

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 224**

51 Int. Cl.:

G10K 11/28 (2006.01)

G10K 11/32 (2006.01)

G10K 15/04 (2006.01)

A61N 7/00 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 17/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2007 PCT/CN2007/000513**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.03.2008 WO08028373**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2007 E 07710938 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 2064994**

54 Título: **Transductor ultrasónico de resonancia**

30 Prioridad:

04.09.2006 CN 200610128644

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

06.10.2020

73 Titular/es:

**CHONGQING RONGHAI MEDICAL ULTRASOUND
INDUSTRY LTD. (100.0%)
1 Qingsong Road, Renhe Town Yubei District
Chongqing 401121, CN**

72 Inventor/es:

**WANG, HUA;
WU, FENG;
WANG, HAI y
YAN, SIYUAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 785 224 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 ultrasónico de resonancia

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un transductor ultrasónico y, en particular, a un transductor ultrasónico de resonancia con un modo de distribución ultrasónica de cavidad de resonancia.

10 Antecedentes de la invención

La eficiencia de emisión ultrasónica de un transductor ultrasónico se puede mejorar mediante la superposición de las ondas ultrasónicas emitidas desde un transductor ultrasónico y las ondas ultrasónicas reflejadas. En sus diseños de un microscopio confocal ultrasónico de reflexión, la patente japonesa n.º JP6102260 adopta este método para
15 aumentar los campos acústicos en la muestra que se va a observar con el fin de mejorar la calidad de formación de imágenes de un microscopio ultrasónico.

La patente alemana n.º: DE3131796 (título de la invención: *Scanning ultrasonic microscope* (Microscopio ultrasónico de barrido)) adopta dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica confocales, que tienen un punto focal común.
20 Un transductor actúa como fuente de ultrasonidos para transmitir ondas ultrasónicas y el otro actúa como un receptor para recibir ondas ultrasónicas que obtiene la imagen de la sustancia a partir de las señales recibidas.

El documento US 3 948 350 A se refiere a una cavidad resonante acústica. Los modos de haces acústicos resonantes son generados por una fuente de energía acústica y una pluralidad de reflectores dispuestos a lo largo
25 de una trayectoria.

Sin embargo, las patentes que se han mencionado anteriormente solo divulgaron el uso de dos transductores ultrasónicos o uno de los mismos sustituido por un reflector con el fin de aumentar el campo acústico en el punto
30 ultrasónico.

Sumario de la invención

Dirigiéndose a las desventajas de la técnica anterior como se ha mencionado anteriormente, la presente invención
35 proporciona un transductor ultrasónico de resonancia, que puede formar una distribución específica del campo acústico. Mediante la formación de una cavidad de resonancia ultrasónica con parámetros especiales, el campo acústico de transmisión de un transductor ultrasónico se pone en coincidencia con el campo acústico de reflexión de otro transductor ultrasónico y, por consiguiente, un campo ultrasónico específico, tal como un campo de enfoque ultrasónico altamente enfocado, se puede formar en una cavidad de resonancia.

Las soluciones técnicas para los problemas propuestos por la presente invención son el transductor ultrasónico de resonancia, que comprende una primera fuente de ultrasonidos para transmitir ondas ultrasónicas y una unidad de reflexión dispuesta de forma opuesta a la primera fuente de ultrasonidos. Dicha primera fuente de ultrasonidos y la
40 unidad de reflexión constituyen una cavidad de resonancia.

Después de constituir una cavidad de resonancia, las ondas ultrasónicas transmitidas desde la primera fuente de ultrasonidos se reflejarán repetidamente entre la primera fuente de ultrasonidos y la unidad de reflexión y, por lo tanto, se forma una resonancia. Por lo tanto, dicha primera fuente de ultrasonidos en la presente invención también
45 puede actuar como una unidad de reflexión.

Dicha unidad de reflexión se logra mediante una segunda fuente de ultrasonidos con una función de reflexión.

Tales dos transductores de ultrasonidos se disponen de forma opuesta y el campo acústico formado en la cavidad no es la superposición sencilla de dos campos acústicos de dos transductores de ultrasonidos dispuestos de forma
50 opuesta, sino la superposición coherente de los campos ultrasónicos formados por la reflexión repetida de las caras de extremo de dos transductores de ultrasonidos dispuestos de forma opuesta y la transmisión de la fuente de ultrasonidos. La distribución del campo acústico formado por la superposición se puede determinar conjuntamente mediante la distancia entre los dos transductores de ultrasonidos dispuestos de forma opuesta, el calibre y la distancia focal de los transductores de ultrasonidos, la capacidad de reflexión de las superficies de los transductores
55 de ultrasonidos y los parámetros acústicos del medio entre los transductores de ultrasonidos. La distribución del campo acústico formado por la superposición se puede analizar mediante el método similar de una cavidad de resonancia óptica, es decir, una distribución específica del campo ultrasónico transmitido desde un transductor ultrasónico se puede formar por medio del establecimiento de los parámetros para una cavidad de resonancia ultrasónica. Debido a que el calibre eficaz del campo acústico de enfoque formado en una cavidad de resonancia
60 ultrasónica es más grande que el calibre eficaz de un único transductor ultrasónico, el campo acústico de un transductor, en especial el transductor ultrasónico enfocado, se pueden concentrar más por medio del
65

establecimiento de los parámetros de la forma del transductor ultrasónico de resonancia y los parámetros de la relación entre los transductores. Este tipo de transductor ultrasónico de resonancia con una alta tasa de utilización de energía y la alta relación de señal con respecto a ruido se puede usar para diagnóstico ultrasónico, terapia ultrasónica y detección ultrasónica.

