể có các lỗ giữa các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 và các vùng tăng cường trường của FEWG 1203. Kích thước của các lỗ này được điều chỉnh để ghép hiệu quả năng lượng vi sóng từ ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 với các vùng tăng cường trường của các FEWG 1203. Kích thước của các lỗ này là các kích thước khác nhau để cân bằng sự truyền năng lượng vi sóng từ ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 giữa tất cả các vùng tăng cường trường được

ghép của FEWG 1203.

Theo một số cách triển khai, kích thước của các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 có thể được điều chỉnh sao cho chúng tạo ra hốc cộng hưởng và có (các) sóng dừng của năng lượng vi sóng trong ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202. Sóng dừng của năng lượng vi sóng có thể được điều hướng để ghép hiệu quả năng lượng vi sóng vào mỗi vùng tăng cường trường được ghép của FEWG 1203.

Theo một số cách triển khai, có thể có rò rỉ được kiểm soát từ các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 đến các vùng tăng cường trường của FEWG 1203 để phân bổ hiệu quả lượng năng lượng vi sóng được ghép vào mỗi vùng phản ứng của FEWG 1204. Một số ví dụ về các thiết kế để kiểm soát rò rỉ từ các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 đến các vùng tăng cường trường của FEWG 1203 và phân bổ hiệu quả lượng năng lượng vi sóng được ghép vào mỗi vùng phản ứng của FEWG 1204 là: thay đổi mật cắt ngang và/hoặc chiều dài của các ống dẫn sóng; sử dụng lỗ giữa các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 và các vùng tăng cường trường của FEWG 1203; thay đổi góc định hướng giữa các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp 1202 và các vùng tăng cường trường của FEWG 1203; sử dụng dây tóc, nguồn điểm, điện cực và/hoặc nam châm trong các ống dẫn sóng hình học mạng hoặc đa tạp hoặc trong FEWG (như sẽ được thảo luận chi tiết hơn bên dưới); và các dạng kết hợp của hai hoặc nhiều dấu hiệu kỹ thuật thiết kế này.

Các dấu hiệu kỹ thuật bổ sung trong lò phản ứng xử lý hóa chất bằng vi sóng với ống dẫn sóng tăng cường trường

Ngoài các dấu hiệu kỹ thuật nêu trên của hệ thống xử lý vi sóng với các FEWG, các dấu hiệu kỹ thuật khác sẽ được thảo luận bây giờ có thể được sử dụng trong các hệ thống được mô tả ở trên. Fig. 6 minh họa hệ thống xử lý vi sóng với FEWG, trong đó plasma được tạo ra trong một hoặc nhiều khí phản ứng dạng hơi, trong đó khí phản ứng dạng hơi được chèn vào phía đầu dòng từ nơi vật liệu xử lý được chảy vào vùng phản ứng của FEWG. Các khí phản ứng dạng hơi cải thiện hiệu quả bề gãy bằng cách bổ sung các loại có tiềm năng ion hóa khác nhau. Nghĩa là, các khí khác nhau có năng lượng ion hóa khác nhau, mà là lượng năng lượng cần thiết để loại bỏ một electron khỏi nguyên tử hoặc phân tử. Ngoài ra, các loại khí khác nhau có khả năng tạo cặp khác nhau (có thể tạo ra bao nhiêu electron trên mỗi ion) và đặc tính phát xạ electron thứ cấp (phát xạ electron khi các hạt mang điện va chạm với bề mặt). Do đó, theo sáng chế, việc sử dụng các khí phản ứng dạng

hơi có thể được dùng để tác động đến năng lượng của plasma.

Fig. 13 thể hiện hệ thống xử lý khí vi sóng 1300 bao gồm bộ tạo năng lượng vi sóng (như nguồn năng lượng vi sóng) 1304, FEWG 1305, và mạch bộ phát vi sóng 1307, có thể tương tự hoặc tương đương với mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thông thường được thể hiện bao gồm cả nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5. Để rõ ràng, sơ đồ trong Fig. 13 là hình vẽ đơn giản hóa so với các hình trước đó. Cửa nạp khí cung cấp 1302 nhận khí phản ứng dạng hơi 1320 mà bổ sung khí cung cấp (không được thể hiện) để tạo ra plasma trong ống dẫn sóng. Theo các phương án khác nhau, khí phản ứng dạng hơi 1320 có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số hydro, argon, heli, hoặc các khí hiếm khác. Cửa nạp vật liệu xử lý 1310 được cấu hình để nhận vật liệu xử lý sẽ được cho phản ứng.

Một hoặc nhiều trong số các thành phần được tách của vật liệu xử lý có thể được tái chế trở lại thành khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý đi vào FEWG 1305. Đối với các khí phản ứng dạng hơi không phải là sản phẩm đầu ra mong muốn của hệ thống (như khí phản ứng dạng hơi argon trong quá trình xử lý khí metan), các khí phản ứng dạng hơi được loại bỏ khỏi các thành phần được tách 1330 và 1332 được xuất ra từ cửa ra 1303 trong các bước sau xử lý. Như được thể hiện trong Fig. 13, các phản ứng khí trong FEWG 1305 tạo ra các thành phần được tách 1330 và 1332. Ví dụ, đối với metan làm vật liệu xử lý, thành phần được tách thứ nhất 1330 có thể là cacbon và thành phần được tách thứ hai 1332 có thể là khí H_2 (được kết hợp lại từ hydro nguyên tử H^+ trước khi được thu gom tại cửa ra 1303).

Theo cách khác, thành phần được tách thứ nhất 1330 có thể là CH_2 và thành phần được tách thứ hai 1332 có thể là khí hydro H_2 . Thành phần được tách 1332 được tái chế trở lại vào FEWG 1305 qua ống dẫn 1340, trở lại vào cửa nạp khí cung cấp 1302. Do đó, thành phần được tách đã tái chế 1332 được sử dụng làm khí phản ứng dạng hơi 1320. Mặc dù việc trả lại các thành phần được tách được tạo ra trở lại hệ thống phản ứng có vẻ phản trực giác, nhưng việc tái chế các thành phần này sẽ bổ sung năng lượng cho plasma, và cũng có thể góp phần vào quá trình bẻ gãy bằng nhiệt của vật liệu xử lý do các thành phần tái chế đã được đốt nóng trong quá trình xử lý khí. Ví dụ, thành phần được tách 1332 có thể là từ 2 đến 10 slm H_2 được tái chế trở lại vào FEWG 1305, đối với quy trình trong đó tổng số từ 150 đến 200 slm H_2 được tạo ra. Các lượng hoặc các phần khác của thành phần được tách 1332 có thể được tái chế, như được xác định bởi các yếu tố như tốc độ dòng của vật liệu xử lý, và/hoặc lượng năng lượng mong muốn được bổ sung vào quy trình để khởi tạo các con đường hóa học được nhắm đích.

Để khởi tạo các con đường hóa học nêu trên, một hoặc nhiều nguồn năng lượng vi sóng có thể được cấu hình để khởi tạo các phản ứng hóa học trong lò phản ứng xử lý hóa học vi sóng.

Một số hoặc tất cả khí cung cấp chứa một hoặc đa thành phần được tách đã tái chế của vật liệu xử lý. Ví dụ, khí cung cấp có thể là hydro, và vật liệu xử lý có thể là metan, mà được cho phản ứng để tạo ra hydro và cacbon, và ít nhất một phần hydro được tạo ra từ metan có thể được tái chế và sử dụng làm khí cung cấp. Việc tái chế hydro được tạo ra giúp cải thiện hiệu quả của toàn bộ quá trình xử lý khí vì plasma được tạo ra từ hydro có hiệu quả cao trong việc bẻ gãy các liên kết hydrocacbon trong các phân tử vật liệu xử lý. Ngoài ra, H_2 đã tái chế đã ở nhiệt độ cao, và do đó cần ít năng lượng đầu vào hơn để đạt được năng lượng bẻ gãy bằng nhiệt. Khí cung cấp là H_2 được cung cấp bởi nguồn bên ngoài, mà H_2 đã tái chế được bổ sung vào. Plasma được tạo ra có thể là plasma hydro.

Fig. 14 minh họa hệ thống xử lý vi sóng 1400 với FEWG và các dây tóc. Theo một số cách triển khai, hệ thống xử lý vi sóng 1400 bao gồm bộ tạo năng lượng vi sóng (như nguồn năng lượng vi sóng) 1404, FEWG 1405, và mạch bộ phát vi sóng 1407. Năng lượng vi sóng 1409 được cung cấp bởi nguồn năng lượng vi sóng 1404, để lan truyền theo hướng xuống chiều dài L của FEWG 1405. Theo phương án này, cửa nạp khí cung cấp 1402 được đặt gần lõi vào của phần L_0 , thay vì ở lõi vào phần L_1 (như vùng plasma). Một hoặc nhiều dây tóc kim loại 1420 được đặt trong FEWG 1405 để hỗ trợ trong việc khơi mào plasma và/hoặc kích thích các loại năng lượng cao hơn trong plasma. Theo cách triển khai này, dây tóc kim loại 1420 ở phía cuối dòng của cửa nạp khí cung cấp 1402, gần lõi vào phần vùng plasma của FEWG L_1 (với diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn so với FEWG gần bộ tạo năng lượng vi sóng hơn).

Dây tóc 1420 có thể được đặt ở các vị trí khác trong phần L_1 của chiều dài tổng thể L của FEWG 1405, trong đó L_1 là vùng trong ống dẫn sóng mà plasma được tạo ra như được mô tả liên quan đến các phương án trước đó. Dây tóc 1420 được đặt trong phần L_1 của FEWG và phía đầu dòng của cửa nạp vật liệu xử lý 1410, do đó nó sẽ được đặt bên ngoài phần L_2 (như chiều dài L_2 được thể hiện trong Fig. 9) mà các phản ứng đang diễn ra, và có thể bao phủ dây tóc với các loại được phản ứng. Sự có mặt của dây tóc 1420 có thể làm giảm điện áp khơi mào plasma bằng cách cung cấp vị trí khơi mào, bằng cách tập trung điện trường của năng lượng vi sóng 1409. Ngoài ra, dây tóc 1420 có thể trở nên nóng lên và phát ra các electron qua phát xạ nhiệt, mà tiếp tục góp phần làm giảm điện áp khơi mào

plasma. Mặc dù dây tóc 1420 được minh họa dưới dạng dây đơn theo phương án này, dây tóc 1420 có thể có các cấu hình khác như cuộn dây hoặc nhiều sợi tóc. Dây tóc 1420 có thể là vonfram. Dây tóc có thể được cấp năng lượng tích cực (được cấp nguồn điện) hoặc có thể thụ động. Dây tóc 1420 có thể là dây tóc osmi (như được cấu hình ở dạng tấm, hoặc cuộn dây, hoặc hình dạng khác) liền kề với cuộn dây đốt nóng. Dây tóc 1420 có thể là vật liệu chứa sắt trong lĩnh vực cuộn dây cảm ứng. Dây tóc 1420 được đốt nóng chủ động mà các thành phần hoạt động (như các thành phần nguồn đốt nóng) được đặt bên ngoài FEWG 1405 và vật liệu dây tóc đang được đốt nóng nằm bên trong FEWG 1405.

Fig.15 thể hiện hệ thống lò phản ứng 1500 trong đó nguồn năng lượng 1530 kéo dài đáng kể dọc theo FEWG 1505 và/hoặc có thể được định vị tương tự với bất kỳ một hoặc nhiều FEWG được bộc lộ trong bản mô tả này. Theo một số cách triển khai, nguồn năng lượng 1530 có thể được nhúng dưới dạng một hoặc nhiều điện cực, hoặc một hoặc cặp điện cực đồng phẳng được định hướng dọc theo trục thẳng đứng chung kéo dài theo chiều dọc qua tâm của FEWG 1505. Mỗi cặp điện cực có thể bao gồm điện cực dương (được gọi là “catôt”) và điện cực âm (được gọi là “anôt”). “Điện cực”, theo cách hiểu thông thường và như được đề cập trong bản mô tả này, có nghĩa là chất dẫn điện được sử dụng để cho tiếp xúc với một phần phi kim loại của mạch. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, các cấu tạo của nguồn năng lượng 1530 kết hợp một hoặc nhiều điện cực, nguồn năng lượng có thể được thể hiện dưới dạng (hoặc kết hợp theo cách khác), súng electron, đề cập đến thành phần điện trong một số ống chân không tạo ra chùm electron chuẩn trực hẹp có động năng chính xác. Kết cấu súng electron này có thể bao gồm một số bộ phận cấu thành, như catôt nóng, được đốt nóng để tạo ra dòng electron qua phát xạ nhiệt, các điện cực tạo ra điện trường để hội tụ chùm electron (như xy lanh Wehnelt), và một hoặc nhiều điện cực anôt giúp tăng tốc và hội tụ chùm hơn nữa.

Hơn nữa, nguồn năng lượng có thể được cấu hình, bổ sung hoặc thay thế cho các cấu tạo đã thảo luận, như bộ đốt nóng dòng và/hoặc lò phản ứng cung cấp cho việc truyền năng lượng nhiệt (dưới dạng nhiệt) để đốt nóng cực nhanh các vật liệu lỏng và lỏng nhớt (như khí cung cấp được cung cấp bởi các cửa nạp khí cung cấp 1502 và/hoặc các vật liệu dầu vào xử lý, mà theo một số cách triển khai, cũng có thể chảy qua các cửa nạp khí cung cấp 1502). Theo một số cách triển khai, nguồn năng lượng 1530 có thể được sử dụng độc lập hoặc trong dạng kết hợp bất kỳ với các khí phản ứng dạng hơi đã tái chế 1320 trong Fig. 13, sợi tóc 1420 trong Fig. 14 hoặc nguồn electron 1520 trong Fig. 15. Hệ thống 1500

có thể bao gồm một hoặc nhiều tập hợp nguồn năng lượng 1530, trong đó bất kỳ một hoặc nhiều nguồn năng lượng 1530 có thể được cấu hình để cung cấp năng lượng (như ở dạng nhiệt và/hoặc năng lượng điện từ, trong số các dạng năng lượng khác) cho plasma 1506. Các nguồn năng lượng 1530, khi được nhúng dưới dạng cặp điện cực đồng phẳng có điện tích trái dấu bên sườn FEWG 1505 (như được thể hiện trong Fig. 15) có thể được cấu hình để tạo ra điện trường trong phần L_1 của chiều dài tổng thể L của FEWG 1505. L_1 để cấp đến vùng trong FEWG mà plasma được tạo ra như được mô tả ở trên. Nguồn năng lượng 1530 (khi được nhúng dưới dạng cặp điện cực đồng phẳng có điện tích trái dấu bên sườn FEWG 1505) có thể được cấp năng lượng tới điện áp riêng để tăng các loại trên cơ sở khí và/hoặc plasma (mà trở nên có điện tích khi nhận năng lượng từ nguồn năng lượng 1530) trong plasma 1506 ở mức độ mong muốn, do đó cho phép kiểm soát chính xác mức năng lượng (được đo bằng nhiệt độ, hoặc một số kiểu đo năng lượng khác) của plasma 1506.

Nguồn năng lượng 1530 theo cách triển khai này có thể được cấu hình để hoạt động với đầu vào năng lượng vi sóng sóng liên tục (như được cung cấp bởi, ví dụ, hệ thống xử lý vi sóng 1500) và cũng có hiệu quả khi được sử dụng kết hợp với đầu vào vi sóng dạng xung. Ví dụ, trong các hệ thống thông thường có các điện cực và sử dụng năng lượng vi sóng được cung cấp liên tục, plasma 1506 được đặt giữa các nguồn năng lượng 1530 sẽ có xu hướng định vị tại đó ở trạng thái cân bằng. Plasma 1506 có thể sàng lọc (có nghĩa là ngăn chặn hoặc cản trở ít nhất một phần) sự tiếp xúc với điện trường do các nguồn năng lượng 1530 tạo ra (như khi được nhúng dưới dạng cặp điện cực đồng phẳng), mà do đó có thể hạn chế khả năng của các nguồn năng lượng 1530 bổ sung năng lượng cho plasma 1506. Ngược lại, khi vi sóng được cung cấp được tạo xung, plasma 1506 có thể tồn tại ở trạng thái không cân bằng (có nghĩa là plasma không ở trạng thái cân bằng nhiệt động lực học, do nhiệt độ electron nóng hơn nhiều so với nhiệt độ của các loại nặng như ion và điểm trung hòa) cho phần lớn thời gian xử lý tổng thể. Kết quả là, plasma 1506 có thể tồn tại ở trạng thái cân bằng để cân bằng thời gian xử lý tổng thể và do đó sẽ sàng lọc điện trường do các nguồn năng lượng 1530 tạo ra trong một phần nhỏ hơn của thời gian xử lý tổng thể.

Như được thể hiện trong Fig. 15, nguồn năng lượng 1530 có thể được sử dụng độc lập, hoặc trong kết hợp với các khí phản ứng dạng hơi đã tái chế 1320 trong Fig. 13, sợi tóc 1420 trong Fig. 14, hoặc nguồn electron 1520 trong Fig. 15. Hệ thống 1500 chứa một hoặc nhiều bộ điện cực 1530 để bổ sung năng lượng cho plasma. Các điện cực được cấu hình để tạo ra điện trường trong phần L_1 của tổng chiều dài L của FEWG 1505, trong đó

L_1 là vùng trong FEWG mà plasma được tạo ra như được mô tả ở trên. Nguồn năng lượng 1530 được thể hiện trong Fig. 15 dưới dạng cặp điện cực đồng phẳng có điện tích trái dấu, mà nằm ở phần bên ngoài và ở các phía đối diện của phần FEWG 1505 mà plasma 1506 được tạo ra, mặc dù có thể có các loại nguồn năng lượng khác (như các nguồn năng lượng nhiệt bao gồm bộ đốt nóng). Các điện cực có thể được cấp năng lượng đến điện áp riêng để tăng tốc các loại có điện tích trong plasma đến mức độ mong muốn, do đó điều khiển năng lượng plasma. Các điện cực theo phương án này có thể được sử dụng với năng lượng vi sóng sóng liên tục (như năng lượng được áp dụng theo hướng chung 1509 từ bộ tạo năng lượng vi sóng 1504) và đặc biệt hiệu quả khi kết hợp với đầu vào vi sóng dạng xung. Trong các hệ thống thông thường có điện cực và năng lượng vi sóng liên tục, plasma giữa các điện cực sẽ định vị (như gần các điện cực) ở trạng thái cân bằng và sàng lọc điện trường từ các điện cực, mà giới hạn khả năng của các điện cực bổ sung năng lượng cho plasma. Tuy nhiên, khi vi sóng được tạo xung, plasma sẽ tồn tại ở trạng thái không cân bằng trong một phần thời gian lớn hơn và sẽ sàng lọc điện trường của các điện cực trong một phần thời gian nhỏ hơn.

