



(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)



1-0028810

(51)⁸ G21B 1/03

(13) B

(21) 1-2017-01949

(22) 18/11/2015

(86) PCT/US2015/061356 18/11/2015

(87) WO/2016/081608 26/05/2016

(30) 2014146574 19/11/2014 RU

(45) 25/07/2021 400

(43) 25/08/2017 353A

(73) TAE Technologies, Inc. (US)

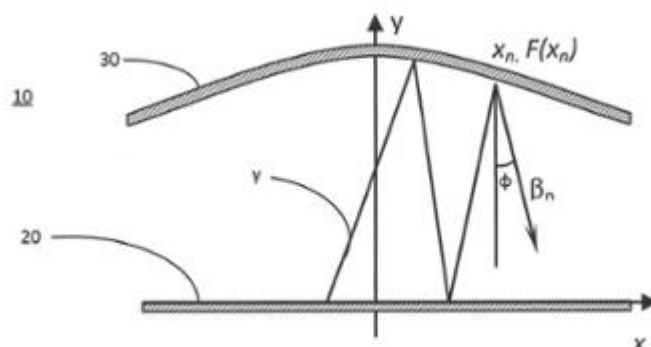
19631 Pauling, Foothill Ranch, California 92610, United States of America

(72) BURDAKOV, Alexander V. (RU); IVANOV, Alexandr A. (RU); POPOV, Sergey S. (RU).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) MÁY TRUNG HOÀ BẰNG PHOTON VÀ MÁY PHÓNG CHÙM TRUNG HOÀ

(57) Sáng chế đề cập đến máy trung hòa bằng photon kiểu không cộng hưởng dùng cho các máy phóng chùm trung hòa dựa trên ion âm. Máy trung hòa bằng photon kiểu không cộng hưởng này áp dụng nguyên lý tích lũy photon không cộng hưởng, trong đó đường đi của photon trở nên rối và bị bẫy vào vùng không gian nhất định, tức là bẫy photon. Bẫy này được ưu tiên tạo ra từ hai bề mặt gương tròn quay mặt vào nhau, với ít nhất một trong số các gương này là gương lõm. Ở dạng đơn giản nhất của nó, thì bẫy này có hình elip. Vùng giam là vùng gần họ pháp tuyến chung của cả hai bề mặt gương. Các photon mà có góc lệch đủ nhỏ từ pháp tuyến chung gần nhất sẽ bị giam. Tùy theo các điều kiện cụ thể mà hình dạng của bề mặt gương có thể là một trong số hình cầu, hình elip, hình trụ, hoặc hình xuyên, hoặc tổ hợp các hình này.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến các máy phóng chùm trung hoà, cụ thể hơn, đến máy trung hoà bằng photon dùng cho máy phóng chùm trung hoà dựa trên các ion âm.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Phương pháp truyền thống để tạo ra chùm trung hoà từ chùm ion âm H-, D- để gia nhiệt bằng plasma hoặc chẩn đoán bằng chùm trung hoà, là trung hoà chùm ion âm ở bia chất khí hoặc bia plasma để tách các electron dư. Tuy nhiên, phương pháp này có hạn chế lớn về hiệu suất. Hiện nay, ví dụ, đối với các máy phóng gia nhiệt được thiết kế với chùm 1 MeV [R.Hemsworth *et al.*, 2009, *Nucl. Fusion* 49 045006], thì hiệu suất trung hoà ở bia khí và bia plasma là lần lượt khoảng 60% và 85% [G. I. Dimov *et al.*, 1975, *Nucl. Fusion* 15, 551], điều này ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất tổng thể của các máy phóng. Ngoài ra, việc ứng dụng các máy trung hoà đó có liên quan đến những vấn đề biến chất, bao gồm sự thoái hoá các điều kiện chân không do sự phụt khí và sự xuất hiện của các ion dương trong chùm nguyên tử, mà có thể là vấn đề quan trọng trong một số ứng dụng.

Việc tách electron bằng photon khỏi các ion âm có năng lượng cao là một phương pháp triển vọng để trung hoà chùm. Phương pháp đó không yêu cầu phụt khí hoặc plasma vào bình trung hoà, không tạo ra các ion dương, và nó trợ giúp cho việc làm sạch chùm đối với các cấu tử tạp chất do các ion âm. Việc tách electron bằng photon là tương ứng với tiến trình sau: $H^{-} + h\nu = H^0 + e^{-}$. Tương tự như phần lớn các ion âm, thì ion H- có một trạng thái ổn định. Tuy nhiên, có thể thực hiện hoạt động tách bằng photon ở trạng thái được kích thích. Tiết diện tách bằng photon đã được biết rõ [xem, ví dụ, tài liệu của

L.M.Branscomb và cộng sự., Phys. Rev. Lett. 98, 1028 (1955)]. Tiết diện tách bằng photon đó đủ lớn trong một khoảng năng lượng photon rộng mà hầu như chồng lên tất cả các phổ nhìn thấy được và các phổ cận hồng ngoại (IR - InfraRed).

Các photon đó không thể đánh bật electron ra từ H0 hoặc tất cả các electron từ H- và tạo ra các ion dương. Phương pháp này được J.H. Fink và A.M. Frank đề xuất năm 1975 [*J.H. Fink et al., Photodetachment of electrons from negative ions in a 200 keV deuterium beam source, Lawrence Livermore Natl. Lab. (1975), UCRL-16844*]. Kể từ đó, một số dự án về các máy trung hoà bằng photon đã được đề xuất. Thông thường, các dự án về máy trung hoà bằng photon đó dựa trên bộ cộng hưởng quang học tương tự như các tế bào Fabri-Perot. Bộ cộng hưởng quang học đó cần đến các gương có độ phản xạ rất cao và nguồn sáng mạnh chiếu thành đường mảnh, và tất cả các phần tử quang học cần phải được điều chỉnh rất chính xác. Ví dụ, trong hệ thống của Kovari [*M. Kovari et al., Fusion Engineering and Design 85 (2010) 745–751*], thì độ phản xạ của các gương cần phải không được nhỏ hơn 99,96%, tổng công suất laze ra cần phải bằng khoảng 800 kW với cường độ ra khoảng 300W/cm^2 , và băng thông laze cần phải nhỏ hơn 100 Hz. Không thể chắc rằng các thông số đó có thể được thực hiện cùng nhau.

