

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 349**

51 Int. Cl.:

**H01F 6/02** (2006.01)

**H01F 6/04** (2006.01)

**A61N 5/10** (2006.01)

**F17C 13/00** (2006.01)

**H05H 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2012 E 12158274 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2637181**

54 Título: **Criostatos con varias orientaciones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.07.2018**

73 Titular/es:

**TESLA ENGINEERING LIMITED (100.0%)**  
**Water Lane, Storrington**  
**West Sussex RH20 3EA , GB**

72 Inventor/es:

**LEIGH, BENJAMIN DAVID y**  
**NAKATSU, MASAYUKI**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

**ES 2 675 349 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**

Criostatos con varias orientaciones

5 [0001] Esta invención se refiere a criostatos de varias orientaciones, y dispositivos de imán superconductores incluyendo tales criostatos, al igual que un aparato de equipo médico que incluye tales criostatos.

10 [0002] Normalmente los imanes superconductores tienen que mantenerse a una "temperatura baja" para mantener sus propiedades de superconductividad. Los criostatos se proporcionan para mantener imanes superconductores a temperaturas de superconductividad.

15 [0003] Un criostato comprende un recipiente destinado a contener un líquido criogénico para actuar como refrigerante. Se proporcionarán sistemas de refrigeración para enfriar el líquido criogénico y/o enfriar el líquido de sustitución llevado para alimentar al criostato.

20 [0004] Los imanes superconductores tienen típicamente riesgo de enfriamiento. Los imanes superconductores tienen normalmente mucha energía almacenada en sus campos magnéticos (por ejemplo 1MJ y más). No obstante, debido a la capacidad térmica muy baja de materiales cercana al cero absoluto, un desajuste de energía ínfimo (1mJ o menos) puede conducir a parte de la bobina por encima de temperatura de transición de superconductividad local al estado resistente normal. Si el desajuste excede un umbral de estabilidad se propagará a través de los devanados hasta que algunos o todos se hagan resistentes. Inevitablemente la energía magnética almacenada se convertirá rápidamente en calor en los devanados resistentes. El calor lleva a que el líquido criogénico se evapore rápidamente, que se convierte en gas, y se expande significativamente al calentarse (por ejemplo 700:1 para un helio líquido a 4.2K se expande para convertirse en gas a temperatura ambiente y presión atmosférica).

25 [0005] Esta terminación no deseable y anormal de la operación de superconductividad del imán cuando la bobina o parte de la bobina vuelve al estado resistente normal, es conocido como un temple.

30 [0006] El temple es costoso y poco deseable. El riesgo de temple se puede minimizar con un buen diseño y buenas prácticas pero sin embargo se tienen que diseñar imanes superconductores que sobrevivan al temple, incluyendo la prevención de sobrepresión del recipiente del criostato que lleva el líquido refrigerante criogénico.

35 [0007] Esto se consigue por la provisión de un conducto de temple que proporciona un camino por el que se puede expandir y calentar rápidamente el fluido criogénico de calentamiento, y más particularmente el gas criogénico pueda escapar del recipiente.

40 [0008] Los conductos de temple tienen que tener una perforación relativamente amplia para permitir que el gas en expansión producido por un temple salga de forma segura del recipiente del criostato.

45 [0009] Por otro lado, un tubo de relleno o tubo de salida de aire normal que se proporciona en un criostato para funcionamiento normal del imán tendrá generalmente un área seccional transversal mucho más pequeña. Esto es así porque no existe la necesidad de proveer dicho tubo con un orificio grande y un orificio grande generalmente no es deseable, puesto que tenderá a aumentar la fuga de calor en el criostato. Así, en una disposición de imán superconductor habrá típicamente un conducto de temple que es diferente de cualquier tubo de relleno.

50 Además, el conducto de temple será diferente de cualquier tubo de salida de aire, o como mínimo habrá un final de salida diferente para cualquier tubo de salida de aire presente que el conducto de temple. Para expresarlo de otra manera, un conducto de temple es diferente identificablemente de un tubo de relleno o un tubo de salida de aire normal.

55 [0010] Debido a que el conducto de temple tiene que tener un orificio relativamente amplio, esto puede generar un problema en cuanto a que está siendo una vía de fuga de calor en el criostato y puede causar un calentamiento no deseable del líquido criogénico.

60 [0011] En circunstancias normales este problema potencial se mitiga asegurando que el conducto de temple se extienda verticalmente o casi verticalmente hacia afuera desde el recipiente del criostato durante el funcionamiento del imán. Esto crea una inversión de temperatura en el conducto de temple que suprime la convección.

[0012] Así, un conducto de temple convencional tiene una parte de anticonvección que funcionará cuando esté orientada correctamente y en uso, en virtud de la inversión de temperatura. Esto es importante porque de lo contrario las corrientes de convección tenderán a transferir calor al criostato.

65 [0013] Esta disposición puede funcionar bien en un dispositivo magnético de superconductividad normal.

[0014] No obstante, hay circunstancias en que es necesario usar un dispositivo magnético superconductor, y por lo tanto el criostato, en diferentes orientaciones.

5 Típicamente, en tales casos, el dispositivo magnético superconductor se colocará de tal manera que se puede mover con respecto a una base del equipo donde está instalado de manera que la orientación del imán superconductor, y por lo tanto criostato, cambia cuando se mueve el dispositivo magnético superconductor. El equipo puede ser aparato de equipo médico. Un ejemplo de tal máquina es un ciclotrón montado sobre pórtico usado para proporcionar terapia de tratamiento de protones. En dicho aparato el ciclotrón (incluyendo el dispositivo magnético superconductor) se mueve en un arco de aproximadamente 180 grados alrededor de un paciente y en consecuencia la orientación del dispositivo magnético superconductor y criostato cambia en 180  
10 grados entre un extremo de este arco y el otro. Esto significa, por ejemplo, que si el conducto de temple está orientado verticalmente o casi verticalmente en el punto medio de este arco, se orientará horizontalmente o casi horizontalmente en ambas posiciones del extremo del arco.

