

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 086**

51 Int. Cl.:

G21B 1/03 (2006.01)

G21K 1/14 (2006.01)

H05H 3/02 (2006.01)

G21B 1/15 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2015 PCT/US2015/061356**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16081608**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2015 E 15860465 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3221865**

54 Título: **Neutralizador de fotones e inyector de haces neutros con el mismo**

30 Prioridad:

19.11.2014 RU 2014146574

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.09.2020

73 Titular/es:

**TAE TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
19631 Pauling
Foothill Ranch, CA 92610, US**

72 Inventor/es:

**BURDAKOV, ALEXANDER V.;
IVANOV, ALEXANDR A. y
POPOV, SERGEY S.**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 782 086 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Neutralizador de fotones e inyector de haces neutros con el mismo

5 **Campo**

El objeto descrito en la presente memoria se refiere de manera general a inyectores de haces neutros y, más particularmente, a un neutralizador de fotones para un inyector de haces neutros basado en iones negativos.

10 **Antecedentes**

Una aproximación tradicional a la producción de un haz neutro a partir de un haz de iones negativos H⁻, D⁻ para el calentamiento de plasma o el diagnóstico asistido por un haz neutro, es neutralizar el haz de iones negativos en una diana de gas o plasma para el desprendimiento del exceso de electrones. Sin embargo, dicho enfoque presenta limitaciones significativas de la eficiencia. Actualmente, por ejemplo, para los inyectores de calentamiento diseñados con un haz de 1 MeV [R.Hemsworth et al., Nucl. Fusion 49 045006, 2009], la eficiencia de neutralización en las dianas de gas y plasma es de aproximadamente 60% y 85%, respectivamente [G. I. Dimov et al., Nucl. Fusion 15, 551, 1975], lo que afecta considerablemente a la eficiencia global de los inyectores. Además, la aplicación de dichos neutralizadores se asocia a complicaciones, incluyendo el deterioro de las condiciones de vacío debido a la inyección de gases ("gas puffing") y a la aparición de iones positivos en el haz atómico, que puede resultar significativa en algunas aplicaciones.

El fotodesprendimiento de un electrón de iones negativos de alta energía es un método atractivo de neutralización del haz. Dicho método no requiere una inyección de gas o plasma en el recipiente neutralizador, no produce iones positivos y asiste con la limpieza del haz de fracciones de impurezas debidas a iones negativos. El fotodesprendimiento de un electrón correspondiente al proceso siguiente: $H^+ + h\nu = H^0 + e^-$. De manera similar a la mayoría de iones negativos, el ion H⁻ presenta un único estado estable. Sin embargo, el fotodesprendimiento resulta posible a partir de un estado excitado. La sección transversal de fotodesprendimiento es bien conocida [ver, por ejemplo, L.M. Branscomb et al., Phys. Rev. Lett. 98, 1028, 1955]. La sección transversal de fotodesprendimiento es suficientemente grande en un intervalo amplio de energías fotónicas, prácticamente solapando la totalidad de los espectros visible y de IR cercano.

Dichos fotones no pueden expulsar un electrón de H⁰ o todos los electrones de H⁻ y producir iones positivos. Este enfoque fue propuesto en 1975 por J.H. Fink y A.M. Frank [J.H. Fink et al., Photodetachment of electrons from negative ions in a 200 keV deuterium beam source, Lawrence Livermore Natl. Lab. UCRL-16844, 1975]. Desde entonces, se han propuesto varios proyectos de neutralizadores de fotones. Como regla general, los proyectos de neutralizadores de fotones se han basado en un resonador óptico similar a las celdas de Fabri-Perot. Dicho resonador óptico necesita espejos de reflectancia muy elevada y una fuente de luz potente con una línea delgada, y todos los elementos ópticos deben ajustarse con una precisión muy elevada. Por ejemplo, en el esquema considerado por Kovari [M. Kovari et al., Fusion Engineering and Design 85:745-751, 2010], se requiere que la reflectancia de los espejos no sea inferior a 99.96%; se requiere que la potencia de salida total del láser sea de aproximadamente 800 kW con una intensidad de salida de aproximadamente 300 W/cm² y se requiere un ancho de banda del láser no inferior a 100 Hz. Es improbable que dichos parámetros puedan conseguirse simultáneamente.

Entre otros ejemplos de la técnica se incluyen las patentes US n° 4.649.273, n° 4.140.576 y n° 4.654.183 y el documento I.A. Kotelnikov et al.: "Photon neutralizer as an example of an open billiard", PHYSICAL REVIEW E (STATISTICAL, NONLINEAR, AND SOFT MATTER PHYSICS), vol. 87, n° 1, 1 de enero, 2013 ISSN: 1539-3755.

Por lo tanto, resulta deseable proporcionar un fotoneutralizador sin resonancia.

50 **Sumario de la invención**

La presente aplicación proporciona un fotoneutralizador sin resonancia según la reivindicación 1, y un inyector de haces neutros basado en iones negativos según la reivindicación 5.

