



(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)



1-0027361

(51)⁷ H05H 1/46; H01J 37/32

(13) B

(21) 1-2015-00765

(22) 04/09/2013

(86) PCT/FR2013/052035 04/09/2013

(87) WO2014/041280 20/03/2014

(30) 1258495 11/09/2012 FR

(45) 25/02/2021 395

(43) 25/06/2015 327A

(73) H.E.F. (FR)

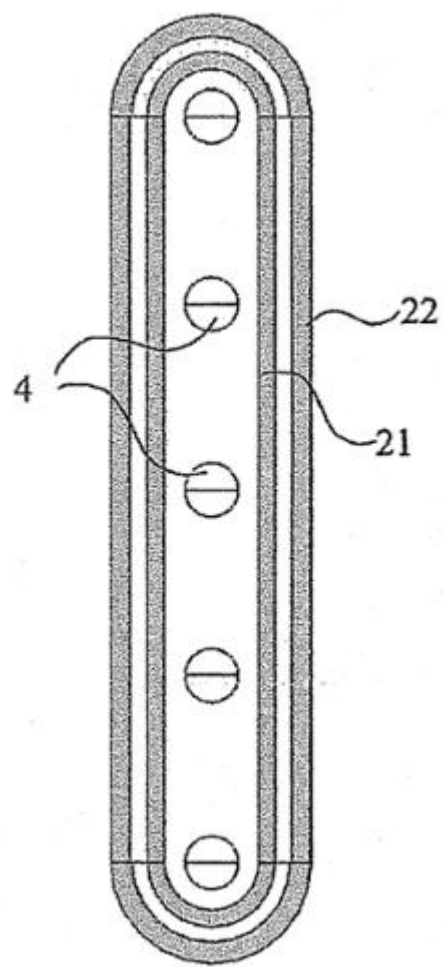
Rue Benoit Fourneyron F-42160 Andrezieux Boutheon, France

(72) SCHMIDT, Beat (CH); HEAU, Christophe (FR); MAURIN-PERRIER, Philippe (FR).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) THIẾT BỊ TẠO PLASMA TẦM RỘNG DỌC TRỤC BẰNG PHƯƠNG PHÁP
CỘNG HƯỞNG ELECTRON XICLOTRON (ECR) TỪ MÔI TRƯỜNG KHÍ

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị tạo plasma, thiết bị này bao gồm ít nhất hai ống dẫn sóng đồng trục (4), mỗi trong số các ống dẫn sóng này đều bao gồm ống dẫn trung tâm (1) và ống dẫn ngoài (2) để đưa các sóng cực ngắn vào buồng xử lý, thiết bị này khác biệt ở chỗ, ít nhất hai ống dẫn sóng (4) phóng sóng điện từ được kết hợp với mạch từ (21-22) kéo dài theo một hướng, mạch từ này bao quanh các ống dẫn sóng bằng cách tạo ra từ trường có khả năng gây ra điều kiện ECR (Electron Cyclotron Resonance - cộng hưởng electron xiclotron) gần các ống dẫn sóng.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực kĩ thuật tạo plasma bằng phương pháp cộng hưởng electron xiclotron (Electron Cyclotron Resonance - ECR) từ môi trường khí, cụ thể sáng chế đề cập đến lĩnh vực kĩ thuật xử lý bề mặt trong chân không.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Như người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kĩ thuật này đã biết rõ, sự cộng hưởng electron xiclotron xảy ra khi sóng điện từ và từ trường tĩnh đủ mạnh, để tần số chuyển động xoáy của các electron quanh các đường từ trường bằng với tần số sóng, được tác động cùng lúc. Do đó, các electron có thể hấp thụ năng lượng sóng để sau đó truyền năng lượng này cho chất khí để tạo thành plasma. Plasma sinh ra do sự cộng hưởng electron xiclotron này có thể được sử dụng để xử lý bề mặt của các bộ phận bằng kim loại hoặc phi kim, chẳng hạn để làm sạch các bộ phận bằng cách ăn mòn ion, hỗ trợ ion cho phương pháp PVD (Physical Vapor Deposition - lắng đọng hơi vật lý), hoạt hoá các dạng khí để tạo ra các lớp phủ PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition - lắng đọng hơi vật lý bằng plasma), v.v.. Các phương pháp xử lý bằng plasma này có thể được sử dụng, ví dụ, trong lĩnh vực cơ khí, quang học, bảo vệ ăn mòn hoặc xử lý bề mặt để sản xuất năng lượng.

Hiện nay, nhiều phương pháp xử lý bằng plasma yêu cầu phải có nguồn plasma với tầm rộng dọc trục. Một cách để tạo ra plasma tầm rộng là đặt vài nguồn plasma có kích thước nhỏ cạnh nhau. Phương pháp này đã được bộc lộ, ví dụ, trong sáng chế EP số 1075168, trong đó plasma được tạo ra bằng cách đặt vài nguồn ECR lưỡng cực cạnh nhau, nhờ đó tạo ra hệ thống đa lưỡng cực. Hệ thống được mô tả trong sáng chế này được thể hiện trên Fig.1. Phương pháp cộng hưởng electron xiclotron (ECR) tại các tần số vi sóng là một công nghệ đã được áp dụng tốt đối với các nguồn này do sự phân phối năng lượng có thể được thực hiện dễ dàng. Tuy nhiên, nếu chỉ đặt các nguồn cạnh nhau như vậy thì sẽ khó đạt được sự đồng nhất. Ngoài ra, cấu tạo lưỡng cực của các nguồn này không cho phép hướng plasma về phía các đế cần xử lý, từ đó gây ra sự tổn thất plasma

đáng kể về phía các vách. Những tổn thất này tương ứng với sự tổn thất năng lượng, làm hạn chế tốc độ lắng đọng.