15 [0015] Cuando el conducto de temple ya no está en orientación vertical o casi vertical, se puede establecer una célula de convección puesto que ya no existe inversión de temperatura (con respecto a la gravedad). Por tanto, el calor tenderá a bombearse desde el extremo caliente del conducto de temple (es decir, el extremo de salida) y el extremo frío (es decir, el extremo de la entrada). Tal situación se ilustra en la figura 2 que se describe con más detalle más adelante. Cuando surge esto puede causar una fuga no deseada de calor en el criostato que puede arriesgar causar una evaporación excesiva del líquido criogénico que a su vez podría conducir potencialmente a un temple.  
20

[0016] Alternativa o adicionalmente, cuando un conducto de temple se puede retirar de la vertical, esto puede conducir a costes aumentados en términos de proporcionar más refrigeración para el líquido criogénico y/o un sistema de refrigeración estimado más alto y más complicado.  
25

[0017] La presente invención se dirige a abordar al menos algunos de estos problemas.

[0018] El documento US 4,633,125 describe un criostato ventilado giratorio en 360 grados. Se proporcionan muchos tubos de salida de aire que se envuelven alrededor del recipiente. En diferentes orientaciones diferentes  
30 tubos se rellenan de líquido mientras otros hacen de salida de aire.

[0019] Según un primer aspecto de la presente invención se proporciona un criostato de varias orientaciones para un imán superconductor para el uso en una pluralidad de orientaciones, según la reivindicación 1.

35 [0020] Esta disposición permite la provisión de un conducto de temple que puede funcionar eficazmente con el criostato en muchas orientaciones mientras proporciona buen rendimiento aislante para minimizar el requisito de enfriamiento para el líquido criogénico llevado.

[0021] Se puede proporcionar un disco de ruptura en o hacia un extremo del conducto de temple remoto del recipiente.  
40

[0022] El conducto de temple puede ser diferente de cualquier tubo de relleno y puede ser diferente de cualquier tubo de salida de aire o al menos el conducto de temple puede tener una salida separada de la salida de tubo de salida de aire.  
45

Los tubos de salida de aire y de relleno tendrán típicamente una sección transversal menor que el conducto de temple puesto que los tubos de salida de aire y de relleno no tienen que manejar un volumen grande de gas que se expande rápidamente, que se producirá durante el temple del imán enfriado.

[0023] El conducto de temple puede comprender más de dos partes de anti-convección.  
50

[0024] La orientación de al menos una de las partes de anti-convección se puede separar en al menos 90 grados de la orientación de al menos otra de las partes de anti-convección. Puede haber al menos tres partes de anti-convección en la secuencia a lo largo de la trayectoria del flujo a través del conducto de temple en la orientación de una primera de las partes de anti-convección separadas en al menos 90 grados de la orientación de una segunda de las partes de anti-convección y la orientación de una tercera de las partes de anti-convección está separada en al menos 90 grados de la orientación de la segunda de las partes de anti-convección. Cada una de las partes de anti-convección puede extenderse en el mismo plano que las otras partes de anti-convección o en planos paralelos.  
55

[0025] El plano o planos paralelos pueden tener el eje de rotación como una normal.  
60

[0026] Una primera parte del conducto de temple puede actuar como una parte de anti-convección cuando el criostato está en la primera orientación y una segunda parte del conducto de temple puede actuar como una parte de anti-convección cuando el criostato está en la segunda orientación.  
65

[0027] Puede haber al menos 180 grados, de rotación entre la primera orientación y la segunda orientación.

5 [0028] El conducto de temple puede tener tres partes de anti-convección con una primera parte del conducto de temple que actúa como una parte de anti-convección cuando el criostato está en la primera orientación, una segunda parte del conducto de temple que actúa como una parte de anti-convección cuando el criostato está en la segunda orientación, y una tercera parte del conducto de temple que actúa como una parte de anti-convección cuando el criostato está en una orientación entre la primera orientación y la segunda orientación.

10 [0029] El conducto de temple puede incluir una parte de plegado continuo, tal como una parte plegada en u, o una parte en bucle, o una parte de plegado de espiral, donde la parte de plegado continuo puede girar a través de al menos 90 grados, preferiblemente del orden de al menos 180 grados y posiblemente 360 grados. Las partes seleccionadas de la parte de plegado continuo pueden actuar como partes de anti-convección cuando el criostato está en orientaciones seleccionadas correspondientes.

15 [0030] Cuando está en una posición operativa, cada parte de anti-convección se extenderá hacia arriba con un extremo inferior y un extremo superior con el extremo inferior, en términos de una trayectoria de flujo a través del conducto de temple desde el recipiente, más cerca del recipiente que el extremo superior.

20 [0031] El conducto de temple puede estar dispuesto de manera que cuando el criostato de varias orientaciones está en cualquiera de la primera orientación, la segunda orientación y las orientaciones entre la primera orientación y la segunda orientación, el conducto de temple proporciona una parte de tubo que se extiende hacia arriba con un extremo inferior y un extremo superior, con el extremo inferior, en términos de una trayectoria de flujo a través del conducto de temple desde el recipiente, más cerca del recipiente que el extremo superior, para actuar como una parte de anti-convección.

25 [0032] El criostato puede comprender un único conducto de temple.

[0033] El criostato de varias orientaciones puede ser un criostato giratorio.

30 [0034] Según un segundo aspecto de la presente invención se proporciona una disposición magnética superconductora que comprende un imán superconductor y criostato de varias orientaciones tal como se ha definido anteriormente.

35 [0035] Según un tercer aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de equipo médico que comprende un dispositivo magnético superconductor tal como se ha definido anteriormente, montado para el movimiento relativo con respecto a una base del aparato de equipo médico entre una primera posición donde el criostato está en dicha primera orientación y una segunda posición donde el criostato está en dicha segunda orientación.

40 [0036] Según un cuarto aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de equipo médico según la reivindicación 12.

45 [0037] El conducto de temple puede comprender una pluralidad de partes de anti-convección, donde cada una funciona como una parte de anti-convección cuando el criostato está en una orientación correspondiente respectiva.

[0038] Según otro aspecto de la invención se proporciona un método de funcionamiento de un criostato, según la reivindicación 13.

50 [0039] Las características opcionales definidas anteriormente después de cada aspecto de la invención no se repiten todas siguiendo cada aspecto de la invención en interés de la brevedad. No obstante, se debe entender que cualquier característica opcional de cualquiera de los aspectos de la invención mencionados anteriormente también pueden ser características opcionales de cualquier otro de los aspectos con cambios en la redacción como sean necesarios.

