

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 783**

51 Int. Cl.:

G10K 11/172 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2010 PCT/EP2010/051370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2010 WO10089351**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2010 E 10704128 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2016 EP 2394266**

54 Título: **Disposición de atenuadores, barrera acústica y método para construir una barrera acústica**

30 Prioridad:

06.02.2009 GB 0901982

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

18.05.2017

73 Titular/es:

**SONOBEX LIMITED (100.0%)
The Mansion, Building Research Establishment,
Bucknalls Lane
Watford, Hertfordshire WD25 9XX, GB**

72 Inventor/es:

**SWALLOWE, GERARD MICHAEL;
ELFORD, DANIEL PETER;
KUSMARTSEV, FEODOR y
CHALMERS, LUKE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 612 783 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

Disposición de atenuadores, barrera acústica y método para construir una barrera acústica

Campo de la invención

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a atenuadores, disposiciones de atenuadores, barreras acústicas y métodos para construir barreras acústicas. En particular, se refieren a atenuadores, disposiciones de atenuadores, barreras acústicas y métodos para construir barreras acústicas para atenuar ondas acústicas.

Antecedentes de la invención

10 El documento US5220535 (D1) describe una pantalla tubular flexible cilíndrica partida para absorber y / o neutralizar señales acústicas generadas dentro de un submarino o un buque de superficie. De acuerdo con D1, la pantalla tubular cilíndrica partida incluye un tubo lleno de aire que tiene un intervalo longitudinal que se extiende a lo largo del tubo. En D1, la pantalla comprende además una funda de caucho para encerrar el intervalo y cubiertas de extremo para sellar partes extremas del tubo. De acuerdo con D1, el conjunto de pantalla tubular partida se construye generalmente a partir de pantallas tubulares alineadas de manera adyacente para formar un panel. En D1, los paneles pueden ser apilados para una aumentar la atenuación de las señales acústicas. De acuerdo con D1, la pantalla cilíndrica partida ofrece una reducción significativa de tamaño y un rendimiento mejorado con respecto a los diseños de pantalla tubular flexible convencionales.

15 El documento DE2834683 (D2) describe un silenciador usado para destruir o absorber ruido desagradable y energía acústica de ruido.

20 El documento WO2006098694 (D3) describe un dispositivo de canal de flujo de amortiguación de sonido que define al menos un canal de flujo que tiene una abertura de entrada y una abertura de salida, estando el canal de flujo al menos parcialmente delimitado por al menos una pared disipadora de energía acústica. Según D3, la abertura de salida del canal de flujo no se puede ver desde la abertura de entrada y viceversa. De acuerdo con D3, preferiblemente, la pared disipadora de energía acústica presenta, con respecto al interior del canal de flujo, una curvatura suave.

25 El documento JP4281905 (D4) describe un silenciador y un panel silenciador mediante su uso.

30 El documento JP2003328326 (D5) describe un aparato de aislamiento acústico. Según D5, el aparato de aislamiento acústico fijado al borde superior de una pared de aislamiento acústico se divide en una pluralidad de cámaras de resonancia a lo largo de una dirección ortogonal a la pared de aislamiento acústico al tener una parte superior plana. En D5, está formada una abertura que comunica con el exterior en la parte superior de cada cámara de resonancia. Según D5, cuanto más cerca del lado de la fuente sonora 24, menor es la frecuencia de resonancia de la cámara de resonancia. En D5, una parte inferior del aparato de aislamiento acústico está provista de una parte inclinada en el lado opuesto a la fuente de sonido para reducir el volumen de la cámara de resonancia y aumentar la frecuencia de resonancia. En D5, la frecuencia de resonancia de cada cámara de resonancia se puede cambiar cambiando la parte superior para cambiar el área de apertura y la longitud bajo desnivel.

35 El documento US3.275.101 describe losas de hormigón con propiedades silenciadoras incorporadas en forma de una pluralidad de cavidades en relación paralela espaciadas transversalmente, junto con una abertura y un conducto de conexión para cada cavidad.

40 Las ondas acústicas pueden producirse debido a una gran variedad de fuentes. Por ejemplo, las ondas acústicas pueden ser producidas por personas, vehículos a motor, aviones y equipos electrónicos. Para muchas personas, estas ondas acústicas pueden ser desagradables y, por tanto, considerarse como ruido.

Una forma de reducir el ruido es proporcionar una pared sólida (que consiste, por ejemplo, en una pared de mampostería o en un terraplén) entre la persona y la fuente del ruido. Sin embargo, tales paredes sólidas pueden ser relativamente costosas de construir, requieren mantenimiento y tienen un drenaje deficiente para agua superficial.

45 Por tanto, sería deseable proporcionar un atenuador alternativo.

Breve descripción de varias realizaciones de la invención

50 Según varias realizaciones de la invención, aunque no necesariamente todas, se proporciona un atenuador para atenuar ondas acústicas, comprendiendo el atenuador: un primer cuerpo que define una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del primer cuerpo, estando configurado el primer cuerpo para atenuar ondas acústicas sobre una banda de frecuencias de resonancia.

5 El primer cuerpo puede definir una única abertura abierta alargada. El primer cuerpo puede tener una forma sustancialmente alargada. La abertura abierta alargada puede extenderse sobre la longitud del cuerpo. La abertura abierta alargada puede extenderse a lo largo de una parte sustancial de la longitud del cuerpo. La longitud de la abertura abierta alargada puede ser mayor que o sustancialmente igual al noventa por ciento de la longitud del primer cuerpo.

La banda de frecuencias de resonancia puede ser sustancialmente independiente del material del cuerpo. La banda de frecuencias de resonancia puede tener una dependencia escasa del material del cuerpo.

La magnitud de la atenuación proporcionada por el atenuador puede no verse sustancialmente afectada por la orientación del atenuador con respecto a la fuente de las ondas acústicas.

10 El atenuador puede comprender además un segundo cuerpo situado dentro de la cavidad del primer cuerpo. El segundo cuerpo puede definir una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del segundo cuerpo. El segundo cuerpo está configurado para atenuar ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia diferente de la banda de frecuencias de resonancia.

El primer cuerpo y el segundo cuerpo pueden no estar conectados entre sí.

15 El segundo cuerpo se puede sustituir por un tercer cuerpo. El tercer cuerpo puede definir una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del tercer cuerpo. El tercer cuerpo puede estar configurado para atenuar ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia diferente a las bandas de frecuencias de resonancia del primer cuerpo y del segundo cuerpo.

El primer cuerpo puede definir una forma en espiral en sección transversal.

