

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 283**

21 Número de solicitud: 201530150

51 Int. Cl.:

H05H 1/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

06.02.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.08.2016

Fecha de concesión:

10.05.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

18.05.2017

73 Titular/es:

**PULSOTRON, S.L. (100.0%)
Avda. Juan López Peñalver, 21
29590 Málaga (Málaga) ES**

72 Inventor/es:

LÓPEZ SEGURA, Javier Luis

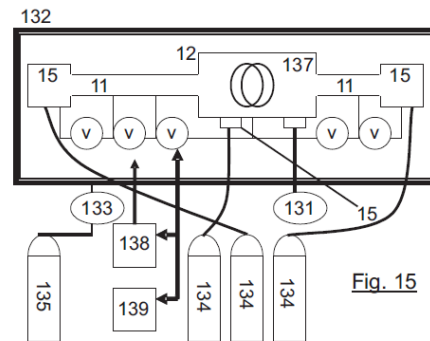
74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **Sistema de calentamiento y compresión de plasma**

57 Resumen:

Sistema de calentamiento y compresión de plasma que comprende cañones de plasma, cámara de confinamiento y sistema de bobinas, donde el sistema de bobinas es seleccionado de un grupo consistente en dos bobinas paralelas, dos bobinas perpendiculares o bien tres bobinas perpendiculares entre sí y un sistema multibobinas concéntricas, donde cada bobina comprende una primera capa conductora y una segunda capa debajo de la primera capa, la primera capa compuesta por un metal o aleación altamente conductor y la segunda capa compuesta por un material poco o no conductor.



ES 2 579 283 B1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y COMPRESIÓN DE PLASMA

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La invención pertenece al campo de la física de plasmas, en particular al área de compresión y calentamiento de plasmas para aplicaciones científicas y de la ingeniería

La invención sirve para calentar y comprimir el plasma, para medir propiedades del plasma, generar neutrones y reacciones de fusión y generar energía.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

El plasma es empleado en reacciones de fusión. Las reacciones de fusión se emplean para
15 generar energía, y también para investigación en el campo de la física o para generar partículas de alto nivel energético que se pueden emplear en medicina o para desarrollar nuevos materiales.

La fusión nuclear consiste en colisionar iones de bajo peso atómico para crear partículas de
20 mayor peso atómico generando energía.

Los dos requisitos fundamentales para generar energía de fusión son densidad y temperatura de plasma.

25 De acuerdo con la ecuación de Lawson, cuando una partícula-1 reacciona con una partícula-2 genera reacciones de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R=N1*N2*Aeff/A \text{ (Formula 1)}$$

30 Donde R es el número de reacciones por metro cúbico y segundo.

N1 y N2 son las densidades de iones incidentes y objetivos, Aeff es la sección eficaz de la reacción, siendo una constante específica de cada reacción y A es el área de colisión.

La densidad de los iones es proporcional a la presión. En plasmas confinados magnéticamente la presión es proporcional al cuadrado del campo magnético de acuerdo con la Formula 2:

5 $P=B^2/2\mu$ (Formula 2)

Siendo B el campo magnético y μ la constante permeabilidad magnética.

Como las densidades N1 y N2 son proporcionales cada una con la presión y por tanto del cuadrado del campo magnético podemos concluir que las reacciones de fusión son
10 proporcionales con la cuarta potencia del campo magnético.

En un plasma totalmente ionizado y sin electrones, los iones se repelen debido a la presión electrostática de acuerdo con la Formula 3:

15

$P=\sigma^2/2\epsilon_0$ (Formula 3)

Donde σ es la densidad de carga superficial (coulomb/m²) Y ϵ_0 es la permitividad del vacío.

20

La sección eficaz de la reacción depende de las partículas reaccionantes y de la temperatura. A baja temperatura la sección eficaz es demasiado pequeña y no se producen reacciones.

25 Principalmente hay dos tipos de reacciones:

- Reacciones Neutrónicas: Las reacciones D-T (deuterio-tritio) que necesitan temperaturas de plasma de 30 keV

- Reacciones Aneutrónicas: Que requieren temperaturas de más de 400 keV

30

Un KeV es un kiloelectronvolt y equivale a 11.6 millones de grados kelvin. Un MeV es 1000 veces un KeV.

Reacciones Neutrónicas: La reacción D+T es principalmente neutrónica donde el Deuterio
35 fusiona con Tritio para generar Helio y un neutrón. Esta reacción es más fácilmente de conseguir pues comienza a solo 30 keV y la sección eficaz es alta. Desgraciadamente el

80% de la energía generada procede de los neutrones que inducen radioactividad en otros materiales. Además el fuel Tritio es un gas muy peligroso, altamente radioactivo y muy difícil de conseguir.

5 **Reacciones aneutrónicas::**

- $P+B^{11} \rightarrow 3\alpha + 8.7\text{MeV}$
- $P+2Li^6 \rightarrow 3\alpha + P + 20.9\text{MeV}$
- $P+Be^6 \rightarrow \alpha + Li^6 + 2.64\text{MeV}$

10 Donde α es un ión de helio-4.

Estas reacciones producen muy pocos o ningún neutrones. Por desgracia es muy difícil generar más energía de la inyectada debido a las temperaturas de plasma extremadamente altas que se necesitan. Como ejemplo la reacción $H+B^{11}$ tiene una sección eficaz de solo 800 millibarns ($0.8 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$) a 600 keV. Es por tanto necesario una temperatura de 600keV, obteniéndose a cambio 8.7MeV de cada reacción, siendo por tanto la ganancia energética neta de $8.7 \text{ MeV}/600\text{KeV}=14.5$ veces la energía inyectada.

Calentando el plasma

20 Los principales problemas de calentar el plasma son:

- Reducción de la densidad de iones, que es inversamente proporcional a la temperatura del plasma, por lo que incrementar la temperatura de plasma diez veces reduce la densidad de iones en diez veces y el número de reacciones en 100 veces de acuerdo con la fórmula-1

25 .

- Pérdida de energía debido a la radiación térmica de Bremsstrahlung de acuerdo con la siguiente ley:

30 $R=K \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot T^{1/2}$

Donde R es la radiación emitida en watio/m³, K es una constante ($1.4 \cdot 10^{-40}$), Z₁,Z₂=número atómico de los iones reaccionantes y N₁,N₂ su densidad. T es la temperatura del plasma. Por tanto las pérdidas suben con la raíz cuadrada de la temperatura.

35

Los principales métodos convencionales de calentar el plasma son:

Calentamiento óhmico: Una corriente DC ó AC es inducida o pasada a través del plasma. Es un método eficiente pero los iones y electrones calentados óhmicamente se mueven muy rápido en cualquier dirección colisionando entre sí y emitiendo una gran potencia radiada. Por ello es prácticamente imposible calentar por este sistema el plasma más de 2keV. Por este sistema solo se puede calentar reduciendo la densidad del plasma, por lo que la potencia de fusión se reduciría a niveles inaceptables

- 10 Inyección de haces neutros: Como la temperatura de plasma inyectado es alta, su densidad es demasiado baja. Otro problema es que la inyección de haces neutros tiene una eficiencia energética inferior al 60%. Se emplea para ello la fuerza de Lorentz mediante una descarga eléctrica a través del plasma introducido en un tubo coaxial. Parte de la energía inyectada se emplea en calentar el plasma y parte se pierde por radiación. Este tipo de aceleración no es eficiente, gran parte de la fuerza se emplea en empujar hacia fuera las paredes de los guías de ondas empleados.

- Radiofrecuencia (rf): Una antena emite ondas de RF de alta potencia que se emplea en calentar el plasma. Como la densidad del plasma es baja el acoplamiento con el mismo también es bajo, siendo necesario emplear muy alta frecuencia. El principal problema es el calentamiento óhmico del plasma como se dijo anteriormente. Los generadores de alta potencia de RF de más de 10 Ghz no son estándar por lo que son caros y difíciles de conseguir. Como generadores de RF se pueden emplear: sistemas de cavidad como los magnetrones, triplicadores de frecuencia, amplificadores GaN y GaAs, osciladores Gunn, transistores HBT y HEMT (adaptados a la banda de los Terahercios). Todos ellos tienen una eficiencia inferior al 25% en las bandas indicadas.

Láseres: Comprimen el plasma calentando una bola sólida usando el efecto acción-reacción o efecto cohete y así aceleran y colapsan esferas huecas. El sistema tiene muy poca eficiencia.

- 30 Los láseres pueden calentar plasma comprimido magnéticamente acoplado éstos a los electrones, promoviendo la absorción sin colisiones mediante absorción cuántica inversa de Bremsstrahlung también llamado calentamiento anómalo.

- Todos los sistemas de calentamiento expuestos arriba tienen una eficiencia limitada, y son calentadores de plasma óhmico que reducen su densidad e incrementan las pérdidas de radiación.

Confinamiento del plasma

Como se indicó anteriormente el plasma debe ser confinado sin tocar las paredes del
5 contenedor, para impedir las pérdidas de energía y dañar las paredes del contenedor. El método más eficiente de confinar el plasma es mediante el empleo de un fuerte campo magnético el cual genera una presión de acuerdo con la Formula 2.

Con dicho campo magnético los iones son forzados a describir órbitas cuyo radio se le llama giroradio el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

10

$$r = m \cdot v_t / qB \quad (\text{Formula 4})$$

Donde m es la masa del ión, v_t es la velocidad del mismo perpendicular al campo magnético, q es la carga del ión y B el campo.

15

De acuerdo con el estado del arte el plasma debe ser confinado mediante un plasma cilíndrico o toroidal.