Hệ thống xử lý vi sóng theo sáng chế sẽ bao gồm các nam châm (không được thể hiện) để giới hạn plasma trong vùng phản ứng và giảm điện áp khơi mào để tạo ra plasma. Các nam châm là vĩnh cửu hoặc là nam châm điện. Các nam châm có thể được định vị để có thể điều khiển sự phân bố mật độ plasma. Các nam châm sẽ làm tăng mật độ plasma trong phần L_1 , điều này sẽ cải thiện hiệu quả mà vật liệu xử lý được tách ra bằng plasma. Trờ kháng cực bộ trong FEWG được điều chỉnh bằng cách sử dụng dây tóc, nguồn điểm, điện cực và/hoặc nam châm. Dây tóc, nguồn điểm, điện cực và/hoặc nam châm được sử dụng để làm tăng plasma mật độ trong vùng phản ứng của FEWG.

Như được mô tả trước đó, các bộ tạo năng lượng vi sóng được ghép với các FEWG chứa các vùng phản ứng với dạng kết hợp của năng lượng vi sóng dạng xung, các dòng khí cao (như lớn hơn 5 slm), thể tích plasma lớn (như lên đến 1.000 L), áp suất cao (như lớn hơn 0,1 atm hoặc lớn hơn 0,9 atm, hoặc lớn hơn 2 atm), hoặc dây tóc hoặc nguồn electron để hỗ trợ khơi mào plasma khi bắt đầu mỗi xung, và/hoặc các điện cực để bổ sung thêm năng lượng cho plasma có thể cho phép các hệ thống xử lý khí hóa học hiệu suất cao tiết kiệm chi phí, với các yêu cầu đầu vào năng lượng thấp.

Các hệ thống xử lý vi sóng với các dấu hiệu kỹ thuật nêu trên được cấu hình theo cách mà plasma được tạo ra và vật liệu xử lý được tách thành các thành phần trong chính

FEWG, như các ví dụ được mô tả trong Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11A đến Fig. 11D, Fig. 12A và Fig. 12B, Fig. 13, Fig. 14, và Fig. 15. Trong các hệ thống này, năng lượng vi sóng đi vào phía đầu dòng hệ thống của phản ứng tạo ra các thành phần được tách, và do đó, vấn đề các thành phần được tách tích tụ trên cửa sổ nhập vi sóng của lò phản ứng và hấp thụ năng lượng vi sóng trước khi nó có thể tạo ra plasma được giảm bớt. Phần của FEWG mà các thành phần được tách được tạo ra đóng vai trò làm buồng phản ứng, và dòng khí cung cấp và/hoặc dòng vật liệu xử lý qua buồng phản ứng song song với hướng lan truyền của năng lượng vi sóng trong FEWG. Năng lượng vi sóng đi vào FEWG phía cuối dòng của phản FEWG đóng vai trò làm buồng phản ứng mà các thành phần được tách được tạo ra.

Các nguồn tái chế khí, dây tóc, và điện tử có thể được sử dụng trong các hệ thống xử lý khí bằng vi sóng với các FEWG sử dụng năng lượng vi sóng sóng liên tục (CW). Trong các kết cấu với năng lượng vi sóng CW, tái chế khí, dây tóc, và nguồn electron vẫn có lợi để cải thiện hiệu quả xử lý khí của hệ thống, giảm điện áp khơi mào của plasma, và điều khiển sự phân bố mật độ của plasma. Các thành phần được tách có thể bám vào các thành của FEWG phía cuối dòng của phản ứng tạo ra các thành phần được tách, mặc dù thể tích lớn của vùng phản ứng trong FEWG. Mặc dù điều này không ngăn chặn plasma được tạo ra, nhưng nó vẫn thể hiện sự tổn hao trong sản xuất và là nguồn ô nhiễm trong hệ thống. Do đó, dòng khí của khí cung cấp và vật liệu xử lý có thể được thiết kế để tạo ra plasma gần các khu vực lắng đọng để loại bỏ các sản phẩm được tách mà được lắng đọng trên các thành ống dẫn sóng (hoặc các thành buồng phản ứng). Theo một số cách triển khai, các cửa nạp bổ sung của khí cung cấp và/hoặc vật liệu xử lý có thể được kết cấu để định hướng các khí đến các khu vực lắng đọng để loại bỏ các sản phẩm được tách mà được lắng đọng trên các thành ống dẫn sóng (hoặc các thành buồng phản ứng).

Phương pháp xử lý khí vi sóng

Fig. 16 là lưu đồ ví dụ 1600 thể hiện các phương pháp xử lý khí bằng vi sóng, sử dụng điều khiển hóa học trong các phản ứng khí hiệu suất cao với các FEWG. Ở khối 1602, năng lượng vi sóng được cung cấp qua FEWG có chiều dài, trong đó năng lượng vi sóng lan truyền theo hướng dọc theo FEWG. Năng lượng vi sóng có thể là sóng liên tục hoặc được tạo xung. Năng lượng vi sóng được cung cấp vào FEWG với công suất trung bình theo thời gian nhỏ hơn 100kW, hoặc từ 1kW đến 100kW, hoặc từ 1kW đến 500kW, hoặc từ 1kW đến 1MW, hoặc từ 10kW đến 5MW, hoặc lớn hơn 10kW, hoặc lớn hơn 100kW, hoặc lớn hơn 500kW, hoặc lớn hơn 1MW, hoặc lớn hơn 2MW. Áp suất trong FEWG ít

nhất là 0,1 atm, như nằm trong khoảng từ 0,9 atm đến 10 atm. Ở khối 1604, khí cung cấp được cung cấp vào FEWG tại vị trí thứ nhất dọc theo chiều dài của FEWG, mà phần lớn khí cung cấp chảy theo hướng lan truyền năng lượng vi sóng. Ở khối 1606, plasma được tạo ra trong khí cung cấp trong ít nhất một phần chiều dài của FEWG. vật liệu xử lý có thể được bổ sung vào FEWG tại vị trí thứ hai phía cuối dòng từ vị trí thứ nhất. Phần lớn vật liệu xử lý có thể chảy theo hướng lan truyền vi sóng với tốc độ dòng lớn hơn 5 slm.

Tùy ý, ở khối 1608, năng lượng trung bình của plasma được điều khiển để chuyển đổi vật liệu xử lý thành các thành phần được tách. Ví dụ, năng lượng trung bình có thể nằm trong khoảng từ 0,8 eV đến 20 eV. Tần số xung có thể được điều khiển, trong đó tần số xung lớn hơn 500Hz. Ví dụ, tần số xung của năng lượng vi sóng có thể nằm trong khoảng từ 500Hz đến 1.000kHz. Chu kỳ hoạt động của năng lượng vi sóng dạng xung có thể được điều khiển bổ sung hoặc thay vì tần số xung, trong đó chu kỳ hoạt động nhỏ hơn 50%.

Lưu ý rằng, các hoạt động trong Fig. 16 có thể được thực hiện theo các trình tự khác với những gì được thể hiện. Ví dụ, khí xử lý có thể được bổ sung vào cùng một điểm với khối 1604; nghĩa là, trước khối tạo ra plasma ở khối 1604. Trong một ví dụ khác, việc điều khiển năng lượng plasma ở khối 1608 có thể được thực hiện cùng với việc tạo ra plasma ở khối 1606. Các điều kiện trong phát sáng sau có thể được điều khiển bằng các dạng đầu vào năng lượng khác nhau. Là một ví dụ cụ thể, các điều kiện phát sáng sau có thể được điều khiển bằng năng lượng vi sóng. Năng lượng vi sóng này có thể được sử dụng trực tiếp để mở rộng chùm plasma hoặc đốt nóng các hạt trong vùng. Dấu hiệu kỹ thuật này mở rộng plasma, do đó làm thích nghi sự điều hướng thời gian các hạt dành trong plasma. Dấu hiệu kỹ thuật này tiếp tục tạo điều kiện thuận lợi cho việc điều khiển các quy trình xử lý hóa học pha khí, quá trình nạp hạt, và đốt nóng hạt của các hạt trong khu vực này. Việc điều khiển các tham số này dẫn đến điều khiển trên hình thái hạt. Theo cách khác, nguồn năng lượng trong vùng này có thể được chọn sao cho plasma không được tạo ra và thay vào đó, các hạt được đốt nóng, dẫn đến việc điều khiển trực tiếp nhiệt độ hạt. Điều này lần lượt cho phép điều khiển động học tăng trưởng và do đó kiểm soát hình thái của các hạt. Một cách triển khai đặt cạnh nhau và sử dụng các nguồn năng lượng được bố trí dọc theo chiều dài của FEWG được thể hiện và thảo luận như liên quan đến Fig. 15.

CACBON CÓ CẤU TRÚC, CÁC HẠT NANO CACBON KHÁC NHAU, CÁC KẾT TỤ CHỨA CACBON KHÁC NHAU

Các hình vẽ từ Fig. 17A đến Fig. 17Y mô tả cacbon có cấu trúc, các hạt nano cacbon khác nhau, các kết tụ chứa cacbon khác nhau, và các cấu trúc chứa cacbon ba chiều khác nhau mà được phát triển trên các vật liệu khác. Các hạt nano cacbon và kết tụ có thể được đặc trưng bởi “tính đồng nhất” cao, như phần khối lượng cao của các thù hình cacbon mong muốn, mức độ “trật tự” cao, như nồng độ khuyết tật thấp, và/hoặc mức độ “tinh khiết” cao, như nồng độ tạp chất nguyên tố thấp, ngược lại với các hạt có độ đồng nhất thấp hơn, kém trật tự hơn và độ tinh khiết thấp hơn có thể đạt được bằng các hệ thống và phương pháp thông thường.

Các hạt nano được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này có thể chứa các fuloren hình cầu đa thành (MWSF) hoặc các MWSF được nối và có tính đồng nhất cao, như tỷ lệ của graphen với MWSF nằm trong khoảng từ 20% đến 80%, mức độ trật tự cao, như dấu hiệu Raman với tỷ lệ ID/IG nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05, và mức độ tinh khiết cao, như tỷ lệ của cacbon với các nguyên tố khác, ngoài hydro, lớn hơn 99,9%. Các hạt nano được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này có thể chứa các MWSF hoặc các MWSF được nối, và các MWSF không chứa lỗi được cấu thành từ các nguyên tố tạp chất khác với cacbon. Trong một số trường hợp, các hạt được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này là các kết tụ chứa các hạt nano được mô tả ở trên với đường kính lớn, như lớn hơn 10 μm .

Các phương pháp thông thường đã được sử dụng để tạo ra các hạt chứa fuloren hình cầu đa thành với mức độ trật tự cao, nhưng các phương pháp thông thường này dẫn đến các sản phẩm cacbon có nhiều thiếu sót. Ví dụ, các kỹ thuật tổng hợp nhiệt độ cao dẫn đến các hạt với hỗn hợp nhiều thù hình cacbon và do đó tính đồng nhất thấp, như nhỏ hơn 20% fuloren so với các thù hình cacbon khác, và/hoặc kích thước hạt nhỏ, như nhỏ hơn 1 μm , hoặc nhỏ hơn 100 nm trong một số trường hợp. Các phương pháp sử dụng chất xúc tác dẫn đến các sản phẩm bao gồm các nguyên tố xúc tác và do đó có độ tinh khiết thấp, cũng như nhỏ hơn 95% cacbon so với các nguyên tố khác. Các tính chất không mong muốn này cũng thường dẫn đến các tính chất điện không mong muốn của các hạt cacbon thu được, như độ dẫn điện nhỏ hơn 1.000 S/m.

Các hạt nano cacbon và các kết tụ được mô tả trong bản mô tả này được đặc trưng bởi quang phổ Raman mà là sự biểu thị mức độ trật tự và tính đồng nhất cao của cấu trúc. Các hạt nano cacbon tinh khiết và/hoặc có trật tự đồng nhất và các kết tụ được mô tả trong

bản mô tả này được sản xuất bằng cách sử dụng các lò phản ứng và phương pháp, như được mô tả dưới đây. Các ưu điểm và/hoặc các cải tiến bổ sung cũng sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả sau đây.

Định nghĩa

Thuật ngữ “graphen” ngụ ý một thù hình của cacbon ở dạng mạng lục giác hai chiều, quy mô nguyên tử, trong đó một nguyên tử tạo ra mỗi đỉnh. Các nguyên tử cacbon trong graphen được liên kết sp^2 . Ngoài ra, graphen có phổ Raman với hai đỉnh chính, chế độ G ở khoảng 1580 cm^{-1} và chế độ D ở khoảng 1350 cm^{-1} , khi sử dụng laze kích thích 532 nm.

Thuật ngữ “fuloren” ngụ ý một phân tử cacbon ở dạng hình cầu rỗng, hình elipxoit, hình ống, hoặc các hình dạng khác. Fuloren hình cầu cũng có thể được gọi là Buckminsterfuloren, hoặc bóng Bucky. Fuloren hình trụ cũng có thể được gọi là ống nano cacbon. Fuloren có cấu trúc tương tự graphit, mà được cấu thành từ các tấm graphen xếp chồng của các vòng lục giác được liên kết. Fuloren cũng có thể chứa các vòng ngũ giác (hoặc đôi khi là bảy cạnh).

Thuật ngữ “fuloren đa thành” đề cập đến fuloren có nhiều lớp đồng tâm. Ví dụ, các ống nano đa thành (MWNT) chứa nhiều lớp cuộn (ống đồng tâm) của graphen. Fuloren hình cầu đa thành (MWSF) chứa nhiều hình cầu đồng tâm của fuloren.

Thuật ngữ “hạt nano” dùng để chỉ hạt có kích thước từ 1 nm đến 989 nm. Hạt nano có thể bao gồm một hoặc nhiều đặc điểm cấu trúc, như cấu trúc tinh thể, nồng độ khuyết tật, v.v., và một hoặc nhiều loại nguyên tử. Hạt nano có thể có hình dạng bất kỳ, bao gồm nhưng không giới hạn ở hình cầu, hình phỏng cầu, hình quả tạ, hình trụ, hình trụ kéo dài, hình lăng trụ chữ nhật, hình đĩa, hình dây, hình dạng không đều, hình dạng đặc (như có ít khoảng trống), hình dạng xốp (như có nhiều khoảng trống), v.v..

Thuật ngữ “kết tụ” dùng để chỉ nhiều hạt nano được nối với nhau bằng lực Van der Waals, bằng liên kết cộng hóa trị, bằng liên kết ion, bằng liên kết kim loại, hoặc bằng các tương tác vật lý hoặc hóa học khác. Các kết tụ có thể khác nhau về kích thước đáng kể, nhưng thông thường là lớn hơn khoảng 500 nm.

Hạt nano cacbon, như được mô tả trong bản mô tả này, bao gồm hai hoặc nhiều fuloren hình cầu đa thành (MWSF) được nối và các lớp graphen phủ các MWSF được nối.

Hạt nano cacbon, như được mô tả trong bản mô tả này, bao gồm hai hoặc nhiều fulleren hình cầu đa thành được nối (MWSF) và các lớp graphen phủ các MWSF được nối mà các MWSF không chứa lõi được cấu thành từ các nguyên tử tạp chất khác với cacbon. Hạt nano cacbon, như được mô tả trong bản mô tả này, bao gồm hai hoặc nhiều fuloren hình cầu đa thành được nối (MWSF) và các lớp graphen phủ các MWSF được nối mà các MWSF không chứa khoảng trống, như không gian không có nguyên tử cacbon lớn hơn khoảng 0,5 nm, hoặc lớn hơn khoảng 1 nm, ở tâm. Các MWSF được nối có thể được tạo ra từ các hình cầu đồng tâm, có trật tự đều của các nguyên tử cacbon lai hóa sp^2 , tương phản với các hình cầu của các hạt cacbon vô định hình, không đồng nhất, có trật tự kém.

Các hạt nano chứa các MWSF được nối có thể có đường kính trung bình nằm trong khoảng từ 5 đến 500 nm, hoặc từ 5 đến 250 nm, hoặc từ 5 đến 100 nm, hoặc từ 5 đến 50 nm, hoặc từ 10 đến 500 nm, hoặc từ 10 đến 250 nm, hoặc từ 10 đến 100 nm, hoặc từ 10 đến 50 nm, hoặc từ 170 đến 500 nm, hoặc từ 170 đến 250 nm, hoặc từ 170 đến 100 nm, hoặc từ 50 đến 500 nm, hoặc từ 50 đến 250 nm, hoặc từ 50 đến 100 nm.

Các hạt nano cacbon được mô tả trong bản mô tả này có thể tạo ra các kết tụ, trong đó nhiều hạt nano kết tụ với nhau để tạo ra khối lớn hơn. Kết tụ cacbon có thể bao gồm nhiều hạt nano cacbon. Đường kính trên kết tụ cacbon có thể nằm trong khoảng từ 10 đến 500 μm , hoặc từ 50 đến 500 μm , hoặc từ 100 đến 500 μm , hoặc từ 250 đến 500 μm , hoặc từ 10 đến 250 μm , hoặc từ 10 đến 100 μm , hoặc từ 10 đến 50 μm . Kết tụ có thể được tạo ra từ nhiều hạt nano cacbon, như được định nghĩa ở trên. Các kết tụ có thể chứa các MWSF được nối. Các kết tụ chứa các MWSF được nối với chuẩn đo đồng nhất cao, như tỷ lệ graphen với MWSF nằm trong khoảng từ 20% đến 80%, mức độ trật tự cao, như dấu hiệu Raman với tỷ lệ ID/IG nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05, và mức độ tinh khiết cao, như lớn hơn 99,9% cacbon.

Một lợi ích của việc tạo ra các kết tụ hạt nano cacbon, cụ thể là với các đường kính trong các khoảng được mô tả ở trên, là kết tụ của các hạt lớn hơn 10 μm dễ thu gom hơn các hạt hoặc kết tụ của các hạt nhỏ hơn 500 nm. Việc dễ dàng thu gom làm giảm chi phí sản xuất thiết bị được sử dụng trong sản xuất các hạt nano cacbon và làm tăng năng suất của các hạt nano cacbon. Ngoài ra, các hạt có kích thước lớn hơn 10 μm gây ra ít lo ngại về an toàn hơn so với các rủi ro khi xử lý các hạt nano nhỏ hơn, như rủi ro sức khỏe và an toàn tiềm ẩn do hít phải các hạt nano nhỏ hơn. Rủi ro sức khỏe và an toàn thấp hơn, do đó, tiếp tục giảm chi phí sản xuất.

Hạt nano cacbon có thể có tỷ lệ graphen với MWSF nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80%, hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 170%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 170%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 170% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Kết tụ cacbon có tỷ lệ graphen với MWSF nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80%, hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 170%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 170%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 170% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Hạt nano cacbon có tỷ lệ graphen với các MWSF được nối nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80%, hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 170%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 170%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 170% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%. Kết tụ cacbon có tỷ lệ graphen với các MWSF được nối nằm trong khoảng từ 10% đến 90%, hoặc từ 10% đến 80%, hoặc từ 10% đến 60%, hoặc từ 10% đến 170%, hoặc từ 10% đến 20%, hoặc từ 20% đến 170%, hoặc từ 20% đến 90%, hoặc từ 170% đến 90%, hoặc từ 60% đến 90%, hoặc từ 80% đến 90%.

Quang phổ Raman có thể được sử dụng để mô tả đặc điểm các thù hình cacbon để phân biệt cấu trúc phân tử của chúng. Ví dụ, graphen có thể được mô tả đặc điểm bằng cách sử dụng quang phổ Raman để xác định thông tin như trật tự/hỗn độn, ranh giới mép và hạt, độ dày, số lớp, pha tạp, biến dạng, và độ dẫn nhiệt. Các MWSF cũng đã được mô tả đặc điểm bằng cách sử dụng quang phổ Raman để xác định mức độ trật tự của các MWSF.