20 El atenuador puede comprender además una pluralidad de paredes dentro de la cavidad que definen una pluralidad de compartimentos. El primer cuerpo comprende una pluralidad de aberturas alargadas abiertas para al menos algunos de la pluralidad de compartimentos.

El atenuador puede comprender además una pluralidad de paredes dentro de la cavidad que definen una pluralidad de compartimentos. Al menos algunas de la pluralidad de paredes pueden definir una abertura abierta y alargada.

25 De acuerdo con varias realizaciones de la invención, aunque no necesariamente todas, se proporciona una disposición que comprende una pluralidad de atenuadores como se describe en los párrafos anteriores.

La pluralidad de atenuadores pueden no estar conectados entre sí.

30 Al menos algunos de la pluralidad de atenuadores pueden estar dispuestos periódicamente en una pluralidad de filas. La distancia entre las filas de atenuadores puede seleccionarse de manera que las filas de atenuadores atenúen ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia.

Un primer subconjunto de la pluralidad de atenuadores puede estar configurado para atenuar ondas acústicas sobre una primera banda de frecuencias de resonancia y un segundo subconjunto de la pluralidad de atenuadores puede estar configurado para atenuar ondas acústicas sobre una segunda banda de frecuencias de resonancia diferente de la primera banda de frecuencias de resonancia.

35 La pluralidad de atenuadores puede incluir una pluralidad de subconjuntos de atenuadores. Cada subconjunto de atenuadores puede estar configurado para atenuar ondas acústicas sobre una banda de frecuencias de resonancia diferente de las bandas de frecuencias de resonancia de los otros subconjuntos de atenuadores.

40 De acuerdo con varias realizaciones de la invención, aunque no necesariamente todas, se proporciona una barrera acústica para atenuar ondas acústicas, comprendiendo la barrera acústica una disposición como se describe en los párrafos anteriores.

De acuerdo con varias realizaciones de la invención, aunque no necesariamente todas, se proporciona un filtro acústico para filtrar ondas acústicas, comprendiendo el filtro acústico una disposición como se describe en los párrafos anteriores.

45 La pluralidad de atenuadores de la disposición pueden estar separados entre sí para permitir el paso de luz y / o de aire puro entre los mismos.

De acuerdo con varias realizaciones de la invención, aunque no necesariamente todas, se proporciona un método para construir una barrera acústica, comprendiendo el método: proporcionar una disposición de atenuadores como se describe en los párrafos anteriores; y disponer la pluralidad de atenuadores en la disposición para formar una barrera acústica.

El método puede comprender además disponer la pluralidad de atenuadores de modo que queden separados entre sí para permitir el paso de luz y / o de aire puro entre los mismos.

Breve descripción de los dibujos

5 Para una mejor comprensión de varios ejemplos de realizaciones de la presente invención, se hará ahora referencia solo a modo de ejemplo a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un atenuador de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

La figura 2 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión para dos atenuadores que tienen diferentes diámetros de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

10 La figura 3 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión para dos atenuadores que tienen aberturas abiertas alargadas con diferentes anchuras de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

La figura 4 ilustra una vista en perspectiva de otro atenuador de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

15 La figura 5A ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

La figura 5B ilustra una vista en perspectiva del atenuador ilustrado en la figura 5A;

La figura 6 ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

20 La figura 7 ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

La figura 8 ilustra una vista en planta de una disposición de atenuadores de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención;

La figura 9 ilustra una vista en planta de otra disposición de atenuadores de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención; y

25 La figura 10 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión para la disposición de atenuadores que se ilustran en la figura 9.

Descripción detallada de varias realizaciones de la invención

30 Las figuras 1, 4, 5A, 5B, 6 y 7 ilustran un atenuador 10, 38 para atenuar ondas acústicas, comprendiendo el atenuador 10, 38 un primer cuerpo 12, 40 que define una cavidad 14, 42 en el mismo y una abertura abierta alargada 20, 44 que se extiende a través de una parte sustancial del primer cuerpo 12, 40, estando configurado el primer cuerpo 12, 40 para atenuar ondas acústicas sobre una banda de frecuencias de resonancia.

35 Con más detalle, la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un atenuador 10 que incluye un cuerpo alargado 12 que tiene forma tubular. El cuerpo 12 puede comprender cualquier material adecuado y puede comprender, por ejemplo, aluminio, latón, cobre, diamante, oro, hierro, plomo, vidrio pyrex, caucho o acero. El cuerpo 12 tiene un diámetro D, una longitud L, una primera parte extrema 16 y una segunda parte extrema 18 opuesta a la primera parte extrema 16.

40 El cuerpo 12 define una cavidad 14 en el mismo (es decir, el cuerpo 12 es sustancialmente hueco) y una abertura abierta alargada 20, que tiene una anchura W, que se extiende sobre toda la longitud del cuerpo 12 desde la primera parte extrema 16 hasta la segunda parte extrema 18. En esta realización, la longitud de la abertura abierta alargada 20 es sustancialmente igual a la longitud L del cuerpo 12. Sin embargo, en otras realizaciones la longitud de la abertura abierta alargada puede ser cualquier parte sustancial de la longitud del cuerpo 12 y puede ser igual o mayor que el noventa por ciento de la longitud del cuerpo 12.

45 La abertura abierta alargada 20 está 'abierta' puesto que no está cubierta por una barrera que impida que entre o salga flujo de fluido (por ejemplo aire) de la cavidad 14. Por consiguiente, el fluido puede entrar y salir de la cavidad 14 a través de la abertura abierta alargada 20 sin obstrucción. En esta realización, las partes extremas primera y segunda 16, 18 también están abiertas. En otras realizaciones, las partes extremas primera y segunda 16, 18 pueden estar cubiertas por una barrera que impida el paso de fluido a través de las mismas.

