

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 020**

51 Int. Cl.:
H01J 49/38 (2006.01)
H01F 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03709859 .7**
96 Fecha de presentación: **07.01.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1474820**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.11.2004**

54 Título: **Trampa de iones magnética y espectrómetro de masas que utiliza una tal trampa**

30 Prioridad:
14.02.2002 FR 0201867

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.09.2012

73 Titular/es:
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS)
3, rue Michel Ange
75016 Paris , FR;
UNIVERSITE PARIS-SUD (PARIS XI) y
UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE**

72 Inventor/es:
**BELLEC, Gérard;
BOISSEL, Pierre;
HENINGER, Michel;
LEMAIRE, Joel y
MAUCLAIRE, Gérard**

74 Agente/Representante:
Ponti Sales, Adelaida

ES 2 387 020 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

Trampa para iones magnética y espectrómetro de masas que utiliza una tal trampa

[0001] La presente invención se refiere a una trampa para iones magnética y a un espectrómetro de masas que utiliza una tal trampa.

5 **[0002]** Las trampas para iones se utilizan en numerosas aplicaciones de la física molecular y en especial en los fenómenos de resonancia ciclotrónica iónicos implicados , por ejemplo , en los espectrómetros de masa con transformada de Fourier o FTICR.

[0003] Estas trampas para iones magnéticas permiten mantener iones cautivos en un volumen delimitado con el fin de realizar diferentes medidas tales como la detección de movimientos ciclotrónicos.

10 **[0004]** De manera clásica , las trampas para iones magnéticas emplean medios de generación de un campo magnético homogéneo de fuerte intensidad que comprende solenoides resistivos o superconductores.

[0005] Estos medios de generación permiten efectivamente obtener campos magnéticos de fuerte intensidad que pueden alcanzar hasta 9 ,4 tesla y que presentan una grande estabilidad temporal.

15 **[0006]** Sin embargo , estos componentes son de una ocupación de espacio muy importante y pueden alcanzar pesos de varias toneladas. Además precisan de instalaciones complejas de alimentación y de refrigeración y por lo tanto están reservadas para instalaciones fijas.

[0007] Con el fin de permitir el desarrollo de dispositivos móviles , determinadas trampas para iones magnéticas empleanmanes permanentes (Zeller L.C , Kennady J.M , Campana J.E. , Kenttamaa H.I , Anal. Chem. 1993 , 65 , 2116-2118 , patente US-A-5 451 781 DIETRICH).

20 **[0008]** Sin embargo , estos imanes permanentes generan campos generalmente limitados a aproximadamente 0 ,4 tesla y/o en volúmenes demasiado reducidos.

[0009] Las calidades de una trampa para iones están ligadas a la homogeneidad y a la intensidad del campo magnético al cual está sometida. Efectivamente , determinadas prestaciones de trampa varían en función del cuadrado de la intensidad del campo magnético y se recomienda un valor mínimo del orden de 1 tesla para una

25 aplicación eficaz a la espectrometría de masa de tipo FTICR.

[0010] El espectrómetro de masas « Advance Quantra de Siemens » , utiliza un imán permanente que genera un campo magnético del orden del tesla pero requiere para ello una geometría cerrada muy restrictiva.

[0011] El objetivo de la presente invención es dar remedio a este problema definiendo una trampa para iones magnética , de ocupación de espacio y de peso reducidos , preservando a la vez buenas prestaciones y una

30 geometría práctica.

[0012] A tal efecto , la invención tiene por objeto una trampa para iones en vacío que comprende un recinto de tratamiento estanco y un imán permanente que delimitan una cavidad y que crean un campo magnético homogéneo y orientado en dicha cavidad , estando dicho recinto dispuesto en dicha cavidad y que envuelve una celda de confinamiento que comprende al menos dos electrodos de trampa paralelos entre sí y perpendiculares a dicho

35 campo magnético orientado , siendo dichos electrodos de trampa conectables a un generador de tensión , caracterizada por el hecho de que comprende al menos un imán permanente en forma de cilindro hueco , estructurado según una estructura de tipo cilindro de Halbach , con el fin de generar dicho campo magnético permanente homogéneo y orientado perpendicularmente al eje longitudinal de la cavidad de dicho imán.

[0013] Según otras características :

40 - las dimensiones y la composición del o de cada imán son adaptadas para generar un campo magnético permanente homogéneo de una intensidad de al menos 0 ,8 tesla ;

- la trampa para iones comprende dos imanes permanentes en forma de cilindros huecos , ambos estructurados según estructuras de tipo cilindro de Halbach , de dimensiones y de composición idénticas , dispuestos coaxialmente según un mismo eje longitudinal y orientados para hacer coincidir la orientación de los campos magnéticos que

45 generan ;

- los dos imanes permanentes están separados entre sí , según su eje longitudinal , por un intervalo predeterminado no nulo con la finalidad de incrementar la homogeneidad de dicho campo magnético ;

- dicho intervalo es inferior a 1 mm ;

50 - el o cada imán permanente presenta un diámetro interior comprendido entre 45 y 55 mm , un diámetro exterior comprendido entre 180 y 220 mm y una longitud comprendida entre 90 y 110 mm ;