Các nguồn ECR khác thì có cấu tạo từ tính để giảm bớt các tổn thất bằng cách hướng plasma hơn về phía các đế cần xử lý. Đây là trường hợp, ví dụ, nguồn như được mô tả trong tài liệu sáng chế số WO 2008/017304 (Fig.2). Như được mô tả trong tài liệu sáng chế này, một vài trong số các nguồn được đặt cạnh nhau này sẽ cho phép xử lý qua một chiều rộng lớn hơn kích thước của mỗi nguồn. Tuy nhiên, hệ thống này vẫn không thể cho phép xử lý đồng đều ở mức độ đủ tốt, vì sẽ có sự sụt giảm mật độ plasma tại nơi các nguồn giao nhau, do sự tương tác từ trường giữa các nguồn.

Cũng đã có các nguồn plasma ECR khác kéo dài đáng kể theo một hướng. Các nguồn này được mô tả trong các tài liệu sáng chế số DE 4136297, DE 19812558, và WO 2005/027595. Điểm chung của các nguồn này là plasma thực sẽ tạo thành một phần của ống dẫn ngoài của cấu trúc đồng trục hay của ống dẫn sóng rỗng. Fig.3, vốn tương ứng với giải pháp của sáng chế DE 19812558, thể hiện cấu tạo của nguồn này. Nguồn theo sáng chế DE 4136297 bao gồm hình trụ rỗng làm bằng vật liệu điện môi để phân cách bên trong của ống dẫn sóng khỏi plasma. Nhược điểm của phần tử này là bất kì chất lắng dẫn điện nào trên bề mặt của nó cũng sẽ ngăn cản sự tạo thành plasma. Nguồn này sẽ không thể được sử dụng để, ví dụ, tẩy các bộ phận kim loại, vì hơi kim loại trong quá trình tẩy sẽ làm bẩn chất điện môi. Mặc dù các nguồn được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế số DE 19812558 và WO 2005/027595 có thể gây bẩn ít hơn, nhưng chúng cũng không tối ưu hoá được luồng plasma về phía các bộ phận cần xử lý.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế nhằm khắc phục các nhược điểm nêu trên một cách đơn giản, chắc chắn, hiệu quả và hợp lý.

Sáng chế đề xuất nguồn plasma thẳng có độ đồng nhất tốt, để hướng plasma về phía các đế cần xử lý, nhờ đó giảm sự tổn hao về phía các vách, và có thể được làm cho không nhạy cảm đối với bất kì chất lắng dẫn điện nào hình thành tại bề mặt của nó.

Để khắc phục vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất thiết bị tạo plasma nhờ sự cộng hưởng electron xyclotron (ECR) từ môi trường khí, thiết bị này bao gồm ít nhất hai ống dẫn sóng đồng trục, gồm ống dẫn trung tâm và ống dẫn ngoài, để đưa vi sóng vào buồng xử lý, thiết bị này khác biệt ở chỗ, ít nhất hai ống phóng sóng điện từ được kết hợp với

mạch từ kéo dài theo một hướng, mạch từ này bao quanh các ống dẫn sóng bằng cách tạo ra từ trường có khả năng gây ra điều kiện ECR gần các ống dẫn sóng. “Gần” có nghĩa là vùng ECR càng gần với ăng ten càng tốt mà đường từ trường đi qua vùng ECR này không bị chặn bởi ăng ten của ống phóng.

Đặc điểm này làm cho luồng phóng sóng điện từ tập trung vào một đầu nhờ sự trôi electron (như được thể hiện bằng hình mũi tên 50 trên Fig.4) trong hệ từ trường 20 bao quanh các ống phóng 4, trong đó ống phóng 4 được tạo ra từ ống dẫn sóng đồng trục (1)-(2) và ăng ten (5-6 hoặc 7). “Trôi” là hiện tượng chuyển động chậm của các electron vuông góc với các đường lực trường (40). Sự chuyển động này được gây ra bởi gradien và sự uốn cong của các đường lực trường này. Thực tế, không gian giữa hai ống phóng sẽ tiếp nhận, nhờ sự trôi dạt, các electron nóng đến từ các vùng cộng hưởng của hai ống phóng. Trong quá trình trôi dạt, các electron sẽ mất đi năng lượng của chúng bằng cách tạo ra các ion. Tỷ lệ ion hoá càng giảm khi càng cách xa ống phóng, nhưng hai luồng trôi dạt ngược nhau sẽ bổ sung cho nhau, do đó cường độ của nguồn sẽ biến thiên ít theo vị trí dọc theo phía dài hơn của nó.

Để khắc phục vấn đề hình thành bẫy từ đối với các electron để hạn chế sự tổn thất của chúng, thì mạch từ có hai cực với cực tính ngược nhau, gần các ống dẫn sóng. Cực thứ nhất tạo thành đường thứ nhất bao quanh (các) ống dẫn sóng, còn cực thứ hai tạo thành đường thứ hai bao quanh đường thứ nhất.

Cần lưu ý rằng các ống phóng sóng theo sáng chế được tạo ra từ các ống dẫn đồng trục có ống dẫn trung tâm của chúng kết thúc tại ăng ten. Việc hệ thống này có thể hoạt động vì mạch từ kéo dài theo một hướng, chẳng hạn như được nêu ở các điểm yêu cầu bảo hộ, không cho phép vùng ECR bao quanh điểm phóng, ví dụ, như trường hợp đối với nguồn theo tài liệu sáng chế WO 2008/017304 nêu trên, không phải là điều hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Thực tế, quá trình truyền năng lượng đến plasma trở nên khó khăn hơn, do thứ nhất là thể tích ECR gần các ống phóng là nhỏ hơn, và thứ hai là môi trường của ăng ten là không đồng nhất, cụ thể là sóng đi từ ống dẫn có tính đối xứng quay vào môi trường (plasma) không có tính đối xứng này, do đó, sóng sẽ bị phản xạ một phần. Điều thứ hai này là một vấn đề bởi vì hệ thống sẽ trải qua quá trình chuyển tiếp khi xuất hiện plasma: trước khi xuất hiện plasma thì môi trường (chân không) là đồng nhất, nhưng sau đó thì không còn đồng nhất nữa. Quá trình chuyển tiếp này gây ra sự thay đổi trở kháng khó kiểm soát. Các ống phóng thường được trang bị

thiết bị so khớp trở kháng, nhưng các thiết bị này thường được vận hành thủ công và không điều chỉnh được trong quá trình xử lý.