Do đó, cần phải đề xuất máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng.

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp dành cho máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng dùng cho các máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm. Máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng theo sáng chế là dựa trên nguyên lý tích lũy photon không cộng hưởng, trong đó đường đi của photon trở nên rối và bị bẫy vào vùng không gian nhất định, tức là, bẫy photon. Bẫy này được ưu tiên tạo ra dưới dạng hai bề mặt gương tròn quay mặt vào

nhau, với ít nhất một bề mặt là bề mặt lõm. Ở dạng đơn giản nhất, bẫy này được ưu tiên có dạng elip. Vùng giam của bẫy này là vùng gần họ pháp tuyến chung của hai bề mặt gương của bẫy. Các photon mà có góc lệch đủ nhỏ từ pháp tuyến chung gần nhất sẽ bị giam. Tùy theo các điều kiện cụ thể mà hình dạng của bẫy này có thể là một trong số hình cầu, hình elip, hình trụ, hình xuyên, hoặc tổ hợp các hình này.

Trong quá trình hoạt động, các chùm photon mà phân tán ra khắp bẫy với góc xiên cụ thể sẽ được phóng qua một hoặc nhiều lỗ nhỏ ở một hoặc nhiều trong số các gương đó. Các chùm photon này có thể đến từ các nguồn laze sợi quang công nghiệp tiêu chuẩn. Máy trung hoà bằng photon này không yêu cầu các nguồn bức xạ laze chất lượng cao bơm vào bia photon, cũng không cần phải điều chỉnh và đồng chỉnh các phần tử quang học một cách rất chính xác.

Các hệ thống, phương pháp, dấu hiệu và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được làm rõ cho người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực này, dựa vào các hình vẽ kèm theo và phần mô tả chi tiết sau đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các chi tiết theo sáng chế, bao gồm kết cấu và sự hoạt động, có thể được làm rõ một phần dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó các số chỉ dẫn giống nhau được dùng để chỉ các bộ phận giống nhau. Các thành phần trên các hình vẽ này không nhất thiết phải được vẽ đúng tỉ lệ hay vẽ rõ ràng, mà thay vào đó, chỉ được vẽ để thể hiện các nguyên lý của sáng chế. Ngoài ra, tất cả các phần minh hoạ là chỉ nhằm truyền tải các khái niệm, trong đó các kích thước, hình dạng tương đối và các thuộc tính chi tiết khác có thể được thể hiện dưới dạng lược đồ thay vì được thể hiện một cách chính xác hay chính xác về mặt câu chữ.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của bẫy photon kiểu không cộng hưởng.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của bẫy quang học đoạn nhiệt tựa phẳng.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện sơ đồ hình phối cảnh của bẫy quang học đoạn nhiệt tựa phẳng trên Fig.2.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện vết của một tia đơn trong bể photon với góc ngẫu nhiên từ -3° đến 5° trong mặt phẳng XY, và từ -5° đến 5° dọc theo bể, số lần phản xạ là 4000. Góc côn của các gương ở đầu là khoảng 3° .

Fig.5 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về sự phân bố cường độ trên bề mặt và mặt cắt ngang của nó ở giữa bể.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện biểu đồ mức độ trung hoà (đường chấm chấm) và hiệu suất trung hoà tổng thể (đường cong liên tục) so với công suất phóng lazer.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện hình chiếu bằng của kết cấu bố trí của máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện hình cắt phối cảnh của máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm trên Fig.7.

Cần lưu ý rằng trên suốt các hình vẽ, thì các phần tử của các kết cấu tương tự nhau hoặc có chức năng tương tự nhau là được biểu diễn bằng các số chỉ dẫn giống nhau nhằm mục đích minh hoạ. Cũng cần lưu ý rằng các hình vẽ đó chỉ nhằm tạo thuận lợi cho việc mô tả các phương án ưu tiên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mỗi trong số các dấu hiệu và các nguyên lý bổ sung mà được bộc lộ dưới đây là có thể được sử dụng một cách riêng rẽ hoặc kết hợp với các dấu hiệu và các nguyên lý khác để tạo ra máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng dùng cho các máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm. Các ví dụ điển hình của các phương án được mô tả ở đây, mà sử dụng nhiều trong số các dấu hiệu và các nguyên lý bổ sung đó cả một cách riêng rẽ lẫn kết hợp với nhau, sẽ được mô tả chi tiết hơn dựa vào các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả chi tiết này chỉ nhằm cung cấp cho người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực này thêm những chi tiết để thực hiện các khía cạnh ưu tiên của sáng chế chứ không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế. Do đó, những sự kết hợp của các dấu hiệu và các bước được bộc lộ trong phần mô tả chi tiết sau đây có thể không phải là bắt

buộc phải có để thực hiện sáng chế theo nghĩa rộng nhất, mà thay vào đó, chỉ để mô tả cụ thể về các ví dụ điển hình của sáng chế.

