

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 177**

51 Int. Cl.:

B06B 1/06 (2006.01)

G01N 29/024 (2006.01)

G01F 1/66 (2012.01)

G01H 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2017 PCT/US2017/065026**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2018 WO18106869**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2017 E 17818409 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024 EP 3551349**

54 Título: **Transductores de modo plano-grueso y dispositivos relacionados**

30 Prioridad:

09.12.2016 US 201615374129

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.09.2024

73 Titular/es:

**SENSUS USA INC. (100.0%)
639 Davis Drive
Morrisville, NC 27560, US**

72 Inventor/es:

BUCKLAND, JUSTIN RORKE

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 979 177 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

Transductores de modo plano-grueso y dispositivos relacionados

5 Referencia cruzada a solicitud relacionada

Esta solicitud se relaciona con la Solicitud de Estados Unidos de Número de Serie 15/374,044, presentada el 9 de diciembre de 2016, titulada Thickness Mode Transducers and Related Devices and Methods (Expediente del Abogado núm. 170084-00003).

10 Campo

El presente concepto de la invención se refiere generalmente a transductores y, más particularmente, a transductores ultrasónicos y métodos y dispositivos relacionados.

15 Antecedentes

Los transductores ultrasónicos incluyen preferentemente bloques piezoeléctricos pequeños pero dimensionados con precisión con el fin de proporcionar un alto grado de repetibilidad entre piezas con bajos costes de material. Los dispositivos convencionales generalmente incluyen un bloque piezoeléctrico cilíndrico que tiene un grosor que define una frecuencia de resonancia del bloque piezoeléctrico. En estos dispositivos, el grosor del elemento puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 7,0 mm cuando se opera a 170 kHz y de aproximadamente 3,0 mm cuando se opera a 400 kHz. Sin embargo, fabricar cilindros piezoeléctricos dimensionados con precisión de este tamaño y forma puede resultar muy costoso ya que las caras de los cilindros deben mecanizarse después del disparo.

25 Además, los dispositivos convencionales proporcionan generalmente una conexión eléctrica al bloque piezoeléctrico mediante el uso de un cable soldado. Sin embargo, la soldadura puede ser poco confiable y puede causar una mayor variabilidad entre piezas ya que la masa y la colocación de la soldadura no se controlan estrictamente y pueden tener un efecto significativo en el comportamiento vibratorio del transductor. A medida que disminuye el tamaño del bloque piezoeléctrico, estos problemas generalmente se vuelven más graves.

30 El documento US-2005/156491 describe un aparato, transductores y métodos de fabricación para un dispositivo piezoeléctrico compuesto que comprende una base de sacrificio y una serie de pilares.

El documento US-2005/061076 describe un dispositivo piezoeléctrico para accionar y/o el sensado de ondas Lamb para monitorear condiciones de salud estructural.

35 El documento WO-2007/064214 describe un módulo transductor ultrasónico que comprende al menos una capa transmisora y al menos una capa receptora, que comprenden cada una, un número de electrodos alargados.

El documento EP-1237148 describe un transductor ultrasónico que comprende un elemento piezoeléctrico y una capa de coincidencia acústica.

40 El documento US 2015/298174 A1 describe un transductor que comprende un único bloque piezoeléctrico con una primera y una segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductora parcialmente sobre y sobresaliendo de la primera y segunda superficie del bloque piezoeléctrico.

Resumen

45 La presente invención proporciona un transductor que incluye un único bloque piezoeléctrico que tiene una primera y una segunda superficie opuesta; una primera capa de soporte flexible conductora sobre la primera superficie del bloque piezoeléctrico, teniendo la primera capa de soporte flexible un primer grosor; y una segunda capa de soporte flexible sobre la segunda superficie del bloque piezoeléctrico, teniendo la segunda capa de soporte flexible un segundo grosor, en donde el primer y el segundo grosor son sustancialmente iguales, y en donde la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras sobresalen de la primera y la segunda superficie opuesta del único bloque piezoeléctrico, respectivamente.

50 En modalidades adicionales, el primero y el segundo grosor pueden ser sustancialmente menores que el grosor del bloque piezoeléctrico.

55 En aún otras modalidades, la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible pueden incluir láminas delgadas de material de metal directamente sobre la primera y la segunda superficie opuesta del único bloque piezoeléctrico, respectivamente. Las láminas delgadas de material de metal pueden incluir únicamente láminas de material de acero inoxidable.

60 En algunas modalidades, la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible pueden ser circuitos flexibles con una traza de cobre.

65 En modalidades adicionales, la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible pueden tener un grosor de aproximadamente 0,025 mm a aproximadamente 0,1 mm.

En aún otras modalidades, el bloque piezoeléctrico puede incluir un material PZT suave seleccionado entre material de grado P5A y material P5H.

5 En algunas modalidades, el bloque piezoeléctrico puede tener un grosor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 5,0 mm.

10 En modalidades adicionales, la frecuencia resonante del transductor puede ser de aproximadamente 400 kHz y las dimensiones de la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible pueden ser 4,2x4,2x0,1 mm; y las dimensiones del bloque piezoeléctrico pueden ser 4x4x2 mm.

En aún otras modalidades, la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible pueden acoplarse a la primera y a la segunda superficie del bloque piezoeléctrico, respectivamente, mediante el uso de un adhesivo.

15 En algunas modalidades, puede obtenerse un contacto eléctrico entre el bloque piezoeléctrico y la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible mediante el uso del adhesivo y sin un alambre soldado entre el bloque piezoeléctrico y la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible.

20 En otras modalidades, el transductor puede incluir además una capa de coincidencia acústica en una de las superficies orientadas hacia el gas y el líquido de una de la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible.