5 El principio básico de la presente invención es como sigue:

El mecanismo de formación de un transductor ultrasónico de resonancia en la presente invención es similar a la distribución de las ondas de luz en la cavidad de resonancia óptica. Debido a que, en la medición y terapia de ultrasonidos, el medio puesto en contacto con un transductor ultrasónico es un medio líquido o un tejido del cuerpo humano, pero la onda ultrasónica, que es un tipo de onda mecánica, se representa principalmente como una onda longitudinal en el medio líquido y el tejido del cuerpo humano. Cuando la onda ultrasónica se transmite en la interfase de dos tipos de sustancias, tendrán lugar una reflexión y una refracción. Las reglas de la reflexión y la refracción cumplen la Ley de Snell. La ecuación de onda hallada en una cavidad de resonancia es consistente con la ecuación de onda escalar de una onda de luz.

$$c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \nabla^2 p \quad (1)$$

En donde p es la presión de sonido; c es la velocidad del sonido del medio en la cavidad.

20 Como se muestra en la figura 1, cuando dos fuentes de ultrasonidos dispuestas de forma opuesta, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2 se colocan de forma coaxial (en donde una de las fuentes de ultrasonidos es una unidad de reflexión ultrasónica), el medio, en el que se pueden transmitir los ultrasonidos, se carga en el espacio entre las dos fuentes de ultrasonidos. Debido a que las fuentes de ultrasonidos pueden transmitir y reflejar una onda ultrasónica, dos fuentes de ultrasonidos forman una cavidad de resonancia ultrasónica. La distribución del campo acústico en la cavidad de resonancia es la superposición del campo acústico de transmisión directa del transductor y el campo acústico de reflexión de la superficie del transductor.

El modo de funcionamiento de la cavidad de resonancia de la primera fuente de ultrasonidos y la segunda fuente de ultrasonidos influirá en gran medida sobre la distribución de campos acústicos en la cavidad de resonancia. En este tipo de cavidad de resonancia solo puede existir de forma estable un campo acústico con una distribución específica. Debido a que el tiempo para el establecimiento de un campo acústico estable es corto, el campo acústico se mantiene estable solo en el caso de un campo acústico con una distribución específica que existe en una cavidad de resonancia. Estos campos acústicos con una distribución específica en una cavidad de resonancia están relacionados con los parámetros de la cavidad de resonancia y estos se pueden describir mediante los modos de los campos acústicos. Debido a que la distribución de los campos acústicos se puede dividir en distribución espacial y distribución de tiempo, los campos acústicos estables que existen en una cavidad de resonancia se pueden representar mediante un modo de tiempo o un modo espacial (que se corresponden, respectivamente, con el modo longitudinal y el modo transversal de una cavidad de resonancia óptica). El modo de tiempo se corresponde con el límite de frecuencia de estos campos acústicos. Si se va a formar una distribución estable de los campos acústicos en la cavidad de resonancia, la frecuencia de funcionamiento de la primera fuente de ultrasonidos y la segunda fuente de ultrasonidos han de ser valores de frecuencia específicos. Estos valores de frecuencia específicos están relacionados con la longitud de la cavidad de resonancia. La frecuencia de ultrasonidos que existe de forma estable en una cavidad de resonancia es como sigue:

$$f = \frac{kc}{2L} \quad k: \text{Número entero} \quad (2)$$

En donde f es la frecuencia, c es la velocidad del sonido del medio y L es la distancia entre dos transductores (es decir, la longitud de la cavidad de resonancia).

50 Si se va a formar una distribución estable de los campos acústicos en la cavidad de resonancia, aparte de la condición de frecuencia de las ondas ultrasónicas, también se ha de cumplir la condición de distribución espacial (el modo espacial), debido a que la distribución estable de ondas ultrasónicas en la cavidad de resonancia es el resultado de la superposición de los campos acústicos reflejados repetidamente por las dos superficies de reflexión que constituyen la cavidad de resonancia y el campo acústico de transmisión de la fuente de ultrasonidos. Por lo tanto, la onda ultrasónica comienza desde una superficie de reflexión y se transmite a la otra superficie de reflexión y entonces es reflejada y se transmite de vuelta a la superficie de reflexión inicial. La distribución de los campos ultrasónicos sobre la superficie de reflexión debería ser la misma que cuando empieza esta. Al igual que en la ecuación de flujo:

$$\begin{aligned} \gamma_1 p_1(x_1, y_1) &= -\frac{i}{\lambda L} \iint_{s_2} p_2(x_2, y_2) \exp(-ikr) dx_2 dy_2 \\ \gamma_2 p_2(x_2, y_2) &= -\frac{i}{\lambda L} \iint_{s_1} p_1(x_1, y_1) \exp(-ikr) dx_1 dy_1 \end{aligned} \quad (3)$$

$$r \approx \sqrt{L^2 + (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

5 En donde $p_1(x_1, y_1)$ es la distribución de presión acústica de la superficie de reflexión de la primera fuente de ultrasonidos; $p_2(x_2, y_2)$ es la distribución de presión acústica de la superficie de reflexión de la segunda fuente de ultrasonidos (como se muestra en la figura 2), en donde (x_1, y_1) y (x_2, y_2) son, respectivamente, las coordenadas de la superficie de cavidad de la cavidad de resonancia de un transductor, γ_1 y γ_2 son, respectivamente, el coeficiente de reflexión de una onda ultrasónica de dos superficies de cavidad y X es la longitud de onda ultrasónica en una cavidad de resonancia.

10 Debido a que la fórmula (3) es un conjunto de ecuaciones integrales. Este conjunto de ecuaciones se debería solucionar mediante un método numérico. No obstante, en condiciones especiales, este conjunto de ecuaciones puede obtener una solución analítica, por ejemplo, cuando el armazón exterior de cristal piezoeléctrico es un armazón rectangular y L es lo bastante largo para establecer la superficie de una cavidad de resonancia como un plano llano cuando se calcula la distancia de "r", entonces la distribución de los campos acústicos sobre su superficie es:

$$P_{1mn} = P_{10} \exp\left(\frac{x_1^2 + y_1^2}{W_1^2}\right) H_m\left(\sqrt{2} \frac{x_1}{W_1}\right) H_n\left(\sqrt{2} \frac{y_1}{W_1}\right)$$

$$P_{2mn} = P_{20} \exp\left(\frac{x_2^2 + y_2^2}{W_2^2}\right) H_m\left(\sqrt{2} \frac{x_2}{W_2}\right) H_n\left(\sqrt{2} \frac{y_2}{W_2}\right) \quad (4)$$

$$W_1^2 = \frac{\lambda L}{\pi} \left[\frac{g_2}{g_1(1-g_1g_2)} \right]^{1/2} \quad W_2^2 = \frac{\lambda L}{\pi} \left[\frac{g_1}{g_2(1-g_1g_2)} \right]^{1/2} \quad g_i = 1 - \frac{R_i}{L} \quad i = 1, 2$$

