

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 779**

51 Int. Cl.:

**A61B 8/00** (2006.01)

**A61N 7/00** (2006.01)

**G10K 11/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2011 E 11761915 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015 EP 2524651**

54 Título: **Transductor de ultrasonidos**

30 Prioridad:

**02.04.2010 CN 201010140052**

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

**20.01.2016**

73 Titular/es:

**CHONGQING HAIFU MEDICAL TECHNOLOGY  
CO., LTD. (100.0%)  
1 Qingsong Road  
Renhe Town, Chongqing 401121, CN**

72 Inventor/es:

**WANG, ZHIBIAO;  
WANG, HUA;  
ZENG, DEPING;  
ZHAO, CHUNLIANG;  
YE, FANGWEI;  
LI, SANYONG;  
XU, GUIHUA y  
GONG, XIAOBO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 556 779 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

Transductor de ultrasonidos

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención pertenece al campo de la tecnología de terapia de ultrasonidos y, en particular, se refiere a un transductor de ultrasonidos.

10 **Antecedentes de la invención**

15 Cuando se usan ultrasonidos para tratar enfermedades, debido a la gran pérdida de energía de ultrasonidos sobre la trayectoria de transmisión, la intensidad de los ultrasonidos que se enfoca en un nido es demasiado baja para lograr un efecto terapéutico clínico requerido. Por lo tanto, para un aparato de tratamiento de ultrasonidos, las fuertes dificultades técnicas que es necesario solucionar en la actualidad son cómo reducir la severa atenuación de los ultrasonidos sobre las trayectorias de transmisión tanto como sea posible y cómo potenciar la intensidad de los ultrasonidos en las partes tratadas.

20 En la técnica anterior, una forma de solucionar el anterior problema técnico se obtiene por lo general mediante el diseño de un transductor de ultrasonidos. Para un transductor de ultrasonidos existente, el tamaño y la intensidad del área de enfoque de energía de ultrasonidos son por lo general relevantes para el área de emisión y la frecuencia de trabajo del transductor de ultrasonidos. Cuanto más grande sea el área de emisión, mayor será la energía de ultrasonidos que se enfoca sobre el área; y cuanto más alta sea la frecuencia de trabajo del transductor de ultrasonidos, más corta será la longitud de onda de las ondas de ultrasonidos emitidas, reduciendo de este modo el área de enfoque y aumentando la intensidad de los ultrasonidos.

30 Con el fin de aumentar el área de emisión del transductor de ultrasonidos, en el documento US2006/0058678A1 se divulga un transductor de ultrasonidos, en el que unas fuentes de ultrasonidos están fijadas sobre un cuerpo de soporte anular para aumentar el área de emisión de ondas de ultrasonidos. Con el fin de evitar una influencia mutua de las fuentes de ultrasonidos, se adopta la siguiente solución técnica en el diseño: la superficie en anillo opuesta con respecto a cada fuente de ultrasonidos está configurada como una ranura, por lo tanto, el transductor de ultrasonidos obtiene una ganancia de enfoque potenciada en relación con un transductor con una única fuente de ultrasonidos. No obstante, debido a que la ranura se proporciona sobre la superficie en anillo opuesta con respecto a la fuente de ultrasonidos del transductor de ultrasonidos, se reduce el área eficaz de emisión de la fuente de ultrasonidos sobre la superficie en anillo, la ranura puede dar lugar a una dispersión de la energía de ultrasonidos, y se reduce la energía del área de enfoque de tal aplicador terapéutico de ultrasonidos que sirve como un cuerpo anular en una sola pieza, lo que es poco ventajoso para la potenciación de la capacidad de enfoque del transductor de ultrasonidos. Mientras tanto, la solución técnica solo agranda el área de emisión del transductor de ultrasonidos para tener una superposición de la energía en el foco. Cuando la frecuencia es relativamente baja, debido a que la longitud de onda es relativamente larga, la capacidad de enfoque de las ondas de ultrasonidos es pobre y el área de enfoque es relativamente grande, por lo tanto la intensidad de los ultrasonidos del área de enfoque es tan débil que una necrosis por coagulación de un área objetivo no se puede formar de forma rápida y eficaz durante la terapia de ultrasonidos. En la terapia de ultrasonidos de tejidos profundos de un cuerpo humano o similares, es necesario que pasen ondas de ultrasonidos a través de la piel, tejidos óseos, tejidos que contienen aire, tejidos nerviosos y similares del ser humano antes de que se alcance una posición de enfoque. Si se adopta para el funcionamiento una frecuencia relativamente alta, los ultrasonidos tienen una pobre capacidad de penetración en tejidos, y los anteriores tejidos tienen funciones tales como absorber las ondas de ultrasonidos transmitidas, lo que da lugar a una reducción y dispersión de la energía en el área de enfoque; y la temperatura de los tejidos subirá después de que los tejidos hayan absorbido las ondas de ultrasonidos. Cuando la potencia de emisión del transductor de ultrasonidos es muy grande, la subida de temperatura de los tejidos puede dar lugar a lesiones accidentales de los mismos. Adicionalmente, los tejidos humanos tienen un efecto no lineal muy grande sobre las ondas de ultrasonidos, por lo tanto, si las ondas de ultrasonidos con una alta intensidad se transmiten en tejidos humanos, una gran parte de las ondas de ultrasonidos será transformada en armónicos más altos de las ondas de ultrasonidos y será absorbida por los tejidos. En ese momento, si se aumenta continuamente la potencia de emisión de ultrasonidos del transductor de ultrasonidos, se producirá un efecto no lineal más grande, debido a lo cual la energía de ultrasonidos aumentada no se puede transmitir de forma eficaz al área de enfoque esperada, y tiene lugar un fenómeno de saturación acústica, afectando de ese modo al enfoque de las ondas de ultrasonidos.

60 Se puede ver que el anterior problema técnico no se puede solucionar de forma eficaz en la técnica anterior simplemente al agrandar el área de emisión de un transductor de ultrasonidos y realizar una superposición de la energía.

65 En realidad, la emisión y la reflexión sobre la superficie opuesta de la fuente de ultrasonidos se pueden usar para potenciar la ganancia de enfoque. Por ejemplo, la patente de China (la publicación con n.º: CN 101140354A) solicitada previamente por el solicitante de la presente invención divulga un transductor de ultrasonidos resonante con una cavidad resonante que comprende un transductor de ultrasonidos y una unidad reflectante de ultrasonidos

que son opuestos uno con respecto a otra. Debido a que la unidad reflectante de ultrasonidos es equivalente a un transductor de ultrasonidos, la cavidad resonante está formada, en la práctica, por dos transductores de ultrasonidos dispuestos de forma simétrica. A través de la resonancia de las ondas de ultrasonidos en la cavidad resonante, la longitud del área de enfoque de las ondas de ultrasonidos en la dirección del eje acústico es más corta que en el caso de simplemente usar un único transductor de ultrasonidos (si dos ondas de ultrasonidos con la misma frecuencia se encuentran de frente, habrá una interferencia en el área en la que estas se encuentran; cuando aparece la interferencia, estas tienen la misma fase en el punto central y tienen diferentes fases en otros puntos, por lo tanto, la superposición de las dos ondas de ultrasonidos dará lugar a que la distribución lejos del centro sea débil y a que el área de enfoque de ultrasonidos se acorte), de tal modo que la energía es más concentrada y la ganancia de enfoque se ve potenciada en gran medida. El modo de trabajo del transductor de ultrasonidos resonante puede aportar una ganancia más grande al área de enfoque del transductor sin aumentar el área de emisión del transductor.

Sin embargo, el transductor de ultrasonidos con tal estructura tiene muchas desventajas: en primer lugar, la cavidad resonante que está formada por los dos transductores no es una superficie de esfera anular sellada y no puede lograr una resonancia acústica eficaz, y una parte de la energía aún puede escapar de la porción de apertura entre los dos transductores que se proporcionan opuestos uno con respecto a otro y, por lo tanto, la energía de ultrasonidos que es emitida por los transductores no se puede usar lo suficiente; en segundo lugar, debido a que los dos transductores se proporcionan opuestos uno con respecto a otro, no hay conexión fija alguna entre los mismos, lo que puede dar fácilmente como resultado la desviación de los dos transductores con respecto a la condición de resonancia, por lo tanto, se debería garantizar que la trayectoria de ultrasonidos en la que los dos transductores emiten las ondas de ultrasonidos no se verá interrumpida por otros factores, de otro modo puede que no se forme la cavidad resonante deseada entre los dos transductores que se proporcionan opuestos uno con respecto a otro, y no se puede producir bastante ganancia en el área de enfoque, o se pueden formar otras áreas de enfoque para dañar otros tejidos normales; en tercer lugar, la longitud del área de enfoque se comprime solo en la dirección del eje acústico de la cavidad resonante, y las longitudes de las áreas de enfoque en otras direcciones que están desviadas con respecto a la dirección del eje acústico de la cavidad resonante no se comprimen, es decir, el área de enfoque formada se comprime en su longitud solo en la dirección del eje acústico de las ondas de ultrasonidos, y el volumen del área de enfoque no se reduce lo suficiente; en cuarto lugar, el tamaño del área de enfoque del transductor de ultrasonidos aún se ve afectado por la frecuencia, y los ultrasonidos tienen una pobre capacidad de penetración en tejidos bajo una condición de trabajo de baja frecuencia, de tal modo que no se puede solucionar el problema técnico de una gran pérdida de energía sobre la trayectoria de transmisión; en quinto lugar, el área de emisión del transductor de ultrasonidos no es lo bastante grande.