- el o cada imán permanente (30) está compuesto de segmentos elementales de Nd-Fe-B ;
 - dicha celda de confinamiento comprende además dos electrodos de detección paralelos entre sí y perpendiculares a dichos electrodos de trampa , siendo dichos electrodos de medida estando conectables a unos medios de medida con el fin de transmitir informaciones relativas a los movimientos de los iones contenidos en dicha celda de confinamiento ;
- 5
- dicha celda de confinamiento comprende además dos electrodos de excitación paralelos entre sí y perpendiculares a dichos electrodos de trampa , siendo dichos electrodos de excitación conectables a un generador de señales de excitación con el fin de excitar los iones contenidos en dicha celda de confinamiento ;
- 10
- dichos electrodos de trampa , de excitación y de detección son planos y de formas rectangulares de manera que dicha celda de confinamiento presenta una forma general de paralelepípedo rectángulo ;
 - dichos electrodos de excitación están cada uno constituidos por cuatro placas , dispuestas según la forma general de un paralelepípedo rectángulo abierto por dos caras opuestas , estando dichos electrodos de excitación dispuestos según un mismo eje , de parte y otra de dichos electrodos de trampa , enfrentándose dichas caras abiertas de manera que dicha celda de confinamiento presenta una forma general de túnel ;
- 15
- dicha celda de confinamiento con forma general de túnel está colocada según el eje longitudinal de dicho imán ; y
 - dicho recinto de tratamiento comprende , en al menos un extremo , una ventanilla dispuesta en el eje de la celda con forma general de túnel , y que permite el paso de fotones ;
 - el recinto de tratamiento comprende medios de conexión a unos medios de bombeo y de inyección de gas con el fin de controlar la densidad y/o la naturaleza de la atmósfera en el recinto de tratamiento ; y
- 20
- está asociado a unos medios de emisión de electrones hacia dicho recinto con el fin de generar iones al menos en dicha celda de confinamiento.
- 25
- [0014]** La invención también tiene por objeto un espectrómetro de masas que comprende una trampa para iones magnética , un dispositivo de bombeo , un generador de tensión de trampa , y medios de medida , capaces de realizar un análisis por transformada de Fourier del movimiento ciclotrón de los iones contenidos en la trampa para iones , caracterizada por el hecho de que dicha trampa para iones magnética es una trampa tal como se ha descrito anteriormente.
- [0015]** La invención será mejor comprendida con la lectura de la descripción siguiente , determinada únicamente a título de ejemplo y hecha haciendo referencia a los dibujos adjuntos , en los cuales :
- 30
- la figura 1 es un esquema de principio de un espectrómetro de masas dotado de una trampa para iones según la invención representado según una vista en sección parcial;
 - las figuras 2 y 3 son unas secciones transversales de los imanes permanentes utilizados en la invención ;
 - la figura 4 es un esquema de principio del movimiento de un ión en un campo magnético uniforme ;
 - la figura 5 es una representación parcial en perspectiva de electrodos de trampa contenidos en una trampa para iones según la invención ;
- 35
- las figuras 6 y 7 son unas vistas en planta de la celda de confinamiento de la trampa para iones de la invención ; y
 - la figura 8 es una vista en sección parcial de un segundo modo de realización de la trampa para iones de la invención.
- [0016]** El espectrómetro de masas por transformada de Fourier o FTICR ilustrado en la figura 1 está dotado de una trampa para iones magnética 2 según la invención.
- 40
- [0017]** Esta trampa para iones magnética 2 comprende un recinto de tratamiento estanco 4 , de forma general cilíndrica de eje longitudinal XX' , unido a un dispositivo 6 de bombeo.
- [0018]** El dispositivo de bombeo 6 comprende , por ejemplo , un ensamblado de bombas turbo moleculares , de bombas de membranas y de canalizaciones de inyección y de extracción de gas con el fin de controlar la densidad y la naturaleza de la atmósfera en el interior del recinto 4.
- 45
- [0019]** En funcionamiento , el dispositivo 6 garantiza la creación , en el recinto 4 , de una atmósfera ultravacío cuya presión es del orden de 10^{-8} milibares.
- [0020]** Este espectrómetro de masas comprende , en el recinto 4 , un filamento 7 de generación de electrones , que permite en especial emitir electrones con el fin de crear iones en el recinto 4.

- [0021]** Se prevé una celda de confinamiento 8 que define un volumen de tratamiento en el cual el movimiento de los iones puede ser analizado en el recinto 4.
- [0022]** La celda 8 comprende dos electrodos de trampa 10 , de forma plana y cuadrada que se extienden paralelamente entre sí y paralelamente al eje longitudinal XX' del recinto 4.
- 5 **[0023]** Cada electrodo 10 presenta una abertura 11 en su medio y los electrodos 10 están dispuestas de manera que sus aberturas están alineadas con el eje de emisión de electrones del filamento 7.
- [0024]** Los electrodos 10 están además unidos eléctricamente a un generador 12 de tensión continua de trampa , para ser cargados eléctricamente a un potencial predeterminado.
- 10 **[0025]** La celda 8 comprende también dos electrodos de excitación 14 , de forma plana y cuadrada que se extienden paralelamente entre sí , perpendicularmente a los electrodos 10 de trampa y perpendicularmente al eje longitudinal XX' del recinto 4.
- [0026]** Los electrodos de excitación 14 están conectados eléctricamente a un generador de señales de excitación 16.
- 15 **[0027]** Finalmente , la celda 8 comprende dos electrodos de detección 18 , de forma plana y cuadrada que se extienden paralelamente entre sí y perpendicularmente a los electrodos 10 de trampa así como a los electrodos 14 de excitación.
- [0028]** Los electrodos 18 de medida están conectados a un dispositivo de medida 20 constituido , por ejemplo , por un micro- ordenador dotado de tarjetas electrónicas de adquisición y programas de análisis apropiados.
- 20 **[0029]** Los electrodos de trampa 10 , de excitación 14 y de medida 18 están dispuestos de manera que la celda 8 tiene la forma general de un cubo o más generalmente de un paralelepípedo rectángulo.
- [0030]** Por ejemplo , los electrodos utilizados son unas placas cuadradas de 20 mm de lado , realizadas a base de un material ARCAP AP4 montado en un soporte aislante de MACOR y unidas eléctricamente con ayuda de alambres de lata.
- 25 **[0031]** La trampa para iones 2 comprende además dos imanes permanentes 30 idénticos , de forma cilíndrica y ahuecados para presentar unas cavidades según sus ejes longitudinales. Así, cada imán tiene la forma de un cilindro hueco o de un tubo.
- [0032]** Los imanes 30 , descritos más en detalle con referencia a las figuras 2 y 3 , son unos imanes permanentes estructurados según una estructura llamada de tipo cilindro de Halbach. Estos imanes se describen en especial en el documento WO-A-00 62313.
- 30 **[0033]** Cada imán 30 genera gracias a su estructura , un campo magnético B homogéneo y orientado transversalmente a su eje longitudinal.
- [0034]** Los imanes 30 presentan unas secciones anulares tal como se aprecia en las vistas en sección ilustradas en las figuras 2 y 3.
- 35 **[0035]** Comprenden una pluralidad de segmentos elementales imanados en direcciones diferentes , repartidos angularmente alrededor del eje y que se extienden generalmente según una generatriz longitudinal del imán 30.
- [0036]** El cilindro de Halbach representa una estructura simétrica con respecto a un plano de simetría definido por el eje longitudinal del cilindro y la dirección de campo magnético homogéneo B creado por este cilindro.
- [0037]** Los segmentos elementales que constituyen el cilindro , se corresponden así dos a dos simétricamente de parte y otra de este plano de simetría y están imanados en direcciones simétricas con respecto a este plano.
- 40 **[0038]** Además , los segmentos elementales dispuestos de un mismo lado del plano de simetría , están imanados en direcciones que varían progresivamente en un intervalo de 360° en función de la posición angular del segmento en el semi-cilindro definido de un mismo lado del plano de simetría.
- [0039]** Dicho de otro modo , los segmentos están dispuestos en anillo según una secuencia tal que los segmentos simétricos con respecto al eje longitudinal del cilindro , están imanados con una misma orientación. Además, la variación angular entre las orientaciones de las imanaciones de dos segmentos adyacentes es constante.
- 45 **[0040]** Esta variación de orientación de las imanaciones difiere de un segmento a otro en un ángulo correspondiente a 360° dividido por la mitad del número de segmentos.
- [0041]** Así , tal como se describe con referencia a la figura 2 , el imán 30 comprende ocho segmentos , de manera que la orientación de la imanación de cada segmento está desplazada de 90° con respecto a los segmentos adyacentes.
- 50

