



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

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

(11)



1-0042484

(51)⁸ G21B 1/05; G21B 1/00; G21B 1/03

(13) B

(21) 1-2017-04519

(22) 09/05/2016

(86) PCT/US2016/031539 09/05/2016

(87) WO2016/183036 17/11/2016

(30) 62/160,421 12/05/2015 US

(45) 27/01/2025 442

(43) 26/02/2018 359A

(73) TAE Technologies, Inc. (US)

19631 Pauling, Foothill Ranch, California 92610, United States of America

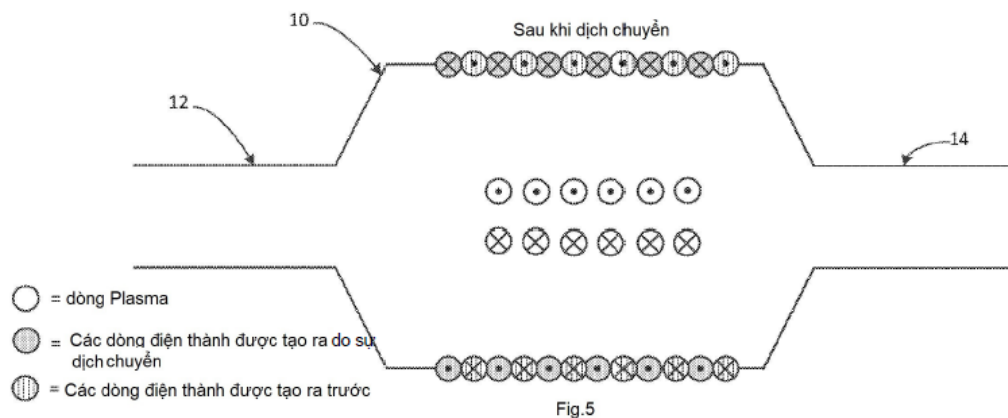
(72) RATH, Nikolaus (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP LÀM GIẢM CÁC DÒNG ĐIỆN XOÁY
KHÔNG MONG MUỐN

(21) 1-2017-04519

(57) Các hệ thống và các phương pháp làm giảm biên độ của các dòng điện xoáy không mong muốn trong các kết cấu dẫn điện, ví dụ, được tạo ra bằng cách dịch chuyển FRC vào trong thùng giữ, trong khi để lại các dòng điện xoáy có lợi không bị ảnh hưởng. Việc này đạt được bằng cách tạo ra các dòng điện ngược trong cùng các kết cấu dẫn điện trước khi dịch chuyển plasma vào trong thùng giữ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Đối tượng được mô tả trong bản mô tả này đề cập nói chung là đến các hệ thống giữ plasma từ tính và, cụ thể hơn, đến các hệ thống và các phương pháp mà tạo điều kiện thuận tiện cho việc triệt các dòng điện xoáy không mong muốn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Cấu hình trường đảo (Field Reversed Configuration - FRC) phụ thuộc vào loại các kết cấu liên kết giữ plasma từ tính đã biết như các cuộn biến dòng hình xuyên nhỏ gọn (compact toroid - CT). Nó thể hiện chủ yếu là các từ trường sinh và không có trường hình xuyên tự tạo hoặc có trường hình xuyên tự tạo nhỏ (xem M. Tuszewski, Nucl. Fusion 28, 2033 (1988)). Phương pháp truyền thống nhằm tạo ra FRC sử dụng công nghệ thất θ trường đảo, tạo ra các plasma nóng, mật độ cao (xem A. L. Hoffman và các đồng tác giả, Nucl. Fusion 33, 27 (1993)). Biến thể của phương pháp này là phương pháp bẫy dịch chuyển trong đó plasma được tạo ra trong “nguồn” thất theta được phun ngay lập tức nhiều hoặc ít hơn ra một đầu vào trong thùng giữ. Plasmoit plasma từ tính dịch chuyển sau đó bị bẫy giữa hai gương chắc chắn ở các đầu của thùng (xem, ví dụ, H. Himura và các đồng tác giả, Phys. Plasmas 2, 191 (1995)).

Sự tiến triển đáng kể đã được thực hiện trong thập niên cuối phát triển các phương pháp tạo ra FRC khác: việc hợp nhất các cuộn biến dòng hình xuyên nhỏ gọn (spheromak) với các độ xoắn ốc hướng ngược lại (xem, ví dụ. Y. Ono và các đồng tác giả, Nucl. Fusion 39, 2001 (1999)) và bằng cách dẫn hướng dòng điện với các từ trường xoay (RMF) (xem, ví dụ. I. R. Jones, Phys. Plasmas 6, 1950 (1999)) mà còn tạo ra độ ổn định bổ sung. Gần đây, kỹ thuật hợp nhất xung đột, được đề xuất cách đây lâu (xem, ví dụ D. R. Wells, Phys. Fluids 9, 1010 (1966)) đã được phát triển tiếp một cách đáng kể: hai thất theta tách biệt ở các đầu đối diện của thùng giữ một cách đồng thời tạo ra hai plasmoit và thúc các plasmoit này về phía nhau ở tốc độ cao; chúng sau đó va chạm ở tâm của thùng giữ và hợp nhất thành FRC kép. Về kết cấu và việc vận hành thành công của một trong số các thử nghiệm FRC lớn nhất đến nay, phương pháp hợp nhất xung đột tiêu chuẩn đã được thể hiện để tạo ra các FRC ổn

định, tồn tại lâu dài, thông cao, nhiệt độ cao (xem, ví dụ. M. Binderbauer và các đồng tác giả, Phys. Rev. Lett. 105, 045003 (2010)).

Khi FRC dịch chuyển vào trong đoạn giữ, nó tạo ra các dòng điện xoáy theo kết cấu dẫn điện bất kỳ ở vùng lân cận của nó (ví dụ thành thùng hoặc các thành phần trong thùng dẫn điện). Các dòng điện xoáy này ảnh hưởng đến trạng thái plasma và suy sụp theo thời gian, do đó góp phần vào sự tiến triển liên tục của plasma và ngăn chặn trạng thái bền vững bất kỳ cho đến khi các dòng điện xoáy bị suy sụp đến các biên độ không đáng kể. Nếu các kết cấu dẫn điện không đối xứng trục (nói chung là trường hợp này), các dòng điện xoáy phá vỡ sự đối xứng trục của FRC. Về tổng thể, các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển như vậy là không mong muốn. Sự kích thích ban đầu của chúng áp đặt các ràng buộc trên hình dạng plasma và do đó hạn chế khả năng của các kết cấu dẫn điện để tạo ra sự ổn định thụ động của các sự bất ổn định plasma, và sự suy sụp của chúng theo thời gian làm rối việc điều khiển plasma bằng cách yêu cầu sự bù liên tục thậm chí khi không có các sự bất ổn định plasma. Hơn nữa, các hiệu quả thuận lợi bất kỳ của các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển có thể còn được tạo ra bởi các sự điều chỉnh thích hợp của từ trường cân bằng.

Các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển không phải là loại các dòng điện xoáy duy nhất mà phát sinh trong suốt các thử nghiệm. Các sự bất ổn định plasma có thể kích thích các dòng điện xoáy mà làm giảm tốc độ tăng sự mất ổn định và do đó là điều mong muốn. Các dòng điện xoáy sẽ cũng phát sinh để phản ứng lại sự dốc lên của dòng điện chùm trung tính.

