(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) **1-0036609**

(51)[7] **H05H 1/00**

(13) **B**

(21) 1-2019-05013

(22) 12/09/2019

(45) 25/08/2023 425

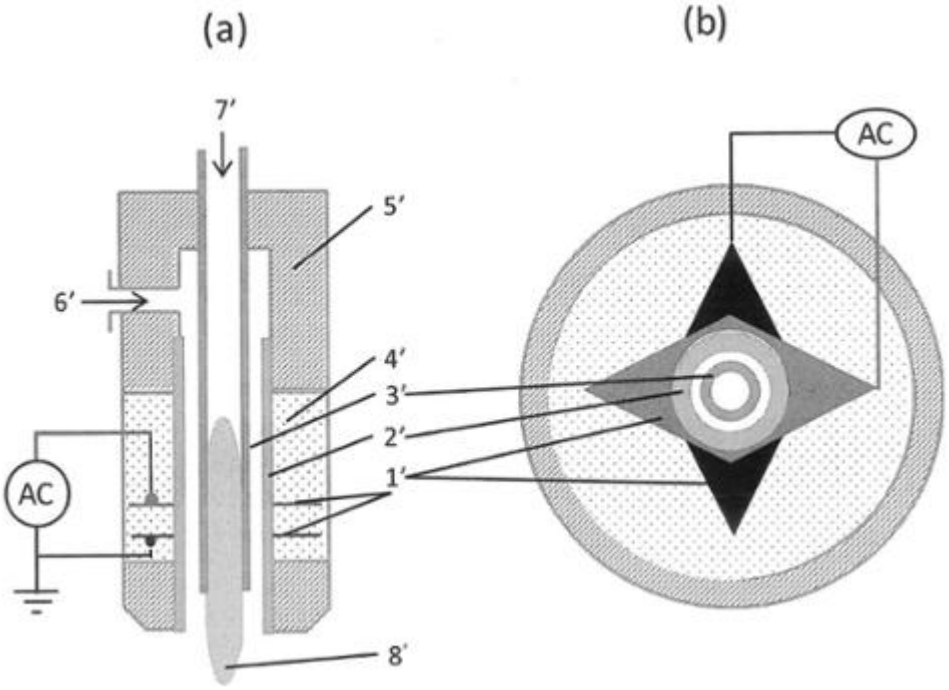
(43) 25/05/2020 386ASC

(73) Nguyễn Đức Ba (VN)
Khu 5, xã Sơn Dương, huyện Lâm Thao, tỉnh Phú Thọ

(72) Nguyễn Đức Ba (VN); Trịnh Quang Hưng (VN); YOUNG SUN MOK (KR); WON GYU LEE (KR).

(54) ĐẦU PHÁT TIA PLASMA LẠNH XẢ HÀNG RÀO ĐIỆN MÔI

(57) Sáng chế đề xuất đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện lỏng bảo vệ ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu và sinh học. Đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện hay điện môi lỏng bảo vệ theo sáng chế khác biệt ở chỗ: một ống điện môi của đầu phát thông thường nói trên được thay thế bằng hai ống điện môi lắp đồng trục, với miệng ống điện môi bên trong thụt vào một vài mm (~5mm) so với miệng ống bên ngoài, khí plasma như Ar hay He được cấp vào ống bên trong, trong khi đó, khí bảo vệ như N_2, O_2, hay không khí được cấp vào khe vành khăn tạo bởi hai ống; hai điện cực kim loại được lồng hay lắp vào bề mặt ngoài của ống điện môi bên ngoài và khoảng cách giữa hai điện cực có thể thu hẹp xuống 6mm, cả hai điện cực và một phần ống điện môi được bao bọc bởi một chất cách điện hay điện môi lỏng như là dầu biến thế. Đầu phát tia plasma lạnh theo sáng chế tạo ra tia plasma hay plasma jet lạnh có độ dài một vài cm và nhiệt độ không vượt quá 40°C, tiêu thụ ít khí phát plasma, thành phần và tính chất hóa học của tia plasma có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi thành phần khí bảo vệ. Đầu phát tia plasma lạnh của sáng chế có thể sử dụng cho các ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu và sinh học.