El empleo de un plasma cilíndrico, se le instala al mismo dos bobinas en sus extremos que
20 forman los llamados espejos magnéticos (ver Figure 120). El problema de este tipo de plasma es que escapa por los extremos a pesar de los espejos magnéticos. La reflectancia de los espejos magnéticos se obtiene de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}$$

25

Siendo B_{\max} y B_{\min} el campo magnético máximo y mínimo, el campo B_{\min} se obtiene en el centro de los espejos magnéticos. El tiempo de confinamiento se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$30 \quad \frac{V_t}{V_p} > \frac{1}{\sqrt{R}}$$

Donde V_t y V_p son respectivamente la velocidad paralela y perpendicular con respecto a la dirección del campo magnético. B_{\min} debe ser diez veces menor que B_{\max} para confinar el

70% de las partículas, pero al ser este campo magnético es muy inferior la densidad de reacciones es muy baja también:

Por ello se desarrolló el plasma toroidal (uniendo el final y principio del plasma cilíndrico por sus extremos) lo cual impide que las partículas escapen por los extremos, no obstante esta configuración presenta inestabilidades las cuales hacen perder partículas y además el gran volumen de plasma implica un menor campo magnético.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10

La presente invención provee de un sistema de compresión y calentamiento de plasma que comprende cañones de plasma, cámara de confinamiento y un sistema de bobinas donde este sistema de bobinas es seleccionado de un grupo consistente en dos bobinas paralelas, dos bobinas perpendiculares, tres bobinas perpendiculares entre sí y un sistema multibobinas concéntrica, donde cada bobina del sistema formado por una capa de metal o aleación altamente conductora y una segunda capa no conductora o de baja conductividad debajo de la anterior.

Otro modo de realización consistente en que los cañones de plasma son del tipo electroestático o magnético.

Otro modo de realización en el cual el cañón de plasma es un cañón magnético de varias etapas disponiendo en el final del cañón de bobinas para apuntar el plasma y lentes magnéticas

Otro modo de realización donde el plasma neutro ionizado o iones positivos son introducidos en la cámara de confinamiento rellena de fuel en estado sólido.

Otro modo de realización donde las unidades de alto voltaje se sumergen en un contenedor con relleno de dieléctrico.

30

Otro modo de realización donde el sistema de multibobinas concéntricas, cada bobina es conectada a un banco de condensadores o fuente de alimentación mediante una matriz de interruptores.

Otro modo de realización donde los materiales de alta conductividad se seleccionan de un grupo consistente en plata, cobre o grafeno.

Otro modo de realización donde el material poco conductivo o aislante es fibra de vidrio o asbestos (amianto).

- 5 El empleo de un agujero magnético (numero 113) permite la introducción de plasma en el sistema, por ello otro modo de realización contiene agujeros magnéticos.

Otro modo de realización en el cual una o más de las bobinas indicadas se desdoblan en dos para crear espejos magnéticos

10

Otro modo de realización en el cual las bobinas se alimentan sucesivamente en fase en una bobina con la siguiente y con la rotación del plasma

- 15 Otro modo de realización en el cual las bobinas se alimentan empleando bancos de condensadores

Otro modo de realización en el cual las bobinas se protegen mediante tramos cortados de metal, pegados unos a otros mediante láminas no conductoras

- 20 Otro modo de realización en el cual se alimenta dos láminas de metal a fin de separar el plasma interno en iones positivos y negativos en dos capas finas

Otro modo de realización en el cual se alimenta con una fuente de alimentación de alto voltaje entre las partes de metal internas y el plano de tierra.

- 25 Otro modo de realización en el cual las bobinas forman un ocho cortado y el plasma fluye en el interior del tubo hueco que está rodeado de cables paralelos a la superficie y otras dos bobinas de plasma están en la parte cortada del ocho perpendiculares al plasma y que confinan este en el centro del mismo.

Otro modo de realización en el cual una o más bobinas son superconductoras

- 30 Otro modo de realización en el cual los cañones electrostáticos contienen desviadores de electrones, lentes magnéticas y lentes para alinear el plasma.

Otro diseño del sistema de la invención en el cual los desviadores de electrones son imanes permanentes

35

Los cañones de plasma deben disponer de sistemas de diagnósticos como los descritos en la figura 16 por tanto otro modo de realización contiene un sistema retractable de diagnósticos y alineamiento del haz de plasma.

- 5 Otro modo de realización en el cual el fuel recubre internamente una estructura hueca donde los cañones de plasma disparan el plasma dentro a través de un agujero

Otro modo de realización donde el cuerpo de los cañones de plasma se dividen en cuellos separados por partes no metálicas y elásticas.

10

Otro modo de realización descrito en la Figura 1 donde los cañones de plasma son "cañones electrostáticos" como los descritos en Figuras 4 ó 17 y que pueden ser intercambiados por "cañones magnéticos" descritos en Figura 5, donde las bobinas del cañón pueden ser del tipo descritas en la Figura 2 y que se pueden montar tal y como aparece en la Figura 14, pudiéndose montar imanes o superconductores en lugar de las otras bobinas.

15

El cuerpo central es la cámara de confinamiento que contiene el sistema de bobinas de acuerdo a la Figura 10a y que puede intercambiarse con cualquiera de los sistemas de las Figuras 11, 12a, 12b, 12c and 13. Estas bobinas se pueden alimentar con corriente continua o pulsada según el esquema en la Figura 8.

20

Un modo de operación de colisiones coplanares de acuerdo con la figura 9 donde la fuente de alimentación está descrita en Figura 8 y las bobinas son del tipo descritos en Figuras 10a, 10b, 10c, 11, 12a, 12b, 12c y 13 donde cada bobina está desdoblada en dos tal y como aparece en la Figura 14 y protegidos con piezas metálicas tal y como aparecen en la Figura 14, número (129).

25

Un modo de implementación en el cual el plasma está compuesto únicamente de iones positivos de acuerdo a la estructura en la Figura 3 con forma toroidal o esférica de acuerdo a la Figura 12a-número 114 que rota sincronizadamente con la operación de las bobinas compresoras.

30

El sistema debe ser conectado a partes auxiliares de acuerdo a la Figura 15.

Otro modo de implementación consistente en eliminar el cuerpo central alineando un cañón de plasma con el opuesto realizándose la reacción de fusión en la colisión entre plasmas en la parte central entre ambos cañones sin la necesidad de cámara de confinamiento.

35

Otro modo de implementación de acuerdo con la Figura-6 en el cual se emplea Fuel sólido a fin de que tenga una alta densidad y que detenga de este modo el haz de plasma. Lo mejor es instalar el sistema verticalmente cayendo al fondo el fuel y los restos de la reacción. El
5 fuel sólido para el haz iónico generando energía eléctrica y térmica que puede dañar las paredes del reactor, por ello conviene que el fuel en forma de polvo cubra la parte interna de las bobinas, si estas son instaladas. No es necesario el empleo de bobinas de confinamiento en este diseño, si bien pueden emplearse para confinar los iones generados con una alta energía cinética y que pueden ser empleados en calentar más plasma.

10 El fuel sólido que cubre la estructura en la Figura 6 número 53 puede estar en forma de polvo y cubrir la parte interna de la estructura mediante movimiento circular generando fuerzas centrífugas. Puede incluir cualquiera de las bobinas descritas en las Figuras 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 12c y 13.

15 **Principales logros de la invención**

Los cañones de plasma descritos en Figuras 4 y 5 inmersos en material dieléctrico (Figura 15, número 132) permitirán calentar el plasma eficientemente por encima de los 300 keV, necesarios para las condiciones de ignición y obtención de energía neta.

La alta presión magnética proporcionada por las configuraciones y pequeño tamaño de
20 bobinas descritas en las Figuras 10a, 115 , 12a, 12b and 12c y el empleo de alimentación pulsada permiten una compresión esférica y por tanto una gran compresión y densidad de plasma lo que permite una alta densidad de reacciones de acuerdo con Formula 1.

En la bobina de la Figura 18 (similar a la descrita en la Figura 9) pero empleando numerosas
25 bobinas en paralelo a fin de permitir acelerar el plasma. El volumen de colisión se encuentra justo en el centro (como en la Figura 9) pero la bobina envuelve el volumen del plasma estando las bobinas enrolladas en paralelo al plasma. Como resultado cuando una fuerte corriente pasa a través del plasma, éste es acelerado con gran eficiencia siendo lanzado contra el centro del sistema donde colisiona, la ventaja de este sistema es que el plasma no
30 pierde su energía pues vuelve a describir círculos internamente colisionando con el plasma proveniente de la segunda mitad del ocho. Hay además dos bobinas perpendiculares que confina el plasma que entra en el centro del sistema.

El empleo de operación pulsada permite generar altas corrientes de pico en el momento
35 requerido sin desperdiciar potencia.

El calentamiento óhmico convencional ha sido eliminado completamente, empleando un haz de iones compacto en los sistemas electromagnéticos descritos en las Figuras 4, 5 y 17.

Además se condensa aún más los haces de iones empleándose lentes magnéticas y bobinas de direccionamientos como los descritos en Figuras 4 y 5, números 36, 37 y que
5 están en la salida de los cañones de plasma. Las lentes magnéticas coliman y focalizan el haz de plasma que entra en la cámara de confinamiento y las bobinas de direccionamiento lo introducen dentro con un preciso ángulo de incidencia.

Otra vía de incrementar la densidad de plasma es eliminar los electrones de acuerdo a la estructura en la Figura 3.

10 El plasma se calienta desde dentro mediante la introducción de partículas a través de los extremos (número 35) del sistema de bobinas de la figura 13, sincronizando la entrada del haz de iones con la secuencia de compresión cuando se emplean los sistemas de bobinas de las Figuras 10a, 11, 12a, 12b, 12c, o bien introduciéndose el haz por el agujero número
15 53 de la Figura 6, o a través de la pared del plasma según Figura 9 o bien a través del agujero magnético número 113.