Ngoài ra, các dấu hiệu khác nhau của các ví dụ điển hình đó và các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc có thể được kết hợp theo những cách mà không được đánh số một cách cụ thể và tường minh để cung cấp thêm các phương án hữu ích của sáng chế. Ngoài ra, lưu ý rằng tất cả các dấu hiệu được bộc lộ trong phần mô tả và/hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ là nhằm được bộc lộ một cách riêng rẽ và độc lập với nhau cho mục đích bộc lộ ban đầu, cũng như nhằm mục đích giới hạn đối tượng được yêu cầu bảo hộ độc lập với các hợp phần của các dấu hiệu ở các phương án và/hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ. Cũng cần lưu ý rằng tất cả các khoảng giá trị hoặc những biểu thị về các nhóm thực thể là bộc lộ mọi giá trị trung gian hoặc thực thể trung gian khả thi cho mục đích bộc lộ ban đầu, cũng như nhằm mục đích giới hạn đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Sáng chế đề xuất máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng dùng cho các máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm. Phần mô tả chi tiết về máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm đã được cung cấp trong Đơn yêu cầu cấp patent Nga số 2012137795 và đơn PCT số PCT/US2013/058093, mà được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng theo sáng chế là dựa trên nguyên lý tích lũy photon không cộng hưởng, trong đó đường đi của photon trở nên rối và bị bẫy vào vùng không gian nhất định, tức là, bẫy photon. Bẫy này được ưu tiên tạo ra dưới dạng hai bề mặt gương tròn quay mặt vào nhau, với ít nhất một bề mặt là bề mặt lõm. Ở dạng đơn giản nhất, bẫy này được ưu tiên có dạng elip. Vùng giam của bẫy này là vùng gần họ pháp tuyến chung của hai bề mặt gương của bẫy. Các photon mà có góc lệch đủ nhỏ từ pháp tuyến chung gần nhất sẽ bị giam. Tuỳ theo các điều kiện cụ thể mà hình dạng của bẫy này có thể là một trong số hình cầu, hình elip, hình trụ, hình xuyên, hoặc tổ hợp các hình này.

Trong quá trình hoạt động, các chùm photon mà phân tán ra khắp bể với góc xiên cụ thể sẽ được phóng qua một hoặc nhiều lỗ nhỏ ở một hoặc nhiều trong số các gương đó. Các chùm photon này có thể đến từ các nguồn laser sợi quang công nghiệp tiêu chuẩn. Máy trung hoà bằng photon này không yêu cầu các nguồn bức xạ laser chất lượng cao bơm vào bia photon, cũng không cần phải điều chỉnh và đồng chỉnh các phần tử quang học một cách rất chính xác.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện bể photon kiểu không cộng hưởng 10 theo một phương án. Như được thể hiện trong trường hợp hai chiều, bể 10 bao gồm gương phẳng 20 ở dưới và gương lõm 30 ở trên. Photon γ với góc lệch nhỏ so với các trục thẳng đứng trong bể 10 sẽ làm xuất hiện, với mỗi lần phản xạ từ gương trên 30, sự chênh lệch động lượng ngang đến các trục qua tâm của bể 10. Vị trí của photon γ sau lần phản xạ thứ n được xác định bởi hoành độ của điểm phản xạ, x_n , với chiều cao, $F(x_n)$, góc φ so với chiều đứng và tốc độ photon, β_n . Sự chuyển động ngang được mô tả bằng hệ phương trình sau:

$$x_{n+1} - x_n = (F(x_{n+1}) + F(x_n)) \tan \beta_n \quad (1)$$

$$\beta_{n+1} - \beta_n = 2 \frac{dF(x_{n+1})}{dx} \quad (2)$$

Để khảo sát độ ổn định, thì các phiên bản tuyến tính hoá của các phương trình (1) và (2) được kết hợp, và thu được các phương trình sau:

$$x_{n+1} - x_n = 2F(0)\beta_n \quad (3)$$

$$\beta_{n+1} - \beta_n = 2 \frac{d^2 F(0)}{dx^2} x_{n+1} \quad (4)$$

Bằng cách kết hợp các phương trình (3) và (4), thì thu được mối quan hệ hồi quy tuyến tính như sau:

$$\begin{aligned} x_{n+2} - 2x_{n+1} + x_n &= 4F(0) \frac{d^2 F(0)}{dx^2} x_{n+1} \\ &= -4F(0) \frac{x_{n+1}}{R} \end{aligned} \quad (5)$$

trong đó R là bán kính cong của gương trên 30. Phương trình (5) là một

kiểu sơ đồ vi sai hữu hạn đối với hệ dao động với bước nhảy thời gian đơn vị và với tần số riêng $\omega_0 = 2\sqrt{\frac{F(0)}{R}}$. Nghiệm có thể được biểu diễn dưới dạng $x_n = A \cdot q^n$, trong đó q là số phức. Thế thì q được xác định dưới dạng:

$$q_{1,2} = 1 - \frac{2F(0)}{R} \pm \sqrt{\left(1 - \frac{2F(0)}{R}\right)^2 - 1} \quad (6)$$

Điều kiện ổn định là $|q| \leq 1$, từ đó sự giam các photon trong quang hình, khi tính đến tính không âm của giá trị $\frac{F(0)}{R}$, được xác định là

$$F(0) < R, \quad \omega_0^2 < 4 \quad (7)$$

Bán kính cong của gương trên 30 ảnh hưởng đến sự giam photon. Các hệ thống hồi quy (1) và (2) cho phép thu được tích phân chuyển động:

$$\sum_n \operatorname{tg} \beta_n (\beta_{n+1} - \beta_n) = \sum_n \frac{2(x_{n+1} - x_n)}{F(x_{n+1}) + F(x_n)} \frac{dF(x_{n+1})}{dx} \quad (8)$$

Trong trường hợp độ cong của gương trên 30 đủ nhỏ và các bước nhảy nhỏ, chẳng hạn

$$\Delta F \ll F, \quad \frac{dF}{dx} \ll 1, \quad \Delta \beta \ll 1 \quad (9)$$

thì các tổng tích phân (8) được biến đổi xấp xỉ thành

$$\ln \frac{\cos \beta_0}{\cos \beta} = \ln \frac{F(x)}{F(x_0)}$$

hoặc thành bất biến đoạn nhiệt tiêu chuẩn

$$F(x) \cos(\beta) = \text{const} \quad (10)$$

Mối quan hệ (10) xác định vùng được lấp đầy bởi các photon.