La solicitud de patente FR 2 923 612 A1 divulga un dispositivo para la insonificación de un entorno o medio, que se diseña para generar un haz de ondas enfocadas en torno a un punto en una así denominada zona de foco, que se usa para formar imágenes del medio o cambiar las propiedades del medio, teniendo el dispositivo de insonificación una estructura de soporte intrínseca o extrínseca sobre la que se instala una red de transductores de ultrasonidos previamente determinados que se diseñan para ser controlados de forma independiente para la generación del haz de ondas enfocadas.

La solicitud de patente US 2009/0230822 A1 divulga una agrupación de transductores para provocar la lisis de un tejido adiposo, comprendiendo la agrupación de transductores al menos una pieza unitaria de un material piezoeléctrico que tiene una primera y una segunda superficies opuestas; y las una o más capas conductoras sobre cada una de dicha primera y dicha segunda superficies opuestas, en la que al menos una de dichas una o más capas conductoras comprende una pluralidad de elementos de electrodo.

La solicitud de patente US 2005/0187494 A1 divulga una fuente de ultrasonidos de foco que incluye un componente de emisión de ondas de ultrasonidos para emitir la onda de ultrasonidos y un componente de enfoque para enfocar la onda de ultrasonidos emitida, en la que la onda de ultrasonidos emitida se transmite a un punto focal de una forma similar a una onda esférica después de que esta haya sido enfocada por dicho componente de enfoque.

### Sumario de la invención

El problema técnico que ha de ser solucionado por la presente invención es, a la vista de las anteriores deficiencias que existen en la técnica anterior, proporcionar un transductor de ultrasonidos que tenga una gran área de emisión de ultrasonidos, y una capacidad de enfoque de ondas de ultrasonidos que apenas se vea afectada por la frecuencia de trabajo de una fuente de ultrasonidos.

La solución técnica para solucionar el problema técnico de la presente invención es que el transductor de ultrasonidos incluye una o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos. Los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos son unas superficies de esfera con un radio uniforme, y la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen una función de reflexión de ultrasonidos. La una unidad de emisión de ultrasonidos está configurada para formar una cavidad resonante esférica, o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas para formar una cavidad resonante esférica de forma colectiva. Una cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una

forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior. Las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos se enfocan sobre un área en la que está ubicado el centro esférico de la cavidad resonante esférica.

- 5 En la presente invención, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por las unidades de emisión de ultrasonidos tiene una forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, y la superficie de la totalidad de la cavidad resonante esférica sirve como una superficie de emisión y una superficie reflectante de las ondas de ultrasonidos, de tal modo que se aumenta el área eficaz de emisión de ultrasonidos, y se aumenta el número de veces de reflexión. Mientras tanto, después de
- 10 que las ondas esféricas sobre el frente de onda de cada unidad de emisión de ultrasonidos se hayan reflejado de vuelta a lo largo de la dirección opuesta de las trayectorias de emisión iniciales, las ondas de ultrasonidos reflejadas y las ondas de ultrasonidos emitidas, que tienen la misma frecuencia, producen una resonancia en la cavidad resonante esférica. Las dos ondas de ultrasonidos llegan al centro esférico al mismo tiempo, de tal modo que se produce una pluralidad de puntos de resonancia en la totalidad de la cavidad resonante esférica. Cuando el medio en la cavidad resonante esférica absorbe pocas ondas de ultrasonidos (un medio por lo general absorbe pocas ondas de ultrasonidos cuando las ondas de ultrasonidos tienen una frecuencia relativamente baja) y las unidades de emisión de ultrasonidos tienen una reflexión favorable de los ultrasonidos, las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos se pueden reflejar múltiples veces en la cavidad resonante esférica, de tal modo que las ondas de ultrasonidos pueden producir una pluralidad de veces de resonancia en la
- 20 cavidad resonante esférica. Debido a que el centro esférico de la cavidad resonante esférica es también un punto de resonancia, las ondas de ultrasonidos que son emitidas a partir de la superficie de la cavidad de la cavidad resonante esférica y las ondas de ultrasonidos que son reflejadas por su superficie opuesta forman un área de enfoque de resonancia potenciada en el centro esférico, potenciando de este modo la intensidad de las ondas de ultrasonidos en el centro esférico y mejorando en gran medida la tasa de utilización de las ondas de ultrasonidos.
- 25 Además, cuando la energía de ultrasonidos que es emitida por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos y la energía de las ondas de ultrasonidos reflejadas están centralizadas en el centro esférico que experimenta una pluralidad de veces de potenciación de resonancia, la energía aumenta varias veces, potenciando de ese modo la resonancia en el centro esférico y la energía del área de enfoque. No obstante, los puntos de potenciación de resonancia, que no están situados en el centro esférico, experimentan unas veces de resonancia limitadas, de tal modo que la energía de ultrasonidos de las posiciones en la cavidad resonante esférica que no sean el centro esférico es bastante baja en comparación con la energía de ultrasonidos en el centro esférico. Por lo tanto, cuando una parte tratada se encuentra en el centro esférico, el daño a otras partes que no requieran tratamiento alguno se puede evitar de forma eficaz.
- 35 Si un transductor de ultrasonidos convencional existente se usa para enfocar directamente para tratar un cuerpo humano, supóngase que la presión sonora en el foco es P, y la intensidad del sonido es I; así mismo, el transductor de ultrasonidos de la presente invención se usa para tratar un cuerpo humano, supóngase que la frecuencia de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos es la misma que la frecuencia cuando se usa el transductor de ultrasonidos convencional para realizar el tratamiento, y supóngase que la atenuación del transductor de ultrasonidos en la presente invención para los ultrasonidos es de aproximadamente un 10 %. Después de la primera reflexión, la presión sonora de las ondas de ultrasonidos se ve atenuada hasta aproximadamente 0,9 veces la inicial, es decir, la presión sonora se ve atenuada hasta 0,9 P, y la presión sonora se ve atenuada hasta 0,81 veces la inicial después de dos veces de atenuación (supóngase que hay solo dos veces de reflexión, y las veces de reflexión prácticas son bastante más de dos), es decir, la presión sonora se ve atenuada hasta 0,81 P. En ese momento, la presión sonora después de la superposición en el centro esférico es  $P + 0,9 P + 0,81 P = 2,71 P$ . Debido a que tanto la emisión como la reflexión de las ondas de ultrasonidos se realizan dos veces (las unidades de emisión de ultrasonidos pueden emitir y reflejar ultrasonidos), la presión sonora global en el centro esférico es  $2 \times 2,71 P = 5,42 P$ . La intensidad del sonido tiene una relación cuadrática con la presión sonora, de tal modo que la intensidad del sonido en el centro esférico en el área de enfoque se vuelve  $5,42^2 I = 29,3764 I$ . Por lo tanto, en el caso de que se calculen solo dos veces de reflexión de las ondas de ultrasonidos, la energía del transductor de ultrasonidos de la presente invención alcanza casi 30 veces la del transductor de ultrasonidos convencional. No obstante, durante una aplicación práctica, con un aumento de las veces de reflexión y una reducción adicional de la cantidad de atenuación, la energía enfocada será más grande. Se puede ver que la energía de ultrasonidos en el área de enfoque del transductor de ultrasonidos en la presente
- 50 invención es bastante más grande que la del transductor de ultrasonidos existente.

La cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos en la presente invención tiene una forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior. Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica, esta es una

60 cavidad resonante esférica con una trayectoria de sonido completamente cerrada (o una trayectoria de sonido sellada), y las ondas de ultrasonidos solo se transmiten en la cavidad resonante sin que se dispersen fuera de la cavidad resonante. Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, la expresión "con un centro esférico en su interior" quiere decir que la forma de la cavidad interna formada por la cavidad resonante esférica tiene una trayectoria de sonido cerrada en la dirección circunferencial que es perpendicular con respecto al eje central y pasa a través del

65 centro esférico, es decir, las curvas que forman la cavidad interna incluyen curvas circunferenciales que pasan a

través del centro esférico, lo que garantiza que la cavidad resonante esférica forma una trayectoria de sonido cerrada (o una trayectoria de sonido sellada, es decir, un modo de distribución de campo sonoro que no tiene fuga alguna de ondas de sonido en la dirección circunferencial, debido a lo cual no aparece difracción alguna en la dirección circunferencial y se puede obtener un enfoque favorable) en la dirección circunferencial que es perpendicular con respecto al eje central. Por lo tanto, en comparación con los transductores de ultrasonidos previos (por ejemplo, la patente de China CN 101140354A), el transductor de ultrasonidos en la presente invención puede evitar que la totalidad o la mayor parte de la energía de ultrasonidos escape de la cavidad resonante.

Debido a que el área de enfoque de energía de ultrasonidos de un transductor de ultrasonidos de enfoque es causada por la difracción de borde de la superficie de emisión de vibración del transductor de ultrasonidos, un transductor de ultrasonidos de enfoque tradicional puede dar lugar a una dispersión del área de enfoque de energía de ultrasonidos debido al efecto de borde de la superficie de emisión de ultrasonidos, y con una reducción de la frecuencia de trabajo del transductor de ultrasonidos, el efecto de borde tendrá más influencias, debilitando de ese modo la capacidad de enfoque de ultrasonidos (es decir, agrandando el área de enfoque). Por lo tanto, cuando se realiza una terapia de ultrasonidos, con el fin de formar una necrosis por coagulación en una parte tratada, es necesario que un transductor de ultrasonidos común se accione con una frecuencia de trabajo relativamente alta que varía por lo general de 0,8 MHz a 10 MHz. No obstante, en la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos en la presente invención, debido a que esta tiene una trayectoria de sonido cerrada en una o más direcciones de propagación de los ultrasonidos, no se producirá difracción alguna en la dirección circunferencial del área de enfoque y, por lo tanto, no aparecerá reducción alguna de la capacidad de enfoque de ultrasonidos causada por la reducción de la frecuencia ultrasónica. Por lo tanto, el tamaño del área de enfoque en la presente invención apenas se ve afectado por la frecuencia de emisión del transductor de ultrasonidos (sin duda alguna, para un transductor de ultrasonidos cuya cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, solo se garantiza que el área de enfoque de ultrasonidos se comprime en la circunferencia que pasa a través del centro esférico y es perpendicular con respecto al eje acústico, es decir, el área de enfoque solo se comprime en todas las direcciones del plano de propagación del sonido, de tal modo que exista una cierta difracción de borde a lo largo de la dirección del eje central). Por lo tanto, el valor límite inferior del intervalo de la frecuencia de trabajo de las unidades de emisión de ultrasonidos en la presente invención puede ser apropiadamente pequeño en relación con el de las unidades de emisión de ultrasonidos en el transductor de ultrasonidos existente, el intervalo de la frecuencia de trabajo de las unidades de emisión de ultrasonidos es de 20 kHz a 10 MHz, y el intervalo preferible de la frecuencia de trabajo es de 0,1 MHz a 0,8 MHz.

La capacidad de enfoque del transductor de ultrasonidos en la presente invención es bastante mejor que la de un transductor de ultrasonidos tradicional, por lo tanto, incluso si este funciona a una baja frecuencia tal como 20 kHz, el transductor de ultrasonidos de la presente invención puede funcionar de forma eficaz para obtener un tratamiento eficaz para un cuerpo humano, mientras que el transductor de ultrasonidos tradicional no puede producir un campo sonoro elevado a tal baja frecuencia. Con unas bajas frecuencia de trabajo y subida de temperatura del tejido, el transductor de ultrasonidos de la presente invención puede realizar un tratamiento seguro y eficaz en algunos órganos de tejido que contienen tejidos que contienen aire y tejidos óseos o están protegidos por otros tejidos del cuerpo humano. Adicionalmente, el número de veces de reflexión de ultrasonidos en un tratamiento real está limitado, y las unidades de emisión de ultrasonidos en el transductor de ultrasonidos en la presente invención también sirven como unidades reflectantes de ultrasonidos (las unidades de emisión de ultrasonidos pueden reflejar ultrasonidos) y tienen una fuerte capacidad de enfoque, de tal modo que las unidades de emisión de ultrasonidos pueden funcionar bajo la condición de baja frecuencia. La reducción de la frecuencia de trabajo de las unidades de emisión de ultrasonidos favorece el aumento del número de veces de reflexión de ultrasonidos (cuanto más baja sea la frecuencia, menos ultrasonidos absorberán los tejidos, mayor será la reflexión que tenga lugar), de tal modo que la intensidad de los ultrasonidos en el área de enfoque (el centro esférico) se puede aumentar adicionalmente.

Cuando se diseña la cavidad resonante esférica de la presente invención, se requiere que se garantice que la cavidad resonante esférica formada por las unidades de emisión de ultrasonidos que emiten ondas esféricas satisface el principio de superposición de resonancia de ultrasonidos, es decir, el diámetro de la cavidad resonante esférica es un múltiplo entero de la mitad de la longitud de onda de las ondas de ultrasonidos emitidas.

En la presente invención, cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, la cavidad interna que tiene la forma de cubierta esférica en sección transversal con el centro esférico en su interior puede ser una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal truncada (la altura de la cavidad es más grande que el radio esférico) o una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco.

Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica es una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco con un centro esférico en su interior, se pueden usar las siguientes formas:

Una es que una superficie de debajo superior S1 y una superficie de debajo inferior S2 de la cavidad interna anterior son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico no es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico.

La otra es que una superficie de debajo superior S1 y una superficie de debajo inferior S2 de la cavidad interna anterior son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico, lo que puede mantener la ganancia de enfoque en el centro esférico tan grande como sea posible.

5 Sin duda alguna, durante una aplicación práctica, si las anteriores dos formas de cavidad resonante esférica con una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco no se pueden usar para un tratamiento (por ejemplo, en el caso de tratar enfermedades tales como histeromiomas), la cavidad interna de la cavidad resonante esférica se puede encontrar en una forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco irregular. En un caso de este tipo, la superficie de debajo superior de la cavidad interna no es paralela con respecto a la superficie de debajo inferior de la misma, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico es igual a o no es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico.

15 Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica es una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal truncada, esta comprende una cavidad esférica con forma de corona, y una cavidad esférica con forma de tronco con un centro esférico en su interior. La superficie de debajo de la cavidad esférica con forma de corona está equipada con y conectada a una superficie de debajo de la cavidad esférica con forma de tronco. La conexión entre la cavidad esférica con forma de corona y la cavidad esférica con forma de tronco es desmontable o fija.

20 La cavidad interna de la cavidad resonante esférica puede tener una forma de cubierta esférica completa.

En la presente invención, una unidad de emisión de ultrasonidos es una fuente de ondas, la cavidad resonante esférica formada por una o más unidades de emisión de ultrasonidos puede tener un alojamiento de cualquier forma, y solo se requiere que se garantice que la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior. Cuando la cavidad interna de una cavidad resonante esférica fabricada tiene una forma de cubierta esférica completa, la cavidad resonante esférica puede estar formada solo por una unidad de emisión de ultrasonidos que tiene una forma de cubierta esférica; o la cavidad que tiene una forma de cubierta esférica se puede dividir en una pluralidad de pequeñas piezas cada una de las cuales es una unidad de emisión de ultrasonidos, y todas las unidades de emisión de ultrasonidos pueden emitir ondas esféricas que tienen un radio igual. Es decir, la cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica puede estar formada por una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos que emiten ondas esféricas que tienen un radio igual. Las unidades de emisión de ultrasonidos se pueden fabricar a partir de materiales piezoeléctricos de cualquier tipo siempre que se satisfaga la condición de que las ondas de ultrasonidos que son emitidas a partir de los frentes de onda de las unidades de emisión de ultrasonidos sean ondas esféricas. Por ejemplo, se puede usar una combinación de materiales piezoeléctricos capaces de emitir ondas de ultrasonidos planas y lentes de enfoque, que forma una unidad de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente, y se puede usar una pluralidad de las unidades de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente para formar una cavidad interna que tiene una forma de cubierta esférica de forma conjunta. En donde, las lentes de enfoque tienen una distancia igual con respecto al centro esférico, y la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada mediante la unión de las superficies interiores de todas las lentes de enfoque entre sí tiene una forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior. Debido a que una unidad de emisión de ultrasonidos de tal tipo también puede emitir ondas esféricas, esta cumple la condición de las unidades de emisión de ultrasonidos en la presente invención.

50 Cuando se diseña la cavidad resonante esférica, las unidades de emisión de ultrasonidos deberían satisfacer el principio de superposición de resonancia de ultrasonidos, es decir, el diámetro de la cavidad resonante esférica formada es un múltiplo entero de la mitad de la longitud de onda de las ondas de ultrasonidos.

