

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 762**

51 Int. Cl.:

H05H 6/00 (2006.01)

H05H 3/00 (2006.01)

H05H 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2009 PCT/US2009/042508**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2010 WO10126529**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2009 E 09844184 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2425686**

54 Título: **Objetivo de haz de partícula con transferencia de calor mejorada y método asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.10.2019

73 Titular/es:

**BTI TARGETRY, LLC (100.0%)
1939 Evans Road
Cary, NC 27513, US**

72 Inventor/es:

**STOKELY, MATTHEW, HUGHES y
WIELAND, BRUCE, W.**

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 726 762 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

Objetivo de haz de partícula con transferencia de calor mejorada y método asociado

5 (0001) La invención presente hace referencia generalmente a objetivos de haz de partícula utilizados para producir radionucleidos. Más particularmente, la invención presente hace referencia a la refrigeración de objetivos durante la radiación por un haz de partícula.

Antecedentes

10 (0002) Los radionucleidos pueden ser producidos por el bombardeo de un objetivo con un haz de partícula acelerado, como puede ser generado por un ciclotrón, acelerador lineal, o similar. El objetivo contiene una pequeña cantidad de material objetivo que normalmente está provisto en la fase líquida, pero que también podría ser un sólido o gas. El material objetivo incluye un componente precursor que está sintetizado al radionucleido deseado en reacción a la irradiación por el haz de partícula. Como ejemplo, iones F-18 pueden ser producidos mediante el bombardeo de un objetivo que contiene agua enriquecida con el isótopo O-18 con un haz de protón. Después del bombardeo, los iones F-18 como son sintetizados pueden ser recuperados del agua después de eliminar el agua del objetivo. La producción de iones F-18, en particular, tiene aplicaciones radio-farmacéuticas importantes. Por ejemplo, los iones F-18 como son producidos pueden ser utilizados para producir azúcar radioactiva fluorodeoxiglucosa (2-fluoro-2-deoxi-D-glucosa, o FDG), que se utiliza en el escaneo de la tomografía de emisión de positrón (PET). PET se utiliza en medicina nuclear como modalidad de imagen metabólica en la diagnosis del cáncer.

25 (0003) La producción de radionucleidos tales como iones F-18 es un proceso caro, y por ello, cualquier mejora de la eficiencia de producción y rendimiento sería deseable. Desafortunadamente, la aplicación del haz de partícula inicia la reacción nuclear deseada sólo en una fracción muy pequeña de los precursores de radionucleidos en el objetivo. El haz de partícula deposita una cantidad significativa de calor dentro del material objetivo que reside en el objetivo durante el bombardeo. Por ejemplo, en la producción convencional de iones F-18, se ha descubierto que sólo uno de cada 2,000 protones que detienen el agua objetivo producen realmente la reacción nuclear deseada, con el resto del haz de protón que únicamente deposita calor. Entonces, la cantidad de producto radioactivo que puede ser producido en un objetivo radionucleido es proporcional a la cantidad de calor que puede ser eliminada durante el bombardeo del material de objetivo seleccionado. Además, la presión de vapor en aumento rápidamente desarrollada en la cámara de objetivo que contiene el material de objetivo como resultado de la deposición de calor puede causar que el objetivo falle estructuralmente si la deposición de calor no es eliminada adecuadamente.

40 (0004) El rendimiento de producción de radionucleidos podría incrementarse mediante el aumento de la energía de haz introducida en el objetivo, pero debido a los problemas anteriores la energía de haz ha sido intencionalmente limitada a sistemas convencionales. Los sistemas de producción de radionucleidos convencionales proveen medios para la refrigeración de los objetivos de haz, generalmente, mediante la conducción de un medio de transferencia de calor, tal como agua al objetivo para retirar calor durante el bombardeo. Los diseños de objetivo convencionales, sin embargo, no tienen suficiente capacidad para la eliminación del calor, y como resultado, el rendimiento y la eficiencia de producción de radionucleidos no han resultado ser deseables en objetivos convencionales.

45 (0005) En vista de lo anterior, hay una necesidad permanente de objetivos de haz utilizados para la producción de radionucleidos que permitan la capacidad y eficiencia aumentadas para eliminar calor y así un rendimiento y eficiencia de producción de radionucleidos mejoradas. La energía de calor depositada en el material de objetivo puede causar una ebullición y generar burbujas o vacíos en el volumen del material objetivo. Las burbujas o vacíos no producen radionucleidos; el haz de partícula simplemente pasa a través de las burbujas o vacíos hacia la parte posterior de la estructura de objetivo.

50 (0006) El documento WO2008/073468 A1 hace referencia a un sistema y método provistos para reclamar un material de origen de radioisótopo enriquecido desde un cuerpo de objetivo. Una capa de protección química está dispuesta entre un material de origen de radioisótopo y un material base del cuerpo de objetivo. Después de que el cuerpo de objetivo ha sido irradiado, el material de origen de radioisótopo irradiado puede ser eliminado sin eliminar el material de base debido a la protección proporcionada por la capa de protección química. El cuerpo de objetivo tiene las capas de protección y tiene en su lado posterior una cámara hueca que es un paso de refrigerante que alternativamente tiene aberturas tubulares hacia el lado posterior del mismo. Las aberturas tubulares se extienden por el lado posterior del cuerpo de objetivo a través de la cámara hueca. Las aberturas tubulares pueden estar conectadas internamente dentro de la capa base de manera que un canal se forma entre dos aberturas tubulares. Usando tubos externos acoplados a las aberturas, el refrigerante puede entrar a través de una abertura dentro del paso de refrigerante dispuesto en medio y salir de la cámara hueca a través de una abertura posterior a la fuente de refrigerante. Surcos dispuestos en el lado posterior del cuerpo de objetivo están configurados para incrementar el área de superficie del cuerpo de objetivo, de este modo mejorando la transferencia de calor desde el objetivo hasta el refrigerante.

Resumen

(0007) La presente invención define un objetivo de haz de partícula según la reivindicación 1^a, así como un método para refrigerar un objetivo de haz de partícula, según la reivindicación 13^a. Configuraciones particulares de la presente invención están definidas en las reivindicaciones dependientes.

5 (0008) Otros dispositivos, aparatos, sistemas, métodos, características y ventajas de la manifestación serán o llegarán a ser evidentes para un experto en la técnica al examinar las siguientes figuras y la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

10 (0009) La invención puede ser entendida mejor haciendo referencia a las siguientes figuras. Los componentes en las figuras no están necesariamente en escala, sino que más bien se hace énfasis en ilustrar los principios de la invención. En las figuras, los números de referencia iguales designan las correspondientes partes a través de distintas vistas.

15 Figura 1 es una vista esquemática simplificada de un ejemplo de un aparato o sistema de producción de radionucleidos, como un ejemplo de un entorno de operación mediante el cual un objetivo según las enseñanzas presentes puede ser implementado.

Figura 2 es una vista lateral parcialmente cortada de un ejemplo de un objetivo según las enseñanzas presentes.

20 Figura 3 es una vista en perspectiva del lado posterior del objetivo ilustrado en la Figura 2.

Figura 3A es una vista elevada de una ranura de entrada enfrente del lado posterior del objetivo.

Figura 4 es una vista en perspectiva del lado frontal del objetivo.

Figura 5 es otra vista en perspectiva del lado posterior del objetivo.

25 Figura 6 es una vista elevada del lado frontal del objetivo.

Figura 7 es una vista en perspectiva, transversal del objetivo que ha sido recortada en un plano que muestra los agujeros periféricos interconectando fluidamente con los respectivos surcos y los agujeros de salida radiales.

Figura 8 es una vista elevada de transversal del objetivo que ha sido recortada en un plano que muestra los agujeros de salida radiales.

30 Figura 9 es una vista elevada transversal del objetivo que ha sido recortada en un plano que muestra uno de los surcos en comunicación fluida con un correspondiente para de agujeros periféricos y agujeros de salida radiales.

Figura 10 es una vista elevada transversal del objetivo que ha sido recortada en un plano que muestra un agujero de entrada de material de objetivo y un agujero de salida de material de objetivo.

35 Figura 11 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un conjunto en el cual el objetivo puede ser incluido.

Figura 12 es una vista transversal del conjunto de objetivo ilustrado en la Figura 11.

Figura 13 es una vista en perspectiva desarrollada de un objetivo y un elemento de sellado asociado y una ventana de objetivo.

40 Figura 14 es una vista en perspectiva desarrollada de un diseño convencional de un objetivo y un elemento de sellado asociado y una ventana de objetivo.

Descripción detallada

45 (0010) A modo de ejemplo, las Figuras 1-13 ilustran varias configuraciones de un objetivo y un aparato o sistema de producción de radionucleidos asociados. Estas varias configuraciones proveen una solución altamente eficiente para la refrigeración de una cavidad de objetivo que contiene material de objetivo bombardeada por partículas (por ejemplo, protones) con la finalidad de obtener una cantidad máxima de eliminación de calor del material de objetivo y así maximizar la cantidad del producto radioactivo que puede ser producido a partir de aquel material de objetivo.

50 Como se hizo referencia arriba, la cantidad del producto radioactivo que puede ser producido en un objetivo de radionucleido es proporcional a la cantidad de calor que puede ser eliminada durante el bombardeo del material de objetivo de selección. En varias configuraciones, una alta proporción de eliminación de calor se consigue, al menos, en parte, proveyendo numerosos recorridos de flujo del refrigerante individuales, de alta velocidad, de multi-etapas, dispuestos con unos espacios paralelos y cercanos entre sí y con una proximidad cercana a la

55 cavidad de objetivo que contiene el material de objetivo que ha de ser refrigerado. Esta configuración maximiza el flujo de calor desde el medio de objetivo al refrigerante minimizando la distancia de conducción de calor (por ejemplo, el espesor de la estructura de objetivo a través de la cual el calor debe ser transferido). El objetivo puede ser implementado en conexión con cualquier tipo de refrigerante líquido y cualquier tipo de proceso de síntesis de radionucleidos. Se ha demostrado mediante experimentos que un objetivo coherente con las enseñanzas presentes presenta un rendimiento superior al transferir calor fuera del material de objetivo, comparado con objetivos convencionales.

65 (0011) La Figura 1 es una vista esquemática simplificada de un ejemplo de un aparato o sistema de producción de radionucleidos (100) como un ejemplo de un entorno de operación en el cual un objetivo (102) según las enseñanzas presentes ha de ser implementado. El objetivo (102) generalmente incluye un lado frontal (lado de entrada del haz) (112) en el cual un haz de partícula (114) es dirigido y un lado posterior (lado de entrada del refrigerante) (116) que en la configuración descrita aquí recibe una entrada de cualquier refrigerante de líquido adecuado (por ejemplo, agua). El objetivo (102) también incluye generalmente un cuerpo de objetivo que puede

incluir una o más partes agrupadas. Siempre que el objetivo (102) pueda incluir componentes agrupados, se puede hacer referencia aquí al objetivo (102) como una agrupación de objetivo. El objetivo (102) está construido normalmente a partir de un metal o aleación de metal adecuada, varios ejemplos son plata, aluminio, oro, níquel, titanio, cobre, platino, tantalio, niobio y acero inoxidable. En la parte frontal (112), el objetivo (102) incluye una
 5 ventana de objetivo (118) de cualquier material adecuado para transmitir el haz de partícula (114) a través mientras se minimiza la pérdida de energía de haz. Normalmente, la ventana de objetivo (118) está construido a partir de un metal o aleación de metal, siendo varios ejemplos, la aleación disponible comercialmente HAVAR®, titanio, tantalio, tungsteno y oro. El espesor de la ventana de objetivo (118) puede estar, por ejemplo, entre 0.3 y 30 μm . Una cámara o cavidad de objetivo (120) está formada dentro del cuerpo de objetivo y define el interior del cuerpo
 10 de objetivo dentro del cual se dirige el haz de partícula (114) a través de la ventana de objetivo (118). En la práctica, la cavidad de objetivo (120) contiene un material de objetivo que puede fluir que incluye un precursor de radionucleido, la composición del cual dependerá del tipo de radionucleido que sea sintetizado. Como ejemplo no limitante, el volumen (o tamaño) interno de la cavidad de objetivo (120) puede estar entre el 1.0 y 10 cm^3 . Una entrada de refrigerante (122) y una salida de refrigerante (124) también están formados en el cuerpo de objetivo.
 15 La entrada del refrigerante (122) y la salida del refrigerante (124) se comunican entre sí mediante un sistema de flujo de refrigerante interno al cuerpo de objetivo, como se describe en más detalle abajo.