Calentar por dentro el plasma reduce las inestabilidades que aparecen cuando se calienta por fuera del mismo.

El calentamiento eficiente permite la ignición de la reacción $P+B^{11}$ en la zona de baja energía en la cual no se emiten neutrones y no se genera radioactividad, siendo la reacción

20 $P+B^{11}$ prácticamente aneutrónica por debajo de 1 MeV.

El uso de dos o más bobinas de acuerdo con las Figuras 10a, 10b y 12a permiten un mayor campo magnético con el mismo consumo, estando las fuentes de alimentación de las bobinas están sincronizados para permitir una compresión esférica. Se puede lograr obtener un plasma esférico o toroidal. Se puede hacer rotar el plasma alrededor de uno o más ejes.

25

El sistema de diagnósticos del plasma de la Figura 16 permite ajustar con precisión la forma del haz de plasma.

La eliminación de los electrones empleando bobinas perpendiculares al plasma (número 32) en los cañones de plasma permite comprimir plasma positivo, evitando aceleraciones del
30 mismo con la consiguiente pérdida de transporte.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los sistemas preferidos se muestran en los dibujos a modo de ejemplo y no como una
35 limitación de los mismos.

Figura 1: El reactor de tres cuerpos

(11) "Cañón electrostático", descrito más adelante en Figuras 4 y 17 y que dispara los haces de plasma. Se pueden emplear "Cañones magnéticos" en su lugar

Dentro de la "Cámara de confinamiento" número 12 se encuentra el sistema de bobinas (14) que pudiera ser cualquiera de los descritos en las Figuras 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 12c y 13. Las bobinas contienen el plasma en su interior

(15) Ionizadores de plasma, que ionizan la cantidad exacta de plasma que se introduce en los cañones de plasma. Existen ionizadores comerciales, por lo que no los describo aquí ahora

10

Figura 2: Dibujo de una bobina que emplea cintas

21 Corte longitudinal que evita pérdidas por corrientes de Eddy

22 y 23 cinta conductora y no conductora respectivamente

24 Tubo contenedor externo

15

Figura 3: Dibujo de plasma iónico positivo sin electrones

26 Repulsión electrostática de acuerdo a la Fórmula-3

27 Compresión magnética de acuerdo a la Fórmula 2

20 Figura 4: Dibujo del "cañón electrostático" y que se compone de las siguientes partes:

El cañón se puede construir uniendo "cuellos" (38) lo que facilita el mantenimiento, siendo (38b) el puerto de entrada para introducir el voltaje y que debe ser sellado para impedir pérdida de vacío.

"V" son las fuentes de alimentación o bancos de condensadores.

25 (32) Bobinas desviadoras de electrones, instaladas perpendicularmente desvían los electrones quitándolos de la corriente principal de iones. Los iones positivos se desvían menos debido a que la masa atómica es mucho mayor

(33) Electrones desviados debido a la trampa de electrones

(34) Bobinas de compresión longitudinales que comprimen los iones compensando la repulsión electrostática impidiendo que los iones alcancen los electrodos del cañón

30 (35) Electrodo: Un voltaje es aplicado para atraer a los iones hacia la cámara de compresión

(36) Lentes magnéticas que modifican la forma del haz de iones

(37) Bobinas de direccionamiento: consisten en bobinas perpendiculares que desvían el haz de plasma a fin de que alcancen la cámara de confinamiento en el ángulo deseado

35

Figura 5: Dibujo del "cañón electromagnético"

Consiste en un número de bobinas de compresión longitudinal magnética (42) alimentadas secuencialmente comprimiendo la parte de atrás del haz de iones (43) empujándolo de este modo hacia la cámara de confinamiento. Se emplean también lentes magnéticas y bobinas de direccionamiento (36, 37) similares a las usadas en el cañón electrostático.

Figura 6: Dibujo de cañón electrostático o magnético que emplean fuel sólido

El fuel se pone en la parte interior de una estructura hueca con una apertura (53). De emplearse fuel en forma de polvo, este se distribuye en el interior de la estructura hueca rotándolo a fin de que la fuerza centrífuga lo distribuya.

Alrededor del fuel sólido se puede instalar algunos de los sistemas de bobinas descritos en las Figuras 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 12c y 13.

Figura 7: Sistema "Supercoil"

Este sistema consiste en un único cuerpo rodeado de una bobina que acelera y comprime el plasma empleando un banco de condensadores. Los electrodos opuestos (61) y la bobina se alimentan empleando un único banco de condensadores, el cual introduce un desfase de 90° entre el voltaje aplicado a los electrodos (61) y la corriente que pasa por la bobina de compresión. El supercoil dispondrá de desviadores de electrones como el (32) empleado en la Figura 4 y que no ha sido incluido en la figura para su simplificación.

Figura 8: Fuente de alimentación AC/DC y también pulsada:

Una fuente de alta potencia es descrita donde las fuentes de alimentación "V" que pudieran ser AC or DC y un generador de pulsos son descritos y que se emplearán en la alimentación de las bobinas

(71) Choques o inductores que bloquea el pulso de alta corriente proveniente de los condensadores bloqueando su paso hacia las fuentes de alimentación.

Los choques no son necesarios si se quitan las fuentes de alimentación AC/DC o si por el contrario son los condensadores los que no son instalados o conectados.

(72) Banco de condensadores conectados mediante un interruptor. El banco de condensadores debe soportar operación pulsada

(73) Interruptor de alta potencia y que pudiera ser uno o un conjunto de: tiristores, mosfets, SCRs o cualquier otro tipo de interruptor de semiconductores en serie ó paralelo. También se pueden emplear interruptores tipo de descarga de chispas.

(74) Bobinas a ser alimentadas. Pudiera ser empleado la misma fuente de alimentación descrita para alimentar a varias bobinas si éstas se ponen en serie o en paralelo.

(75) Línea de transmisión coaxial, coplanar u otra línea de transmisión de baja inductancia

Nota: La fuente de alimentación que carga los condensadores no se ha incluido en el dibujo por simplicidad del mismo

5 Figura 9: Operación de haces coplanares perpendiculares

En esta configuración los haces de plasma entran perpendiculares al campo magnético permitiendo una zona de colisión en el centro (83). pudiera ser empleado en cualquiera de los sistemas de bobinas correspondientes a las Figuras 10a o 13, modificándolas a fin de tener dos centros magnéticos en su interior

10

(81a) y (81b) Son los cañones de plasma a y b y los correspondientes haces de iones: (82a y 82b)

(83) Volumen de colisión donde ambos haces de iones colisionan y producen fusión

(84) Bobinas que pueden ser cualquiera de las descritas en las Figuras 10a, 10b, 11, 12a,

15 12b, 12c y 13.

(85) Fuente de alimentación que puede ser la descrita en la Figura 8

(86) Longitud del Giroradio

(87a) Es una fuente de alimentación que genera una diferencia de potencial entre ambas bobinas a fin de separar el plasma en dos finas capas (la superior puede ser la positiva y la

20 inferior la negativa o al revés)

(87b) Es una fuente de alimentación que extrae o añade electrones al plasma

No está en el dibujo, pero el plasma puede confinarse en un tubo hueco, induciendo una fuerte corriente en el plasma y de este modo no es necesario el uso de cañones de plasma

25 externos.

Cualquiera de los sistemas de bobinas en las Figuras 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 12c y 13 pueden montarse según la estructura en la Figura 2, siendo alimentadas cualquiera de las bobinas o bien empleando la fuente de alimentación de la Figura 8 o bien empleando hilo

30 superconductor. En cualquiera de los sistemas de bobinas descritos podrá instalarse el agujero magnético número 113.

Figura 10a: Sistema "Tricoil"

Consiste en tres bobinas perpendiculares concéntricas número 91, 92 y 93, siendo paralelas

35 a los planos $Z=0$, $X=0$, $Y=0$ respectivamente. Cada una de las bobinas pueden ser

alimentadas con corriente continua, alterna, empleando condensadores pulsados o una combinación de los mismos (94) tal y como aparece en la Figura 8.

Los condensadores pulsados o la corriente alterna deben estar en fase adecuada con la rotación e inyección del plasma. Dentro del sistema "tricoil" el plasma se comprime de forma esférica, toroidal o elipsoidalmente, rotando siguiendo el campo magnético y también en la dirección poloidal. En la Figura 10b, las bobinas aparecen sin las conexiones a las fuentes de alimentación.

Figura 11: Sistema "Multicoil"

10 Consiste en bobinas concéntricas multifase. Los lazos cubren una esfera, siendo los extremos de cada una el polo positivo y el negativo, los polos positivos se conectan al polo positivo de un condensador o fuente de alimentación mediante una matriz de interruptores (101). Por otro lado los "polos negativos" se conectan a tierra a través de otra matriz de interruptores número 102.

15 103 son los buses de alimentación y retorno que conectan los lazos a los condensadores. Ambos buses deben construirse según una línea de transmisión o coaxiales.

Los condensadores se deben conectar a sus fuentes de alimentación mediante choques u otros dispositivos que bloqueen los pulsos de corriente y que no han sido incluidos en el dibujo para simplificación del mismo.

20

Figure 12a: Sistema "Dicoil"

Este sistema contiene dos bobinas perpendiculares 111 (paralela al plano $x=0$) y 112 (paralela al plano $y=0$). Cada bobina puede construirse empleando cintas conductoras y no conductoras según Figura 2. Como se pueden poner muchas capas, se pueden alternar las capas de ambas bobinas superponiéndose entre sí.

Dentro de las bobinas el plasma toroidal rota perpendicular al campo magnético (generando un campo magnético toroidal). El toroide 114 gira completamente paralelo al eje $z=0$ cuando ambas bobinas se conectan a una forma de onda senoidal en fase entre ellas.