Las formas de realización preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

Otros sistemas, métodos, características y ventajas de las formas de realización de ejemplo resultarán evidentes o se pondrán de manifiesto para el experto en la materia a partir de las figuras y descripción detallada, a continuación.

60 **Breve descripción de las figuras**

Los detalles de las formas de realización ejemplificativas, incluyendo la estructura y el funcionamiento, pueden obtenerse en parte mediante el estudio de las figuras adjuntas, en las que los números de referencia similares se refieren a partes similares. Los componentes en las figuras no son necesariamente a escala; por el contrario, se enfatiza la ilustración de los principios de la invención. Además, todas las ilustraciones pretenden transmitir

conceptos, en los que los tamaños relativos, formas y otros atributos detallados pueden ilustrarse esquemáticamente en lugar de literal o exactamente.

La figura 1 es un esquema de una trampa de fotones sin resonancia.

La figura 2 es un esquema de una trampa óptica adiabática cuasiplana.

La figura 3 es un esquema de vista en perspectiva de la trampa óptica adiabática cuasiplana mostrada en la figura 2.

La figura 4 es una traza de un único rayo en la trampa de fotones con un ángulo aleatorio de -3° a 5° en el plano XY y de -5° a 5° a lo largo de la trampa; el número de reflexiones es de 4000. El ángulo cónico de los espejos terminales es de aproximadamente 3° .

La figura 5 ilustra un ejemplo de la distribución de intensidades superficiales y su perfil transversal en la parte intermedia de la trampa.

La figura 6 es un gráfico que representa el grado de neutralización (línea de puntos) y la eficiencia global del neutralizador (curva continua) vs. la potencia de inyección del láser.

La figura 7 es una vista en planta de una distribución de inyector de haces neutros basado en iones negativos.

La figura 8 es una vista isométrica en sección del inyector de haces neutros basado en iones negativos representado en la figura 7.

Debe apreciarse que los elementos de estructuras o funciones similares se representan generalmente mediante números de referencia similares con fines ilustrativos en todas las figuras. Debe indicarse además que las figuras se proporcionan únicamente para facilitar la descripción de las formas de realización preferidas.

Descripción detallada

Dentro del alcance de la presente invención, cada una de las características adicionales y enseñanzas dadas a conocer a continuación pueden utilizarse por separado o junto con otras características y enseñanzas a fin de proporcionar un fotoneutralizador sin resonancia para inyectores de haz neutro basados en iones negativos. A continuación, se describen con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, ejemplos representativos de las formas de realización indicadas en la presente memoria, en los que los ejemplos utilizan muchas de dichas características adicionales y enseñanzas, tanto por separado como en combinación. La presente descripción detallada únicamente pretende enseñar al experto en la materia datos adicionales para la puesta en práctica de aspectos preferidos de las presentes enseñanzas y no pretende ser limitativa del alcance de la invención. Por lo tanto, las combinaciones de características y etapas dadas a conocer en la descripción detallada a continuación pueden no ser necesarias para la puesta en práctica de la invención en el sentido más amplio, y por el contrario se enseñan únicamente para describir en particular ejemplos representativos de las presentes enseñanzas.

Las formas de realización proporcionadas en la presente memoria se refieren a un nuevo fotoneutralizador sin resonancia. Para inyectores de haz neutro basados en iones negativos. Se proporciona un comentario detallado de un inyector de haces neutros basado en iones negativos en la solicitud de patente rusa nº 2012/137795 y en la solicitud de patente PCT nº PCT/US2013/058093.

El fotoneutralizador sin resonancia indicado en la presente memoria se basa en el principio de la acumulación de fotones sin resonancia, en la que el camino de los fotones se enreda y resulta atrapado en una determinada zona del espacio, es decir, la trampa de fotones. La trampa está formada de dos superficies de espejo lisas enfrentadas, en la que por lo menos una superficie es cóncava. En la forma más simple, la trampa presenta una forma preferentemente elíptica. Una zona de confinamiento de la trampa es una zona próxima a una familia de normales que son comunes a ambas superficies de espejo de la trampa. Los fotones con un ángulo suficientemente pequeño de desviación respecto de la normal común más próxima resultan confinados. Dependiendo de las condiciones específicas, la forma de la trampa puede ser esférica, elíptica, cilíndrica o una combinación de ellas.

Durante el funcionamiento, los haces de fotones con una amplitud angular dada a lo largo y al través de la trampa se inyectan por uno o más pequeños orificios en uno o más de los espejos. Los haces fotónicos pueden ser de láseres de fibra de potencia industrial estándares. El fotoneutralizador no requiere fuentes de radiación láser de alta calidad que bombeen una diana fotónica, ni requiere un ajuste muy elevado de la precisión y alineación de los elementos ópticos.