(0012) En algunos ejemplos no limitantes, particularmente, donde el material de objetivo es un líquido, el volumen de la cavidad de objetivo (120) después de la agrupación de la ventana de objetivo (018) aquí está en el ámbito de
 20 0.5 cc (ó ml) hasta 20 cc. En otros ejemplos no limitantes, particularmente, donde el material de objetivo es un sólido, el volumen de la cavidad de objetivo (120) después de la agrupación de la ventana de objetivo (118) aquí está en el ámbito de 0.1 cc hasta 20 cc. En otros ejemplos no limitantes, particularmente, donde el material de objetivo es un gas, el volumen de la cavidad de objetivo (120) después de la agrupación de la ventana de objetivo (118) está aquí en el ámbito de 100 cc hasta 10,000 cc (10 L).
 25

(0013) Uno o más agujeros de transferencia de material de objetivo pueden estar formados en el objetivo (102) para insertar el material de objetivo dentro o para sacar el material de objetivo de la cavidad de objetivo (120). En el ejemplo presente, un agujero de entrada de material de objetivo (132) y un agujero de salida de material de objetivo separado (134) están formados en el cuerpo de objetivo y se comunican fluidamente con la cavidad de
 30 objetivo (120). Las localizaciones en el agujero de entrada (132) y el agujero de salida (134) son arbitrarias en la vista esquemática de la Figura 1, y pueden depender de si es deseado cargar el objetivo (120) con el material de objetivo desde arriba o desde abajo. Por ejemplo, el agujero de entrada (132) puede estar localizado alternativamente encima de la cavidad de objetivo (120) y el agujero de salida (134) puede estar localizado en el fondo de la cavidad de objetivo (120). Como otra alternativa, el objetivo (102) puede incluir un agujero único (132 ó 134) utilizado tanto para introducir material de objetivo (incluyendo precursores) a la cavidad de objetivo (120) como para eliminar el material de objetivo (incluyendo radionucleidos) desde la cavidad de objetivo (120).
 35

(0014) El ejemplo ilustrado, en el cual un único agujero de transferencia de fluido (132 ó 134) o tanto un agujero de entrada (132) como un agujero de salida (134) son utilizados, está dirigido primeramente al uso de un material de objeto líquido. Como será apreciado por personas expertas en la técnica, en otros casos, tales como en los que el material de objetivo es un sólido o un gas, el agujero de entrada (132) y/o el agujero de salida (134) pueden ser modificados como sea necesario o no ser utilizados en absoluto. Como ejemplo del uso de un material de objetivo sólido, el material de objetivo fundido podría ser cargado primero dentro de la cavidad de objetivo (120) y solidificarse, y el material de objetivo se mantiene en la fase sólida durante la aplicación del haz de partícula debido a la refrigeración según las enseñanzas presentes.
 40
 45

(0015) El aparato de producción de radionucleidos (100) incluye una fuente de haz de partícula (140) tal como, por ejemplo, un ciclotrón, un acelerador lineal o similar. La estructura y operación de la fuente de haz de partícula (140) puede depender del tipo de haz de partícula (114) utilizada. Como ejemplo, el haz de partícula (114) puede ser un haz de protón. El haz de protón normalmente se aplica con una potencia de haz de aprox. 0.5 kW o mayor, hasta un límite práctico que evita el fallo estructural del objetivo (102) y la deficiencia de la reacción nuclear deseada. En objetivos convencionales, la potencia de haz convencionalmente no excede del 2 kW. En al menos algunas configuraciones del objetivo (102) que se enseñan aquí, se espera que la potencia de haz pueda ser incrementada a aprox. 10 kW o más.
 50
 55

(0016) El aparato de producción de radionucleidos (100) también incluye un circuito o sistema de transporte de material de objetivo (150). El sistema de transporte de material de objetivo (150) puede incluir cualquier fuente de material de objetivo adecuada (suministro, reserva, etc.) (152), un dispositivo para mover el material de objetivo tal como, por ejemplo, una bomba (154), y una línea de entrada de material de objetivo (156) para conducir el material de objetivo desde la fuente de material de objetivo (152) hasta el agujero de entrada (132) y así en la cavidad de objetivo (120). El sistema de transporte de material de objetivo (150) puede ser implementado como un circuito, en cuyo caso el agujero de salida mencionado arriba (134) está incluido también como una línea de salida de material de objetivo (158) que conduce de vuelta a la fuente de material de objetivo (152) o al menos de vuelta a la bomba (154). Utilizando la configuración de circuito, el material de objetivo puede ser fluido a través del agujero de entrada (132), llenando la cavidad de objetivo (120), y a través del agujero de salida (134) antes de la activación del haz de partícula (114). De este modo, el sistema de transporte de material de objetivo (150) puede ser utilizado para purgar la cavidad de objetivo (120) de burbujas, gases, contaminantes, o cualquier otro componente indeseado antes de la aplicación del haz de partícula (114) y la síntesis subsiguiente. En la práctica, la cavidad de objetivo
 60
 65

(120) puede ser llenada desde arriba (en cuyo caso el agujero de entrada (132) puede ser localizado arriba, como en el ejemplo ilustrado) o desde abajo (en cuyo caso el agujero de entrada (132) puede ser localizado abajo). Los positrones ilustrados esquemáticamente de la fuente de material de objetivo (152) y la bomba (154) pueden ser alternarse como sea necesario para un llenado desde arriba o un llenado desde abajo.

(0017) En el presente ejemplo, el sistema de transporte de material de objetivo (150) puede ser utilizado también para conducir los radionucleidos producidos a una destinación de radionucleido deseada (162) para el siguiente procesamiento, como un laboratorio caliente. Con esta finalidad, una línea de salida de radionucleido (164) se muestra esquemáticamente como que comunica fluidamente con la línea de salida de material de objetivo (158) (o alternativamente, con la línea de entrada de material de objetivo (156)). Una válvula u otro medio de desviación de flujo controlable (no mostrado) puede servir como una interfaz entre el sistema de transporte de material de objetivo (150) y la línea de salida de radionucleido (164) con esta finalidad.

(0018) El aparato de producción de radionucleido (100) también incluye un circuito o sistema de circulación del refrigerante (170). El sistema de circulación del refrigerante (170) puede incluir cualquier aparato de acondicionamiento del refrigerante adecuado (intercambiador de calor, condensador, evaporador, y similares) (172) para proveer el refrigerante al objetivo (102), recibiendo el refrigerante calentado desde el objetivo (102), eliminando calor del refrigerante calentado, y repitiendo el ciclo como sea necesario durante la síntesis. El sistema de circulación del refrigerante (170) también puede incluir un dispositivo para mover el refrigerante hacia y desde el objetivo (102) tal como, por ejemplo, una bomba (174), una línea de entrada de refrigerante (176) para conducir el refrigerante desde el aparato de acondicionamiento del refrigerante (172) a la entrada del refrigerante (122) del objetivo (102), y una línea de salida del refrigerante (178) para conducir el refrigerante calentado desde la salida del refrigerante (124) del objetivo (102) de vuelta al aparato de acondicionamiento del refrigerante (172).

(0019) En la práctica, la fuente de material de objetivo (152) está provista de un suministro adecuado de material de objetivo, y la cavidad de objetivo (120) está cargada de una cantidad adecuada de material de objetivo fluyendo el material de objetivo desde la fuente de material de objetivo (152) dentro de la cavidad de objetivo (120). Una vez que la cavidad de objetivo (120) está llena (parcialmente o completamente, dependiendo del diseño) con una cantidad deseada de material de objetivo, la fuente de haz de partícula (140) es operada para generar un haz de partícula (114), que está dirigida dentro de la cavidad de objetivo (120) a través de la ventana de objetivo (118) para la interacción con el material de objetivo. La aplicación del haz de partícula (114) resulta en la síntesis de radionucleidos desde el material de objetivo en la cavidad de objetivo (120). Después de que ha pasado una cantidad suficiente de tiempo durante la etapa del "haz activado", el haz de partícula (114) es apagado y los radionucleidos producidos son transportados al laboratorio caliente u otra destinación (162) para el procesamiento posterior.

(0020) Como se menciona arriba, durante la aplicación del haz de partícula (114), una gran cantidad de energía es depositada como calor en el material de objetivo que reside en la cavidad de objetivo (120). Este calor genera una gran cantidad de vapor dentro de la cavidad de objetivo (120) resultando vacíos y burbujas dentro del material de objetivo. Los vacíos o burbujas interfieren con la capacidad del haz de partícula para causar la reacción nuclear necesitada para la síntesis de radionucleidos, y la presión de vapor puede causar rápidamente que el objetivo (102) falle estructuralmente. Por ello, el calor tiene que ser eliminado rápidamente del objetivo (102) y del material de objetivo que reside en el objetivo (102). Esto se consigue a través de la operación del sistema de circulación del refrigerante (170) durante la aplicación del haz de partícula (114) junto con un sistema de circulación del refrigerante incorporado dentro del objetivo (102), como se describió abajo por medio de ejemplos.

(0021) Un ejemplo no limitante de la síntesis de radionucleidos es la producción del ion F-18 (^{18}F) (fluorina-18) del precursor O-18 (oxígeno-18). En este caso, el material de objetivo puede ser provisto como agua enriquecida O-18, por ejemplo, agua en la cual una fracción deseada tiene la composición H_2^{18}O , y el haz de partícula es un haz de protón. La reacción nuclear está especificada como $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$. Otros ejemplos de radionucleidos que pueden ser producidos incluyen, pero no están limitados a, N-13, O-15, y C-11. N-13 es producido a partir de agua natural como el material de objetivo utilizando alfa-partículas según la reacción nuclear $^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$.

(0022) El objetivo (102) manifestado aquí es adecuado particularmente para el uso como un objetivo "en lotes" o "estático". En un objetivo en lote o estático, el material de objetivo es cargado en la cavidad de objetivo (120), la misma cantidad de material de objetivo permanece en la cavidad de objetivo (120) durante la síntesis, y el material de objetivo (ahora incluyendo radionucleidos) es eliminado después del objetivo (102). Un tipo alternativo del objetivo es un objetivo recirculante, en el cual el material de objetivo circula a través de la cavidad de objetivo (120) durante la aplicación del haz de partícula. En un objetivo recirculante, el material de objetivo mismo puede ser utilizado como un medio de transferencia de calor hasta cierto grado, porque el material de objetivo retira el calor del objetivo y, antes de ser recirculado de vuelta al objetivo, puede ser refrigerado por un sistema de intercambio de calor localizado remotamente y externamente al cuerpo de objetivo. Las enseñanzas presentes, sin embargo, abarcan el uso del objetivo (102) manifestado aquí como un objetivo recirculante como una opción para incrementar la capacidad de eliminación del calor del objetivo recirculante.

(0023) La Figura 2 es una vista lateral, parcialmente cortada de un ejemplo de un objetivo (200) según las presentes enseñanzas, y la Figura 3 es una vista en perspectiva del lado posterior. El objetivo (200) puede ser utilizado en un sistema de producción de radionucleidos tal y como se ilustra mediante ejemplo en la Figura 1, o en

otros sistemas de producción de radionucleidos configurados de forma diferente. El objetivo (200) incluye un cuerpo de objetivo (202) que puede ser montado en un hueco de una sección de objetivo frontal (204). Una cavidad de objetivo y varios pasos de refrigerante que definen una multitud de recorridos de refrigerante (no mostrado) están formados en el cuerpo de objetivo (202) como se describe abajo. La sección de objetivo frontal (204) cierra el lado frontal de la cavidad de objetivo e incluye una ventana de objetivo (218) para recibir un haz de partícula (114) como se describe arriba. La sección de objetivo frontal (204) colinda con una sección de objetivo media (206) que rodea el cuerpo de objetivo (202). El lado posterior del objetivo (200) recibe un flujo de entrada de refrigerante de una línea de entrada de refrigerante (276) de la manera descrita abajo. En algunas configuraciones, un pleno de entrada (o colector, cámara, conducto, etc.) (208) de cualquier diseño adecuado es interpuesto entre la línea de entrada del refrigerante (276) y el lado posterior del cuerpo de objetivo (202) para recibir el refrigerante de entrada. El pleno de entrada (208) puede estar formado por un cuerpo o región de entrada de refrigerante de la sección del objetivo media (206) para distribuir el refrigerante al lado posterior del cuerpo de objetivo (202) de la manera descrita abajo. En este ejemplo, una multitud de surcos paralelos (344) (Figura 3) está formada en el lado posterior del cuerpo de objetivo (202). El pleno de entrada (208) puede estrecharse en la dirección del lado posterior para dirigir el flujo de refrigerante de entrada hacia los surcos (344). En el ejemplo presente, la salida de refrigerante está configurada como una multitud de agujeros de salida radiales (224) distribuidos circunferencialmente por el cuerpo de objetivo (202). Los agujeros de salida radiales (224) pueden terminar en una pared exterior lateral (210) del cuerpo de objetivo (202). Los agujeros de salida radiales (224) pueden comunicar fluidamente con uno o más líneas de salida del refrigerante (178) (Figura 1) para posibilitar la retirada del calor del objetivo (200) y que el material del objetivo se sitúe en el objetivo (200), como se mencionó arriba. Para facilitar el direccionamiento del refrigerante desde los agujeros de salida radiales (224) hacia la(s) línea(s) de salida del refrigerante (178), se puede proveer un pleno de salida de cualquier diseño adecuado. Con esta finalidad, en el ejemplo ilustrado, el pleno de salida incluye una o más cámaras (211) y agujeros axiales distribuidos radialmente (213) formados en la sección de objetivo media (206).