- El cuerpo 12 está configurado para atenuar ondas acústicas incidentes sobre una banda de frecuencias de resonancia. En funcionamiento, las ondas acústicas pueden entrar en la cavidad 14 del cuerpo 12 a través de la abertura abierta alargada 20 y a través del cuerpo 12. El aire en la cavidad 14 resuena si la frecuencia de las ondas acústicas está dentro de la banda de frecuencias de resonancia de la cavidad 14. Dado que la abertura abierta
- 5 alargada 20 se extiende a través de una parte sustancial del cuerpo 12, una pluralidad de ondas estacionarias se forman en la cavidad 14, teniendo cada una, una longitud diferente entre sí. Puesto que cada onda estacionaria proporciona una frecuencia de resonancia diferente, la pluralidad de ondas estacionarias juntas proporcionan la banda de frecuencias de resonancia de la cavidad 14.
- La resonancia mencionada anteriormente reduce la energía de las ondas acústicas incidentes puesto que la energía es transferida de las ondas acústicas al aire en la cavidad 14. Además, el atenuador 10 refleja al menos parcialmente las ondas acústicas de vuelta hacia su fuente. En consecuencia, si un atenuador 10 está situado entre una fuente de ondas acústicas y un observador, el atenuador 10 reduce la amplitud (es decir, el volumen) de la onda acústica oída por el observador.
- Con más detalle, cuando una variación de presión (por ejemplo, en forma de una onda sonora) interactúa con el aire en la abertura abierta alargada 20, la presión del aire en la cavidad 14 aumenta. A medida que se retira la fuerza externa, la presión se iguala y fuerza el aire hacia atrás a través de la abertura abierta alargada 20. Debido a la inercia del aire en la abertura abierta alargada 20, se crea una zona de baja presión en la cavidad 14, la cual a su vez hace que el aire sea arrastrado hacia atrás a la cavidad 14. El aire entonces continúa oscilando y provoca la atenuación de la onda sonora incidente.
- La atenuación asociada al atenuador 10 es proporcionada sustancialmente por la resonancia del aire en la cavidad 14 y no por la resonancia mecánica del propio cuerpo 12. Por consiguiente, la banda de frecuencias de resonancia deseable del cuerpo 12 es sustancialmente independiente del material del cuerpo 12. Además, se ha observado que la magnitud de la atenuación proporcionada por el atenuador 10 no se ve afectada sustancialmente por la orientación del atenuador 10 (y de ahí la orientación de la abertura abierta alargada 20) con respecto a la fuente de ondas acústicas.
- Debe apreciarse que las dimensiones del cuerpo 12 y de la abertura abierta alargada 20 determinan la banda de frecuencias de resonancia del atenuador 10. Esto se explicará ahora en detalle en los siguientes párrafos con referencia a las figuras 1, 2 y 3.
- La figura 2 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión para dos atenuadores 10 que tienen diferentes diámetros D (y por tanto diferentes volúmenes). El gráfico incluye un eje X 22 para la frecuencia (en kilohercios), un eje Y 24 para la presión (en dB), una línea continua 26 que representa un atenuador que tiene un diámetro D de 14 mm y una línea de puntos 28 que representa un atenuador que tiene un diámetro D de 10 mm.
- Haciendo referencia a la línea continua 26, la presión aumenta desde aproximadamente 70 dB a 0,5 kHz hasta aproximadamente 80 dB a 3 kHz. En la zona del intervalo de banda de resonancia a 3,0 kHz, la presión disminuye y alcanza un mínimo de 15 dB a aproximadamente 3,5 kHz. Después de 3,5 kHz, la presión aumenta y es de aproximadamente 80 dB a 4,5 kHz. Después de 4,5 kHz, la presión permanece sustancialmente constante a 80 dB.
- Con referencia a la línea de puntos 28, la presión aumenta desde aproximadamente 70 dB a 0,5 kHz hasta aproximadamente 80 dB a 3 kHz y permanece constante hasta 5 kHz. En la zona de la banda de resonancia a 5 kHz, la presión disminuye y alcanza un mínimo de 15 dB a aproximadamente 6 kHz. Después de 6 kHz, la presión aumenta y es de aproximadamente 80 dB a 6,5 kHz. Después de 6,5 kHz, la presión permanece sustancialmente constante a 80 dB.
- A partir de los párrafos anteriores, debe apreciarse que un aumento del diámetro D (y por tanto del volumen) del cuerpo 12 de un atenuador 10 disminuye la posición de la banda de frecuencias de resonancia del cuerpo 12 en el eje de frecuencias 22.
- La figura 3 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión para dos atenuadores 10 que tienen aberturas abiertas alargadas 20 con anchuras diferentes W. El gráfico incluye un eje X 30 para la frecuencia (en kilohercios), un eje Y 32 para la presión (en dB), una línea continua 34 que representa un atenuador que tiene una abertura abierta alargada con una anchura de 2,0 mm y una línea de puntos 36 que representa un atenuador que tiene una abertura abierta alargada con una anchura de 5,0 mm.
- Con referencia a la línea continua 34, la presión es sustancialmente constante a 80 dB entre las frecuencias de 0,5 kHz y 3,5 kHz. En la zona del intervalo de banda de resonancia a 3,5 kHz, la presión disminuye y alcanza un mínimo de 10 dB a aproximadamente 4 kHz. Después de 4 kHz, la presión aumenta y es de aproximadamente 80 dB a 4,5 kHz. Después de 4,5 kHz, la presión permanece sustancialmente constante a 80 dB.
- Con referencia a la línea de puntos 36, la presión es sustancialmente constante a 80 dB entre las frecuencias de 0,5 kHz y 4,0 kHz. En la zona del intervalo de banda de resonancia a 4,0 kHz, la presión disminuye y alcanza un mínimo

de 10 dB a aproximadamente 5 kHz. Después de 5 kHz, la presión aumenta y es de aproximadamente 80 dB a 5,5 kHz. Después de 5,5 kHz, la presión permanece sustancialmente constante a 80 dB.

A partir de los párrafos anteriores, debe apreciarse que un aumento en la anchura W de una abertura abierta alargada mueve el emplazamiento de la banda de frecuencias de resonancia del cuerpo 12 a frecuencias más altas.

- 5 Las realizaciones de la presente invención proporcionan una ventaja en el sentido de que el cuerpo 12 del atenuador 10 puede estar configurado para atenuar una banda de frecuencias particular de interés (por ejemplo, para atenuar ruido sobre una gama de frecuencias particular). Por ejemplo, si se desea atenuar ondas acústicas que tienen una frecuencia comprendida entre 3,0 kHz y 6,0 kHz, el diámetro D del cuerpo 12 y la anchura W de la abertura abierta alargada 20 pueden elegirse para obtener una atenuación óptima a esas frecuencias.
- 10 Además, otra ventaja proporcionada por las realizaciones de la presente invención es que el material del cuerpo 12 puede seleccionarse libremente para cualquier aplicación ya que la banda de frecuencias de resonancia del cuerpo 12 es sustancialmente independiente del material del cuerpo 12. Por ejemplo, si se desea reducir la visibilidad del atenuador 10, el cuerpo 12 puede comprender vidrio pyrex. Alternativamente, si se desea aumentar la visibilidad del atenuador 10 (por ejemplo, con fines decorativos), el cuerpo 12 puede comprender diamante u oro.
- 15 La figura 4 ilustra una vista en perspectiva de otro atenuador 38 de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. El atenuador 38 es similar al atenuador 10 ilustrado en la figura 1 y está configurado para atenuar ondas acústicas de una manera similar. El atenuador 38 incluye un primer cuerpo 40 que define una cavidad 42 en el mismo y una abertura abierta alargada 44 que se extiende a través de una parte sustancial del cuerpo 40. El atenuador 38 incluye también un segundo cuerpo 46 que está situado dentro de la cavidad 42 del primer cuerpo 40.
- 20 El segundo cuerpo 46 también define una cavidad 48 en el mismo y una abertura abierta alargada 50 que se extiende a través de una parte sustancial del segundo cuerpo 46. El primer cuerpo 40 y el segundo cuerpo 46 están configurados para atenuar ondas acústicas sobre diferentes bandas de frecuencias de resonancia. Por ejemplo, el primer cuerpo puede estar configurado para atenuar ondas acústicas en el intervalo de frecuencias de 3 kHz a 4 kHz y el segundo cuerpo puede estar configurado para atenuar ondas acústicas en el intervalo de frecuencias de 4 kHz a 5 kHz.