60 Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica anterior tiene una forma de cubierta esférica completa, a pesar de que la energía de ultrasonidos en el centro esférico se puede potenciar en la máxima medida, un transductor de ultrasonidos con tal cavidad resonante esférica puede tratar de forma eficaz un nido durante una aplicación práctica solo si el transductor de ultrasonidos tiene un volumen muy grande (por ejemplo, este puede dar cabida a la totalidad del cuerpo de una persona). Por lo tanto, basándose en los requisitos de tratamiento, por ejemplo, cuando se trata una cabeza humana, preferiblemente, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica comprende una cavidad esférica truncada (la altura de la cavidad es más grande que el radio esférico) y una cavidad esférica con forma de corona (la altura de la cavidad es más pequeña que el radio esférico). La superficie de debajo de la cavidad esférica truncada está equipada con y conectada a la superficie de debajo de la cavidad esférica con forma de corona. La conexión entre la cavidad esférica truncada y la cavidad esférica con forma de corona es desmontable o fija. Cuando la conexión entre la cavidad esférica truncada y la cavidad esférica con forma de corona es desmontable, solo la cavidad esférica truncada se puede usar en el caso de tratar una cabeza humana, y las ondas de ultrasonidos que son emitidas y reflejadas por las unidades de emisión de ultrasonidos forman un área de enfoque de resonancia potenciada en el centro esférico.

65 Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos es una

5 cavidad resonante esférica truncada, el área de enfoque de tal transductor de ultrasonidos se comprime solo en una dirección perpendicular con respecto a la dirección del eje acústico (es decir, el eje central de la cavidad resonante esférica), pero no en la dirección del eje acústico. Por lo tanto, la ganancia de enfoque del transductor de ultrasonidos en el centro esférico es más débil que la de un transductor de ultrasonidos con una cavidad interna que tiene una forma de cubierta esférica.

10 O la cavidad interna con forma de cubierta esférica de la cavidad resonante esférica comprende una cavidad esférica con forma de tronco con un centro esférico en su interior y dos cavidades esféricas con forma de corona que se proporcionan respectivamente en los extremos superior e inferior de la cavidad esférica con forma de tronco.

15 La cavidad interna con forma de cubierta esférica de la cavidad resonante esférica también puede comprender una cavidad esférica con forma de tronco con un centro esférico en su interior y dos cavidades esféricas con forma de corona que se proporcionan respectivamente en los extremos superior e inferior de la cavidad esférica con forma de tronco. Las superficies de debajo de las dos cavidades esféricas con forma de corona están equipadas con y conectadas a la superficie de debajo superior y la superficie de debajo inferior de la cavidad esférica con forma de tronco respectivamente. La conexión entre la cavidad esférica con forma de tronco y cada cavidad esférica con forma de corona es desmontable o fija. Cuando la conexión entre la cavidad esférica con forma de tronco y cada cavidad esférica con forma de corona es desmontable, solo la cavidad esférica con forma de tronco se puede usar en el caso de tratar un torso y extremidades del ser humano, y las ondas de ultrasonidos que son emitidas y reflejadas por las unidades de emisión de ultrasonidos forman un área de enfoque de resonancia potenciada en el centro esférico.

25 Preferiblemente, las dos superficies de debajo de la cavidad resonante esférica con forma de tronco anterior son paralelas una con respecto a otra y tienen una distancia igual o diferente con respecto al centro esférico, y la distancia específica se puede designar basándose en requisitos durante una aplicación práctica. Con el fin de mantener la ganancia de enfoque en el centro esférico tan grande como sea posible, preferiblemente, las dos superficies de debajo de la cavidad esférica con forma de tronco tienen una distancia igual con respecto al centro esférico.

30 Cuando la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos es una cavidad resonante esférica con forma de tronco, debido a que el área de enfoque de ultrasonidos solo se comprime en el interior de la circunferencia, es decir, esta solo se comprime en todas las direcciones del plano de propagación del sonido, aún existe una cierta difracción de borde a lo largo de la dirección del eje central del transductor de ultrasonidos. Por lo tanto, la ganancia de enfoque en el centro esférico del transductor de ultrasonidos es más débil que la de un transductor de ultrasonidos cuya cavidad resonante esférica tiene una cavidad interna esférica truncada.

40 Preferiblemente, un orificio para que se pase a su través un dispositivo de supervisión de imágenes está abierto sobre la cavidad resonante esférica formada anterior.

El transductor de ultrasonidos en la presente invención comprende una o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos. En el caso de una unidad de emisión de ultrasonidos, la unidad de emisión de ultrasonidos forma una cavidad resonante esférica con forma de cubierta esférica completa.

45 Una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos se pueden usar en la presente invención, y diferentes unidades de emisión de ultrasonidos pueden emitir unas ondas de ultrasonidos que tienen diferentes frecuencias. Cuando las frecuencias de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos son diferentes unas de otras, a pesar de que todas las unidades de emisión de ultrasonidos que tienen diferentes frecuencias pueden formar una superposición de la energía en el foco, tal superposición de energía no es una superposición coherente. Por lo tanto, no se puede obtener una alta energía como la que se produce bajo una superposición coherente en el foco (el centro esférico), pero se puede formar una superposición de energía en el foco, debido a que la energía emitida de tal forma de superposición es bastante más grande que la del caso de usar una única fuente de ondas. Con el fin de mejorar la energía de ultrasonidos en el área de enfoque y formar una resonancia de ultrasonidos estable, preferiblemente, la diferencia entre las frecuencias de las ondas esféricas que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos no supera un 20 %. Aún más preferiblemente, las ondas esféricas que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos tienen la misma frecuencia para formar una resonancia, formando de ese modo una superposición coherente de la energía de ultrasonidos en el centro esférico y aumentando adicionalmente la energía de ultrasonidos.

60 Cuando el transductor de ultrasonidos en la presente invención tiene una unidad de emisión de ultrasonidos o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos que tienen la misma frecuencia, se forma una cavidad resonante esférica. Todas las ondas de ultrasonidos que se emiten y se reflejan en esta cavidad resonante esférica pasan a través del centro esférico, y la energía de ultrasonidos en el centro esférico se superpone en una forma de superposición en fase, de tal modo que la energía de ultrasonidos se ve potenciada en gran medida. Para los puntos de resonancia que no se encuentran en el centro esférico en la cavidad resonante esférica, debido a que la superposición de la energía de ultrasonidos en dichos puntos de resonancia no es una superposición en fase, la

energía de ultrasonidos en dichos puntos de resonancia se debilita. Por lo tanto, cuando se usa el transductor de ultrasonidos en la presente invención para tratar un cuerpo humano, se puede garantizar en la máxima medida que los tejidos del nido en el foco reciben una gran energía de ultrasonidos y otros tejidos humanos que no se encuentran en el foco son seguros.

5 El mecanismo de difracción del transductor de ultrasonidos en la presente invención es similar al mecanismo de difracción en óptica. Cuando el transductor de ultrasonidos en la presente invención tiene una cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, debido a que el transductor de ultrasonidos de tipo abierto aún presenta fenómenos de difracción en la dirección  
10 circunferencial que es perpendicular con respecto al eje acústico, la longitud del área de enfoque en la dirección no se comprime; cuando el transductor de ultrasonidos en la presente invención tiene una cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica, la totalidad de la trayectoria de sonido está completamente cerrada y no tiene lugar difracción alguna, de tal modo que la energía en el foco es la más grande.

15 El transductor de ultrasonidos en la presente invención soluciona bien los problemas en el tratamiento de ultrasonidos para enfermedades de tejidos profundos de un cuerpo humano y un tratamiento de ultrasonidos intracraneal. Bajo la condición de que la seguridad de un cuerpo humano esté garantizada, bastante energía de ultrasonidos puede alcanzar tejidos profundos de un cuerpo humano, y se evita el daño térmico causado por la absorción de ondas de ultrasonidos por los tejidos óseos sobre la trayectoria de ultrasonidos. Por lo tanto, el  
20 transductor de ultrasonidos en la presente invención es particularmente adecuado para tratar tejidos profundos de un cuerpo humano y un nido intracraneal.

El transductor de ultrasonidos en la presente invención no solo se puede proveer con una gran área de emisión de ultrasonidos y una gran ganancia de enfoque que hacen que la energía del foco de ultrasonidos se vea potenciada  
25 de forma drástica, sino que también puede estar libre de la influencia de la frecuencia de trabajo de la fuente de ultrasonidos.