25 En donde P_{10} , P_{20} se corresponden, respectivamente, con las amplitudes del campo acústico de ondas ultrasónicas en el centro de la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2; R_1 , R_2 se corresponden, respectivamente, con los radios de la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2; P_{1mn} , P_{2mn} se corresponden, respectivamente, con las distribuciones de los campos acústicos de la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2 con un símbolo de modo de "m" en la dirección horizontal y un símbolo de modo de "n" en la dirección vertical (m, n = 0, 1, 2, 3, ...).

30 $H_m(\cdot)$ es la función de Hankel de orden m.

35 En la cavidad de resonancia, el campo acústico estable formado en la superficie de cavidad de resonancia debería cumplir la fórmula (3). Cuando la forma de una cavidad de resonancia es un rectángulo y se puede aplicar la aproximación casi axial, el campo acústico estable formado en la superficie de cavidad de resonancia debería cumplir la fórmula (4).

40 La figura 3 muestra la distribución estable de orden bajo de la presión de sonido sobre la superficie reflectora cuando la forma exterior de una cavidad de resonancia es un cristal piezoeléctrico cuadrado (representada mediante modos), los modos en esta figura son órdenes de la función de Hankel (es decir, m, n en la fórmula (4)).

45 Cuando el armazón de cristal piezoeléctrico es redondo, su distribución sobre la superficie reflectora se puede seguir representando mediante una forma analítica y la distribución de la presión de sonido sobre la superficie de un transductor de ultrasonidos es:

$$P_{1mn}(r_1, \phi_1) = \exp(-r_1^2/W_1^2) \left[\frac{\sqrt{2}r_1}{W_1} \right]^n L_m^{(n)}(-2r_1^2/W_1^2) \begin{cases} \cos n\phi_1 \\ \sin n\phi_1 \end{cases}$$

$$P_{2mn}(r_2, \phi_2) = \exp(-r_2^2/W_2^2) \left[\frac{\sqrt{2}r_2}{W_2} \right]^n L_m^{(n)}(-2r_2^2/W_2^2) \begin{cases} \cos n\phi_2 \\ \sin n\phi_2 \end{cases} \quad (5)$$

50 En donde $L_m^{(n)}$ es un polinomio de Laguerre; r_1 , r_2 , (Φ_1, Φ_2) representan, respectivamente, las coordenadas polares de las superficies de transductor de ultrasonidos S_1 y S_2 . La distribución estable del campo acústico ha de cumplir la fórmula (5). La figura 4 muestra los modos de distribución estable de la presión de sonido sobre la superficie reflectora (orden bajo) cuando la forma es un cristal piezoeléctrico redondo, las cifras de modo en esta figura son m y n en la fórmula (5).

55 La distribución determinada sobre una superficie de cavidad se corresponde con una distribución estable en la cavidad. De acuerdo con la ecuación de onda, la distribución de ondas ultrasónicas en una cavidad de resonancia tiene una distribución de Gauss como se muestra en la figura 5. Debido a que el modo de orden más bajo tiene una

buena directividad, energía concentrada y menos pérdida acústica, siempre se usa el modo de orden bajo, es decir, el modo fundamental, en la detección y terapia de ultrasonidos. W_0 es el radio de lugar de haces acústicos en una cavidad de resonancia, bajo la condición de un modo fundamental, la distribución del campo acústico en una cavidad de resonancia es:

5

$$P(z, r) = \frac{P_0}{1-i z/z_0} \exp \left[-\frac{r^2/W_0^2}{1-i z/z_0} \right] \quad (6)$$

En donde z_0 es una constante y $z_0 = W_0^2 \pi / \lambda_0$.

10 En la terapia ultrasónica, debido a que se requiere la ganancia máxima en el punto focal (la posición de tamaño de lugar) de las ondas ultrasónicas, se requiere el radio de lugar mínimo. Por lo tanto, la relación entre el radio de lugar y los parámetros de una cavidad de resonancia debería ser conocida. Cuando las superficies de reflexión de un cristal piezoeléctrico constituyen tipos diferentes de cavidades de resonancia, las relaciones entre el radio de lugar y los parámetros de una cavidad de resonancia son diferentes. Esta relación entre los mismos se puede mostrar como sigue:

15

$$W_0 = \sqrt{\frac{\lambda [L(R_1-L)(R_2-L)(R_1+R_2-L)]^{1/4}}{\pi (R_1+R_2-2L)^{1/2}}} \quad (7)$$

La distancia desde el lugar a la superficie de un transductor de ultrasonidos es:

20

$$l_1 = \frac{L(R_2-L)}{R_1+R_2-2L}$$

$$l_2 \simeq \frac{L(R_2-L)}{R_1+R_2-2L} \quad (8)$$

25

En donde l_1 y l_2 representan, respectivamente, las distancias desde el lugar a la superficie de la primera fuente de ultrasonidos (cristal piezoeléctrico) 1 y la superficie de la segunda fuente de ultrasonidos (cristal piezoeléctrico) 2, es decir, las distancias desde el punto focal a las superficies de dos cristales piezoeléctricos. De acuerdo con los radios de superficie de cavidad de los transductores de ultrasonidos y la distancia entre dos transductores (la longitud de la cavidad), el transductor de resonancia se puede dividir en uno simétrico, uno confocal, uno concéntrico y uno concéntrico y simétrico, etc. La relación entre el radio de estas cavidades de resonancia y la longitud de la cavidad es como sigue:

30

Simétrico: $R_1 = R_2$
Confocal:

35

$$L = (R_1 + R_2) / 2$$

Concéntrico:

40

$$L = (R_1 + R_2)$$

Concéntrico y simétrico: $L = (R_1 + R_2), R_1 = R_2$

45 La característica de una cavidad de resonancia simétrica es que el campo acústico es simétrico a lo largo de la dirección axial de la cavidad de resonancia, con el eje de cavidad vertical y a través del punto central de la cavidad de resonancia.