Quang phổ Raman có thể được sử dụng để mô tả đặc điểm cấu trúc của các MWSF hoặc các MWSF được nối. Các đỉnh chính trong phổ Raman là chế độ G và chế độ D. Chế độ G được cho là do sự rung động của các nguyên tử cacbon trong mạng cacbon lai hóa sp^2 , và chế độ D có liên quan đến sự thông khí của các vòng cacbon hình lục giác có các khuyết tật. Trong một số trường hợp, có thể có các khuyết tật nhưng có thể không phát hiện được trong phổ Raman. Ví dụ, nếu cấu trúc tinh thể được biểu diễn trực giao với mặt phẳng cơ sở, thì đỉnh D sẽ thể hiện sự tăng lên. Theo cách khác, nếu được biểu diễn với bề mặt phẳng hoàn hảo song song với mặt phẳng cơ sở, thì đỉnh D sẽ bằng không.

Khi sử dụng ánh sáng tới 532 nm, chế độ Raman G thường ở 1.582 cm^{-1} đối với graphite phẳng, tuy nhiên, có thể được dịch chuyển xuống đối với MWSF hoặc MWSF được nối (như xuống đến 1.565 cm^{-1} hoặc xuống đến 1.580 cm^{-1}). Chế độ D được quan sát thấy ở khoảng 1.350 cm^{-1} trong phổ Raman của các MWSF hoặc các MWSF được nối. Tỷ lệ

cường độ của đỉnh chế độ D với đỉnh chế độ G (như ID/IG) có liên quan đến mức độ trật tự của các MWSF, mà ID/IG thấp hơn biểu thị mức độ trật tự cao hơn. ID/IG gần hoặc nhỏ hơn 1 biểu thị mức độ trật tự tương đối cao, và ID/IG lớn hơn 1,1 biểu thị mức độ trật tự thấp hơn.

Hạt nano cacbon hoặc kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối, như được mô tả trong bản mô tả này, có phổ Raman với đỉnh Raman thứ nhất ở khoảng 1.350 cm⁻¹ và đỉnh Raman thứ hai ở khoảng 1.580 cm⁻¹ khi sử dụng ánh sáng tới 532 nm. Tỷ lệ cường độ của đỉnh Raman thứ nhất với cường độ của đỉnh Raman thứ hai (như ID/IG) đối với các hạt nano hoặc các kết tụ được mô tả trong bản mô tả này nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05, hoặc từ 0,9 đến 1,1, hoặc từ 0,8 đến 1,2, hoặc từ 0,9 đến 1,2, hoặc từ 0,8 đến 1,1, hoặc từ 0,5 đến 1,5, hoặc nhỏ hơn 1,5, hoặc nhỏ hơn 1,2, hoặc nhỏ hơn 1,1, hoặc nhỏ hơn 1, hoặc nhỏ hơn 0,95, hoặc nhỏ hơn 0,9, hoặc nhỏ hơn 0,8.

Kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối, như được định nghĩa ở trên, có độ tinh khiết cao. Kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối có tỷ lệ cacbon với kim loại lớn hơn 99,99%, hoặc lớn hơn 99,95%, hoặc lớn hơn 99,9%, hoặc lớn hơn 99,8%, hoặc lớn hơn 99,5%, hoặc lớn hơn 99%. Kết tụ cacbon có tỷ lệ cacbon với các nguyên tố khác lớn hơn 99,99%, hoặc lớn hơn 99,95%, hoặc lớn hơn 99,9%, hoặc lớn hơn 99,5%, hoặc lớn hơn 99%, hoặc lớn hơn 90%, hoặc lớn hơn 80%, hoặc lớn hơn 70%, hoặc lớn hơn 60%. Kết tụ cacbon có tỷ lệ cacbon với các nguyên tố khác (ngoại trừ hydro) lớn hơn 99,99%, hoặc lớn hơn 99,95%, hoặc lớn hơn 99,9%, hoặc lớn hơn 99,8%, hoặc lớn hơn 99,5%, hoặc lớn hơn 99%, hoặc lớn hơn 90%, hoặc lớn hơn 80%, hoặc lớn hơn 70%, hoặc lớn hơn 60%.

Kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối, như được định nghĩa ở trên, có diện tích bề mặt riêng cao. Kết tụ cacbon có diện tích bề mặt riêng Brunauer, Emmett và Teller (BET) nằm trong khoảng từ 10 đến 200 m²/g, hoặc từ 10 đến 100 m²/g, hoặc từ 10 đến 50 m²/g, hoặc từ 50 đến 200 m²/g, hoặc từ 50 đến 100 m²/g, hoặc từ 10 đến 1.000 m²/g.

Kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối, như được định nghĩa ở trên, có độ dẫn điện cao. Kết tụ cacbon chứa MWSF hoặc MWSF được nối, như được định nghĩa ở trên, được nén thành viên và viên này có độ dẫn điện lớn hơn 500 S/m, hoặc lớn hơn 1.000 S/m, hoặc lớn hơn 2.000 S/m, hoặc lớn hơn 3.000 S/m, hoặc lớn hơn 17.000 S/m,

hoặc lớn hơn 5.000 S/m, hoặc lớn hơn 10.000 S/m, hoặc lớn hơn 20.000 S/m, hoặc lớn hơn 30.000 S/m, hoặc lớn hơn 170.000 S/m, hoặc lớn hơn 50.000 S/m, hoặc lớn hơn 60.000 S/m, hoặc lớn hơn 70.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 100.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 1.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 10.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 20.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 100.000 S/m, hoặc từ 1.000 S/m đến 10.000 S/m, hoặc từ 1.000 S/m đến 20.000 S/m, hoặc từ 10.000 đến 100.000 S/m, hoặc từ 10.000 S/m đến 80.000 S/m, hoặc từ 500 S/m đến 10.000 S/m.

Trong một số trường hợp, mật độ của viên là khoảng 1 g/cm³, hoặc khoảng 1,2 g/cm³, hoặc khoảng 1,5 g/cm³, hoặc khoảng 2 g/cm³, hoặc khoảng 2,2 g/cm³, hoặc khoảng 2,5 g/cm³, hoặc khoảng 3 g/cm³. Ngoài ra, các thử nghiệm đã được thực hiện trong đó các viên nén của vật liệu kết tụ cacbon đã được tạo ra với lực nén nằm trong khoảng từ 2.000 psi đến 12.000 psi và với nhiệt độ ủ nằm trong khoảng từ 800°C và 1.000°C. Lực nén cao hơn và/hoặc nhiệt độ ủ cao hơn thường dẫn đến các viên có độ dẫn điện cao hơn, bao gồm trong khoảng từ 121.710,0 S/m đến 13.173,3 S/m.

Trước khi hoặc sau khi xử lý, các hạt nano cacbon và các kết tụ được mô tả trong bản mô tả này đều được sử dụng trong các ứng dụng khác nhau. Các ứng dụng này bao gồm nhưng không giới hạn ở các ứng dụng vận chuyển (như lớp ô tô và xe tải, khớp nối, giá đỡ, vòng chữ o đàn hồi, ống mềm, chất bịt kín, vòng đệm, v.v.) và các ứng dụng công nghiệp (như phụ gia cao su, phụ gia chức năng cho vật liệu polyme, phụ gia cho epoxy, v.v.).

Fig. 17A và Fig. 17B thể hiện các hình ảnh kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) của dạng hạt nano cacbon được tổng hợp. Các hạt nano cacbon trong Fig. 17A (ở độ phóng đại thứ nhất) và Fig. 17B (ở độ phóng đại thứ hai) chứa các fuloren hình cầu đa thành 1702 (MWSF) được nối với các lớp graphen 1704 mà phủ các MWSF được nối. Tỷ lệ của MWSF với các thù hình graphen trong ví dụ này là khoảng 80% do thời gian cộng hưởng tương đối ngắn. Các MWSF trong Fig. 17A có đường kính khoảng từ 5 nm đến 10 nm, và đường kính có thể từ 5 nm đến 500 nm bằng cách sử dụng các điều kiện được mô tả ở trên. Đường kính trung bình trên các MWSF nằm trong khoảng từ 5 nm đến 500 nm, hoặc từ 5 nm đến 250 nm, hoặc từ 5 nm đến 100 nm, hoặc từ 5 nm đến 50 nm, hoặc từ 10 nm đến 500 nm, hoặc từ 10 nm đến 250 nm, hoặc từ 10 nm đến 100 nm, hoặc từ 10 nm đến 50 nm, hoặc từ 40 nm đến 500 nm, hoặc từ 40 nm đến 250 nm, hoặc từ 40 nm đến 100 nm, hoặc từ 50 nm đến 500 nm, hoặc từ 50 nm đến 250 nm, hoặc từ 50 nm đến 100 nm. Không có chất xúc

tác được sử dụng trong quá trình này, và do đó, không có hạt tâm chứa chất gây ô nhiễm. Các hạt kết tụ được tạo ra trong ví dụ này có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 10 μm đến 100 μm , hoặc khoảng từ 10 μm đến 500 μm .

Fig. 17C thể hiện phổ Raman của các kết tụ được tổng hợp trong ví dụ này được chụp với ánh sáng tới 532 nm. ID/IG đối với các kết tụ được tạo ra trong ví dụ này là nằm trong khoảng từ 0,99 đến 1,03, cho thấy rằng các kết tụ được cấu thành từ các dạng thù hình cacbon với mức độ trật tự cao.

Fig. 17D và Fig. 17E thể hiện các hình ảnh TEM ví dụ của các hạt nano cacbon sau khi giảm kích thước bằng cách nghiền trong máy nghiền bi. Quá trình nghiền bi được thực hiện theo các chu kỳ với bước mài ngược chiều kim đồng hồ 3 phút, tiếp theo là bước không tải 6 phút, tiếp theo là bước mài 3 phút theo chiều kim đồng hồ, tiếp theo là bước không tải 6 phút. Các bước mài được thực hiện với tốc độ quay là 1.700 vòng/phút. Phương tiện mài là zirconia và có kích thước nằm trong khoảng từ 0,1 mm đến 10 mm. Tổng thời gian xử lý giảm kích thước là từ 60 phút đến 120 phút. Sau khi giảm kích thước, các hạt kết tụ được tạo ra trong ví dụ này có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 1 μm đến 5 μm . Các hạt nano cacbon sau khi giảm kích thước được nối với các MWSF với các lớp graphene phủ các MWSF được nối.

Fig. 17F thể hiện phổ Raman từ các kết tụ này sau khi giảm kích thước được chụp bằng ánh sáng tới 532 nm. ID/IG đối với các hạt kết tụ trong ví dụ này sau khi giảm kích thước là khoảng 1,017. Ngoài ra, các hạt sau khi giảm kích thước có diện tích bề mặt riêng Brunauer, Emmett và Teller (BET) nằm trong khoảng từ 40 m^2/g đến 50 m^2/g .

Độ tinh khiết của các kết tụ được tạo ra trong mẫu này được đo bằng cách sử dụng phép đo khối phổ và quang phổ huỳnh quang tia X (XRF). Tỷ lệ của cacbon với các nguyên tố khác, ngoại trừ hydro, được đo trong 16 mẻ khác nhau nằm trong khoảng từ 99,86% đến 99,98%, với mức trung bình 99,917% cacbon

Trong ví dụ này, tiền vật liệu là metan, mà được dẫn từ 1 slm đến 5 slm. Với các tốc độ dòng và hình dạng dụng cụ này, thời gian cộng hưởng của khí trong buồng phản ứng nằm trong khoảng từ 20 giây đến 30 giây, và tốc độ tạo hạt cacbon là từ khoảng 20 g/giờ. Chi tiết thêm liên quan đến hệ thống xử lý này có thể được tìm thấy trong Bằng độc quyền sáng chế Mỹ số 9,862,602 đã đề cập trước đó, có tiêu đề “BỀ GẦY KHÍ XỬ LÝ”.

Fig. 17G, Fig. 17H và Fig. 17I thể hiện các hình ảnh TEM của các hạt nano cacbon

được tổng hợp trong ví dụ này. Các hạt nano cacbon chứa các fuloren hình cầu đa thành (MWSF) được nối với các lớp graphen phủ các MWSF được nối. Tỷ lệ của fuloren đa thành với các thù hình graphen trong ví dụ này là khoảng 30% do thời gian cộng hưởng tương đối dài cho phép các lớp graphen dày hơn hoặc lớn hơn để phủ các MWSF. Không có chất xúc tác được sử dụng trong quá trình này, và do đó, không có hạt tâm chứa chất gây ô nhiễm. Các hạt kết tụ tổng hợp được tạo ra trong ví dụ này có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 10 μm đến 500 μm . Fig. 17J thể hiện phổ Raman từ các kết tụ của ví dụ này. Dấu hiệu Raman của các hạt được tổng hợp trong ví dụ này là sự biểu thị của các lớp graphen dày hơn phủ các MWSF trong vật liệu được tổng hợp. Ngoài ra, các hạt được tổng hợp có diện tích bề mặt riêng của Brunauer, Emmett và Teller (BET) nằm trong khoảng từ 90 m^2/g đến 100 m^2/g .

Fig. 17K và Fig. 17L thể hiện các hình ảnh TEM của các hạt nano cacbon trong ví dụ này. Cụ thể, các hình ảnh mô tả các hạt nano cacbon sau khi thực hiện giảm kích thước bằng cách mài trong máy nghiền bi. Các điều kiện quy trình giảm kích thước giống như các điều kiện được mô tả liên quan đến các hình vẽ từ Fig. 17G đến Fig. 17J nêu trên. Sau khi giảm kích thước, các hạt kết tụ được tạo ra trong ví dụ này có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 1 μm đến 5 μm . Các hình ảnh TEM thể hiện rằng các MWSF được nối được vùi trong lớp phủ graphen có thể được quan sát thấy sau khi giảm kích thước. Fig. 17M thể hiện phổ Raman từ các kết tụ trong ví dụ này sau khi giảm kích thước được chụp bằng ánh sáng tới 532 nm. ID/IG đối với các hạt kết tụ trong ví dụ này sau khi giảm kích thước khoảng 1, cho thấy rằng các MWSF được nối được vùi trong lớp phủ graphen khi được tổng hợp đã có thể phát hiện được trong Raman sau khi giảm kích thước, và có trật tự đều. Các hạt sau khi giảm kích thước có diện tích bề mặt riêng Brunauer, Emmett và Teller (BET) nằm trong khoảng từ 90 m^2/g đến 100 m^2/g .

Fig. 17N là hình ảnh từ kính hiển vi điện tử quét (SEM) của các kết tụ cacbon thể hiện các thù hình graphit và graphen ở độ phóng đại thứ nhất. Fig. 17O là hình ảnh SEM của các kết tụ cacbon thể hiện các thù hình graphit và graphen ở độ phóng đại thứ hai. Graphen phân lớp được thể hiện rõ ràng trong sự biến dạng (nếp nhăn) của cacbon. Cấu trúc 3D của các thù hình cacbon cũng có thể nhìn thấy được.

Phân bố kích thước hạt của các hạt cacbon trên Fig. 17N và Fig. 17O được thể hiện trong Fig. 17P. Phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở khối lượng 1706 tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q3(x) [\%]$). Đường tần suất của phân bố kích thước hạt khối lượng

1708 tương ứng với trục bên phải trong biểu đồ ($dQ3(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình là khoảng 33 μm . Kích thước hạt phân vị thứ 10 là khoảng 9 μm , và kích thước hạt phân vị thứ 90 là khoảng 103 μm . Mật độ khối lượng của các hạt là khoảng 10 g/L.

Phân bố kích thước hạt của các hạt cacbon thu được từ lò phản ứng nhiều tầng được thể hiện trong Fig. 17Q. Phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở khối lượng 1714 tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q3(x) [\%]$). Đường tần suất của phân bố kích thước hạt khối lượng 1716 tương ứng với trục bên phải trong biểu đồ ($dQ3(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình thu được là khoảng 11 μm . Kích thước hạt phân vị thứ 10 là khoảng 3,5 μm , và kích thước hạt phân vị thứ 90 là khoảng 21 μm . Biểu đồ trong Fig. 17Q cũng thể hiện phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở số 1718 tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q0(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình theo cơ sở số là từ khoảng 0,1 μm đến khoảng 0,2 μm . Mật độ khối lượng của các hạt thu được là khoảng 22 g/L.

Trở lại phần thảo luận của Fig. 17P, biểu đồ cũng thể hiện tập hợp kết quả ví dụ thứ hai. Cụ thể, trong ví dụ này, các hạt được giảm kích thước bằng cách mài cơ học, sau đó các hạt đã giảm kích thước này được xử lý bằng cách sử dụng máy tách kiểu xyclon. Phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở khối lượng 1710 của các hạt cacbon giảm kích thước thu được trong ví dụ này tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q3(x) [\%]$). Đường tần suất của phân bố kích thước hạt cơ sở khối lượng 1712 tương ứng với trục bên phải trong biểu đồ ($dQ3(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình của các hạt cacbon giảm kích thước thu được trong ví dụ này là khoảng 6 μm . Kích thước hạt phân vị thứ 10 là từ 1 μm đến 2 μm , và kích thước hạt phân vị thứ 90 là từ 10 μm đến 20 μm .

Các chi tiết khác liên quan đến việc chế tạo và sử dụng máy tách kiểu xyclon có thể được tìm thấy trong Đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Mỹ 15/725,928, nộp ngày 5 tháng Mười năm 2017, có tiêu đề "HỆ THỐNG Lò PHẢN ỨNG VI SÓNG CÓ TÁCH CHẤT KHÍ-RẮN" được kết hợp vào trong bản mô tả này bằng cách viện dẫn toàn bộ nội dung của nó.

Các thù hình cacbon có độ tinh khiết cao được sản xuất bằng hệ thống lò phản ứng vi sóng

Các hạt cacbon và kết tụ chứa graphite, graphene và cacbon vô định hình có thể được tạo ra bằng cách sử dụng hệ thống lò phản ứng plasma vi sóng sử dụng tiền vật liệu chứa metan, hoặc chứa rượu isopropyl (IPA), hoặc chứa etanol, hoặc chứa hydrocacbon ngưng

tụ (như hexan). Trong một số ví dụ khác, các tiền chất chứa cacbon được trộn tùy ý với khí cung cấp (như argon). Các hạt được tạo ra trong ví dụ này chứa graphit, graphen, cacbon vô định hình, và không có hạt giống. Các hạt trong ví dụ này có tỷ lệ của cacbon với các nguyên tố khác (không phải hydro) là khoảng 99,5% hoặc lớn hơn.

Trong một ví dụ cụ thể, hydrocacbon là vật liệu đầu vào cho lò phản ứng plasma vi sóng, và các đầu ra riêng biệt của lò phản ứng bao gồm khí hydro và các hạt cacbon chứa graphit, graphen, và cacbon vô định hình. Các hạt cacbon được tách ra khỏi khí hydro trong hệ thống tách khí-rắn nhiều giai đoạn. Lượng nạp chất rắn của các đầu ra được tách từ lò phản ứng là nằm trong khoảng từ 0,001 g/L đến 2,5 g/L.