Thời gian tồn tại của plasma trong các thử nghiệm FRC khác thường bị hạn chế ở các trị số thấp hơn một cách đáng kể thang thời gian điện trở của thành dẫn điện, sao cho các dòng điện xoáy thay đổi theo thời gian đã không đặt ra các vấn đề thực tế bất kỳ và không nhận được nhiều sự chú ý.

Một kỹ thuật liên quan để ngăn chặn sự kích thích các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển là sử dụng “các khe hở” theo phương trục dọc cách điện trong thùng để ngăn chặn sự kích thích của các dòng điện xoáy đối xứng trục. Nhược điểm của phương pháp này là nó đòi hỏi các thay đổi về kết cấu với thùng dẫn điện, và các dòng điện xoáy không được triệt tiêu nhưng các dòng điện đối xứng trục được chuyển đổi thành các dòng điện 3D. Việc này do đó làm xấu thêm các hiệu quả bất lợi từ các

trường 3D và còn khiến cho thành không thích hợp cho sự ổn định thụ động của các sự bất ổn định plasma đối xứng trục.

Các trường lỗi ba chiều thường được hiệu chỉnh bởi các cuộn dây hiệu chỉnh trường lỗi mà bản thân chúng không đối xứng trục. Trong trường hợp tốt nhất, các cuộn dây như vậy có thể triệt tiêu cũng nhiều sóng hài như có các cuộn dây, nhưng chúng có xu hướng đưa ra các lỗi mới trong các sóng hài còn lại và cần phải theo sau sự biến đổi về thời gian bất kỳ của các trường lỗi trong suốt thử nghiệm.

Do đó, mong muốn tạo ra các hệ thống và các phương pháp mà tạo điều kiện thuận tiện cho việc làm giảm hoặc việc triệt tiêu các dòng điện xoáy không mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án được đề xuất trong bản mô tả này đề cập đến các hệ thống và các phương pháp mà tạo điều kiện thuận tiện cho sự làm giảm về biên độ của các dòng điện xoáy không mong muốn (các dòng điện thành), ví dụ, các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển chẳng hạn như các dòng điện xoáy tạo ra bởi sự dịch chuyển của các plasma FRC, trong khi để lại các dòng điện xoáy có lợi không bị ảnh hưởng. Việc làm giảm về biên độ của các dòng điện xoáy không mong muốn đạt được bằng cách tạo ra các dòng điện ngược trong các kết cấu giống nhau trước khi dịch chuyển plasma, ví dụ bằng cách sử dụng các cuộn dây chủ động. Nếu cả hai thành phần tiếp tuyến và pháp tuyến của tổng từ trường trên bề mặt tách plasma ra khỏi các kết cấu dẫn được đo, trường này có thể được phân tách thành các thành phần được tạo ra bởi plasma và các thành phần được tạo ra bởi các dòng điện bên ngoài (ví dụ, các dòng điện cuộn dây cân bằng). Bằng cách loại các trường đã biết khỏi các cuộn dây bên ngoài, còn lại trường do dòng điện xoáy. Sự phân bố dòng điện xoáy tương ứng có thể được tái cấu trúc từ sự tiến triển theo thời gian của trường này. Với sự phân bố dòng điện xoáy đã biết, các cuộn dây chủ động được sử dụng để tạo ra sự phân bố tương tự với dấu ngược trước khi plasma dịch chuyển vào trong thùng. Việc tính toán các dòng điện cuộn dây cần thiết đòi hỏi sự hiểu biết về chỉ dạng hình học của các cuộn dây chủ động và các kết cấu thụ động. Khi plasma dịch chuyển vào trong thùng giữ, hai sự phân bố dòng điện xoáy xếp chồng và triệt tiêu. Sự phân bố dòng điện xoáy được tái tạo càng chính xác, việc triệt tiêu càng hoàn toàn.

Các hệ thống và các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này một cách thuận tiện:

làm giảm các trường bên ngoài thay đổi theo thời gian do các dòng điện xoáy suy sụp, mà gây trở ngại việc điều khiển plasma;

làm giảm các hiệu quả phá vỡ sự cân đối của thành không đối xứng trục; vì cả hai dòng điện xoáy được tạo ra trước và được tạo ra do sự dịch chuyển có kết cấu 3D giống nhau, các trường 3D được làm giảm mà không cần các cuộn dây không đối xứng trục; và

có thể khiến tạo ra sự lắp đặt các kết cấu trong thùng, ăn khớp khít, đối xứng trục, để làm tăng sự ổn định thụ động của các sự bất ổn định đối xứng trục và không đối xứng trục.

Các hệ thống, các phương pháp, các dấu hiệu và các ưu điểm khác của các phương án để làm ví dụ sẽ hoặc sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng dựa vào việc xem xét các hình vẽ và phần mô tả chi tiết sáng chế sau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Chi tiết về các phương án để làm ví dụ, bao gồm kết cấu và sự vận hành, có thể được hiểu một phần bằng cách xem xét cẩn thận các hình vẽ kèm theo, trong đó các số chỉ dẫn giống nhau đề cập đến các phần giống nhau. Các thành phần trên các hình vẽ không nhất thiết có cùng tỷ lệ, tầm quan trọng thay vì được bố trí nhằm minh họa các nguyên lý của sáng chế. Hơn nữa, toàn bộ các minh họa được dự định để bao phủ các nội dung, trong đó các kích thước, các hình dạng tương đối và các thuộc tính chi tiết khác có thể được minh họa dưới dạng giản đồ hơn là theo nghĩa đen hoặc chính xác.

Fig.1 là hình vẽ giản đồ của khoang hoặc thùng với các ống tạo thành gắn với các đầu đối diện và các cuộn dây đối xứng trục được định vị quanh thành của thùng dùng để tạo ra các dòng điện xoáy ở thành của thùng (các dòng điện thành).

Fig.1A là hình vẽ giản đồ thể hiện hệ thống điều khiển được ghép với hệ thống cuộn dây chủ động và hệ thống tạo thành.

Fig.2 là hình vẽ giản đồ của thùng và các ống tạo thành trên Fig.1 với plasma có trong ống tạo thành.

Fig.3 là hình vẽ giản đồ của thùng và các ống tạo thành trên Fig.1 sau sự dịch chuyển plasma vào trong thùng và thể hiện các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển được tạo ra ở thành của thùng (các dòng điện thành tạo ra do sự dịch chuyển).

Fig.4 là thùng và các ống tạo thành trên Fig.1 trước sự dịch chuyển plasma vào trong thùng với các dòng điện xoáy được tạo ra trước được tạo ra ở thành của thùng (các dòng điện thành được tạo ra trước).

Fig.5 là thùng và các ống tạo thành trên Fig.1 sau sự dịch chuyển plasma vào trong thùng và thể hiện các dòng điện xoáy được tạo ra trước và được tạo ra do sự dịch chuyển ở thành của thùng (dòng điện được tạo ra trước và dòng điện thành được tạo ra do sự dịch chuyển).