[0042] Asimismo , con referencia a la figura 3 , los dieciséis segmentos presentan imanaciones cuyas orientaciones están desplazadas entre sí 45°.

[0043] Cada imán 30 con forma de cilindro hueco , genera , en el interior de su cavidad y perpendicularmente a su eje longitudinal , un campo magnético B homogéneo , permanente y de fuerte intensidad.

- 5 **[0044]** Para una longitud infinita , el campo magnético teórico B así obtenido en cada cilindro responde a la fórmula siguiente :

$$B = B_r \ln(r_0/r_1)$$

En esta fórmula , B_r es el campo magnético remanente debido a los materiales utilizados , r_0 es el diámetro exterior de los cilindros 30 y r_1 el diámetro interior.

- 10 **[0045]** La longitud del cilindro interviene en la intensidad real del campo así como en su homogeneidad.

[0046] Por ejemplo , estos imanes 30 están constituidos por Nd-Fe-B , o Neodimio Hierro Boro , presentan un diámetro exterior de 20 cm , interior de 5 cm y una longitud de 10 cm. Generan entonces cada uno un campo magnético permanente de 1 Tesla con una homogeneidad del orden de 1 para 100 en un volumen central de 1 cm³ aproximadamente.

- 15 **[0047]** En el modo de realización descrito con referencia a la figura 1 , los dos imanes 30 están dispuestos coaxialmente y separados axialmente n intervalo δ . Además , están dispuestos de manera que sus estructuras polares están orientadas de manera idéntica con el fin de generar campos magnéticos homogéneos orientados en la misma dirección.

- 20 **[0048]** Para las dimensiones escogidas para los imanes 30 , el intervalo δ es típicamente inferior a 1 mm , ventajosamente comprendido entre 0 ,3 y 0 ,7 mm y preferentemente igual a 0 ,5 mm.

[0049] Así alineados , los imanes 30 forman en su centro una cavidad 32 y gracias a sus estructuras y su disposición, generan , en el conjunto de la cavidad 32 , un campo magnético homogéneo de fuerte intensidad.

[0050] El campo magnético creado por los imanes 30 en la celda 8 es al menos igual al campo de cada imán 30 de manera que la celda 8 está sometida a un campo al menos igual a 1 Tesla.

- 25 **[0051]** Parece además que a partir de los dos imanes 30 de 1 Tesla , la estructura doble tomada como ejemplo permite obtener en la celda de confinamiento 8 , un campo magnético de 1 ,25 tesla , valor equivalente a aquella que suministraría un único imán de material , longitud y sección idénticos.

- 30 **[0052]** Además , parece que por ajuste del intervalo δ , dicha estructura doble descrita con referencia a la figura 1 , permite obtener una homogeneidad aumentada del campo magnético según el eje longitudinal en una zona mucho más larga que aquella obtenida en el centro de un imán único equivalente.

[0053] Con esta finalidad, el intervalo δ está ajustado para obtener un campo magnético de homogeneidad máxima en la celda 8. Asimismo , las dimensiones de los imanes 30 están ajustadas a 10%.

[0054] En funcionamiento , el recinto 4 de tratamiento está dispuesto coaxialmente en el interior de la cavidad 32 definida por los imanes 30 , de manera que el eje XX' representa el eje longitudinal del recinto 4 y de los imanes 30.

- 35 **[0055]** El recinto 4 es orientada de manera que los electrodos de trampa 10 son perpendiculares al campo magnético B generado por los imanes 30.

[0056] En lo que sigue , se inyectan unas muestras de gas en el recinto 4 por el dispositivo de bombeo 6.

- 40 **[0057]** El filamento 7 emite entonces electrones que penetran en la celda 8 a través de las aberturas 11 de los electrodos de trampa 10. Estos electrones ionizan moléculas del gas contenidas en el interior del recinto 4 y en especial en el interior de la celda 8.