Fig. 17R, Fig. 17S, và Fig. 17T là các hình ảnh TEM của các hạt nano cacbon được tổng hợp. Các hình ảnh thể hiện các ví dụ về graphit, graphen, và các thù hình cacbon vô định hình. Các lớp graphen và các vật liệu cacbon khác có thể được nhìn thấy rõ ràng trong các hình ảnh.

Phân bố kích thước hạt của các hạt cacbon thu được được thể hiện trong Fig. 17U. Phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở khối lượng 1720 tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q_3(x) [\%]$). Đường tần suất của phân bố kích thước hạt khối lượng 1722 tương ứng với trục bên phải trong biểu đồ ($dQ_3(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình thu được trong máy tách kiểu xyclon trong ví dụ này là khoảng 14 μm . Kích thước hạt phân vị thứ 10 là khoảng 5 μm , và kích thước hạt phân vị thứ 90 là khoảng 28 μm . Biểu đồ trong Fig. 17U cũng thể hiện phân bố kích thước hạt tích lũy cơ sở số 1724 tương ứng với trục y bên trái trong biểu đồ ($Q_0(x) [\%]$). Kích thước hạt trung bình theo cơ sở số trong ví dụ này là từ khoảng 0,1 μm đến khoảng 0,2 μm .

Fig. 17V, Fig. 17W, và Fig. 17X, và Fig. 17Y là các hình ảnh thể hiện các cấu trúc chứa cacbon ba chiều được phát triển trên các cấu trúc ba chiều khác. Fig. 17V là cấu trúc cacbon ba chiều có độ phóng đại 100X được phát triển trên sợi cacbon, trong khi Fig. 17W là cấu trúc cacbon ba chiều có độ phóng đại 200X được phát triển trên sợi cacbon. Fig. 17X là cấu trúc cacbon ba chiều có độ phóng đại 1601X được phát triển trên sợi cacbon. Sự phát triển cacbon ba chiều trên bề mặt sợi được thể hiện. Fig. 17Y là cấu trúc cacbon ba chiều có độ phóng đại 10000X được phát triển trên sợi cacbon. Hình ảnh mô tả sự phát triển trên mặt phẳng cơ sở cũng như trên các mặt phẳng cạnh.

Cụ thể hơn, các hình vẽ Fig. 17V-17Y thể hiện các hình ảnh SEM ví dụ của các vật

liệu cacbon 3D được phát triển trên sợi sử dụng năng lượng plasma từ lò phản ứng plasma vi sóng. Fig. 17V thể hiện hình ảnh SEM của các sợi giao nhau 1731 và 1732 với vật liệu cacbon 3D 1730 được phát triển trên bề mặt của các sợi. Fig. 17W là hình ảnh có độ phóng đại cao hơn (khung tỷ lệ là 300 μm so với 500 μm đối với Fig. 17V) thể hiện sự phát triển cacbon 3D 1730 trên sợi 1732. Fig. 17X là hình chiếu được phóng đại thêm (khung tỷ lệ là 40 μm) thể hiện sự phát triển cacbon 3D 1730 trên bề mặt sợi 1735, ở đó bản chất 3D của sự phát triển cacbon 1730 có thể được nhìn thấy rõ ràng. Fig. 17Y thể hiện hình chiếu cận cảnh (khung tỷ lệ là 500 nm) của riêng cacbon, thể hiện mối liên kết giữa các mặt phẳng cơ sở 1736 và các mặt phẳng cạnh 1734 của nhiều hạt con của vật liệu cacbon 3D được phát triển trên sợi. Các hình vẽ Fig. 17V-17Y thể hiện khả năng phát triển cacbon 3D trên cấu trúc sợi 3D theo một số phương án, như sự phát triển cacbon 3D được phát triển trên sợi cacbon 3D.

Có thể đạt được sự phát triển cacbon 3D trên sợi bằng cách đưa nhiều sợi vào lò phản ứng ion hóa được cấp nguồn klystron và sử dụng plasma trong lò phản ứng vi sóng để ăn mòn sợi. Quá trình ăn mòn tạo ra các vị trí tạo mầm sao cho khi các hạt cacbon và các hạt con được tạo ra bởi quá trình phân ly hydrocacbon trong lò phản ứng, thì sự phát triển của các cấu trúc cacbon 3D được bắt đầu tại các vị trí tạo mầm này. Sự phát triển trực tiếp của các cấu trúc cacbon 3D trên các sợi, mà bản thân chúng có bản chất là ba chiều, cung cấp cấu trúc 3D được tích hợp cao với các lỗ rỗng mà nhựa có thể thấm vào. Nền gia cố 3D này (bao gồm các cấu trúc cacbon 3D được tích hợp với sợi gia cố tỷ lệ khung hình cao) cho composit nhựa dẫn đến các tính chất vật liệu được tăng cường, như độ bền kéo và lực cắt, so với composit có sợi thông thường có các bề mặt nhẵn và các bề mặt nhẵn thông thường phân lớp từ nền nhựa.

Fig. 18A thể hiện lưu đồ minh họa mô tả hoạt động ví dụ 1800A cho phương pháp xuất bột chứa cacbon. Hoạt động 1800A có thể được thực hiện bởi một hoặc nhiều bất kỳ trong số các kết cấu và/hoặc các ghép nối của FEWG và mạch được trình bày, như mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5, được gọi chung là hệ thống lò phản ứng. Ở khối 1802A, hệ thống lò phản ứng tạo ra năng lượng vi sóng từ nguồn năng lượng vi sóng. Ở khối 1804A, hệ thống lò phản ứng tạo ra tín hiệu điều khiển được cấu hình để điều chỉnh tần số xung của năng lượng vi sóng điều khiển nguồn năng lượng vi sóng. Ở khối 1806A, hệ thống lò phản ứng áp dụng điện áp khác không cho nguồn năng lượng vi sóng trong trạng

thái tất của nguồn năng lượng vi sóng, điện áp khác không được định cấu hình để điều chỉnh tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển. Ở khối 1808A, hệ thống lò phản ứng tạo ra plasma đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bằng năng lượng vi sóng. Ở khối 1810A, hệ thống lò phản ứng đưa vật liệu thô vào plasma. Ở khối 1812A, hệ thống lò phản ứng tạo ra hỗn hợp trên cơ sở sự kết hợp của khí cung cấp và các phần của vật liệu thô trong plasma. Ở khối 1814A, hệ thống lò phản ứng xuất ra bột chứa cacbon dựa trên sự kích thích hỗn hợp bằng năng lượng vi sóng.

Fig. 18B thể hiện lưu đồ minh họa mô tả hoạt động ví dụ 1800B cho phương pháp tạo xung điện áp khác không. Hoạt động 1800B có thể được thực hiện bởi một hoặc nhiều bất kỳ trong số các kết cấu và/hoặc các ghép nối của FEWG và mạch được trình bày, như mạch điều khiển bộ phát vi sóng 140 thường được thể hiện bao gồm nguồn năng lượng vi sóng 141 được trình bày trong Fig. 5, được gọi chung là hệ thống lò phản ứng. Ở khối 1802B, hệ thống lò phản ứng tạo xung điện áp khác không.

Chức năng hóa cacbon

Các vật liệu cacbon, như vật liệu cacbon 3D được mô tả trong tài liệu này, có thể được chức năng hóa để tăng cường độ bám dính, và/hoặc bổ sung các nguyên tố như oxy, nitơ, cacbon, silic, hoặc chất làm cứng. Các vật liệu cacbon có thể được chức năng hóa tại chỗ – nghĩa là, trong cùng một lò phản ứng mà các vật liệu cacbon được sản xuất. Các vật liệu cacbon có thể được chức năng hóa trong quá trình sau xử lý. Ví dụ, các bề mặt của fuloren hoặc graphen có thể được chức năng hóa bằng các loại chứa oxy hoặc nitơ mà tạo ra liên kết với polyme của nền nhựa, do đó cải thiện độ bám dính và tạo ra liên kết mạnh để tăng cường độ bền của composit.

Các phương án bao gồm các việc xử lý bề mặt chức năng hóa cho cacbon (như CNT, CNO, graphen, vật liệu cacbon 3D như graphen 3D) sử dụng lò phản ứng plasma (như lò phản ứng ion hóa được cấp nguồn klystron) được mô tả trong bản mô tả này. Các phương án khác nhau có thể bao gồm việc xử lý bề mặt tại chỗ trong quá trình tạo vật liệu cacbon có thể được ghép với chất kết dính hoặc polyme trong vật liệu composit. Các phương án khác nhau có thể bao gồm việc xử lý bề mặt sau khi tạo ra vật liệu cacbon trong khi vật liệu cacbon vẫn còn nằm trong lò phản ứng.

Các cải biến khác nhau đối với các cách triển khai được mô tả trong sáng chế này có thể dễ dàng nhận thấy đối với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này

và các nguyên tắc chung được xác định trong bản mô tả này có thể được áp dụng cho các cách triển khai khác mà không rời khỏi nội dung hoặc phạm vi của sáng chế này. Do đó, yêu cầu bảo hộ không nhằm mục đích giới hạn ở các cách triển khai được thể hiện trong bản mô tả này mà được áp dụng phạm vi rộng nhất thích hợp với sáng chế này, các nguyên tắc và dấu hiệu kỹ thuật mới được bộc lộ trong bản mô tả này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống xuất ra bột, hệ thống này bao gồm:

nguồn năng lượng vi sóng được cấu hình để tạo ra năng lượng vi sóng, nguồn năng lượng vi sóng này có mức công suất hoạt động bao gồm trạng thái bật và trạng thái tắt;

mạch điều khiển được ghép với nguồn năng lượng vi sóng và bao gồm đầu ra để tạo ra tín hiệu điều khiển được cấu hình để duy trì mức công suất hoạt động của năng lượng vi sóng trong vùng gần được xác định với trạng thái bật;

bộ tạo điện áp được cấu hình để áp dụng điện áp khác không vào nguồn năng lượng vi sóng trong trạng thái tắt, trong đó tần số và chu kỳ hoạt động của điện áp khác không được dựa trên tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển; và

ống dẫn sóng được cấu hình để đóng vai trò làm lò phản ứng và được ghép với nguồn năng lượng vi sóng, ống dẫn sóng này bao gồm:

vùng phản ứng được cấu hình để tạo ra plasma đáp ứng với năng lượng vi sóng;

cửa nạp được cấu hình để đưa vật liệu thô vào vùng phản ứng; và

cửa ra được cấu hình để xuất bột trên cơ sở vật liệu thô.

2. Hệ thống theo điểm 1, hệ thống này còn bao gồm bộ thu gom được cấu hình để thu gom bột.

3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ống dẫn sóng được cấu hình để tập trung năng lượng vi sóng.

4. Hệ thống theo điểm 3, trong đó vùng phản ứng được cấu hình để tự khơi mào plasma đáp ứng với sự kích thích của ít nhất vật liệu thô bằng năng lượng vi sóng tập trung.

5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó một hoặc nhiều tính chất vật lý hoặc tính chất hóa học của bột được dựa ít nhất một phần vào năng lượng vi sóng tập trung.

6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó điện áp khác không có thời gian tăng nằm trong khoảng từ 20 nano giây đến 50 nano giây.

7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó điện áp khác không có thời gian giảm nằm trong từ khoảng 20 nano giây đến khoảng 50 nano giây.

8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó tần số xung của năng lượng vi sóng còn được dựa ít nhất một phần vào điện áp khác không.
9. Hệ thống theo điểm 1, trong đó mạch điều khiển còn bao gồm dây tóc được cấu hình để điều chỉnh sự phân ly của plasma.
10. Hệ thống theo điểm 1, trong đó mức công suất của năng lượng vi sóng được dựa ít nhất một phần vào điện áp khác không.
11. Hệ thống theo điểm 1, trong đó nguồn năng lượng vi sóng bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số manhetron, klystron, hoặc bộ khuếch đại ống sóng chạy (TWTA).
12. Hệ thống theo điểm 1, trong đó mạch điều khiển bao gồm công tắc tạo xung bao gồm công tắc hoạt động hai cực thứ nhất và công tắc hoạt động hai cực thứ hai được ghép nối tiếp giữa nguồn cấp điện áp và điện thế đất.
13. Hệ thống theo điểm 1, trong đó plasma bao gồm các loại chứa cacbon.
14. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bột bao gồm một hoặc nhiều hạt bất kỳ trong số các hạt chứa cacbon, chất phân tán dạng keo, hoặc nhiều hạt rắn.
15. Hệ thống theo điểm 1, hệ thống này còn bao gồm máy tách chất khí/chất rắn được cấu hình để tách vật liệu pha khí và vật liệu pha rắn ra khỏi bột.
16. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ống dẫn sóng được cấu hình để tạo ra một hoặc nhiều phép đo điều kiện của nguồn năng lượng vi sóng.
17. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bột bao gồm nhiều tiểu cầu graphen.
18. Hệ thống theo điểm 17, trong đó ống dẫn sóng được cấu hình để hợp nhất nhiều tiểu cầu graphen với nhau ở các góc gần như trực giao.
19. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ống dẫn sóng được cấu hình để điều chỉnh chiều dài của plasma được tạo ra trong ống dẫn sóng bằng cách cho khí cung cấp chảy có chọn lọc vào vùng phản ứng.
20. Hệ thống theo điểm 1, trong đó vùng phản ứng được cấu hình để chứa plasma ở áp suất khoảng 1 atm.
21. Hệ thống theo điểm 1, hệ thống này còn bao gồm bộ điều khiển nhiệt độ được cấu hình để điều khiển nhiệt độ trong ống dẫn sóng.
22. Phương pháp xuất ra bột, phương pháp này bao gồm:

bước tạo ra năng lượng vi sóng từ nguồn năng lượng vi sóng;

bước tạo ra tín hiệu điều khiển được cấu hình để điều chỉnh tần số xung của năng lượng vi sóng;

bước áp dụng điện áp khác không vào nguồn năng lượng vi sóng trong trạng thái tắt của nguồn năng lượng vi sóng, điện áp khác không được cấu hình để điều chỉnh tần số và chu kỳ hoạt động của tín hiệu điều khiển;

bước tạo ra plasma đáp ứng với sự kích thích của khí cung cấp bằng năng lượng vi sóng;

bước đưa vật liệu thô vào plasma;

bước tạo ra hỗn hợp trên cơ sở sự kết hợp của khí cung cấp và một hoặc nhiều phần của vật liệu thô trong plasma; và

bước xuất ra bột dựa trên sự kích thích của hỗn hợp bằng năng lượng vi sóng.

23. Phương pháp theo điểm 22, phương pháp này còn bao gồm bước tạo xung điện áp khác không.

24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó điện áp khác không xung có thời gian tăng nằm trong khoảng từ 20 nano giây đến 50 nano giây.