El atenuador 38 ilustrado en la figura 4 puede proporcionar una ventaja en el sentido de que puede ser capaz de atenuar ondas acústicas a lo largo de un mayor intervalo de frecuencias (cuando se compara con el atenuador 10 ilustrado en la figura 1). Además, el atenuador 38 puede no requerir más espacio que el atenuador 10 ilustrado en la figura 1 puesto que el segundo cuerpo 46 está situado dentro de la cavidad 42 del primer cuerpo 40.

- 30 El primer cuerpo 40 y el segundo cuerpo 46 no están conectados entre sí (es decir, el atenuador 38 no incluye conectores entre el primer cuerpo 40 y el segundo cuerpo 46). Esto puede proporcionar una ventaja en el sentido de que el atenuador 38 puede ser relativamente fácil de fabricar. Además, si se desea un cambio en las bandas de frecuencias de resonancia del atenuador 38, el primer cuerpo 40 o el segundo cuerpo 46 puede ser reemplazado por otros cuerpos que tengan bandas de frecuencias de resonancia diferentes de las del primer cuerpo 40 y el segundo cuerpo 46. Por ejemplo, el segundo cuerpo 46 puede ser reemplazado por otro cuerpo (no ilustrado) que tenga una banda de frecuencias de resonancia diferente de las bandas de frecuencias de resonancia del primer cuerpo 40 y el segundo cuerpo 46.

- 40 Debe apreciarse que el atenuador 38 puede incluir un tercer cuerpo (no ilustrado con fines de claridad) situado dentro de la cavidad 48 del segundo cuerpo 46, y un cuarto cuerpo (no ilustrado con fines de claridad) situado dentro de la cavidad del tercer cuerpo y así sucesivamente (estando cada cuerpo configurado para atenuar ondas acústicas sobre diferentes bandas de frecuencias de resonancia). Alternativamente, si el diámetro del primer cuerpo 40 es relativamente grande, la cavidad 42 puede incluir una pluralidad de cuerpos que no estén situados uno dentro de otro, cada uno de los cuales estando configurado para atenuar ondas acústicas sobre diferentes bandas de frecuencias de resonancia. En ambas realizaciones, la pluralidad de cuerpos no pueden estar conectados entre sí.
- 45 Estas realizaciones pueden proporcionar una ventaja en el sentido de que pueden atenuar ondas acústicas en un intervalo de frecuencias muy amplio.

- 50 La figura 5A ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador 52 y la figura 5B ilustra una vista en perspectiva del atenuador 52. El atenuador 52 incluye un cuerpo alargado 54 sustancialmente con forma tubular. El cuerpo 54 puede comprender cualquier material adecuado y puede comprender, por ejemplo, aluminio, latón, cobre, diamante, oro, hierro, plomo, vidrio pyrex, caucho o acero. El cuerpo 54 tiene un diámetro D , una longitud L , una primera parte extrema 58 y una segunda parte extrema 60 opuesta a la primera parte extrema 58.

- 55 Cuando se ve en sección transversal, el cuerpo 54 tiene una forma en espiral (es decir, el cuerpo 54 se curva desde un punto central y aumenta continuamente en radio). El cuerpo 54 define una cavidad 56 en el mismo (es decir, el cuerpo 12 es sustancialmente hueco) y la cavidad 56 también tiene una forma en espiral cuando se ve en sección transversal. Además, el cuerpo 54 define una abertura abierta alargada 62, que tiene una anchura W , que se extiende sobre toda la longitud del cuerpo 54 desde la primera parte extrema 58 hasta la segunda parte extrema 60. En esta realización, la longitud de la abertura abierta alargada 62 es sustancialmente igual a la longitud L del cuerpo

54. Sin embargo, en otras realizaciones la longitud de la abertura abierta alargada 62 puede ser cualquier parte sustancial de la longitud del cuerpo 54 y puede ser igual o mayor que el noventa por ciento de la longitud del cuerpo 54.

5 La abertura abierta alargada 62 está 'abierta' puesto que no está cubierta por una barrera que impida que entre o salga flujo de fluido (por ejemplo aire) de la cavidad 14. Por consiguiente, el fluido puede entrar y salir de la cavidad 14 a través de la abertura abierta alargada 62 sin obstrucción. En esta realización, las partes extremas primera y segunda 58, 60 están también abiertas. En otras realizaciones, las partes extremas primera y segunda 58, 60 pueden estar cubiertas por una barrera que impida el paso de fluido a través de las mismas.

10 El cuerpo 54 está configurado para atenuar las ondas acústicas incidentes sobre una banda de frecuencias de resonancia. Debe apreciarse que la cavidad en forma de espiral 56 tiene una longitud que se extiende entre la apertura de la abertura alargada 62 hasta el centro del cuerpo 54. La longitud de trayectoria de la cavidad 56 es sustancialmente igual a un cuarto de la longitud de onda de las ondas acústicas que deben ser atenuadas.

15 Cuando una onda acústica incide en el atenuador 52, parte de la onda acústica entra en la cavidad 56 y parte de la onda acústica es reflejada. Durante el tiempo que tarda la onda acústica en recorrer la cavidad 56 y volver a la abertura abierta alargada 62, la onda acústica fuera del atenuador 52 ha desplazado media longitud de onda, y las dos ondas interfieren de manera destructiva provocando la atenuación de la onda acústica.