En comparación con un transductor de ultrasonidos existente, el transductor de ultrasonidos en la presente invención tiene las siguientes ventajas: (1) el tamaño del área de enfoque de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por el  
30 transductor de ultrasonidos en la presente invención apenas se ve afectado por la frecuencia de la unidad de emisión de ultrasonidos, y una necrosis por coagulación se puede formar bien en un nido mediante el uso de unas ondas de ultrasonidos de baja frecuencia; (2) las longitudes a lo largo de todas las direcciones del área de enfoque de las ondas de ultrasonidos se pueden comprimir de forma eficaz para reducir en gran medida el volumen del área de enfoque, potenciando de ese modo la intensidad de los ultrasonidos en el área de enfoque; y (3) la intensidad de  
35 los ultrasonidos en el área de enfoque se ve potenciada por medio de la resonancia de las ondas de ultrasonidos sin necesidad alguna de aumentar la potencia de emisión de las ondas de ultrasonidos, evitando de ese modo la potenciación de la intensidad de los ultrasonidos en el área de no enfoque y garantizando la seguridad de las partes que no se van a tratar.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de cubierta en la realización 1 de la presente invención;  
45 la figura 2 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de cubierta en la realización 2 de la presente invención;  
la figura 3 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica truncada en la realización 2 de la presente invención (se usa una unidad de emisión de ultrasonidos);  
la figura 4 es un diagrama esquemático estructural de la cavidad resonante esférica truncada en la realización 2 de la presente invención (se usa una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos);  
50 la figura 5 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de tronco (regular) en la realización 3 de la presente invención (se usa una unidad de emisión de ultrasonidos);  
la figura 6 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de tronco (regular) (que tiene dos superficies de debajo paralelas una con respecto a otra) en la realización 3 de la presente invención (se usa una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos que están dispuestas en una  
55 única capa);  
la figura 7 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de tronco (regular) (que tiene dos superficies de debajo paralelas una con respecto a otra) en la realización 3 de la presente invención (se usa una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos que están dispuestas en múltiples capas);  
60 la figura 8 es un diagrama esquemático estructural de una cavidad resonante esférica con forma de tronco (irregular) (que tiene dos superficies de debajo no paralelas) en la realización 4 de la presente invención;  
la figura 9 es un diagrama esquemático estructural de un transductor de ultrasonidos en la realización 5 de la presente invención;  
la figura 10 es una vista desde arriba del transductor de ultrasonidos en la figura 9; y  
65 la figura 11 es una vista en semi-sección del transductor de ultrasonidos en la figura 9.

En los dibujos, se usan los siguientes números y signos de referencia:

- 5 1 - unidad de emisión de ultrasonidos, 10 - cavidad esférica con forma de cubierta, 11 - cavidad esférica con forma de corona, 12 - cavidad esférica truncada, 13, 14 - cavidad esférica con forma de tronco, 15 - oblea piezoeléctrica plana, 16 - lente de enfoque, 20 - orificio, h1 - altura de la cavidad esférica con forma de corona, h2 - altura de la cavidad esférica truncada, R - radio esférico, S1 - superficie de debajo superior, S2 - superficie de debajo inferior

10 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

La presente invención se describirá adicionalmente con detalle en conexión con los dibujos y las realizaciones en lo sucesivo en el presente documento.

15 El transductor de ultrasonidos en la presente invención incluye una o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos. Los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos son unas superficies de esfera con un radio uniforme, y la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen una función de reflexión de ultrasonidos. La una unidad de emisión de ultrasonidos está configurada para formar una cavidad resonante esférica, o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas para formar una cavidad resonante esférica de forma colectiva. La cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene una forma de cubierta esférica o una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior. Las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos se enfocan sobre un área en la que está ubicado el centro esférico de la cavidad resonante esférica.

25 Las siguientes realizaciones son unas realizaciones no restrictivas de la presente invención.

Realización 1:

30 En la presente realización, el transductor de ultrasonidos comprende una unidad de emisión de ultrasonidos que tiene una función de reflexión de ultrasonidos, y la unidad de emisión de ultrasonidos es una unidad de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque. El frente de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la unidad de emisión de ultrasonidos es una superficie de esfera con un radio uniforme, y las ondas de ultrasonidos emitidas son ondas esféricas. La unidad de emisión de ultrasonidos está configurada para formar una cavidad resonante esférica, la cavidad interna de la cual tiene una forma de cubierta esférica completa con el fin de formar una cavidad resonante esférica con forma de cubierta con una trayectoria de sonido completamente cerrada. El área de enfoque de la cavidad resonante esférica con forma de cubierta es un área en la que está ubicado el centro esférico de la cavidad resonante esférica.

40 En el transductor de ultrasonidos de la presente invención, las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la unidad de emisión de ultrasonidos y las ondas de ultrasonidos que son emitidas o reflejadas por su superficie opuesta forman un área de enfoque de resonancia potenciada en el centro esférico.

45 En donde, la unidad de emisión de ultrasonidos se puede fabricar a partir de materiales piezoeléctricos de ultrasonidos de autoenfoque que tienen diversas formas. Para una fabricación conveniente, el transductor de ultrasonidos en la presente invención se puede fabricar directamente en forma de cavidad esférica con forma de cubierta 10 que se muestra en la figura 1. Sin duda alguna, se puede añadir un alojamiento de cualquier forma en el exterior de la cavidad resonante esférica fabricada, es decir, solo se requiere que la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tenga una forma de cubierta esférica completa.

50 La cavidad esférica con forma de cubierta 10 en la presente realización es de un tipo que se puede abrir para colocar objetos en el interior, y la posición específica de su parte que se puede abrir se puede establecer basándose en los objetos que es necesario colocar en la cavidad esférica con forma de cubierta 10.

55 El transductor de ultrasonidos en la presente realización es principalmente adecuado para algunos experimentos médicos que se pueden realizar en un entorno sellado. Por ejemplo, en primer lugar se colocan maniqués u órganos tridimensionales para experimentos u otros objetos en el interior de la cavidad esférica con forma de cubierta 10 del transductor de ultrasonidos y, a continuación, la totalidad de la cavidad esférica con forma de cubierta 10 se sella para comenzar unos tratamientos o experimentos. Después de los tratamientos o experimentos, la cavidad esférica con forma de cubierta 10 se abre para verificar el efecto de los tratamientos o experimentos. La situación de los tratamientos o experimentos se toma como una guía para un uso clínico.

60 Cuando el volumen de la cavidad esférica con forma de cubierta 10 es muy grande, por ejemplo, cuando este es lo bastante grande para dar cabida a la totalidad de un cuerpo humano, el transductor de ultrasonidos también se puede usar para tratar un cuerpo humano.

65

Realización 2:

Tal como se muestra en la figura 2, en la presente realización, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos tiene una forma de cubierta esférica completa, y la diferencia entre la  
 5 realización 2 y la realización 1 radica en que la cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica no está formada por solo una unidad de emisión de ultrasonidos. La cavidad interna de la cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica está formada por una cavidad esférica truncada 12 (tal como se muestra en las figuras 3 y 4) y una cavidad esférica con forma de corona 11 juntas. La superficie de debajo de la cavidad  
 10 esférica truncada 12 está equipada con y conectada a la superficie de debajo de la cavidad esférica con forma de corona 11, y la conexión entre la cavidad esférica truncada 12 y la cavidad esférica con forma de corona 11 es desmontable.

En donde, la altura  $h_1$  de la cavidad esférica con forma de corona 11 es más pequeña que el radio esférico  $R$ , y la altura  $h_2$  de la cavidad esférica truncada 12 es más grande que el radio esférico  $R$ .

Con el fin de situar de forma conveniente un área objetivo, supervisar un proceso de tratamiento y realizar una evaluación de la eficacia en el tiempo, en la presente realización, tal como se muestra en las figuras 3 y 4, un orificio 20 para que se pase a su través un dispositivo de supervisión de imágenes está abierto en la cavidad esférica truncada 12, o el orificio 20 puede estar abierto en la cavidad esférica con forma de corona 11.

En la presente realización, la cavidad esférica truncada 12 puede estar formada por una unidad de emisión de ultrasonidos 1 (tal como se muestra en la figura 3), y con el fin de simplificar el proceso de fabricación, esta se puede formar mediante la unión de una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos entre sí (tal como se muestra en la figura 4). Por la misma razón, la cavidad esférica con forma de corona 11 puede estar formada por una unidad de  
 25 emisión de ultrasonidos 1, y esta también se puede formar mediante la unión de una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos entre sí. La una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas como unidades de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque que pueden reflejar ondas de ultrasonidos. Los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos son unas superficies de esfera con un radio uniforme.

En la cavidad esférica truncada 12 anterior que tiene una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos, la diferencia entre las frecuencias de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos no supera un 20 %, y preferiblemente, las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen la misma frecuencia.