En referencia a las figuras, se muestra en la figura 1 una forma de realización de una trampa de fotones sin resonancia 10. Tal como se ilustra en un caso bidimensional, la trampa 10 comprende un espejo plano inferior 20 y un espejo cóncavo superior 30. Un fotón y con un ángulo pequeño respecto a los ejes verticales dentro de la

trampa 10, desarrollará con cada reflexión del espejo superior 30 cierta diferencia de impulso horizontal respecto a los ejes centrales de la trampa 10. La posición del fotón y después de una n-ésima reflexión se define mediante la abscisa de un punto de reflexión, x_n , con una altura, $F(x_n)$, un ángulo ϕ respecto a una vertical y una velocidad del fotón, β_n . El movimiento horizontal se describe mediante el sistema de ecuaciones siguiente:

5

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

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

10 Para la investigación de la estabilidad, las versiones linealizadas de las ecuaciones (1) y (2) se combinan y se obtienen las ecuaciones siguientes:

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

15

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

Mediante la combinación de las ecuaciones (3) y (4), se obtiene la relación de recurrencia lineal siguiente:

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

20

en la que R es el radio de curvatura del espejo superior 30. La ecuación (5) es un tipo de esquema de diferencias

finitas para un sistema de oscilación con intervalo de tiempo unitario y con frecuencia Eigen $\omega_0 = 2\sqrt{\frac{F(0)}{R}}$. La solución es representable en la forma $x_n = A \cdot q^n$, en la que q es un número complejo. Entonces, para q definido como:

25

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

La condición de estabilidad es $|q| \leq 1$, a partir de la que se determina el confinamiento fotónico en un óptico

30

geométrico, considerando la no negatividad del valor $\frac{F(0)}{R}$, como:

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

El radio de curvatura del espejo superior 30 impacta sobre el confinamiento fotónico. Los sistemas recurrentes (1) y (2) permiten la producción de la integral del movimiento:

35

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

En el caso de una curvatura suficientemente pequeña del espejo superior 30 e intervalos pequeños, tal como

40

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

la integral de las sumas (8) se transforma aproximadamente en

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

o en el invariante adiabático estándar.

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

5

La relación (10) determina la zona llena de fotones.

10

Estas estimaciones permiten diseñar un neutralizador de fotones eficaz para haces de iones negativos. En referencia a las figuras 2 y 3, una geometría tridimensional razonable de la trampa 10 es un ensamblaje de arco largo de cuatro componentes. Tal como se ilustra en la figura 2, la trampa 10 comprende un espejo de fondo o inferior 20 en el fondo de la trampa 10 que es de forma plana, y un conjunto de espejo superior 30 que comprende un espejo central 32 que presenta forma cilíndrica y un par de espejos externos 34 de forma cónica y acoplados a los extremos del espejo central 32. Tal como se muestra, se pasa un haz de iones H⁻ a lo largo de la trampa de fotones. Los tamaños se obtienen de las escalas características de un canal neutralizador único de un inyector de haz para el International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER).

15

20

A continuación, se proporcionan los resultados de una simulación numérica de un neutralizador de fotones para el ITER NBI. Dicha simulación se llevó a cabo mediante la utilización del código ZEMAX. La figura 4 representa la traza de un rayo en el sistema de trampa 10 proporcionado en la figura 2 con un ángulo aleatorio de -3° a 3° en el plano XY, y de -5° a 5° a lo largo de la trampa 10.

25

La trayectoria presentada en la figura 4 contiene 4000 reflexiones, después de las cuales el rayo se mantuvo dentro del sistema de la trampa. En un dispositivo de resonancia [M. Kovari, B. Crowley. Fusion Eng. Des. 2010, v.85 p. 745-751], la eficiencia de almacenamiento bajo una reflectancia del espejo de $r^2=0.9996$, es de

30

aproximadamente $\frac{P}{P_{in}} \approx 500$. En el caso señalado en la presente memoria, con una reflectancia del espejo más baja de $r^2=0.999$, la eficiencia de almacenamiento determinada es de:

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

35

Las pérdidas tienden a asociarse principalmente a un gran número de superficies dentro de la cavidad y la difracción. [J.H. Fink, Production and Neutralization of Negative Ions and Beams: 3rd Int. Symposium, Brookhaven 1983, AIP, New York, 1984, páginas 547 a 560]

40

La distribución del flujo de energía radiante por un plano horizontal interior a la trampa 10 se muestra en la figura 5, en la que el coeficiente de reflexión de todas las superficies es igual a 0.999 y la potencia radiante de entrada es igual a 1 W. La potencia acumulada calculada en la cavidad de la trampa 10 es igual a 722 vatios. Considerando las pérdidas del cálculo (el código Zemax monitoriza y evalúa dichas pérdidas), el valor de potencia acumulada debería incrementarse en 248 vatios. Por lo tanto, la eficiencia de almacenamiento alcanza prácticamente el valor máximo posible (11). De esta manera, un sistema cuasiplano permite, dentro de la óptica geométrica, la creación de una zona de confinamiento con un tamaño dado.

45

Debe apreciarse que los espejos cónicos terminales 34 y los espejos cilíndricos principales 32 y 20 forman una superficie rota, tal como se muestra en las figuras 2 y 3. Las superficies rotas tienden a presentar un efecto negativo sobre el confinamiento longitudinal de los fotones debido a que forma una zona de inestabilidad (ver (7)). Sin embargo, el número de cruces de dichos bordes por un rayo durante el tiempo de vida de un fotón no es grande comparado con el número total de reflexiones y, de esta manera, el fotón no dispone de tiempo para incrementar significativamente el ángulo longitudinal y abandonar la trampa por los extremos de la trampa 10.