Vì các lý do này nên cần phải phát triển các hình dạng khác nhau của các ăng ten vốn được làm thích ứng với thiết bị hoạt động với hệ từ kéo dài.

Để thực hiện mục đích này, theo phương án thứ nhất của sáng chế, ống dẫn trung tâm có đĩa đồng tâm có đường kính lớn hơn miệng của ống dẫn sóng để bảo vệ bên trong của ống dẫn sóng, được đặt càng gần vùng ECR càng tốt, và trên cùng của nó có thanh được bố trí đồng trục với ống dẫn trung tâm.

Theo phương án thứ hai, ống dẫn trung tâm được kết thúc bằng tấm kéo dài theo trục dài nhất của mạch từ, một trong số các đầu ít nhất của tấm này được lắp khớp để được đặt tiếp xúc với bề mặt của nguồn để gây ra sự ngắn mạch, chiều rộng của tấm này lớn hơn miệng ống dẫn sóng.

Chiều rộng của tấm này là không đổi dọc theo suốt chiều dài của nó, hoặc chiều rộng tấm là giảm dần khi càng cách xa ống dẫn trung tâm, và theo ít nhất một phía của ống dẫn.

Dựa trên các đặc điểm nêu trên của sáng chế, thiết bị này có thể được áp dụng trong trường hợp buồng xử lý bao gồm thân có mạch làm mát, thân này bao gồm vỏ để lắp mạch từ kéo dài được tạo ra từ đường nam châm thứ nhất theo sự phân cực thứ nhất và đường nam châm thứ hai theo sự phân cực ngược với và bao quanh đường nam châm thứ nhất, vốn bao quanh các ống dẫn sóng được lắp trong các lỗ được tạo ra xuyên qua chiều dày thân, đường nam châm thứ nhất và đường nam châm thứ hai được nối với nhau ở phía đối diện với plasma, bằng tấm sắt từ, thân và hệ từ này được phân cách khỏi plasma bằng tấm chắn phi từ.

Tính đến các hình dạng khả thi khác nhau của các ăng ten, để áp dụng chúng vào hoạt động của hệ từ kéo dài này thì:

ống dẫn trung tâm của mỗi ống dẫn là thanh hình trụ được đặt tại tâm so với ống dẫn ngoài vốn được lồng vào thân với tiếp điểm điện tốt, cửa sổ điện môi được đặt bên trong ống dẫn bên dưới miệng được che bằng đĩa với thanh này được đặt ở trên cùng để sử dụng làm ăng ten.

hoặc ống dẫn trung tâm của mỗi ống dẫn là thanh hình trụ được đặt tại tâm so với các ống dẫn ngoài vốn được lồng vào thân bằng cách tạo ra tiếp điểm điện tốt, của sổ điện môi được đặt bên trong ống dẫn bên dưới miệng, vốn được che bằng tấm kéo dài dọc trục của các ống phóng, kết cấu kéo dài này là bất đối xứng qua ống dẫn trung tâm đối với ống dẫn sóng nằm tại đầu bo tròn của mạch từ, kết cấu kéo dài này, chỉ theo hướng của đầu đối diện, là đối xứng qua ống dẫn trung tâm đối với ống dẫn sóng nằm tại phần thẳng của mạch từ, mỗi phần kéo dài đều có cơ cấu được sử dụng làm cơ cấu ngăn mạch.

Mô tả văn tắt hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là lược đồ thể hiện hệ thống theo giải pháp được mô tả trong sáng chế EP 1075168.

Fig.2 là lược đồ thể hiện hệ thống theo giải pháp được mô tả trong tài liệu sáng chế WO 2008/017304.

Fig.3 là lược đồ thể hiện hệ thống theo giải pháp được mô tả trong sáng chế DE 19812558.

Fig.4 là lược đồ thể hiện nguyên lý của sáng chế.

Fig.5A và Fig.5B là hình thể hiện các phương án khả thi của cơ cấu từ tính theo sáng chế.

Fig.6 là hình thể hiện hình dạng thứ nhất của ăng ten theo sáng chế.

Fig.7A, Fig.7B và Fig.7C là các hình thể hiện các hình dạng khác của các ăng ten theo sáng chế.

Fig.8 là hình phối cảnh mặt cắt của đầu vào vi sóng theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.9 là hình phối cảnh mặt cắt tại mặt phẳng của các ống phóng vi sóng và mặt cắt thứ hai giữa hai ống phóng vuông góc với mặt phẳng này, theo phương án thứ hai của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nguyên lý cơ bản của sáng chế, tức mạch từ kéo dài bao quanh một số ống phóng vi sóng, được thể hiện dưới dạng lược đồ trên Fig.4 và Fig.5.

Xung quanh bề mặt nguồn, mạch từ này có hai cực với cực tính ngược nhau để tạo thành bẫy từ đối với các electron. Cực thứ nhất tạo thành đường thứ nhất 21 bao quanh ống phóng sóng điện từ 4, và cực thứ hai tạo thành đường thứ hai 22 bao quanh đường thứ nhất này.

Fig.5 thể hiện hai dạng khả thi của mạch từ này. Dạng thứ nhất (Fig.5A) có ưu điểm là dễ được tạo ra hơn, nhưng vùng ECR lại là tiếp tuyến với các ống phóng ở phần thẳng. Dạng thứ hai (Fig.5B) cố gắng tối ưu thể tích ECR gần các ống phóng.

Bằng cách thiết đặt lực tương đối của 2 cực của cơ cấu từ tính này thì có thể hướng luồng plasma về phía các đế cần xử lý. Ví dụ, bằng cách gia cố cực ngoài của mạch từ 22, thì 2 dải plasma sẽ được làm đồng quy từ phần thẳng vào không gian đẳng trước nguồn, điều này cho phép tăng tốc độ xử lý tại vị trí này. Điều này có ích khi giảm các tổn hao ngang nếu các vách của buồng chân không gần nhau. Tuy nhiên, nếu cực đẳng trong của mạch từ 21 được gia cố, thì 2 dải plasma sẽ dịch khỏi nhau theo chiều ngang. Trong một số trường hợp, điều này có thể là ưu điểm, ví dụ, đối với bề mặt xử lý hình trụ mà 2 vùng xử lý tiếp tuyến với bề mặt hình trụ này có thể được tạo ra.