En la presente realización, la cavidad esférica truncada 12 es adecuada para tratar una cabeza humana. Solo se usa la cavidad esférica truncada 12 cuando se trata una cabeza humana. En primer lugar, se hace que una cabeza humana entre en la cavidad esférica truncada 12; debido a que las ondas de ultrasonidos que son emitidas y reflejadas por las unidades de emisión de ultrasonidos forman un área de enfoque de resonancia potenciada en el centro esférico, el nido humano se coloca en el centro esférico; y, a continuación, las unidades de emisión de ultrasonidos que forman la cavidad esférica truncada 12 se encienden para realizar el tratamiento.

De hecho, la cavidad esférica truncada 12 anterior puede formar un transductor de ultrasonidos cuya cavidad interna es una cavidad resonante esférica truncada por sí misma. En el transductor de ultrasonidos, se puede añadir un alojamiento de cualquier forma en el exterior de su cavidad basándose en requisitos (o no se añade alojamiento alguno).

Realización 3:

Tal como se muestra en las figuras 5, 6 y 7, en la presente realización, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, y la cavidad interna está configurada como una cavidad esférica con forma de tronco regular 13.

En la presente realización, la superficie de debajo superior  $S_1$  y la superficie de debajo inferior  $S_2$  de la cavidad esférica con forma de tronco 13 son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior  $S_1$  y el centro esférico  $O$  es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior  $S_2$  y el centro esférico  $O$ .

En la presente realización, la cavidad esférica con forma de tronco 13 se puede formar a partir de una unidad de emisión de ultrasonidos 1 (tal como se muestra en la figura 5), o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos 1 que están dispuestas en una única capa (tal como se muestra en la figura 6), o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos 1 que están dispuestas en múltiples capas (tal como se muestra en la figura 7). La una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas como unidades de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque que pueden reflejar ondas de ultrasonidos. En donde, la dirección del eje  $Z$  que se muestra en la figura 5 es la dirección del eje acústico de la cavidad esférica con forma de tronco 13, y el eje  $Z$

coincide con el eje central de la cavidad esférica con forma de tronco 13.

5 Cuando la cavidad esférica con forma de tronco 13 se forma mediante la unión de una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos entre sí, las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen la misma frecuencia. Los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos son unas superficies de esfera con un radio uniforme.

10 El transductor de ultrasonidos en la presente realización es adecuado para tratar un torso o extremidades del ser humano. Cuando se trata un torso o extremidades del ser humano, el torso o extremidades del ser humano en primer lugar se hacen pasar a través de la cavidad esférica con forma de tronco 13, el nido se coloca en el centro esférico y, a continuación, las unidades de emisión de ultrasonidos se encienden para realizar el tratamiento.

Realización 4:

15 Tal como se muestra en la figura 8, en la presente realización, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, y la cavidad interna está configurada como una cavidad esférica con forma de tronco irregular 14.

20 En la presente realización, la superficie de debajo superior S1 y la superficie de debajo inferior S2 de la cavidad esférica con forma de tronco 14 no son paralelas una con respecto a otra. Y la distancia entre la superficie de debajo superior S1 y el centro esférico O es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior S2 y el centro esférico O.

25 En la presente realización, la cavidad esférica con forma de tronco 14 puede estar formada por una unidad de emisión de ultrasonidos 1, o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos 1 que están dispuestas en una única capa, o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos 1 que están dispuestas en múltiples capas. La una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas como unidades de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque que pueden reflejar ondas de ultrasonidos. En donde, la dirección del eje Z que se muestra en la figura 8 es la dirección del eje acústico de la cavidad esférica con forma de tronco 14, y el eje Z coincide con el eje central de la cavidad esférica con forma de tronco 14.

30 Cuando la cavidad esférica con forma de tronco 14 se forma mediante la unión de una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos entre sí, las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen la misma frecuencia. Los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las unidades de emisión de ultrasonidos son unas superficies de esfera con un radio uniforme.

35 El transductor de ultrasonidos en la presente realización es adecuado para tratar histeromiomas y otras enfermedades. Cuando se tratan histeromiomas y otras enfermedades, con el fin de adaptarse para una terapia postural especial, se puede usar el transductor de ultrasonidos que tiene la cavidad resonante esférica con forma de tronco irregular en la presente realización.

Realización 5:

45 La diferencia entre la presente realización y la realización 3 radica en que la unidad de emisión de ultrasonidos en el transductor de ultrasonidos de la presente realización está formada por una combinación de materiales piezoeléctricos capaces de emitir ondas de ultrasonidos planas y lentes de enfoque, es decir, la unidad de emisión de ultrasonidos está configurada como una unidad de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente. Tal como se muestra en las figuras 9, 10 y 11, en la presente realización, la cavidad resonante esférica está formada por cuatro obleas piezoeléctricas planas 15 y cuatro lentes de enfoque 16, es decir, cada oblea piezoeléctrica plana 15 tiene una lente de enfoque 16 acoplada sobre la misma. Las ondas de ultrasonidos que son emitidas por las cuatro unidades de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente son también ondas esféricas, y los frentes de onda de las ondas de ultrasonidos emitidas son unas superficies de esfera con un radio uniforme.

50 Debido a que la superficie interior de cada una de las anteriores cuatro lentes de enfoque 16 es una parte de una superficie de esfera, todas las lentes de enfoque tienen una distancia igual con respecto al centro esférico, y una cavidad esférica con forma de tronco con un centro esférico en su interior se puede formar mediante la unión de estas entre sí (sin duda alguna, una cavidad esférica con forma de cubierta o una cavidad esférica truncada también se puede formar mediante la unión de estas entre sí). Es decir, la cavidad interna de la cavidad resonante esférica formada por el transductor de ultrasonidos tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, y la cavidad interna de la cavidad resonante esférica que tiene una forma de cubierta esférica en sección transversal está configurada como una cavidad esférica con forma de tronco.

55 Otras estructuras y aplicaciones de las mismas en la presente realización son las mismas que las de la realización 3 y no se explicarán en el presente caso.

## REIVINDICACIONES

1. Un transductor de ultrasonidos que incluye una o una pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1), los frentes de onda de ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) son unas superficies de esfera con un radio uniforme, la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) tienen una función de reflexión de ultrasonidos, **caracterizado por que** la una unidad de emisión de ultrasonidos está configurada para formar una cavidad resonante esférica o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos están configuradas para formar de forma colectiva una cavidad resonante esférica, una cavidad interna de dicha cavidad resonante esférica es una cavidad con forma de cubierta esférica completa (10) o una cavidad con forma de cubierta esférica en sección transversal con un centro esférico en su interior, las curvas que forman la cavidad interna incluyen curvas circunferenciales que pasan a través del centro esférico, de tal modo que la cavidad resonante esférica forma una trayectoria de sonido cerrada en la dirección circunferencial que es perpendicular con respecto al eje central, y las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) están enfocadas sobre un área en la que está ubicado el centro esférico de dicha cavidad resonante esférica.
2. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene la forma de cubierta esférica en sección transversal con el centro esférico en su interior, y dicha cavidad interna que tiene la forma de cubierta esférica en sección transversal está configurada como una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal truncada o una cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco.
3. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la cavidad interna de dicha cavidad resonante esférica es la cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco con el centro esférico en su interior, una superficie de debajo superior (S1) y una superficie de debajo inferior (S2) de dicha cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico; o la cavidad interna de dicha cavidad resonante esférica es la cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco con el centro esférico en su interior, una superficie de debajo superior (S1) y una superficie de debajo inferior (S2) de dicha cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico no es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico.
4. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la cavidad interna de dicha cavidad resonante esférica es la cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco con el centro esférico en su interior, una superficie de debajo superior (S1) y una superficie de debajo inferior (S2) de dicha cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal con forma de tronco no son paralelas una con respecto a otra, y la distancia entre la superficie de debajo superior y el centro esférico es igual a o no es igual a la distancia entre la superficie de debajo inferior y el centro esférico.
5. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la cavidad interna con forma de cubierta esférica en sección transversal truncada comprende una cavidad esférica con forma de corona (11) y una cavidad esférica con forma de tronco (13, 14) con el centro esférico en su interior, una superficie de debajo de dicha cavidad esférica con forma de corona (11) está equipada con y conectada a una de las superficies de debajo de dicha cavidad esférica con forma de tronco (13, 14), y la conexión entre dicha cavidad esférica con forma de corona y dicha cavidad esférica con forma de tronco es desmontable o fija.
6. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la cavidad interna de la cavidad resonante esférica tiene la forma de cubierta esférica, dicha cavidad interna que tiene la forma de cubierta esférica comprende una cavidad esférica truncada (12) y una cavidad esférica con forma de corona (11), una superficie de debajo de dicha cavidad esférica truncada (12) está equipada con y conectada a una superficie de debajo de dicha cavidad esférica con forma de corona (11), y la conexión entre dicha cavidad esférica truncada y dicha cavidad esférica con forma de corona es desmontable o fija; o dicha cavidad interna que tiene la forma de cubierta esférica comprende una cavidad esférica con forma de tronco (13, 14) con un centro esférico en su interior, y dos cavidades esféricas con forma de corona (11) que se proporcionan respectivamente en unos extremos superior e inferior de dicha cavidad esférica con forma de tronco, las superficies de debajo de dichas dos cavidades esféricas con forma de corona están equipadas con y conectadas a una superficie de debajo superior y a una superficie de debajo inferior de la cavidad esférica con forma de tronco respectivamente, y la conexión entre dicha cavidad esférica con forma de tronco y las dos cavidades esféricas con forma de corona es desmontable o fija.
7. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por que** se usa la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1), y las ondas de ultrasonidos que son emitidas por la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos tienen la misma frecuencia.
8. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** el intervalo de la

frecuencia de trabajo de la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) es de 20 kHz a 10 MHz.

9. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el intervalo de la frecuencia de trabajo de la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) es de 0,1 MHz a 0,6 MHz.

5 10. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** en dicha cavidad resonante esférica hay abierto un orificio (20) para que se pase a su través un dispositivo de supervisión de imágenes.

10 11. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) están configuradas como unidades de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque o unidades de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente.

15 12. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por que** el intervalo de la frecuencia de trabajo de la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) es de 20 kHz a 10 MHz.

20 13. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el intervalo de la frecuencia de trabajo de la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) es de 0,1 MHz a 0,6 MHz.

14. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por que** en dicha cavidad resonante esférica hay abierto un orificio (20) para que se pase a su través un dispositivo de supervisión de imágenes..

25 15. El transductor de ultrasonidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por que** la una o la pluralidad de unidades de emisión de ultrasonidos (1) están configuradas como unidades de transducción de ultrasonidos de auto-enfoque o unidades de transducción de ultrasonidos de enfoque de lente.

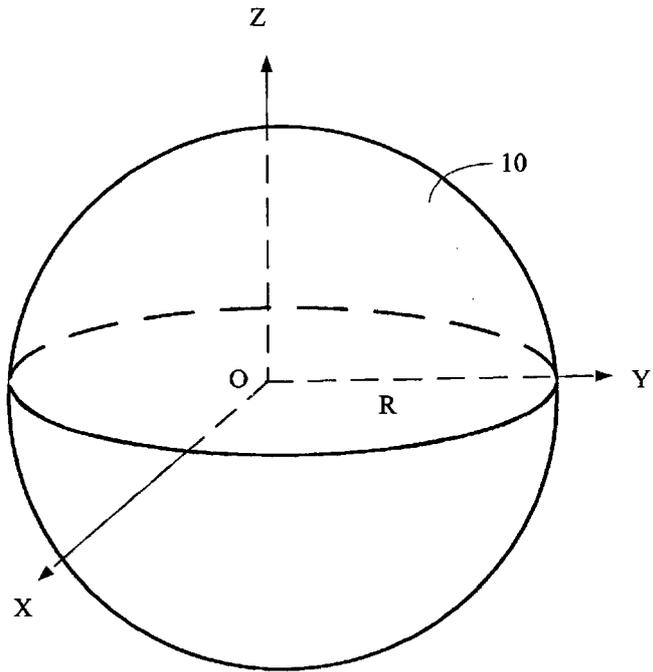


Fig. 1

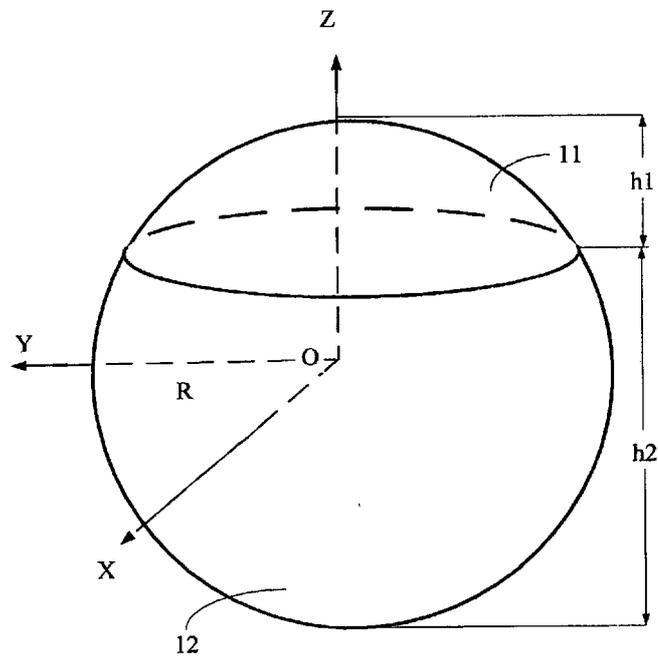


Fig. 2

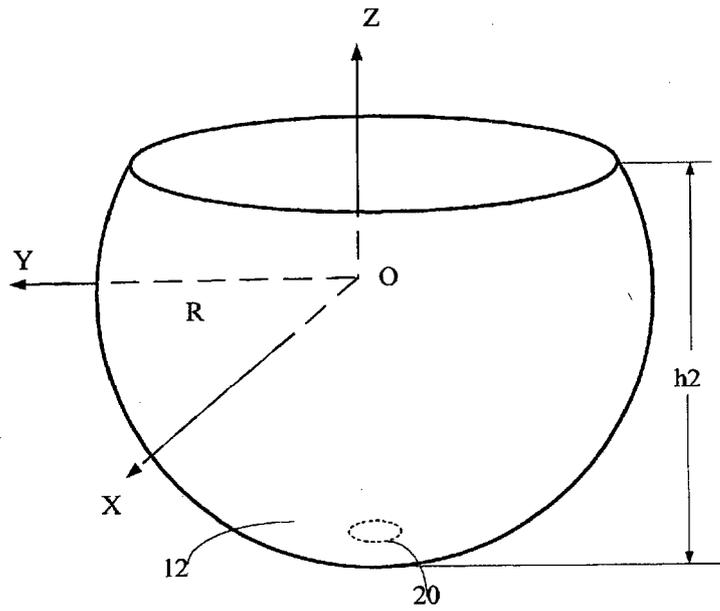


Fig. 3

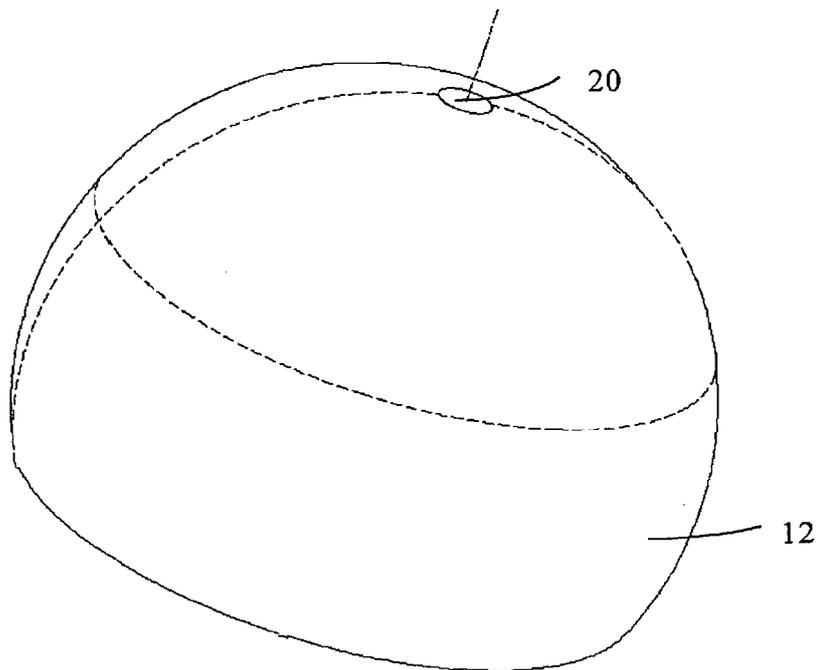


Fig. 4

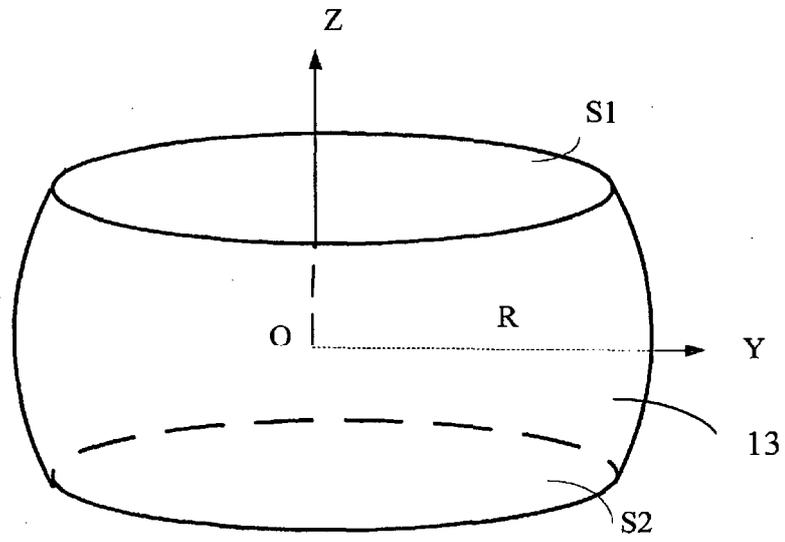


Fig. 5

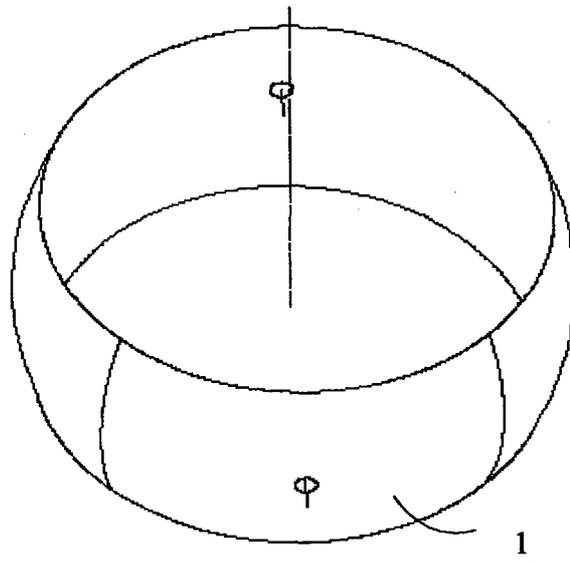


Fig. 6

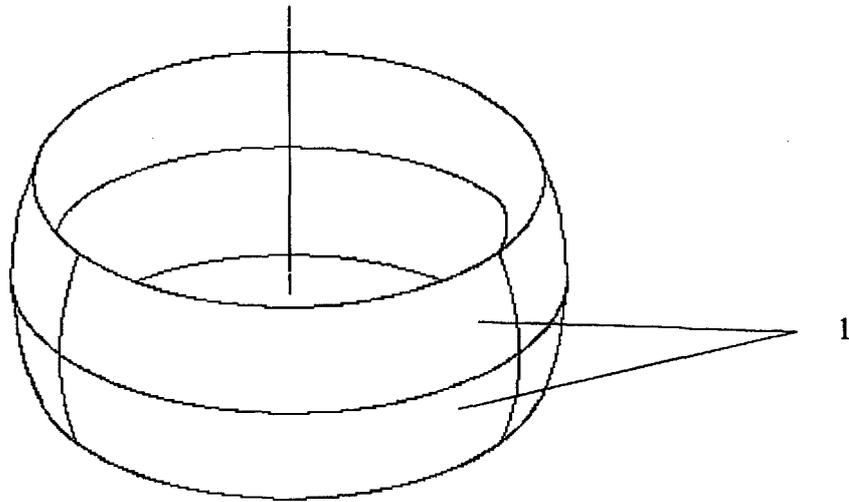


Fig. 7

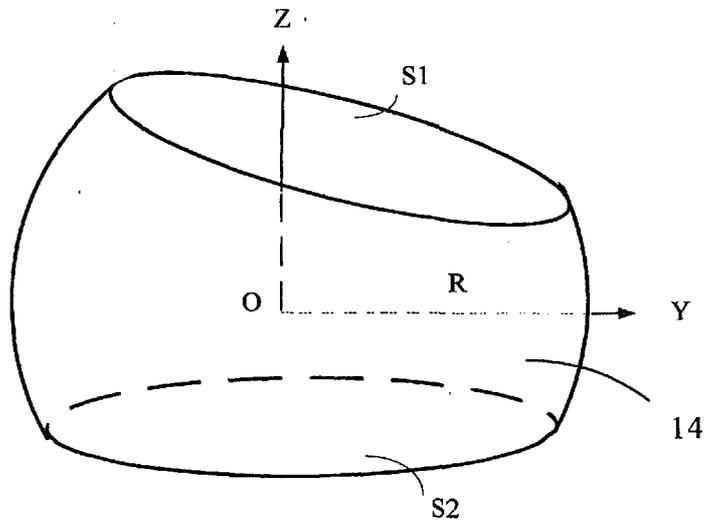


Fig. 8

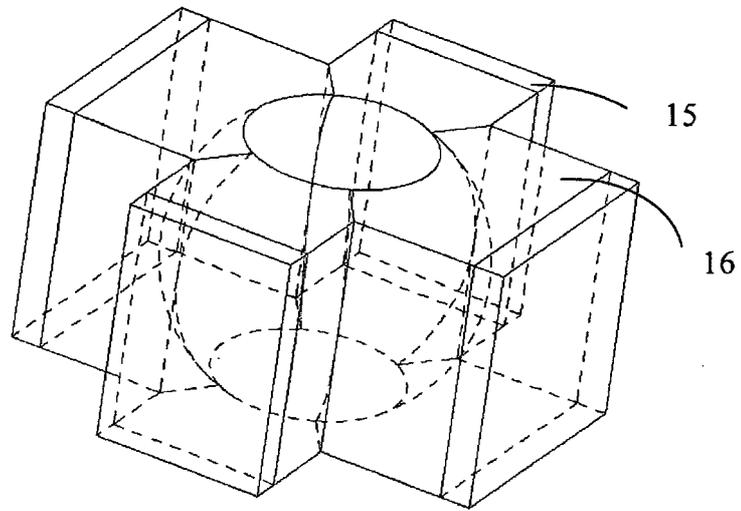


Fig. 9

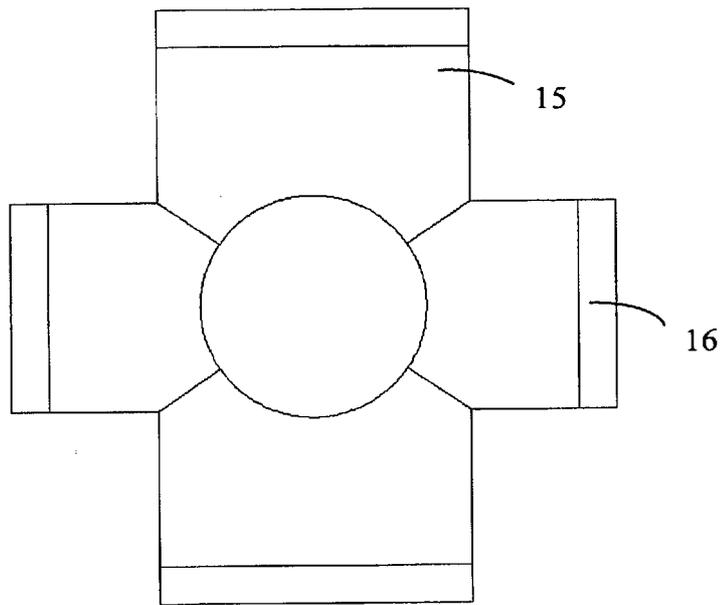


Fig. 10

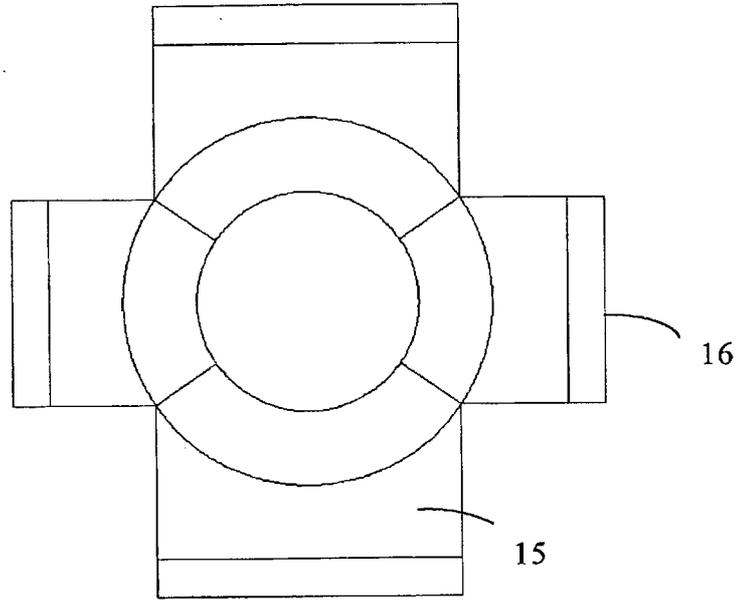


Fig. 11