El agujero magnético 113 es una bobina con los extremos cortocircuitados entre sí o conectados a una fuente de alimentación con voltaje opuesto de modo que genera un campo magnético opuesto al principal permitiendo introducir el plasma a través del mismo. Esta bobina se puede eliminar en el caso de que el haz de entrada sea sincronizado en paralelo con el eje del campo magnético de las bobinas de compresión

114. Plasma de forma esférica o toroidal.

Figura 12b: Los lazos (o bobinas) deben alimentarse usando para ello líneas coaxiales o de transmisión u otra construcción de muy baja inductancia

Figure 12c: Es posible dividir cada bobina del tipo "dicoil" (o "tricoil") en dos bobinas paralelas y así generar una zona de menor presión en el interior para contener la bola de plasma.

Figure 13: Botella de plasma

En la botella de plasma clásica, dos bobinas paralelas (121) generan un campo magnético paralelo al eje que une ambas bobinas y que permite confinar el plasma en el centro. Las partículas con una determinada relación entre velocidad paralela y perpendicular al campo magnético son confinadas en el (122). Se añade un campo eléctrico externo mediante dos placas conductoras (123) y que pueden tener un agujero en el centro para permitir la entrada de plasma por el mismo (124).

15 Figura 14: Sistema de enrollado para bobinas multivoltas.

Enrollando dos bobinas en paralelo como en los números 126, 127 de la Figura 14, es posible que ambos extremos del hilo aparezcan en la misma cara, permitiendo emplear una línea de baja inductancia (cable coaxial, microstrip, strip line) 128 con conexiones muy cortas. Se puede poner una lámina dieléctrica entre ambas bobinas para evitar producir un arco eléctrico entre ambas, esta lámina no se ha dibujado por simplicidad. Para proteger la bobina del plasma y dar una estructura a la misma las bobinas se pueden enrollar alrededor de piezas de metal separadas según 129 donde cada la separación entre piezas están cubiertas de una superficie no conductora para evitar pérdidas de corriente Eddy que reducirían el campo magnético en el interior de la bobina.

25

Figura 15: El sistema propuesto completo

131: Sistema de bomba de vacío. Un sistema típico consiste en un sistema de baja presión conectado a una bomba turbomolecular o de difusión que genera un alto vacío.

132: "Contenedor dieléctrico": es un contenedor dieléctrico que contiene un dieléctrico, usualmente se emplea aceite de transformador, gas dieléctrico que puede estar presurizado (o vacío). En su interior contiene todos los componentes sometidos a alto voltaje para prevenir descargas por arco eléctrico. Se prefiere el uso de gas dieléctrico pues puede ser quitado no siendo necesario limpiar piezas de aceite antes de poder trabajar en ellas.

133 Es una bomba con unidad de control y que sirve para rellenar y quitar el gas dieléctrico del contenedor desde la botella 135.

134 Botellas de Gases reaccionantes: oo bien se pueden obtener estos gases con reacciones químicas o por electrólisis y así evitar el uso de botellas que es peligroso en el interior de un laboratorio o planta de producción.

137 Cámara de confinamiento y bobinas.

5 138 Fuentes de alimentación que por debajo de los 10-20kV se encuentran fuera del contenedor dieléctrico

139 Sistema de ensayos: Las tareas del mismo son recoger datos de los sensores, sincronizar formas de onda y el tiempo de operación de los interruptores, controlar el nivel de voltaje de las fuentes de alimentación y controlar el volumen y tiempo de inyección de los

10 ionizadores. También pueden controlar cámaras si éstas son empleadas

Figura 16: Sistema de diagnóstico y alineamiento

Este sistema se instala dentro de los cañones de plasma para ajustar campos magnéticos para permitir la máxima eficiencia de los mismos, para tener la forma de haz de plasma

15 (141) y alineado adecuadamente respecto las bobinas de confinamiento.

142: Superficie de centelleo que genera luz visible (143) cuando es alcanzada por el plasma, atravesando luego un cristal (144) preferiblemente cuarzo y detrás del mismo una cámara (145) que obtiene imágenes. La superficie centelleante puede retraerse de forma remota a fin de que el haz de plasma pueda alcanzar el plasma objetivo que se encuentra

20 en la cámara de confinamiento (137) o bien alcanza el haz lanzado en oposición y que viene del otro cañón de plasma.

Figura 17: Cañón electrostático curvado

Es un cañón de plasma similar al descrito en la Figura 4 pero con las bobinas desviadoras de electrones (32) puestas todas en el mismo sentido, de modo que los iones positivos (151)

25 viajan en trayectoria curva pero los electrones (33) son desviados hacia los electrodos y no son acelerados.

Figura 18: Bobina tipo "8"

Similar a la que aparece en la Figura 9, pero los cables de la bobina están enrollados en paralelo a lo largo de la bobina (no perpendicular).

30 Se añaden además dos bobinas perpendiculares 161 y que confinan el plasma cuando salen fuera de las bobinas en el centro del sistema. En el número 162 se ha dibujado un corte del "8".

DESCRIPCIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN PREFERIDO

35 Las figuras 1-18 muestran diferentes modos de realización.

Los modos de realización preferidos son descritos en detalle aquí debajo:

El reactor se compone principalmente de dos cañones de plasma y una cámara de confinamiento (Fig. 1). Los cañones de plasma aceleran las partículas para calentar el plasma en la cámara de confinamiento, donde el plasma es confinado dentro de una bobina de confinamiento.

Los cañones de plasma aceleran el plasma en sentidos opuestos con respecto a la cámara de confinamiento, siendo necesario en algunas configuraciones un solo cañón de plasma solo.

Dos tipos de cañones de alta eficiencia son empleados: el cañón electrostático y el cañón magnético.

El cañón electrostático

El cañón electrostático combina aceleración electrostática con compresión magnética y eliminación de electrones para generar un potente y concentrado haz de iones pulsado. El voltaje aplicado es mayor de 30kV a fin de aplicar más de 30 kiloelectronvoltios a las partículas. El cañón electrostático y sus principales componentes pueden verse en la Figura 4. a fin de poder aplicar un alto voltaje, todos los componentes expuestos a alto voltaje deben estar inmersos en un dieléctrico o en vacío.

Este cañón emplea desviadores de electrones para eliminarlos del flujo principal, para ello bobinas perpendiculares o cúpulas magnéticas desvían los electrones de dicho flujo.

Empleando este método la eficiencia en la aceleración es muy alta pues las principales pérdidas debidas a la corriente inversa de electrones, las colisiones electrón-ión, energía de radiación y pérdidas de transporte son eliminados del sistema por diseño.

El campo electrostático se aplica por etapas incrementales a fin de lograr una pendiente más constante en el campo eléctrico siendo los iones acelerados de una manera más constante.

Las bobinas perpendiculares al eje del cañón (34, Figura 4) generan un campo magnético paralelo al eje del mismo, siendo empleado para separar los iones de las paredes del cañón y de los electrodos del mismo. Los iones del plasma se repelen unos a otros formando un tubo hueco y fino estando en equilibrio la repulsión eléctrica con la compresión magnética, según y como puede verse en la Figura 3. La gran ventaja de esta configuración es que el área de esta sección se reduce enormemente y la densidad iónica se incrementa, así como la velocidad de reacción tal y como aparece en la Formula 1, siendo la densidad iónica $N1$.

Desviadores de electrones en el interior del cañón electrostático

35

Los desviadores de electrones se emplean en el cañón electrostático. La masa del electrón es 1836 inferior a la del protón, por lo que con una misma energía el electrón se mueve mucho más rápido que el protón en la dirección opuesta al mismo, por lo tanto absorbe la mayor parte de la energía, siendo por tanto muy importante el uso de desviadores de
5 electrones.

Una forma de lograr los desviadores de electrones es mediante el empleo de bobinas perpendiculares al flujo principal del plasma (num 32, Figs. 4 and 17). El giroradio del electrón es mucho más corto que el del ión (ver Formula 4) y por tanto se desvía más (33, Figs. 4 and 17). Los electrones se desvían en dirección opuesta a los iones, por tanto los
10 iones son acelerados sin que le estorben los electrones.

El cañón magnético

El cañón magnético consiste en un sistema de compresión magnético de varias etapas que aceleran plasma neutro y que puede verse en la Figura 5. las sucesivas bobinas son
15 activadas secuencialmente comprimiendo el plasma y empujándolo hacia adelante hacia el objetivo.

Los desviadores de electrones no son necesarios en los cañones magnéticos pues los electrones viajan en el mismo sentido que los iones no habiendo colisiones ni pérdidas de transporte.

20

En la presente invención el segundo cañón de plasma puede ser eliminado si se emplea fuel en estado sólido en la cámara de confinamiento (Figure 6).

También puede eliminarse el segundo cañón de plasma si el plasma espera ionizado en la cámara de confinamiento

25

La cámara de confinamiento

La cámara de confinamiento es el cuerpo central y que contiene las bobinas que comprimen y confinan el plasma. Los distintos sistemas de bobinas están descritos en las figuras 10a, 10b, 11, 12a, 12b, 12c y 13.

30 El plasma contenido en la cámara de confinamiento puede ser cualquiera de los siguientes:
Plasma ionizado y neutro. La temperatura inicial del plasma debe ser la menor posible a fin de lograr la máxima densidad.

Plasma iónico positivo: donde gran parte de los electrones han sido eliminados, en cuyo caso la estructura del plasma es la mostrada en la Figura 3. Los electrones no se calientan
35 y la temperatura de los iones es mayor a 300 keV, que es la necesaria para la fusión de fuel alternativo. El empleo de plasma altamente ionizado permite evitar que estas escapen del

cuello de botella debido a la repulsión electrostática y fuerzas centrifugas, para ello el plasma debe venir en un cierto ángulo en vez de venir paralelo al eje magnético. Esta configuración impide la termalización del plasma y las pérdidas de transporte ión-electrón y por tanto se puede lograr obtener plasma de alta temperatura.