Fig.6 là thùng và các ống tạo thành trên Fig.1 sau sự dịch chuyển plasma vào trong thùng và thể hiện các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển ở thành của thùng (các dòng điện thành tạo ra do sự dịch chuyển) được triệt tiêu bởi các dòng điện xoáy được tạo ra trước ở thành của thùng (các dòng điện thành được tạo ra trước).

Fig.7 là đồ thị thể hiện sự phân bố dòng điện xoáy được mô phỏng ở thành đối xứng trục của thùng (sự phân bố dòng điện thành được mô phỏng) trong ba (3) trường hợp: trường chân không (1) không được tạo ra trước, (2) được tạo ra trước, và (3) được tạo ra trước và được điều chỉnh.

Cần phải lưu ý rằng các chi tiết về các kết cấu hoặc các chức năng tương tự nói chung là được thể hiện bởi các số tham chiếu giống nhau nhằm mục đích minh họa xuyên suốt các hình vẽ. Cũng cần lưu ý rằng các hình vẽ này chỉ được dự định để tạo điều kiện thuận tiện cho phần mô tả về các phương án ưu tiên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mỗi trong số các dấu hiệu và phần mô tả bổ sung được bộc lộ bên dưới có thể được sử dụng một cách tách biệt hoặc cùng với các dấu hiệu và phần mô tả khác để đề xuất các hệ thống và các phương pháp mà tạo điều kiện thuận tiện cho việc làm giảm về biên độ của các dòng điện xoáy không mong muốn (các dòng điện thành), ví dụ, các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển, trong khi để lại các dòng điện xoáy có lợi không bị ảnh hưởng. Các ví dụ đại diện về các phương án được mô tả trong bản mô tả này, các ví dụ mà sử dụng nhiều dấu hiệu bổ sung và phần mô tả này cả hai tách

biệt và kết hợp, bây giờ sẽ được mô tả về chi tiết hơn với việc tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả chi tiết sáng chế này chỉ được dự định để khiến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng hiểu chi tiết hơn để thực hiện các khía cạnh ưu tiên của phần mô tả này và không dự định hạn chế phạm vi của sáng chế. Do đó, các tổ hợp của các dấu hiệu và các bước được bộc lộ trong phần mô tả chi tiết sau có thể không nhất thiết để thực hiện sáng chế trong phạm vi rộng nhất, và thay vào đó được đề cập chỉ để mô tả cụ thể các ví dụ đại diện của phần mô tả này.

Hơn nữa, các dấu hiệu khác nhau về các ví dụ đại diện và các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc có thể được kết hợp theo các cách mà không được liệt kê một cách cụ thể và rõ ràng để tạo ra các phương án hữu ích bổ sung cho phần mô tả này. Ngoài ra, cần phải lưu ý một cách rõ ràng rằng toàn bộ các dấu hiệu được bộc lộ trong phần mô tả và/hoặc bộ yêu cầu bảo hộ được dự định cần phải được bộc lộ một cách tách biệt và độc lập với nhau nhằm mục đích bộc lộ ban đầu, cũng như nhằm mục đích hạn chế đối tượng yêu cầu bảo hộ độc lập về các tổ hợp của các dấu hiệu theo các phương án và/hoặc bộ yêu cầu bảo hộ. Cũng cần phải lưu ý một cách rõ ràng rằng toàn bộ trị số nằm trong phạm vi hoặc dấu hiệu của các nhóm các thực thể bộc lộ mỗi trị số trung bình có thể có hoặc thực thể trung gian nhằm mục đích của phần bộc lộ ban đầu, cũng như nhằm mục đích hạn chế đối tượng yêu cầu bảo hộ.

Các phương án được đề xuất trong bản mô tả này đề cập đến các hệ thống và tạo điều kiện thuận tiện cho việc làm giảm về biên độ của các dòng điện xoáy không mong muốn, ví dụ, các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển chẳng hạn như các dòng điện xoáy được tạo ra bởi các plasma FRC dịch chuyển, trong khi để lại các dòng điện xoáy có lợi không bị ảnh hưởng. Các dòng điện xoáy được tạo ra bởi các plasma FRC dịch chuyển không phụ thuộc vào kết cấu trường đã biết hoặc vào sự có mặt của các dòng điện đã biết. Do đó, nếu các dòng điện được tạo ra bởi sự dịch chuyển plasma không mong muốn, chúng có thể được triệu tiêu bằng cách tạo ra mẫu dòng điện bằng và ngược trước khi plasma dịch chuyển.

Trên thực tế, điều này có thể đạt được, như được thể hiện trên Fig.1, với các cuộn dây chủ động đối xứng trục 20 được định vị quanh bên trong hoặc bên ngoài thùng 10. Các plasma, chẳng hạn như, ví dụ, các plasma FRC, được tạo ra trong và dịch chuyển về phía mặt phẳng giữa của thùng 10 từ các ống tạo thành 12 và 14 được

định vị ở các đầu đối diện của thùng 10. Việc thảo luận chi tiết về các hệ thống và các phương pháp dùng để tạo ra và duy trì plasma FRC được thể hiện trong công bố đơn PCT số WO 2015048092, mà yêu cầu hưởng quyền ưu tiên đơn sáng chế tạm thời Hoa Kỳ số 61/881874 và đơn sáng chế tạm thời Hoa Kỳ số 62/001583, các đơn này được kết hợp trong bản mô tả này nhằm tham chiếu như thể được trình bày đầy đủ.

Như được thể hiện trên Fig.1A, hệ thống điều khiển 100 được ghép với hệ thống cuộn dây chủ động 200 bao gồm các cuộn dây chủ động 20, các nguồn cấp năng lượng và tương tự, và hệ thống tạo thành bao gồm các ống tạo thành 12 và 14, các cuộn dây hoặc các dải, các nguồn cấp năng lượng và tương tự.

Trước sự dịch chuyển plasma từ các ống tạo thành 12 và 14, các cuộn dây 20 được làm dốc lên và được duy trì ở dòng điện không đổi cho đến khi toàn bộ các dòng điện xoáy ở thành của thùng 10 bị suy sụp. Ở thời điểm này dòng điện đến các cuộn dây 20 bị ngắt và chuỗi tạo thành plasma được bắt đầu. Việc ngắt dòng điện đến các cuộn dây 20 sẽ kích thích sự phân bố dòng điện xoáy cụ thể ở thành của thùng 10 để bảo tồn thông lượng suốt thùng 10, cho đến khi việc phun thông lượng tiếp theo từ plasma dịch chuyển làm giảm các dòng điện xoáy ở thành của thùng 10 ngược trở về không. Mặt khác, các cuộn dây 20 có thể được làm dốc lên một cách nhanh chóng ngay trước khi plasma dịch chuyển. Trong trường hợp này, việc dốc lên nhanh sẽ tạo ra sự phân bố dòng điện xoáy mong muốn ở thành của thùng 10, và việc phun thông lượng tiếp theo từ plasma được dịch chuyển sẽ mang các dòng điện xoáy ngược trở về không. Sau khi dịch chuyển, các dòng điện trong các cuộn dây 20 được giữ không đổi. Phương pháp này có thể được sử dụng nếu thời gian sụt dòng điện xoáy đặc trưng của thành 10 đủ chậm so với tốc độ mà các cuộn dây 20 có thể được làm dốc lên. Việc triệt tiêu có thể nói chung được làm tăng bằng cách tối ưu hóa dạng hình học của các cuộn dây chủ động, nhưng thậm chí với dạng hình học cuộn dây chủ động được quy định, biên độ dòng điện xoáy vẫn có thể bị làm giảm.