55 [0040] Se describirán ahora formas de realización de la presente invención únicamente a título de ejemplo, con referencia a las figuras anexas en las que:

60 La Figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de equipo médico que incluye una disposición magnética superconductora con un criostato giratorio;

La Figura 2 muestra un criostato de un tipo que se puede usar en el aparato de la figura 1 y teniendo un conducto de temple convencional;

65 Las Figuras 3A a 3C muestran un primer criostato giratorio que concreta la invención que se puede usar en el aparato mostrado en la figura 1, con el criostato mostrado en una primera orientación en la figura 3A, una segunda orientación en la figura 3B, y una orientación intermedia en la figura 3C.

Las Figuras 4A a 4C muestran un segundo criostato giratorio que concreta la invención que se puede usar en el aparato mostrado en la figura 1, con el criostato mostrado en una primera orientación en la figura 4A, una segunda orientación en la figura 4B, y una orientación intermedia en la figura 4C.

5

Las Figuras 5A a 5C muestran un tercer criostato giratorio que concreta la invención que se puede usar en el aparato mostrado en la figura 1, con el criostato mostrado en una primera orientación en la figura 5A, una segunda orientación en la figura 5B, y una orientación intermedia en la figura 5C.

10

Las Figuras 6A a 6C muestran un cuarto criostato giratorio que concreta la invención que se puede usar en el aparato mostrado en la figura 1, con el criostato mostrado en una primera orientación en la figura 6A, una segunda orientación en la figura 6B, y una orientación intermedia en la figura 6C.

15

[0041] La Figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de equipo médico que puede, por ejemplo, ser un ciclotrón montado sobre pórtico para usar en el tratamiento de terapia de protones o más generalmente aparato de radioterapia (terapia de radiación). El aparato comprende una base 1 que sostiene una disposición magnética superconductora 2 para el movimiento alrededor de un eje 3. La disposición magnética superconductora 2 se puede mover entre una primera posición mostrada en líneas discontinuas y marcada 2' en la figura 1, y una segunda posición también mostrada en líneas discontinuas y marcada 2" en la figura 1 por rotación alrededor del eje 3. Se apreciará que cuando la disposición magnética superconductora 2 está en la primera posición 2' tiene una orientación diferente en relación a la base 1 (así como con relación al medio ambiente y en particular con respecto a gravedad) que cuando la disposición magnética superconductora está en la segunda posición 2". Se puede considerar que la disposición magnética superconductora 2 tiene una primera orientación cuando está en la primera posición 2', y una segunda orientación cuando está en la segunda posición 2". Además, la disposición magnética superconductora 2 tendrá una gama de orientaciones intermedias cuando la disposición magnética superconductora 2 está entre estas dos posiciones.

20

25

[0042] El dispositivo de imán superconductor 2 comprende un imán superconductor 4 y un criostato 5 para mantener el líquido criogénico 4 a temperaturas de superconductividad. El criostato 5 comprende un recipiente 6 y conducto de temple 7. El recipiente 6 hace la función de mantener el líquido criogénico, y tal y como se menciona en la introducción, el conducto de temple 7 se proporciona para permitir escape de fluido criogénico y en particular expandiendo rápidamente gas criogénico en caso de que el imán 4 experimente un temple. El interior del conducto de temple 7 está en comunicación fluida con el recipiente 6. El final del conducto de temple 7 donde este encuentra el recipiente 6, está abierto. Así, el conducto de temple tenderá a llenarse de gas criogénico en funcionamiento normal. Una disposición alternativa de la que no es afectada la presente invención consiste en proporcionar un disco de sellado o de ruptura en el extremo inferior del conducto de temple y evacuar el conducto de temple. En la práctica es difícil y costoso de conseguir y las presente técnicas evitan la necesidad de alcanzarlo.

30

35

40

[0043] Como es típico, pero no se muestra en los dibujos, el criostato 5 también comprende un tubo de relleno y un tubo de salida de aire para permitir relleno normal del criostato con líquido criogénico y ventilación normal del recipiente 6.

45

[0044] Como se ha mencionado anteriormente en la introducción, un conducto de temple 7 tiene típicamente una sección transversal relativamente grande para permitir el escape de gas durante el temple del imán 4. Así, por ejemplo, el conducto de temple 7 puede ser un tubo de un diámetro relativamente grande. Esto es verdad en la presente forma de realización.

50

[0045] El extremo de salida del tubo está cubierto con un disco de ruptura (no mostrado en la figura 1) que se diseña para la rotura a una sobrepresión establecida. Así, en circunstancias normales el disco de ruptura permanecerá intacto y solo se romperá si el conducto de temple 7 necesita proporcionar su funcionamiento de permitir una evacuación rápida de gas del recipiente 6 que típicamente se debería a haber ocurrido un temple.

55

[0046] El conducto de temple 7 se muestra solo de forma muy esquemática en la figura 1 y más detalles de configuraciones posibles del conducto de temple 7 se describirán más adelante con referencia a las figuras restantes.

60

[0047] La Figura 2 muestra un criostato convencional 5 con un líquido criogénico de soporte de soporte del recipiente 61 y conducto de temple convencional 7. El conducto de temple 7 es un tubo recto. Cuando este tipo de conducto de temple 7 se usa en un dispositivo de imán superconductor estático, no deberían ocurrir problemas particulares. El conducto de temple 7 estaría dispuesto verticalmente o casi verticalmente proporcionando una inversión de temperatura en el conducto de temple de manera que el conducto de temple 7 actúa como una parte de anti-convección. El gas criogénico evaporado del líquido criogénico 61 llenará el conducto de temple 7 pero el gas permanecerá esencialmente estático debido a la inversión de temperatura.

65

[0048] Si se usa un criostato 5 de este tipo en un aparato del tipo mostrado en la figura 1 entonces en una o al

menos algunas de las orientaciones descritas en relación a la figura 1 el conducto de temple 7 se comportará de la forma deseada. No obstante, esto no ocurrirá en otras orientaciones. Por tanto, por ejemplo, si el criostato 5 está orientado de modo que el conducto de temple 7 está en vertical o casi vertical cuando el dispositivo de imán superconductor 2 está en la posición intermedia como se muestra en líneas continuas en la figura 1, entonces cuando el dispositivo de imán superconductor 2 se mueve a bien la primera posición 2' o la segunda posición 2" mostrada en líneas discontinuas, el conducto de temple 7 se pondrá casi en horizontal.