La cavidad de resonancia confocal tiene una longitud de cavidad corta y la posición superpuesta del campo acústico de reflexión está en el punto focal del campo acústico de reflexión. Este tipo de cavidades de resonancia se puede ajustar fácilmente.

50

La característica de una cavidad de resonancia concéntrica es que, en teoría, los centros superpuestos de todas las reflexiones de las ondas acústicas reflejadas son iguales, pero es difícil ajustar los mismos.

55

La característica de una cavidad de resonancia concéntrica y simétrica es que, aparte del mismo centro superpuesto, el centro superpuesto está en el centro de la esfera y, en principio, el punto focal de los ultrasonidos enfocados es muy pequeño.

60 De acuerdo con la fórmula (7), se puede observar que conseguir el tamaño mínimo del punto focal (el tamaño de lugar) es formar una cavidad de resonancia concéntrica, es decir, $(R_1 + R_2 - L) = 0$. La cavidad de resonancia

formada por las superficies de reflexión de cristales piezoeléctricos de color ocre puede tener un punto focal con un tamaño mínimo.

5 Sin embargo, durante un uso práctico, debido a que el ajuste y montaje de la cavidad de resonancia concéntrica son difíciles, se puede aplicar la cavidad de resonancia no concéntrica (por ejemplo, una cavidad de resonancia confocal), pero el lugar es un poco más grande.

10 Sin embargo, la cavidad de resonancia ultrasónica constituida por fuentes de ultrasonidos es diferente de la cavidad de resonancia de láser común. La energía óptica en la cavidad de resonancia de láser es excitada por otras energías diferentes y el campo óptico coherente en la cavidad de resonancia de láser es solo el campo de láser. No obstante, el campo acústico en una cavidad de resonancia ultrasónica es introducido por transductores ultrasónicos y la onda ultrasónica de la fuente de ultrasonidos es completamente coherente con la onda ultrasónica que se hace oscilar en una cavidad de resonancia. El campo acústico total en una cavidad de resonancia es igual a la suma del campo acústico de la fuente de ultrasonidos y el campo acústico que se hace oscilar en una cavidad de resonancia. Con el fin de tener un único modo en una cavidad de resonancia de la mejor forma posible, el campo acústico sobre la superficie de salida de la fuente de ultrasonidos debería ser similar a la distribución de campo acústico sobre la superficie de salida de la fuente de ultrasonidos del modo seleccionado en una cavidad de resonancia. Por lo tanto, cuando se requiere el modo fundamental en una cavidad de resonancia, el campo acústico de entrada sobre la superficie de salida de la fuente de ultrasonidos debería ser similar a la distribución del modo fundamental de esa superficie. Cuando se necesita un modo de orden alto, este debería ser similar a la distribución de modo de orden alto.

25 Se pueden aplicar unas unidades acústicas en dicha cavidad de resonancia, por ejemplo, se pueden usar unidades de enfoque acústico para enfocar las ondas ultrasónicas.

Una cualquiera de dichas fuentes de ultrasonidos tiene una ventana de salida, a través de la cual se pueden transmitir las ondas ultrasónicas en una cavidad de resonancia desde la cara de extremo de ese transductor ultrasónico y, por lo tanto, las ondas ultrasónicas en una cavidad de resonancia se pueden aplicar al sitio deseado.

30 En donde R y L se pueden aplicar con unos valores correspondientes apropiados de acuerdo con las necesidades de uso siempre que se cumpla la relación correspondiente entre dos partes.

35 El transductor ultrasónico de resonancia de la presente invención se puede usar ampliamente en dispositivos de diagnóstico ultrasónico, de terapia ultrasónica y de detección ultrasónica y lograr un enfoque y un control eficaces de un campo ultrasónico.

40 Dichas fuentes de ultrasonidos pueden adoptar fuentes de ultrasonidos enfocadas o fuentes de ultrasonidos no enfocadas de acuerdo con las necesidades. Por ejemplo, en cirugía, las fuentes de ultrasonidos enfocadas se pueden usar para tratar el cáncer de hígado, etc. Para el tratamiento del dolor de la articulación de la rodilla u otras enfermedades, se pueden usar las fuentes de ultrasonidos no enfocadas y, en su mayor parte, se pueden lograr buenos efectos terapéuticos.

45 Un dispositivo de diagnóstico ultrasónico comprende un transductor ultrasónico. Dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia como se ha mencionado anteriormente.

Un dispositivo de terapia ultrasónica comprende un transductor ultrasónico. Dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia como se ha mencionado anteriormente.

50 Un dispositivo de detección ultrasónica comprende un transductor ultrasónico. Dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia como se ha mencionado anteriormente.

Breve descripción de las figuras

55 La figura 1 es un diagrama estructural de un transductor ultrasónico de resonancia de la realización 1 de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de relación de campos acústicos de una superficie de cavidad de resonancia.

La figura 3 es un diagrama de modo de una distribución estable de orden bajo de la presión de sonido de un cristal piezoeléctrico cuadrado.

60 La figura 4 es un diagrama de modo de una distribución estable de orden bajo de la presión de sonido de un cristal piezoeléctrico redondo.

La figura 5 es un diagrama de modo de distribución de un campo acústico estable que tiene una distribución de Gauss en una cavidad de resonancia.

La figura 6 es un diagrama estructural de la realización 2 de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama estructural de la realización 3 de la presente invención.

65 La figura 8 es un diagrama estructural de la realización 4 de la presente invención.

La figura 9 es un diagrama estructural de la realización 5 de la presente invención.

La figura 10 es un diagrama estructural de la realización 6 de la presente invención.

La figura 11 es un diagrama estructural de la realización 7 de la presente invención.

La figura 12 es un diagrama estructural de la realización 8 de la presente invención.

La figura 13 es un diagrama estructural de la realización 9 de la presente invención.