Để xác định các dòng điện trong các cuộn dây chủ động mà sẽ tối đa hóa việc triệt tiêu dòng điện xoáy, sự phân bố dòng điện xoáy được tạo ra bởi plasma phải được đo. Việc này có thể được thực hiện bằng cách đo ít nhất hai thành phần từ trường ở vùng giữa các kết cấu dẫn điện và plasma. Với hai thành phần từ trường đã biết, từ trường có thể sau đó được tách thành các thành phần do plasma và do các dòng điện

bên ngoài. Điều này thấy được một cách dễ dàng ở dạng hình học hình trụ, nghĩa là, đối với số lượng chế độ đã cho m và pha, từ thế vô hướng được xác định bởi hai biên độ, một biên độ cho giới hạn tỷ lệ với r^m , và biên độ còn lại cho giới hạn tỷ lệ với r^{-m} . Có hai phép đo từ trường ở cùng điểm không gian cho phép làm sáng tỏ cả hai hệ số, và trường từ plasma thường được thể hiện bởi giới hạn tỷ lệ với r^m . Ở các dạng hình học phức tạp hơn các phép toán không đơn giản nhưng quy trình tương tự có thể được sử dụng. Với sự tiến triển theo thời gian của cả hai từ trường bên trong và bên ngoài đã biết, sự phân bố dòng điện trong các kết cấu dẫn có thể được tính toán bởi phương pháp bình phương nhỏ nhất phù hợp với mô hình phân tích gần đúng.

Các hình vẽ từ Fig.2 đến Fig.6 minh họa ý tưởng cơ bản của việc làm giảm các dòng điện xoáy được tạo ra do sự dịch chuyển. Các dòng điện plasma (được điền màu trắng), các dòng điện thành được tạo ra plasma (được điền màu xám), và các dòng điện thành được tạo ra từ trước (được điền đường gạch chéo) được thể hiện trên các hình vẽ trong hai tầng, nghĩa là, 1) trước khi dịch chuyển và 2) sau khi dịch chuyển. Trên Fig.2 và Fig.3, không dòng điện thành nào được tạo ra từ trước ở thành của thùng 10, vì vậy dòng điện mạng ở thành có trị số không bằng không sau khi dịch chuyển plasma từ các ống tạo thành 12 và 14. Trên các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6, một số dòng điện được tạo ra từ trước ở thành của thùng 10. Sau khi dịch chuyển plasma từ các ống tạo thành 12 và 14, dòng điện mạng ở thành trở nên bằng không.

Việc ứng dụng kỹ thuật được đề xuất đã được mô phỏng bằng cách sử dụng LamyRidge, mã mô phỏng hai chất lưu để đánh giá các hiệu quả của nó trên việc tạo thành và việc dịch chuyển plasma. Fig.7 thể hiện sự phân bố dòng điện xoáy ở thành đối xứng trục hai trăm micro giây (200 ms) sau khi tạo thành trong ba trường hợp khác nhau:

Trong trường hợp 1 (— —), sự bù dòng điện xoáy đã không được sử dụng, dẫn đến plasma với bán kính tách 39 cm và độ giãn dài 2,5.

Trong trường hợp 2 (——), mẫu dòng điện ngược (một cách chính xác) đã được đặt trên thành trước khi bắt đầu việc tạo thành. Như được mong đợi, biên độ của các dòng điện xoáy ở cuối việc mô phỏng được làm giảm. Các dòng điện không triệt tiêu một cách chính xác, bởi vì sự có mặt của các dòng điện được tạo ra từ trước dẫn đến sự giãn nở của plasma, sao cho nó đạt đến bán kính 46 cm với độ giãn dài 2,0.

Trong trường hợp 3 (-----) ngoài các dòng điện xoáy tạo ra từ trước ở thành thùng, các dòng điện trong các cuộn dây giữ được điều chỉnh để bù cho các dòng điện xoáy bị triệt tiêu. Nói cách khác, trường được tạo ra bởi các cuộn dây giữ trong trường hợp 3 ở $t=0$ bây giờ bằng với trường được tạo ra bởi cả hai cuộn dây giữ và các dòng điện xoáy trong trường hợp 1 ở $t=200$ ms. Việc này dẫn đến plasma mà rất giống với trường hợp 1 (bán kính 38 cm, độ giãn dài 2,5), nhưng các dòng điện xoáy đã được làm giảm bởi hệ số 10. Sự tiến triển tiếp theo của plasma này do đó bị ảnh hưởng ít hơn nhiều bởi các dòng điện xoáy thành và do đó điều khiển và dự báo dễ dàng hơn. Hơn nữa, bằng cách điều chỉnh các dòng điện thành được tạo ra từ trước cùng với các cuộn dây giữ, bán kính tách plasma có thể được điều khiển một cách trực tiếp.

Các ưu điểm khác

Để làm ổn định vị trí hoặc hình dạng FRC, các kết cấu thụ động trong thùng dẫn điện, đối xứng trục, có thể được sử dụng. Nếu các dòng điện xoáy được tạo ra từ trước ở các kết cấu thụ động trong thùng theo cách như được mô tả ở trên, các kết cấu thụ động trong thùng có thể được lắp đặt mà không ảnh hưởng đến hình dạng và kết cấu plasma ban đầu. Mặt khác, nếu dòng điện không được tạo ra từ trước, việc lắp đặt các kết cấu thụ động trong thùng sẽ làm giảm bán kính FRC và do đó làm giảm việc ghép giữa các kết cấu thụ động trong thùng và plasma đến xấp xỉ cùng cường độ ghép mà trước đó giữa thành của thùng và plasma, bỏ qua nhiều ưu điểm của việc lắp đặt các thành phần bổ sung trong thùng.

Việc tương tự áp dụng để điều khiển các cuộn dây. Trong đó các cuộn dây thùng cũ có việc ghép plasma không đủ để làm ổn định các sự bất ổn định plasma và các cuộn dây trong thùng được sử dụng, các cuộn dây trong thùng cần phải được bảo vệ khỏi plasma thường là với thành bên trong bổ sung. Nếu các dòng điện xoáy ở thành cuộn dây trong thùng này không bị triệt tiêu, chúng sẽ làm giảm bán kính plasma và sẽ làm giảm sự tăng lên được dự định trong việc ghép plasma cuộn dây. Do đó, việc triệt tiêu các dòng điện xoáy làm tăng việc ghép giữa các cuộn dây và plasma, và do đó làm giảm cả yêu cầu dòng điện và điện áp đối với việc điều khiển các cuộn dây.

Do hình dạng 3D của thùng, các dòng điện thành được tạo ra bất kỳ sẽ phá vỡ

sự đối xứng trục và một cách tiềm năng làm giảm việc giữ, kích thích các sự bất ổn định, hoặc nếu không thì làm giảm hiệu suất. Các cuộn hiệu chỉnh trường lỗi có thể được sử dụng để làm giảm số lượng cố định các sóng hài cụ thể, nhưng tự chúng không đối xứng trục và do đó còn phóng đại các sóng hài dải biên khác. Ngược lại, việc triệt tiêu các dòng điện xoáy như được mô tả ở trên đòi hỏi chỉ các cuộn dây đối xứng trục, dẫn đến các sóng hài dải biên ít hơn, và không đòi hỏi các dòng điện bất kỳ trong các cuộn dây sau khi plasma được tạo ra.