En aún otras modalidades, el transductor puede ser un transductor ultrasónico para su uso en uno de entre un medidor de gas y un medidor de agua.

25 La presente invención proporciona además un medidor que incluye el transductor de acuerdo con la reivindicación 1.

Breve descripción de las figuras

30 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra transductores que incluyen capas de soporte flexibles eléctricamente conductoras de acuerdo con algunas modalidades del presente concepto de la invención.

Las Figuras 2A y 2B son diagramas que ilustran transductores de modo plano de grosor que incluyen cuñas de metal de acuerdo con algunas modalidades del presente concepto de la invención.

35 Las Figuras 3 y 4 son trazados de contorno que ilustran los resultados de simulaciones de transductores axisimétricos, trazando la velocidad axial (m/s) en el centro del transductor; La Figura 3 ilustra la variación del grosor piezoeléctrico (y_{pzt}), el radio (r_{face}) = 2,3 mm (ref. A) y la Figura 4 ilustra la variación del radio y el grosor piezoeléctrico = 2 mm (ref. B).

40 La Figura 5 es un gráfico que compara las velocidades axiales de modalidades del presente concepto de la invención ilustrado en la Figura 1 y modalidades analizadas en una solicitud relacionada.

45 La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un medidor de gas de ejemplo que incluye transductores de acuerdo con modalidades del presente concepto de la invención.

La Figura 7 es un diagrama que ilustra un transductor que incluye una capa de coincidencia acústica de acuerdo con algunas modalidades del presente concepto de la invención.

50 Descripción detallada

El presente concepto de la invención se describirá más detalladamente a continuación con referencia a las figuras adjuntas, en las que se muestran modalidades del concepto de la invención. Si embargo, este concepto de la invención puede materializarse de muchas formas alternativas y no debe interpretarse como limitado a las modalidades expuestas en la presente descripción.

55 En consecuencia, si bien el concepto de la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, en las figuras se muestran a manera de ejemplo modalidades específicas del mismo, que se describirán en detalle en la presente descripción. Debe entenderse, sin embargo, que no hay intención de limitar el concepto de la invención a las formas particulares divulgadas, sino por el contrario, el concepto de la invención debe cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del ámbito del concepto de la invención tal como se define en las reivindicaciones. Los números semejantes se refieren a elementos semejantes en toda la descripción de las figuras.

60 La terminología usada en la presente descripción es con el propósito de describir modalidades particulares solamente y no pretende ser limitante del concepto de la invención. Como se usa en la presente memoria, las formas singulares "un", "uno(a)" y "el(la)" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto

claramente lo indique de cualquier otra manera. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "incluyendo", cuando se usan en esta descripción, especifican la presencia de características, números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes declarados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos. Además, cuando se hace referencia a un elemento como "sensible" o "conectado" a otro elemento, puede ser directamente sensible o conectarse al otro elemento, o puede haber elementos intermedios. Por el contrario, cuando se dice que un elemento "responde directamente" o está "directamente conectado" a otro elemento, no hay elementos intermedios. Tal y como se usa en la presente descripción, el término "y/o" incluye todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados y puede abreviarse como "/".

A menos que se defina de cualquier otra manera, todos los términos (incluidos los términos técnicos y científicos) usados en la presente descripción tienen el mismo significado que comúnmente entiende una persona con conocimientos ordinarios en la técnica a la que pertenece este concepto de la invención. Se entenderá además que los términos usados en la presente descripción deben interpretarse en un sentido coherente con su significado en el contexto de esta memoria descriptiva y la técnica pertinente, y no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que se definan expresamente así en la presente.

Se debe entender que, aunque los términos primer, segundo, etc. pueden usarse en la presente descripción para describir diversos elementos, estos términos no deben limitar estos elementos. Estos términos se usan solamente para distinguir un elemento del otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse segundo elemento y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse primer elemento sin apartarse de las enseñanzas de la descripción. Aunque algunos de los diagramas incluyen flechas en las trayectorias de comunicación para mostrar una dirección primaria de comunicación, debe entenderse que la comunicación puede ocurrir en la dirección opuesta a las flechas representadas.

Como se analizó en los antecedentes del concepto de la invención, los bloques piezoeléctricos cilíndricos convencionales pueden ser costosos de fabricar y soldar las conexiones eléctricas puede proporcionar un rendimiento deficiente del transductor. Puede usarse una sierra de corte para abordar la difícil y costosa fabricación de un elemento piezoeléctrico cilíndrico. La sierra de corte puede usarse para crear un elemento piezoeléctrico cuboide en lugar de un elemento piezoeléctrico cilíndrico, lo que puede ser una forma rentable de crear una parte dimensionada con precisión. Sin embargo, esto generalmente requiere un grosor de menos de aproximadamente 2,5 mm. Como resultado, existe la necesidad de un diseño de transductor en el que las dimensiones del elemento piezoeléctrico sean lo suficientemente pequeñas como para fabricarse de manera rentable al cortar en dados una losa piezoeléctrica con una sierra de corte de obleas.

Un transductor ultrasónico de modo de grosor fabricado mediante el uso de un volumen reducido de material piezoeléctrico para reducir los costes de fabricación puede proporcionarse como se discute en la solicitud de patente de los Estados Unidos cedida en forma mancomunada con Número de Serie 15/374.044 (Expediente del Abogado núm. 10084-00003). El elemento piezoeléctrico puede ser circular o preferiblemente cuboide para permitir una fabricación precisa mediante el uso de una sierra de corte de obleas. Pueden usarse capas o piezas no piezoeléctricas adicionales para reducir el grosor del material piezoeléctrico dada una frecuencia de operación objetivo y para aumentar el área de transmisión acústica; sin embargo, esto puede aumentar el número de partes y el número de etapas de unión por adhesivo, ambos de los cuales pueden ser indeseables.