Các ống phóng sóng được tạo ra bởi các ống dẫn đồng trục có ống dẫn trung tâm của chúng kết thúc tại ăng ten.

Sáng chế đề xuất hai cách để tối ưu hình dạng của các ăng ten.

Sau đây là các ví dụ về nguồn plasma bao gồm các ống dẫn sóng đồng trục, với các ống dẫn ngoài có đường kính trong là 17 mm và các ống dẫn trong có đường kính ngoài là 8 mm.

Theo phương án thứ nhất, như được thể hiện trên Fig.6, ống dẫn trung tâm 1 mở rộng trước hết ở đĩa 5. Đĩa này có đường kính lớn hơn so với miệng của các ống dẫn 1, 2 để cho phép bảo vệ bên trong của ống dẫn khỏi các chất có thể lắng và đưa sóng đến gần vùng ECR nhất có thể. Thực tế, mép của nó nằm cách khỏi vùng ECR vài mili mét. Đĩa này có độ dày khoảng vài mili mét, thường là từ 1 mm đến 5 mm, và cùng với bề mặt nguồn tạo thành khe rộng vài mili mét, tốt hơn nếu từ 2 mm đến 5 mm. Trên cùng của đĩa này được đặt thanh 6, vốn tiếp tục ống dẫn trung tâm 1. Thanh này có độ dài nằm trong

khoảng từ $\lambda/8$ đến $\lambda/2$, với λ là bước sóng của vi sóng. Độ dài chính xác của nó phụ thuộc vào đường kính đĩa và hình dạng của vùng ECR. Ăng ten được tối ưu hoá bằng cách điều chỉnh độ dài của thanh này. Ví dụ, theo một phương án mà trong đó đĩa có đường kính 25 mm, thì độ dài tối ưu của thanh này nằm trong khoảng từ 30 mm đến 35 mm đối với bước sóng 122,4 mm (tần số 2,45 GHz). Do đó, ăng ten này tạo ra sự bắt cặp tốt giữa vi sóng và plasma mà không phụ thuộc vào tính đối xứng quay của nó. Chức năng của thanh này là làm cho trở kháng của chân không khớp với trở kháng của plasma.

Theo phương án thứ hai, ống dẫn trung tâm kết thúc tại tấm 7 có độ dày vài mili mét, và lần này nó không có tính đối xứng quay, mà được kéo dài theo trục dài nhất của hệ từ (Fig.7A-Fig.7B). Theo chiều rộng, tấm này kéo dài quá miệng của ống dẫn sóng và kết thúc cách vùng ECR vài mili mét. Tổng độ dài của nó nằm trong khoảng từ $\lambda/4$ đến λ . Bằng cách điều chỉnh độ dài này thì có thể tối ưu hoá trạng thái bắt cặp về phía plasma. Tại các đầu của nó, tấm này được đặt tiếp xúc với bề mặt của nguồn để tạo ra cơ cấu ngắn mạch (8), nhờ đó tránh bức xạ các vi sóng (sóng cực ngắn) về phía các tấm lân cận. Tình trạng ngắn mạch này làm cho sóng sinh ra nút trong điện trường tại vị trí này. Sóng này phản xạ và quay trở về điểm phóng. Khoảng cách giữa điểm phóng và điểm trở về đất sẽ quyết định pha của sóng phản xạ khi nó tới điểm phóng. Bằng cách thay đổi khoảng cách này thì có thể điều chỉnh pha này đến bằng pha của sóng được plasma phản xạ. Phương án “tự nhiên” có thể là phương án mà trong đó tổng độ dài của tấm bằng $\lambda/2$, tức 61 mm đối với tần số 2,45 GHz, với độ dài này sẽ tạo thành sóng dừng giữa 2 đầu. Tuy nhiên trên thực tế, đã phát hiện ra rằng độ dài theo lý thuyết này là chưa tối ưu đối với hiệu quả plasma, và rằng độ dài này phải được tăng lên thêm khoảng 10% nữa để thu được các kết quả vừa ý.

Chiều rộng tấm có thể không thay đổi dọc theo suốt chiều dài tấm (Fig.7A), hoặc giảm dần khi khoảng cách từ điểm phóng tăng lên (Fig.7B). Theo một phương án ưu tiên, chiều rộng tấm giảm dần về phía đầu của nó. Ví dụ, đối với tấm rộng 25 mm ở đoạn giữa của nó, thì độ rộng sẽ chỉ là 10 mm ở các đầu của nó.

Đối với ống phóng được đặt bên trong đoạn vòng của mạch từ, thì hình dạng ăng ten thứ hai này được cải biến sao cho tấm này chỉ kéo dài theo hướng rời khỏi đoạn vòng này (Fig.7C). Do đó, độ dài của phần này, đo từ tâm của ống dẫn trung tâm, nằm trong khoảng từ $\lambda/8$ đến $\lambda/2$. Ở phía có đoạn vòng thì tấm này có hình nửa đĩa. Theo một

phương án, với hình nửa đĩa có bán kính 12,5 mm, thì phần được kéo dài là 34 mm, vẫn đối với λ là 122,4 mm (2,45 GHz).

Có thể kết hợp một số loại ăng ten lên cùng một nguồn để tối ưu hoá hiệu suất chung. Cũng có thể kết hợp hai phương án của sáng chế, chẳng hạn tấm kéo dài có thanh đặt ở trên cùng.