Tal orientación se muestra en la figura 2 donde la dirección de la gravedad g se indica con una flecha. En esta orientación se fija una célula de convección sobre que tenderá a permitir filtración de calor en el recipiente 6, aumentando la evaporación como se ha descrito anteriormente.

[0049] Las Figuras 3A a 3C a través de las figuras 6A a 6C muestran criostatos alternativos 5 que están dispuestos como criostatos de varias orientaciones o giratorios para alivio de este problema. Cada uno de estos criostatos 5 mostrados en las Figuras 3A a 3C a través de las figuras 6A a 6C son de un tipo que se puede usar en el aparato mostrado en la figura 1.

[0050] Además, en cada caso, el criostato 5 se muestra en tres orientaciones diferentes.

En cada caso, la Figura XA muestra el criostato en una orientación que corresponde al dispositivo de imán superconductor 2 en la primera posición 2' mostrada en la figura 1, mientras que la figura XB muestra el criostato 5 en una orientación que corresponde al dispositivo de imán superconductor 2 en la segunda posición 2" mostrada en la figura 1, y la figura XC muestra el criostato 5 en una orientación que corresponde al dispositivo de imán superconductor 2 en la posición intermedia mostrada con líneas continuas en la figura 1.

[0051] En cada caso el recipiente 6 en uso contiene líquido criogénico 61, y un extremo de la entrada 72 del conducto de temple 7 se encuentra con y está abierto hacia este recipiente 6. Por otro lado, el otro extremo del conducto de temple 7 deben proceder al exterior del dispositivo de imán 2 para permitir escape de gas criogénico generado durante el temple del imán 4 en caso de que esto ocurriera. Este otro extremo de salida está cubierto de un disco de ruptura 73 y en todas las circunstancias normales habrá gas criogénico presente en el conducto de temple 7. Las partes del conducto de temple más cerca del recipiente 6 estarán a una temperatura inferior que las partes más lejos del recipiente 6. En consecuencia, el gas más cerca del disco de ruptura 73 estará más caliente que el que está más cerca del recipiente 6.

[0052] Si se pasa ahora a considerar los criostatos 5 individualmente, las figuras 3A a 3C muestran un primer criostato giratorio 5 que concreta la invención y es adecuado para el uso en el aparato de la figura 1. El criostato 5 incluye un conducto de temple 7 sinuoso (o serpentino) que se dispone para proporcionar partes 71 de anti-convección cuando el criostato 5 está en la primera orientación como se muestra en la figuras 3A que corresponde con la primera posición 2' del dispositivo de imán 2 en la figura 1, y cuando está en una segunda orientación como se muestra en figura 3B, que corresponde con el dispositivo de imán 2 en la segunda posición 2", mostrado en la figura 1, al igual que en una tercera orientación como se muestra en figura 3C que corresponde al dispositivo de imán 2 en la posición intermedia, mostrado con líneas continuas en la figura 1.

[0053] En cada caso la parte de anti-convección 71 es una parte del conducto de temple 7 en la que existirá una inversión de temperatura durante el uso en una orientación correspondiente.

[0054] En la presente forma de realización el conducto de temple 7 incluye una parte de bucle 74 de 360 grados, que como se ha visto por la referencia 3A, 3B y 3C, proporciona una parte de anti-convección 71 para usar en cada una de las orientaciones operativas ilustradas del criostato 5. Además, será notado que en orientaciones intermedias entre las orientaciones mostradas en las figuras 3A, 3B y 3C, otras partes de la parte del bucle 74 de 360 grados actuarán como partes de anti-convección. Se proporciona una parte de anti-convección para cada orientación operativa del criostato 5. En cada caso, la parte de anti-convección es una parte del conducto de temple 7 que está orientada hacia arriba y puede ser vertical o sustancialmente vertical y que tiene un extremo inferior 71a que está más cerca (en términos de la trayectoria de flujo desde el recipiente a través del conducto de temple 7) del recipiente 6 que su extremo superior 71b. Esta configuración da lugar a la inversión de temperatura deseada en el uso. Hay que notar que cada parte de anti-convección 71 es una parte de tubería de conducto. Está abierta y libre de impedimentos para que el fluido fluya. Esto es así de modo que puede proporcionar su función como parte del conducto de temple cuando sea necesario.

[0055] La provisión de una parte en bucle, por ejemplo, la parte en bucle 74 de 360 grados en el conducto de temple 7, es deseable porque significa que cuando el criostato 6 se mueve desde la primera orientación mostrada en la figura 3A a la segunda orientación mostrada en la figura 3B a través de la orientación intermedia mostrada en la figura 3C la parte de anti-convección 71 eficaz se mueve fácilmente alrededor de la parte de bucle 74. Esto ayuda a proporcionar un efecto de anti-convección más continuo que si la parte de anti-convección eficaz salta de ubicación en ubicación, debido a que en tal caso se necesitará más tiempo para que el flujo se establezca, puesto que la inversión de temperatura tiene efecto en cualquier orientación dada.

[0056] El criostato mostrado en las Figuras 3A a 3C proporciona buen funcionamiento en orientaciones de más o menos 110 grados desde una posición central como se muestra en la figura 3C.

[0057] Las figuras 4A a 4C muestran un criostato similar 5 al mostrado en las Figuras 3A a 3C. No obstante, aquí la parte de bucle 74 se sustituye por una parte de espiral 75. Nuevamente se proporcionan partes de anti-convección 71 por el conducto de temple 7 para cada una de las tres orientaciones diferentes mostradas.

Además, existen partes de anti-convección diferentes para orientaciones intermedias entre aquellas mostradas en las Figuras 4A a 4C. Se tendrá en cuenta que en la forma de realización de las figuras 3A a 3C la parte de bucle 74 se proporciona cerca de o en paralelo a un plano que tiene el eje de rotación 3 como normal.

Por otro lado, la parte plegada en espiral 75 del dispositivo de la figura 4A a 4C está aproximadamente en perpendicular a este plano.

[0058] Las figuras 5A a 5C muestran una tercera forma de realización del criostato 5 de la presente invención. En este caso, el conducto de temple 7 incluye una parte plegada en u 76 en lugar de la parte de bucle 74 del conducto de temple de las figuras 3A a 3C. Nuevamente, este plegado en u 76 se proporciona en gran medida en un plano que tiene como una normal 2 el eje de rotación. El conducto de temple 7 proporciona nuevamente partes de anti-convección 71 que pueden funcionar en diferentes orientaciones del criostato 5 mostradas en las Figuras 5A, 5B y 5C. Nuevamente existen partes de anti-convección para orientaciones entre estas orientaciones.