[0058] Los iones producidos quedan entonces atrapados en la celda de confinamiento 8 y pueden ser excitados para obtener un espectro de masa mediante un análisis llamada de Transformada de Fourier Rápida.

[0059] Resulta entonces que la trampa para iones 2 presenta una celda 8 con un volumen de 8 cm³ y un campo magnético del orden de 1 ,25 tesla.

- 45 **[0060]** De este modo, la trampa para iones magnética 2 es de tamaño reducido permitiendo a la vez la creación de un campo magnético homogéneo de fuerte intensidad en una celda de tamaño suficiente para experimentación.

- [0061]** Además , el dispositivo 6 de bombeo , los generadores 12 y 16 y los medios de análisis 20 son de tamaño reducido de manera que el espectrómetro de masas descrito con referencia a la figura 1 , constituye una instalación con una ocupación de espacio del orden del metro cúbico y de un peso del orden de cien kilos.
- 5 **[0062]** Además , un tal espectrómetro de masas solamente requiere una alimentación estándar y puede eventualmente funcionar con baterías de modo que es fácilmente transportable.
- [0063]** Con referencia a las figuras 4 a 7 , se describirá a continuación con más detalle el funcionamiento del espectrómetro de masas descrito anteriormente.
- 10 **[0064]** El dispositivo 6 crea en el recinto 4 una atmósfera ultravacío en la cual se inyectan , en forma gaseosa , unas muestras a analizar. Estas inyecciones se realizan , por ejemplo , mediante una válvula pulsante que funciona con periodos de abertura del orden de la decena de milisegundos.
- [0065]** Bajo el efecto de una excitación , el filamento 7 genera electrones emitidos en dirección del recinto 4 de tratamiento con la finalidad de impactar en las moléculas contenidas en esta.
- 15 **[0066]** Estos electrones 40 atraviesan uno de los electrodos de trampa 10 por las aberturas 11 y penetran en la celda 8. Entonces ionizan mediante colisiones las moléculas comprendidas en la celda 8 y conllevan la aparición de iones 40.
- [0067]** Tal como se ha representado en la figura 4 , estos iones 40 están sometidos al campo magnético B y describen trayectorias de formas generales helicoidales.
- [0068]** En funcionamiento , los electrodos de trampa 10 se cargan a un potencial constante V por el generador de tensión continua 12.
- 20 **[0069]** Debido a la combinación del campo magnético B y de la repulsión generada por los electrodos de trampa 10 cargados a potenciales V , y tal como se ha representado en referencia a la figura 5 , los iones 40 se mantienen en la celda 8 entre los electrodos de trampa 10. Los otros electrodos no representados en la figura 5 contribuyen también a este trampa generando un pozo de potencial entre los electrodos 10.
- 25 **[0070]** En lo que sigue y tal como se ha representado con referencia a la figura 6 , el generador 16 suministra a los electrodos de excitación 14 señales de excitación desfasadas entre sí de 180°.
- [0071]** En función de la frecuencia de las señales de excitación aplicadas a los electrodos 14 , se modifica el movimiento circular de los iones 40 mantenidos en la celda 8 y en especial los radios de sus trayectorias varían.
- 30 **[0072]** Así , en función de la frecuencia de las señales de excitación suministradas por el generador 16 a los electrodos 14 , los iones entran en resonancia y pueden ser eyectados de la celda 8 ampliando sus trayectorias o pueden ser excitados de manera coherente , para describir trayectorias estables de grandes radios.
- [0073]** Se obtienen así en la celda 8 iones animados con un movimiento ciclotrón de gran amplitud.
- [0074]** Es entonces posible , tal como se ha representado con referencia a la figura 7 , realizar diversas medidas sobre estos iones.
- 35 **[0075]** Efectivamente , cuando los iones 40 están en fase , su movimiento coherente induce una señal eléctrica en los electrodos 18 de detección.
- [0076]** Esta señal eléctrica se introduce en los medios de medida 20 que la amplifican gracias a un amplificador 42 antes de tratarlas en unos medios de tratamiento 44. Estos últimos permiten por ejemplo muestrear la señal inducida antes de pasarla a numérico , luego realizar una Transformada de Fourier Rápida con la finalidad de obtener un espectro en frecuencia de resonancia ciclotrónica.
- 40 **[0077]** Según unas leyes de calibración clásicas , este espectro de frecuencia permite una determinación precisa de la masa de los iones 40 contenidos en la celda 8.
- [0078]** Con referencia a la figura 8 , se describirá a continuación un segundo modo de realización de la invención.
- [0079]** Esta figura representa una vista en sección parcial de la trampa para iones magnética 2 según el eje XX'.
- 45 **[0080]** Igual que anteriormente , la trampa para iones 2 comprende el recinto 4 integrado en la cavidad 32 unos imanes cilíndricos estructurados 30.
- [0081]** Tal como se ha descrito con referencia a la figura 1 , la celda de confinamiento 8 dispuesta en el interior del recinto de tratamiento 4 , comprende dos electrodos de trampa 10 planos y cuadrados , paralelos entre sí y que se extienden perpendicularmente al campo magnético B.

[0082] Los dos electrodos de detección 18 están dispuestos perpendicularmente a los electrodos 10 y paralelamente al eje longitudinal de los imanes 30.

[0083] En este modo de realización , los electrodos de excitación 14 están cada uno constituidos por cuatro placas cuadradas , conectadas entre sí eléctricamente y que definen cada una una estructura de cubo abierto por dos caras opuestas.

[0084] Las aberturas de los dos cubos que constituyen los electrodos 14 están orientadas una hacia la otra según el eje longitudinal de los imanes 30.

[0085] El conjunto de los electrodos define así en el interior del recinto 4 , una celda de confinamiento 50 con forma general de túnel orientado según el eje longitudinal XX' de los imanes 30.