Fig.8 và Fig.9 thể hiện hình chiếu mặt cắt của nguồn plasma theo hai phương án có áp dụng thiết bị theo sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.8, buồng xử lý bao gồm thân kim loại phi từ 10 được làm mát bằng nước tuần hoàn trong mạch làm mát 11. Vỏ được tạo ra trong thân để chứa mạch từ này. Theo phương án này, hệ từ này được tạo ra từ đường nam châm thứ nhất 21 có cực tính thứ nhất 31 và đường thứ hai 22 bao quanh đường thứ nhất và có cực tính ngược lại 32. Bên trong thân 10, hai đường nam châm 21 và 22 được nối với nhau bằng tấm sắt từ 23. Thân 10 và hệ từ này được phân cách khỏi plasma bằng tấm chắn 12. Các lỗ hình trụ được tạo ra trên thân 10 và tấm 12 để phóng sóng cực ngắn, bằng một số ống dẫn đồng trục có các ống dẫn ngoài 2 của chúng được lồng vào thân nguồn trong trạng thái tiếp xúc điện tốt với nó. Ống dẫn trung tâm của mỗi ống dẫn đều có dạng thanh hình trụ 1, được đặt tại tâm so với ống dẫn ngoài và kéo dài qua tấm chắn. Cửa sổ điện môi 3 được đặt bên trong ống dẫn này và cách miệng vài xentimet. Vị trí dịch vị này sẽ giảm thấp khả năng lỗi của chất điện môi do chất lỏng bất kì, nhất là chất lỏng dẫn điện, vốn có thể ngăn cản các sóng cực ngắn. Chất điện môi này cho phép tạo ra sự kín khí giữa bên trong và bên ngoài khoang xử lý chân không. Theo phương án thứ nhất này, miệng ống dẫn sóng được che bằng đĩa 5 để ngăn không cho chất lỏng lọt vào ống dẫn sóng, và cho phép đưa các sóng cực ngắn đến vùng ECR. Đĩa 5 có thanh 6 được cắm ở trên để cho phép tối ưu tình trạng bắt cặp với plasma.

Do đó, theo một phương án mà trong đó đĩa tròn có đường kính 25 mm và độ dày 3 mm, thì độ dài thanh đã được điều chỉnh từ 16 mm đến 35 mm đối với tần số sóng cực ngắn là 2,45 GHz và công suất 90 W trên mỗi ăng ten. Ở mỗi kết cấu, mức độ dễ kích hoạt được quan sát. Sự kích hoạt được coi là dễ nếu không cần sự thay đổi nào đối với các thiết bị so khớp trở kháng nằm trên mỗi đường phóng.

Dòng điện được trích xuất từ plasma và được thu gom bằng các đế, vôn được đặt cách nguồn 8 cm và được đưa vào điện áp 20 V, đã được đo đạc, kết quả đo được thể hiện trong Bảng sau đây:

Độ dài thanh	16 mm	20 mm	30 mm	35 mm
Dòng điện đo được	1,37 A	1,38 A	1,41 A	1,41 A
Có dễ kích hoạt không?	Không	Có	Có	Có

Mặc dù sự biến thiên dòng điện là thấp do thực tế là sự so khớp trở kháng đã được tối ưu trong mỗi kết cấu để tối ưu quá trình truyền năng lượng đến plasma, nhưng nó vẫn đủ lớn để cho phép xác định độ dài quang học từ 30 mm đến 35 mm trong kết cấu này.

Theo phương án được thể hiện trên Fig.9 thì thiết kế cơ bản của buồng xử lý là không khác. Sự khác biệt nằm ở các ăng ten. Theo phương án này, các tấm ăng ten 7a và 7b được kéo dài dọc trục phóng. Tấm ăng ten 7a có kết cấu kéo dài là bất đối xứng qua ống dẫn trung tâm 1 đối với ăng ten nằm tại một đầu của nguồn plasma, ở tâm cung vòng của mạch từ, kết cấu kéo dài này chỉ hướng về phía đầu đối diện. Tấm ăng ten 7b có kết cấu kéo dài là đối xứng qua ống dẫn trung tâm đối với ăng ten nằm tại phần thẳng của mạch từ. Mỗi phần kéo dài này đều được kết thúc tại cơ cấu ngăn mạch 8 để tránh không cho ăng ten bức xạ về phía bộ phận gần nó. Theo phương án này, độ rộng của tấm là giảm dần khi càng cách xa khỏi ống dẫn trung tâm 1 và về phía điểm về đất.

Kết cấu này đã được kiểm thử trước hết với các ăng ten mà có khoảng cách giữa điểm về đất và ống dẫn trung tâm của ống dẫn sóng là từ 31 mm đến 32 mm, tức gần $\lambda/4$ (30,6 mm). Kết cấu này làm tăng dòng điện lên khoảng 3% so với phương án thứ nhất. Khi khoảng cách này được tăng đến 34 mm thì dòng điện tăng thêm khoảng 3% nữa, tức là 6% so với phương án thứ nhất. Trong cả hai trường hợp, tấm đều có độ dày 3-mm.