En consecuencia, algunas modalidades del presente concepto de la invención proporcionan un transductor que incluye un elemento piezoeléctrico entre capas de soporte flexibles eléctricamente conductoras, por ejemplo, cuñas flexibles delgadas, que proporcionan montaje mecánico así como también conexión eléctrica. Las estructuras ligeras y flexibles conductoras de electricidad pueden proporcionar soporte mecánico y contacto eléctrico al elemento piezoeléctrico y posiblemente sellado de gas o líquido para el transductor, como se explicará más detalladamente en la presente descripción con respecto a las Figuras 1 a 7.

Con referencia ahora a la Figura 1, se discutirá un transductor que incluye capas de soporte flexibles eléctricamente conductoras de acuerdo con algunas modalidades del presente concepto de la invención. Como se ilustra allí, un transductor 100 incluye un bloque piezoeléctrico 121 y la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible 112 y 132, respectivamente. Los materiales piezoeléctricos del bloque piezoeléctrico 121 pueden ser, por ejemplo, PZT, grados P5A y P5H o equivalentes sustanciales de los mismos. Sin embargo, se debe entender que las modalidades del presente concepto de la invención no se limitan a esta configuración. En particular, las modalidades del presente concepto de la invención no se limitan a formulaciones de titanato de circonato de plomo (PZT) y pueden extenderse a otras cerámicas piezoeléctricas sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención. En algunas modalidades, el bloque piezoeléctrico 121 puede tener un grosor T6 de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 5,0 mm. En algunas modalidades, el bloque piezoeléctrico 121 puede tener un grosor T6 de aproximadamente 2,0 mm. El bloque piezoeléctrico puede ser circular o puede tener forma cuboide para permitir una fabricación precisa mediante el uso de una sierra de corte de obleas sin salirse del alcance del presente concepto de la invención.

Las capas de soporte flexibles conductoras 112 y 132 pueden ser de cualquier material flexible que tenga la

capacidad de proporcionar un contacto eléctrico. Por ejemplo, en algunas modalidades, las capas de soporte flexibles pueden proporcionarse por cuñas de metal delgadas 112 y 132, por ejemplo cuñas de acero inoxidable, pero podrían ser de otros materiales sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención. Si se usan cuñas de metal, las cuñas deben tener una masa y una rigidez baja con relación al bloque piezoeléctrico.

5 Proporcionar acero inoxidable (cuñas de metal) proporciona un material eléctricamente conductor al compuesto piezoeléctrico flexible. En algunas modalidades, las capas de soporte flexibles pueden ser un material de circuito flexible con una traza conductora, por ejemplo, cobre sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención.

10 En algunas modalidades, las capas de soporte flexibles 112 y 132 pueden tener grosores T4 y T5, respectivamente, de aproximadamente 0,025 mm a aproximadamente 0,1 mm. Los grosores T4 y T5 de las capas de soporte flexibles pueden ser iguales o diferentes. En algunas modalidades del presente concepto de la invención, los grosores de las capas de soporte flexibles 112 y 132 son sustancialmente los mismos. Debe entenderse que los grosores T4 y T5 de las capas de soporte flexibles son muy pequeños con relación al grosor del bloque piezoeléctrico 121. En particular,

15 las capas de soporte flexibles deberían ser ligeras y flexibles en comparación con el bloque piezoeléctrico para proporcionar soporte mecánico y conexión eléctrica sin influir en gran medida en el comportamiento vibratorio del bloque piezoeléctrico.

20 Con referencia ahora a las Figuras 2A y 2B, se discutirán diagramas que ilustran el desplazamiento axial de un transductor de modo plano de grosor de 400 kHz de acuerdo con algunas modalidades del presente concepto de la invención. El transductor de modo plano de grosor de 400 kHz, como el de la Figura 1, incluye un elemento piezoeléctrico que tiene cuñas delgadas de metal posicionadas en la primera y en la segunda superficie del elemento piezoeléctrico. Las cuñas proporcionan montaje mecánico y conexión eléctrica. Las dimensiones piezoeléctricas en el ejemplo ilustrado en las Figuras 2A y 2B son aproximadamente 4x2x2 mm. Como se ilustra con

25 más detalle, en este ejemplo, el elemento piezoeléctrico tiene un grosor de aproximadamente 2,0 mm y las cuñas tienen un grosor de aproximadamente 0,1 mm. Como se ilustra en la Figura 2A, el transductor experimenta compresión y en la Figura 2B el transductor experimenta expansión.

30 Las simulaciones de elementos finitos se llevaron a cabo mediante el uso de Ansys Multiphysics. Se usó un modelo axisimétrico que contiene una región central piezoeléctrica encerrada entre láminas de acero inoxidable superior e inferior (0,1 mm de grosor). La respuesta armónica se simuló para un accionamiento de 10 Vpp, con un barrido de frecuencia de 10 kHz a 1 MHz. Se aplicó un factor de amortiguación del 5 por ciento.

35 Las Figuras 3 y 4 ilustran trazados de contorno que muestran los resultados de simulaciones de transductores axisimétricos, trazando la velocidad axial (m/s) en el centro del transductor. La Figura 3 ilustra los resultados cuando el grosor piezoeléctrico (y_{pzt}) varía y el radio (r_{face}) es de 2,3 mm (ref. A). La Figura 4 ilustra un radio variable (r_{face}) y un grosor de PZT de 2 mm (ref. B). Los trazados de contorno de las Figuras 3 y 4 indican las combinaciones convenientes de frecuencias de operación y dimensiones del transductor. La Figura 3 ilustra una frecuencia de operación óptima de aproximadamente 400 kHz cuando el grosor del elemento piezoeléctrico, y_{pzt} ,

40 es de 2,0 mm. La Figura 4 ilustra una frecuencia de operación óptima de aproximadamente 400 kHz cuando el radio de la cara frontal, r_{face} , es de 2,5 mm. La frecuencia de operación varía tanto con el grosor como con el radio del transductor, lo que indica la naturaleza acoplada grosor-plano del modo resonante.