20 El atenuador 52 puede proporcionar una serie de ventajas. Dado que la longitud de la cavidad 56 es relativamente grande para el tamaño del atenuador 52, el atenuador 52 puede atenuar de manera ventajosa ondas acústicas que tienen una longitud de onda relativamente grande / una frecuencia relativamente baja para su tamaño dado. Además, puede producirse una atenuación de ondas acústicas cuando la onda acústica tiene una frecuencia que es un armónico de la frecuencia fundamental del atenuador 52.

25 A modo de ejemplo, el cuerpo 54 puede definir una espiral de tipo Bernoulli con un radio exterior de 0,0128 m y un decrecimiento por 90° del 86% con 3,0 vueltas. Esta espiral tiene una longitud de trayectoria característica de 0,16 m y una frecuencia fundamental correspondiente de 0,74 kHz. El intervalo de banda de frecuencias de resonancia de este atenuador está comprendido entre 0,68 y 0,9 kHz con 60 dB de atenuación. Un armónico de orden superior también existe al doble de la frecuencia fundamental a 1,72 kHz con niveles similares de atenuación.

Debe apreciarse que un atenuador de acuerdo con las realizaciones de la invención puede tener un cuerpo que defina cualquier cavidad serpenteante o laberíntica que provoque la atenuación de ondas acústicas como se describe en los párrafos anteriores con referencia a las figuras 5A y 5B.

30 La figura 6 ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador 64 de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. El atenuador 64 es similar al atenuador 52 ilustrado en las figuras 5A y 5B y cuando las características son similares, se utilizan los mismos números de referencia. El atenuador 64 difiere del atenuador 52 en que el cuerpo 54 incluye una pluralidad de paredes 66 dentro de la cavidad 56. Las paredes 66 dividen la cavidad 56 en una pluralidad de compartimentos 68 y en esta realización las paredes 66 se extienden radialmente entre partes adyacentes del cuerpo 54 y definen aberturas alargadas abiertas 70 que se extienden por al menos una longitud sustancial del cuerpo 54. Los compartimentos 68 y las aberturas alargadas abiertas 70 están configurados para atenuar ondas acústicas dentro de bandas de frecuencias de la misma manera que el atenuador 10 ilustrado en figura 1.

40 La figura 7 ilustra una vista en planta en sección transversal de otro atenuador 72 de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. El atenuador 72 es similar al atenuador 64 ilustrado en la figura 6 y cuando las características son similares, se utilizan los mismos números de referencia. El atenuador 72 difiere del atenuador 64 en que la pluralidad de paredes 66 no definen aberturas alargadas abiertas y en su lugar, el cuerpo 54 define una pluralidad de aberturas alargadas abiertas 74 (en este ejemplo, una abertura alargada abierta 74 por compartimento 68). Los compartimentos 68 y las aberturas alargadas abiertas 74 están configurados para atenuar ondas acústicas dentro de bandas de frecuencias de la misma manera que el atenuador 10 ilustrado en la figura 1.

45 La figura 8 ilustra una vista en planta de una disposición 76 que incluye una pluralidad de atenuadores de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. Los atenuadores ilustrados en la figura 8 son similares al atenuador 10 ilustrado en la figura 1 y atenúan ondas acústicas de una manera similar. En otras realizaciones, la disposición 76 puede incluir al menos algunos atenuadores que son similares a los atenuadores 38, 52, 64, 72 ilustrados en las figuras 4, 5A, 5B, 6 y 7.

55 La disposición 76 incluye un primer subconjunto de atenuadores 78 (que son relativamente grandes), un segundo subconjunto de atenuadores 80 (que son de tamaño medio) y un tercer subconjunto de atenuadores 82 (que son relativamente pequeños). Los atenuadores 78 en el primer subconjunto están configurados para atenuar ondas acústicas sobre una primera banda de frecuencias de resonancia (por ejemplo, 1 kHz a 4 kHz). Los atenuadores 80 en el segundo subconjunto están configurados para atenuar ondas acústicas sobre una segunda banda de frecuencias de resonancia (por ejemplo, 3 kHz a 7 kHz). Los atenuadores 82 en el tercer subconjunto están

configurados para atenuar ondas acústicas sobre una tercera banda de frecuencias de resonancia (por ejemplo, 6 kHz a 10 kHz). En consecuencia, la disposición 76 está configurada para atenuar ondas acústicas en la gama de frecuencias de 1 a 10 kHz.

5 Los atenuadores 78, 80, 82 están separados entre sí y la disposición 76 no incluye ningún elemento que conecte los atenuadores 78, 80, 82 entre sí. Por consiguiente, los atenuadores 78, 80, 82 pueden estar dispuestos de manera aleatoria en una formación cuadrada alrededor de un espacio cuadrado que incluye una fuente 84 de ondas acústicas, aunque no incluye ningún atenuador. Se ha observado que la distribución de los atenuadores 78, 80, 82 no afecta sustancialmente a la atenuación proporcionada por la disposición 76.

10 La formación cuadrada incluye una primera pared 86, una segunda pared 88, una tercera pared 90 y una cuarta pared 92. Las paredes primera, segunda y tercera 86, 88 y 90 incluyen tres capas de atenuadores (es decir, son tres atenuadores de profundidad). La cuarta pared 92 incluye dos capas de atenuadores (es decir, son dos atenuadores de profundidad).

15 La fuente 84 produce ondas acústicas 94 que tienen amplitudes relativamente altas (por ejemplo, 70 dB) y que tienen frecuencias en el intervalo de 4,2 kHz a 4,9 kHz. La disposición 76 de atenuadores 78, 80, 82 proporciona una barrera acústica 98 que atenúa las ondas acústicas 94 ya que las frecuencias de las ondas acústicas 94 entran dentro de la banda de frecuencias de resonancia de la disposición 76. Las ondas acústicas 96 que salen de la disposición 76 tienen amplitudes significativamente más bajas (por ejemplo, 20 dB) que las ondas acústicas 94 producidas por la fuente 84.

20 Las realizaciones de la presente invención proporcionan la ventaja de que una disposición de atenuadores que tienen diferentes dimensiones puede atenuar ondas acústicas sobre una gama de frecuencias relativamente amplia (1 kHz a 10 kHz en el ejemplo anterior). Además, la atenuación relativamente significativa de ondas acústicas se puede conseguir mediante la disposición de los atenuadores en capas y al aumentar el número de los atenuadores en un volumen dado en la disposición.

25 Además, puesto que los atenuadores en la disposición pueden no estar conectados entre sí, la disposición se puede conformar con cualquier forma y con cualquier separación entre los atenuadores. Esto puede permitir de manera ventajosa la creación de una barrera acústica para cualquier frecuencia a ser atenuada.