Phân trên đây đã mô tả các ưu điểm của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị tạo plasma tầm rộng dọc trục nhờ sự cộng hưởng electron xiclotron (ECR-electron cyclotron resonance) từ môi trường khí và thiết bị này bao gồm ít nhất hai ống dẫn sóng (4) đồng trục mỗi một trong số các ống dẫn sóng bao gồm ống dẫn trung tâm (1) và ống dẫn ngoài (2) để đưa các sóng cực ngắn vào trong buồng xử lý, khác biệt ở chỗ, ít nhất hai ống dẫn sóng (4) phóng sóng điện từ được kết hợp với mạch từ (21- 22) kéo dài theo một hướng, mạch từ này bao quanh các ống dẫn sóng (4) bằng cách tạo ra từ trường có khả năng đạt được điều kiện ECR gần với các ống dẫn sóng.
2. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, mạch từ có, gần với các ống dẫn sóng, hai cực có các cực tính ngược nhau (31-32) để tạo thành bẫy từ đối với các electron.
3. Thiết bị theo điểm 2, khác biệt ở chỗ, cực thứ nhất tạo thành đường thứ nhất bao quanh (các) ống dẫn sóng (4), trong khi cực thứ hai tạo thành đường thứ hai, bao quanh đường thứ nhất.
4. Thiết bị theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, ống dẫn trung tâm (1) của mỗi ống dẫn sóng được trang bị các chi tiết phụ gồm tấm (7) và cơ cấu (8) có khả năng bảo vệ miệng của ống dẫn sóng và có khả năng hoạt động như các tăng ten.
5. Thiết bị theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, ống dẫn trung tâm (1) có đĩa đồng tâm (5) có đường kính lớn hơn miệng của ống dẫn sóng (4) để bảo vệ phần bên trong của ống dẫn sóng, vốn được định vị càng gần với vùng ECR càng tốt và trên cùng của nó có thanh (6) được bố trí theo cách thẳng hàng đồng trục với ống dẫn trung tâm (1).
6. Thiết bị theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, ống dẫn trung tâm được kết thúc bởi tấm (7) vốn kéo dài theo trục dài nhất của mạch từ, một trong số các đầu ít nhất của tấm được trang bị các cơ cấu (8) để được đặt tiếp xúc với bề mặt của nguồn để tạo ra sự ngắn mạch, chiều rộng của tấm (7) lớn hơn miệng của ống dẫn sóng (4).
7. Thiết bị theo điểm 6, khác biệt ở chỗ, chiều rộng của tấm (7) là không đổi trên toàn bộ chiều dài của nó.
8. Thiết bị theo điểm 6, khác biệt ở chỗ, chiều rộng của tấm (7) giảm khi đi ra xa khỏi ống dẫn trung tâm (1), và về ít nhất một phía của ống dẫn (1).

9. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, khác biệt ở chỗ, buồng xử lý bao gồm thân (10) có mạch làm mát (11), thân (10) này bao gồm vỏ cho cụm mạch từ kéo dài tạo ra từ trường thứ nhất của các nam châm (21) theo cực tính thứ nhất và trường thứ hai của các nam châm (22) theo cực tính ngược lại và bao quanh trường thứ nhất (21), vốn bao quanh các ống dẫn sóng (4) lắp trong các lỗ mà được tạo xuyên qua chiều dày của thân (10), các trường thứ nhất và thứ hai của các nam châm được nối bằng tấm sắt từ (23), thân và hệ từ này được phân cách khỏi plasma bằng tấm chắn (12).

10. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, khác biệt ở chỗ, ống dẫn trung tâm (1) là thanh hình trụ định tâm tương đối với ống dẫn ngoài lắp trong thân (10) với tiếp điểm điện tốt, cửa sổ điện môi (3) được đặt bên trong ống dẫn sóng (4) bên dưới miệng mà được che bằng đĩa với thanh nêu trên nằm trên cùng để được sử dụng làm ăng ten.

11. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, khác biệt ở chỗ, ống dẫn trung tâm là thanh hình trụ định tâm tương đối với ống dẫn ngoài lắp vào trong thân (10) bằng cách tạo ra tiếp điểm điện tốt, cửa sổ điện môi (3) được đặt bên trong ống dẫn sóng (4) bên dưới miệng, mà được che bằng tấm (7) kéo dài dọc theo trục của các ống phóng, kết cấu kéo dài này là bất đối xứng qua ống dẫn trung tâm đối với ống dẫn sóng nằm tại đầu bo tròn của mạch từ, kết cấu kéo dài này, chỉ theo hướng của đầu đối diện, là đối xứng qua ống dẫn trung tâm đối với ống dẫn sóng nằm trong phần thẳng của mạch từ, mỗi phần kéo dài được trang bị cơ cấu (8) sử dụng làm cơ cấu ngăn mạch.