10 **[0086]** Esta estructura puede definirse como una estructura abierta y presenta muchas ventajas de realización en especial para la ionización de las moléculas presentes en el recinto 4 y para la caracterización de los iones gracias a la interacción con haces de fotones o con otras moléculas.

15 **[0087]** Para ello, el recinto 4 comprende medios de conexión a unos medios 51 de inyección de gas y comprende en sus extremos unas ventanillas 52 , de manera que es posible proyectar directamente gas en la celda 50 o atravesarla , a través de las ventanillas 52 , por unos fotones emitidos , por ejemplo , por un haz láser.

[0088] Resulta entonces que la trampa para iones magnética 2 de la invención presenta dimensiones reducidas y una ocupación de espacio reducida permitiendo a la vez un tratamiento de calidad de una cantidad importante de muestras.

20 **[0089]** Según otros modos de realización de la invención , los imanes cilíndricos estructurados constituidos por cilindros de Halbach están integrados en el interior del recinto de tratamiento.

[0090] Asimismo, es posible realizar una trampa para iones según la invención a partir de un único imán y con otras formas de electrodos tales como, por ejemplo, electrodos cilíndricos o rectangulares.

25 **[0091]** Por otro lado, los generadores de tensión de excitación , de tensión de trampa y los medios de medida pueden confundirse en un único dispositivo , tal como un micro-ordenador dotado de tarjetas electrónicas de entrada- salida adaptadas para la generación de señales de excitación y de tensiones de trampa.

[0092] Finalmente, también es posible realizar un tratamiento sobre iones positivos o negativos , invirtiendo las polaridades de los electrodos de trampa.

REIVINDICACIONES

1. Trampa para iones en vacío que comprende un recinto de tratamiento estanco (4) y un imán permanente (30) que delimitan una cavidad (32) y que crean un campo magnético homogéneo y orientado (B) en dicha cavidad (32), estando dicho recinto (4) dispuesto en dicha cavidad (32) y que envuelve una celda de confinamiento (8 ;50) que
5 comprende al menos dos electrodos de trampa (10) paralelos entre sí y perpendiculares a dicho campo magnético orientado (B), siendo dichos electrodos de trampa (10) conectables a un generador de tensión (12), **caracterizada por el hecho de que** comprende al menos un imán (30) permanente en forma de cilindro hueco, estructurado según una estructura de tipo cilindro de Halbach, con el fin de generar dicho campo magnético permanente (B) homogéneo y orientado perpendicularmente al eje longitudinal (XX') de la cavidad (32) de dicho
10 imán (30).
2. Trampa para iones según la reivindicación 1, **caracterizada por el hecho de que** las dimensiones y la composición del o de cada imán (30) están adaptadas para generar un campo magnético permanente homogéneo (B) de una intensidad de al menos 0,8 tesla.
3. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada por el hecho de que**
15 comprende dos imanes permanentes (30) en forma de cilindros huecos, ambos estructurados según estructuras de tipo cilindro de Halbach, de dimensiones y de composición idénticas, dispuestos coaxialmente según un mismo eje longitudinal (XX') y orientados para hacer coincidir la orientación de los campos magnéticos (B) que generan.
4. Trampa para iones según la reivindicación 3, **caracterizada por el hecho de que**, los dos imanes permanentes (30) están separados entre sí, según su eje longitudinal (XX'), por un intervalo (δ) predeterminado no nulo con la
20 finalidad de incrementar la homogeneidad de dicho campo magnético (B).
5. Trampa para iones según la reivindicación 4, **caracterizada por el hecho de que** dicho intervalo (δ) es inferior a 1 mm.
6. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que** el o
25 cada imán permanente (30) presenta un diámetro interior comprendido entre 45 y 55 mm, un diámetro exterior comprendido entre 180 y 220 mm y una longitud comprendida entre 90 y 110 mm.
7. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que** el o
cada imán permanente (30) está compuesto de segmentos elementales de Nd-Fe-B.
8. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que**
30 dicha celda de confinamiento (8 ;50) comprende además dos electrodos de detección (18) paralelos entre sí y perpendiculares a dichos electrodos de trampa (10), siendo dichos electrodos de medida (18) conectables a unos medios de medida (20) con el fin de transmitir informaciones relativas a los movimientos de los iones (40) contenidos en dicha celda de confinamiento (8 ;50).
9. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que**
35 dicha celda de confinamiento (8 ;50) comprende además dos electrodos de excitación (14) paralelos entre sí y perpendiculares a dichos electrodos de trampa (10), siendo dichos electrodos de excitación (14) conectables a un generador (16) de señales de excitación con el fin de excitar iones (40) contenidos en dicha celda de confinamiento (8 ;50).
10. Trampa para iones según las reivindicaciones 8 y 9, **caracterizada por el hecho de que** dichos electrodos de
40 trampa (10), de excitación (14) y de detección (18) son planos y de formas rectangulares de manera que dicha celda de confinamiento (8) presenta una forma general de paralelepípedo rectángulo.
11. Trampa para iones según la reivindicación 8, **caracterizada por el hecho de que** dichos electrodos de
45 excitación (14) están cada uno constituidos por cuatro placas, dispuestas según la forma general de un paralelepípedo rectángulo abierto por dos caras opuestas, estando dichos electrodos de excitación (14) dispuestos según un mismo eje, de parte y otra de dichos electrodos de trampa (10), enfrentándose dichas caras abiertas de manera que dicha celda de confinamiento (50) presenta una forma general de túnel.
12. Trampa para iones según la reivindicación 11, **caracterizada por el hecho de que** dicha celda de
confinamiento (50) con forma general de túnel está colocada según el eje longitudinal (XX') de dicho imán (30).
13. Trampa para iones según la reivindicación 12, **caracterizada por el hecho de que** dicho recinto de tratamiento
50 (4) comprende, en al menos un extremo, una ventanilla (52) dispuesta en el eje (XX') de la celda (50) con forma general de túnel, y que permite el paso de fotones.
14. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que** el
recinto de tratamiento (4) comprende medios de conexión a unos medios de bombeo (6) y de inyección (51) de gas con el fin de controlar la densidad y/o la naturaleza de la atmósfera en el recinto de tratamiento (4).