5 En donde: 1 - Primera fuente de ultrasonidos 2 - Segunda fuente de ultrasonidos/ Unidad de reflexión 3 - Ventana de salida 4 - Unidad acústica.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

10 La presente invención se explicará adicionalmente en detalle posteriormente con referencia a las realizaciones preferidas y a los dibujos adjuntos.

15 El transductor ultrasónico de resonancia de la presente invención se define de acuerdo con la reivindicación 1. Este comprende una primera fuente de ultrasonidos para transmitir un ultrasonido y una unidad de reflexión dispuesta de forma opuesta a la primera fuente de ultrasonidos. La primera fuente de ultrasonidos y la unidad de reflexión constituyen una cavidad de resonancia. Dicha unidad de reflexión es una segunda fuente de ultrasonidos con una función de reflexión.

20 Las siguientes realizaciones son las realizaciones no restrictivas de la presente invención.

Realización 1:

25 Esta realización muestra un modo de funcionamiento coaxial de dos transductores ultrasónicos.

Como se muestra en la figura 1, en esta realización, tanto la fuente de ultrasonidos como la unidad de reflexión, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2, adoptan transductores ultrasónicos de cubierta esférica. Dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica se colocan de forma coaxial y sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 . Estableciendo la longitud de dicha cavidad de resonancia como L , con el fin de reducir la atenuación geométrica y la pérdida por difracción, se requiere que $L < R_1 + R_2$. $2a_1$ y $2a_2$ en la figura 1 representan, respectivamente, los calibres de dos transductores ultrasónicos.

30 Dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica pueden funcionar conjuntamente o de forma individual. Cuando funciona uno cualquiera de los transductores, el otro solo puede actuar como un reflector. O dos transductores funcionan de forma alterna.

35 Cuando se usan estos transductores ultrasónicos de resonancia para el tratamiento de resección y cuando la diana de la enfermedad de un paciente se coloca entre dos transductores, las ondas de ultrasonidos están altamente concentradas en el lugar en una cavidad de resonancia debido a la reflexión de la superficie de transductor. Cuando la diana de la enfermedad de un paciente se solapa con el lugar, la temperatura de la diana de la enfermedad aumenta por encima de 60 grados centígrados y tendrá lugar la necrosis por coagulación del tejido y, por consiguiente, se puede lograr el tratamiento. Si se va a tratar el cáncer de piernas, R_1 puede ser 120 mm; R_2 puede ser 110 mm y L puede ser 200 mm.

45 Realización 2:

Esta realización muestra un modo de funcionamiento simétrico de los transductores ultrasónicos.

50 Como se muestra en la figura 6, en esta realización, tanto la fuente de ultrasonidos como la unidad de reflexión, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2, adoptan transductores ultrasónicos de cubierta esférica. Dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica se colocan de forma coaxial y simétrica y sus radios son ambos R . Estableciendo la longitud de dicha cavidad de resonancia como L , con el fin de reducir la atenuación geométrica y la pérdida por difracción, se requiere que $L < 2R$.

55 En esta realización, el lugar de la cavidad de resonancia se ubica justo en el centro de dos transductores ultrasónicos. Una forma de usar esta realización es la misma que la de la realización 1. Si se va a tratar el cáncer de piernas, R puede ser 120 mm y L puede ser 200 mm.

Realización 3:

60 Esta realización muestra un modo de funcionamiento concéntrico de los transductores ultrasónicos.

65 Como se muestra en la figura 7, en esta realización, tanto la fuente de ultrasonidos como la unidad de reflexión, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2, adoptan transductores ultrasónicos de cubierta esférica. Dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica se colocan de forma coaxial y concéntrica. Sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 . Estableciendo la longitud de dicha cavidad de resonancia como L , se

requiere que $L = R_1 + R_2$. La característica de este tipo de dispositivo es que el tamaño de lugar es pequeño. Una forma de usar esta realización es la misma que la de la realización 1. Si se va a tratar el cáncer de piernas, R_1 puede ser 120 mm; R_2 puede ser 110 mm y L puede ser 230 mm.

5 Realización 4:

Esta realización muestra un modo de funcionamiento concéntrico y simétrico de los transductores ultrasónicos.

10 Como se muestra en la figura 8, en esta realización, tanto la fuente de ultrasonidos como la unidad de reflexión, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2, adoptan transductores ultrasónicos de cubierta esférica. Dos transductores ultrasónicos de cubierta esférica se colocan de forma coaxial y concéntrica y sus radios son ambos R . Estableciendo la longitud de dicha cavidad de resonancia como L , se requiere que $L = 2R$. La característica de este tipo de dispositivo es que el tamaño de lugar es pequeño y el lugar de la cavidad de resonancia se ubica justo en el centro de dos transductores ultrasónicos. Una forma de usar esta realización es la misma que la de la realización 1. Si se va a tratar el cáncer de piernas, el radio de dos transductores " R " es 120 mm y L es 240 mm.

Realización 5:

20 Esta realización muestra un modo de funcionamiento confocal de los transductores ultrasónicos.

Como se muestra en la figura 9, dicha fuente de ultrasonidos y dicha unidad de reflexión se colocan de forma confocal. Sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 . Estableciendo la longitud de dicha cavidad de resonancia como L , en este instante, los parámetros de la cavidad de resonancia tienen la siguiente relación: $2L = R_1 + R_2$. El radio de lugar de esta cavidad de resonancia es:

$$W_0 = \frac{\lambda L}{2\pi}$$

30 Los transductores ultrasónicos de resonancia constituidos por este modo tienen ventajas de una pérdida de difracción pequeña y un ajuste sencillo. Una forma de usar esta realización es la misma que la de la realización 1. Si se va a tratar el cáncer de piernas, R_1 puede ser 120 mm; R_2 puede ser 110 mm y L puede ser 115 mm.

Realización 6:

35 En esta realización, como se muestra en la figura 10, dos transductores ultrasónicos constituyen una cavidad de resonancia. En donde dos transductores ultrasónicos, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2 adoptan transductores piezoeléctricos planos. Hay unas unidades acústicas 4 en la cavidad de resonancia y las unidades acústicas 4 adoptan lentes ultrasónicas. Las lentes ultrasónicas se disponen en la cavidad de resonancia y estas entran en contacto estrechamente y, respectivamente, con la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2.