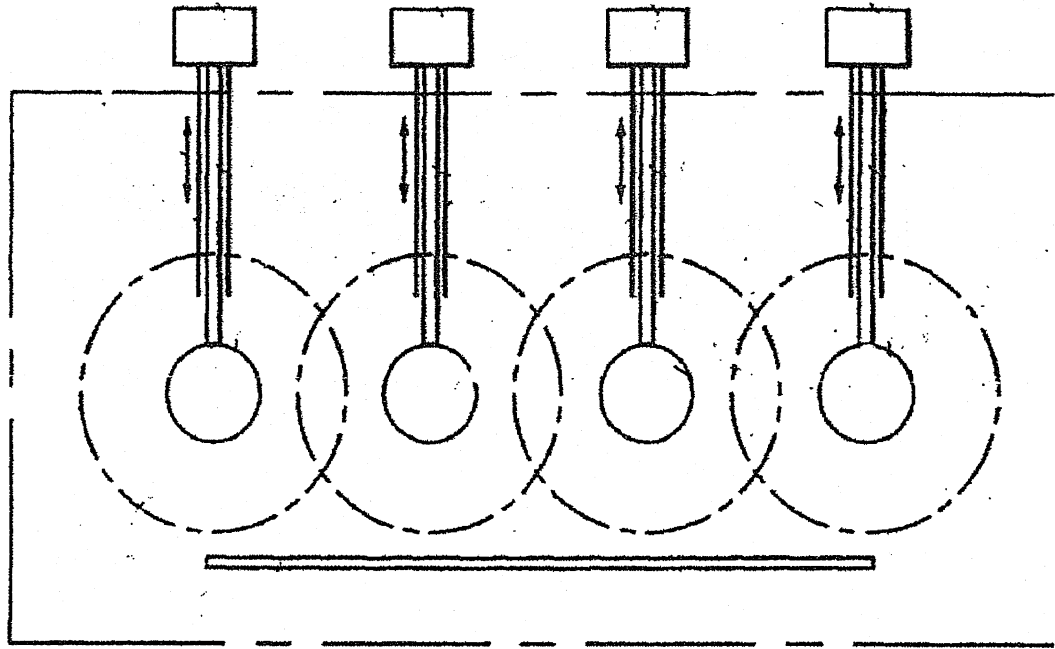


FIG. 1

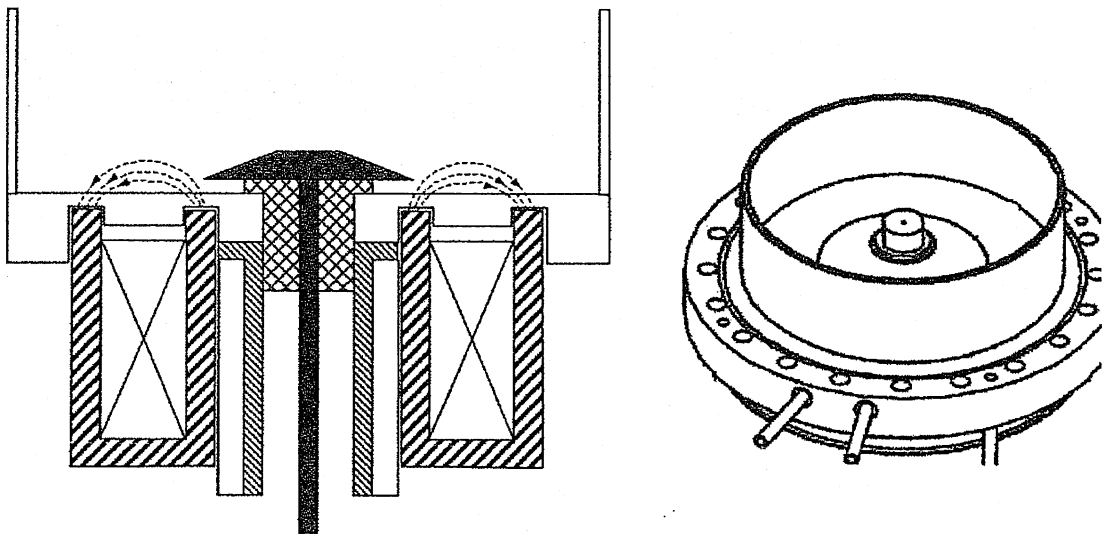


FIG. 2

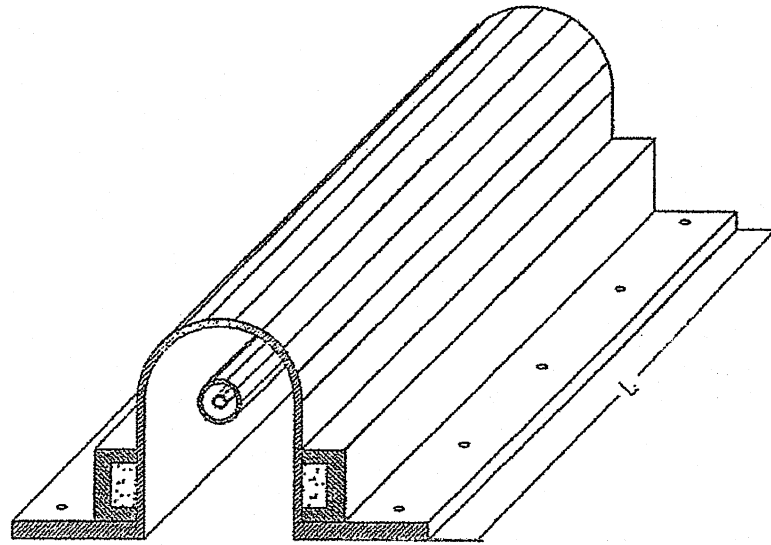


FIG. 3

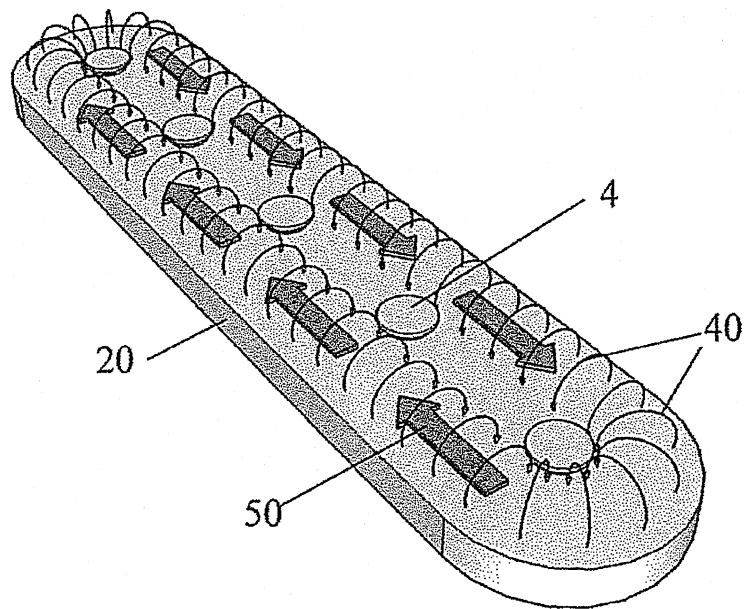


FIG. 4

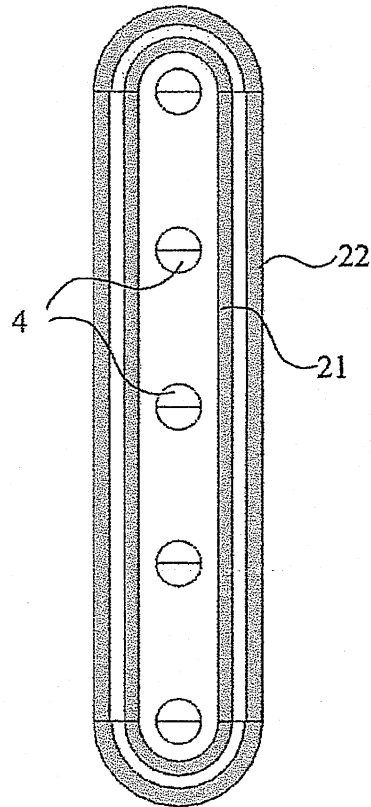


FIG. 5A

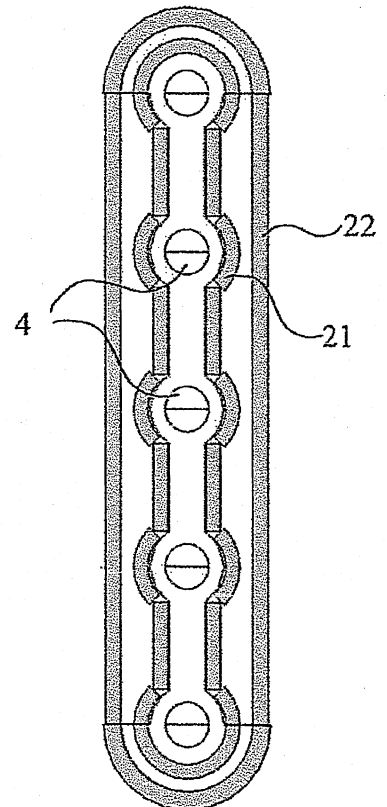


FIG. 5B