15. Trampa para iones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que** está asociada a unos medios (7) de emisión de electrones hacia dicho recinto (4) con el fin de generar iones (40) al menos en dicha celda de confinamiento (40).

5 16. Espectrómetro de masas que comprende una trampa para iones (2) magnética, un dispositivo de bombeo (6), un generador de tensión de trampa (12) y medios de medida (20), capaces de realizar un análisis por transformada de Fourier del movimiento ciclotrón de los iones (40) contenidos en la trampa para iones (2) **caracterizada por el hecho de que** dicha trampa para iones magnética (2) es una trampa según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

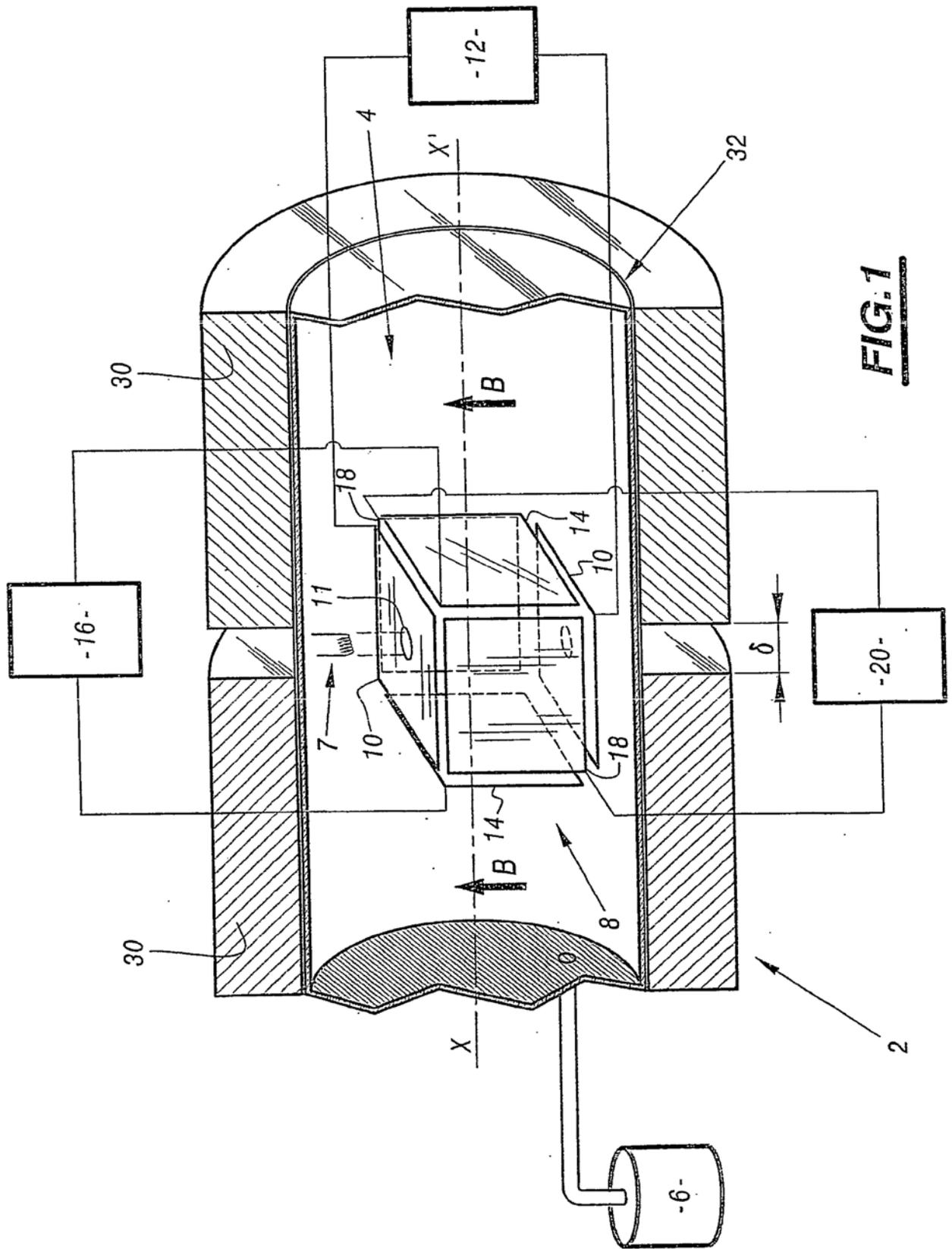


FIG. 1

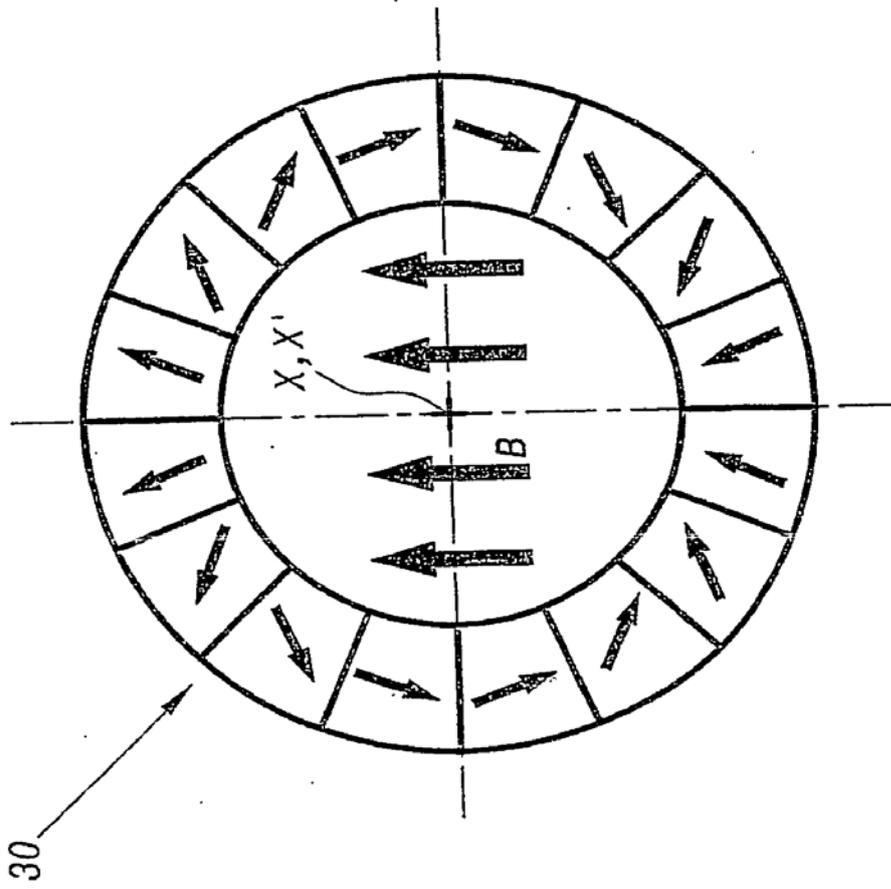


FIG. 3

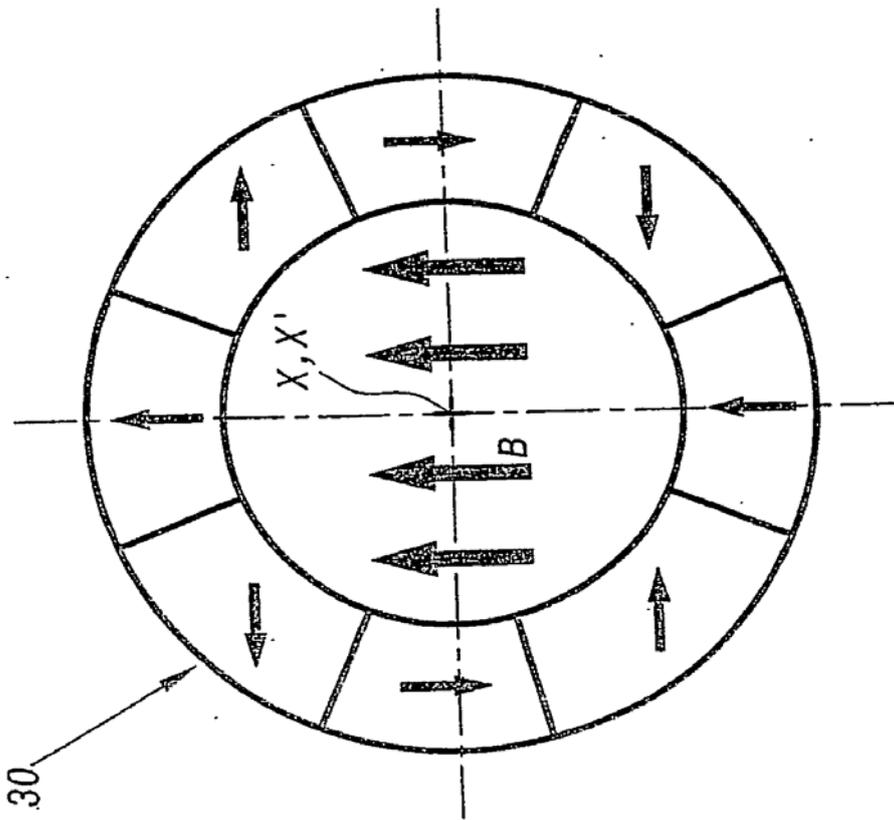


FIG. 2

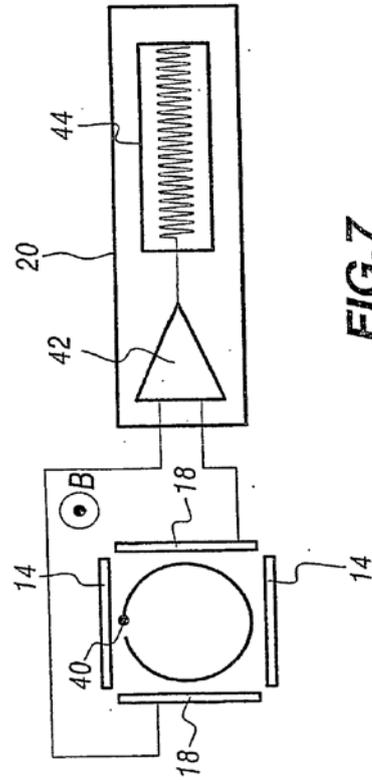
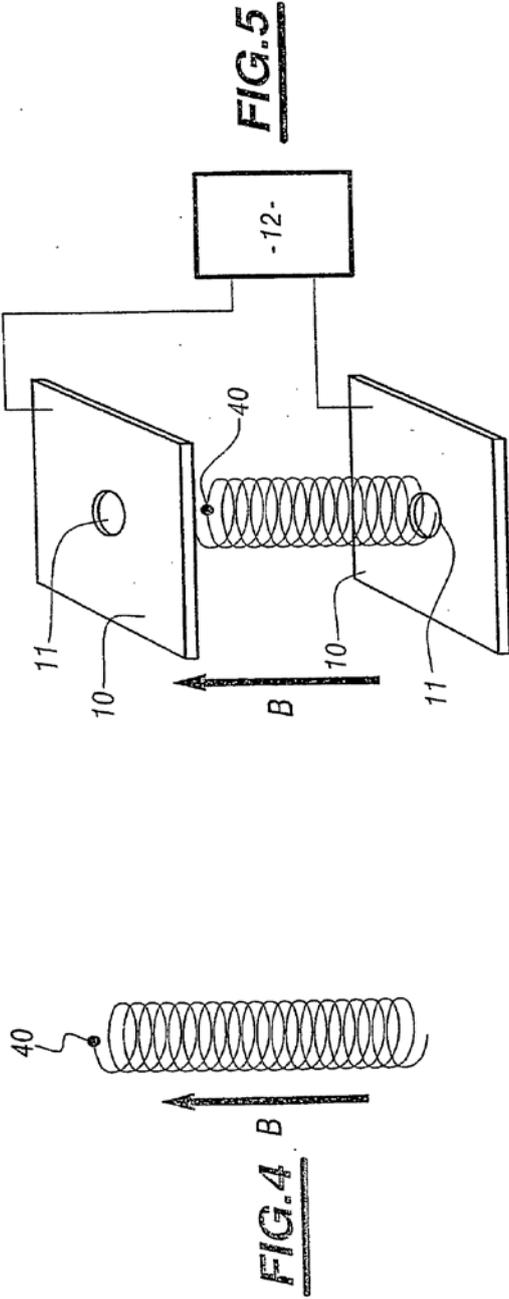