[0059] Se puede notar que en cada una de las formas de realización mostradas en las Figuras 3A a 3C, 4A a 4C y 5A a 5C la parte de entrada 72 del conducto de temple 7 actúa como una parte de anti-convección para al menos una orientación. Esto es deseable y puede ser de hecho típico pero no esencial.

[0060] Las figuras 6A a 6C muestran un cuarto criostato 5 que realiza la presente invención. Nuevamente hay un recipiente 6 (mostrado solo de forma muy esquemática y en líneas discontinuas en los dibujos) y que se aleja de este conducto de temple 7. No obstante, aquí el conducto de temple 7 es incluso más complicado o más sinuoso que en las formas de realización descritas anteriormente. Este conducto de temple 7 incluye muchas vueltas 77 y secciones rectas 78 entremedias. En la presente forma de realización cada vuelta 77 tiene forma de una U plegada. Nuevamente el conducto de temple 7 se proporciona principalmente en un plano que tiene como una normal el eje de rotación 2. Aquí se proporciona nuevamente una parte de anticonvección 71 para cada una de las orientaciones mostradas en las Figuras 6A, 6B y 6C y también existen partes de anticonvección para orientaciones intermedias. En la presente forma de realización puede haber de hecho una pluralidad de partes de anticonvección 71 que pueden funcionar en cualquier orientación.

[0061] Debe observarse que tener la parte de anti-convección 71 en cualquiera de estas formas de realización completamente vertical es ideal, pero no es esencial. Suponiendo que la parte es angulosa hacia arriba, al menos se conseguirá algún efecto y este mejorará cuando está casi en vertical.

[0062] Hay que notar que la dirección de la gravedad en relación al criostato 5 se muestra con una g marcada con una flecha en cada una de las figuras. Esto corresponde a la sección marcada como una parte de anticonvección 71 en el dibujo respectivo.

[0063] Es de notar que el conducto de temple 7 está hecho en cada caso de un tubo de diámetro relativamente grande y es deseable que cada parte de anticonvección sea tan larga como sea posible en relación al diámetro del tubo. En algunos casos, no obstante, se puede conseguir al menos rendimiento razonable si la longitud de la parte de anti-convección es al menos igual a o excede el diámetro del tubo.

[0064] Es de notar también que la parte de la entrada 72 del conducto de temple 7 se localiza hacia una parte superior del recipiente 6 cuando el criostato 5 está en una orientación que está a mitad del camino entre sus extremos operativos, es decir, equivalente a la posición mostrada en las Figuras XC de arriba. Esto puede ayudar a asegurar que el conducto de temple permanezca libre de líquido en todas las orientaciones operativas.

[0065] En el exterior del imán 4 mismo, el conducto de temple 7 puede tener un diámetro del orden de 100 mm. Dentro del dispositivo de imán 5 mismo el conducto de temple puede tener un diámetro menor. Idealmente este es para una longitud relativamente corta del conducto de temple.

[0066] Se puede notar que el conducto de temple 7 mostrado en las Figuras 6A a 6D proporcionaría una resistencia de flujo relativamente alta en comparación con las disposiciones mostradas en las figuras 3<sup>a</sup> a 3C a las figuras 5<sup>a</sup> a 5C.

[0067] La configuración exacta del conducto de temple 7 que será aceptable en una disposición de imán de superconductividad particular depende de la construcción de esta disposición como conjunto. Por tanto, una disposición tal como aquella mostrada en las figuras 6A a 6C solo puede servir donde el criostato 5 sirve para contener un volumen relativamente pequeño de líquido criogénico y el índice potencial de ebullición debido a que el temple del imán es relativamente bajo.

[0068] Es de notar que se proporcionará una salida de aire típica para el manejo de ebullición normal antes que

la ebullición creada por un temple con una válvula de no retorno que en general no permitirá una salida de gas lo suficientemente rápida como para hacer frente a un temple.

- 5 [0069] Es de notar que mientras que lo anterior se refiere a criostatos que se pueden usar en orientaciones diferentes que son accesibles entre sí por una transformación rotacional y por lo tanto el criostato se puede describir como un criostato giratorio, esto no implica que el criostato debe ser giratorio en 360 grados o giratorio de forma continua ni de hecho que debería ser necesario o ser instalado para rotación. Más bien nosotros estamos definiendo como están las orientaciones una respecto a la otra.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Criostato de varias orientaciones (5) para un imán superconductor (4) para usar en una pluralidad de orientaciones, donde el criostato comprende un recipiente (6) que contiene líquido criogénico (61) y, un conducto de temple (7) que se aleja del recipiente (6), para permitir el escape del recipiente (6) del gas generado por ebullición del líquido criogénico debido al temple del imán (4), donde el conducto de temple (7) es sinuoso para proporcionar al menos dos partes de anti-convección (71) orientadas de forma diferente, donde cada parte sirve para funcionar como una parte de anticonvección (71) con el criostato en una orientación correspondiente respectiva, donde el criostato de varias orientaciones (5) está dispuesto para el uso en la primera orientación y una segunda orientación accesible desde la primera orientación por una transformación rotacional, y dispuesto para usar en orientaciones entre la primera orientación y la segunda orientación accesible por ejecución de parte de dicha transformación rotacional desde la primera orientación, habiendo allí al menos 135 grados de rotación entre la primera orientación y la segunda orientación, y donde el conducto de temple (7) tiene una parte de entrada (72) que permanece sobre el nivel del líquido criogénico (61) contenido en el recipiente durante el funcionamiento normal, que comprende cuando el criostato (5) está en la primera orientación, la segunda orientación y orientaciones entre la primera y la segunda orientación.
- 20 2. Criostato de varias orientaciones según la reivindicación 1 donde el conducto de temple (7) comprende más de dos partes de anticonvección (71).
- 25 3. Criostato de varias orientaciones según la reivindicación 1 o reivindicación 2 donde la orientación de al menos una de las partes de anticonvección (71) está separada en al menos 90 grados de la orientación de al menos otra de las partes de anticonvección (71).
- 30 4. Criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde una primera parte del conducto de temple (7) sirve para actuar como una parte de anticonvección (71) cuando el criostato está en la primera orientación y una segunda parte del conducto de temple (7) sirve para actuar como una parte de anticonvección (71) cuando el criostato está en la segunda orientación.
- 35 5. Criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el conducto de temple (7) incluye una parte de plegado continuo (74, 75, 76), tal como una parte plegada en U, o una parte en bucle, o una parte de plegado de espiral.
- 40 6. Criostato de varias orientaciones según la reivindicación 5 donde la parte de plegado continuo (74, 75, 76) gira en al menos 90 grados, preferiblemente en el orden de al menos 180 grados.
- 45 7. Criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el criostato (5) comprende un único conducto de temple (7).
- 50 8. Criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde se proporciona un disco de ruptura (73) en o hacia el extremo del conducto de temple remoto del recipiente.
- 55 9. Criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el conducto de temple está dispuesto para extenderse hacia el exterior del imán, y una parte del conducto de temple que se extiende en el exterior del imán tiene un diámetro mayor que una parte dentro del imán.
- 60 10. Dispositivo de imán superconductor (2) que comprende un imán superconductor (4) y criostato de varias orientaciones (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 65 11. Aparato médico que comprende un dispositivo de imán superconductor (2) según la reivindicación 10 montado para moverse con respecto a una base (1) del aparato médico entre una primera posición donde el criostato está en dicha primera orientación y una segunda posición donde el criostato está en dicha segunda orientación.
12. Aparato médico que comprende un dispositivo de imán superconductor (2) montado para moverse con respecto a una base (1) del aparato médico entre una primera posición y una segunda posición, donde el dispositivo de imán superconductor comprende un imán superconductor (4) y un criostato (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el criostato (5) está en la primera orientación cuando el dispositivo de imán (2) está en la primera posición y el criostato (5) está en la segunda orientación cuando el dispositivo de imán (2) está en la segunda posición y donde, el conducto de temple (7) tiene una primera parte y una segunda parte que están orientadas de forma diferente entre sí de manera que:
- Cuando el criostato (5) está en la primera orientación, la primera parte se extiende hacia arriba en relación a la base del aparato y tiene un extremo inferior y un extremo superior, donde el extremo inferior en términos de una