45 Con referencia ahora a la Figura 5, se comparan en el gráfico las velocidades axiales simuladas de un transductor discutido en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos con Número de Serie 15/374,044 (Expediente del Abogado núm. 10084-00003) y el transductor ilustrado en la Figura 1. Como se ilustra, la velocidad axial simulada del transductor de la Figura 1 (trazo inferior) es ligeramente menor que la velocidad axial del otro transductor (trazo superior punteado). Aunque la velocidad del transductor de la Figura 1 es ligeramente menor, esta ligera pérdida de velocidad puede ser una pequeña desventaja en comparación con la facilidad de fabricación del dispositivo de la

50 Figura 1. En otras palabras, las capas de soporte flexibles son más fáciles de fabricar en el dispositivo de la Figura 1 que los bloques frontal y posterior del otro transductor. Una ventaja adicional de las modalidades del presente concepto de la invención es que las capas de soporte flexibles proporcionan montaje mecánico, conexión eléctrica y, opcionalmente, funciones de sellado de líquido o gas, eliminando posiblemente la necesidad de piezas adicionales en el ensamble del transductor.

55 Como se ilustra en la Figura 7, algunas modalidades del presente concepto de la invención pueden incluir una capa de coincidencia acústica 743 en una de las superficies orientadas hacia el gas y el líquido de una de la primera y la segunda capa conductora de soporte flexible. Aunque la capa de coincidencia acústica 743 se ilustra posicionada sobre la capa de soporte 712, las modalidades del presente concepto de la invención no se limitan a esta configuración. La capa de coincidencia acústica 743 podría posicionarse sobre la capa de soporte 732 sin salirse del

60 alcance del presente concepto de la invención.

65 Las capas de coincidencia acústica se usan para mejorar la eficiencia de la transmisión acústica entre un elemento acústico de alta impedancia acústica (PZT, impedancia Z_1) y un medio de baja impedancia acústica (gas, impedancia Z_3). La impedancia acústica de un material se define como el producto de la densidad y la velocidad del sonido.

En el caso de una sola capa de adaptación, la impedancia acústica ideal de la capa de adaptación, Z_2 , es la media geométrica de las impedancias acústicas del transductor y del gas:

$$Z_2 = \sqrt{Z_1 Z_3} \quad \text{Ecuación (1)}$$

| Material | Impedancia acústica (kg/m ² .s) |
|------------------------------|--|
| PZT 5A | 34x10 ⁶ |
| metano (1 atm, 20 C) | 300 |
| capa de coincidencia (ideal) | 1x10 ⁵ |

Tabla 2

Esto típicamente requiere una capa de coincidencia compuesta de un material sólido con muy baja velocidad del sonido y baja densidad. Sin embargo, en general los materiales adecuados no se encuentran de forma natural y deben construirse mediante procesos de fabricación especiales. Por ejemplo, en el transductor Sensus actual se usan suspensiones de microesferas de vidrio huecas en resina epoxídica, las capas coincidentes que usan microesferas de vidrio y resina se discuten, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos núm. 4,523,122 y una capa de coincidencia mediante el uso de un material de gel seco se discute, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos núm. 6,989,625.

La capa de coincidencia acústica puede incluir, por ejemplo, Polietersulfona, Polipropileno, PTFE, PVDF, Nailon, Poliamida, PMMA, Copolímero Vinílico/acrílico, éster de Celulosa, acetato de Celulosa, Nitrocelulosa y similares. Las modalidades del presente concepto de la invención pueden usar cualquier capa de coincidencia acústica sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención.

Los transductores de acuerdo con las modalidades analizadas en la presente descripción pueden usarse en cualquier dispositivo que se preste a dicho transductor. Por ejemplo, estos transductores pueden usarse en contadores de agua, contadores de gas y similares. A manera de ejemplo, pueden usarse transductores en contadores de gas como se ilustra en la Figura 6. Como se ilustra allí, el medidor de gas 600 incluye tres transductores. El transductor 1 (aguas arriba) y el transductor 2 (aguas abajo) pueden usarse para medir el tiempo de vuelo de una señal ultrasónica a lo largo del tubo de flujo 610 en direcciones directa e inversa. El medidor de gas 600 también puede configurarse para compensar las propiedades y condiciones del gas mediante el uso de una medición de sonido separada mediante el uso del transductor 3.

Se debe entender que la Figura 6 se proporciona sólo a modo de ejemplo y las modalidades del presente concepto de la invención no se limitan a esta configuración. Los transductores como se analizan en la presente descripción pueden usarse en muchos dispositivos diferentes sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención.

Se debe entender que las modalidades del presente concepto de la invención ilustrado en la Figura 1 pueden fabricarse mediante el uso de cualquier método conocido por los expertos en la técnica sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención. Por ejemplo, el bloque piezoeléctrico puede fabricarse u obtenerse de un tercero. En algunas modalidades, los materiales piezoeléctricos pueden ser PZT suave, grados P5A y P5H o equivalentes sustanciales de los mismos, pero como se discutió anteriormente, los materiales piezoeléctricos no se limitan a PZT. Las capas conductoras de soporte flexibles pueden unirse al bloque piezoeléctrico mediante el uso de un adhesivo para proporcionar una conexión eléctrica, en lugar de un cable soldado. El adhesivo puede ser, por ejemplo, una resina epoxi de dos componentes. La estructura unida puede entonces curarse bajo calor y presión en una cámara, por ejemplo, una plantilla de alineación mecánica. La cantidad de adhesivo aplicado y las condiciones del proceso proporcionan contacto eléctrico entre los electrodos piezoeléctricos y las capas de soporte flexibles, permitiendo que se realice la conexión eléctrica a las piezas de metal y evitando la necesidad de un contacto de soldadura con el bloque piezoeléctrico. Se debe entender que el proceso de fabricación no se limita al proceso discutido en la presente descripción y, de hecho, probablemente se usarían rutas de fabricación más rentables para la producción en masa sin apartarse del alcance del presente concepto de la invención.