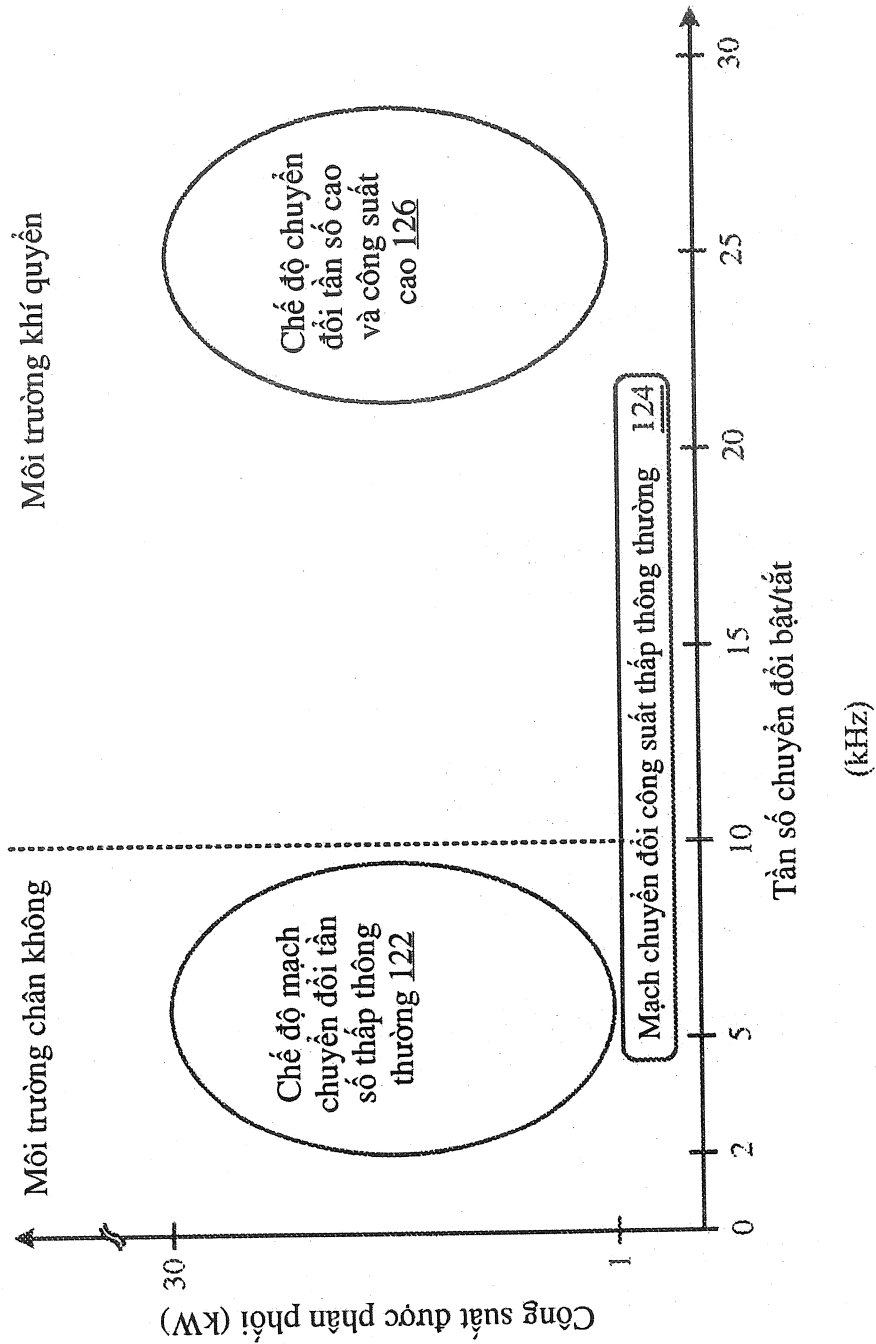


Fig. 1A

2/31

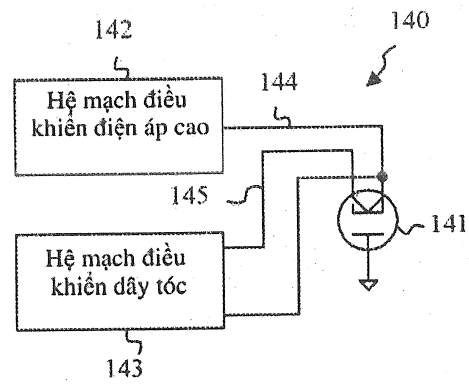


Fig. 1B

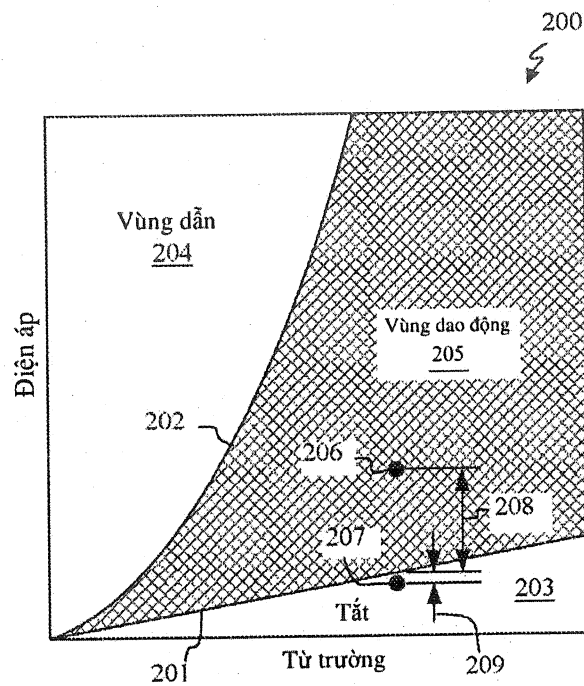
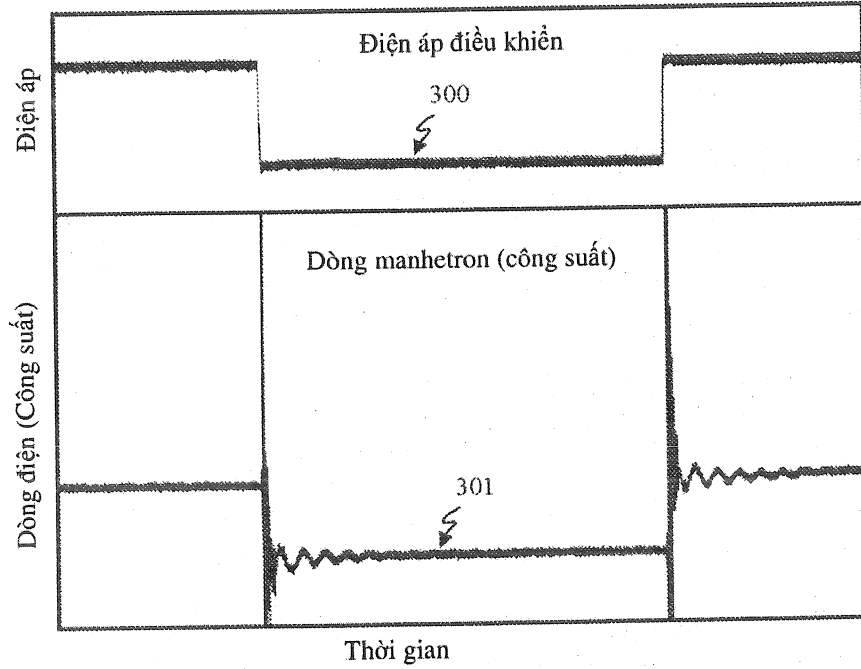
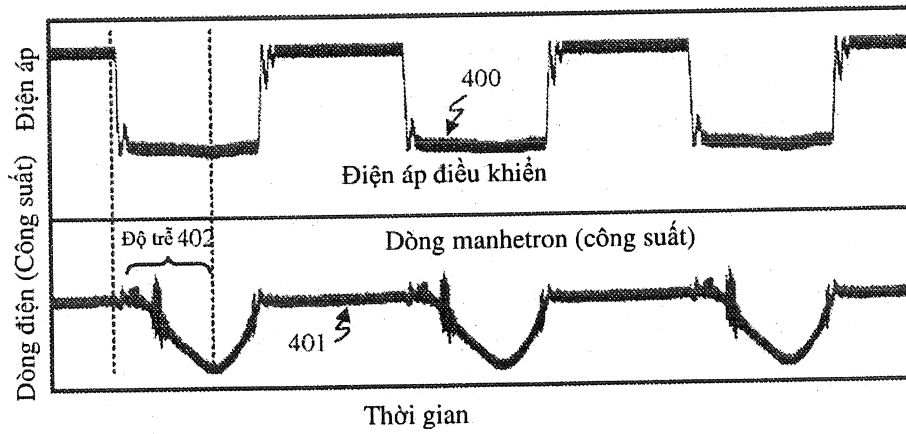


Fig. 2

*Fig. 3**Fig. 4*

4/31

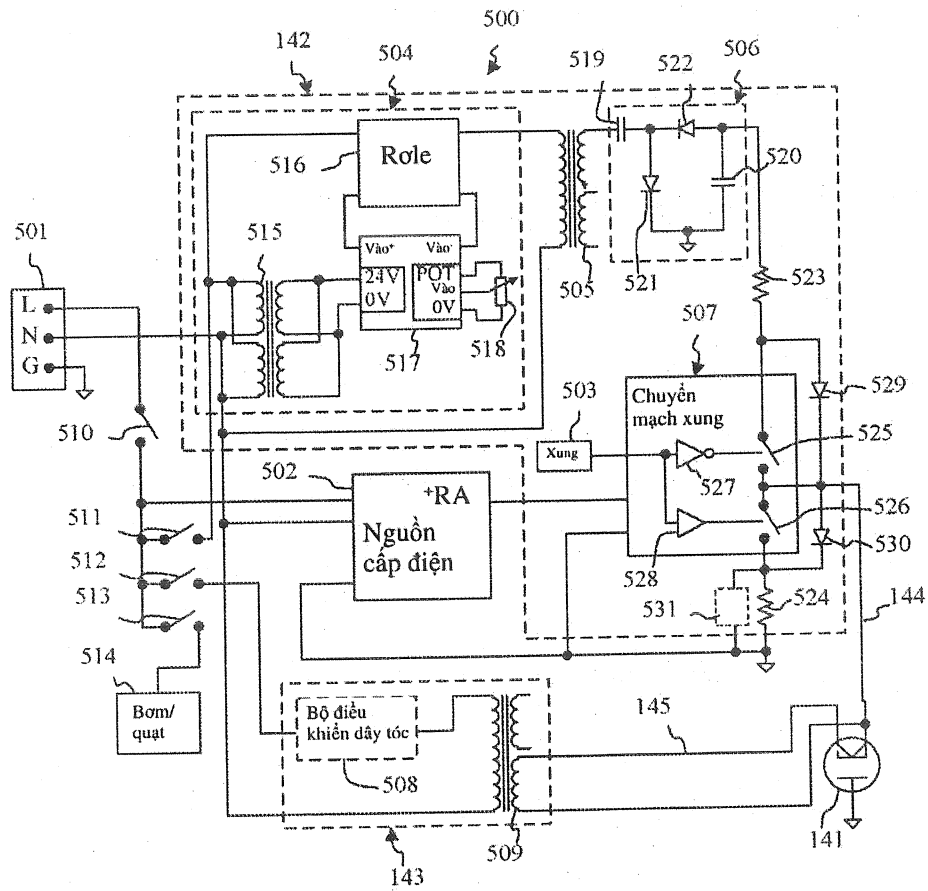


Fig. 5

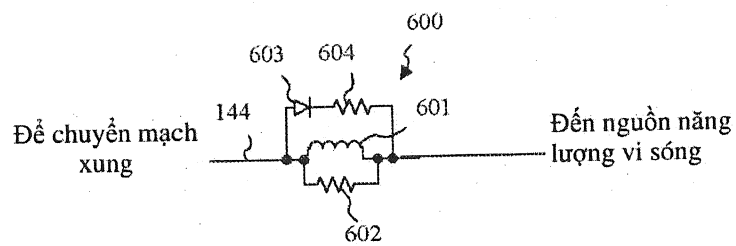


Fig. 6

700A

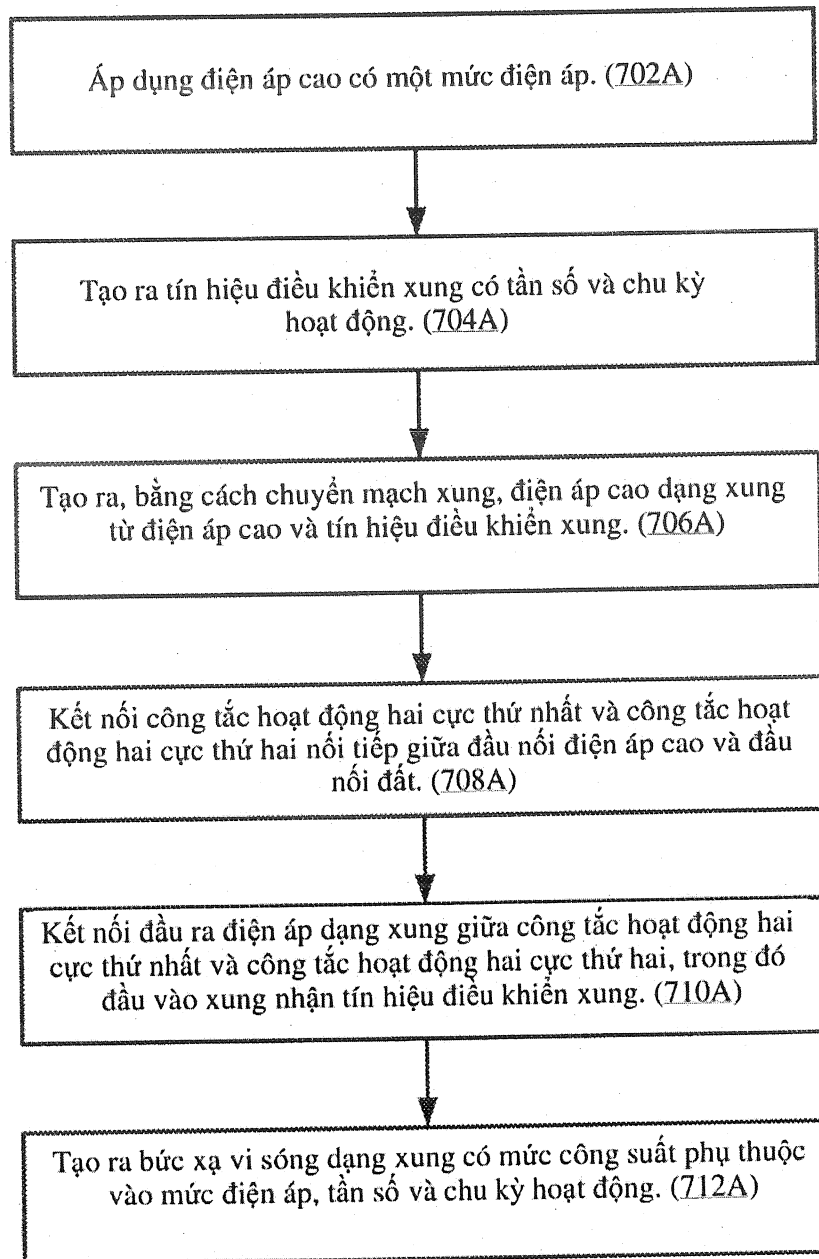
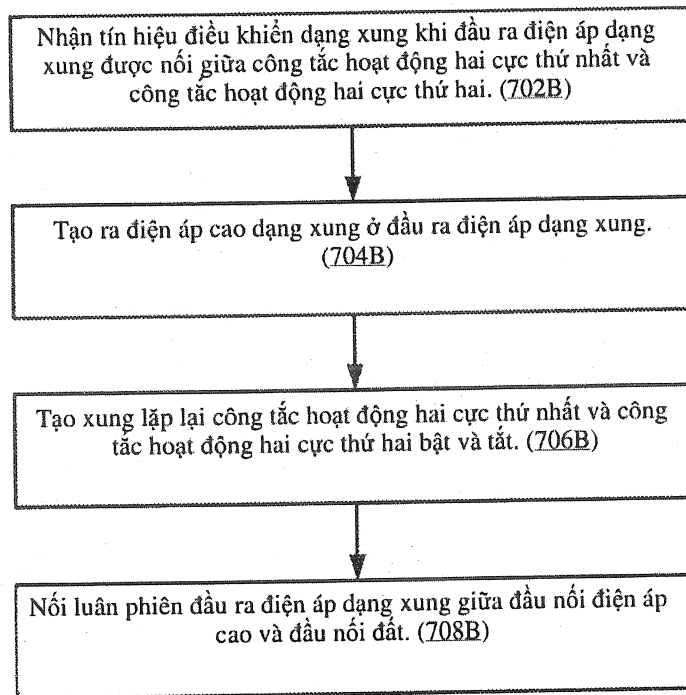
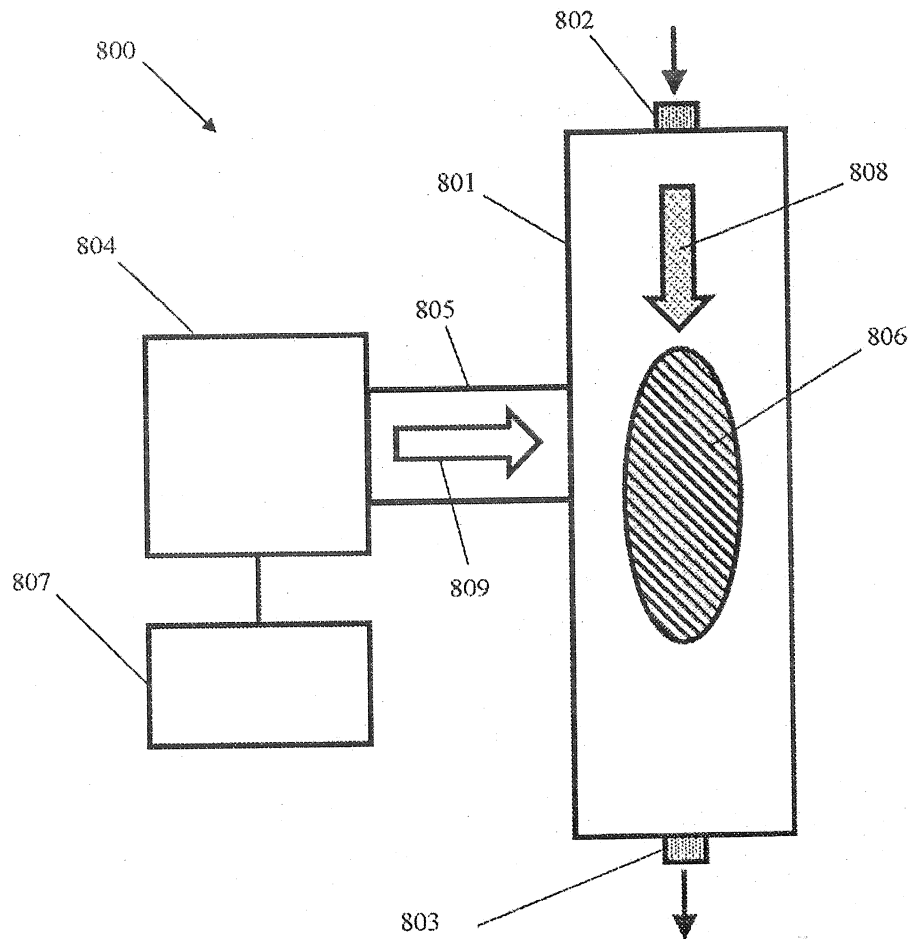


Fig. 7A

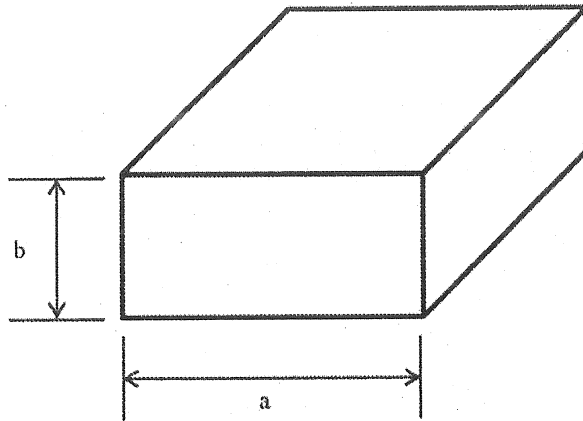
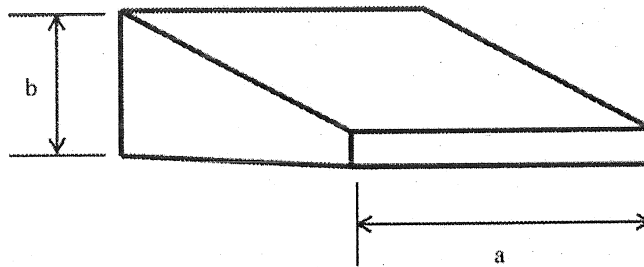
700B