Những kết quả ước lượng này cho phép thiết kế máy trung hoà bằng photon hiệu quả đối với các chùm ion âm. Như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.3, hình học ba chiều của bẫy 10 là cơ cấu vòm dài gồm bốn thành phần. Như được thể hiện trên Fig.2, bẫy 10 được ưu tiên bao gồm gương dưới hay gương đáy 20 ở đáy của bẫy 10 và có dạng phẳng, và cơ cấu gương trên 30 bao

gồm gương ở tâm 32 có hình trụ, và cặp gương đẳng ngoài 34 hình nón được ghép nối vào các đầu của gương ở tâm 32. Như được thể hiện trên hình vẽ, chùm ion H^- được cho đi qua bẫy photon này. Các kích thước đó được lấy từ các tỉ lệ đặc trưng của một kênh trung hoà đơn của máy phóng chùm đối với Lò phản ứng Thí nghiệm Nhiệt hạt nhân Quốc tế (International Thermonuclear Experimental Reactor - ITER).

Phần sau đây sẽ cung cấp các kết quả mô phỏng bằng số của máy trung hoà bằng photon đối với ITER NBI (Neutral Beam Injector - máy phóng chùm trung hoà). Hoạt động mô phỏng này được thực hiện bằng công cụ ZEMAX. Fig.4 là hình vẽ thể hiện một vết tia trong hệ thống bẫy 10 trên Fig.2 với góc ngẫu nhiên từ -3° đến 3° trong mặt phẳng XY, và từ -5° đến 5° dọc theo bẫy 10.

Quỹ đạo được biểu thị trên Fig.4 chứa 4000 lần phản xạ, sau đó tia này ở lại trong hệ thống bẫy. Ở thiết bị cộng hưởng [M. Kovari, B. Crowley. *Fusion Eng. Des.* 2010, v.85 p. 745–751], thì hiệu suất lưu trữ với độ phản xạ gương $r^2=0,9996$ là khoảng $P/P_{in} \approx 500$. Trong trường hợp được ghi chú ở đây, với độ phản xạ gương thấp hơn là $r^2=0,999$, thì hiệu suất lưu trữ xác định được là

$$P/P_{in} \approx \frac{1}{1-r^2} \approx 1000 \quad (11)$$

Những tổn thất có xu hướng liên quan chủ yếu đến một lượng lớn các bề mặt bên trong khoang và sự nhiễu xạ. [J.H. Fink, *Production and Neutralization of Negative Ions and Beams: 3rd Int. Symposium, Brookhaven 1983, AIP, New York, 1984, pp. 547–560*]

Sự phân bố của năng thông bức xạ qua mặt phẳng ngang bên trong bẫy 10 được thể hiện trên Fig.5, trong đó hệ số phản xạ của tất cả các bề mặt là 0,999 và công suất bức xạ đầu vào là 1 W (oát). Công suất tích lũy tính được trong khoang của bẫy 10 là 722 oát. Tính đến các tổn thất tính toán (công cụ Zemax sẽ theo dõi và đánh giá các tổn thất đó) thì trị số công suất tích lũy cần được tăng lên thêm 248 W. Do đó, hiệu suất lưu giữ đạt tới gần như giá trị khả thi tối đa (11). Do đó, các hệ thống tựa phẳng cho phép tạo ra vùng giam với kích

thước cụ thể trong quang hình.

Lưu ý rằng các gương hình nón 34 ở đầu và các gương hình trụ chính 32 và 20 tạo thành bề mặt gầy, như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.3. Các bề mặt gầy đó có xu hướng ảnh hưởng xấu đến khả năng giam photon theo chiều dọc bởi vì chúng tạo thành vùng không ổn định (xem công thức (7)). Tuy nhiên, số lần mà tia cắt qua các đường biên này trong khoảng thời gian sống của photon là không lớn so với tổng số lần phản xạ, do đó, photon không có thời gian để làm tăng đáng kể góc dọc và rời khỏi bẫy qua các đầu của bẫy 10.

Phóng bức xạ vào bẫy và các nguồn

Để bơm vào tế bào quang học, thì các chùm photon có góc phân tán cụ thể dọc và ngang bẫy 10 có thể được phóng qua một hoặc nhiều lỗ nhỏ trong một hoặc nhiều gương. Ví dụ, có thể dùng laze sợi quang ytecbi ($\lambda=1070\text{nm}$, tổng công suất trên 50 kW) [http://www.ipgphotonics.com/Collateral/Documents/English-US/HP_Brochure.pdf]. Các nguồn laze nối tiếp này có đủ công suất và vạch phát xạ của chúng là gần tối ưu.

Chùm bức xạ với góc phân tán cần thiết có thể được chuẩn bị từ nguồn bức xạ laze sợi quang bằng các bộ tạo hình hình nón hoặc hình parabôn đoạn nhiệt đặc biệt. Ví dụ, nguồn bức xạ với góc phân tán 15° từ sợi quang và $\varnothing 300\mu$ có thể được biến đổi thành 5° và $\varnothing 1\text{ mm}$, vốn đủ cho bẫy trung hoà 10 được mô tả ở đây.

Hiệu suất trung hoà photon

Mức độ trung hoà có thể được biểu diễn dưới dạng

$$K(P) = 1 - \exp\left(-\frac{\sigma P}{E_0 d V}\right) \quad (12)$$

trong đó d là chiều rộng của vùng trung hoà, E_0 là năng lượng photon, V là vận tốc của các ion. P là tổng công suất tích lũy được xác định dưới dạng $P = \frac{P_0}{1-r^2}$, trong đó P_0 là công suất bơm quang học. Hiệu suất trung hoà đối

với luồng D- bằng laze với hiệu suất tổng thể η_l có thể được xác định dưới dạng

$$\eta(P_0) = \frac{K(P)P_-}{P_- + \frac{P_0}{\eta_l}} \quad (13)$$

trong đó P_- là công suất chùm ion âm. Hiệu suất này tăng lên với sự tăng công suất chùm D-. Hiệu suất (13) và mức độ trung hoà (12) được thể hiện trên Fig.6. Đường cong này được tính toán cho máy trung hoà khí kênh đơn ở các máy phóng ITER, trong đó phần 10 MW được cho đi qua. Do đó, theo phương pháp đó thì có thể đạt được hiệu suất trung hoà gần như 100% với hiệu suất năng lượng rất cao, khoảng 90%. Để so sánh, thì máy phóng chùm trung hoà ITER có hiệu suất trung hoà 58% [R. Hemsworth et al.// Nucl. Fusion. 2009, v.49, 045006] và hiệu suất tương ứng. Hiệu suất tổng thể của máy phóng khi có tính đến nguồn gia tốc và các tổn thất vận chuyển đã được Krylov ước lượng [A. Krylov, R.S. Hemsworth. Fusion Eng. Des. 2006, v.81, p. 2239–2248].