Como se discutió con brevedad anteriormente con respecto a las Figuras 1 a 7, algunas modalidades del presente concepto de la invención proporcionan transductores que incluyen capas de soporte flexibles eléctricamente conductoras superiores e inferiores que proporcionan protección mecánica, montaje y contacto eléctrico, y opcionalmente funciones de sellado de gas o líquido. Puede aplicarse una capa de coincidencia como se discutió anteriormente al lado de una de estas láminas que mira hacia el gas o el líquido.

Las modalidades de ejemplo se describen anteriormente con referencia a diagramas de bloques y/o ilustraciones de diagramas de flujo de sistemas y dispositivos. Las funciones/actos anotados en los bloques pueden ocurrir fuera del orden anotado en los diagramas de flujo. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden de hecho ejecutarse sustancialmente al mismo tiempo o los bloques pueden algunas veces ejecutarse en el orden inverso, en dependencia de la funcionalidad/acciones involucradas. Por otra parte, la funcionalidad de un bloque dado de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques puede separarse en múltiples bloques y/o la funcionalidad de dos o más bloques de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques puede integrarse al menos parcialmente.

En las figuras y la memoria descriptiva, se han descrito modalidades ilustrativas del concepto de la invención. Sin embargo, pueden hacerse muchas variaciones y modificaciones a estas modalidades sin apartarse sustancialmente de los principios del presente concepto de la invención. En consecuencia, aunque se usen términos específicos, se usan únicamente en sentido genérico y descriptivo y no con fines limitativos, quedando definido el alcance del concepto de la invención por las reivindicaciones siguientes.

5

REIVINDICACIONES

1. Un transductor (100) que comprende:
 un único bloque piezoeléctrico (121) que tiene una primera y una segunda superficie opuestas;
 una primera capa de soporte flexible eléctricamente conductora (112) sobre la primera superficie del bloque piezoeléctrico (121), teniendo la primera capa de soporte flexible eléctricamente conductora (112) un primer grosor (T4); y
 una segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductora (132) sobre la segunda superficie del bloque piezoeléctrico (121), teniendo la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductora (132) un segundo grosor (T5),
 en donde el primer y el segundo grosor (T4, T5) son sustancialmente iguales; y
 caracterizado porque
 la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) se extienden en toda su longitud y sobresalen de la primera y la segunda superficie opuestas del único bloque piezoeléctrico (121), respectivamente.
2. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer y el segundo grosor (T4, T5) son sustancialmente menores que el grosor (T6) del bloque piezoeléctrico (121).
3. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) comprenden láminas delgadas de material de metal directamente sobre la primera y la segunda superficie opuestas del único bloque piezoeléctrico (121), respectivamente.
4. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde las láminas delgadas de material de metal comprenden únicamente láminas de material de acero inoxidable.
5. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) comprenden circuitos flexibles con una traza de cobre.
6. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) tienen un grosor (T4, T5) de aproximadamente 0,025 mm a aproximadamente 0,1 mm.
7. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el bloque piezoeléctrico (121) comprende un material PZT suave seleccionado entre material de grado P5A y material P5H.
8. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el bloque piezoeléctrico (121) tiene un grosor (T6) de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 5,0 mm.
9. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una frecuencia de resonancia del transductor (100) es de aproximadamente 400 kHz y las dimensiones de la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) son de 4,2x4,2x0,1 mm; y las dimensiones del bloque piezoeléctrico (121) son de 4x4x2 mm.
10. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) se acoplan a la primera y a la segunda superficie opuestas del bloque piezoeléctrico (121), respectivamente, mediante el uso de un adhesivo.
11. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el contacto eléctrico entre el bloque piezoeléctrico (121) y la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132) se obtiene mediante el uso del adhesivo y sin un cable soldado entre el bloque piezoeléctrico (121) y la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132).
12. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una capa de coincidencia acústica (743) sobre una de las superficies orientadas hacia el gas y hacia el líquido de una de la primera y la segunda capa de soporte flexible eléctricamente conductoras (112, 132).
13. El transductor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el transductor (100) es un transductor ultrasónico configurado para su uso en uno de entre un medidor de gas y un medidor de agua.
14. Un medidor, que comprende el transductor de acuerdo con la reivindicación 1.