**Fig. 7B**

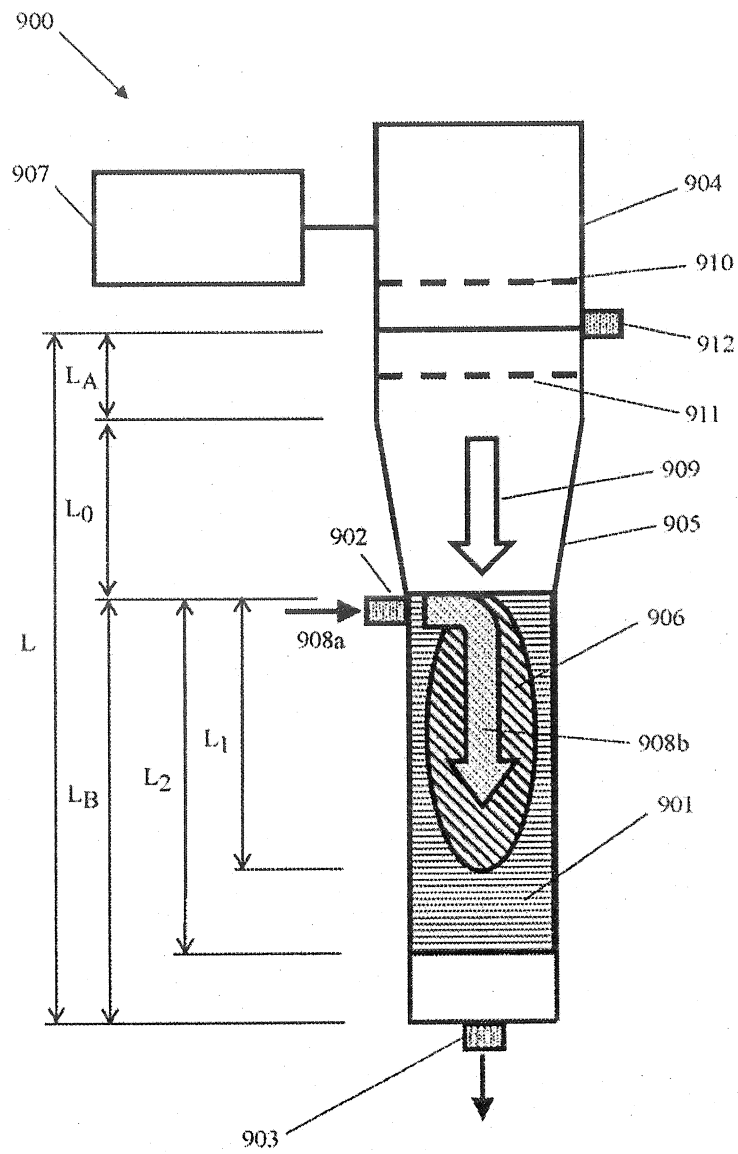
7/31

*Fig. 8A*

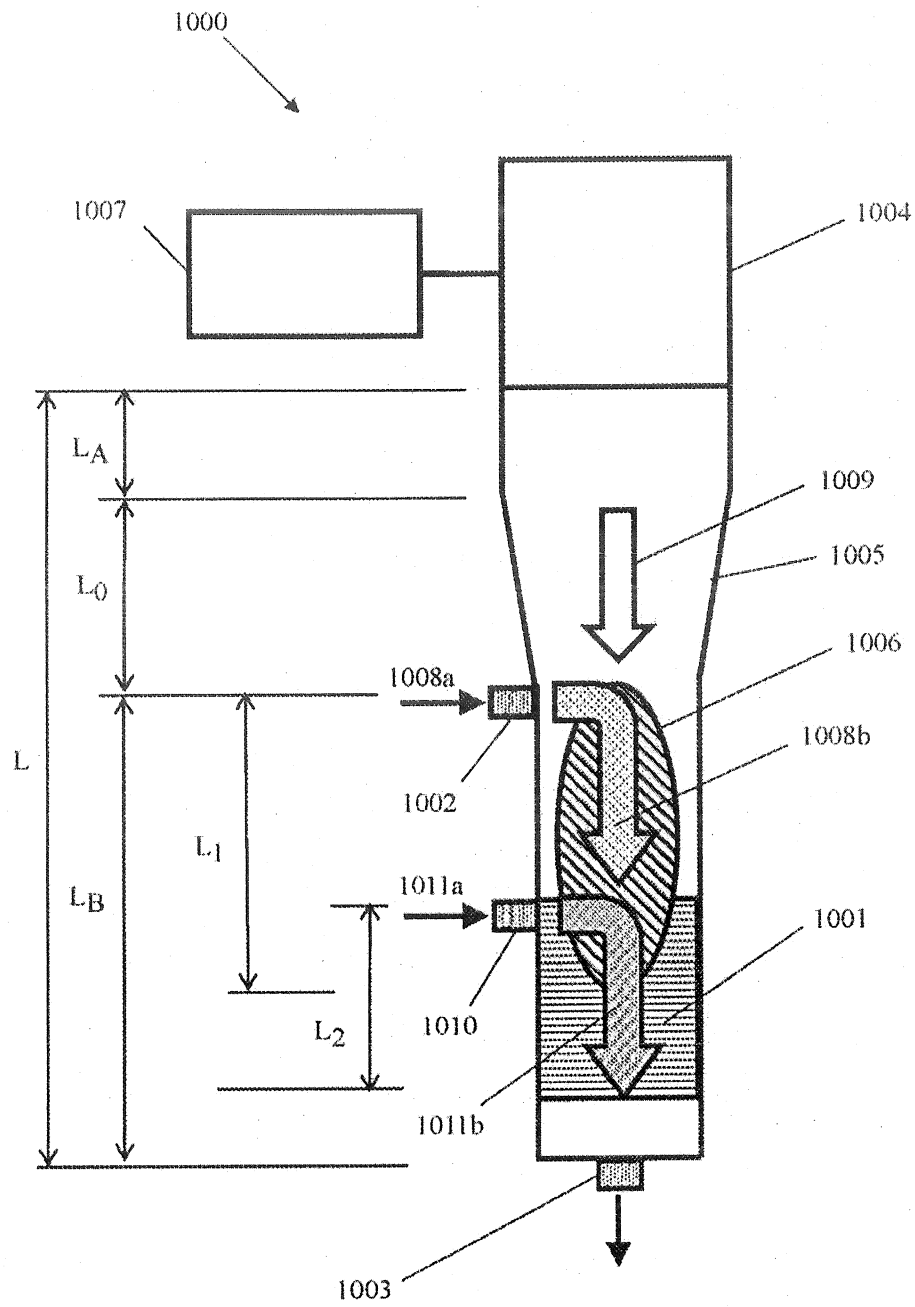
8/31

*Fig. 8B**Fig. 8C*

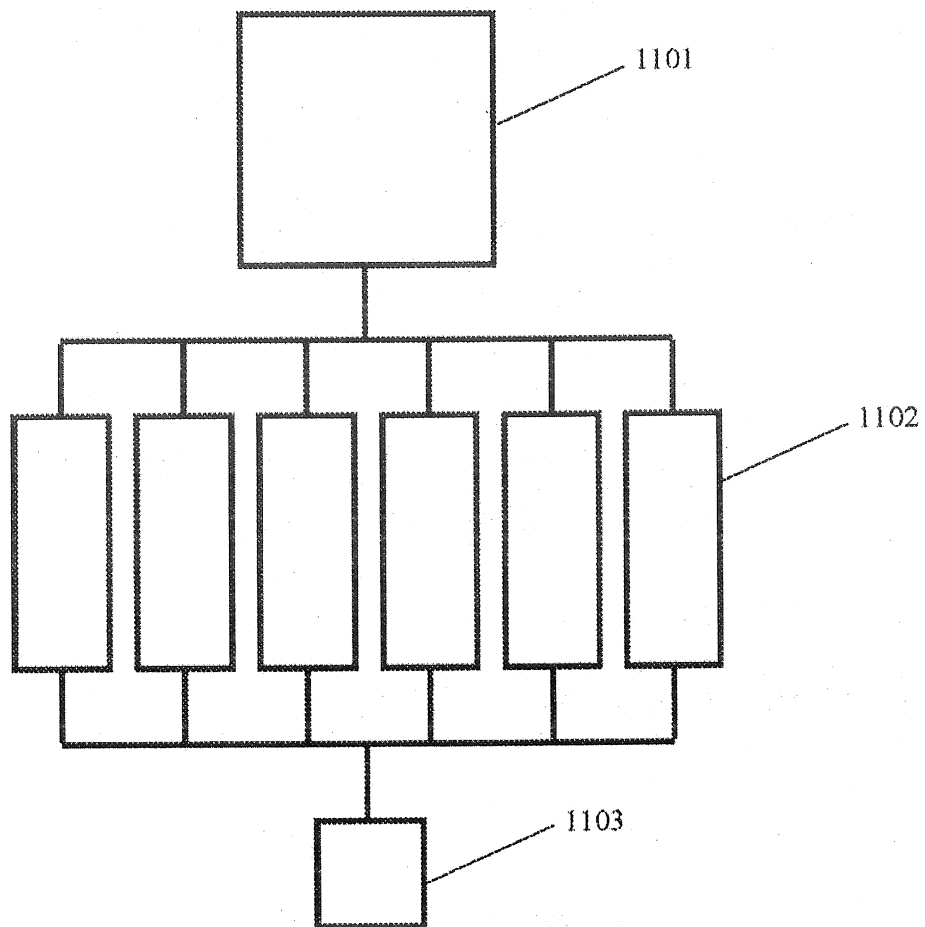
9/31

*Fig. 9*

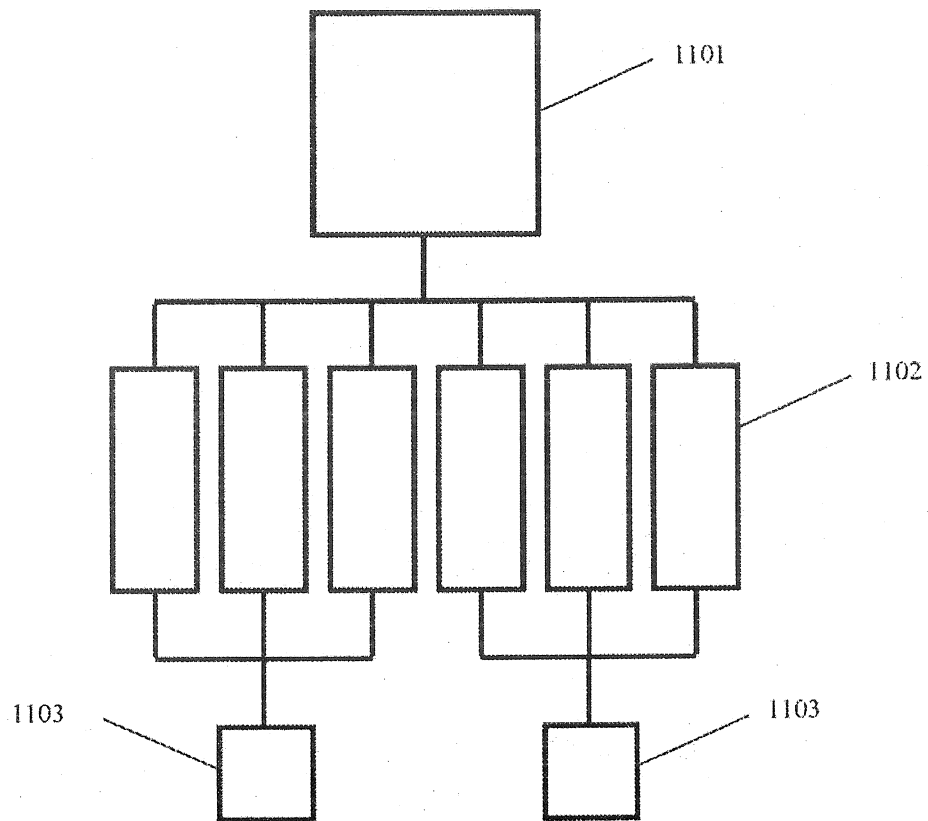
10/31

*Fig. 10*

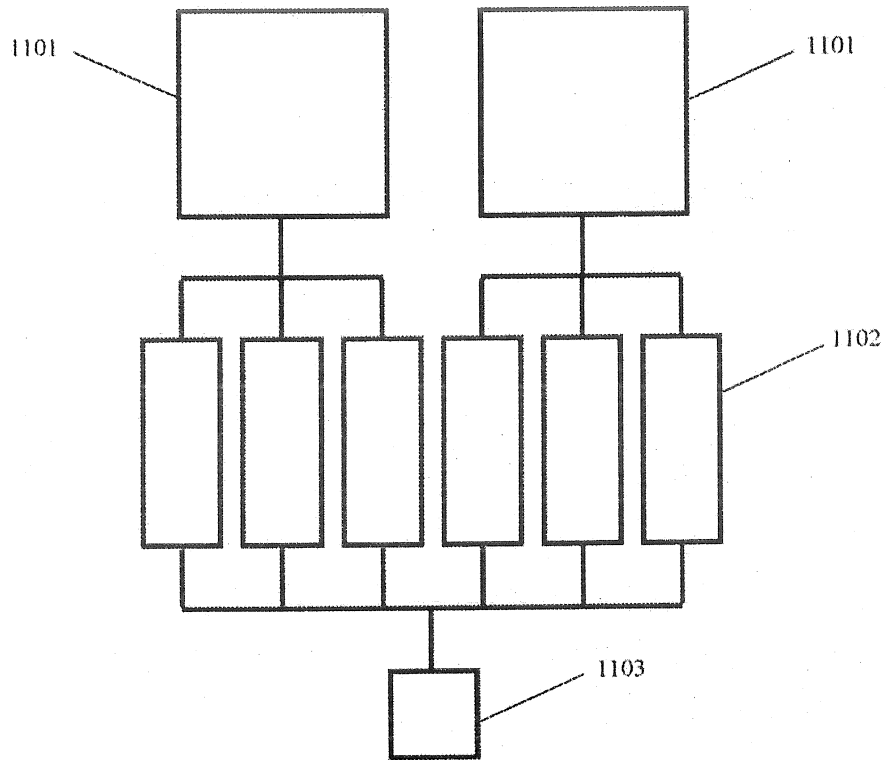
11/31

*Fig. 11A*

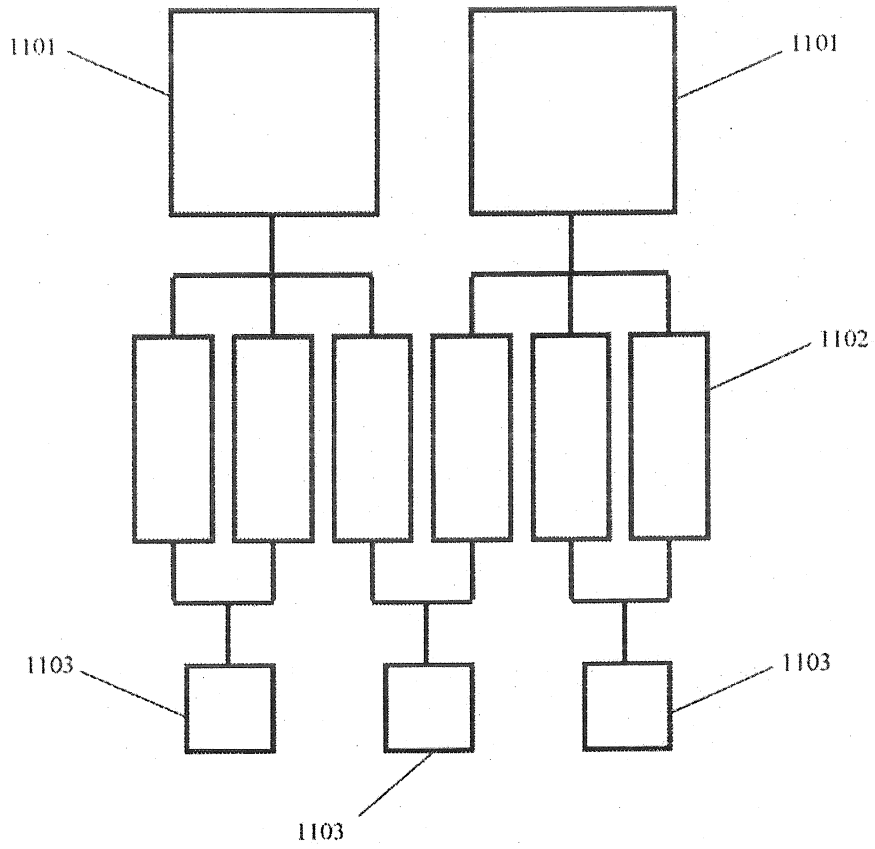
12/31

*Fig. 11B*

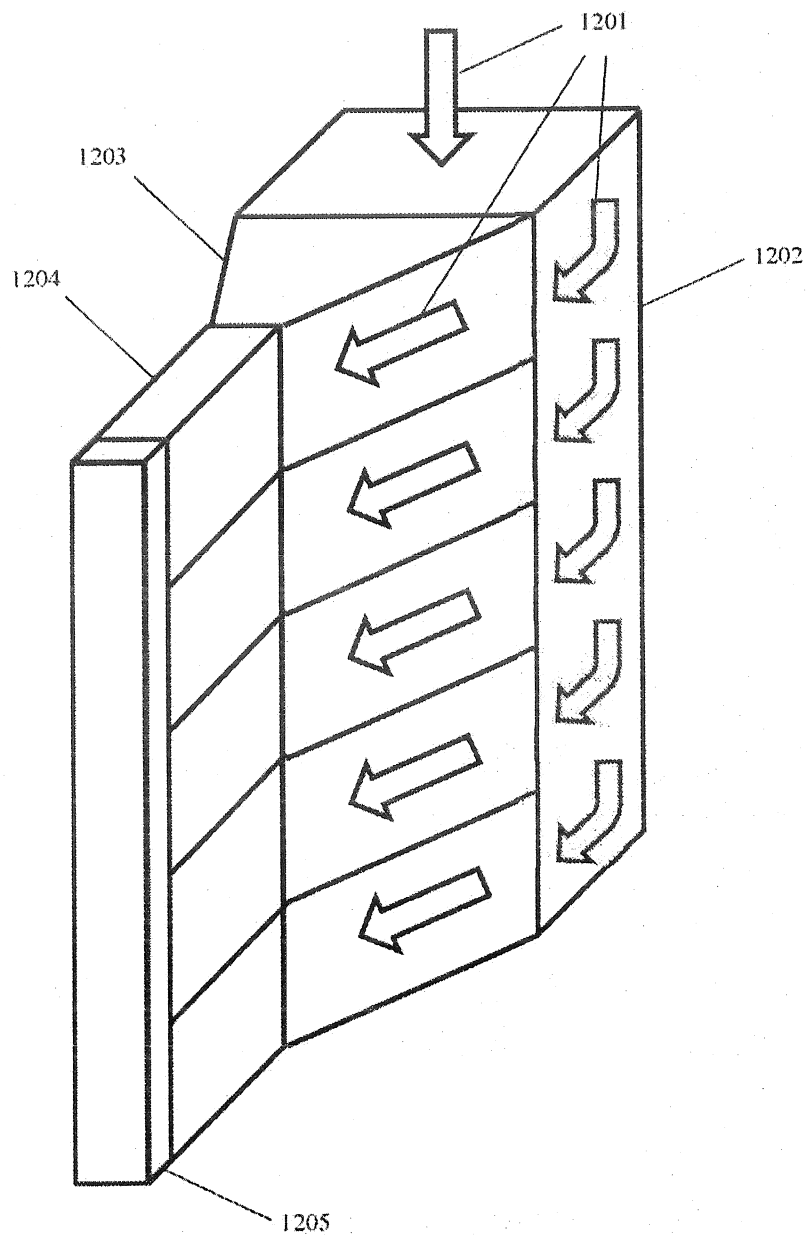
13/31

*Fig. 11C*

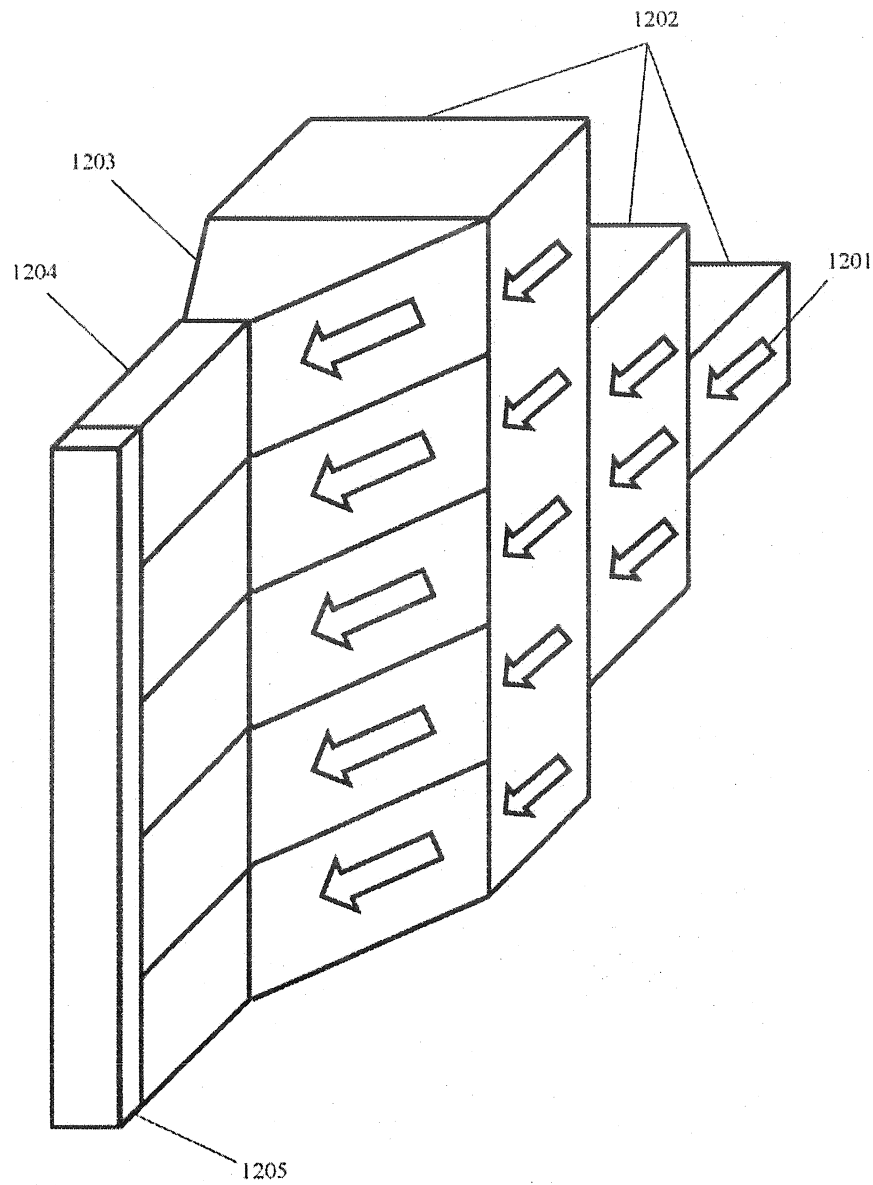
14/31

*Fig. 11D*

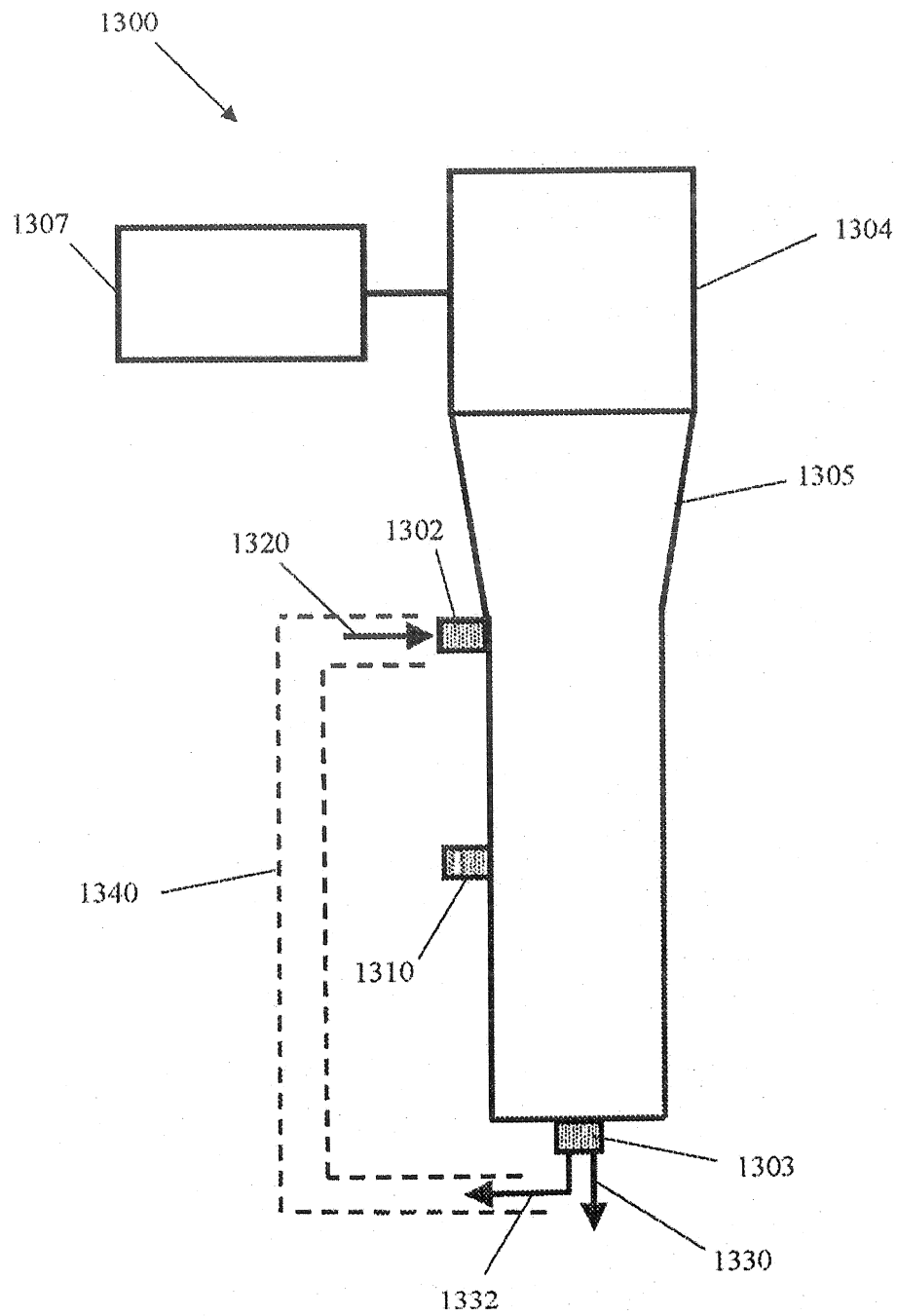
15/31

*Fig. 12A*

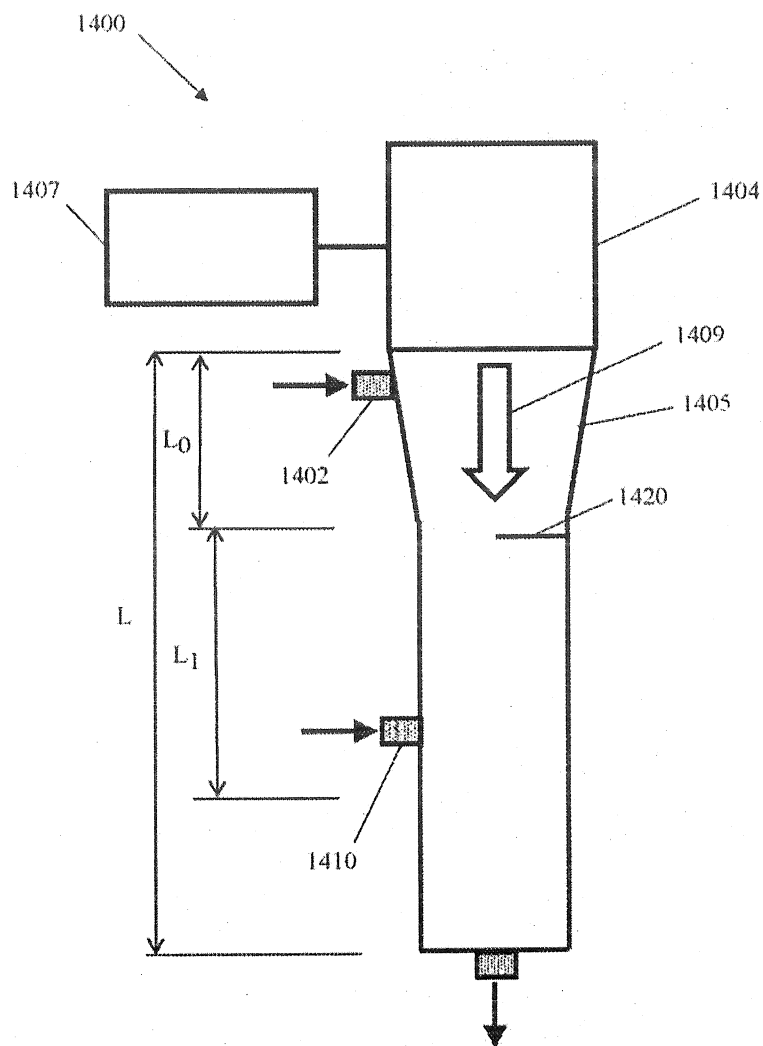