5

Fuel sólido: el fuel sólido cubre la parte interna de una cavidad hueca como se ha dibujado en 53, Figura 6. El plasma se puede introducir por un agujero evitando pérdidas energéticas cuando se calienta por el interior.

La bobina en la Figura 13 tiene el problema de que el plasma escapa por el eje. Esto se resuelve lanzando el plasma perpendicular al eje de la bobina tal y como aparece en la 10 Figura 9 y empleando un campo eléctrico externo (123).

En la presente invención se pueden incluir bobinas en paralelo o perpendiculares tal y como puede verse en las Figuras 10a, 11 y 12c. En las Figuras 12a y 13 solo dos bobinas son 15 empleadas. En el interior de la bobina en la Figura 12a es del tipo toroidal o esférica rotando el plasma según el campo magnético compuesto tal y como se dibuja en 114, este plasma puede rotar también poloidalmente como se dibuja en la figura para incrementar el confinamiento.

El "tricoil" emplea tres bobinas perpendiculares como puede verse en las Figuras 10a y 20 10b. Hay un "dicoil" en la Figura 12a y que tiene dos bobinas y un multicoil en la Figura 11. Cuantas más bobinas sean empleadas más fuentes de alimentación deben ser empleadas para alimentarlas si bien se pueden alimentar una única fuente de alimentación que alimenta todas las bobinas en serie, siendo la corriente a través de cada bobina inferior al ser mayor la inductancia total de la misma, siendo la corriente máxima:

25 $I_{max} = \sqrt{2 \cdot E / L}$

Donde E es la energía inyectada. Si la energía se inyecta empleando un condensador según Figura 8, entonces E es la energía almacenada en el condensador y viene dado por:

$$E = 0.5 \cdot C \cdot V^2$$

Siendo V el voltaje inicial del condensador y C la capacidad del mismo.

30

El "tricoil" en la Figura 10a consiste en tres bobinas perpendiculares entre sí y concéntricas que se activan cada uno secuencialmente para permitir una compresión perfectamente esférica. Pudiendo una de las bobinas mantener un campo constante mientras que las otras dos generan la rotación del campo magnético. Alternativamente se puede cambiar el campo 35 magnético el las tres bobinas haciendo rotar el eje magnético en dos ejes. Otro modo de operación consiste en introducir una corriente desfasada mediante una fuente de

alimentación de corriente alterna en las tres bobinas produciendo una rotación del plasma de acuerdo a la misma.

La bobina en la Figura 11 es un sistema de bobinas múltiple multifase concéntricas o "multicoil" y que contiene lazos de corriente que cubren la esfera, comprimiendo el plasma de forma esférica. Cada lazo contiene dos polos, el "polo positivo" y el "polo negativo" (que pueden cambiar de polaridad entre sí si se inyecta corriente alterna), entonces los "polos positivos" se han de conectar al banco de condensadores (o fuentes de alimentación) mediante una matriz de interruptores (101). Por otro lado los "polos negativos" se conectan a tierra mediante otra matriz de interruptores (102). Es posible conectar lazos en serie o paralelo a los interruptores pero se recomienda que estos lazos conectados estén en el mismo plano o a 90° entre sí. Todos los lazos deben tener la misma longitud, área e inductancia. Si se activaran todos los lazos al mismo tiempo el campo resultante sería 0 lo cual no es deseable, si bien es un buen sistema de comprobar el sistema de bobinas. Cada uno de los interruptores se va activando secuencialmente para permitir una compresión perfectamente esférica.

Los condensadores se conectan a los lazos a través de "líneas de potencia" (103). Cada pareja de líneas que van a un "polo positivo" y la línea que retorna del "polo negativo" forma un cable coaxial, microstrip u otra línea de baja inductancia para reducir pérdidas de potencia según y como aparece en la Figura 12b.

Los condensadores se deben alimentar mediante fuentes de alimentación externas para alimentarlos entre disparo y disparo y las conexiones deben hacerse mediante choques u otros sistemas de bloqueo que impidan el paso de pulsos de corriente hacia o desde los condensadores a las fuentes de alimentación.

25 Sistema de dos bobinas perpendiculares concéntricas o "dicoil"

El montaje del "dicoil" puede verse en la Figura 12a, donde cada bobina puede construirse mediante solapamiento de cintas conductoras y no conductoras según Figura 2.

Como se emplean muchas capas de hilo o cinta, se debe intercalar las capas de una bobina con respecto de la otra (u otras).

Cada bobina es conectada a un banco de condensadores o fuente de alimentación con interruptores que se abren y cierran sincronizadamente con la secuencia del ensayo.

La Bobina 111 es paralela al plano $X=0$ y la 112 es paralela al plano $Y=0$, por tanto las partículas que pasan en la dirección Z es afectada por ambas bobinas.

La conexión a condensadores, interruptores o fuentes de alimentación se hará mediante líneas coaxiales o líneas de transmisión de baja inductancia según Figura 12b.

En la Figura 12c puede verse una o varias bobinas que se desdoblan en dos bobinas cada una a fin de permitir una zona en el interior de las mismas de menor presión magnética. Se recomienda el empleo de corriente alterna a fin de evitar escapar las partículas por el eje del campo magnético compuesto.

- 5 El lazo en el número 113, Figuras 12a y 12c forma un "agujero magnético", de modo que haciendo un cortocircuito en dicho lazo crea una corriente de Eddy o bien introduciendo una corriente inversa se genera un campo magnético opuesto que anula el campo principal permitiendo la inyección de plasma a través del mismo, debiéndose desactivar dicho agujero magnético para impedir que el plasma escape del interior. Este lazo debe instalarse en una
10 cara donde las zonas de las bobinas de alrededor circulen en el mismo sentido (a favor o en contra del sentido horario)

Bobinas de alta temperatura

- 15 Es muy difícil lograr campos magnéticos superiores a 4-5 teslas por métodos convencionales. La presente invención propone emplear bobinas de alta temperatura mediante el uso de cintas que se van enrollando según Figura 2. Una de las capas está hecha de plata, cobre, grafeno o cualquier otro material de alta conductividad y la otra cinta está hecha de un material poco conductor o no conductor que soporte altas temperaturas,
20 como pudiera ser fibra de vidrio o asbestos (amianto). Una corriente muy alta de 20 kiloamperios o más es inyectada en la bobina creando un alto campo magnético, a fin de lograr tan alta corriente se descarga un condensador en la bobina.

- Se puede emplear en la construcción de la bobina un cable pero para ello éste debe estar recubierto de un aislante que soporte altas temperaturas como pudiera ser óxido de silicio
25 u otro recubrimiento cerámico

- Como la bobina se evaporaría y para ahorrar energía un interruptor debe desconectar ésta pasado un tiempo para permitir refrigerar la bobina antes del siguiente disparo. La bobina debe ser refrigerada por medio de un líquido o gas a alta presión que pasan por tubos rodeando la bobina. La corriente se debe desconectar después de un múltiplo de
30 semiperíodo de modo que la corriente sea próxima a cero.

La bobina debe enrollarse alrededor de un tubo con un corte paralelo al eje para evitar pérdidas de corriente por efecto Eddy (21, Figure 2).

- A fin de poder soportar las altísimas corrientes y fuerzas repulsivas la bobina debe ser introducida en un tubo. Uno de los dos tubos es el terminal positivo y el otro el negativo. Una
35 línea guía ondas de baja inductancia se emplea para conectar la bobina a un interruptor y al condensador.

En la Figura 7 se muestra un sistema en el cual el sistema de tres cuerpos se fusionan formando un único cuerpo, en este caso la corriente y el voltaje forman 90° entre sí siendo la frecuencia de resonancia proporcional a la frecuencia de resonancia acústica, de modo que el campo magnético en el centro del sistema es máximo justo cuando el plasma llega al
5 mismo.

El cuerpo tiene un sistema de repulsión magnética de la parte interna.

Se pueden emplear cables de alta temperatura recubiertos de óxido de titanio u otros materiales cerámicos

Para el buen alineamiento del plasma, lentes magnéticas modifican la forma del plasma y lo
10 concentran, de modo que el uso de bobinas perpendiculares desvía la trayectoria para la entrada en la cámara de confinamiento en el punto de entrada y dirección adecuada.