Kết cấu ưu tiên của máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm 100 theo một phương án ví dụ được thể hiện trên Fig.7 và Fig.8. Như được thể hiện, ống phóng 100 bao gồm nguồn ion 110, van điều tiết 120, các nam châm lái tia 130 để làm lệch đường đi của chùm có năng lượng thấp, kết cấu đỡ cách điện 140, máy gia tốc năng lượng cao 150, van điều tiết 160, ống trung hoà (được thể hiện dưới dạng lược đồ) 170, nam châm phân cách (được thể hiện dưới dạng lược đồ) 180, van điều tiết 190, các tấm đỡ bơm 200 và 202, bình chân không 210 (là một phần của bình chân không 250 sẽ được mô tả dưới đây), các bơm hấp thụ 220, và bộ ba thấu kính tứ cực 230. Như đã nêu, máy phóng 100 bao gồm nguồn ion 110, máy gia tốc 150 và máy trung hoà 170 để tạo ra chùm trung hoà khoảng 5 MW với năng lượng khoảng 0,50 đến 1,0 MeV. Nguồn ion 110 được đặt bên trong bình chân không 210 và tạo ra chùm ion âm 9 A. Bình chân không 210 được cấp thiên áp đến -880 kV so với đất và được lắp đặt trên các kết cấu đỡ cách điện 140 bên trong bình 240 có đường kính lớn hơn và được bơm đầy khí SF₆. Các ion được tạo ra từ nguồn ion đó được gia tốc trước đến 120 keV trước khi phóng vào máy gia tốc năng lượng cao 150 bằng máy gia tốc trước

111 kiểu lưới nhiều lỗ tĩnh điện ở nguồn ion 110, mà được dùng để trích xuất các chùm ion từ plasma và gia tốc đến một phần năng lượng chùm cần thiết. Chùm 120 keV từ nguồn ion 110 đó đi qua cặp nam châm lái tia 130, để cho phép chùm này dịch khỏi trục trước khi vào máy gia tốc năng lượng cao 150. Các tấm để bơm 202, mà được thể hiện giữa các nam châm lái tia 130, bao gồm bẫy phân vùng và bẫy xesi.

Phần mô tả chi tiết hơn về máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm này đã được cung cấp trong Đơn yêu cầu cấp patent Nga số 2012137795 và đơn PCT số PCT/US2013/058093, mà được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Tuy nhiên, các phương án ví dụ được cung cấp ở đây chỉ là các ví dụ minh hoạ chứ không nhằm giới hạn dưới bất kì hình thức nào.

Trong phần mô tả trên đây, sáng chế đã được mô tả dựa vào các phương án cụ thể. Tuy nhiên, các phương án cải biến và các phương án thay đổi khác nhau có thể được tạo ra mà không nằm ngoài nguyên lý và phạm vi của sáng chế. Ví dụ, thứ tự và sự kết hợp cụ thể của các hoạt động của tiến trình được thể hiện trên các lưu đồ tiến trình được mô tả ở đây là chỉ nhằm mục đích minh hoạ, trừ khi được nói khác đi, và sáng chế có thể được thực hiện với các hoạt động khác nhau của tiến trình hoặc các hoạt động của tiến trình bổ sung, hoặc sự kết hợp khác hoặc thứ tự khác của các hoạt động của tiến trình đó. Theo ví dụ khác, mỗi dấu hiệu của phương án này có thể được trộn lẫn và được khớp với các dấu hiệu khác của phương án khác. Các dấu hiệu và các tiến trình, mà những người có hiểu biết trung bình đã biết, có thể được kết hợp một cách tương tự nếu muốn. Ngoài ra, và tất nhiên, các dấu hiệu có thể được thêm vào hoặc được bớt đi nếu muốn. Do đó, sáng chế chỉ bị giới hạn bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng dành cho các máy phóng chùm trung hoà bao gồm:

gương thứ nhất và gương thứ hai có các bề mặt gương đối nhau để tạo thành bẫy photon, trong đó bề mặt gương của gương thứ nhất là bề mặt lõm và bề mặt gương của gương thứ hai là bề mặt phẳng, trong đó gương thứ nhất bao gồm cụm gương gồm gương ở tâm và gương đẳng ngoại thứ nhất và gương đẳng ngoại thứ hai được ghép nối với gương ở tâm này.

2. Máy trung hoà bằng photon theo điểm 1, trong đó bẫy photon bao gồm vùng giam giữ với họ pháp tuyến chung của các bề mặt gương của gương thứ nhất và gương thứ hai.

3. Máy trung hoà bằng photon theo điểm 1, trong đó gương ở tâm được tạo dạng hình trụ và các gương đẳng ngoại được tạo dạng hình nón.

4. Máy phóng chùm trung hoà dựa trên ion âm, trong đó máy phóng này bao gồm:

nguồn ion âm, và

máy trung hoà bằng photon kiểu không cộng hưởng được bố trí đồng trục với nguồn ion âm này, trong đó máy trung hoà bằng photon này bao gồm gương thứ nhất và gương thứ hai có các bề mặt gương đối nhau tạo thành bẫy photon, trong đó bề mặt gương của gương thứ nhất là bề mặt lõm và bề mặt gương của gương thứ hai là bề mặt phẳng, trong đó gương thứ nhất bao gồm cụm gương gồm gương ở tâm và gương đẳng ngoại thứ nhất và gương đẳng ngoại thứ hai được ghép nối với gương ở tâm này.