Tóm lại, các hệ thống và các phương pháp được đề xuất được đề cập trong bản mô tả này làm tăng cơ hội làm ổn định các sự bất ổn định plasma; làm tăng hiệu quả của các hệ thống điều khiển plasma bằng cách cải thiện việc ghép vào thành, làm giảm biên độ của các trường 3D phá vỡ sự cân đối, và giảm độ phức tạp của các hệ thống thời gian thực. Lên đến một mức độ nào đó, toàn bộ các ưu điểm này có thể còn được thực hiện với chi phí rất thấp bằng cách tái sử dụng các hệ thống cuộn dây hiện có. Các kết quả tốt nhất có thể đạt được bằng cách tính đến việc triệt tiêu dòng điện xoáy nhằm sắp đặt và thiết kế cuộn dây.

Các phương án để làm ví dụ được đề xuất trong bản mô tả này làm giảm một cách thuận tiện các trường bên ngoài thay đổi theo thời gian do sự suy sụp các dòng điện xoáy, mà cản trở việc điều khiển plasma; làm giảm các hiệu quả phá vỡ sự cân đối của thành không đối xứng trục (vì cả hai dòng điện xoáy được tạo ra từ trước và được tạo ra do sự dịch chuyển có kết cấu 3D giống nhau, các trường 3D được làm giảm mà không cần các cuộn dây không đối xứng trục) và có thể khiến cho việc lắp đặt các kết cấu trong thùng ăn khớp khít, đối xứng trục để làm tăng sự ổn định thụ động của các sự bất ổn định đối xứng trục và không đối xứng trục.

Tuy nhiên, các phương án để làm ví dụ được đề xuất trong bản mô tả này, chỉ được dự định như các ví dụ minh họa và không phải để giới hạn theo cách bất kỳ.

Trong phần mô tả nêu trên, sáng chế đã được mô tả có dựa vào các phương án cụ thể. Tuy nhiên, sẽ là hiển nhiên là các cải biến và các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện ở đây mà không lệch khỏi nguyên lý và phạm vi rộng của sáng chế. Ví dụ, người đọc hiểu rằng việc yêu cầu và việc kết hợp cụ thể của các hoạt động xử lý được thể hiện trong các sơ đồ dòng xử lý được mô tả trong bản mô tả này chỉ là minh họa, trừ khi nếu không thì được chỉ ra, và sáng chế có thể được thực hiện bằng cách áp

dụng các hoạt động xử lý khác nhau hoặc bổ sung, hoặc sự kết hợp hoặc yêu cầu khác nhau của các hoạt động xử lý. Dưới dạng ví dụ khác, mỗi dấu hiệu của một phương án có thể được trộn và được làm phù hợp với các dấu hiệu khác được thể hiện theo các phương án khác. Các dấu hiệu và các quy trình là đã biết với các người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể được kết hợp một cách tương tự nếu muốn. Hơn nữa và rõ ràng là, các dấu hiệu này có thể được bổ sung hoặc loại bỏ nếu muốn. Do đó, sáng chế không bị hạn chế ngoại trừ theo các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp làm giảm các dòng điện xoáy không mong muốn được tạo ra ở thành của thành thùng giữ plasma, phương pháp này bao gồm các bước: giữ các cuộn dây được định vị quanh thành của thùng giữ plasma ở dòng điện không đổi để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành của thùng giữ plasma, phun thông lượng vào thành của thùng giữ plasma từ việc tạo thành của plasma cấu hình trường đảo (field reversed configuration - FRC) trong thùng giữ plasma để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma, trong đó bộ dòng điện xoáy thứ nhất được tạo ra trước khi bộ dòng điện xoáy thứ hai và có sự phân bố gần như bằng và ngược về dấu với sự phân bố của bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma để gần như triệt tiêu bộ dòng điện xoáy thứ hai dựa vào việc tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tạo ra các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma bao gồm các bước làm dốc lên dòng điện ở các cuộn dây quanh thành của thùng giữ plasma ngay trước khi tạo ra plasma FRC trong thùng giữ plasma và giữ các cuộn dây quanh thành ở dòng điện không đổi để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tạo ra các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma bao gồm các bước:

làm dốc lên và giữ các cuộn dây quanh thành của thùng giữ plasma ở dòng điện không đổi cho đến khi toàn bộ các dòng điện xoáy suy sụp ở thành, và

ngắt dòng điện đến các cuộn dây để cho phép bộ dòng điện xoáy thứ nhất kích thích ở thành của thùng giữ plasma lưu giữ thông lượng từ suốt thành.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước tạo ra plasma FRC trong thùng giữ plasma bao gồm bước dịch chuyển một hoặc nhiều plasma FRC trong thùng giữ plasma, trong đó các plasma FRC dịch chuyển phun thông lượng vào thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma làm giảm biên độ

của các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma ngược về phía không.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó các plasma FRC được dịch chuyển từ các phần tạo thành đối diện gắn vào các đầu đối diện của thùng giữ plasma.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó các plasma FRC được tạo ra ở các phần tạo thành đối diện và được dịch chuyển vào trong thùng giữ plasma.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tạo ra plasma FRC trong thùng giữ plasma bao gồm bước dịch chuyển một hoặc nhiều plasma FRC vào trong thùng giữ plasma, trong đó các plasma FRC dịch chuyển phun thông lượng vào thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma làm giảm biên độ của các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma ngược về phía không.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó các plasma FRC được dịch chuyển từ các phần tạo ra đối diện được gắn vào các đầu đối diện của thùng giữ plasma.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó các plasma FRC được tạo ra ở các phần tạo thành đối diện và được dịch chuyển vào trong thùng giữ plasma.

10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tạo ra các dòng điện xoáy trong kết cấu dẫn bao gồm các bước làm dốc lên và giữ các cuộn dây quanh thành của thùng giữ plasma ở dòng điện không đổi để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành của thùng giữ plasma, và dịch chuyển một hoặc nhiều plasma FRC vào trong thùng giữ plasma, trong đó các plasma FRC dịch chuyển phun thông lượng vào trong thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma làm giảm biên độ của các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma ngược về phía không.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó các plasma FRC được dịch chuyển từ các phần tạo ra đối diện được gắn vào các đầu đối diện của thùng giữ plasma.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó các plasma FRC được tạo ra ở các phần tạo thành đối diện và được dịch chuyển vào trong thùng giữ plasma.