(a)
(b)
7′
5′
6′
4′
3′
2′
1′
AC
8′
AC

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi cho các ứng dụng trong chuyển đổi hóa học, vật liệu và y sinh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi thông thường, hoặc đã biết, có sơ đồ cấu tạo được thể hiện trong hình 1. Theo đó, hai điện cực kim loại 1 được cố định trên bề mặt ngoài ống điện môi 2 với một khoảng cách nhất định. Các điện cực 1 này có thể được tạo thành trên bề mặt ngoài của ống 2 thông qua một trong các phương pháp sau đây:

- Gá các bản kim loại có lỗ hoặc ống kim loại trên ống 2;

- Quấn băng kim loại quanh mặt ngoài ống 2;

- Dán băng dính kim loại (thường là băng dính đồng) lên mặt ngoài ống 2;

- Quét/sơn keo kim loại (thường là keo bạc) lên mặt ngoài ống 2.

Hai điện cực 1 thường có khoảng cách lớn hơn hoặc bằng 10mm và được nối với nguồn điện xoay chiều cao áp cỡ vài kV. Ống điện môi 2 có thể được chế tạo từ các vật liệu khác nhau như thủy tinh, thạch anh, và gốm với đường kính phổ biến trong khoảng từ 1mm đến 10mm. Khí phát plasma thường là các khí hiếm như helium (He) và argon (Ar) được cấp vào ống điện môi 2 với giá trị lưu lượng trong khoảng từ 1lít/phút đến 20lít/phút, phụ thuộc vào đường kính và nhiệt độ tia plasma mong muốn. Dưới tác dụng của điện áp cao, plasma đầu tiên được sinh ra trong lòng ống điện môi 2 tại khu vực nằm giữa hai điện cực. Sau đó, plasma được phát triển ra bên ngoài ống 2 theo chiều dòng chảy khí với chiều dài có thể đạt một vài centimet (cm) tính từ miệng ống và được gọi là tia plasma hay plasma jet

xả hàng rào điện môi 3, sau đây gọi tắt là tia plasma hay plasma jet. Các tia plasma này có nhiệt độ thấp, không quá cao hơn so với nhiệt độ môi trường và được gọi là tia plasma lạnh nhằm phân biệt với plasma nóng có nhiệt độ có thể lên tới hàng nghìn độ (^oC). Tuy nhiên, để có thể ứng dụng tia plasma lạnh trong y sinh hay xử lý các vật liệu nhạy cảm với nhiệt thì nhiệt độ plasma được khuyến cáo không nên vượt quá 40°C để ngăn ngừa quá trình gây hại tế bào hay các bề mặt nhạy cảm. Mặc dù đã được tối ưu công suất điện đầu vào, để đạt được tia plasma ổn định và nhiệt độ thấp các thiết bị phát plasma lạnh xả hàng rào điện môi thường tiêu thụ lượng khí lớn, với lưu lượng phổ biến từ 4lít/phút đến 6lít/phút, điều này dẫn đến chi phí vận hành thiết bị cao. Đây cũng là một trong những hạn chế của các đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi thông thường. Bên cạnh đó, một hạn chế khác là tia plasma được sinh ra thường có chiều dài khiêm tốn do hai điện cực cần được bố trí với khoảng cách lớn (≥ 10mm) để phòng ngừa phóng điện trực tiếp trong môi trường không khí bên ngoài ống điện môi. Mặc dù vậy, việc duy trì khoảng cách lớn giữa hai điện cực không phải là giải pháp do hiện tượng phóng điện trực tiếp vẫn có thể xảy ra khi hai điện cực và ống điện môi nóng lên trong quá trình làm việc hoặc khi tăng giá trị điện áp đặt trên hai điện cực. Giải pháp phổ biến là ngăn cách hai điện cực bởi một vật liệu cách điện rắn lắp trên ống điện môi 2. Tuy nhiên, đây vẫn chưa phải là giải pháp triệt để do lớp không khí giữa hai điện cực không được loại bỏ một cách hoàn toàn. Ngoài ra, đối với cấu hình đầu phát trong Hình 1, tia plasma có tương tác mạnh với không khí xung quanh khi phát triển ra khỏi miệng ống điện môi, điều này là không mong muốn trong một số trường hợp cần sự kiểm soát chặt chẽ hay cần điều chỉnh thành phần hóa học của tia plasma được sinh ra.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là tạo ra tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi với tia plasma dài, ổn định và đặc biệt nhiệt độ không vượt quá 40°C, đồng thời: (i) tiêu thụ ít khí hiếm (He, Ar) là khí phát plasma ở mức tốc độ dòng khí từ 2m/s đến 3m/s (được tính bằng lưu lượng khí, m^3/s, chia cho diện tích mặt cắt ngang của tia