trayectoria de flujo a través del conducto de temple desde el recipiente, está más cerca del recipiente que el extremo superior; y cuando el criostato (5) está en la segunda orientación, la segunda parte se extiende hacia arriba en relación a la base del aparato y tiene un extremo inferior y un extremo superior donde el extremo inferior en términos de una trayectoria de flujo a través del conducto de temple desde el recipiente, está más cerca del recipiente que el extremo superior.

5

13. Método de uso de un criostato de varias orientaciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 que comprende el paso de asegurar que la parte de entrada del conducto de temple permanezca sobre el nivel del líquido criogénico contenido en el recipiente.

10

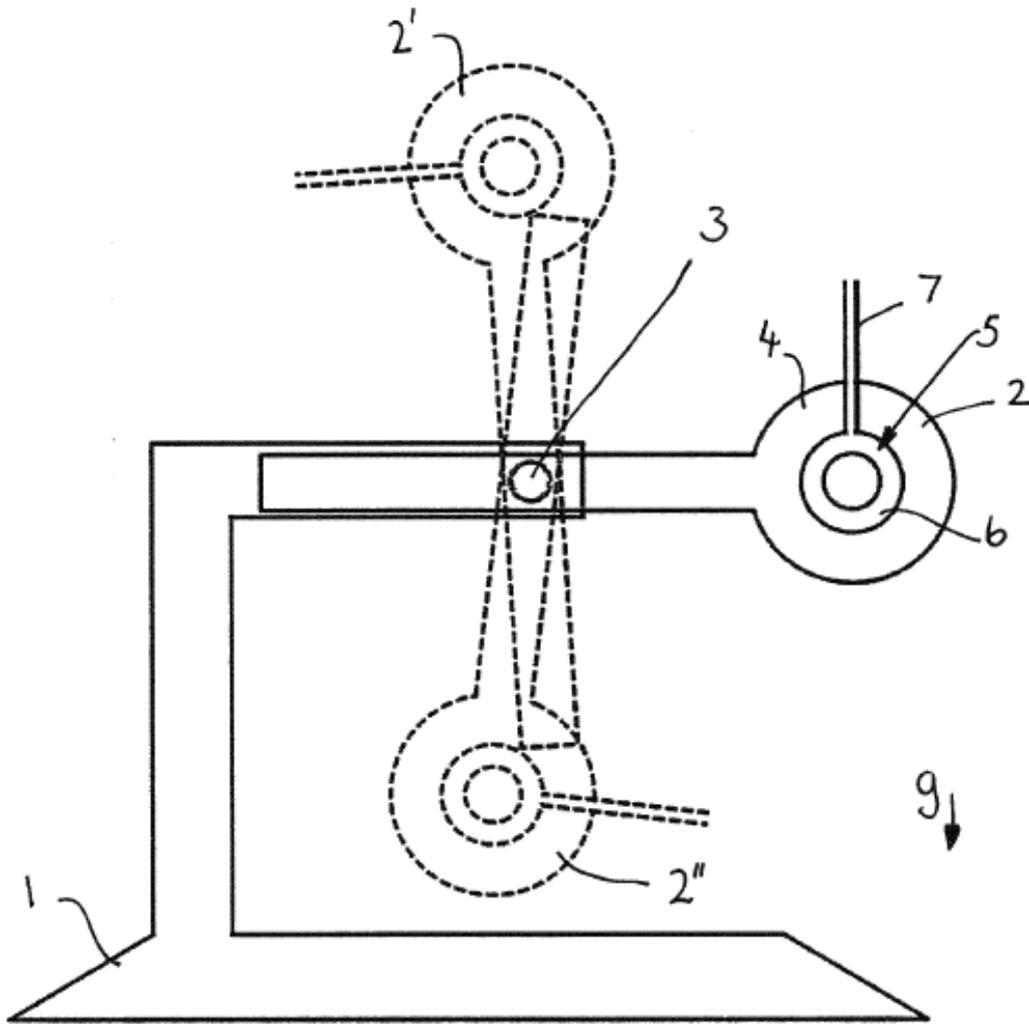


FIG.1

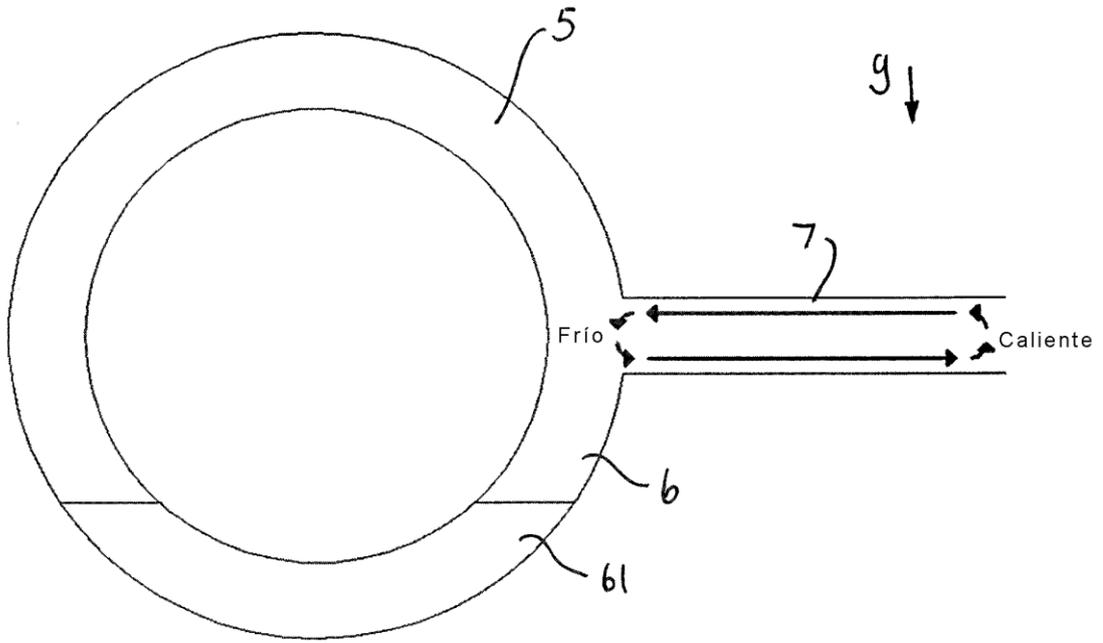
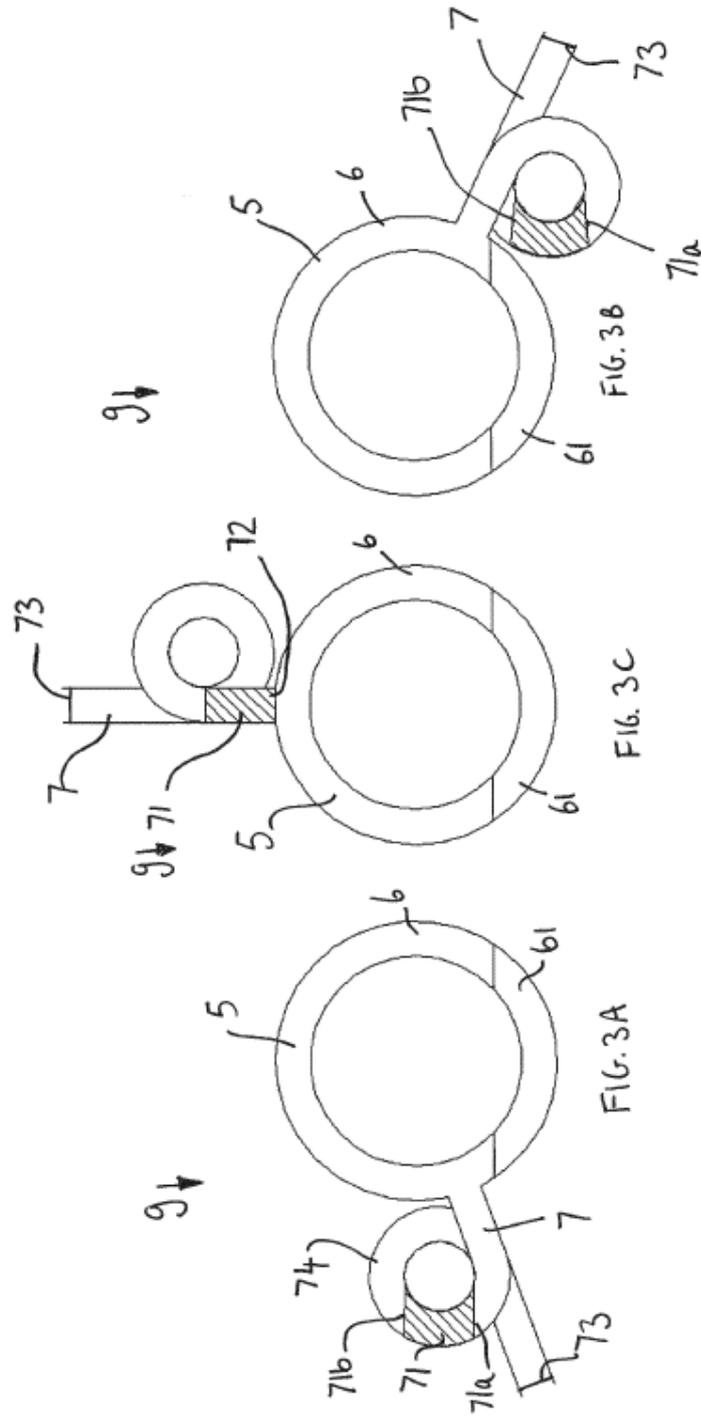
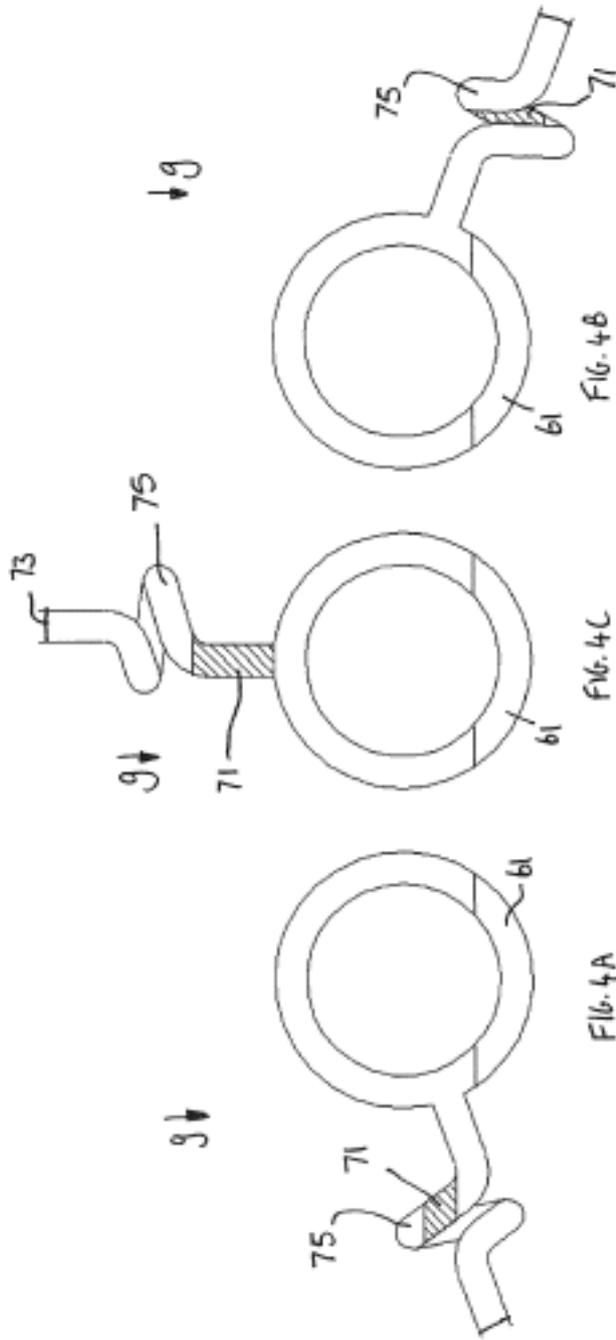