13. Hệ thống làm giảm các dòng điện xoáy không mong muốn được tạo ra ở thành thùng của thùng giữ plasma, hệ thống này bao gồm: thùng giữ plasma có thành và phần trong, một hoặc nhiều phần tạo thành mỗi phần được gắn vào đầu độc lập của thùng giữ plasma, nhiều cuộn dây được định vị quanh thành của thùng giữ plasma, và hệ thống điều khiển được ghép vào nhiều cuộn dây và được tạo kết cấu để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành của thùng giữ plasma trước khi bộ dòng điện xoáy thứ hai được tạo ra ở thành của thùng giữ plasma, trong đó bộ dòng điện xoáy thứ nhất có sự phân bố gần như bằng và ngược về dấu với sự phân bố của bộ dòng điện xoáy thứ hai để gần như triệt tiêu bộ dòng điện xoáy thứ hai dựa vào việc tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma, trong đó hệ thống điều khiển được tạo kết cấu để giữ nhiều cuộn dây ở dòng điện không đổi để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành của thùng giữ plasma, trong đó hệ thống điều khiển còn được tạo kết cấu để tạo ra plasma cấu hình trường đảo (FRC) trong thùng giữ plasma bằng cách dịch chuyển một hoặc nhiều plasma FRC vào trong thùng giữ plasma, trong đó plasma dịch chuyển phun thông lượng vào trong thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma.

14. Hệ thống theo điểm 13, trong đó hệ thống điều khiển còn được tạo kết cấu để làm dốc lên và giữ nhiều cuộn dây ở dòng điện không đổi cho đến khi toàn bộ dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma suy sụp, và sau đó ngắt dòng điện đến nhiều cuộn dây để cho phép bộ dòng điện xoáy thứ nhất kích thích ở thành của thùng giữ plasma lưu giữ thông lượng suốt thùng giữ plasma.

15. Hệ thống theo điểm 14, trong đó hệ thống điều khiển còn được tạo kết cấu để dịch chuyển plasma FRC từ phần tạo thành vào trong phần trong của thùng giữ plasma, trong đó plasma FRC dịch chuyển phun thông lượng vào trong thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma làm giảm

biên độ của các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma ngược về phía không.

16. Hệ thống theo điểm 13, trong đó hệ thống điều khiển còn được tạo kết cấu để làm dốc lên và giữ nhiều cuộn dây ở dòng điện không đổi để tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ nhất ở thành của thùng giữ plasma.

17. Hệ thống theo điểm 16, trong đó hệ thống điều khiển còn được tạo kết cấu để dịch chuyển plasma FRC từ phần tạo thành vào trong phần trong của thùng giữ plasma, trong đó plasma FRC dịch chuyển phun thông lượng vào trong thành của thùng giữ plasma mà tạo ra bộ dòng điện xoáy thứ hai ở thành của thùng giữ plasma làm giảm biên độ của các dòng điện xoáy ở thành của thùng giữ plasma ngược về phía không.