plasma, m^2); (ii) có thể điều chỉnh thành phần và tính chất hóa học của tia plasma tại vùng tiếp xúc với môi trường hoặc bề mặt xử lý; (iii) ngăn chặn triệt để sự phóng điện trực tiếp giữa hai điện cực trong quá trình phát tia plasma nhằm tăng hệ số an toàn trong quá trình vận hành; và (iv) giảm khoảng cách giữa hai điện cực xuống dưới 10mm, qua đó tăng hiệu quả phát plasma.

Để đạt được các mục đích trên, sáng chế đề xuất đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện lỏng bảo vệ với sơ đồ cấu tạo được thể hiện trong hình 2.

Đầu phát của sáng chế có hai ống điện môi 2' và 3' được lắp đồng trục, khí phát plasma (He hay Ar) được cấp vào ống nhỏ 3', trong khi khí bảo vệ như nitơ (N_2), oxy (O_2) hay không khí được cấp vào khe hở giữa hai ống. Việc sử dụng khí bảo vệ một mặt có tác dụng tiêu tán nhiệt truyền từ tia plasma, một mặt bảo về tia plasma khỏi sự tác động của không khí từ môi trường xung quanh. Kết quả là, tia plasma thu được có nhiệt độ thấp mà không cần sử dụng nhiều khí He hay Ar đồng thời đem đến khả năng kiểm soát điều và chỉnh thành phần và tính chất hóa học của tia plasma theo hướng mong muốn. Thật vậy, với đầu phát plasma jet của sáng chế khi hoạt động ở điện áp 10kV nhiệt độ plasma jet được duy trì ở mức 36°C và chiều dài tia plasma là 18mm với lưu lượng khí He 2lít/phút (tương đương với vận tốc khí 2,7m/s) và 5lít/phút khí bảo vệ N_2. Ngoài duy trì nhiệt độ thấp và kiểm soát thành phần hóa học, khí bảo vệ N_2 còn có tác dụng làm tăng chiều dài tia plasma.

Hai ống điện môi trong đầu phát của sáng chế được lắp đồng trục với miệng ống nhỏ 3' thụt vào so với miệng ống lớn 2' một khoảng 5mm nhằm tạo không gian để tia plasma tiếp xúc với khí bảo vệ trước khi tương tác với môi trường không khí bên ngoài, kết quả là thành phần và tính chất hóa học của tia plasma có thể được thay đổi tùy theo loại khí bảo vệ được sử dụng.

Hai điện cực kim loại với khoảng cách 6mm được bao phủ bởi chất cách điện hay điện môi lỏng là dầu biến thế với độ linh hoạt cao có khả năng chiếm chỗ

không khí và lấp đầy khoảng không giữa hai điện cực bên ngoài ống điện môi. Kết quả là hiện tượng phóng điện trực tiếp bên ngoài ống điện môi giữa hai điện cực hoàn toàn được loại bỏ trong khoảng điện áp hoạt động của đầu phát tia plasma từ 7kV đến 10kV.