30 La figura 9 ilustra una vista en planta de otra disposición 100 de atenuadores 102 de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención. Los atenuadores 102 pueden ser cualesquiera atenuadores adecuados de acuerdo con realizaciones de la presente invención y pueden ser, por ejemplo, cualesquiera de los atenuadores 10, 38, 52, 64 y 72 (incluyendo cualquier combinación de estos atenuadores). En este ejemplo, los atenuadores 102 son similares al atenuador 10 ilustrado en la figura 1.

35 Los atenuadores 102 están dispuestos periódicamente en cuatro filas y cinco columnas. Se debe apreciar que este número de filas y columnas es para fines de ejemplo y la disposición 100 puede tener cualquier número de filas y columnas. Además, se debe apreciar que los atenuadores 102 pueden estar dispuestos en cualquier disposición periódica. Cada fila de atenuadores 102 está separada de filas adyacentes una distancia d_1 y cada columna de atenuadores 102 está separada de columnas adyacentes una distancia d_2 . En este ejemplo, la distancia d_1 es sustancialmente igual a la distancia d_2 . En otras realizaciones, la distancia d_1 puede ser diferente de la distancia d_2 .

40 En funcionamiento, una onda acústica 104 incide en la disposición 100. Como se describe en los párrafos anteriores, los atenuadores 102 atenúan la onda acústica 104 en cada una de sus bandas de frecuencias de resonancia individuales. Además, la disposición colectiva de los atenuadores también atenúa la onda acústica 104 en otra banda de frecuencias de resonancia debido a que la onda acústica 104 se refleja fuera de los atenuadores 102 y causa una interferencia destructiva de acuerdo con la ley de Bragg. La longitud de onda a la que la onda acústica 104 se atenúa viene dada por:

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad \text{Ecuación 1}$$

45 Donde d es la distancia entre las filas o columnas y θ es el ángulo de incidencia de la onda acústica con respecto a la fila / columna. De la ecuación 1 se debe apreciar que la otra banda de frecuencias de resonancia de la disposición 100 depende de las distancias d_1 y d_2 entre los atenuadores 102.

50 La figura 10 ilustra un gráfico de frecuencia frente a presión de una onda acústica 106 (véase la figura 9) atenuada por la disposición 100 de atenuadores 102 ilustrada en la figura 9. El gráfico incluye un eje X 108 para la frecuencia, un eje Y 110 para la presión y una línea continua 112 que representa la onda acústica atenuada 106.

La línea 112 incluye un primer mínimo 114 de presión en una primera banda de frecuencias y un segundo mínimo 116 de presión en una segunda banda de frecuencias. La segunda banda de frecuencias está a frecuencias más

altas que la primera banda de frecuencias. El primer mínimo 114 es causado por la atenuación de los atenuadores individuales 102 y el segundo mínimo 116 es causado por la atenuación de la disposición colectiva de atenuadores 102 como se describe anteriormente.

5 La disposición 100 ilustrada en la figura 9 puede proporcionar una ventaja en el sentido de que la banda de frecuencias de atenuación de la disposición colectiva 100 de atenuadores 102 puede sintonizarse a frecuencias deseadas cambiando la distancia entre las filas / columnas de atenuadores 102. Por ejemplo, si se desea una banda de frecuencias de atenuación particularmente amplia, la distancia entre las filas y columnas puede ser seleccionada de modo que el primer mínimo 114 y el segundo mínimo se solapen al menos parcialmente entre sí.

10 Una disposición de atenuadores de acuerdo con realizaciones de la presente invención se puede formar en una o más barreras acústicas para una variedad de aplicaciones diferentes.

15 Una de tales aplicaciones es organizar una pluralidad de atenuadores en una barrera acústica de tipo valla en torno a una propiedad (por ejemplo, una casa o una oficina) para reducir el ruido recibido en la propiedad. Las realizaciones de la presente invención proporcionan varias ventajas en esta aplicación. Por ejemplo, la barrera acústica puede permitir el drenaje de agua superficial y de flujo de aire puro ya que los atenuadores en la barrera acústica están separados entre sí y no pueden ser conectados entre sí. Además, la barrera acústica puede estar hecha de materiales opacos o transparentes dependiendo de la ubicación de la propiedad (por ejemplo, urbana o rural). Por ejemplo, si la propiedad se encuentra en una zona urbana, la barrera acústica puede estar hecha de materiales opacos con el fin de aumentar la privacidad. Si la propiedad se encuentra en una zona rural, la barrera acústica puede estar hecha de materiales transparentes con el fin de mejorar la vista desde la propiedad.

20 Otra aplicación es la instalación de una pluralidad de atenuadores de acuerdo con realizaciones de la presente invención en la cavidad de pared y / o en el espacio de techumbre de una propiedad para formar una barrera acústica que reduzca el ruido que entre en la propiedad.

25 Otra aplicación es la instalación de una pluralidad de atenuadores de acuerdo con realizaciones de la presente invención a lo largo de una carretera, vía de tren o pista de aeropuerto para reducir el ruido procedente de la carretera, la vía de tren o la pista. Como se menciona anteriormente, tal barrera acústica ofrece la ventaja de que permite el drenaje de agua superficial y de flujo de aire puro y puede estar formada de materiales opacos o transparentes dependiendo de la ubicación.

30 Otra aplicación es para formar una pluralidad de atenuadores de acuerdo con realizaciones de la invención en una pantalla barrera acústica para una ventana que reduzca el ruido recibido del exterior de la ventana y que también permita que la ventana permanezca abierta y permita el paso de aire puro a través de la misma.

Las barreras acústicas descritas anteriormente proporcionan varias ventajas a una persona debido a la reducción de ruido. Estas ventajas incluyen disminución de los trastornos del sueño, mayor capacidad para disfrutar de la vida al aire libre, reducción de interferencias en el habla, reducción del estrés, menor riesgo de déficit de audición y reducción de la presión arterial (mejora de la salud cardiovascular).

35 Aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito en los párrafos anteriores con referencia a varios ejemplos, debe apreciarse que se pueden hacer modificaciones en los ejemplos dados sin apartarse del ámbito de aplicación de la invención según se reivindica. Por ejemplo, el cuerpo de un atenuador puede tener cualquier forma adecuada y puede tener, por ejemplo, una sección transversal cuadrada o triangular. Además, las dimensiones en sección transversal (por ejemplo, el diámetro) del cuerpo pueden variar sobre la longitud del cuerpo. La abertura abierta alargada puede tener cualquier forma o longitud adecuada, y puede tener una anchura que varíe sobre la longitud del cuerpo.