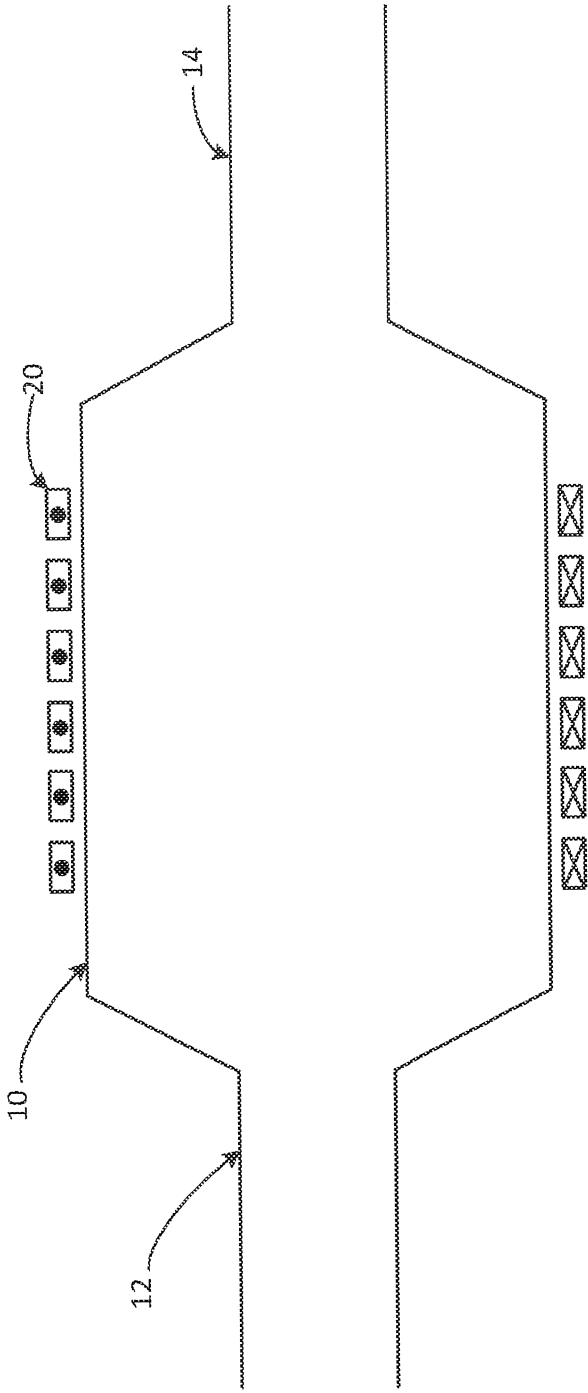


Fig. 1

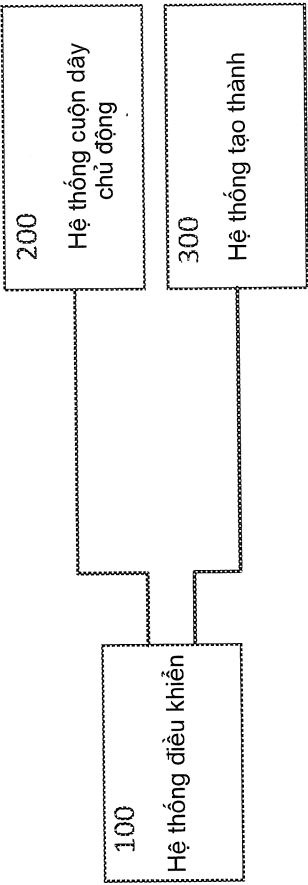


Fig. 1A

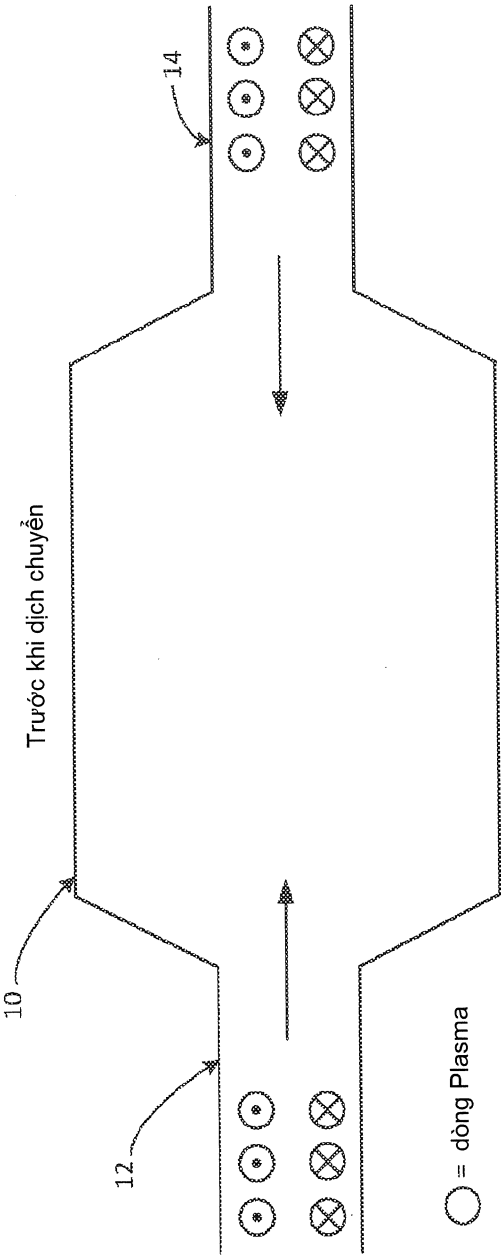


Fig.2

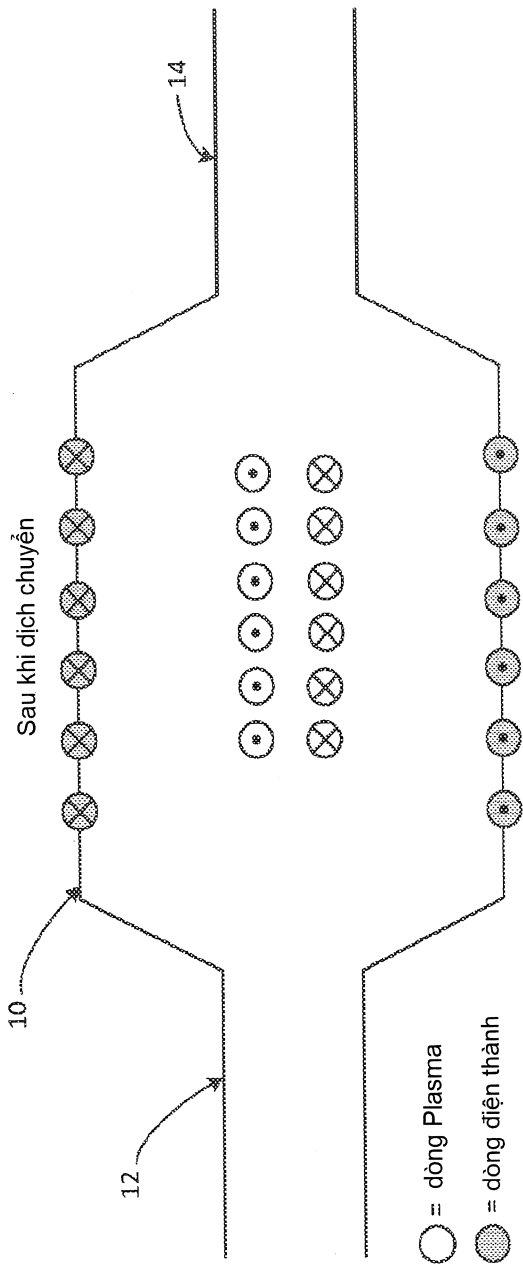


Fig.3

3/5