Việc rút ngắn khoảng cách giữa hai điện cực xuống 6mm nhờ lớp dầu cách điện lỏng giúp tăng hiệu quả phát tia plasma ở cả hai khía cạnh là giảm nhiệt độ và tăng chiều dài tia plasma.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ cấu tạo đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi thông thường.

Hình 2 là hình vẽ mặt cắt dọc và ngang của đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện lỏng của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu đến Hình 1, là hình vẽ thể hiện mặt cắt dọc sơ đồ cấu tạo đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện thông thường với điện cực kim loại 1, ống điện môi 2, và tia plasma hình thành bên ngoài 3.

Trong đó, hai điện cực kim loại 1 được cố định trên bề mặt ngoài ống điện môi 2 với một khoảng cách nhất định. Các điện cực 1 này có thể được tạo thành trên bề mặt ngoài của ống 2 thông qua một trong các phương pháp sau đây:

- Gá các bản kim loại có lỗ hoặc ống kim loại trên ống 2;

- Quấn băng kim loại quanh mặt ngoài ống 2;

- Dán băng dính kim loại (thường là băng dính đồng) lên mặt ngoài ống 2;

- Quét/sơn keo kim loại (thường là keo bạc) lên mặt ngoài ống 2.

Hai điện cực 1 thường có khoảng cách lớn hơn hoặc bằng 10mm và được nối với nguồn điện xoay chiều cao áp cỡ vài kV. Ống điện môi 2 có thể được chế tạo từ các vật liệu khác nhau như thủy tinh, thạch anh, và gốm với đường kính phổ biến trong khoảng từ 1mm đến 10mm. Khí phát plasma thường là các khí hiếm như helium (He) và argon (Ar) được cấp vào ống điện môi 2 với giá trị lưu lượng trong khoảng từ 1lít/phút đến 20lít/phút, phụ thuộc vào đường kính và nhiệt độ tia plasma mong muốn. Dưới tác dụng của điện áp cao, plasma đầu tiên được sinh ra trong lòng ống điện môi 2 tại khu vực nằm giữa hai điện cực. Sau đó, plasma phát triển ra bên ngoài ống 2 theo chiều dòng chảy khí với chiều dài có thể đạt một vài centimet (cm) tính từ miệng ống và được gọi là tia plasma hay plasma jet xả hàng rào điện môi 3, gọi tắt là tia plasma hay plasma jet. Các tia plasma này có nhiệt độ thấp, không quá cao hơn so với nhiệt độ môi trường và được gọi là tia plasma lạnh nhằm phân biệt với plasma nóng có nhiệt độ có thể lên tới hàng nghìn °C. Tuy nhiên, để có thể ứng dụng tia plasma lạnh trong y sinh hay xử lý các vật liệu nhạy cảm với nhiệt thì nhiệt độ plasma được khuyến cáo không nên vượt quá 40°C để ngăn ngừa quá trình gây hại tế bào hay các bề mặt nhạy cảm.

Tham chiếu đến hình 2 là mặt cắt dọc (a) và mặt cắt ngang (b) của đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục theo sáng chế, trong đó đầu phát plasma gồm có các điện cực kim loại 1' được bảo vệ bởi chất cách điện hay điện môi lỏng, ống điện môi ngoài 2', ống điện môi trong 3', điện môi lỏng 4', vỏ thiết bị 5', khí bảo vệ 6', khí plasma 7' và tia plasma 8' theo sáng chế.

Đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện lỏng bảo vệ các điện cực khỏi sự phóng điện trực tiếp có sơ đồ mặt cắt dọc và ngang được biểu thị trong hình 2. Đầu phát tia plasma lạnh của sáng chế có cấu tạo bao gồm: hai điện cực kim loại 1' có chiều dày từ 0,5mm tới 20mm (thường là 0,5mm) và có lỗ với đường kính 12mm, ống điện môi ngoài 2' là ống thạch anh có đường kính trong và đường kính ngoài lần lượt là 8mm và 12mm, ống điện môi trong 3' cũng là ống thạch anh có đường kính trong và đường kính ngoài tương ứng là 4mm và 6mm, và chất cách điện hay còn gọi là điện môi lỏng là dầu biến

thế 4'. Hai điện cực 1' được lắp vào ống điện môi ngoài sao cho khoảng cách giữa hai điện cực được cố định là 6mm, trong đó điện cực phía trên được nối với nguồn xoay chiều cao áp, điện cực còn lại được nối đất và khoảng cách từ điện cực nối đất đến miệng ống 2' (đầu ra của plasma jet lạnh) là 20mm. Ống điện môi bên trong 3' được lắp đồng trục với ống điện môi bên ngoài 2' với miệng ống 3' thụt vào hay thấp hơn miệng ống ngoài 2' là 5mm. Hai điện cực 1' và một phần ống điện môi 2' được bao phủ bởi một chất cách điện lỏng như dầu biến thế 4' được chứa trong vỏ cách điện 5' của đầu phát. Khí bảo vệ 6' như N_2, O_2, hay không khí được cấp vào khe hở vành khăn giữa hai ống. Trong khi đó, khí plasma 7' như Ar hay He được cấp vào ống 3' với lưu lượng 2lít/phút. Khi hiệu điện thế xoay chiều ($\geq$ 7kV) được đặt lên các điện cực 1' và khí phát plasma được cấp vào trong ống 3' thì tia plasma lạnh 8' được hình thành trong lòng ống 3' bắt đầu từ khu vực giữa hai điện cực và phát triển thành tia plasma trong môi trường không khí bên ngoài, chiều dài và nhiệt độ của 8' phụ thuộc vào hiệu điện thế áp dụng, lưu lượng và loại khí bảo vệ 6' và lưu lượng khí phát plasma 7'. Cụ thể, chiều dài và nhiệt độ của tia plasma tỷ lệ thuận với điện áp áp dụng; khi không có khí bảo vệ, nhiệt độ và chiều dài tia plasma lần lượt tăng từ 46°C lên 68°C và từ 7mm lên 17mm khi giá trị điện áp tăng từ 7kV lên 10kV. Bên cạnh đó, chiều dài tia plasma tăng tuyến tính với vận tốc dòng khí phát plasma 7' trong khi đó nhiệt độ có xu hướng giảm. Ở cùng một điện áp áp dụng và vận tốc dòng khí phát plasma 7', nhiệt độ tia plasma giảm khi dòng khí bảo vệ 6' được cấp vào khe hở vành khăn giữa hai ống điện môi 2' và 3'; với khí bảo vệ N_2 ở lưu lượng 2lít/phút và điện áp 7kV, nhiệt độ tia plasma duy trì quanh giá trị 36°C so với 46°C khi không có khí bảo vệ; các khí bảo vệ khác như O_2 và không khí cũng cho kết quả tương tự. Hơn nữa, khi khí bảo vệ 7' là N_2 thì chiều dài plasma jet tăng lên đáng kể, cụ thể là 22mm so với 17mm khi không sử dụng khí bảo vệ ở điện áp 10kV. Thành phần hóa học của tia plasma thay đổi khi thay đổi thành phần khí bảo vệ, ví dụ từ N_2 sang O_2 hoặc không khí. Thành phần hóa học plasma thay đổi với các loại khí bảo vệ có thể được giải thích do thành phần hóa học tại vùng tiếp xúc giữa plasma jet và môi trường xung quanh thay đổi, dẫn đến hình thành các phân tử và gốc tự do hình thành là khác

nhau. Sự tồn tại của N_2 ở các trạng thái kích thích điện tử được ghi nhận trong cả ba trường hợp bao gồm không có khí bảo vệ, khí bảo vệ N_2 và khí bảo vệ không khí. Trong khi đó, khi O_2 được sử dụng, các gốc tự do O• (Oxy ở dạng nguyên tử) là thành phần chiếm ưu thế bên cạnh các trạng thái của He. Ngoài ra, NO ở trạng thái kích thích điện tử xuất hiện khi N_2 là thành phần khí bảo vệ. Sự sản sinh Ozone được phát hiện trong tất cả các trường hợp theo trình tự tăng dần về nồng độ như sau: khí bảo vệ N_2 < không có khí bảo vệ < khí bảo vệ không khí < khí bảo vệ O_2.