45 En las realizaciones descritas anteriormente, los atenuadores están configurados para atenuar ondas acústicas. Se debe apreciar que en otras realizaciones de la presente invención, los atenuadores pueden estar configurados para atenuar otras formas de onda. Por ejemplo, los atenuadores pueden estar configurados para atenuar olas marinas y una pluralidad de tales atenuadores pueden proporcionarse para formar una barrera de defensa de olas marinas. Tal barrera puede formarse para defenderse de tsunamis. Los atenuadores pueden estar configurados para atenuar ondas sísmicas en la tierra y una pluralidad de tales atenuadores pueden proporcionarse para atenuar terremotos.

Las características descritas en la descripción anterior se pueden usar en combinaciones distintas de las combinaciones descritas de forma explícita.

50 Aunque las funciones se han descrito con referencia a ciertas características, esas funciones pueden ser realizadas por otras características descritas o no.

Aunque las características se han descrito con referencia a ciertas realizaciones, estas características también pueden estar presentes en otras realizaciones descritas o no.

Aunque en la memoria descriptiva anterior se ha procurado llamar la atención sobre aquellas características de la invención que se consideran de particular importancia, se debe entender que el solicitante reivindica protección con respecto a cualquier característica o combinación de características patentables anteriormente mencionadas y / o mostradas en los dibujos ya se haya hecho o no énfasis particular en las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Disposición (76) que comprende:

una pluralidad de atenuadores (102) para atenuar ondas acústicas, comprendiendo los atenuadores (102):

5 un primer cuerpo que define una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del primer cuerpo, estando configurado el primer cuerpo para atenuar ondas acústicas sobre una banda de frecuencias de resonancia;

caracterizada por que

10 al menos algunos de la pluralidad de atenuadores (102) están dispuestos periódicamente en una pluralidad de filas, en el que la distancia entre las filas de atenuadores (102) se selecciona de manera que las filas de atenuadores (102) estén configuradas para atenuar ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia seleccionada.

2. Disposición (76) según la reivindicación 1, en la que el primer cuerpo define una sola abertura abierta alargada.

3. Disposición (76) según la reivindicación 1 o 2, en la que el primer cuerpo tiene forma alargada y la abertura abierta alargada se extiende sobre la longitud del cuerpo.

15 4. Disposición (76) según la reivindicación 3, en la que la abertura abierta alargada se extiende a lo largo de una parte sustancial de la longitud del cuerpo.

5. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la banda de frecuencias de resonancia es independiente del material del cuerpo.

20 6. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la magnitud de la atenuación proporcionada por el atenuador (102) no se ve afectada por la orientación del atenuador (102) con respecto a la fuente de las ondas acústicas.

25 7. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un segundo cuerpo situado dentro de la cavidad del primer cuerpo, definiendo el segundo cuerpo una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del segundo cuerpo, estando configurado el segundo cuerpo para atenuar ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia diferente de la banda de frecuencias de resonancia.

8. Disposición (76) según la reivindicación 7, en la que el primer cuerpo y el segundo cuerpo no están conectados entre sí.

30 9. Disposición (76) según la reivindicación 7 u 8, en la que el segundo cuerpo se puede reemplazar por un tercer cuerpo, definiendo el tercer cuerpo una cavidad en el mismo y una abertura abierta alargada que se extiende a través de una parte sustancial del tercer cuerpo, estando el tercer cuerpo configurado para atenuar ondas acústicas sobre otra banda de frecuencias de resonancia diferente de las bandas de frecuencias de resonancia del primer cuerpo y del segundo cuerpo.

35 10. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el primer cuerpo define una forma en espiral en sección transversal y la pluralidad de atenuadores (102) comprende además una pluralidad de paredes dentro de la cavidad que definen una pluralidad de compartimentos, en el que el primer cuerpo comprende una pluralidad de aberturas alargadas abiertas para al menos algunos de la pluralidad de compartimentos, o la pluralidad de atenuadores (102) comprende además una pluralidad de paredes dentro de la cavidad que definen una pluralidad de compartimentos, en el que al menos algunas de la pluralidad de paredes definen una abertura abierta y alargada.

40 11. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pluralidad de atenuadores (102) no están conectados entre sí.

45 12. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que un primer subconjunto de la pluralidad de atenuadores (102) está configurado para atenuar ondas acústicas sobre una primera banda de frecuencias de resonancia y un segundo subconjunto de la pluralidad de atenuadores (102) está configurado para atenuar ondas acústicas sobre una segunda banda de frecuencias de resonancia diferente de la primera banda de frecuencias de resonancia.

13. Disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pluralidad de atenuadores (102) incluye una pluralidad de subconjuntos de atenuadores (102), estando configurado cada subconjunto de

atenuadores (102) para atenuar ondas acústicas sobre una banda de frecuencias de resonancia diferente de las bandas de frecuencias de resonancia de los otros subconjuntos de atenuadores (102).

5 14. Barrera acústica (98) para atenuar ondas acústicas, comprendiendo la barrera acústica (98) una disposición (76) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y en la que la pluralidad de atenuadores (102) de la disposición (76) están separados entre sí para permitir el paso de luz y / o de aire puro entre los mismos.

15. Método para construir una barrera acústica (98), comprendiendo el método:

proporcionar una disposición (76) de atenuadores (102) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 para formar una barrera acústica (98).