40 Los transductores ultrasónicos de resonancia de esta realización tienen un punto focal diminuto y también tienen ventajas de una pérdida de difracción pequeña y un ajuste sencillo. Para este tipo de transductor ultrasónico, los diseños de la lente ultrasónica se deberán optimizar de tal modo que se puedan asegurar el desempeño de enfoque y una tasa de reflexión baja. Una forma de uso de esta realización es la misma que la de la realización 1. Si se va a tratar el cáncer de piernas y el material para la lente ultrasónica es aluminio duro, el radio de la lente " R_1 " puede ser 120 mm, el radio de la lente de un transductor de reflexión " R_2 " puede ser 110 mm y L puede ser 205 mm (L puede variar de acuerdo con diferentes materiales de aleación de aluminio adoptados por la lente ultrasónica).

50 Realización 7:

Como se muestra en la figura 11, en esta realización, el modo de funcionamiento de la fuente de ultrasonidos y la unidad de reflexión puede adoptar uno cualquiera de los modos en las realizaciones 1 a 6 como se ha mencionado anteriormente, pero la unidad de reflexión usa un reflector esférico en lugar del transductor ultrasónico. Una forma de uso de esta realización es la misma que la de las realizaciones 1 a 6.

Realización 8:

60 Como se muestra en la figura 12, en esta realización, la unidad de reflexión adopta lentes ultrasónicas con una reflexión sobre la cara de extremo posterior. Otras estructuras son las mismas que las de la realización 6. Una forma de usar esta realización es la misma que la de la realización 6.

Realización 9:

5 Como se muestra en la figura 13, las fuentes de ultrasonidos adoptan dos transductores ultrasónicos, es decir, la primera fuente de ultrasonidos 1 y la segunda fuente de ultrasonidos 2. En donde se abre una ventana de salida 3 sobre uno de los transductores ultrasónicos. La ventana de salida 3 se hace de un material con una impedancia acústica baja (por ejemplo, una membrana de plástico delgado). Las ondas ultrasónicas generadas por este transductor ultrasónico de resonancia se pueden transmitir desde la ventana de salida 3. Este tipo de transductor ultrasónico se puede aplicar a un acoplamiento de guía de ondas ultrasónicas en una detección en puente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un transductor ultrasónico de resonancia que comprende una primera fuente de ultrasonidos (1) para transmitir ultrasonidos y una unidad de reflexión (2) dispuesta de forma opuesta a la primera fuente de ultrasonidos (1); dicha primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) constituyen una cavidad de resonancia, **caracterizado por que** dicha unidad de reflexión (2) es una segunda fuente de ultrasonidos con una función de reflexión.
- 10 2. El transductor ultrasónico de resonancia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) dispuestas de forma opuesta están colocadas de forma coaxial y sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 ; en donde la longitud de la cavidad de resonancia es L , $L < R_1 + R_2$.
- 15 3. El transductor ultrasónico de resonancia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) dispuestas de forma opuesta están colocadas de forma coaxial y simétrica, y sus radios son ambos R ; en donde la longitud de la cavidad de resonancia es L , $L < 2R$.
- 20 4. El transductor ultrasónico de resonancia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) dispuestas de forma opuesta están colocadas de forma coaxial y concéntrica, y sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 ; en donde la longitud de la cavidad de resonancia es L , $L = R_1 + R_2$.
- 25 5. El transductor ultrasónico de resonancia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) dispuestas de forma opuesta están colocadas de forma coaxial y concéntrica, y sus radios son ambos R ; en donde la longitud de la cavidad de resonancia es L , $L = 2R$.
- 30 6. El transductor ultrasónico de resonancia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera fuente de ultrasonidos (1) y la unidad de reflexión (2) dispuestas de forma opuesta están colocadas de forma confocal, y sus radios son, respectivamente, R_1 y R_2 ; en donde la longitud de la cavidad de resonancia es L , $2L = R_1 + R_2$.
- 35 7. El transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde tanto la primera fuente de ultrasonidos (1) como la unidad de reflexión (2) adoptan transductores de cubierta esférica.
8. El transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde ambas de dichas fuentes de ultrasonidos dispuestas de forma opuesta entre sí adoptan transductores piezoeléctricos planos y lentes ultrasónicas, y las lentes ultrasónicas están dispuestas en la cavidad de resonancia y entran en contacto estrechamente con los transductores piezoeléctricos planos.
- 40 9. El transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde al menos una de las fuentes de ultrasonidos dispuestas de forma opuesta entre sí tiene una ventana de salida (3).
- 45 10. El transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde dichas fuentes de ultrasonidos son fuentes de ultrasonidos enfocadas o fuentes de ultrasonidos no enfocadas.
- 50 11. Un dispositivo de diagnóstico ultrasónico que comprende un transductor ultrasónico, en donde dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
12. Un dispositivo de terapia ultrasónica que comprende un transductor ultrasónico, en donde dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
13. Un dispositivo de detección ultrasónica que comprende un transductor ultrasónico, en donde dicho transductor ultrasónico es el transductor ultrasónico de resonancia según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