El sistema óptico de la Figura 16 puede emplearse a fin de comprobar que los parámetros del plasma son los adecuados. El sistema óptico tiene una lámina centelleante que produce
15 luz visible al ser alcanzada por los iones, esta lámina se puede retraer para quitarla de la trayectoria de los iones permitiendo a éstos alcanzar la cámara de confinamiento.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de calentamiento y compresión de plasma que comprende cañones de plasma, cámara de confinamiento y sistema de bobinas, donde el sistema de bobinas es seleccionado de un grupo consistente en dos bobinas paralelas, dos bobinas
5 perpendiculares o bien tres bobinas perpendiculares entre sí y un sistema multibobinas concéntricas, donde cada bobina comprende una primera capa conductora y una segunda capa debajo de la primera capa, la primera capa compuesta por un metal o aleación altamente conductor y la segunda capa compuesta por un material poco o no conductor.
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1 donde los cañones de plasma son
10 electrostáticos o magnéticos.
3. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde los cañones son magnéticos multietapa conteniendo bobinas de direccionamiento y lentes magnéticas al final del cañón.
4. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde se introduce en la cámara de confinamiento plasma neutro, plasma de iones positivos o fuel sólido.
- 15 5. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde todos los componentes de alto voltaje están inmersos en un contenedor de dieléctrico.
6. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde un sistema de multibobinas concéntricas donde cada lazo o grupo de lazos son alimentados empleando una matriz de interruptores conectada a un banco de condensadores o fuente de alimentación.
- 20 7. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde el metal o aleación altamente conductor se selecciona de un grupo consistente en plata, cobre y grafeno.
8. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde el material poco o no conductor es fibra de vidrio o asbestos (amianto).
9. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 que contiene un agujero magnético
- 25 10. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde una o más bobinas se desdoblán en dos para formar espejos magnéticos.
11. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde las bobinas se alimentan sucesivamente en fase con la rotación del plasma
12. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde las bobinas se alimentan empleando
30 bancos de condensadores.
13. Sistema de acuerdo con reivindicación 1, donde las bobinas se protegen mediante piezas de metal unidos entre sí mediante láminas no conductoras.
14. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde se añade una fuente de alimentación externa conectada a láminas internas, separando el plasma del interior en dos finas capas
35 de iones positivos y negativos

15. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde una fuente de alto voltaje se conecta a zonas metálicas del interior con respecto a tierra.
16. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 donde las bobinas se ponen a lo largo de un "8" cortado de modo que el plasma fluye por la parte interna del ocho cubiertas de cables
5 paralelos al plasma y dos bobinas perpendiculares confinan el plasma en la zona central
17. Sistema de acuerdo con reivindicación 1 o 2, donde una o mas bobinas son superconductoras
18. Sistema de acuerdo con reivindicación 2, donde los cañones de plasma contienen desviadores de electrones, lentes magnéticas y bobinas de apuntamiento.
- 10 19. Sistema de acuerdo con reivindicación 18, donde los desviadores de electrones son imanes permanentes.
20. Sistema de acuerdo con reivindicación 2, que comprende un sistema retractable de alineación y diagnóstico del haz de plasma.
21. Sistema de acuerdo con reivindicación 1-3 donde el fuel en estado sólido cubre el
15 interior de una estructura elipsoidal donde los cañones de plasma inyectan plasma en el interior a través de agujeros.
22. Sistema de acuerdo con reivindicación 2 o 3 donde el cuerpo de cañón de plasma se construye mediante el uso de cuellos separados de material elástico no metálico