Yêu cầu bảo hộ

1. Đầu phát tia plasma lạnh xả hàng rào điện môi đồng trục có lớp cách điện lỏng bảo vệ bao gồm:

hai điện cực kim loại với độ dày từ 0,5mm đến 20mm, trên các điện cực có lỗ trụ với đường kính 12mm được lắp với bề mặt trụ ngoài của ống điện môi bên ngoài là ống thạch anh có đường kính trong là 8mm và đường kính ngoài là 12mm;

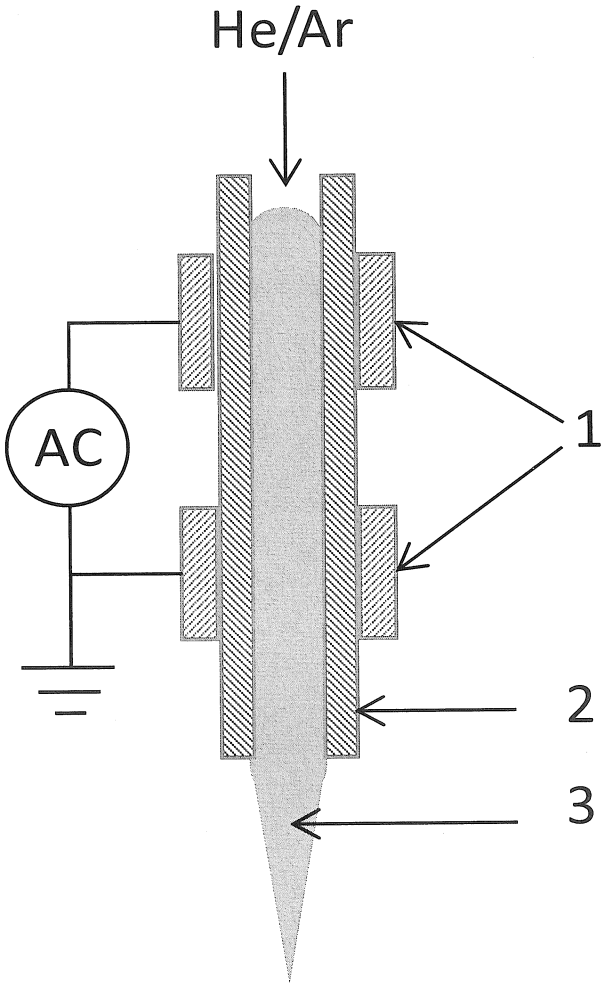
trong đó, hai điện cực được lắp vào ống điện môi bên ngoài sao cho khoảng cách giữa hai điện cực được cố định là 6mm, điện cực phía trên được nối với nguồn xoay chiều cao áp, điện cực còn lại được nối đất và khoảng cách từ điện cực nối đất đến miệng ống (đầu ra của plasma jet lạnh) là 20mm;

trong đó, hai điện cực và một phần ống điện môi ngoài được bao phủ bởi một chất cách điện hay điện môi lỏng như dầu biến thế được chứa trong vỏ cách điện của đầu phát;