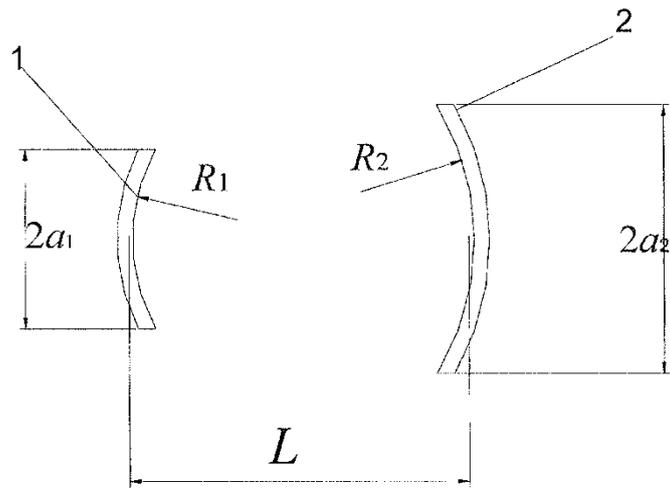


Fig. 1

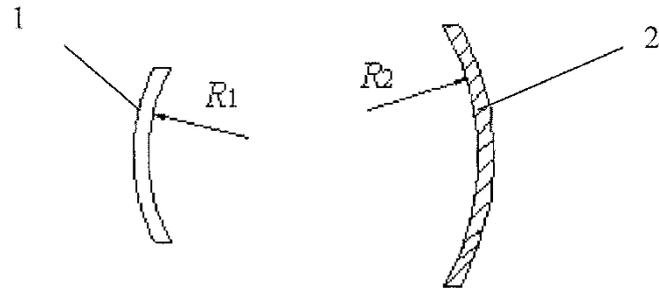


Fig. 2

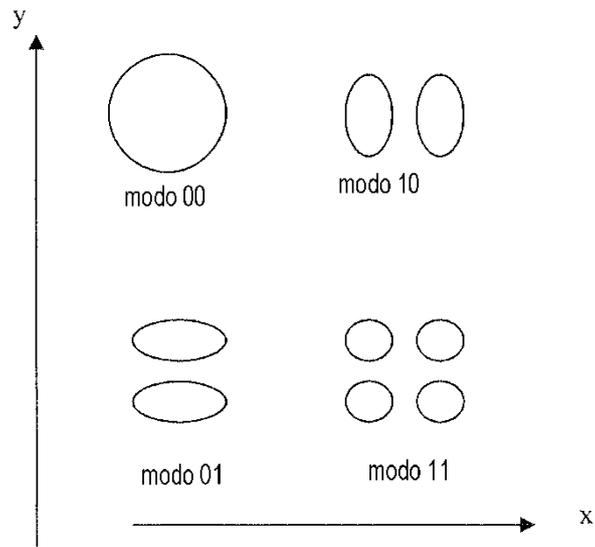


Fig. 3

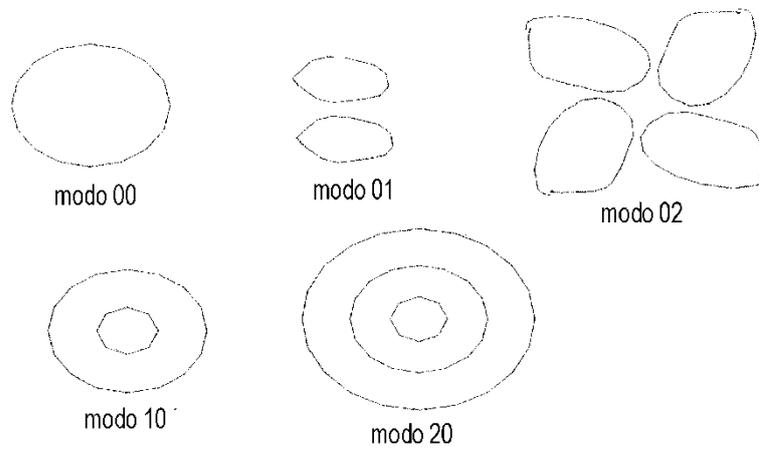


Fig. 4

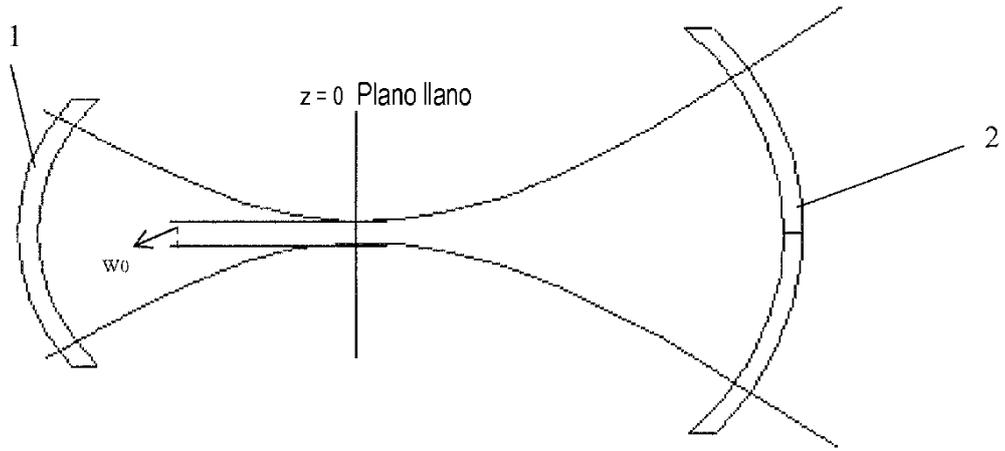


Fig. 5

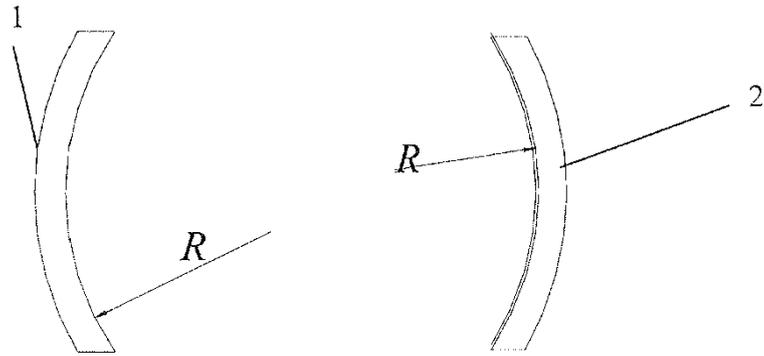


Fig. 6

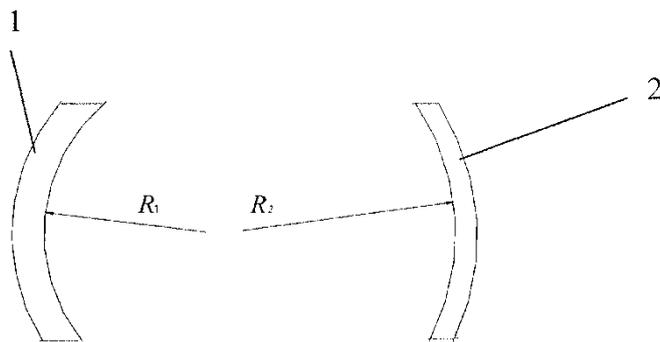