5. Máy phóng chùm trung hoà theo điểm 4, trong đó bẫy photon bao gồm vùng giam kèm với họ pháp tuyến chung của bề mặt gương thứ nhất và bề mặt gương thứ hai.

6. Máy phóng chùm trung hoà theo điểm 4, trong đó gương ở tâm được tạo dạng hình trụ và các gương đẳng ngoại được tạo dạng hình nón.

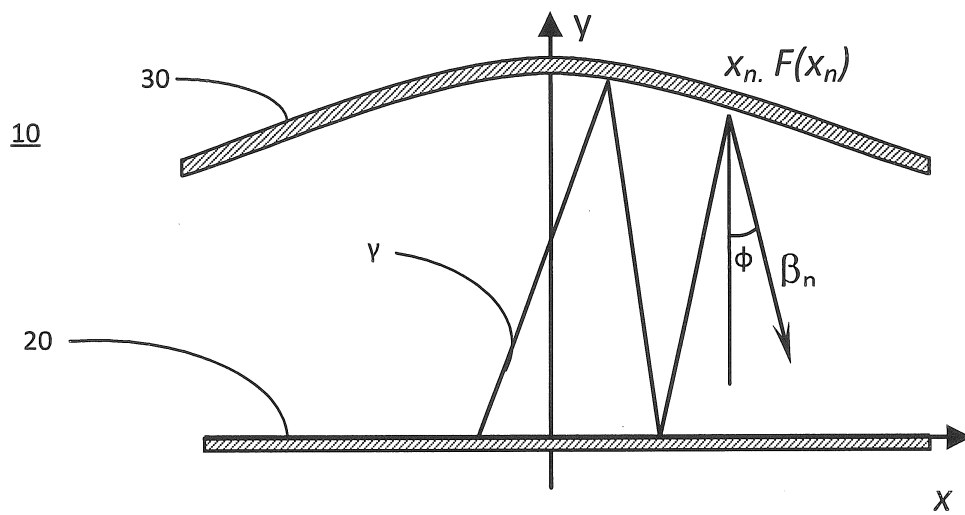


Fig.1

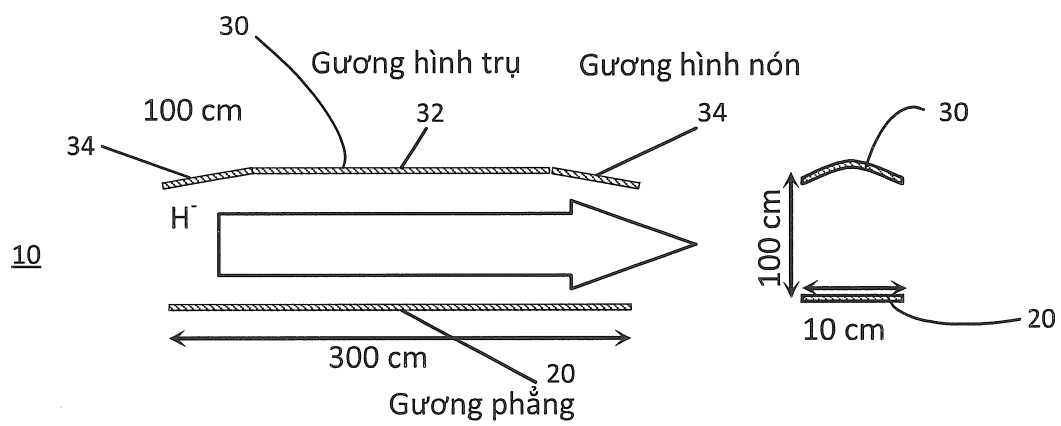


Fig.2

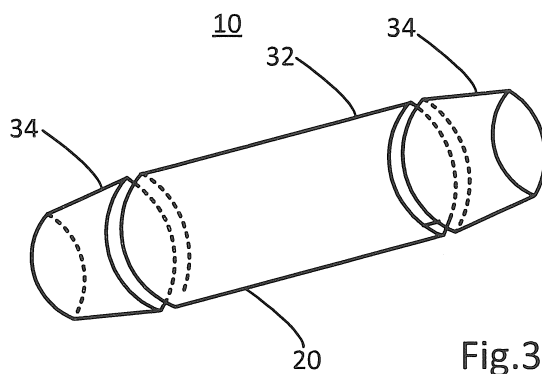


Fig.3

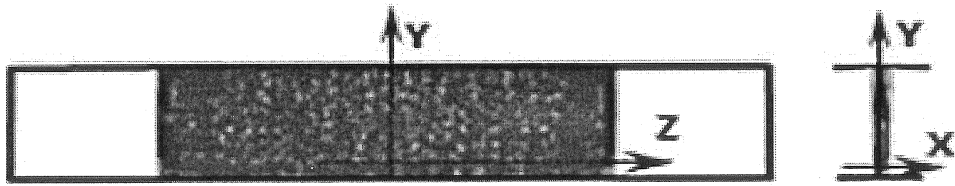


Fig.4

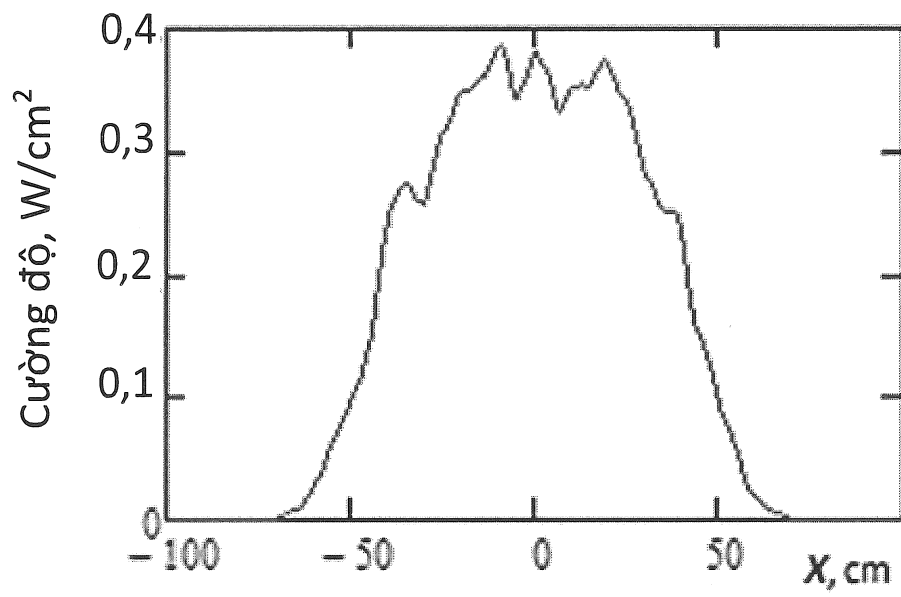
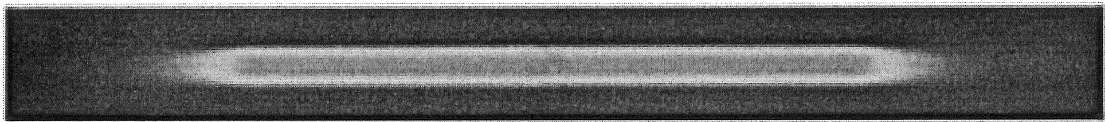