(0024) Haciendo referencia a la Figura 4, el pleno de entrada (208) tiene una entrada (341) que puede tener cualquier figura y tamaños adecuados. En este ejemplo, el pleno de entrada (208) está configurado de manera que puede pasar a una ranura o abertura (342) que sirve como entrada hacia los surcos (344) formados en el lado posterior del cuerpo de objetivo (202). La Figura 3A ilustra la ranura alargada (342) en frente de los surcos (344). Una parte de estos surcos (344) son visibles a través de la ranura alargada (342). La ranura alargada (342) está orientada a lo largo de una dirección vertical en la Figura 3A. Se entiende, sin embargo, que el término "vertical" es relativo a la perspectiva de la Figura 3A y que en la práctica no existen limitaciones respecto a la orientación del objetivo (200) o cualquiera de sus componentes respecto a cualquier marco particular de referencia. En el ejemplo presente, los surcos (344) están orientados transversalmente respecto a la ranura alargada (342). Así, en el ejemplo específicamente ilustrado en la Figura 3A, los surcos (344) pueden estar caracterizados como que son horizontales, aunque de nuevo se entiende que el término "horizontal" es utilizado en un sentido relativo sin ninguna limitación respecto a una orientación particular de los surcos (344). La ranura alargada (342) está dimensionada de modo que el refrigerante que fluye a través de la ranura alargada (342) se dividirá en cada uno de los surcos (344). Es decir, todos los surcos (344) están expuestos a través de la ranura alargada (342) como se muestra en las Figuras 3 y 3A. Así, por ejemplo, si se proveen catorce surcos (344), el flujo de entrada del refrigerante que pasa a través de la ranura alargada (342) se dividirá en catorce recorridos de flujo de entrada individuales, separados, con cada recorrido de flujo de entrada que está asociado al respectivo surco (344).

(0025) La Figura 4 es una vista en perspectiva del lado frontal del objetivo (200) (o al menos la sección de objetivo principal (202)) según el ejemplo descrito aquí. Con la finalidad de hacer referencias, la Figura 4 provee tres ejes ortogonales entre sí que se cruzan en un punto dentro del objetivo (200), como en la cavidad de objetivo (420) del mismo: un eje lateral (A) que pasa a través de la cavidad de objetivo (420) desde el lado frontal hacia el lado posterior, pasando un eje longitudinal (B) a través de la cavidad de objetivo (420) desde abajo hacia arriba (desde la perspectiva de la Figura 4), y un eje transversal (C) que también pasa a través de la cavidad de objetivo (420). También con la finalidad de hacer referencias, el eje lateral (A) puede estar asociado con una profundidad del objetivo (200), el eje longitudinal (B) puede estar asociado a una longitud o altura del objetivo (200), y el eje transversal (C) puede estar asociado con una anchura del objetivo (200). Este sistema de tres ejes de referencia (A, B y C) se utilizarán en relación con las Figuras 5-10 también.

(0026) Como se ilustra en la Figura 4, la cavidad de objetivo (420) incluye una pared interior lateral (422) que define la sección transversal de la cavidad de objetivo (420) en el plano del eje longitudinal (B) y el eje transversal (C). La sección transversal de la cavidad del objetivo (420) puede incluir una sección alargada que une un extremo superior redondeado y un extremo inferior redondeado. Es decir, la cavidad de objetivo (420) es alargada en la dirección longitudinal. En el ejemplo presente, la cavidad de objetivo (420) puede abrirse en la cara frontal del objetivo (200) y puede estar limitada por la sección de objetivo frontal (204) (Figura 2) después del ensamblaje. Un canal (424) que rodea la cavidad de objetivo puede estar formado en la cara frontal para recibir una junta adecuada u otro componente de sellado (no mostrado), formando un sellado fluido en la interfaz entre la sección de objetivo principal (202) y la sección de objetivo frontal (204). La Figura 4 también muestra la serie circunferencial de los agujeros de salida radiales (224) que se abre en la superficie exterior de la sección de objetivo principal (202). En el contexto presente, el término "radial" hace referencia al punto de intersección de los tres ejes de referencia (A, B y C) y no pretende limitar el objetivo (200) para que tenga una figura circular u otra figura particular. La figura 4 también muestra un agujero de entrada (o de salida) de objetivo (432). El agujero de entrada de objetivo (432) puede abrirse por una sección plana para facilitar la conexión fluida con un empalme u

otro componente.

(0027) La Figura 5 es una vista en perspectiva del lado posterior del objetivo (200) (o al menos, la sección de objetivo principal (202)) según el ejemplo presente. La multitud de surcos (344) orientados transversalmente está formada en la cara posterior. Los surcos (344) son adyacentes a la cavidad de objetivo (420) (Figura 4). Las anchuras respectivas de los surcos (344) están dimensionados para ser un tanto mayores que la anchura de la sección transversal de la cavidad de objetivo (420) en todas las elevaciones de la cavidad de objetivo (420). Correspondientemente, los surcos (344) pueden mostrar colectivamente la forma redondeada y alargada de la cavidad de objetivo (420) que caracteriza el ejemplo presente. Como se describe en más detalle abajo, las anchuras de los surcos (344) posibilitan que el refrigerante sea direccionado con una proximidad cercana a la cavidad de objetivo (420) en la dirección lateral para maximizar la transferencia de calor desde la cavidad de objetivo (420).

(0028) La Figura 6 es una vista elevada del lado posterior del objetivo (200). Cada surco (344) está separado de un surco adyacente (344) por una pared de surco delgada, transversal (646). Cada surco (344) pasa en la dirección transversal entre un primer extremo de surco (652) y un segundo extremo de surco opuesto (654). Cada extremo de surco (652 y 654) se comunica fluidamente con, al menos, un agujero periférico (656 y 658). Algunos de los surcos (344) pueden comunicarse con más de un agujero periférico (656 y 658). Por ello, el número de surcos (344) puede ser igual a la mitad del número de agujeros periféricos (656 y 658), o al menos a la mitad del número de agujeros periféricos (656 y 658). En el ejemplo ilustrado, los dos surcos superiores (344) y los dos surcos inferiores (344), cada uno, comunica con dos agujeros periféricos (656 y 658) en sus extremos respectivos (652 y 654) para facilitar la fabricación y para facilitar el espaciado cercano entre los agujeros periféricos adyacentes (656 o 658). Como se describe en más detalle abajo, los agujeros periféricos (656 y 658) circunscriben la sección transversal de la cavidad de objetivo (420) (Figura 4) en una proximidad cercana y se prolongan en la dirección lateral hacia el lado frontal del objetivo (200). En las Figuras 3 y 6, se puede ver que cada surco individual (344) divide el flujo de entrada de refrigerante desde la ranura alargada (342) (Figura 3) en dos flujos que pasan en direcciones transversales opuestas respecto a los respectivos agujeros periféricos (656 y 658) situados en el primer extremo de surco (652) y segundo extremo de surco (654). Si suponemos que la anchura de la ranura alargada (342) es uniforme, como se ilustra en la Figura 3 y la ranura alargada (342) está posicionada centralmente entre los primeros extremos de surcos (652) y los segundos extremos de surcos (654), cada surco (344) puede dividir el flujo de entrada de refrigerante generalmente de forma homogénea en las dos direcciones transversales. En configuraciones alternativas, la anchura y/o la posición de la ranura alargada (342) puede variar a lo largo del eje longitudinal (B) para consecuentemente variar el flujo del refrigerante en varios surcos (344) y en los correspondientes agujeros periféricos (656 y 658).

(0029) En el ejemplo ilustrado en el cual se proveen catorce surcos (344), los catorce recorridos de flujo de refrigerante que entran en los surcos (344) están divididos en veintiocho recorridos de flujo de refrigerante transversales. En el ejemplo ilustrado en el cual algunos de los extremos de surco (652 y 654) incluyen más de un agujero periférico (656 y 658), ocurre una división del flujo adicional. Específicamente, el presente ejemplo incluye veintiocho extremos de surcos (652 y 654) y treinta y seis agujeros periféricos (656 y 658). De tal modo, algunos de los veintiocho recorridos de flujo que se prolongan transversalmente respecto a los veintiocho extremos de ranura (652 y 654) son divididos. Como resultado, un total de treinta y seis recorridos de flujo de refrigerante están provistos en los correspondientes agujeros periféricos (656 y 658) en el ejemplo presente. Los treinta y seis recorridos de flujo de refrigerante pasan a través de los agujeros periféricos (656 y 658) en la dirección lateral en proximidad cercana entre sí y a la cavidad de objetivo (420), de este modo posibilitando un medio altamente eficiente para retirar el calor del material de objetivo en la cavidad de objetivo (420). En otras configuraciones, el número de recorridos de flujo de refrigerante que pasa en varias direcciones descritas aquí pueden ser diferentes, siendo la presente configuración ilustrada sólo un ejemplo.

(0030) En algunos ejemplos, el espesor de cada pared de surco (646) (en la dirección longitudinal) oscila entre 0.002 y 0.125 pulgadas (0.00508 a 0.3175 cm). El área de la sección transversal de cada surco (344) puede ser definida por la anchura del surco (344) en la dirección transversal y la altura del surco (344) en la dirección longitudinal (entre las paredes del surco adyacente (646)). En algunos ejemplos, la altura de cada surco (344) oscila entre 0.01 y 0.125 pulgadas (0.0254 a 0.3175 cm). En algunos ejemplos, el diámetro de cada agujero periférico (656 y 658) oscila entre 0.01 y 0.25 pulgadas (0.0254 a 0.635 cm).

(0031) En el ejemplo ilustrado en la Figura 6, los agujeros periféricos (656 y 658) pueden ser divididos generalmente en un primer conjunto asociado con los primeros extremos de surco (652) y un segundo conjunto asociado con los segundos extremos de surco (654). En cada primer o segundo conjunto, los agujeros periféricos (656 y 658) están espaciados de forma cercana entre sí para maximizar la cantidad de "cobertura" de la cavidad de objetivo (420) y así la cantidad de área de superficie de los agujeros periféricos (656 y 658) dispuestos para transferir calor desde la cavidad de objetivo (420). En algunos ejemplos, el intervalo o distancia (648) entre cualquier par o segundo conjunto oscila entre 0.002 y 0.125 (0.00508 a 0.3175 cm). La cantidad mínima de estructura de objetivo entre los agujeros periféricos adyacentes (656 y 658) tienen como resultado la cobertura densa de la cavidad de objetivo mencionada arriba.

(0032) Se hace referencia a que en la Figura 6 el agujero periférico superior (656) del primer conjunto está espaciado con una distancia mayor del agujero periférico superior (658) del segundo conjunto (a través del eje

longitudinal B) en comparación con el espaciado (648) entre los agujeros periféricos adyacentes (656 y 658) del primer o segundo conjunto. Lo mismo se puede decir de los respectivos agujeros periféricos inferiores (656 o 658) del primer y segundo conjunto. Este espaciado adicional se hace en la presente configuración meramente para ajustar el lugar del agujero de entrada de material de objetivo y del agujero de salida de material de objetivo, que por ejemplo están posicionados respectivamente arriba y debajo de la cavidad de objetivo (420), como se muestra en las Figura 3-5 y 10. Se entenderá, sin embargo, que en otras configuraciones el agujero de entrada de material de objetivo y el agujero de salida de material de objetivo pueden ser situados en otras posiciones, en tanto que se produce un espaciado adicional entre dos agujeros periféricos adyacentes (656 y 658) en un lugar diferente o en absoluto. Aparte de lo anterior, la división de los agujeros periféricos (656 y 658) en el primer y segundo conjunto es conceptual y se hace con finalidades ilustrativas.

(0033) La Figura 7 es una vista en perspectiva, transversal del objetivo que ha sido cortada en un plano del eje lateral (A) y del eje longitudinal (B) que muestra dos de los agujeros periféricos (656) interconectando fluidamente con los respectivos surcos (344) y agujeros de salida radiales (224). La cavidad de objetivo (420) está limitada por la pared interior lateral (422) y una pared interior posterior unida (726). La pared interior lateral (422) es adyacente a los agujeros periféricos circundantes circunferencialmente (656) por una distancia relativamente pequeña a través de una parte anular (728) de la estructura de objetivo. En algunos ejemplos, la parte anular (728) tiene un espesor (en cualquier dirección radial respecto al eje lateral A) oscilando entre 0.002 a 0.5 pulgadas (0.00508 a 1.27 cm). En otros ejemplos no limitantes, el espesor de la parte anular (728) oscila entre 0.005 y 0.15 pulgadas (0.0127 a 0.381 cm). En el ejemplo ilustrado, los agujeros periféricos (656) se prolongan paralelamente a la pared interior lateral (422) de manera que el espesor de la parte anular (728) es uniforme a lo largo de la dirección lateral. En configuraciones alternativas, sin embargo, los agujeros periféricos (656) y/o la pared interior lateral (422) pueden estar orientados de manera que este paralelismo no se mantiene. En el ejemplo ilustrado, las series de agujeros periféricos (656) se extienden ampliamente por la extensión entera del área de la pared interior lateral (422) coaxialmente alrededor del eje lateral A (véase también la Figura 6). Consecuentemente, los agujeros periféricos (656) conjuntamente proveen un área de superficie grande para transferir el calor desde la superficie interior lateral (422), a través de la parte anular (728), y hacia el refrigerante que fluye a través de los agujeros periféricos (656). Cada agujero periférico (656) está limitado por una pared de agujero periférico interior (758) que se extiende desde el surco correspondiente (344) hacia el correspondiente agujero de salida radial (224). Cada pared de agujero periférico interior (758) tiene un área de superficie, y el área de superficie total de la multitud de agujeros periféricos (656) puede ser definida como la suma de las áreas de superficie de las paredes de agujero periférico interior individuales (758).