FIG. 2





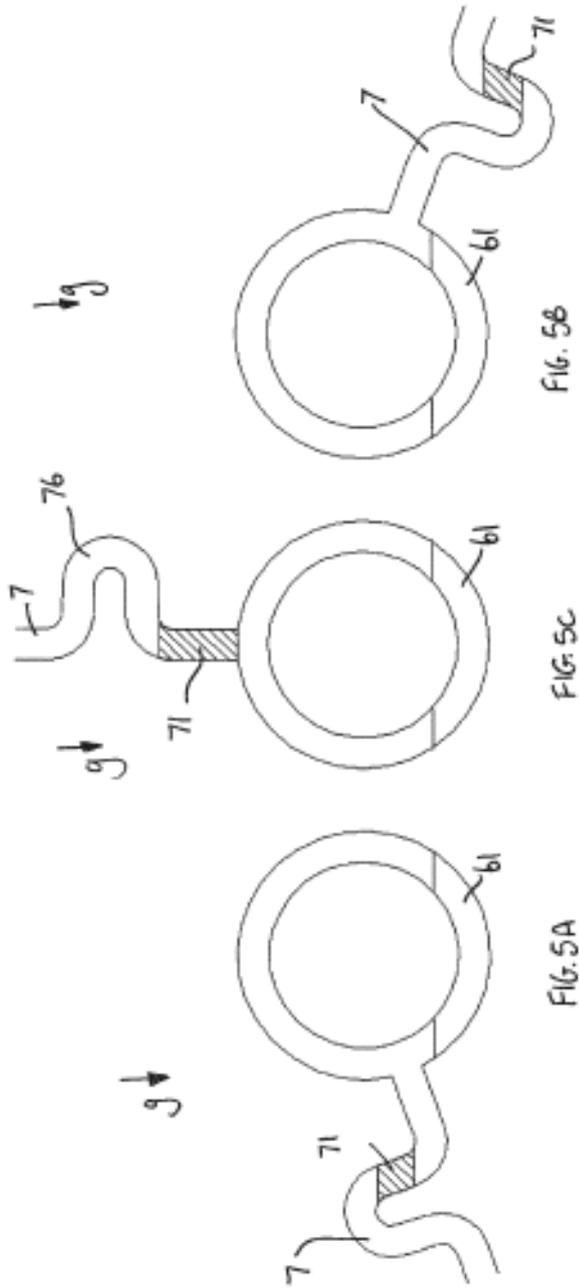


FIG. 5B

FIG. 5C

FIG. 5A

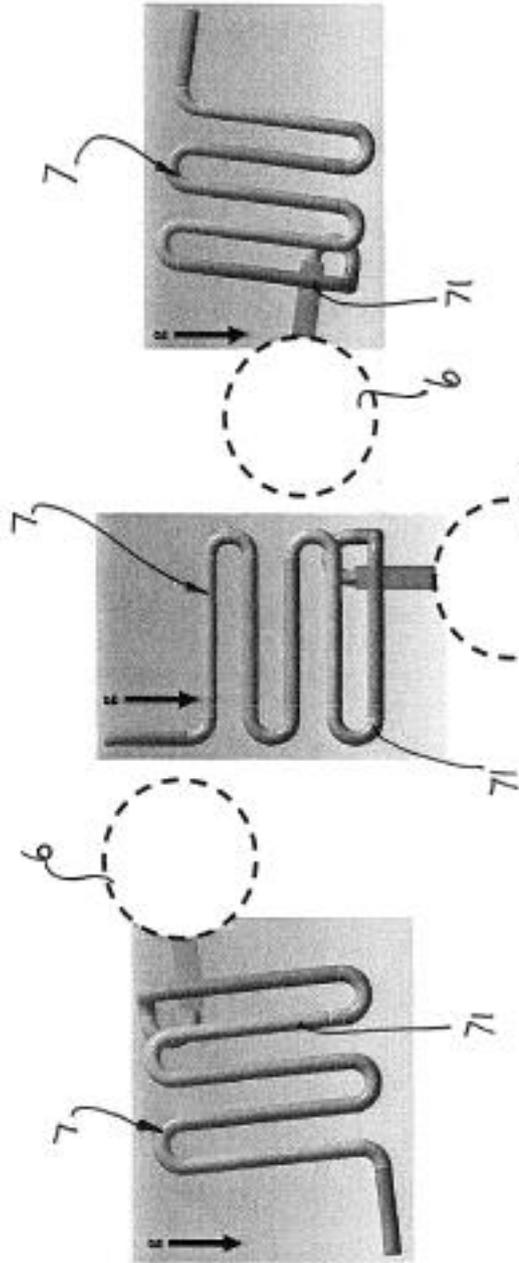


FIG. 6B

FIG. 6C

FIG. 6A