Fig.5

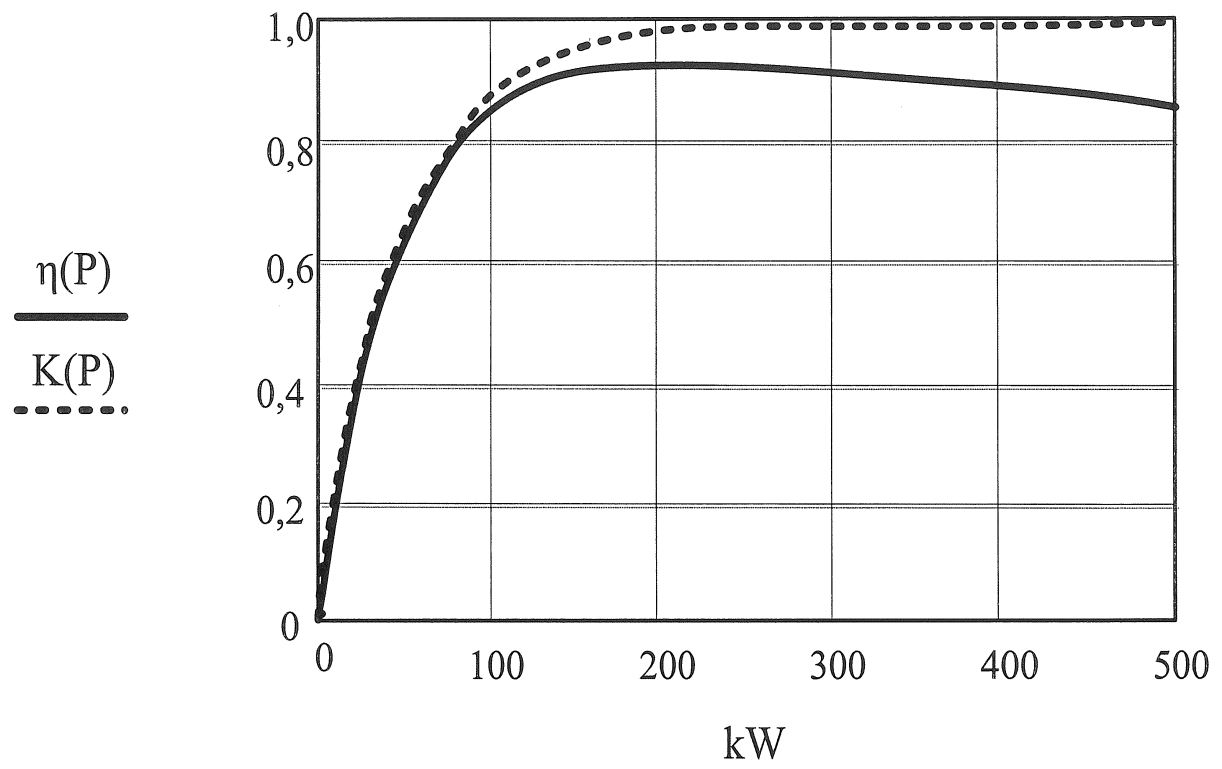


Fig.6