16/31

**Fig. 12B**

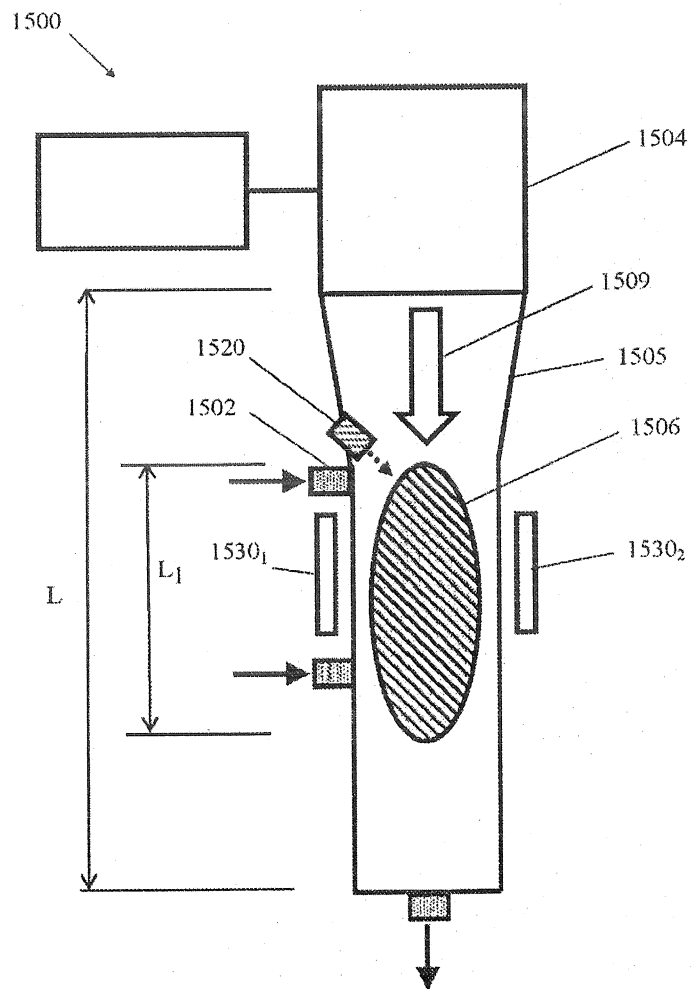
17/31

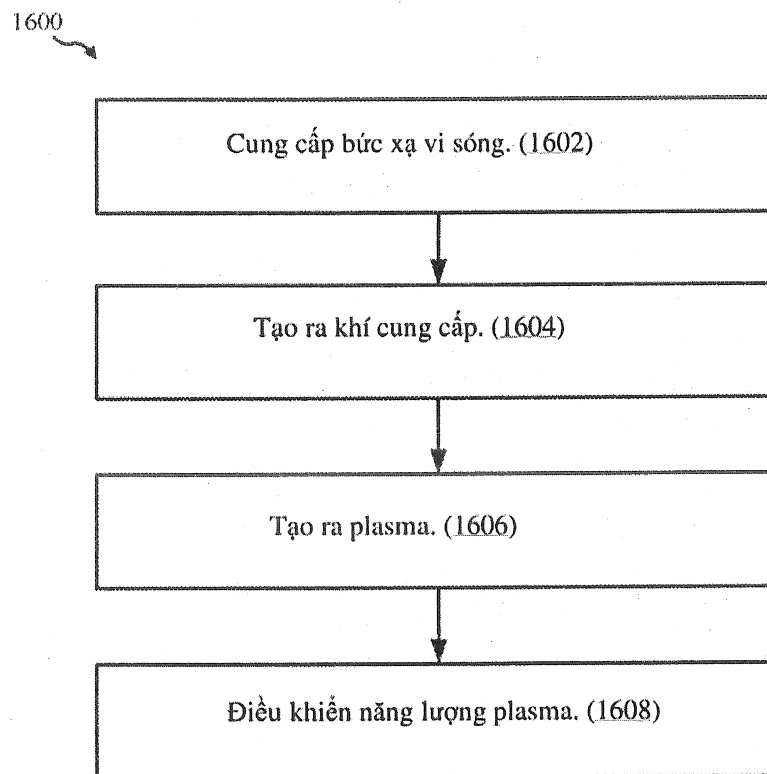
*Fig. 13*

18/31

**Fig. 14**

19/31

*Fig. 15*

*Fig. 16*

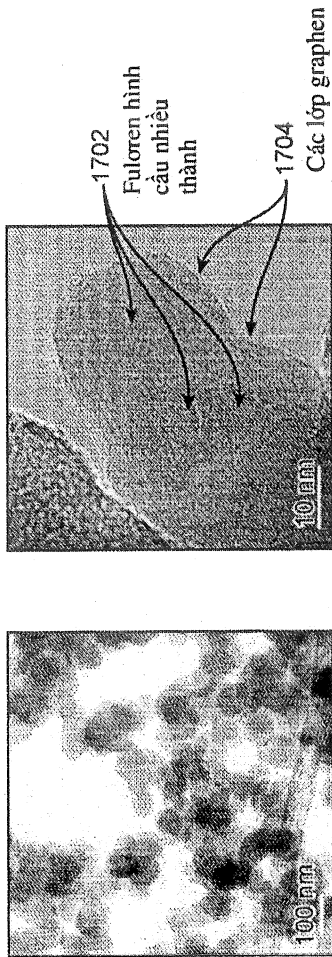


FIG. 17B

FIG. 17A

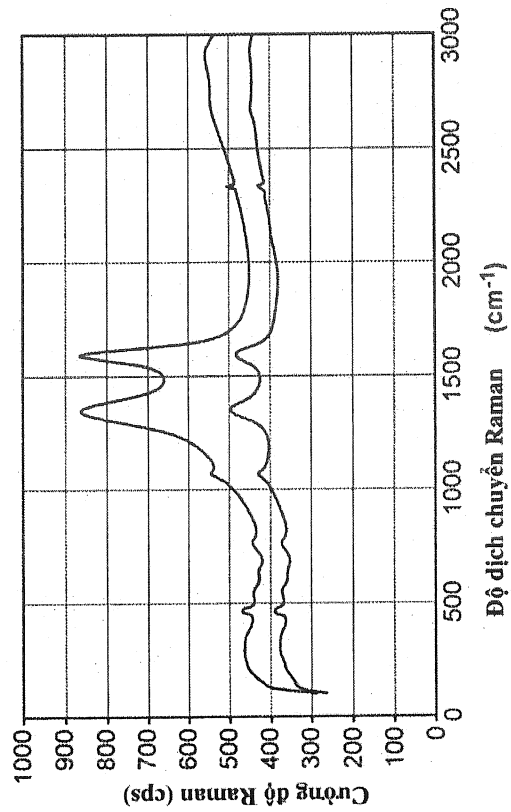


FIG. 17C

22/31

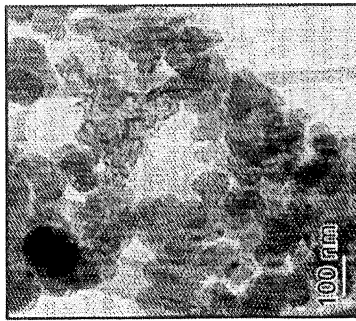


FIG. 17D

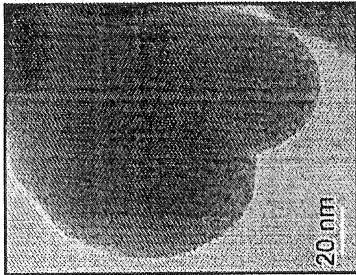


FIG. 17E

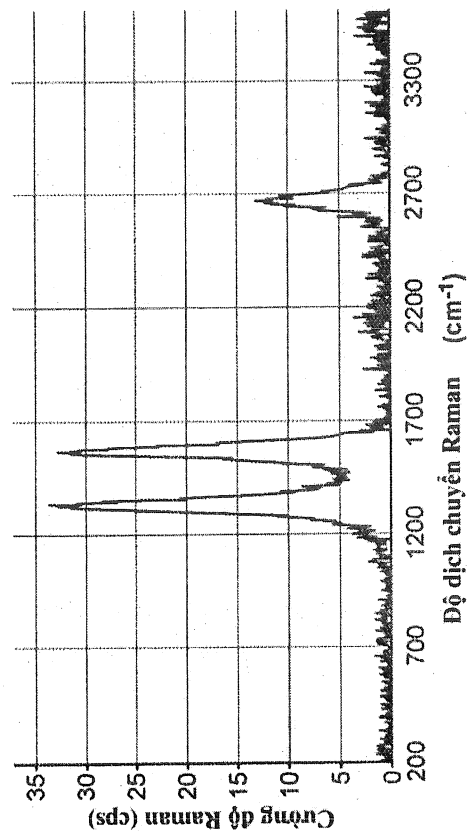


FIG. 17F

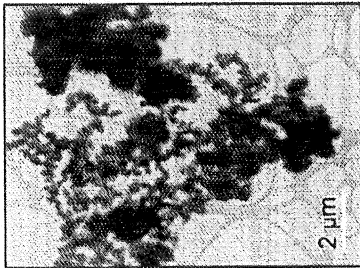


FIG. 17I

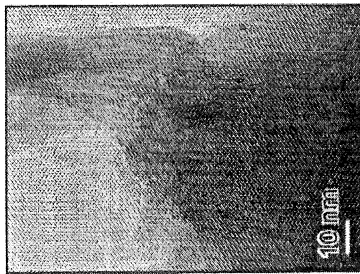
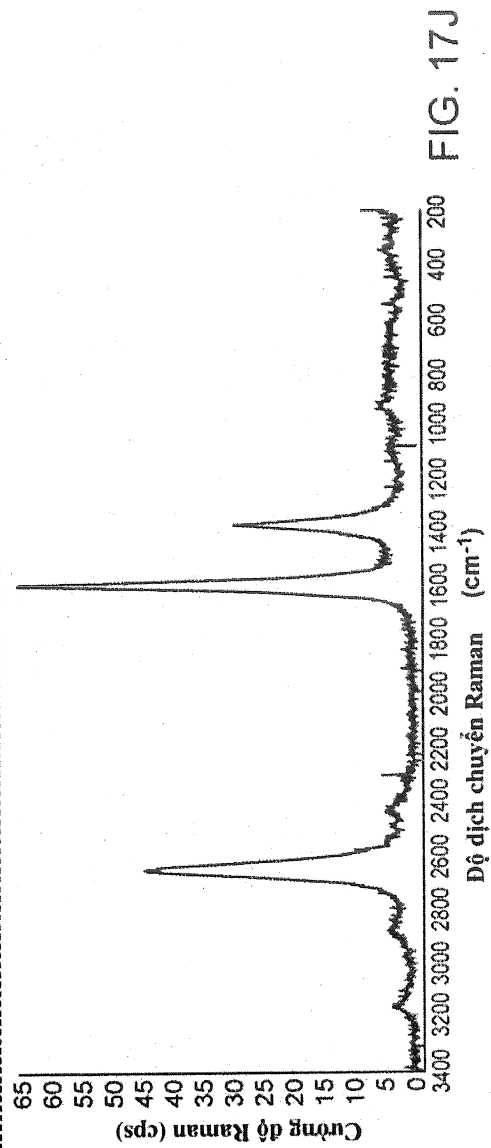