50

Inyección de radiación en la trampa y fuentes

55

Para bombear la celda óptica, pueden inyectarse haces de fotones con una amplitud angular dada a lo largo y al través de la trampa 10, por uno o más orificios pequeños en uno o más espejos. Por ejemplo, resulta posible mediante la utilización de un láser de fibra de iterbio ($\lambda=1070$ nm, potencia total superior a 50 kW) [http://www.ipgphotonics.com/Collateral/Documents/English-US/HP_Brochure.pdf]. Estos láseres en serie presentan suficiente potencia y su línea de emisión es prácticamente óptica.

60

Puede prepararse un haz de radiación con la amplitud angular necesaria a partir de la radiación del láser de fibra con montajes adiabáticos especiales de moldeado cónico o parabólico. Por ejemplo, la radiación con una amplitud de 15° de fibra y $\varnothing 300\mu$ puede transformarse en 5° y $\varnothing 1$ mm, que resulta suficiente para la trampa neutralizadora 10 descrita en la presente memoria.

Eficiencia de la neutralización de fotones

El grado de neutralización es representable como:

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

en el que d es la anchura de la zona de neutralización, E_0 es la energía de los fotones, V es la velocidad de los

iones. P es la potencia acumulada total, definida como $P = \frac{P_0}{1-r^2}$, en el que P_0 es la potencia de bombeo óptico. La eficiencia de neutralización del flujo D- por el láser con una eficiencia global η_l puede determinarse como:

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

en el que P_- es la potencia del haz de iones negativos. La eficiencia se incrementa a medida que crece la potencia del haz D-. La eficiencia (13) y el grado de neutralización (12) se muestran en la figura 6. Dicha curva se ha calculado para un neutralizador de gases de canal único en inyectores del ITER, por el que se han pasado 10 MW. De esta manera, en dicho enfoque, puede conseguirse una neutralización de prácticamente 100% con una eficiencia energética muy elevada, de aproximadamente 90%. A título comparativo, el inyector de haces neutros del ITER presenta una neutralización de 58% [R. Hemsworth et al./Nucl. Fusion. v.49, 045006, 2009] y, correspondientemente, la misma eficiencia. La eficiencia global del inyector, considerando las pérdidas de suministro y transporte del acelerador, ha sido estimada por Krylov [A. Krylov, R.S. Hemsworth. Fusion Eng. Des. v.81, p. 2239-2248, 2006].

Una disposición preferida de una forma de realización ejemplificativa de un inyector de haces neutros basado en iones negativos 100 se ilustra en las figuras 7 y 8. Tal como se ilustra, el inyector 100 incluye una fuente de iones 110, una válvula de paso 120, imanes deflectores 130 para desviar una línea de haz de baja energía, un aislante-soporte 140, un acelerador de alta energía 150, una válvula de paso 160, un tubo neutralizador (representado esquemáticamente) 170, un imán separador (representado esquemáticamente) 180, una válvula de paso 190, paneles de bombeo 200 y 202, un tanque de vacío 210 (que es parte de un recipiente de vacío 250 mencionado a continuación), bombas de criosorción 220 y un triplete de lentes de cuadrupolo 230. El inyector 100, tal como se indica, comprende una fuente de iones 110, un acelerador 150 y un neutralizador 170, produciendo un haz neutro de aproximadamente 5 MW con una energía de aproximadamente 0.50 a 1.0 MeV. La fuente de iones 110 está situada dentro del tanque de vacío 210 y produce un haz de iones negativos de 9 A. El tanque de vacío 210 está sesgado a -880 kV, respecto a tierra, e instalado sobre soportes aislantes 140 dentro de un tanque de mayor diámetro 240 lleno de gas SF₆. Los iones producidos por la fuente de iones se preaceleran a 120 keV antes de la inyección en el acelerador de alta energía 150 mediante un preacelerador de rejilla multiapertura electrostático 111 en la fuente de iones 110, que se utiliza para extraer haces de iones del plasma y acelerarlos en cierta fracción de la energía del haz requerida. El haz de 120 keV de la fuente de iones 110 pasa por un par de imanes deflectores 130, permitiendo que el haz se desvíe del eje antes de entrar en el acelerador de alta energía 150. Los paneles de bombeo 202 representados entre los imanes deflectores 130 incluyen una partición y una trampa de cesio.

Se proporciona un comentario con mayor detalle del inyector de haces neutros basado en iones negativos en la solicitud de patente rusa nº 2012/137795 y en la solicitud de patente PCT nº US2013/058093

Sin embargo, las formas de realización ejemplificativas proporcionadas en la presente memoria se proporcionan únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo en modo alguno.