(0034) También como se muestra en la Figura 7, la pared interior posterior (726) de la cavidad de objetivo (420) es adyacente a los surcos (344) y separada de los surcos (344) por una distancia relativamente pequeña a través de una parte posterior (o longitudinal) (730) de la estructura de objetivo. En algunos ejemplos, la parte posterior (730) tiene un espesor (en la dirección lateral, de al menos la mayoría de los surcos (344)) oscilando entre 0.002 y 0.5 (0.00508 a 1.27 cm). En el ejemplo ilustrado, las series de surcos paralelos (344) se extienden por detrás de la extensión del área de la pared interior posterior (726) para facilitar la cobertura máxima de la cavidad de objetivo (420) por los agujeros periféricos (656), aunque en otros ejemplos se pueden extender, al menos, por una mayoría del área de la pared posterior (726). Además, las paredes del surco transversal o septos (646) (Figura 6) son delgadas. Consecuentemente, los surcos (344) conjuntamente proveen un área de superficie grande para transferir el calor desde la pared interior posterior (726), a través de la parte posterior (730), y hacia el refrigerante que fluye a través de los surcos (344). El área transversal total de la multitud de surcos (344) puede ser definida como la suma de las áreas transversales de los surcos individuales (344).

(0035) Como se menciona más arriba, cada surco (344) generalmente define dos recorridos de flujo de refrigerante que pasan a lo largo de la dirección transversal con un recorrido de flujo de refrigerante que pasa hacia el/los agujero/s periférico/s situado/s en el otro extremo de surco (654) del mismo surco (344). Cada recorrido de flujo de refrigerante hace entonces una vuelta ortogonal dentro de un correspondiente agujero periférico (656 o 658) y pasa por la dirección lateral, de nuevo en una proximidad cercana de la cavidad de objetivo (420). Entonces, el refrigerante continúa retirando el calor de la cavidad de objetivo (420), mientras que fluye hacia el lado frontal del objetivo (200) a lo largo de los recorridos de flujo laterales. Para maximizar la retirada del calor, los agujeros periféricos (656 y 658) pueden extenderse por una mayoría amplia de la profundidad de la cavidad de objetivo (420). Cada agujero periférico (656 y 658) pasa a, al menos, un agujero de salida radial (224). Los agujeros de salida radiales (224) puede estar dimensionados (por ejemplo, un área de flujo transversal) de forma más grande que los agujeros periféricos (656 y 658) y posicionados de manera que más de un agujero periférico (656 y 658) termina en el mismo agujero de salida radial (224). Entonces, el número de agujeros de salida radiales (224) puede ser igual o menor que el número de agujeros periféricos (656 y 658). Esta configuración también minimiza la pérdida de presión en los agujeros de salida radiales (224). El área de flujo transversal de cada agujero de salida radial (224) puede incrementarse progresivamente a lo largo de la dirección radial desde el extremo del agujero periférico (656 o 658) hacia la pared lateral exterior (210) de la estructura de objetivo, como se ilustra en la Figura 7.

(0036) Una vez que el refrigerante alcanza un agujero de salida radial (224), el refrigerante entonces hace una vuelta ortogonal dentro del agujero de salida radial (224). El refrigerante entonces pasa en una dirección de salida radial hacia el extremo del agujero de salida radial (224) por la superficie exterior lateral (210) del objetivo (200). Mientras que fluye en el agujero de salida radial (224), el refrigerante continúa recogiendo energía de calor. En el

ejemplo ilustrado, los agujeros de salida radiales (244) están situados en una proximidad cercana del lado frontal del objetivo (200) que recibe el haz de partícula (214). En algunos ejemplos no limitantes, los agujeros de salida radiales (244) están situados a una distancia del lado frontal a lo largo del eje lateral A oscilando entre 0.01 y 0.5 pulgadas (0.0254 a 1.27 cm). Además, los agujeros de salida radiales (244) están dimensionados de manera que proveen un área de superficie grande disponible para la transferencia de calor desde el cuerpo estructural (sólido) que constituye el objetivo (200). Mediante esta configuración, el refrigerante que fluye a través de los agujeros de salida radiales (244) es capaz de retirar calor del cuerpo de objetivo estructural, así como del material de objetivo que es irradiado en la cavidad de objetivo (420). Cuando se alcanza la superficie exterior lateral del objetivo (200), el refrigerante puede fluir fuera del objetivo (200) y ser recirculado de vuelta a los surcos (344) de la manera descrita arriba.

(0037) De este modo se puede ver que tanto los surcos (344) en el lado posterior del objetivo (200) como los agujeros periféricos (656 y 658) que pasan a través de la profundidad del objetivo (200) cubren las superficies interiores de la cavidad de objetivo (420) con mucha densidad y con un mínimo de espesor de pared entre el refrigerante y la cavidad de objetivo (420). Los agujeros de salida radiales (224) proveen una capacidad de retirar calor adicional, del modo descrito arriba. Además, los surcos transversales (344), los agujeros periféricos (656 y 658) y los agujeros de salida radiales (224) están dimensionados y posicionados en una configuración que mantiene un flujo de refrigerante de alta velocidad a través del objetivo (200) desde la entrada hacia la salida, de este modo, posibilitando que el refrigerante se lleve rápidamente el calor que ha sido depositado por el haz de partícula (214). Esta configuración anterior, por ello, maximiza la retirada del calor de la cavidad de objetivo (420).

(0038) La Figura 8 es una vista elevada transversal del objetivo (200) que tiene un corte en un plato del eje longitudinal B y eje transversal C que muestra los agujeros de salida radiales (224). Con finalidades de referencias, el centro del objetivo (200) es tomado para que sea el centro geométrico de la cavidad de objetivo (420), y el origen del eje lateral de intersección A, el eje longitudinal B y el eje transversal C ha sido situado en este centro. Utilizando este marco de referencia, cada agujero de salida radial (224) está localizado a lo largo de un radio proyectado desde el centro. Como se mencionó arriba, uno o más de los agujeros de salida radiales (224) pueden comunicarse fluidamente con más de un agujero periférico (656 y 658) (Figura 7). En el ejemplo ilustrado, cada agujero de salida radial (224) se comunica con dos agujeros periféricos (656 o 658). De este modo, los treinta y seis recorridos de flujo de refrigerante que pasan a través de los respectivos agujeros periféricos (656 o 658) son reducidos a dieciocho recorridos de flujo de refrigerante radiales en los dieciocho agujeros de salida radiales (224) ilustrados en la Figura 8.

(0039) La Figura 9 es una vista elevada transversal del objetivo (200) que ha sido cortada en un plano del eje lateral A y del eje transversal C que muestra uno de los surcos (344) en comunicación fluida con un correspondiente par de agujeros periféricos (656 y 658) y agujeros de salida radiales (224). Una vez que un flujo de entrada del refrigerante al lado posterior del objetivo (200) es establecido, los recorridos de flujo de refrigerante resultantes pueden ser resumidos como sigue. Inicialmente, el refrigerante fluye a los surcos (344) generalmente a lo largo de la dirección lateral, como se indica mediante una flecha (902). El flujo de entrada de refrigerante (902) se encuentra con los surcos (344) en una proximidad cercana con la pared interior posterior (726) de la cavidad de objetivo (420), y entonces, el refrigerante es capaz de empezar inmediatamente a retirar calor de la cavidad de objetivo (420). Cuando el flujo de entrada (902) se encuentra con los surcos (344), el flujo de entrada (902) se divide inicialmente a lo largo de la dirección longitudinal dentro de cada surco (344). De este modo, cada surco (344) se asocia con un recorrido de flujo de entrada de refrigerante (902) separado de los otros surcos (344). Los surcos (344) son ortogonales respecto al flujo de entrada inicial (902). De este modo, en cada surco (344) el flujo de entrada (902) se divide de modo que una parte del flujo de entrada (902) se diverge hacia un extremo de surco (652) mientras que la otra parte del flujo de entrada (902) se diverge hacia el extremo de surco opuesto (654) del mismo surco (344). Los dos recorridos de flujo de refrigerante transversales resultantes en el surco (344) están indicados mediante flechas (904 y 906). Cuando cada flujo de refrigerante transversal (904 y 906) alcanza un extremo de surco (652 o 654), aquel flujo de refrigerante transversal (904 y 906) es divergido entonces ortogonalmente dentro del agujero periférico (656 o 658) localizado en aquel extremo de surco (652 o 654) o uno de los agujeros periféricos (656 o 658), en el caso en que más de un agujero periférico (656 o 658) esté formado en un extremo de surco único (652 o 654). Los recorridos de flujo de refrigerante laterales resultantes están indicados mediante flechas (912 y 914). Los flujos de refrigerante laterales (912 y 914) pasan entonces a través de los respectivos agujeros periféricos (656 y 658) hacia los correspondientes agujeros de salida radiales (224). Cuando el refrigerante se suministra dentro de los agujeros de salida radiales (224), se diverge en correspondientes recorridos de salida de refrigerante radiales como se indica por las flechas (916). El refrigerante en cada agujero de salida radial (224) alcanza la pared lateral exterior (210) del objetivo (200) y es conducido fuera hacia un dispositivo de intercambio de calor externo, como se describió previamente en esta manifestación.

(0040) La Figura 9 puede ser considerada como mostrando la parte del extremo de arriba de la cavidad de objetivo (420) en la cual el agujero de entrada de material de objetivo (432) está localizado por ejemplo (o donde el agujero de salida puede estar situado en otro ejemplo). Alternativamente, la Figura 9 puede ser considerada como que muestra el extremo inferior de la cavidad de objetivo (420) en la cual el agujero de salida de material de objetivo (o agujero de entrada (432)) está localizado. La siguiente descripción se referirá al agujero de entrada de material de objetivo (432), como localizado en el extremo superior en el ejemplo presente, con el entendimiento de que la manifestación puede ser aplicada también al agujero de salida de material de objetivo y/o al extremo inferior de la cavidad de objetivo (420). En la configuración ilustrada, el agujero de entrada (432) está rodeado por una bolsa de

entrada o una depresión (982) formada en la pared interior lateral (422) de la cavidad de objetivo (420). La bolsa de entrada (982) puede tener cualquier tamaño y figura adecuada para completar el relleno de la cavidad de objetivo (420). La longitud de la bolsa de entrada (982) en la dirección lateral puede ser alargada respecto a la anchura de la bolsa de entrada (982) en la dirección transversal. En el ejemplo presente, la bolsa de entrada (982) es alargada en la dirección lateral y la anchura de la bolsa de entrada (982) en la dirección transversal gradualmente se estrecha (desciende) en la dirección lateral hacia el lado frontal del objetivo (200). El agujero de entrada de material de objetivo (432) está localizado en la región de la bolsa de entrada (982) teniendo la anchura máxima. La forma resultante "gota de lágrima" de la bolsa de entrada (982), con el agujero de entrada de material de objetivo (432) localizado en la masa de la gota de lágrima, ha resultado ser efectiva para completar el llenado de la cavidad de objetivo (420). Similarmente, una bolsa de salida (no mostrada) puede rodear el agujero de salida y puede tener cualquier tamaño y figura adecuada para completar la recuperación del material de objetivo. En el presente ejemplo, la bolsa de salida puede estar dimensionado y configurado similarmente a la bolsa de entrada ilustrada (982).

(0041) La Figura 10 es una vista elevada transversal del objetivo (200) que ha sido cortada en un plano del eje lateral A y el eje longitudinal B que muestra el agujero de entrada de material de objetivo (432) y un agujero de salida (1034). En este ejemplo, el agujero de entrada (432) comunica fluidamente con la bolsa de entrada (982) como se describió arriba, y el agujero de salida (1034) comunica fluidamente con una bolsa de salida (1084). Como se mencionó arriba, los respectivos tamaños y figuras de la bolsa de entrada (982) y de la bolsa de salida (1084) pueden ser los mismos o diferentes. En el ejemplo ilustrado, el estrechamiento mencionado arriba de cada bolsa (982 y 1084) también ocurre a lo largo del eje longitudinal A, con cada bolsa (982 y 1084) estando lo más profundamente en la contigüidad del agujero de entrada (432) o agujero de salida (1034).