Fig. 7

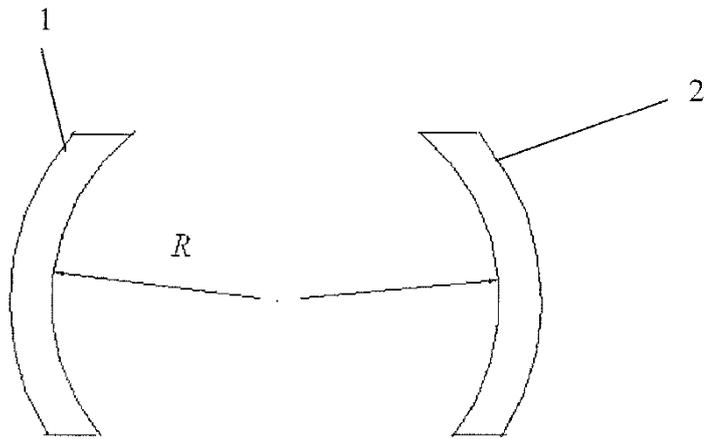


Fig. 8

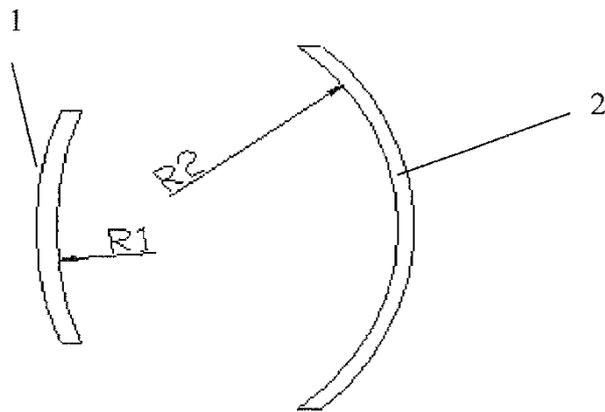


Fig. 9

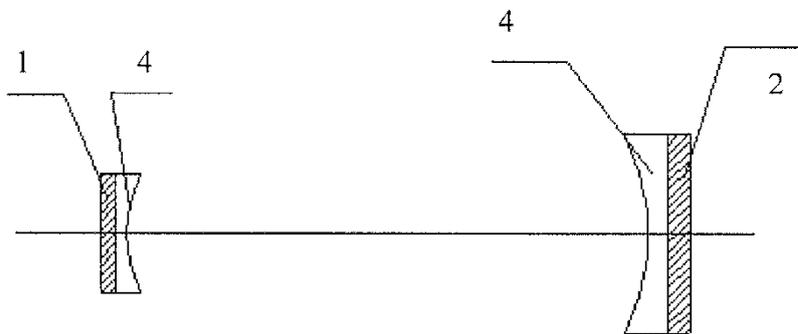


Fig. 10

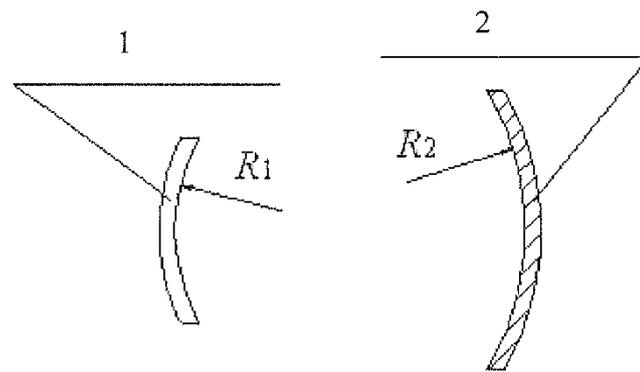


Fig. 11

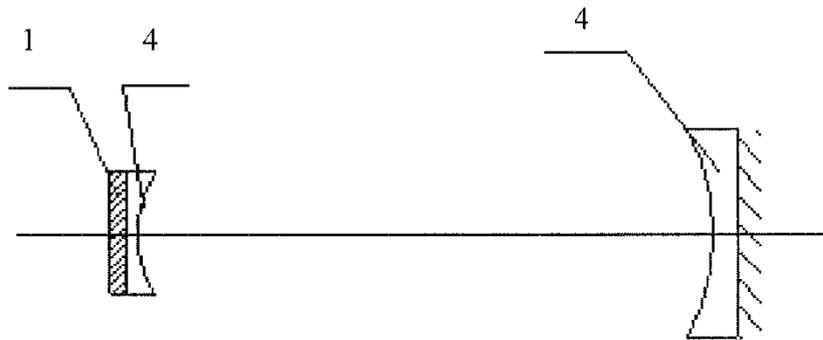


Fig. 12

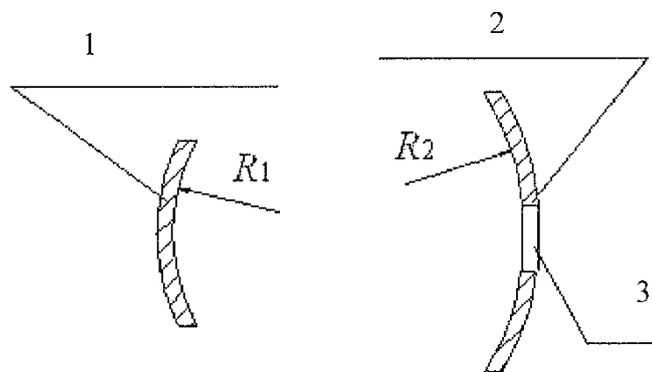


Fig. 13