En la descripción anterior, se ha descrito la invención haciendo referencia a formas de realización específicas de la misma. Sin embargo, resultará evidente que pueden introducirse diversas modificaciones y cambios en la misma sin apartarse del alcance de la invención. El alcance de la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Fotoneutralizador sin resonancia (10) para inyectores de haces neutros que comprende unos primer y segundo espejos (30, 20) que presentan unas superficies de espejo opuestas que forman una trampa de fotones,

5

en el que la superficie de espejo del primer espejo es cóncava, y la superficie de espejo del segundo espejo (20) es plana,

caracterizado por que el primer espejo (30) comprende un conjunto de espejos (32, 34) que incluye un espejo central (32) y unos primer y segundo espejos externos (34) acoplados al espejo central, en el que el espejo central (32) es de forma cilíndrica y los espejos externos (34) son de forma cónica.

10

2. Fotoneutralizador (10) según la reivindicación 1, en el que la trampa de fotones es de forma esférica, elíptica o cilíndrica.

15

3. Fotoneutralizador (10) según la reivindicación 1, en el que la trampa de fotones comprende una zona de confinamiento adyacente a una familia de normales comunes a las superficies de espejo de los primer y segundo espejos (30, 20).

20

4. Fotoneutralizador (10) según la reivindicación 1, en el que la trampa de fotones presenta una eficiencia de almacenamiento, P/P_{in} , de aproximadamente 1000 con una reflectancia especular de $r^2=0.999$ para los primer y segundo espejos, y en el que la eficiencia de almacenamiento se define como

$$\frac{P}{P_{in}} \approx \frac{1}{1-r^2} \approx 1000,$$

25

en el que P es la potencia acumulada en el fotoneutralizador sin resonancia (10) y P_{in} es la potencia radiante de entrada y r^2 es el coeficiente de reflexión de todas las superficies de espejo.

5. Inyector de haces neutros basado en iones negativos (100) que comprende

30

una fuente de iones negativos (110), y

un fotoneutralizador sin resonancia (10) en el que el fotoneutralizador sin resonancia (10) está posicionado coaxialmente con la fuente de iones negativos (110), caracterizado por que

35

el fotoneutralizador sin resonancia es un fotoneutralizador sin resonancia según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