FIG. 6

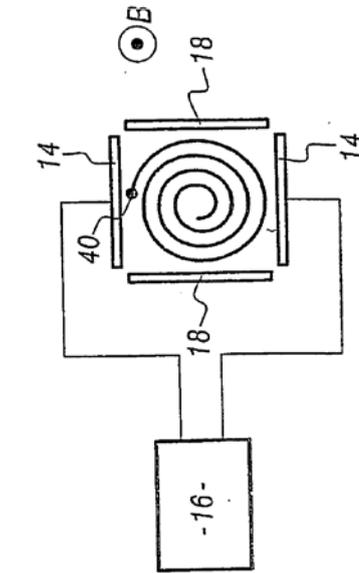


FIG. 7

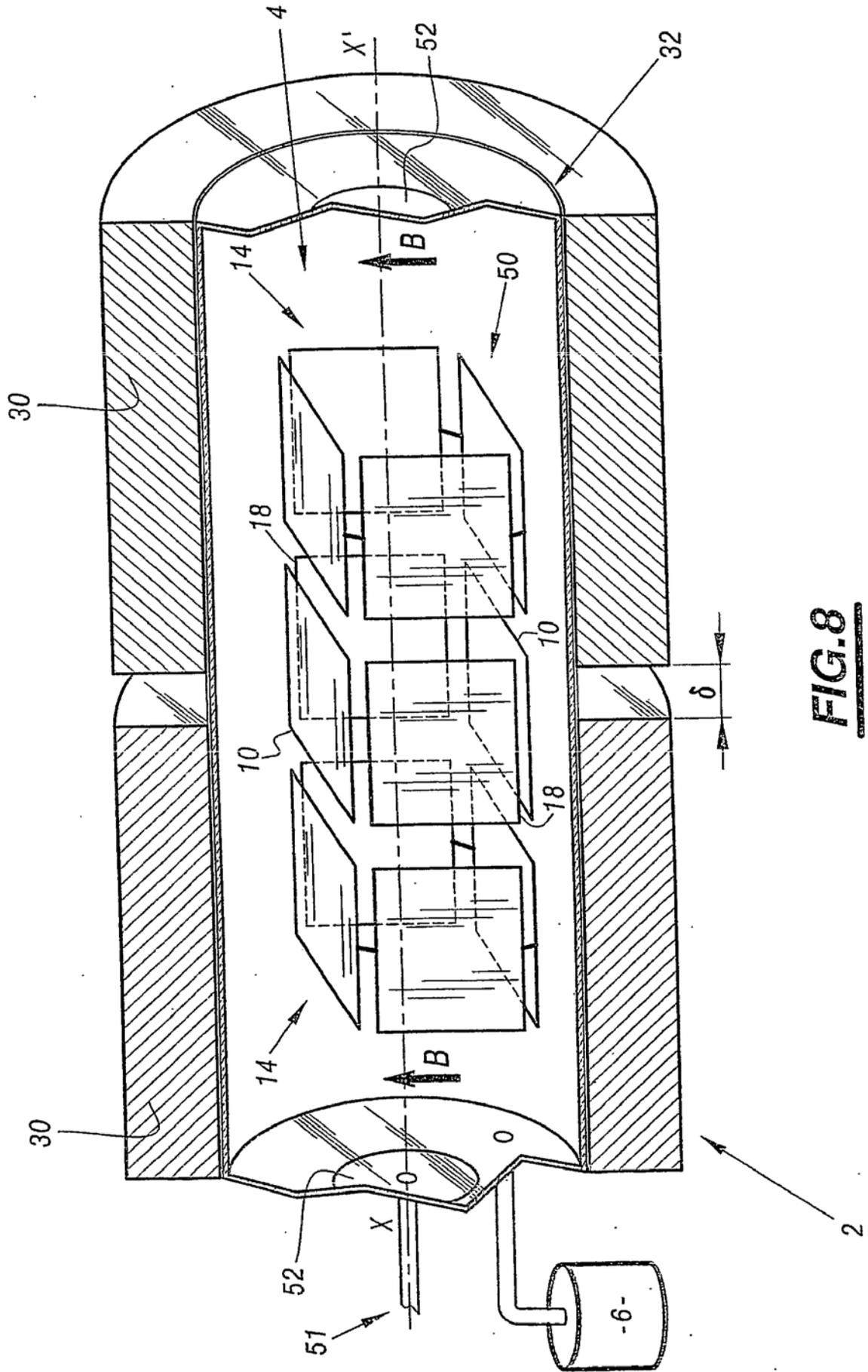


FIG.8