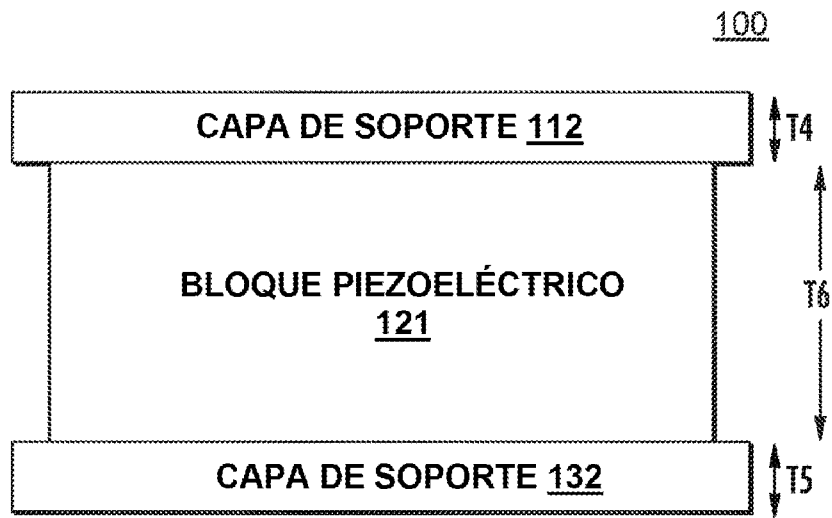


FIGURA 1

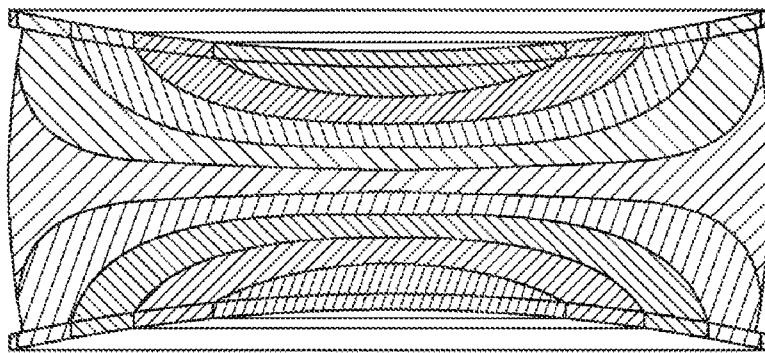


FIGURA 2A

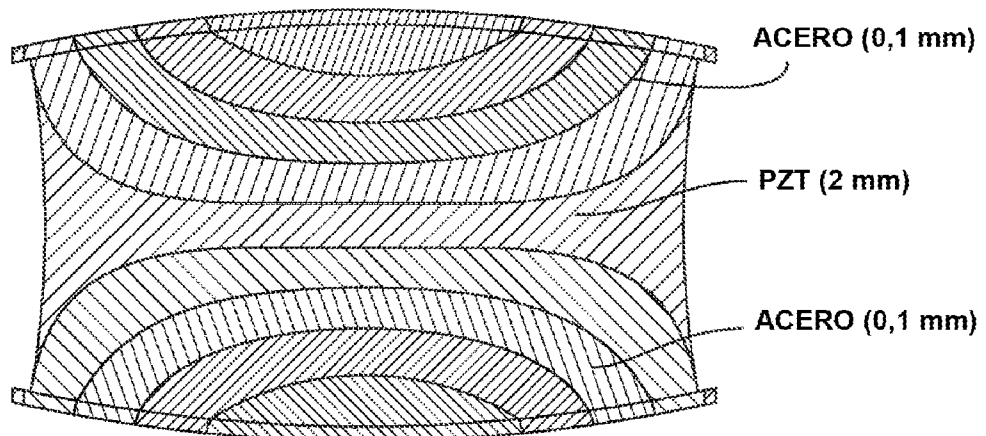