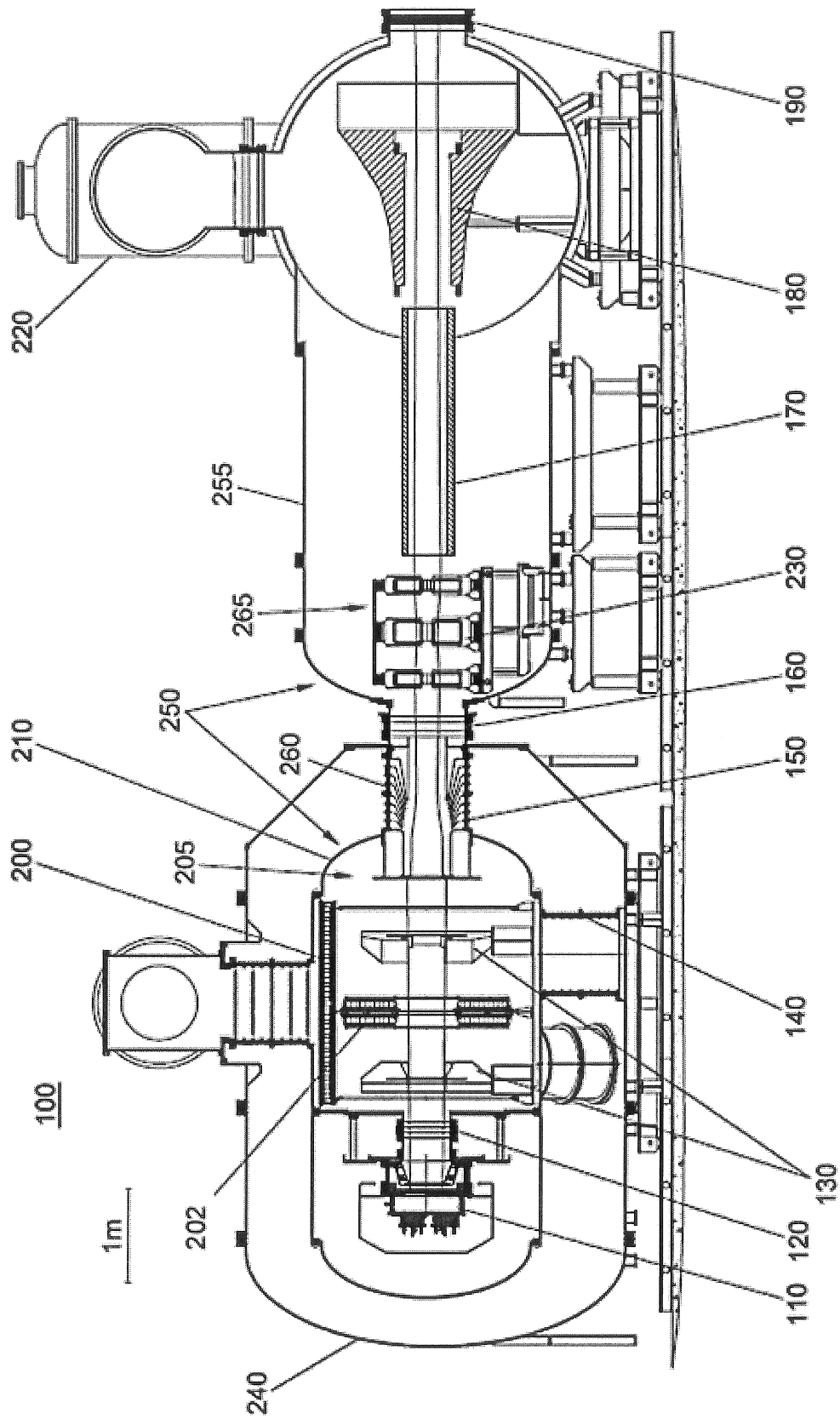
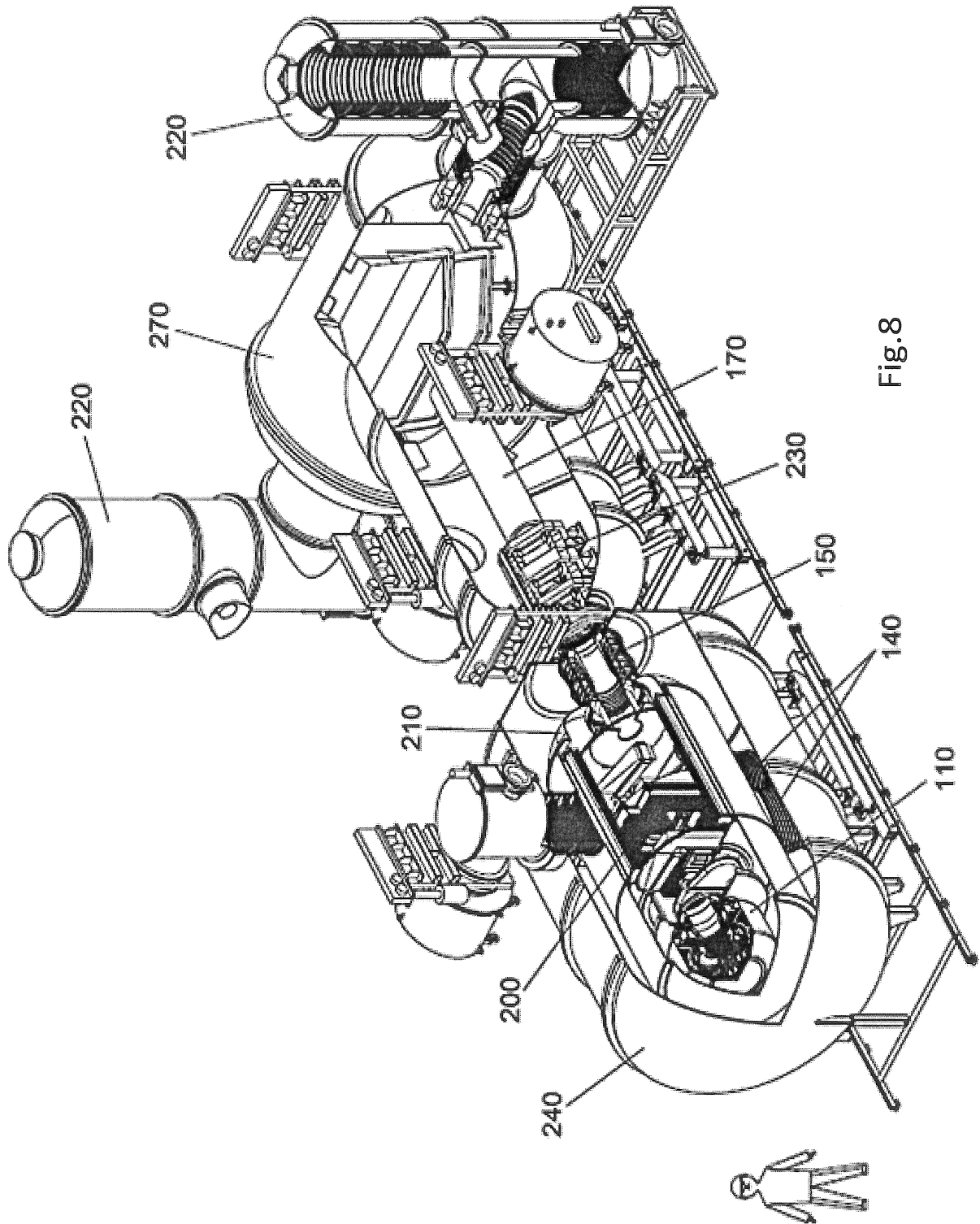


Fig. 7



85