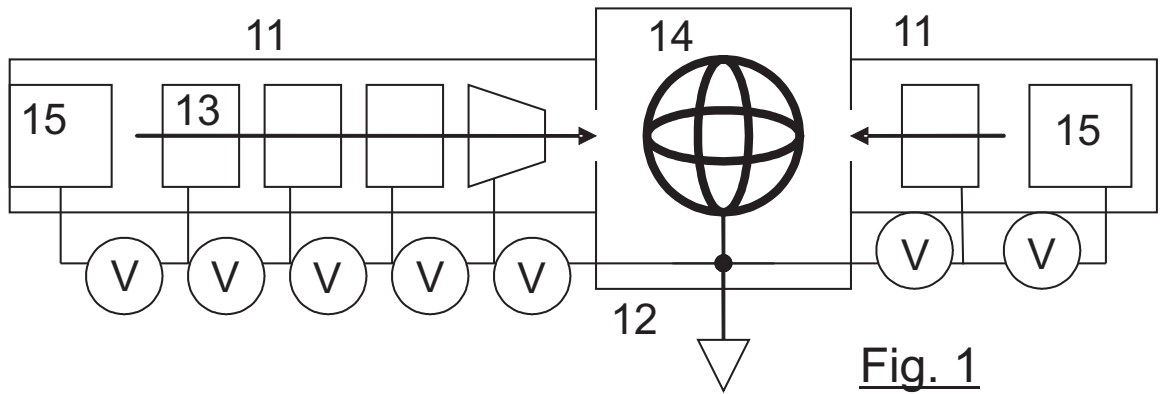


Fig. 1

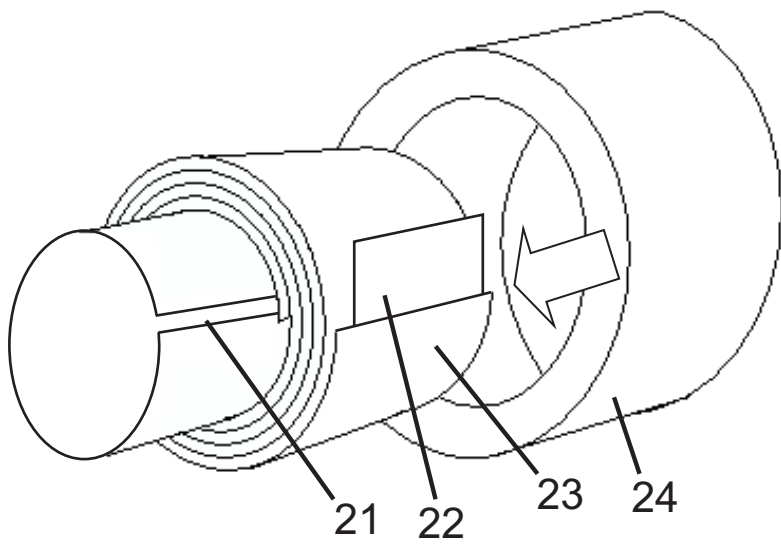


Fig. 2

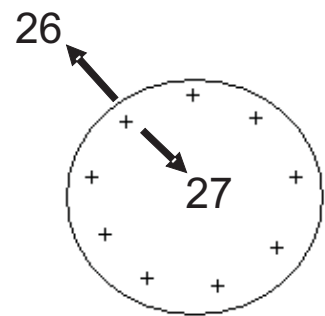


Fig. 3

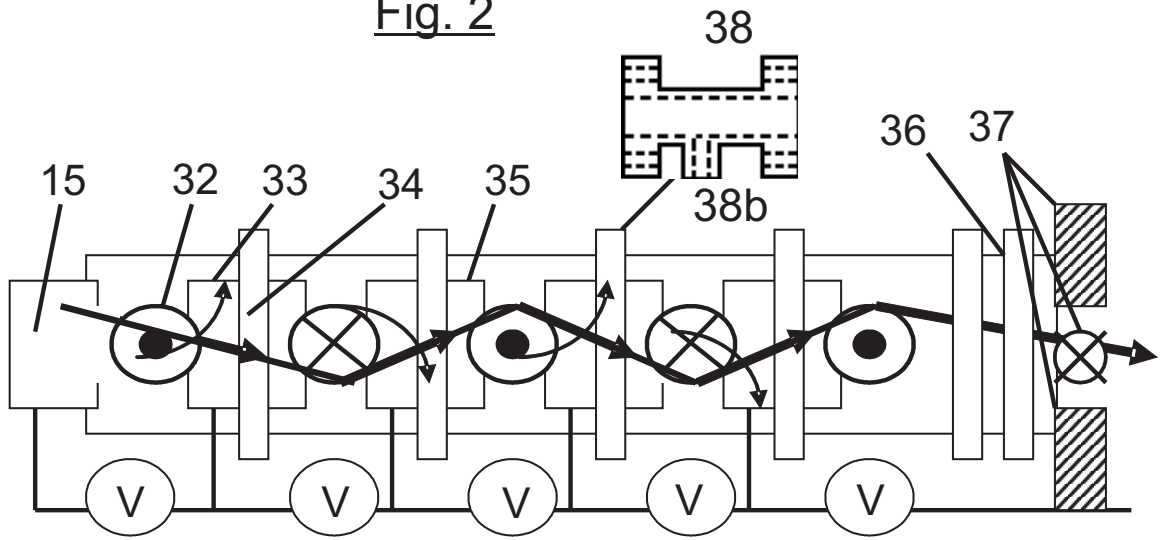


Fig. 4

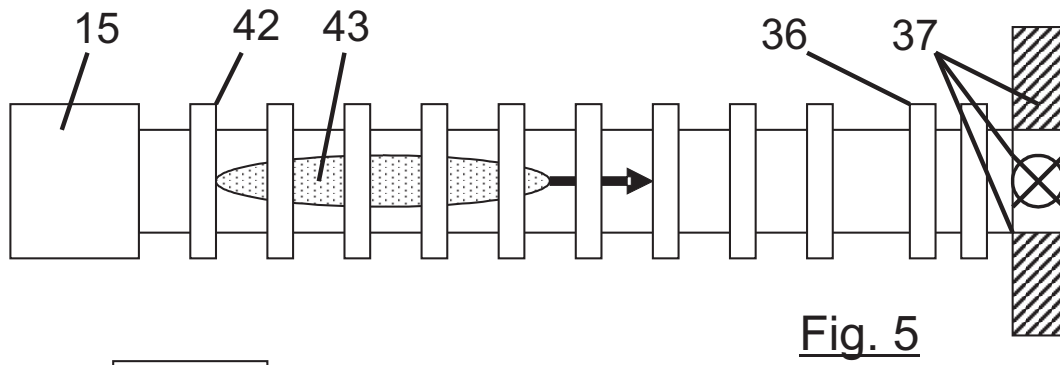


Fig. 5

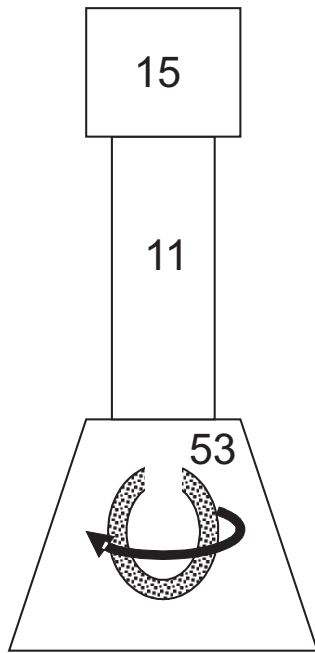


Fig. 6

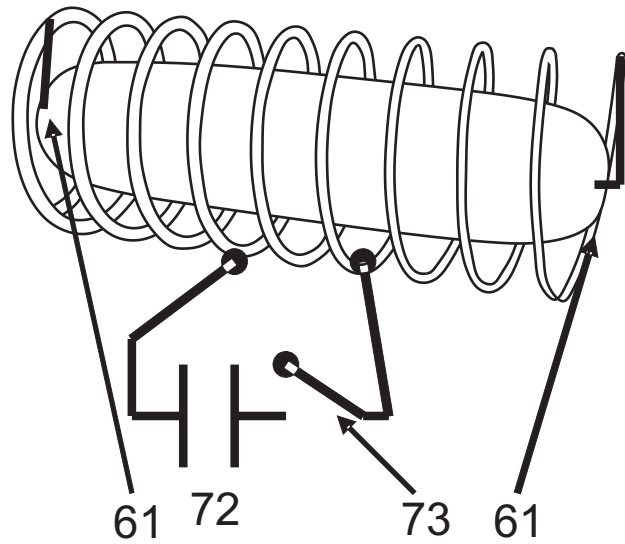


Fig. 7

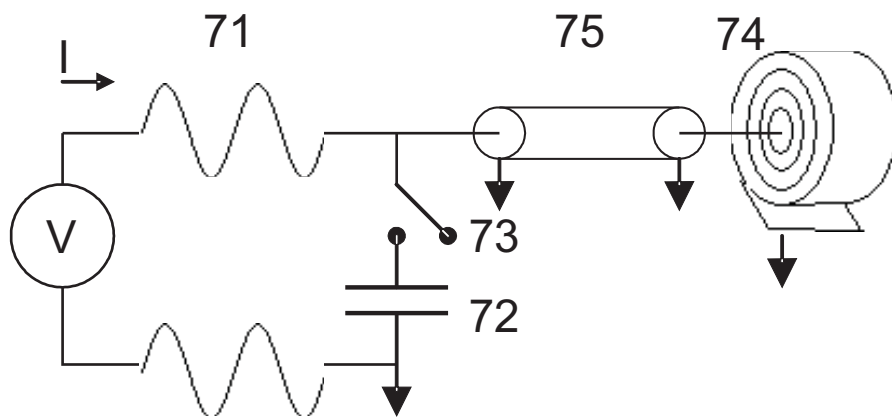


Fig. 8

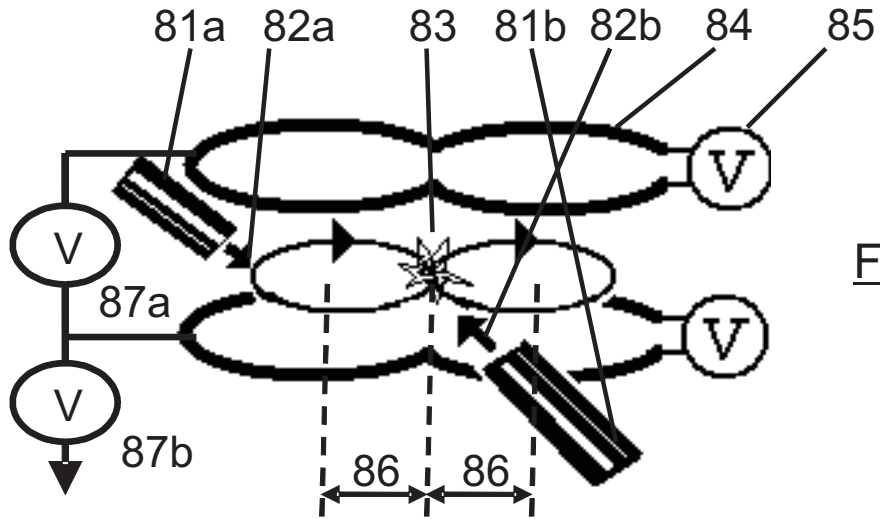


Fig. 9

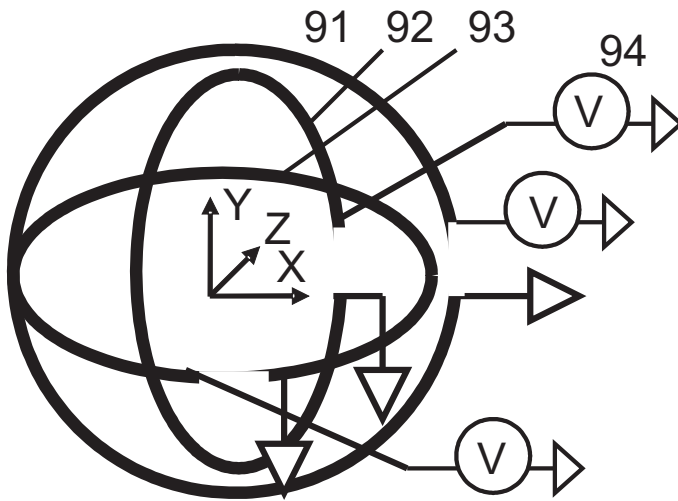


Fig. 10a

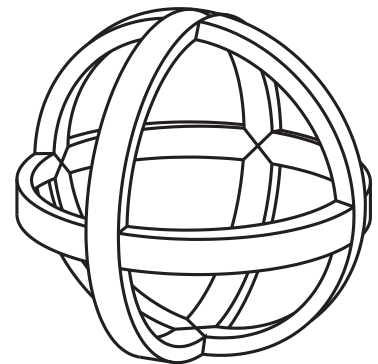


Fig. 10b

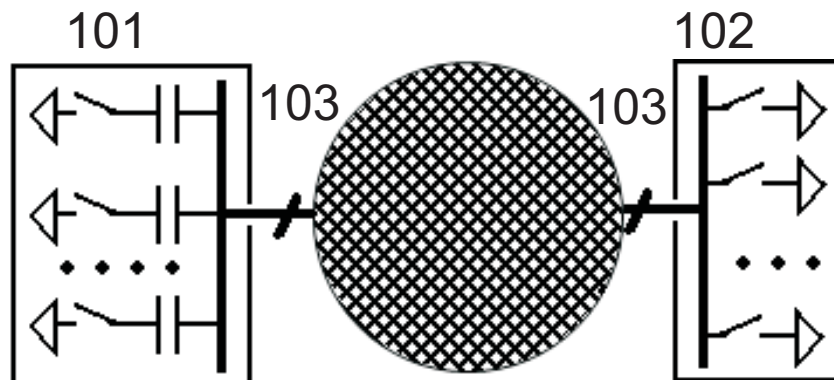


Fig. 11

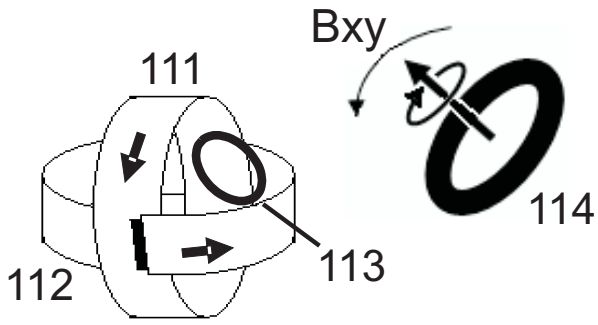


Fig. 12a

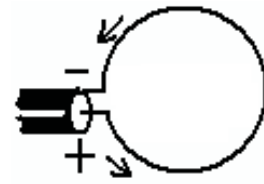


Fig. 12b

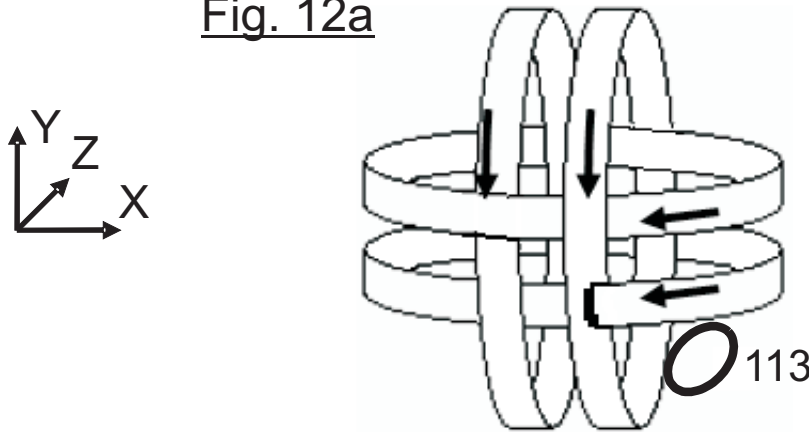


Fig. 12c

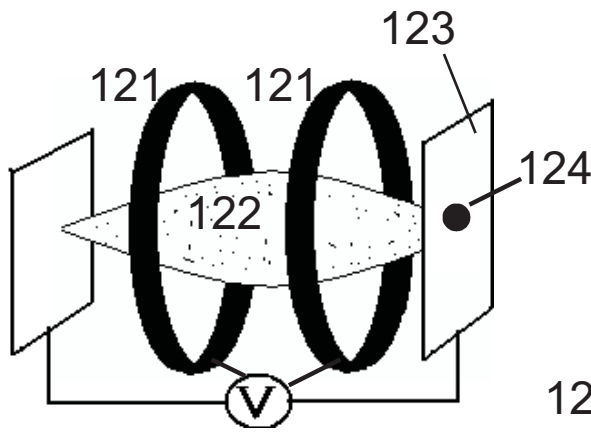


Fig. 13

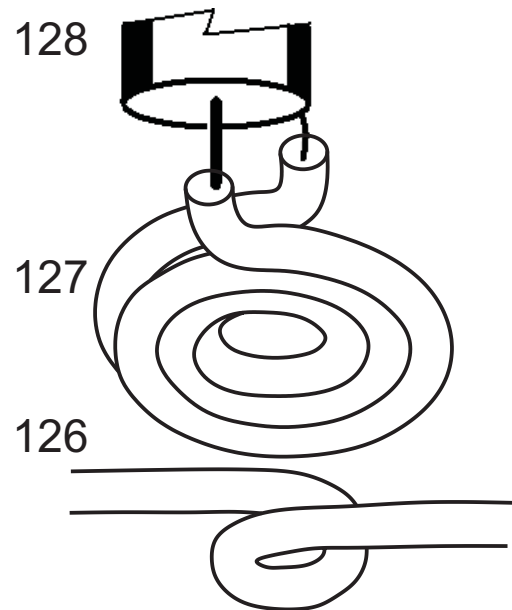
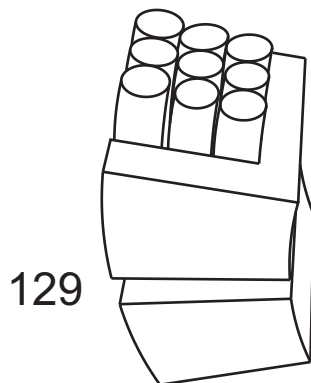
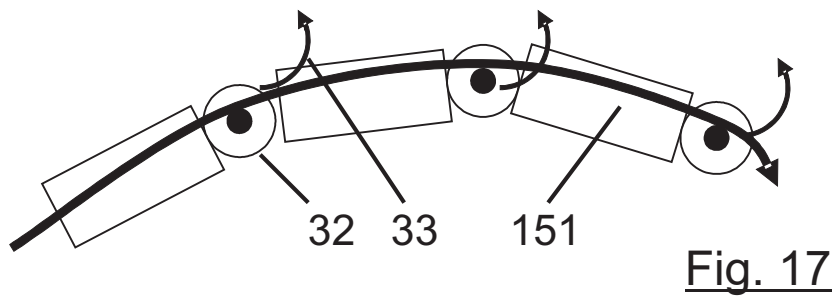
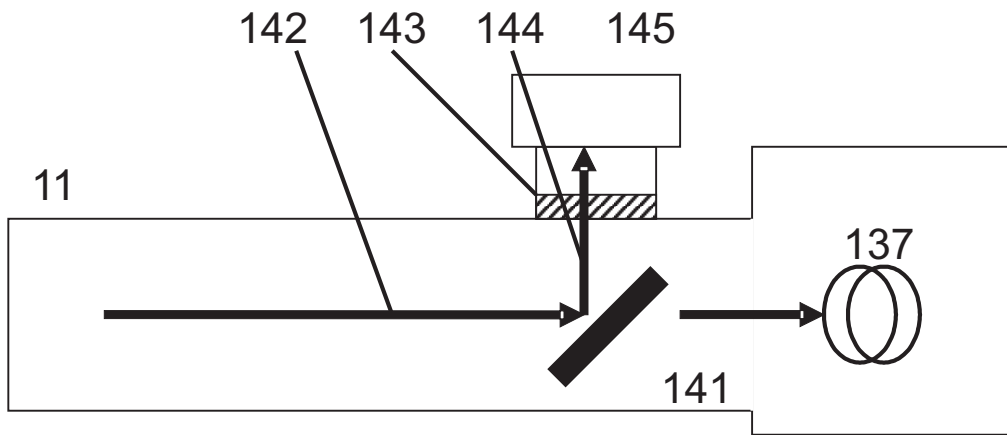
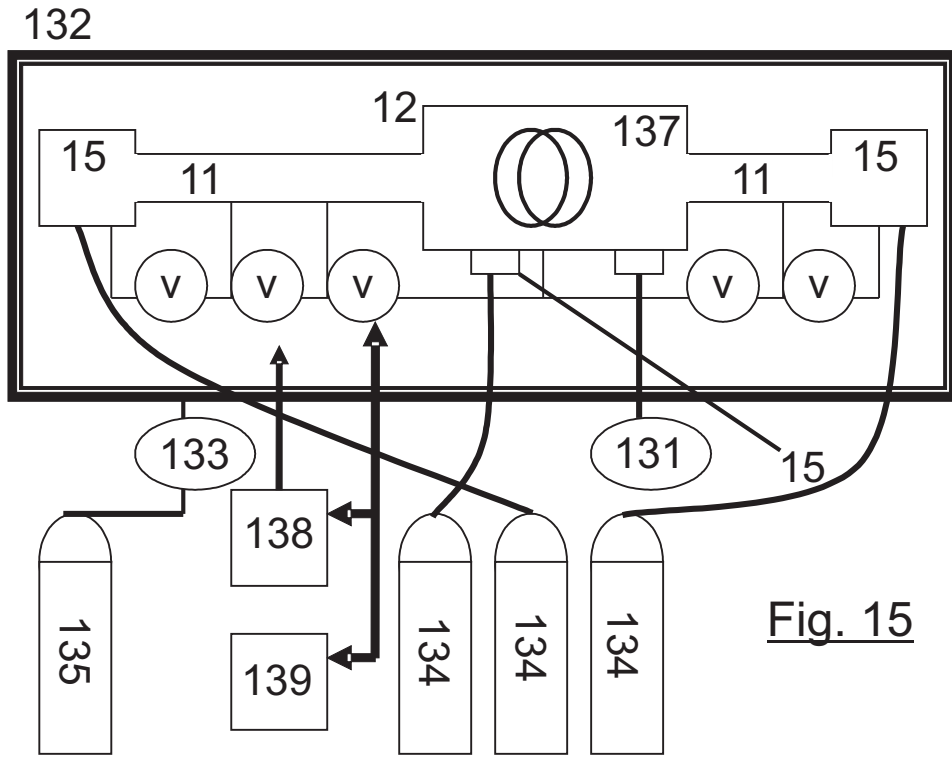


Fig. 14



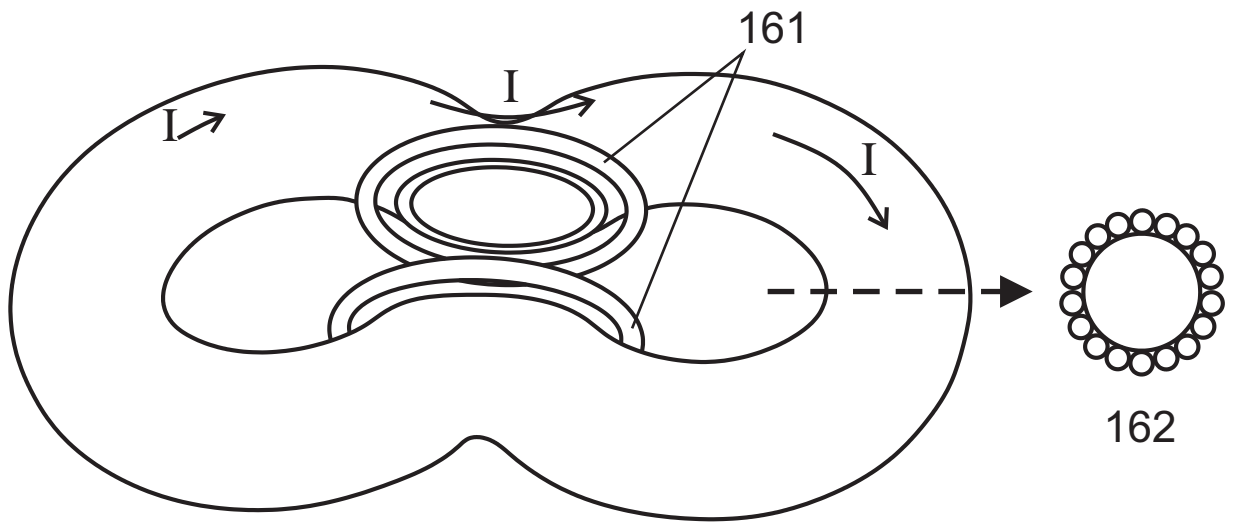


Fig. 18



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201530150

②② Fecha de presentación de la solicitud: 06.02.2015

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H05H1/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 5630880 A (EASTLUND BERNARD J) 20.05.1997, columna 1, línea 17 – columna 17, línea 10; figuras 1-21d.	1-22
A	US 5868909 A (EASTLUND BERNARD JOHN) 09.02.1999, columna 1, línea 19 – columna 14, línea 6; figuras 1-14.	1-22

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
24.05.2016

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H05H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.05.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-22	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-22	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 5630880 A (EASTLUND BERNARD J)	20.05.1997
D02	US 5868909 A (EASTLUND BERNARD JOHN)	09.02.1999

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 presenta un procesador de plasma de gran capacidad que ioniza cualquier material con el que se alimenta y lo deposita en capas sucesivas. El dispositivo genera plasma toroidal de baja densidad y alta temperatura, controla su temperatura elevándola rápidamente y lo mantiene espaciado de las paredes de la cámara de confinamiento mediante campos magnéticos generados aplicando alto voltaje.

El documento D02 presenta un separador de elementos en sustancias complejas como los residuos radiactivos, mediante un procesador de plasma de gran capacidad. El material se alimenta continuamente y el plasma se confina con campos magnéticos toroidales.

Consideramos que ninguno de estos documentos anticipa la invención tal como se reivindica en las reivindicaciones de la 1ª a la 22ª, ni se encuentran en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia de manera evidente, hacia el objeto reivindicado en las citadas reivindicaciones.

Por lo tanto las reivindicaciones de la 1ª a la 22ª poseen novedad y actividad inventiva.