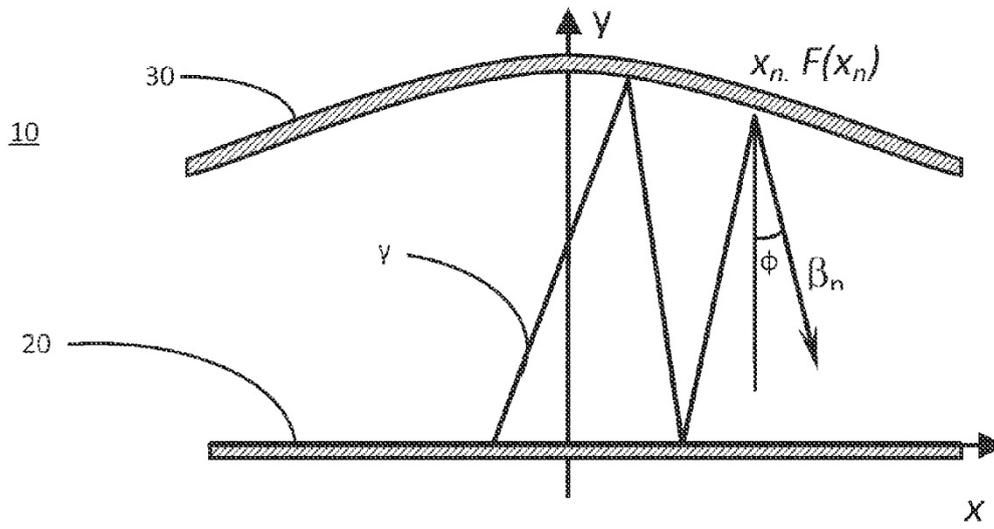


FIGURA 1

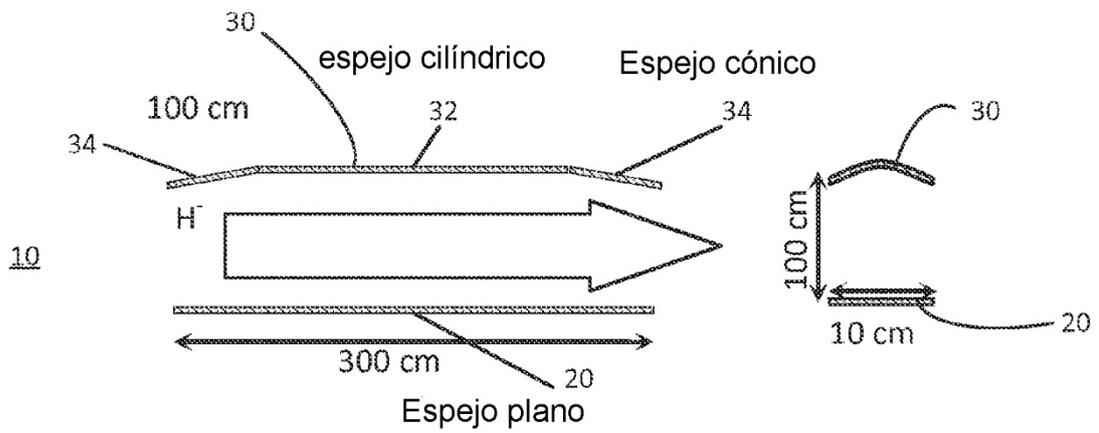


FIGURA 2

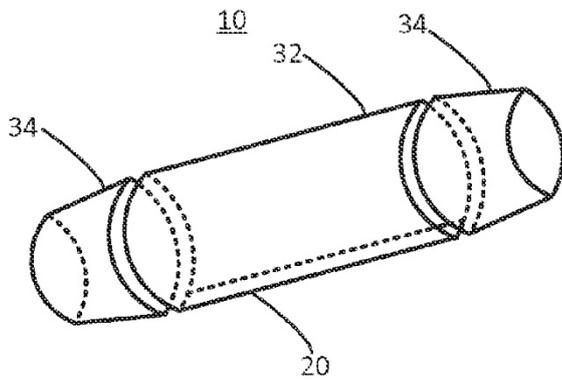


FIGURA 3

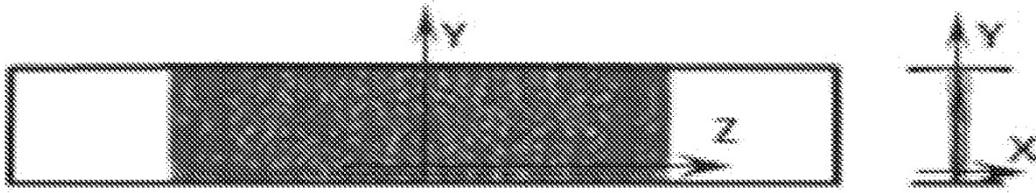


FIGURA 4

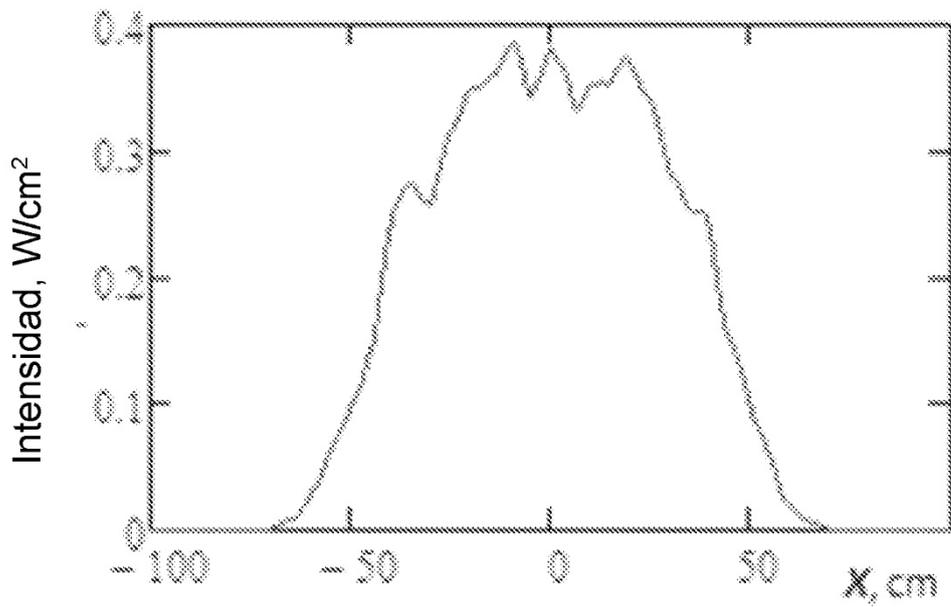
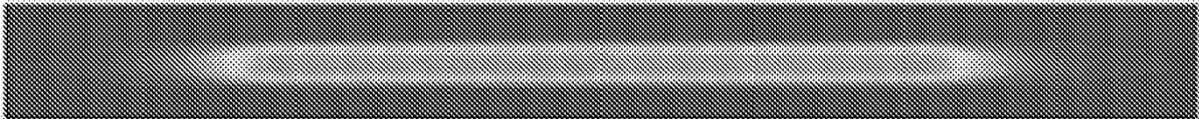