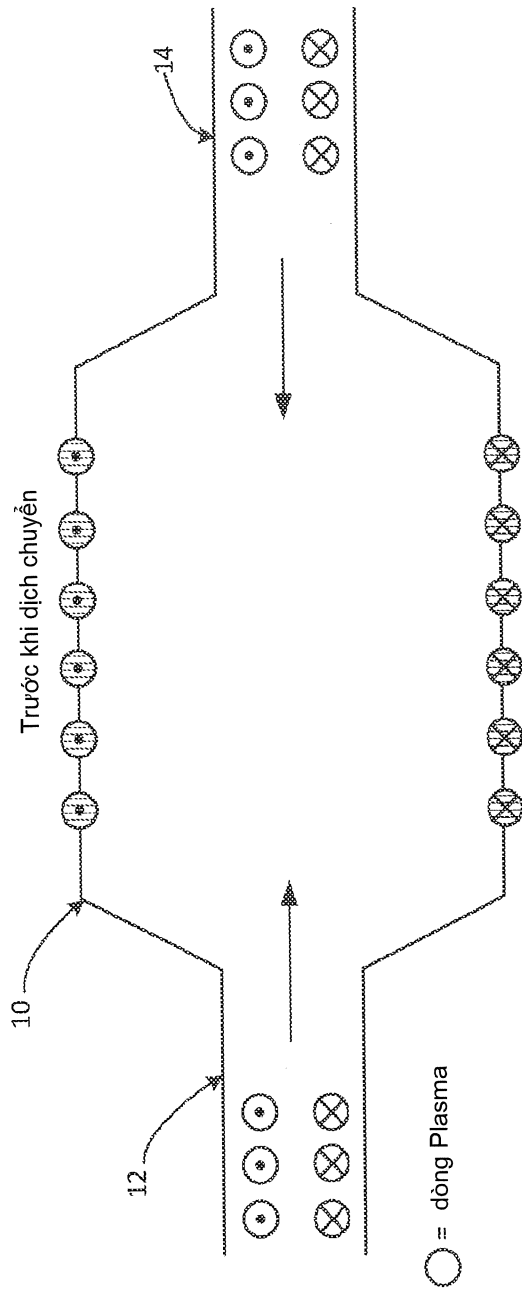


Fig.4

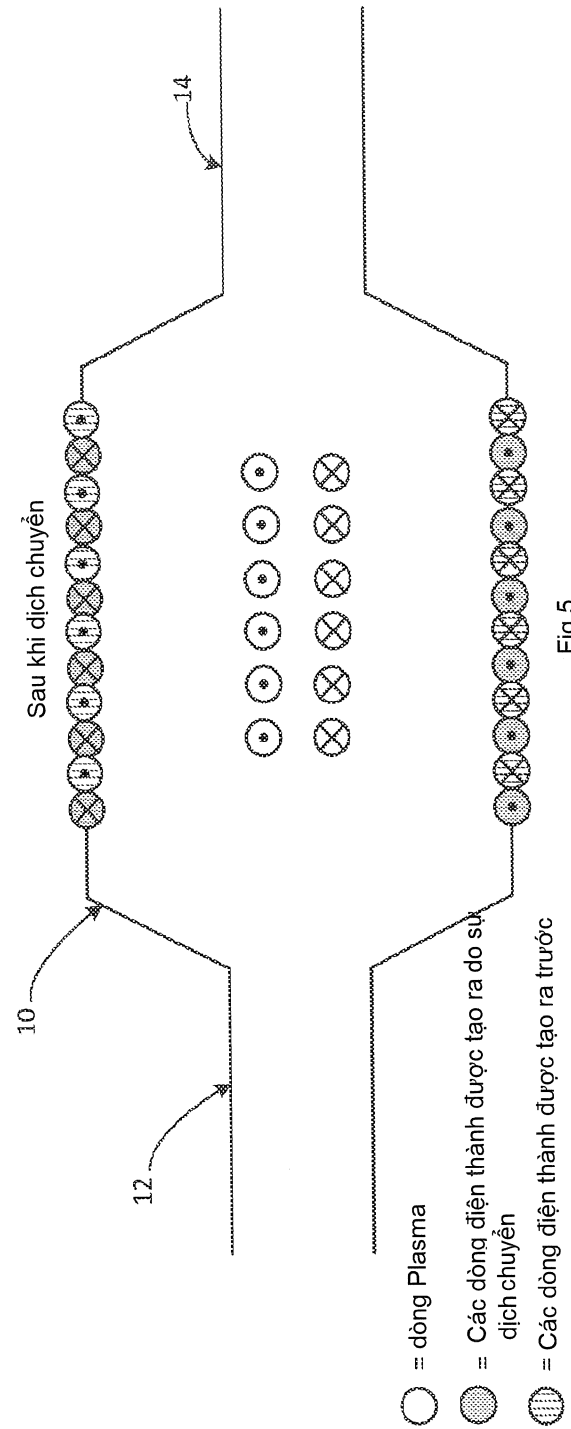


Fig.5

4/5

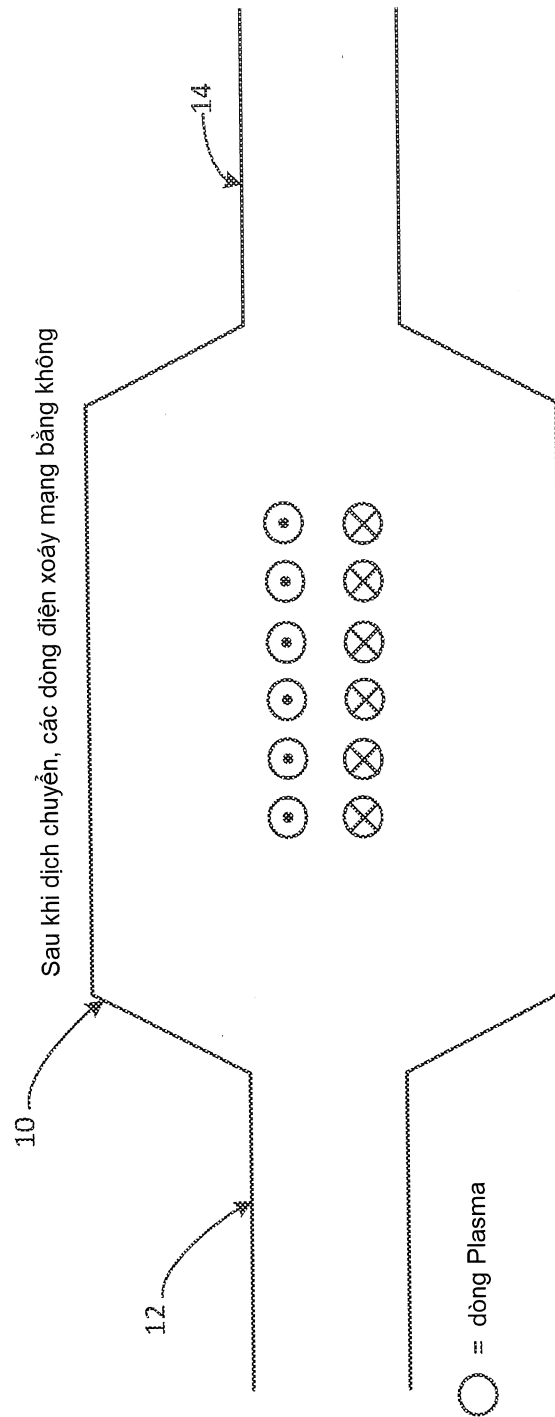


Fig.6

5/5

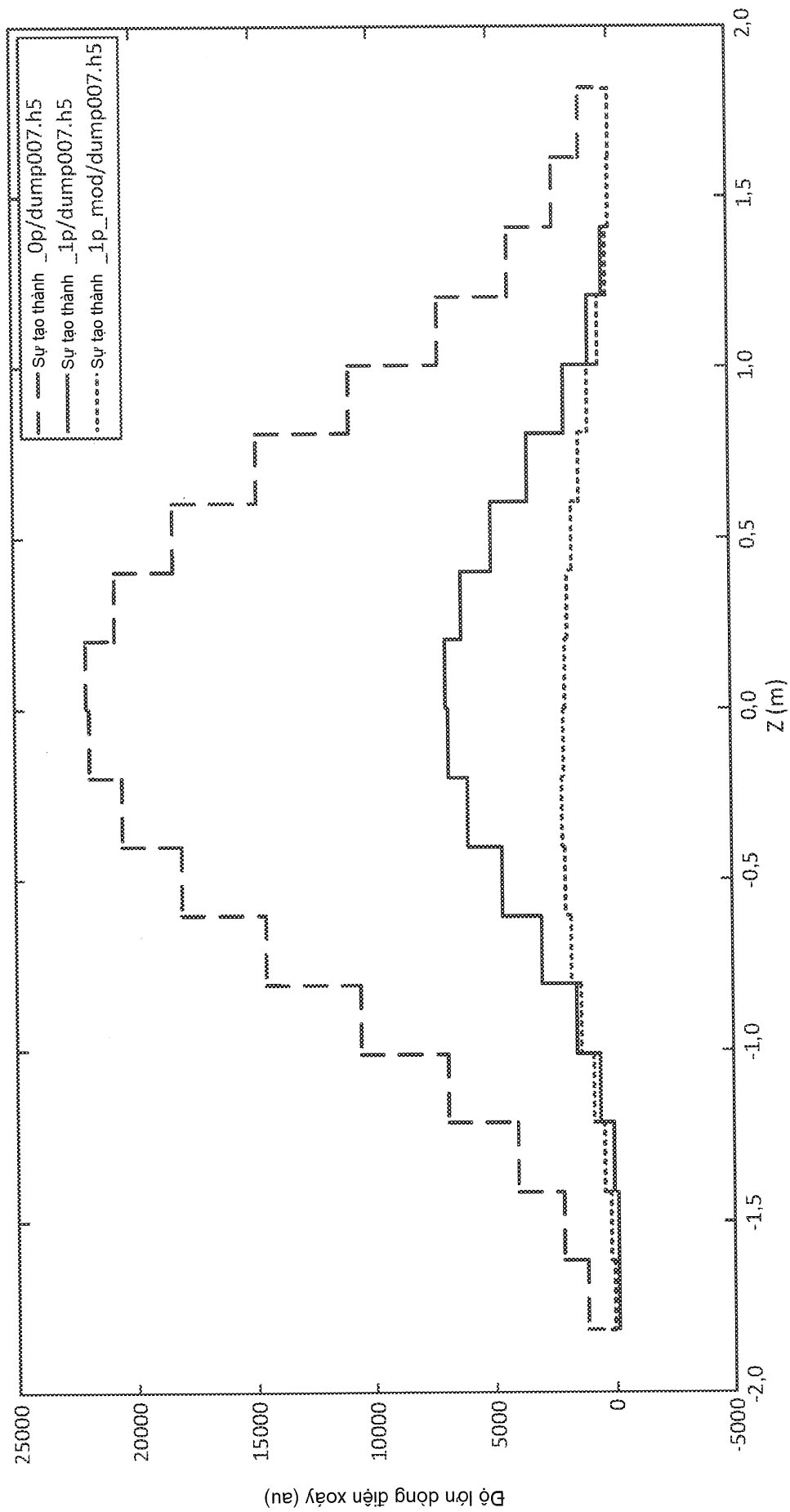


Fig.7