FIGURA 2B

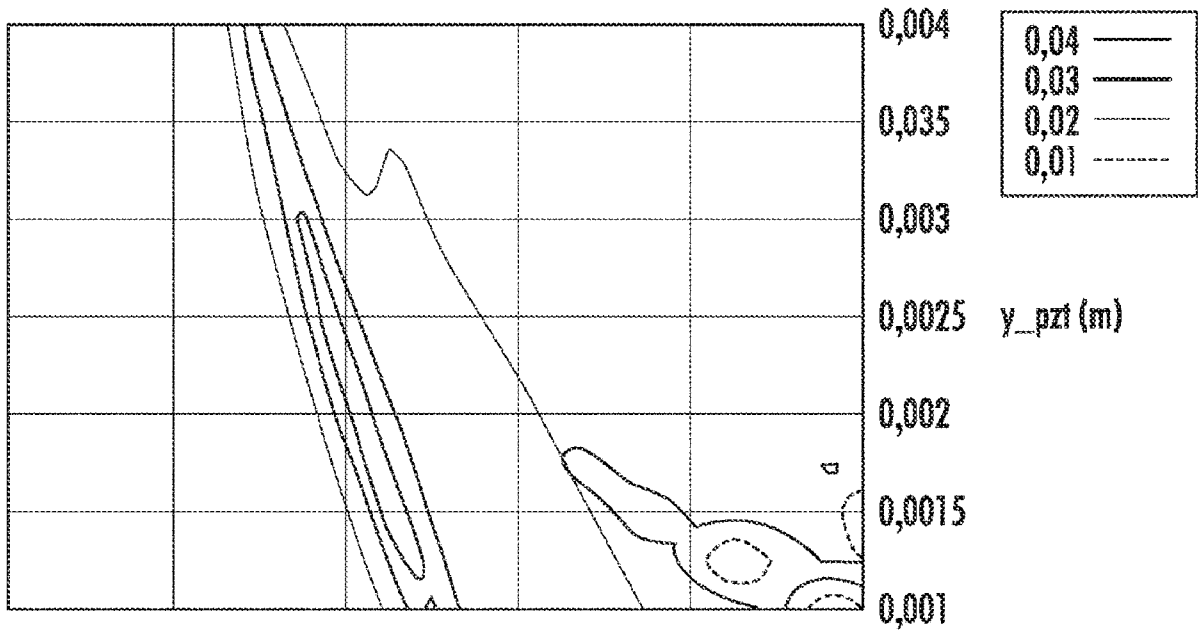


FIGURA 3

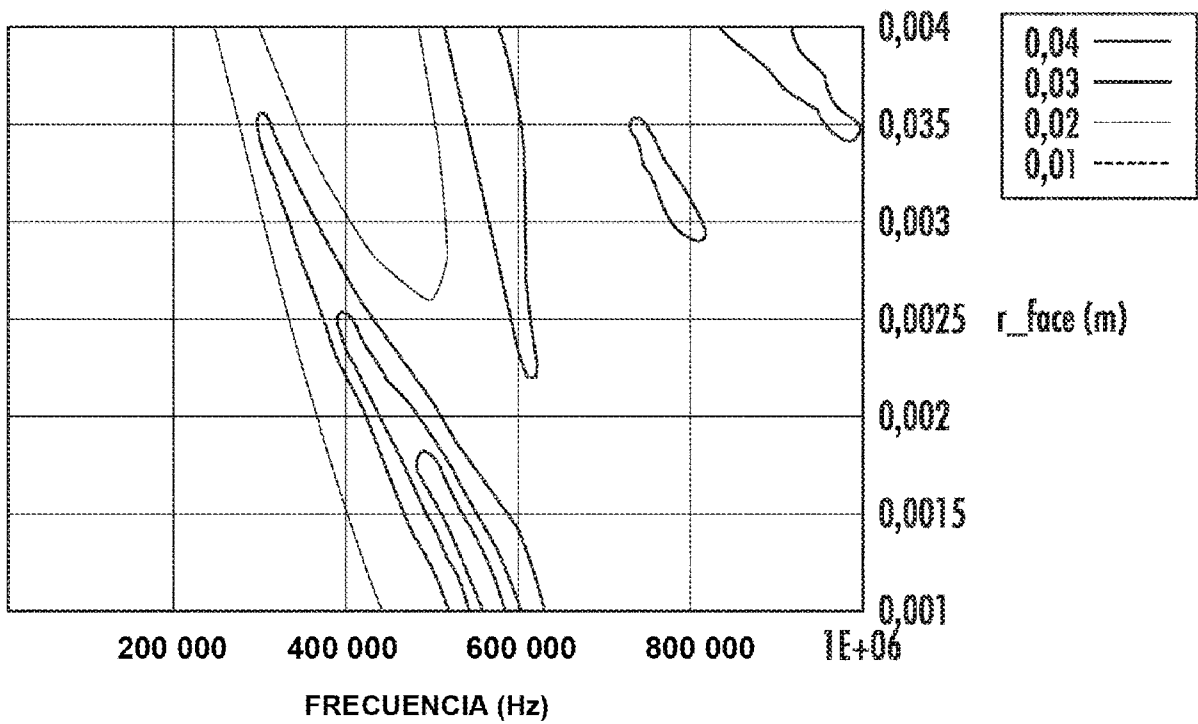


FIGURA 4