(0042) La Figura 11 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un conjunto de objetivo (1100) en el cual el objetivo (200) puede ser incluido, y la Figura 12 es una vista transversal del conjunto de objetivo (110). El conjunto de objetivo (1100) puede ser utilizado en un sistema de producción de radionucleidos, tal y como se ilustra mediante ejemplo en la Figura 1, o en otros sistemas de producción de radionucleidos configurados de diferente forma. El conjunto de objetivo (1100) generalmente incluye la sección de objetivo frontal (204) y la sección de objetivo medio (206) como se describe arriba. Adicionalmente, el conjunto de objetivo (1100) en este ejemplo incluye una sección de objetivo posterior (1121). La sección de objetivo posterior (1121) puede incluir una cámara (1223) (Figura 12) que sirve como parte del pleno de salida para llevarse el refrigerante de salida calentado del cuerpo de objetivo (202). La sección de objetivo posterior (1121) puede incluir también agujeros que comunican con los respectivos empalmes de entrada del refrigerante (1125) y empalmes de salida de refrigerante (1127). En el presente ejemplo, los empalmes de entrada de refrigerante (1125) se comunican con el pleno de entrada (208) y los empalmes de salida de refrigerante (1127) se comunican con la cámara (1223) del pleno de salida. El conjunto de objetivo (1100) puede incluir también una guía de haz (1130) para direccionar un haz de partícula desde una fuente de haz de partícula (por ejemplo, la fuente de haz de partícula (140) mostrada en la Figura 1) a la ventana de objetivo (218) (Figura 12).

(0043) Como se muestra también en la Figura 12, varios componentes adyacentes del conjunto de objetivo (1100) puede ser sellado fluidamente por elementos de sellado (por ejemplo, juntas tóricas, juntas, etc.) incorporadas en surcos o canales formados en o sobre semejantes componentes. En particular, la disposición de la ventana de objetivo (218) interpuesta entre el cuerpo de objetivo (202) y la sección de objetivo frontal (204) puede ser sellada por un elemento de sellado incorporado en un canal (1241) formado en el lado frontal del cuerpo de objetivo (204). Generalmente, la ventana de objetivo (218) puede tener cualquier figura y tamaño plano, siempre que el diámetro exterior (u otra dimensión relevante, más generalmente el perímetro) de la ventana de objetivo (218) sea lo suficientemente grande para que la ventana de objetivo (218) cubra la abertura de la cavidad de objetivo (420). En la práctica, el perímetro exterior de la ventana de objetivo (218) es lo suficientemente grande para acomodar el uso de un medio de sellado fluido, como el elemento/canal (1241 y/o 1243) de sellado ilustrado. La Figura 12 ilustra un ejemplo no limitante en el cual el área de la ventana de objetivo (218) es coextensiva con aquella del lado frontal del cuerpo de objetivo (202).

(0044) Continuando con la Figura 11, la localización de los agujeros periféricos (656) en relación con la cavidad de objetivo (420), así como con otros componentes del objetivo (200) y el conjunto de objetivo asociado (1100), optimiza la habilidad del refrigerante que circula a través del objetivo (200) para retirar el calor del objetivo (200). Los agujeros periféricos (656) rodean de forma cercana la cavidad de objetivo (420) y abarcan la mayoría de la profundidad axial de la cavidad de objetivo (420) para maximizar la cantidad de la transferencia de calor desde allí. Respecto al eje lateral que pasa a través de la cavidad de objetivo (420), los agujeros periféricos (656) están dispuestos alrededor de un perímetro con una distancia radial no mucho mayor que la extensión radial de la cavidad de objetivo (420). Esta disposición de los agujeros periféricos (656) puede estar caracterizada en relación con la ventana de objetivo (218) y el elemento/canal de sellado asociado (1241 y/o 1243). Se puede ver que el perímetro de los agujeros periféricos (656) es menor que el perímetro exterior de la ventana de objetivo (218). Expuesto de otro modo, el área que ocupa la disposición de los agujeros periféricos (656) están dentro del área de la ventana de objetivo (218). Adicionalmente o alternativamente, el perímetro de los agujeros periféricos (656) es menor que el perímetro de los elementos/canales de sellado (1241 y 1243). Esta disposición de los agujeros periféricos (656) está facilitada mediante la provisión de los agujeros de salida radiales (244) que permiten que los agujeros periféricos (656) pasen cerca de la cavidad de objetivo (420) y cerca de la ventana de objetivo (218). Adicionalmente, los agujeros de salida radiales (244) maximizan la retirada de calor de la ventana de objetivo (218).

y de la región del cuerpo de objetivo (202) próxima a la ventana de objetivo (218).

(0045) Las ventajas que conllevan las presentes enseñanzas pueden ser ilustradas además mediante la comparación de las Figuras 13 y 14. La Figura 13 es una vista en perspectiva desarrollada del objetivo (200), un elemento de sellado (1351), y la ventana de objetivo (218). Los agujeros periféricos (656) (Figura 12) pueden estar situados dentro del perímetro del canal (1241) en el cual el elemento de sellado (1351) está alojado, así como dentro del perímetro de la ventana de objetivo (218). El refrigerante de los agujeros periféricos (656) se conduce fuera por los agujeros de salida radiales (244), posibilitando que los agujeros periféricos (656) estén inmediatamente adyacentes a la cavidad de objetivo (420). La Figura 13 también muestra una sección transversal circular alternativa para la cavidad de objetivo (240). Al contrario, la Figura 14 es una vista en perspectiva desarrollada de un diseño convencional de un objetivo (1400) y de su elemento de sellado asociado (1451) y ventana de objetivo (1418). En la Figura 14, el elemento de sellado (1451) está alojado en un hueco (1441) formado en el cuerpo de objetivo y la ventana de objetivo (1418) está montada en otro hueco (1445) concéntricamente rodeando al hueco del elemento de sellado (1441). Este objetivo convencional (1440) tiene una distribución radial de agujeros axiales (1456) para conducir el refrigerante desde el lado posterior al lado frontal del objetivo (1400). Estos agujeros axiales (1456), sin embargo, tienen que ser dispuestos lejos de la cavidad de objetivo (1440) para evitar la ventana de objetivo (1418) y el elemento de sellado (1451). De este modo, los agujeros axiales (1456) están localizados fuera del perímetro tanto del hueco de elemento de sellado (1441) como de la ventana de objetivo (1418).

(0046) En general, los términos tales como “comunicar” y “en... comunicación con” (por ejemplo, un primer componente “comunica con” o “está en comunicación con” un segundo componente) están usados aquí para indicar una relación estructural, funcional, mecánica, eléctrica, de señal, óptica, magnética, electromagnética, iónica o fluidica entre dos o más componentes o elementos. Como tal, el hecho de que se diga que un componente comunica con un segundo componente no pretende excluir la posibilidad de que componentes adicionales puedan estar presentes entre, y/o operativamente asociados o vinculados con el primer y segundo componentes.

(0047) Además, la descripción anterior tiene sólo el propósito de ilustración, y no tiene el propósito de limitar la invención que es definida por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1ª.- Un objetivo de haz de partícula (102, 200), que comprende:

5 un cuerpo de objetivo (202) que incluye un lado frontal (102), un lado posterior (116), una pared exterior lateral (210) que se extiende desde el lado frontal hasta el lado posterior;
 y
 una multitud de surcos paralelos (344) formados en el lado posterior (116), cada surco incluyendo un primer extremo de surco (652), y un segundo extremo de surco (654) y pasando a lo largo de una
 10 dirección transversal desde el primer extremo de surco (652) hasta el segundo extremo de surco (654), la dirección transversal siendo ortogonal respecto a un eje lateral (A);
 caracterizado por
 una cavidad de objetivo (420) dispuesta en el cuerpo de objetivo (202), la cavidad de objetivo (420) incluyendo una pared interior posterior (726), una pared interior lateral (422), y una sección transversal limitada por la pared interior lateral (422), la pared interior posterior (726) espaciada del lado posterior (116) respecto a dicho eje lateral (A), y la pared interior lateral (422) extendiéndose desde la pared interior posterior (726) hacia el lado frontal (102) a lo largo de la dirección del eje lateral (A);
 15 una multitud de agujeros periféricos (656, 658) que se extienden a través del cuerpo de objetivo (202) desde la multitud de surcos (344) hacia el lado frontal (102), los agujeros periféricos (656, 658) estando dispuestos para circunscribir la sección transversal de la cavidad de objetivo (420) en la proximidad de la pared interior lateral (422), en la cual cada surco (344) comunica fluidamente con, al menos, un agujero periférico (656) en el primer extremo de surco (652) y, al menos, otro agujero periférico (658) en el segundo extremo de surco (654); y
 20 una multitud de agujeros de salida radiales (224) que se extienden en respectivas direcciones radiales respecto al eje lateral (A) desde la multitud de agujeros periféricos (656, 658) hasta la pared exterior lateral (210), cada agujero de salida radial (224) comunicándose fluidamente con, al menos, uno de los agujeros periféricos (656, 658),
 25 en el cual el cuerpo de objetivo (202) define una multitud de recorridos de flujo de refrigerante líquido (904, 906, 912, 914, 916), cada recorrido de flujo de refrigerante líquido pasando desde un respectivo surco (344) hasta, al menos, uno de los primeros extremos de surco (652) y de los segundos extremos de surco (654) del surco (344), a través de al menos un agujero periférico (656, 658), a través de al menos un agujero de salida radial (224) y hacia la pared exterior lateral (210).

35 2ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de la reivindicación 1ª, que comprende además un agujero de entrada de material de objetivo (432, 1034) que se extiende a través del cuerpo de objetivo (202) y en comunicación fluida con la cavidad de objetivo (420).

40 3ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de la reivindicación 2ª, en el cual la cavidad de objetivo (420) tiene una bolsa de entrada (982, 1084) formada en la pared interior lateral (422) y circunscribiendo el agujero de entrada de material de objetivo (432, 1034).

45 4ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de la reivindicación 3ª, en el cual la bolsa de entrada (982, 1084) tiene una dimensión lateral que se prolonga en una dirección hacia el lado frontal y una anchura transversal respecto a la dimensión lateral, y la anchura disminuye a lo largo de la dimensión lateral en una dirección fuera del correspondiente agujero de entrada (432, 1034).

50 5ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de la reivindicación 3ª, en el cual la bolsa de entrada (982, 1084) tiene una dimensión lateral que se prolonga en una dirección generalmente hacia el lado frontal y una anchura transversal respecto a la dimensión lateral, y la dimensión lateral es alargada respecto a la anchura.

55 6ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el cual al menos uno de la multitud de surcos (344) se comunica fluidamente con más de un agujero periférico (656, 658) en el primer extremo de surco (652) y más de otro agujero periférico (656, 658) y el segundo extremo de surco (654), y el número de surcos (344) es menor de la mitad del número de agujeros periféricos (656, 658).

7ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el cual al menos uno de la multitud de agujeros de salida radiales (224) se comunican fluidamente con más de un agujero periférico (656, 658), y el número de agujeros de salida radiales (224) es menor que el número de agujeros periféricos (656, 658).

60 8ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el cual el área de flujo transversal de cada agujero periférico (656, 658) es menor que el área de flujo transversal de cada agujero de salida radial (224).

65 9ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el cual la multitud de agujeros de salida radiales (224) están localizados más cerca del lado frontal que del lado posterior.

10ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el cual la cavidad de objetivo (420) tiene una profundidad a lo largo del eje lateral (A), y la multitud de los agujeros periféricos (656, 658)

se extienden desde la multitud de surcos (344) a lo largo de al menos una mayoría de la profundidad.

11ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el cual la multitud de agujeros periféricos (656, 658) se extienden en una dirección paralela a la pared interior lateral (422).

12ª.- El objetivo de haz de partícula (102, 200) de cualquier de las reivindicaciones 1-11, que comprende además un cuerpo de entrada de refrigerante (206) que es adyacente con el lado posterior y que cubre la multitud de agujeros periféricos (656, 658), el cuerpo de entrada de refrigerante (206) incluye una ranura alargada (342) que comunica fluidamente con cada uno de los surcos (344), en el cual el cuerpo de entrada de refrigerante (206) define un recorrido de flujo de entrada de refrigerante líquido (276) que se prolonga a través de la ranura alargada (342) y dentro de cada uno de los surcos (344) de modo que el recorrido de flujo de entrada de refrigerante líquido (276) se ramifica en cada uno de los recorridos de flujo de refrigerante líquido, y cada recorrido de flujo de refrigerante líquido está dividido en un primer recorrido de flujo de refrigerante líquido (904) que se prolonga hasta el primer extremo de surco (652) y un segundo recorrido de flujo de refrigerante líquido (906) se prolonga hasta el segundo extremo de surco (654).