FIGURA 5

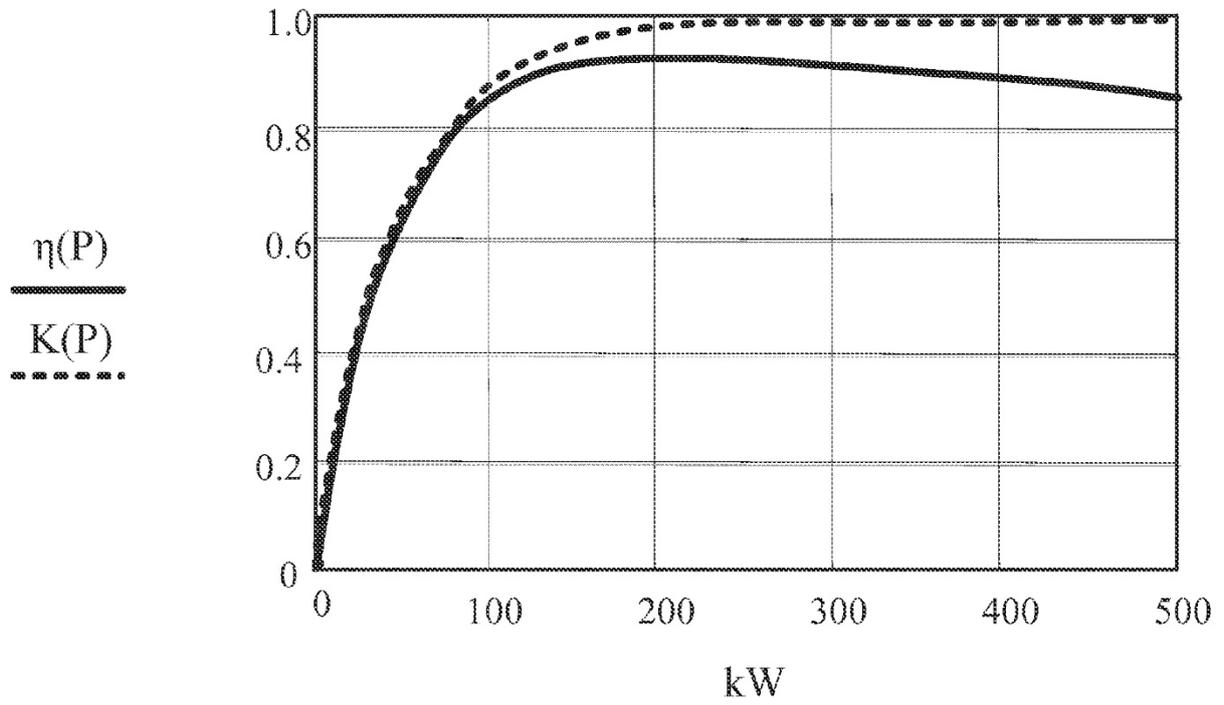


FIGURA 6

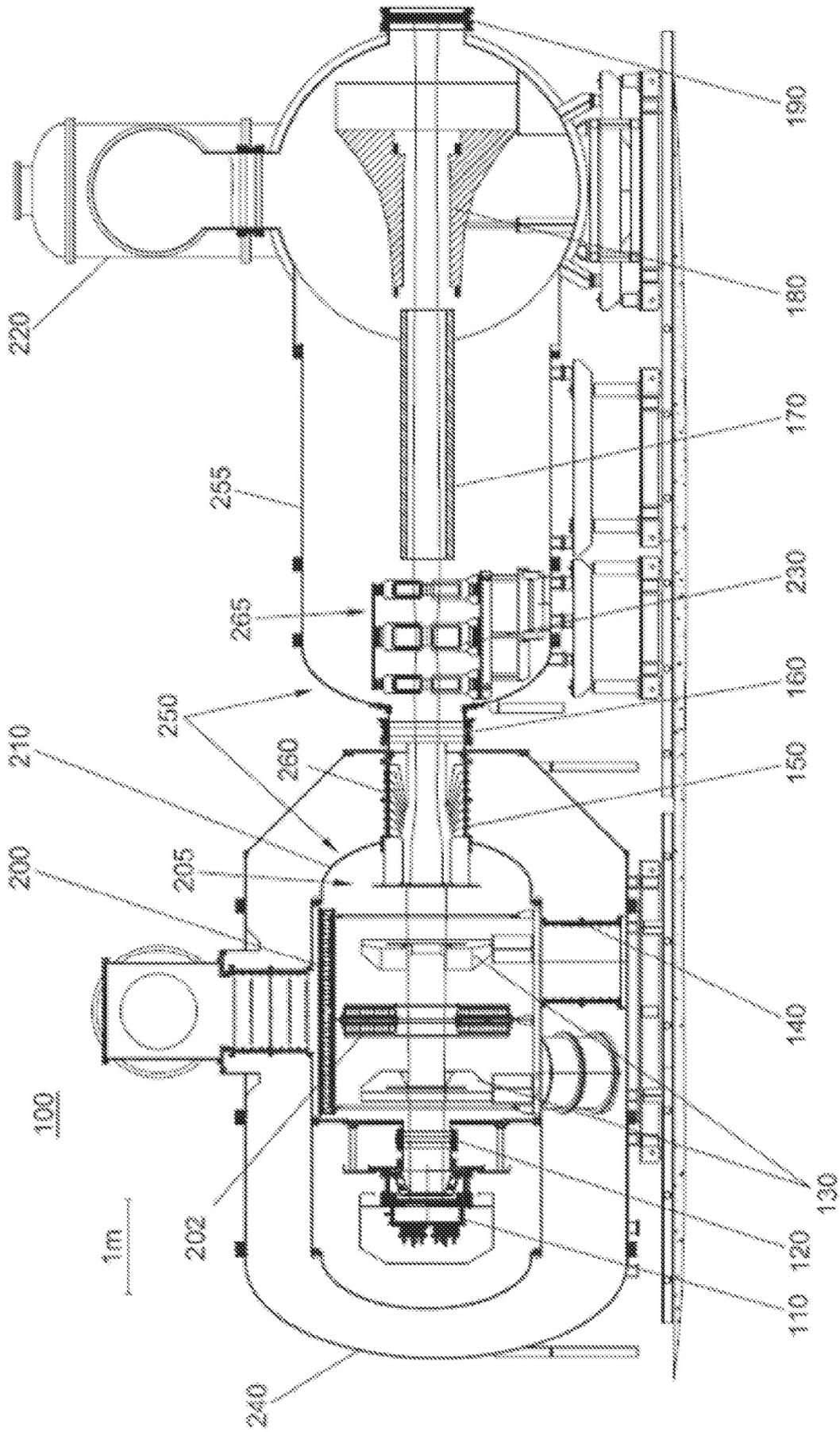