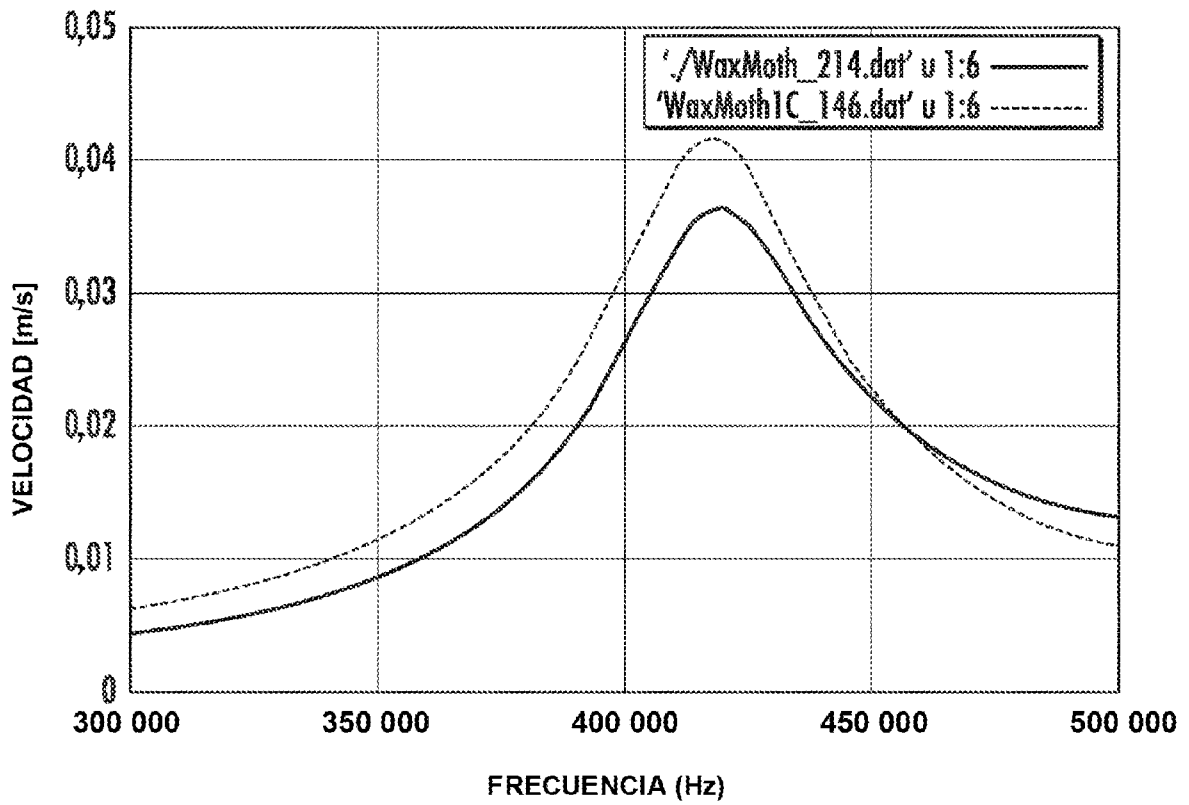


FIGURA 5

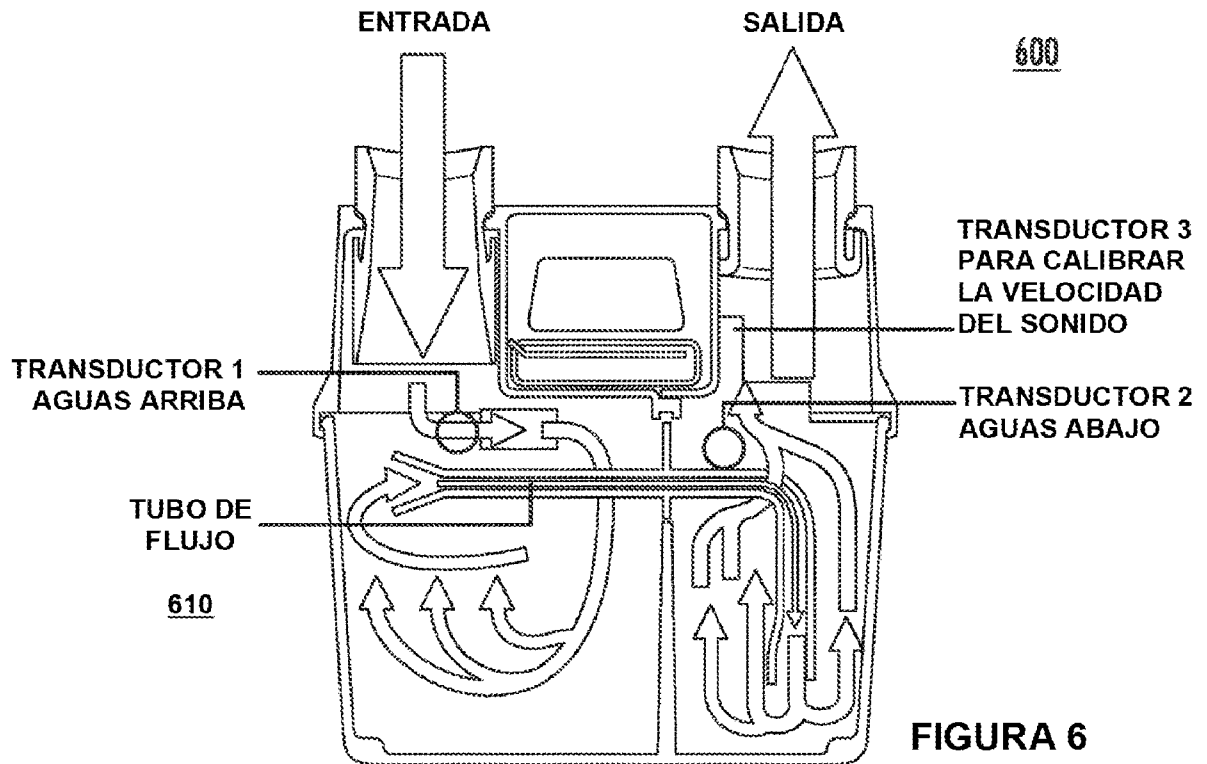


FIGURA 6

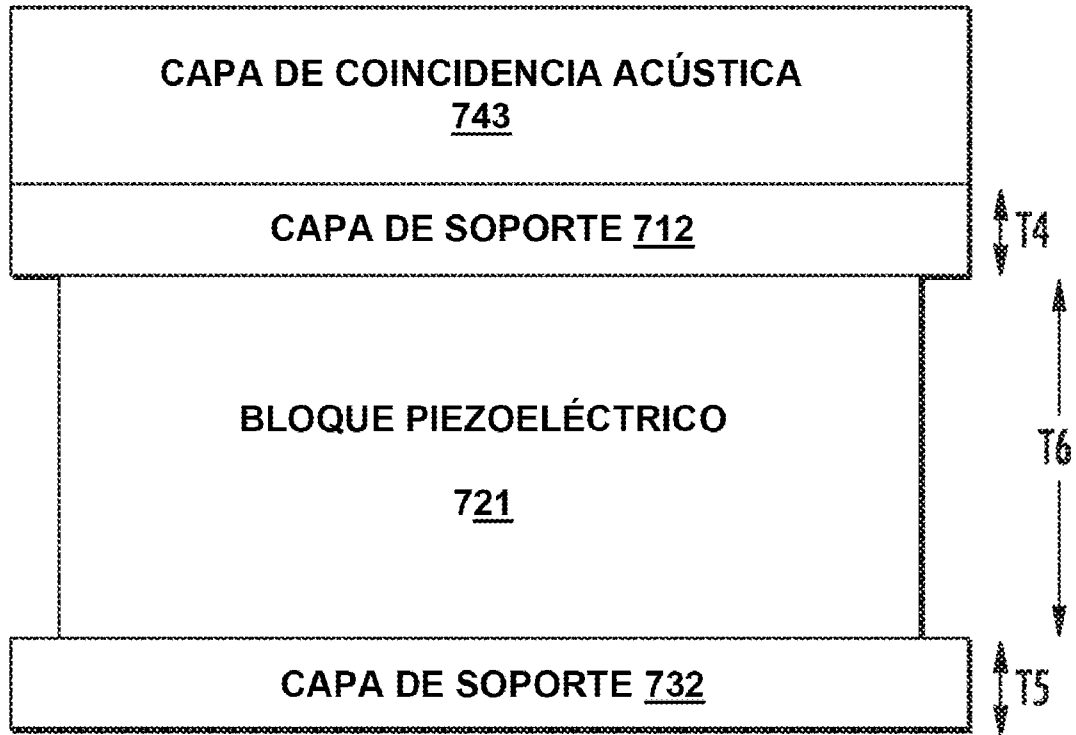


FIGURA 7