13ª.- Un método para refrigerar un objetivo de haz de partícula (102, 200), incluyendo el objetivo de haz de partícula (102, 200) una cavidad de objetivo (420) para contener un material de objetivo y capaz de recibir un haz de partícula (114) para producir radionucleidos a partir del material de objetivo, comprendiendo el método:

el flujo de un refrigerante a un lado posterior del objetivo de haz de partícula (102, 200), estando el lado posterior opuesto a un lado frontal del objetivo (102, 200) en el cual el haz de partícula (114) es recibido; la división del refrigerante en una multitud de flujos de entrada de refrigerante en una correspondiente multitud de surcos (344) dispuestos en el lado posterior, los surcos (344) prolongándose en una dirección transversal;

en cada surco (344), dividiendo el flujo de entrada de refrigerante en un primer recorrido de flujo de refrigerante transversal (904) dirigido a lo largo de la dirección transversal hacia un primer extremo de surco (652) y un segundo recorrido de flujo de refrigerante transversal (906) dirigido a lo largo de una dirección transversal opuesta hacia un segundo extremo de surco (654);

en cada surco (344), derivando el refrigerante en el primer recorrido de flujo de refrigerante transversal (904) hacia un agujero periférico (656) y derivando el segundo recorrido de flujo de refrigerante transversal (906) hacia otro agujero periférico (658), cada agujero periférico (656, 658) siendo parte de una multitud de agujeros periféricos (656, 658) que se prolongan desde el respectivo primer o segundo extremo de surco (652, 654) hacia el lado frontal, y la multitud de los agujeros periféricos (656, 658) circunscriben la cavidad de objetivo (420), en tanto que el refrigerante fluye desde cada primer recorrido de flujo de refrigerante transversal (904) y segundo recorrido de flujo de refrigerante transversal (906) hacia un correspondiente recorrido de flujo de refrigerante lateral (912, 914) dirigido a lo largo de una dirección lateral generalmente ortogonal respecto a la dirección transversal;

la derivación del refrigerante en la multitud de agujeros periféricos (656, 658) en una multitud de agujeros de salida radiales (224) situados en un extremo de los agujeros periféricos (656, 658) opuestos a la multitud de los primeros extremos de surco (652) y de los segundos extremos de surco (654), en tanto que el refrigerante fluye desde cada recorrido de flujo de refrigerante lateral (912, 914) en uno o una multitud de recorridos de flujo de refrigerante radiales (916) que se prolongan a través de los respectivos agujeros de salida radiales (224) a lo largo de una dirección radial generalmente ortogonal a la dirección lateral y conducidos fuera de la cavidad de objetivo (420); y

mientras que fluye el refrigerante a través de la multitud del primer recorrido de flujo de refrigerante transversal (904), el segundo recorrido de flujo de refrigerante transversal (906), los recorridos de flujo de refrigerante radiales (916), retirando el calor del material de objetivo contenido en la cavidad de objetivo (420).

14ª.- El método de la reivindicación 13ª, en el cual en, al menos, una de las multitudes de surcos (344), el primer extremo de surco (652) y el segundo extremo de surco (654), cada uno, se comunica fluidamente con más de un agujero periférico (656, 658), y en el que, para al menos un surco (344), la divergencia del refrigerante desde el primer extremo de surco (652) y el segundo extremo de surco (654) incluye la separación del refrigerante en cada agujero periférico (656,658) que comunica con el primer extremo de surco (652) y el segundo extremo de surco (654).

15ª.- El método de la reivindicación 13ª ó 14ª, en el que al menos dos de los agujeros periféricos (656, 658) comunican ambos fluidamente con el mismo agujero de salida radial (224), y en el que al menos dos agujeros periféricos (656, 658), la divergencia del refrigerante desde los agujeros periféricos (656, 658) incluye la combinación del refrigerante dentro del mismo agujero de salida radial (224).