FIGURA 7

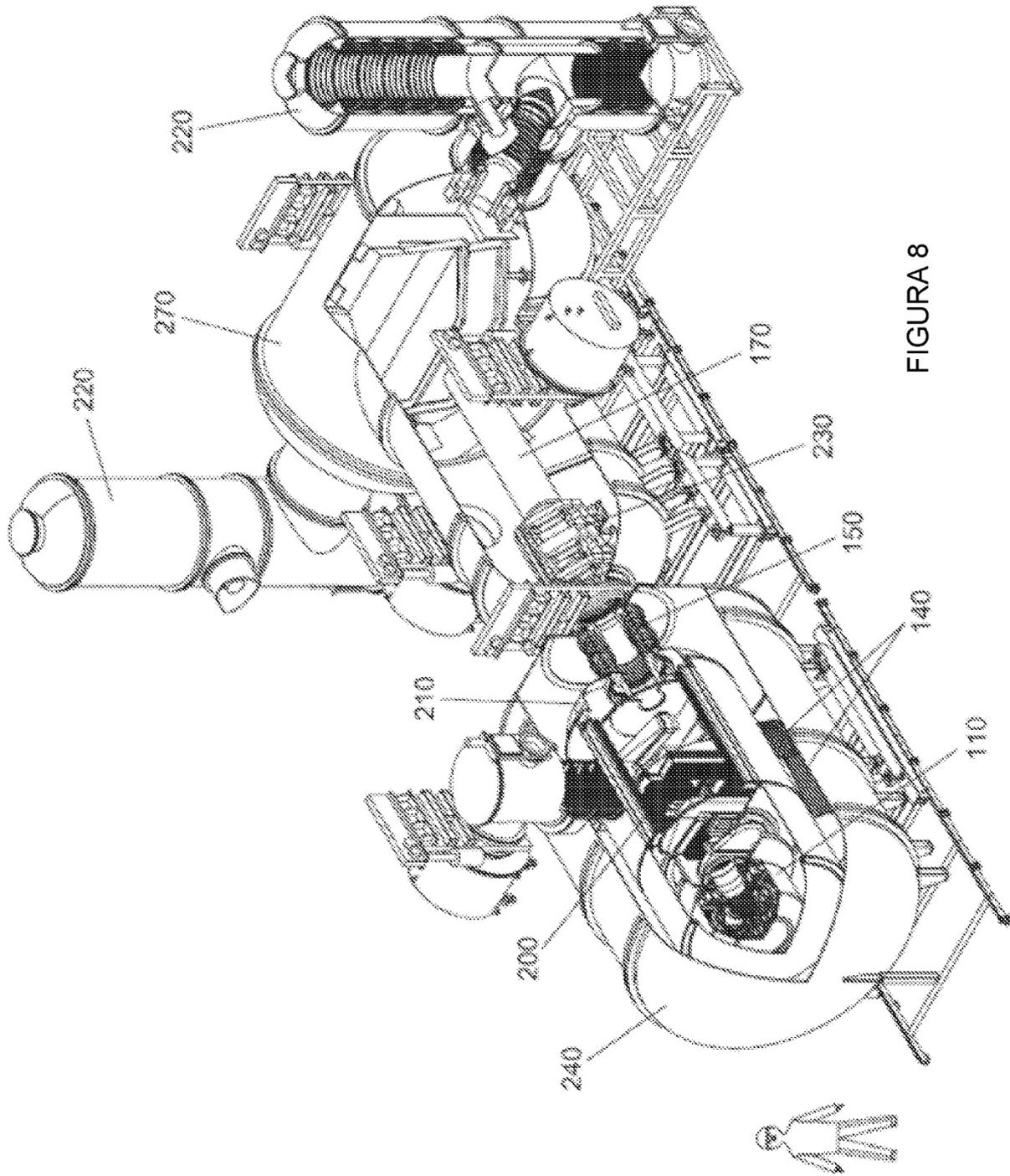


FIGURA 8