FIG. 17H



FIG. 17G



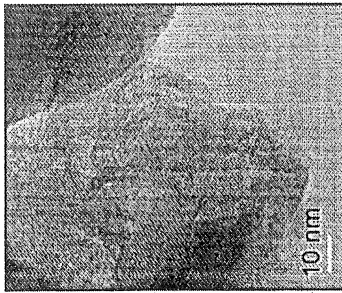


FIG. 17K

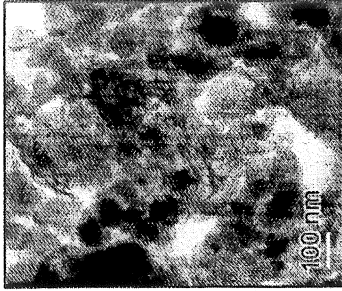


FIG. 17L

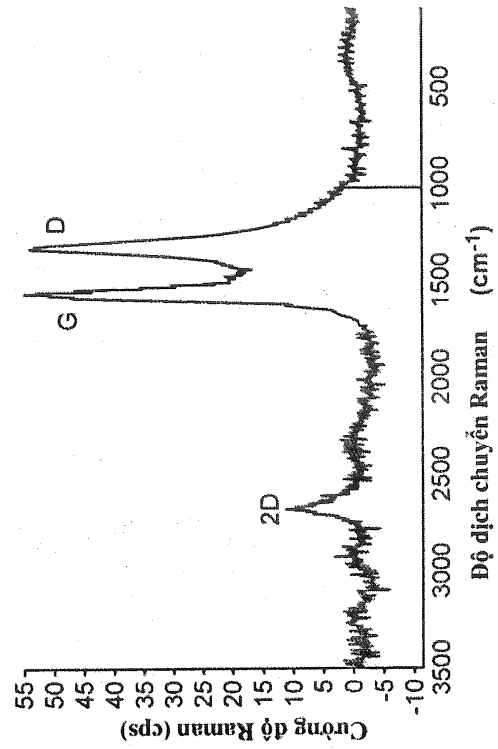


FIG. 17M

25/31

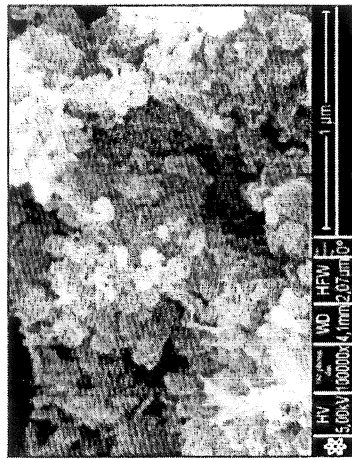


FIG. 17O

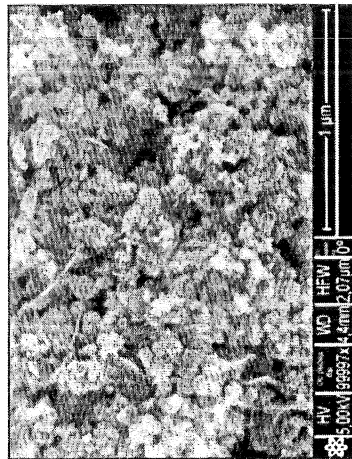
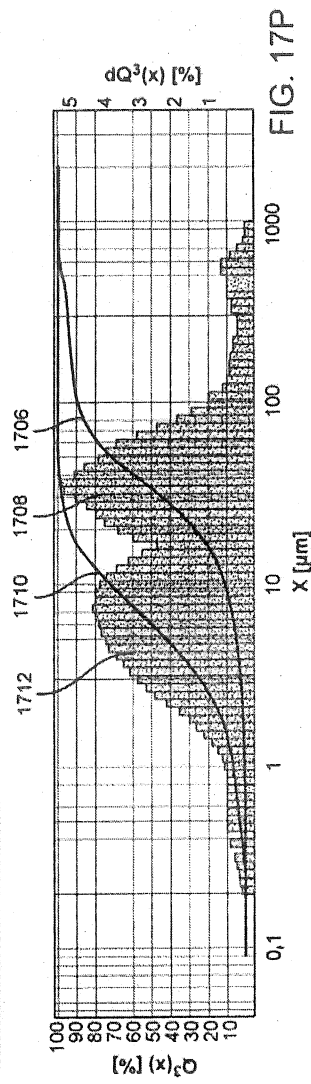


FIG. 17N



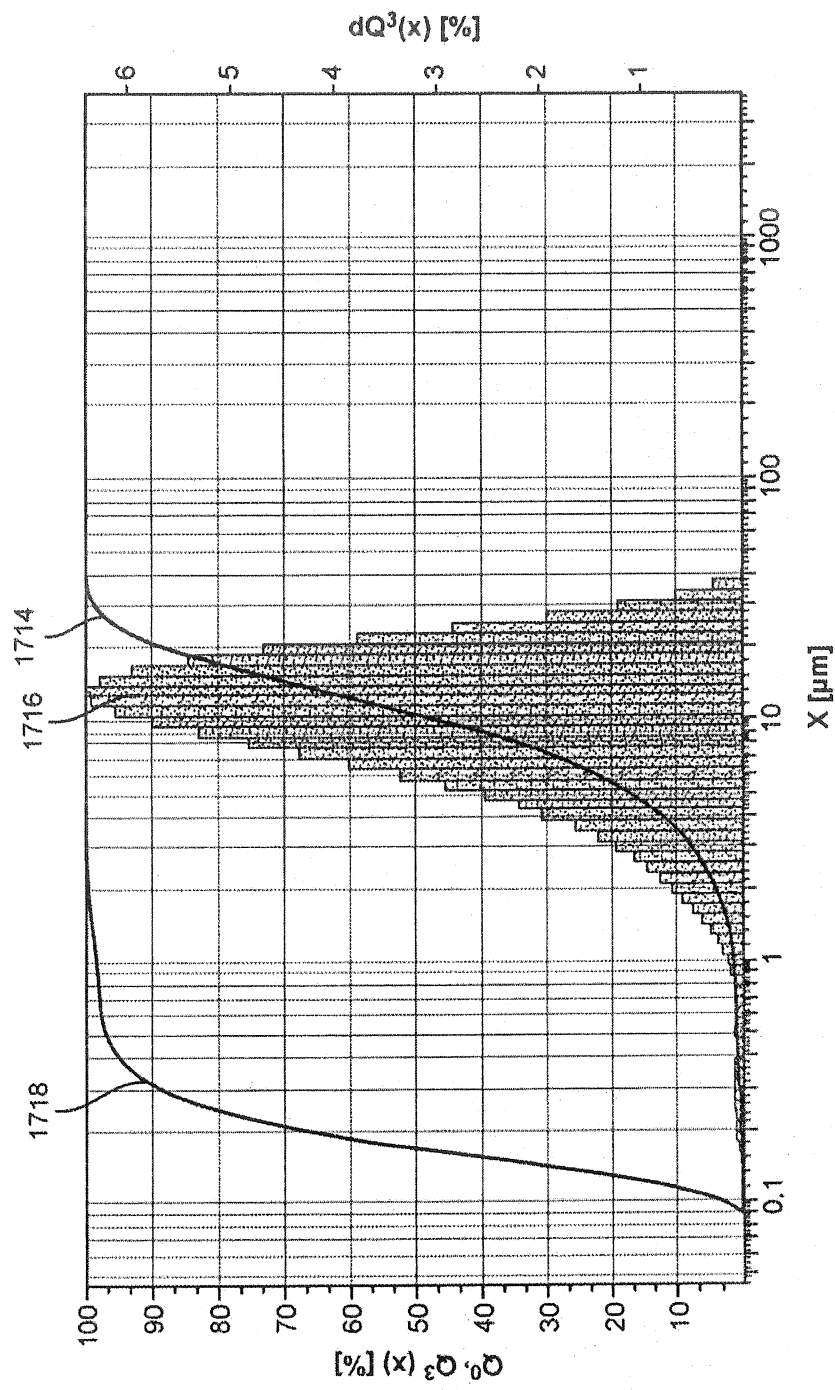


FIG. 17Q

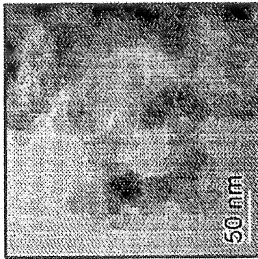


FIG. 17T

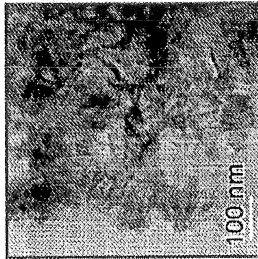


FIG. 17S

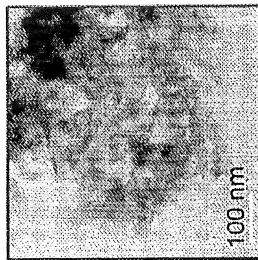


FIG. 17R

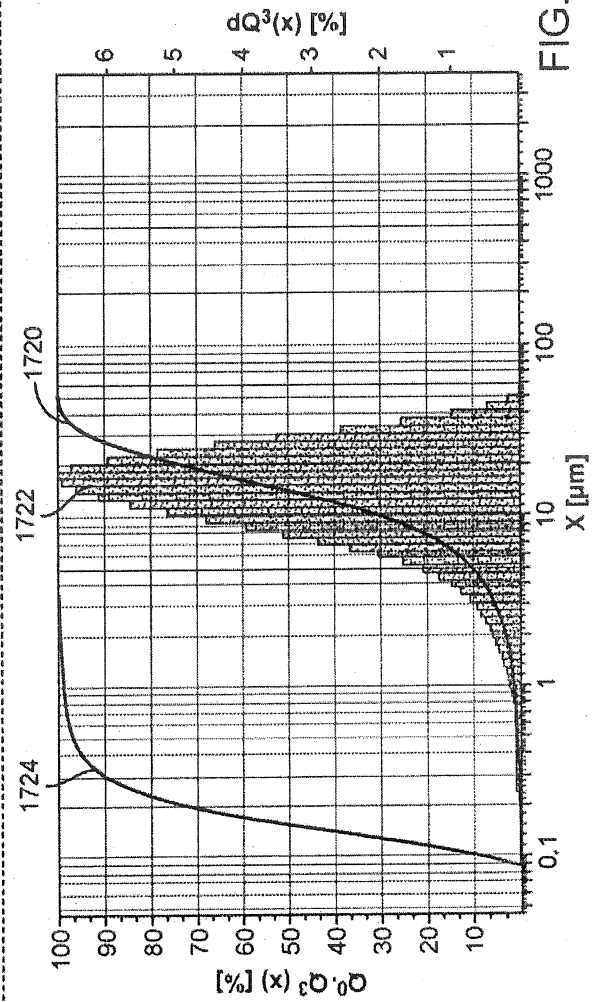


FIG. 17U

28/31

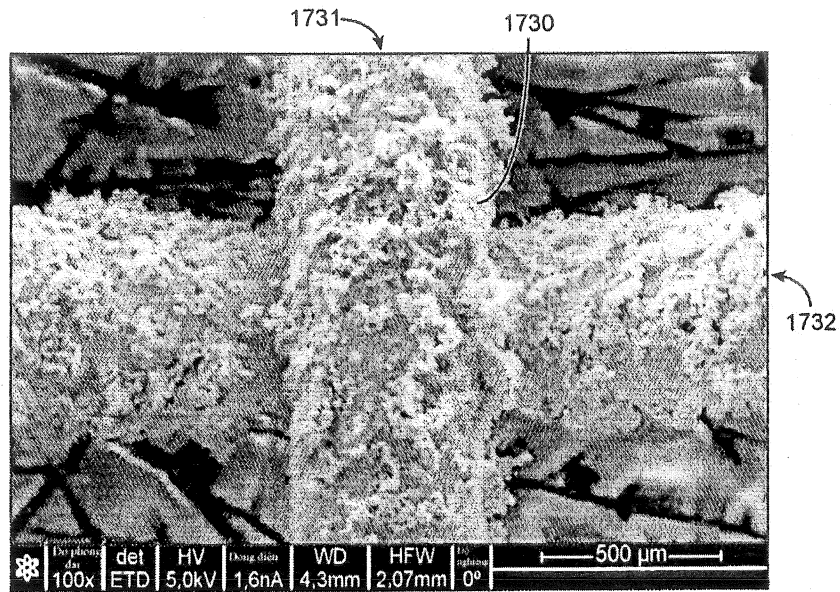


FIG. 17V

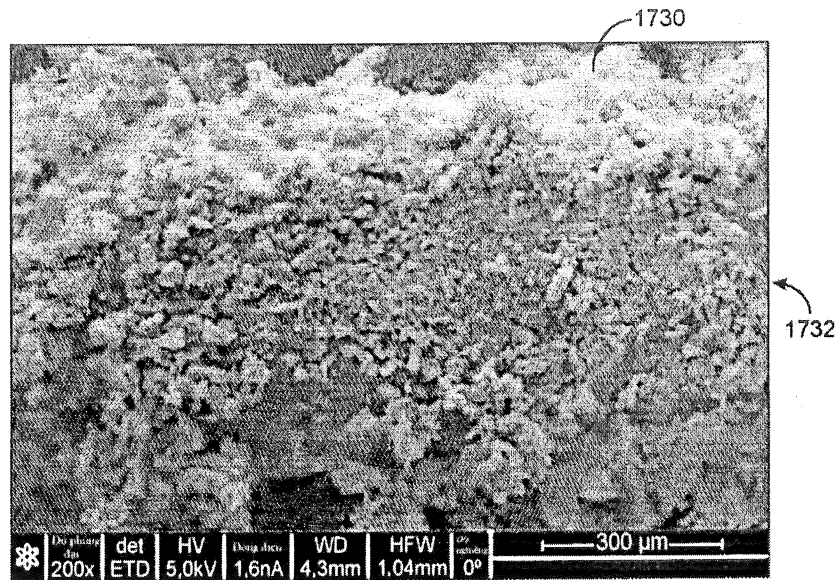


FIG. 17W

29/31

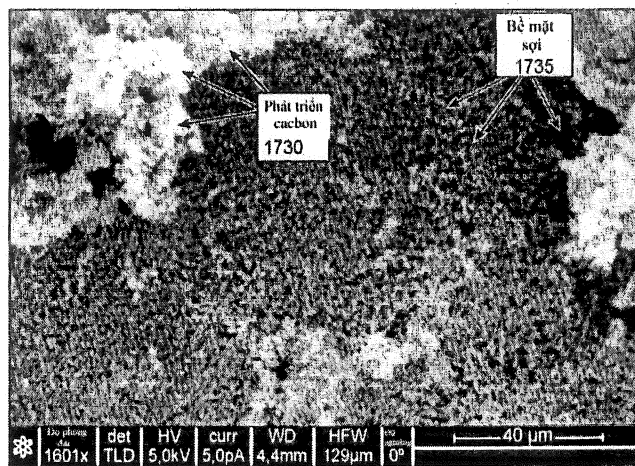


FIG. 17X

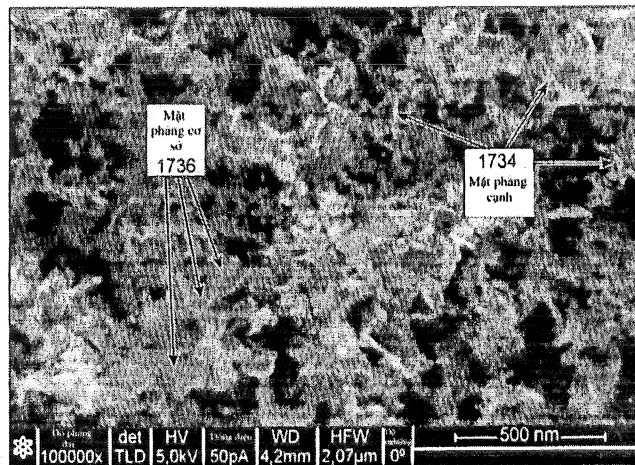
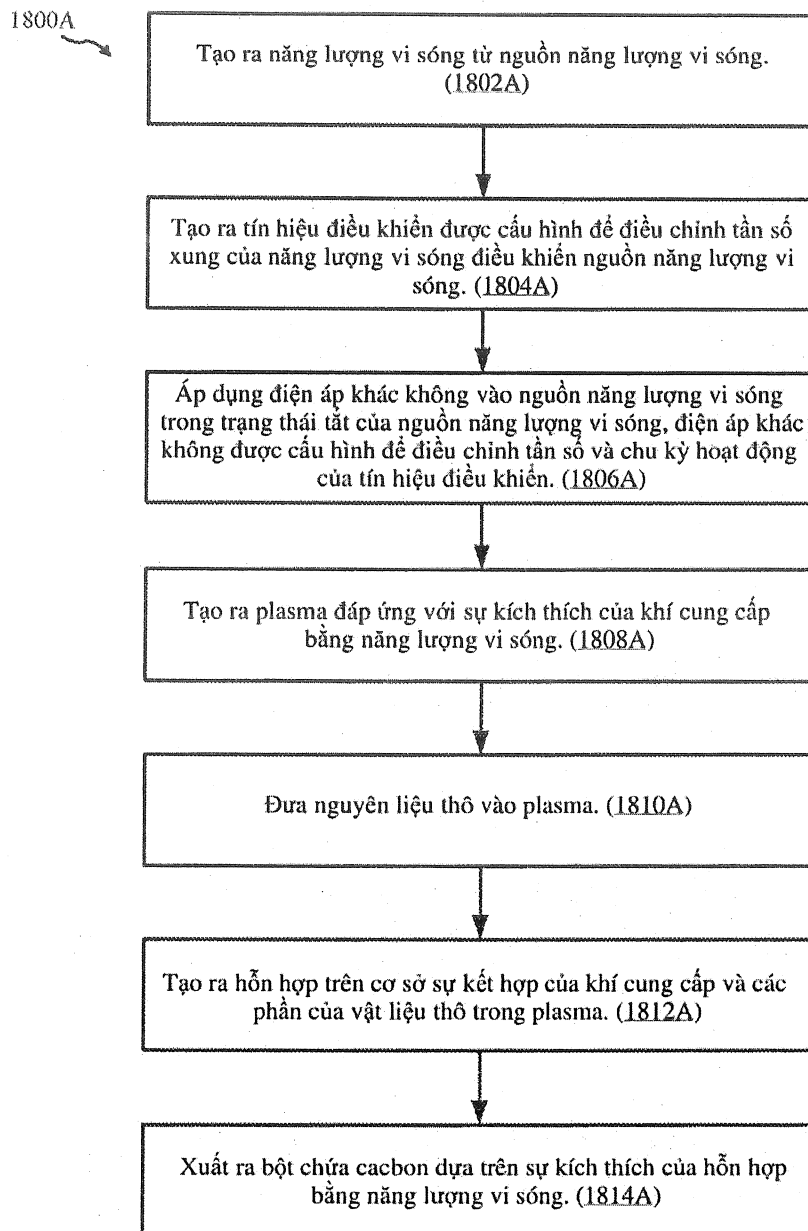


FIG. 17Y

30/31

*Fig. 18A*

1800B

Tạo xung điện áp khác không. (1802B)

Fig. 18B