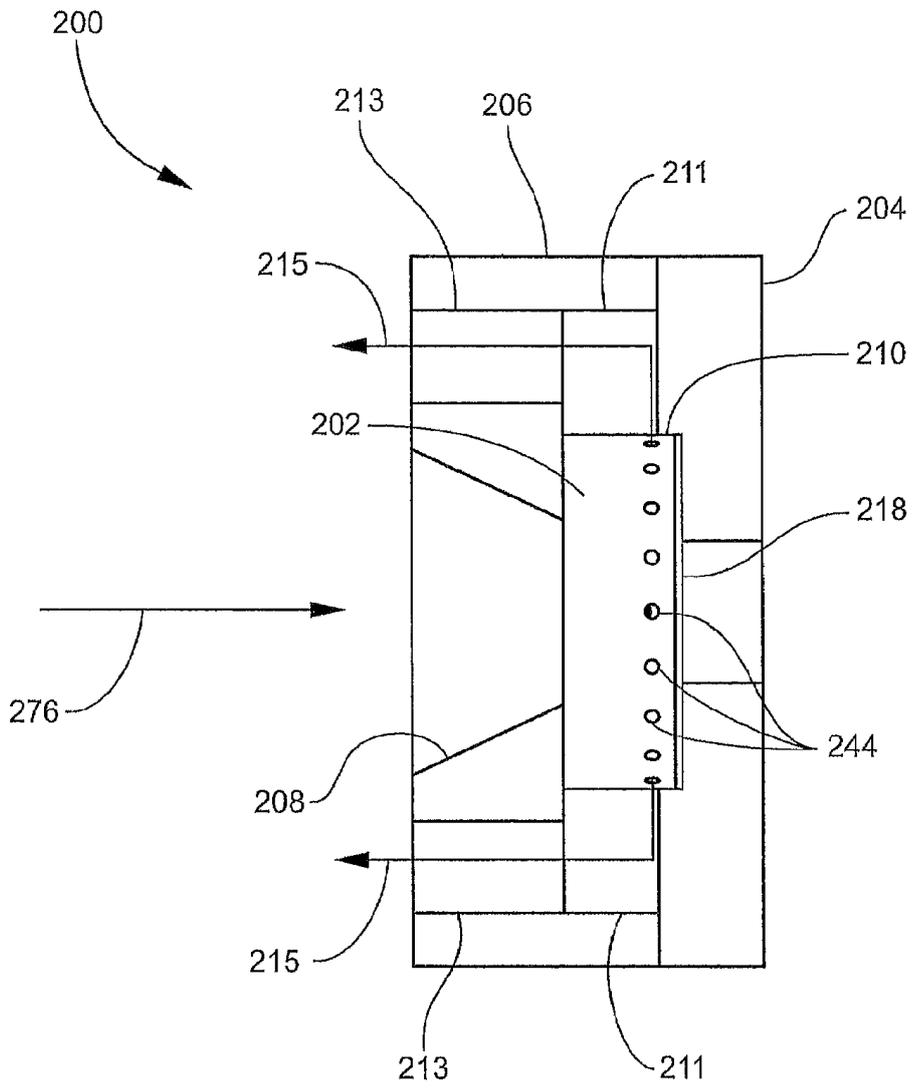


Fig. 2

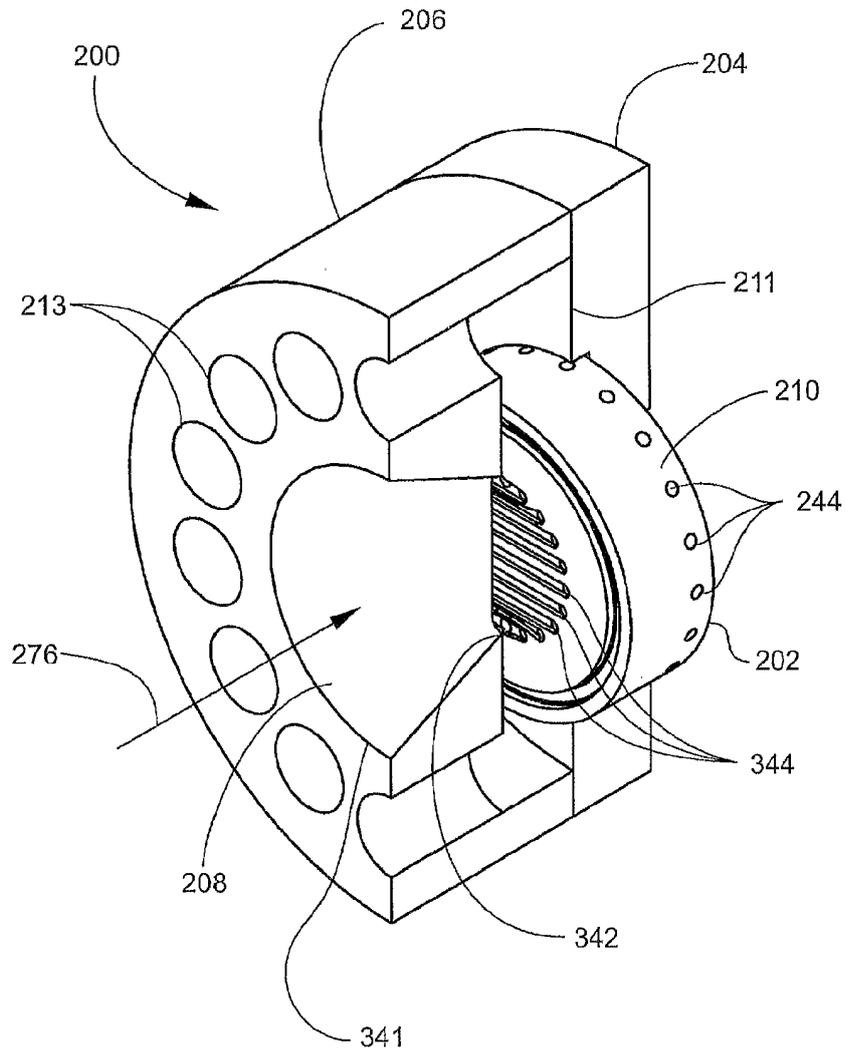


Fig. 3

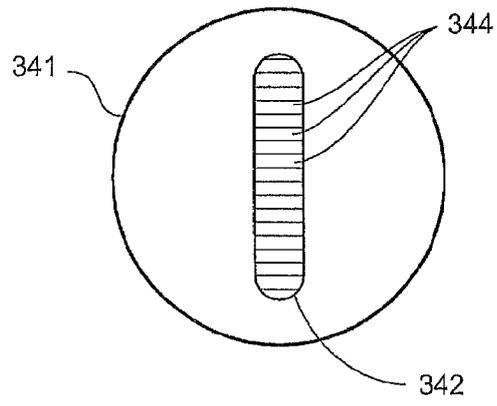


Fig. 3A

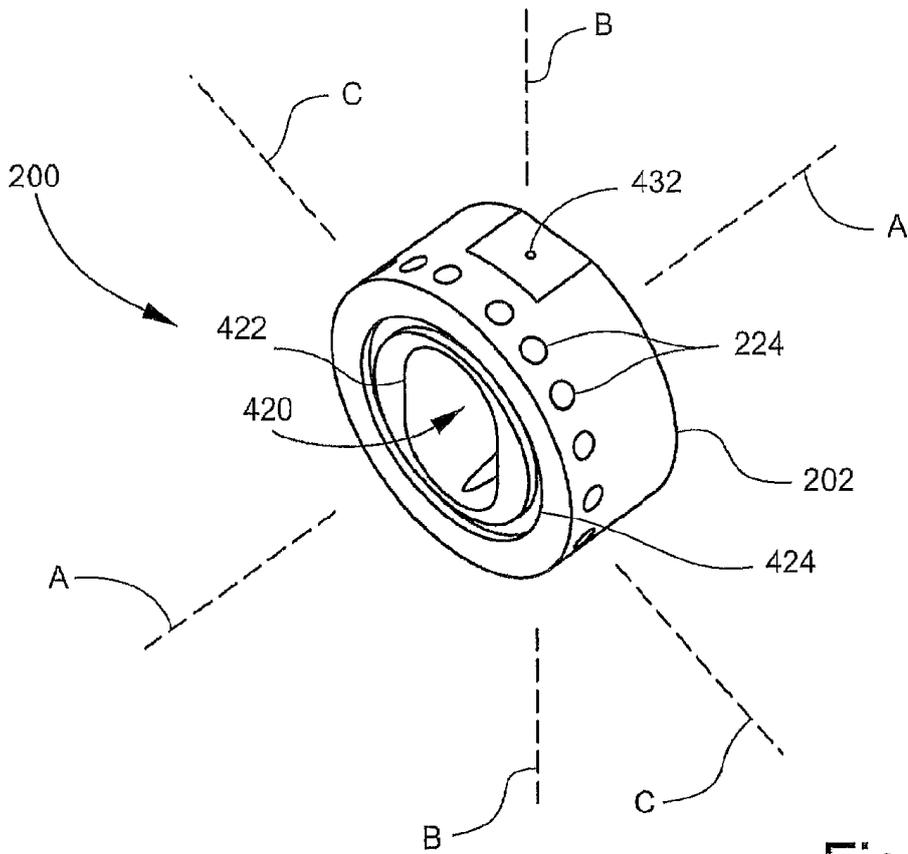


Fig. 4

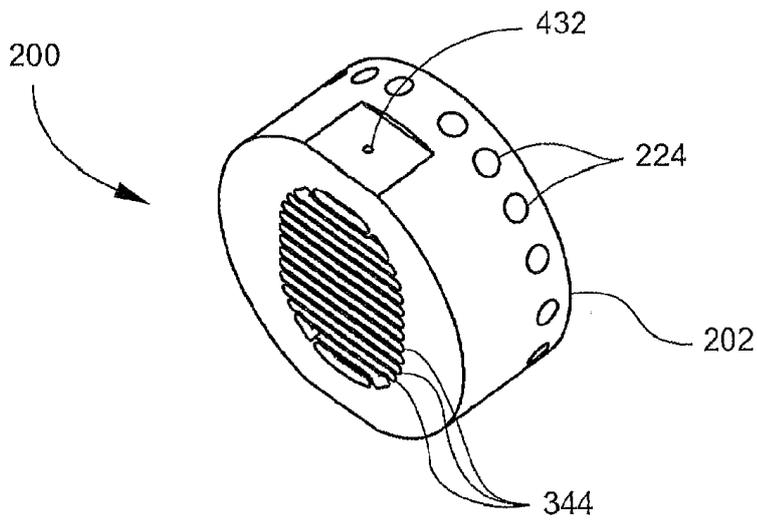


Fig. 5

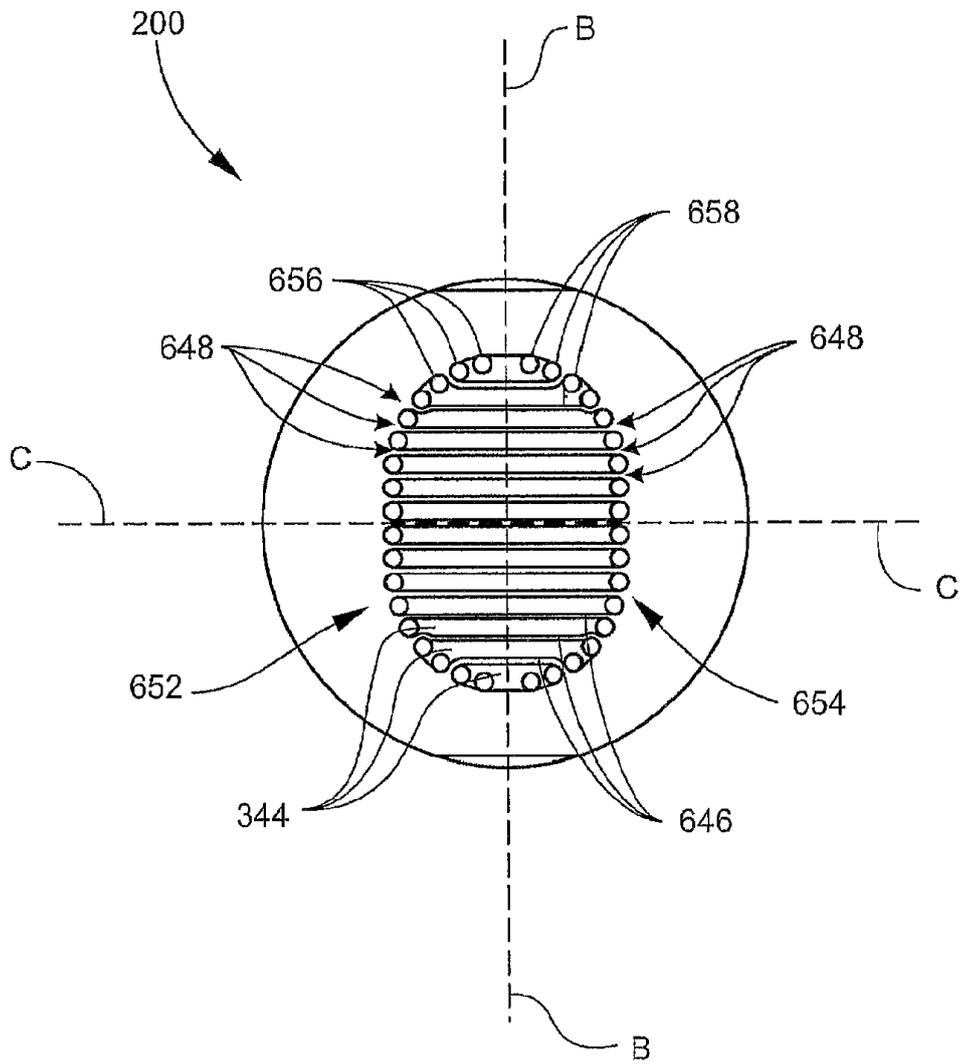


Fig. 6

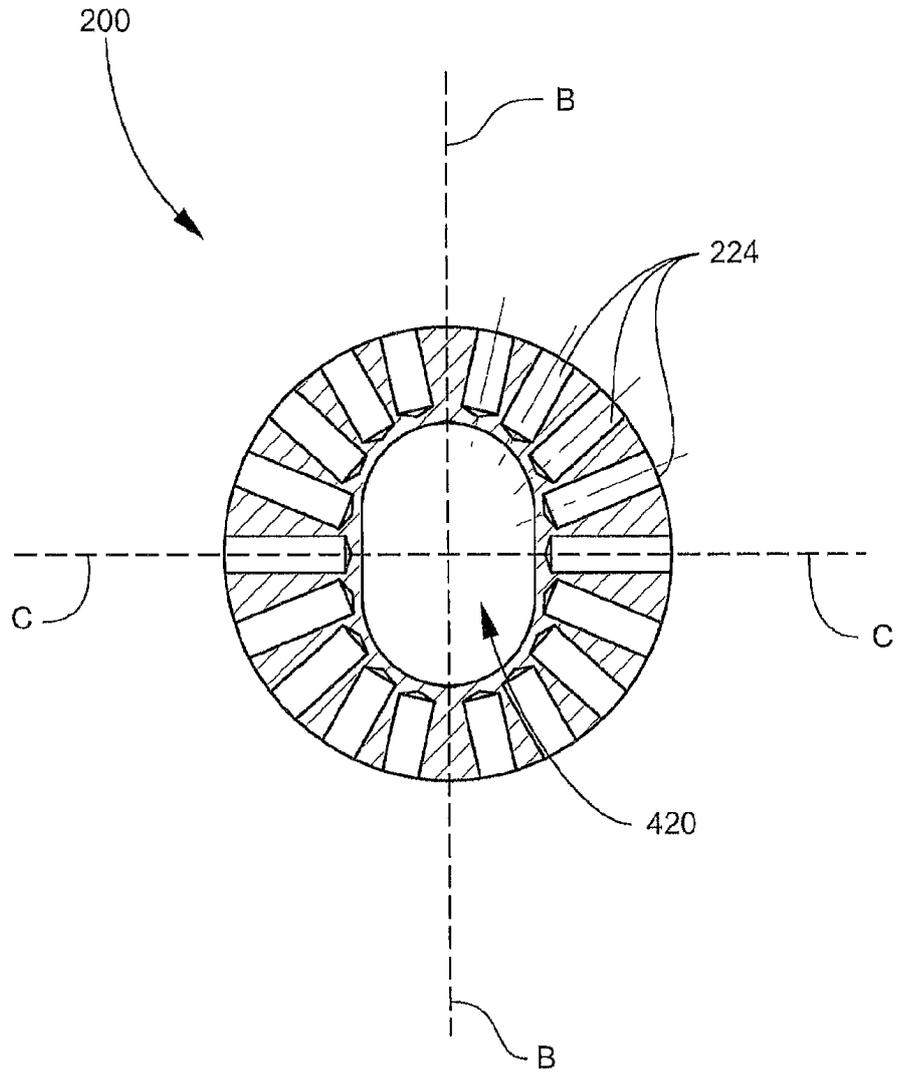