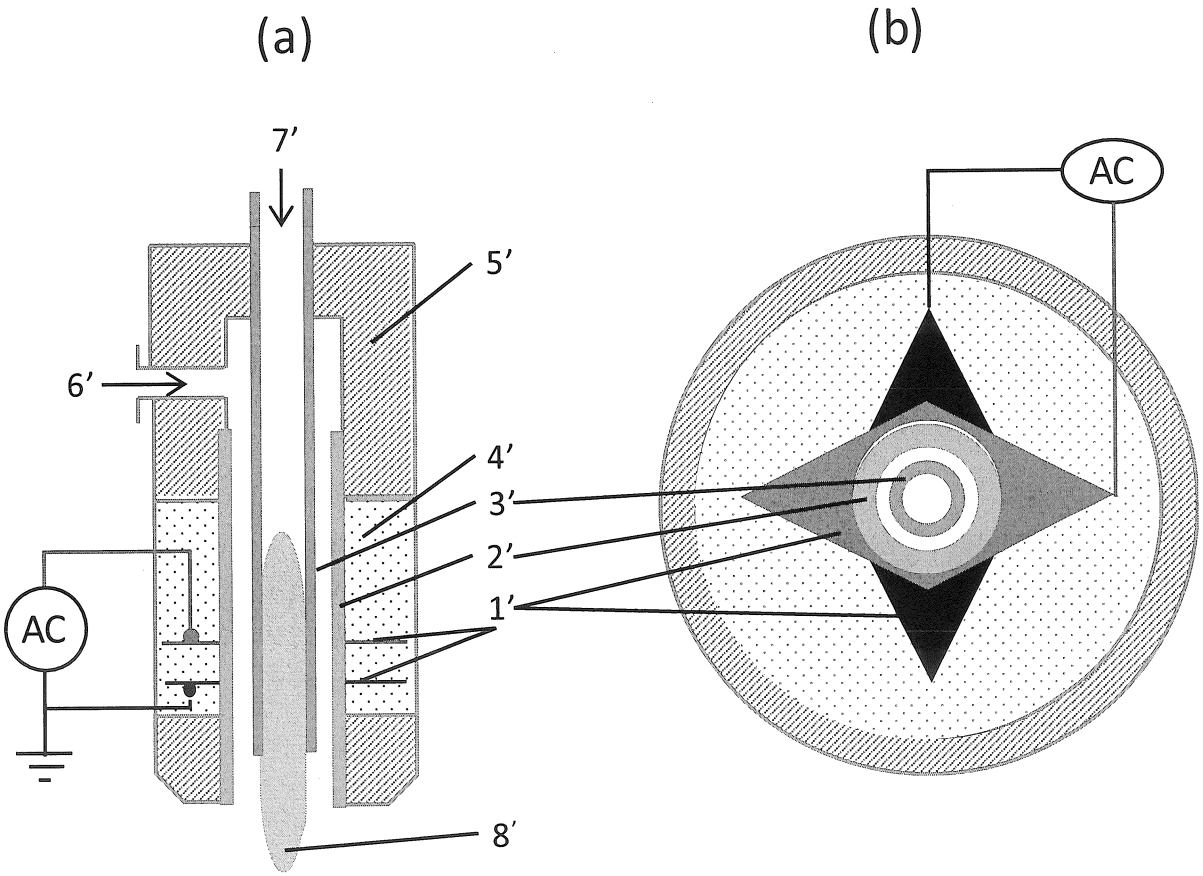
ống điện môi bên trong cũng là ống thạch anh có đường kính trong là 4mm và đường kính ngoài là 6mm được lắp đồng trục với ống điện môi bên ngoài với miệng ống thụt vào hay thấp hơn miệng ống điện môi bên ngoài 5mm;

2. Đầu phát tia plasma theo điểm 1, trong đó để phát tia plasma lạnh, các khí hiếm như He hoặc Ar được đưa vào ống điện môi bên trong, trong khi đó khí bảo vệ như N_2, O_2, hay không khí đồng thời được đưa vào khe vành khăn giữa hai ống điện môi bên trong và ống điện môi bên ngoài.

3. Đầu phát tia plasma theo điểm 1, trong đó thành phần và tính chất hóa học của tia plasma được điều chỉnh thông qua việc thay đổi thành phần khí bảo vệ.



Hình 1



Hình 2