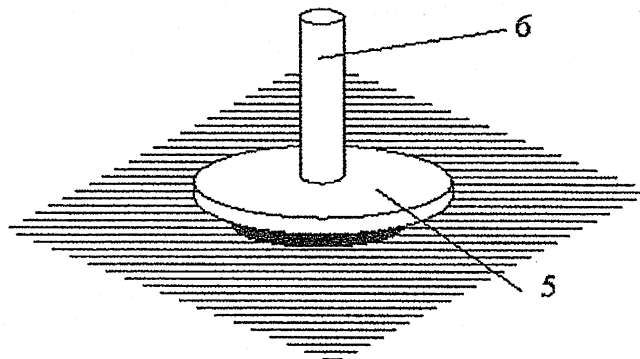


FIG. 6

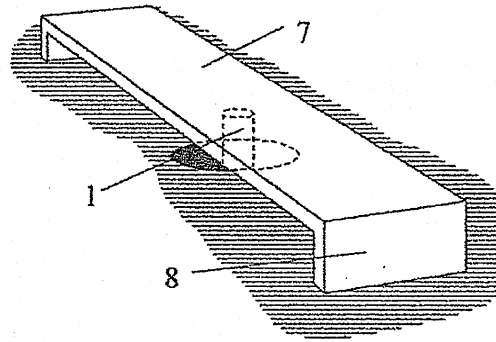


FIG. 7A

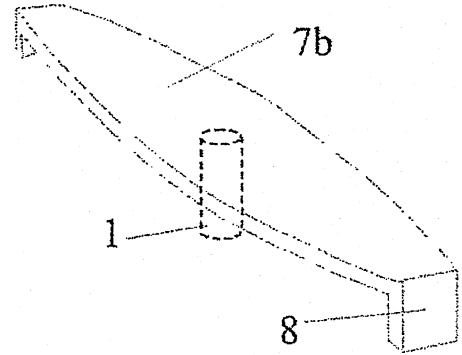


FIG. 7B

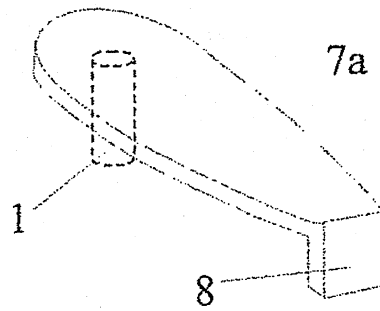


FIG. 7C

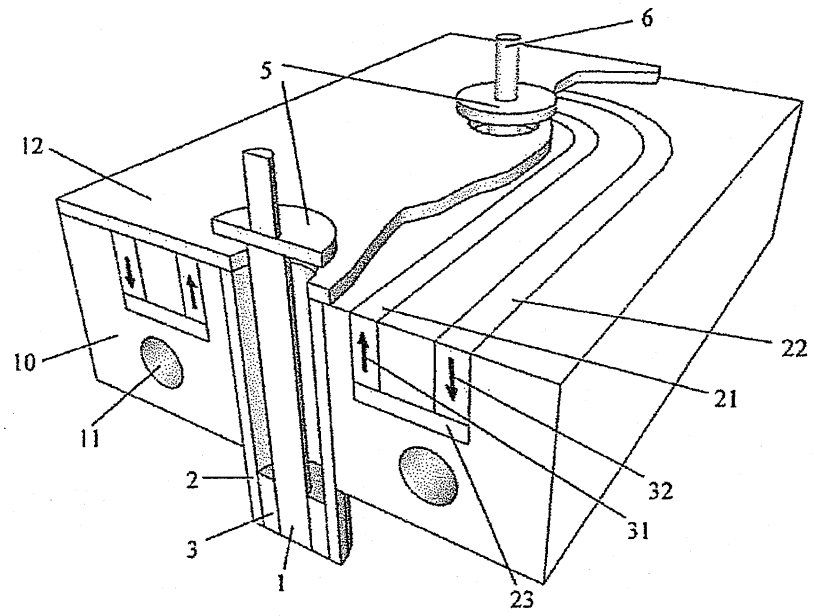


FIG. 8

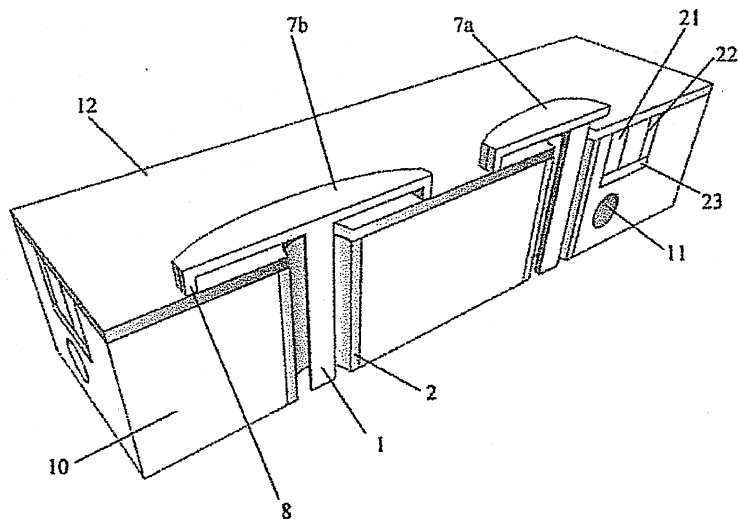


FIG. 9