Fig. 8

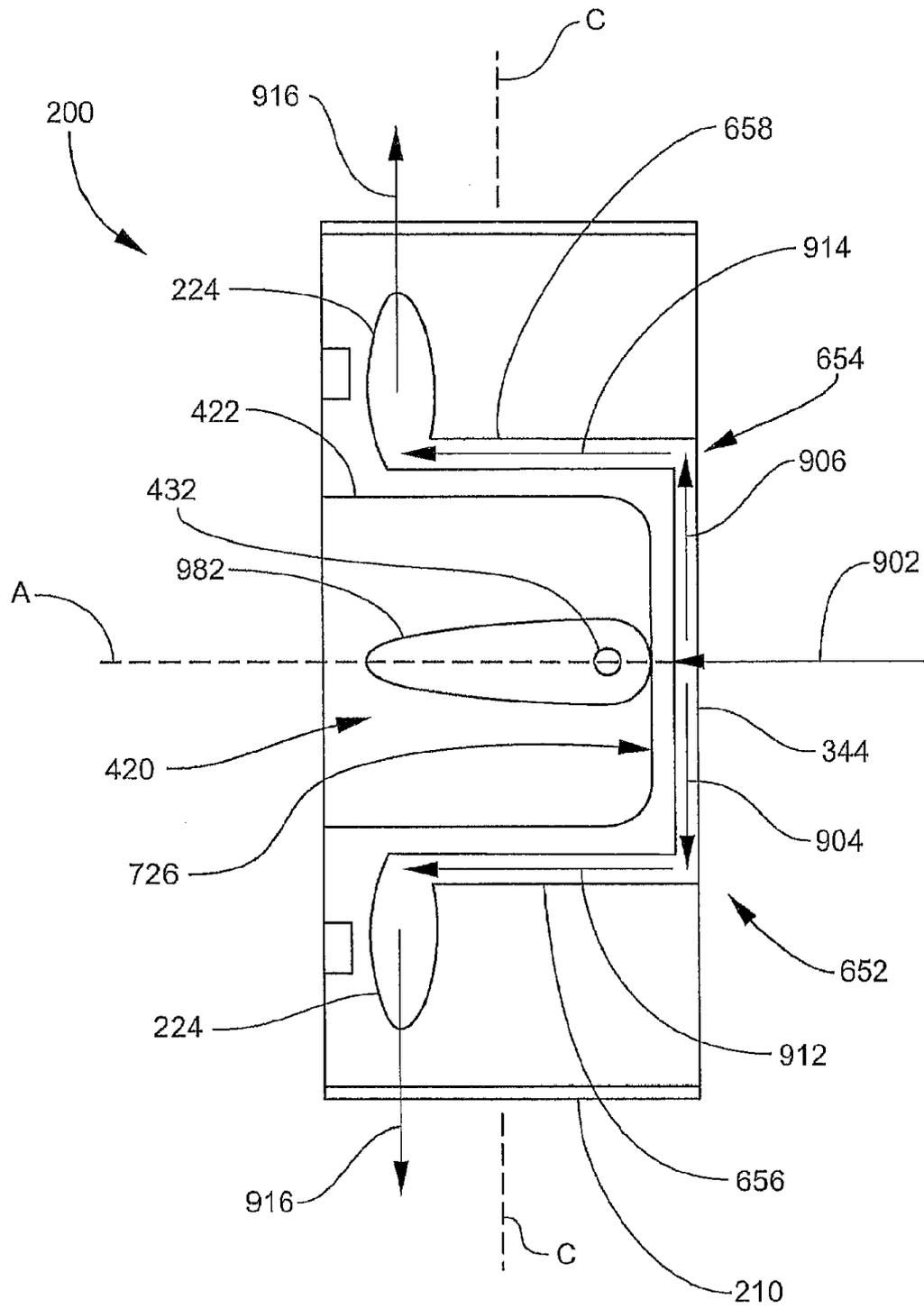


Fig. 9

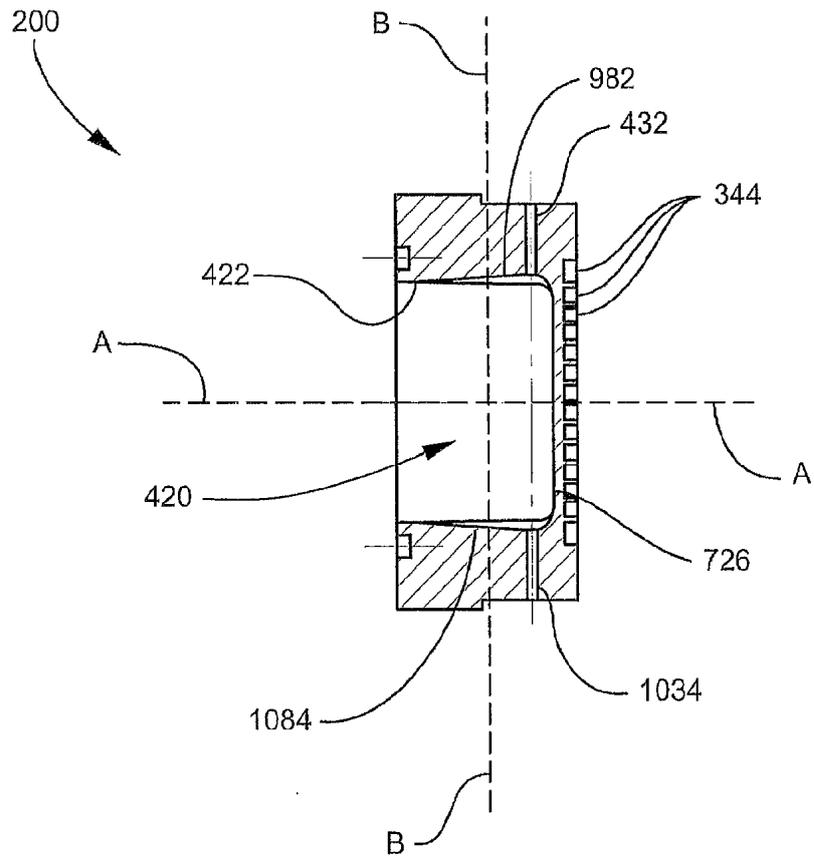
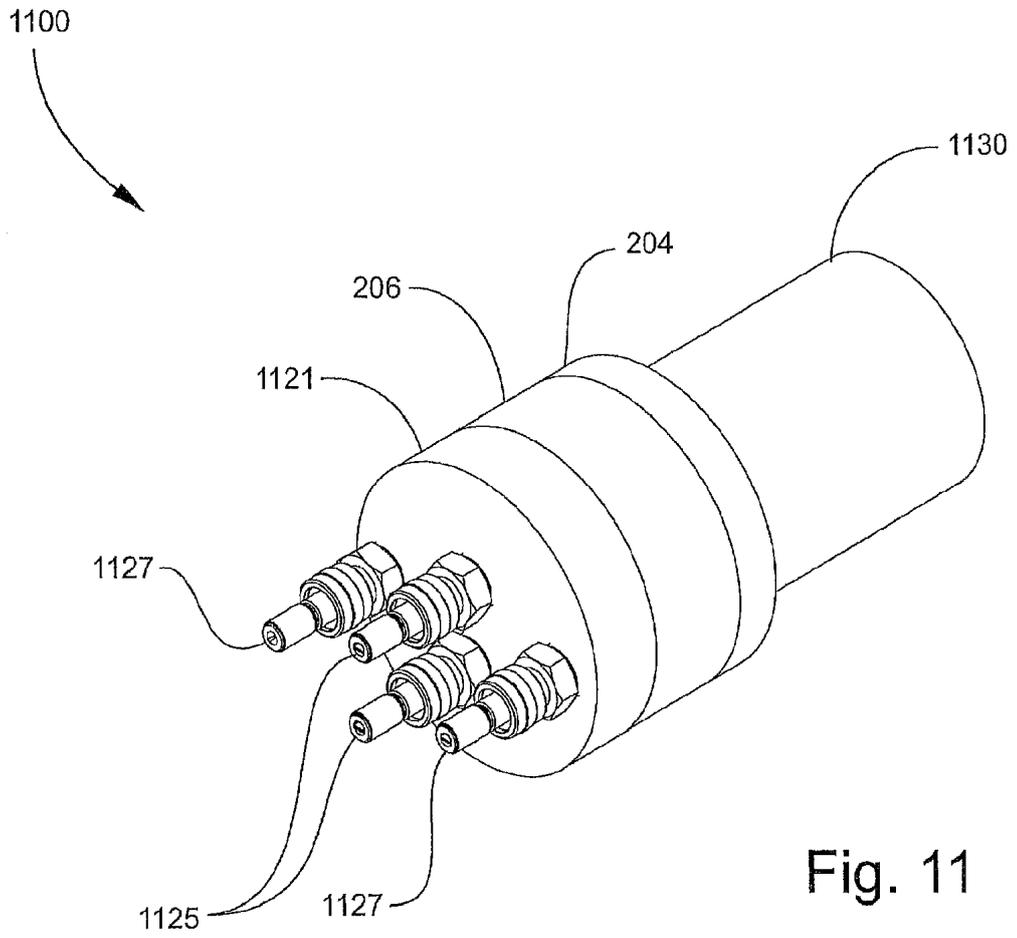


Fig. 10



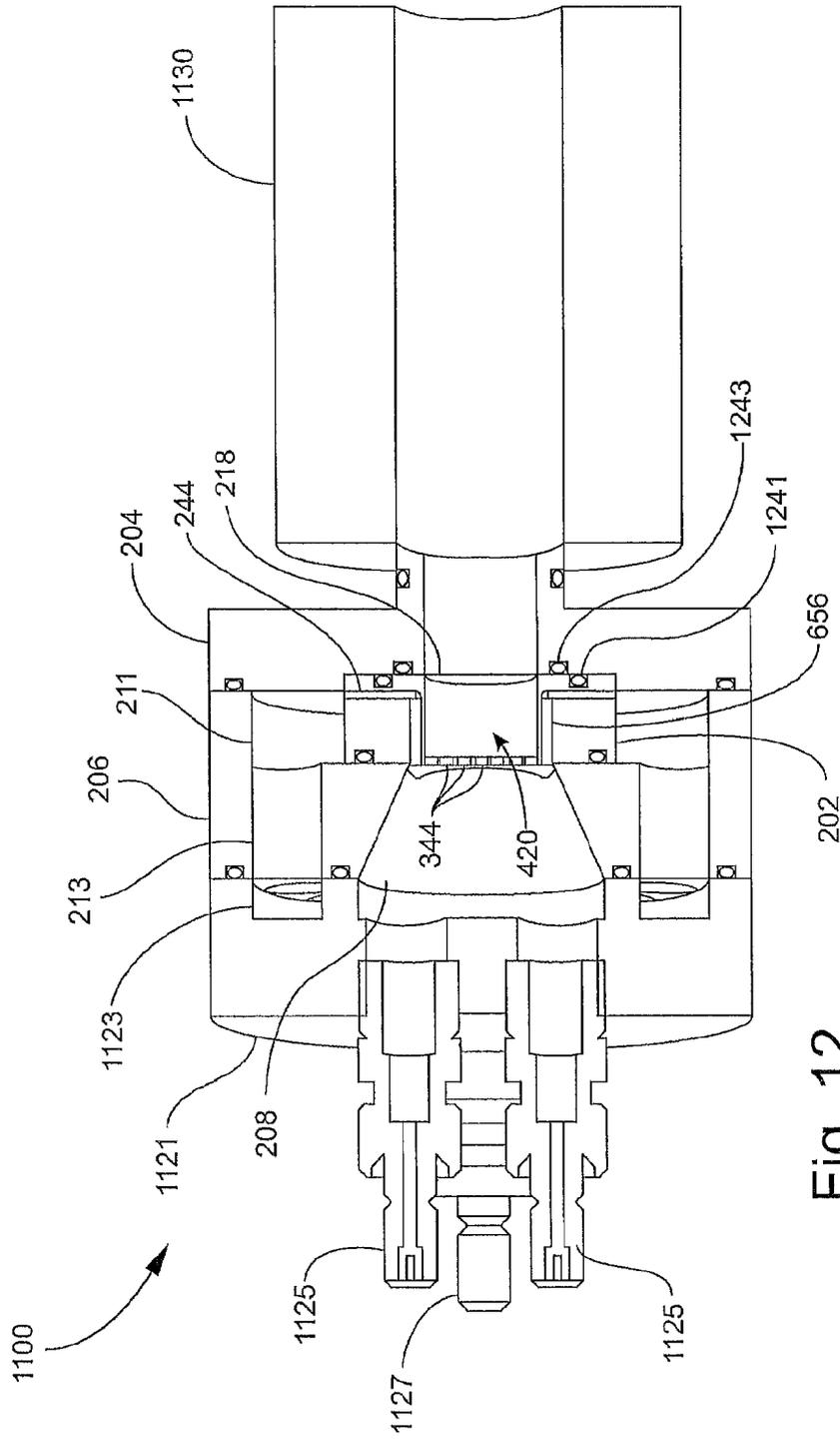


Fig. 12

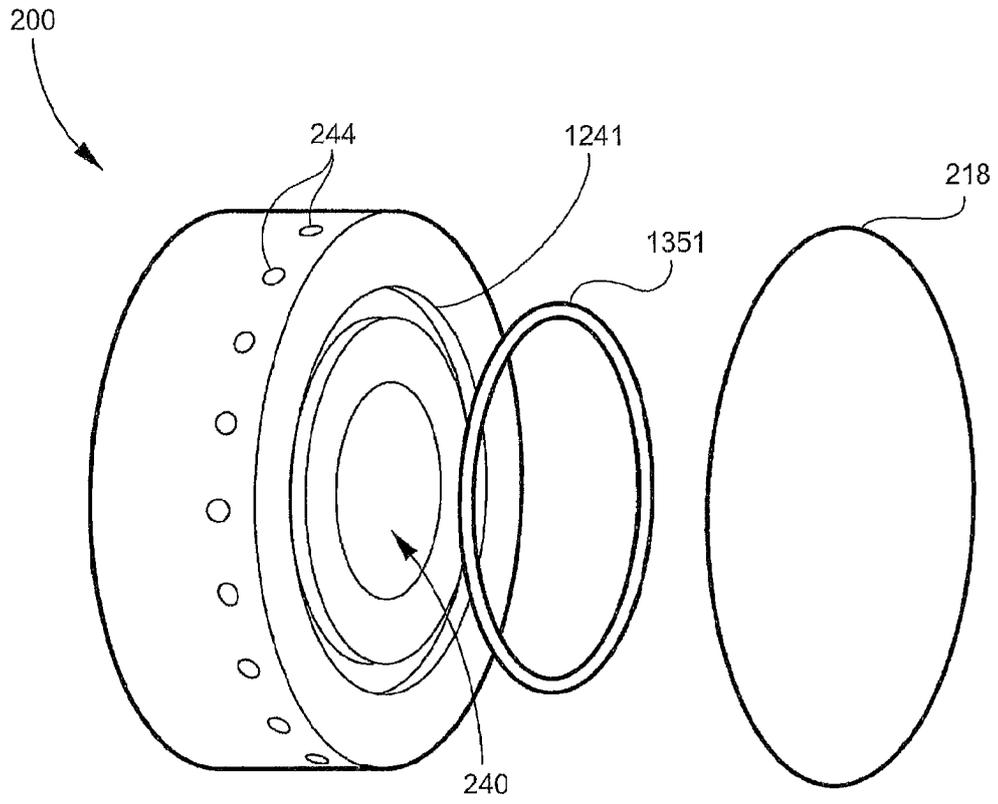


Fig. 13

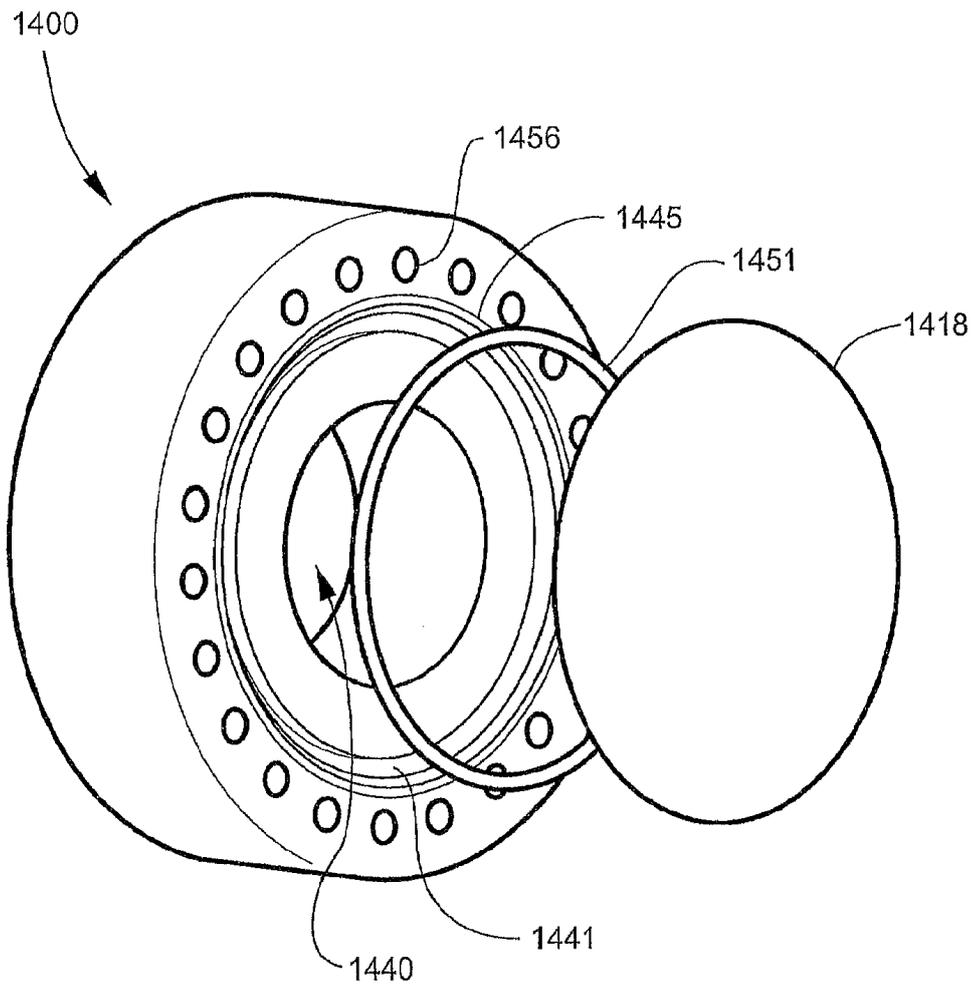


Fig. 14
(Técnica anterior)