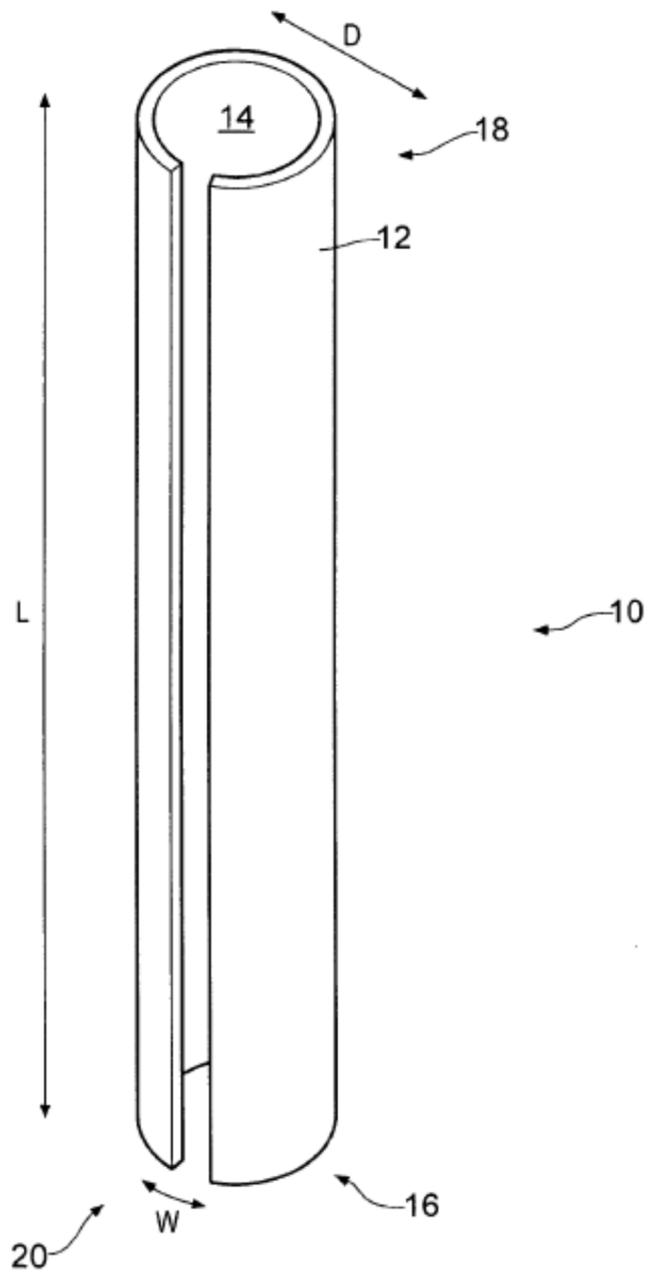


FIG. 1

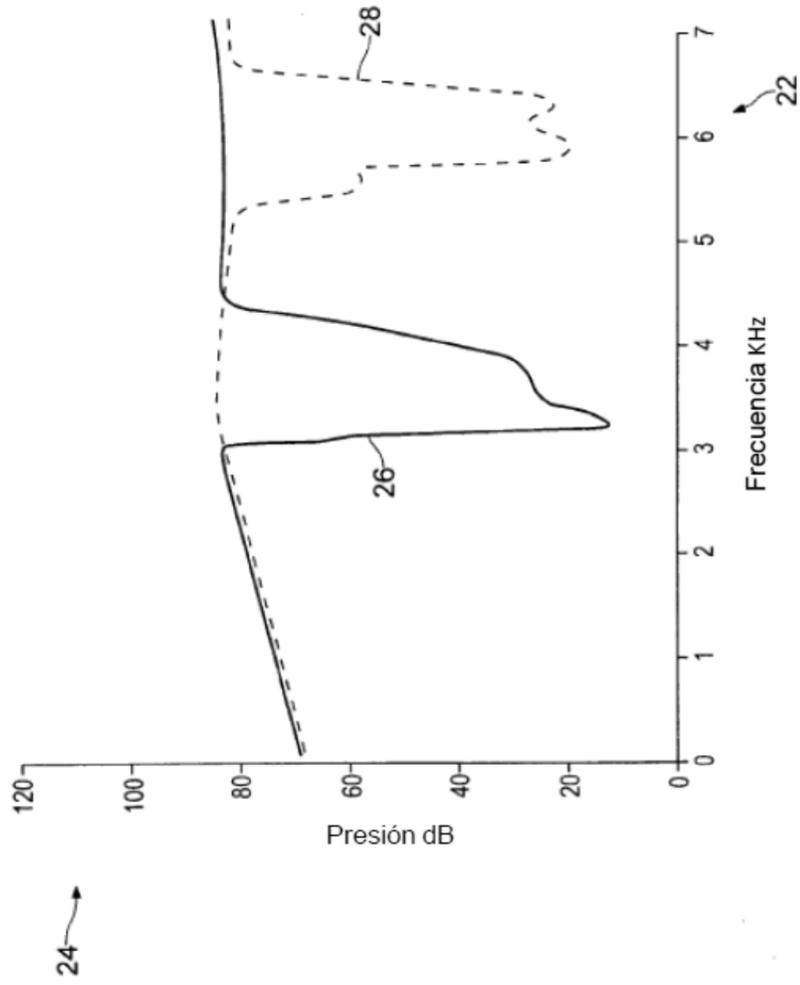


FIG. 2

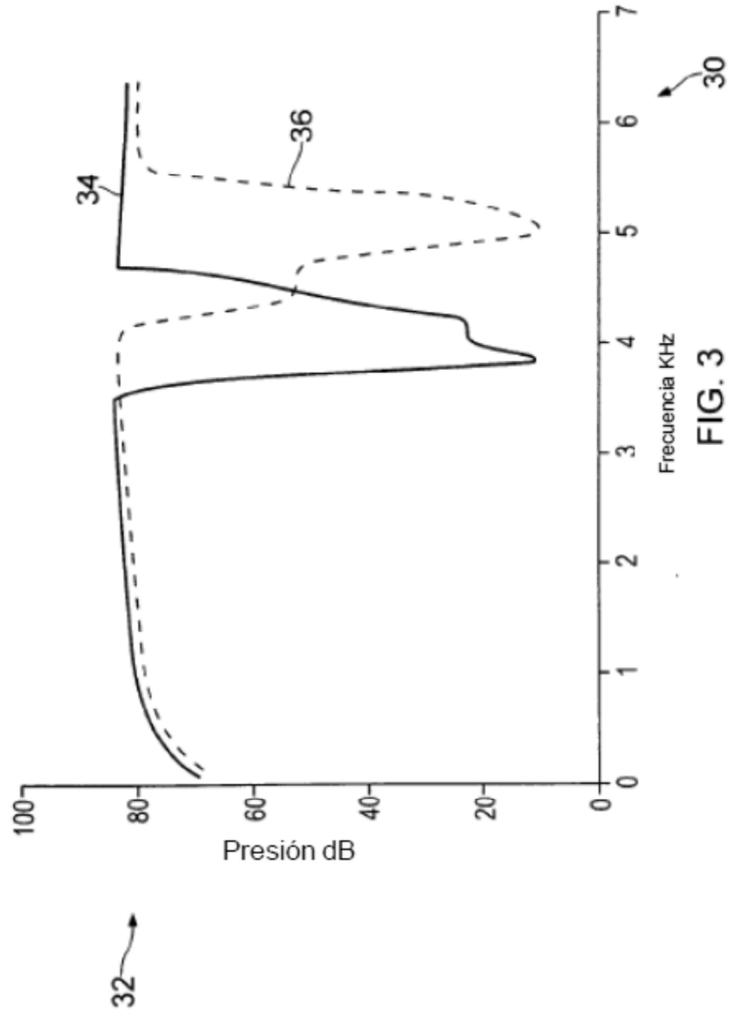


FIG. 3

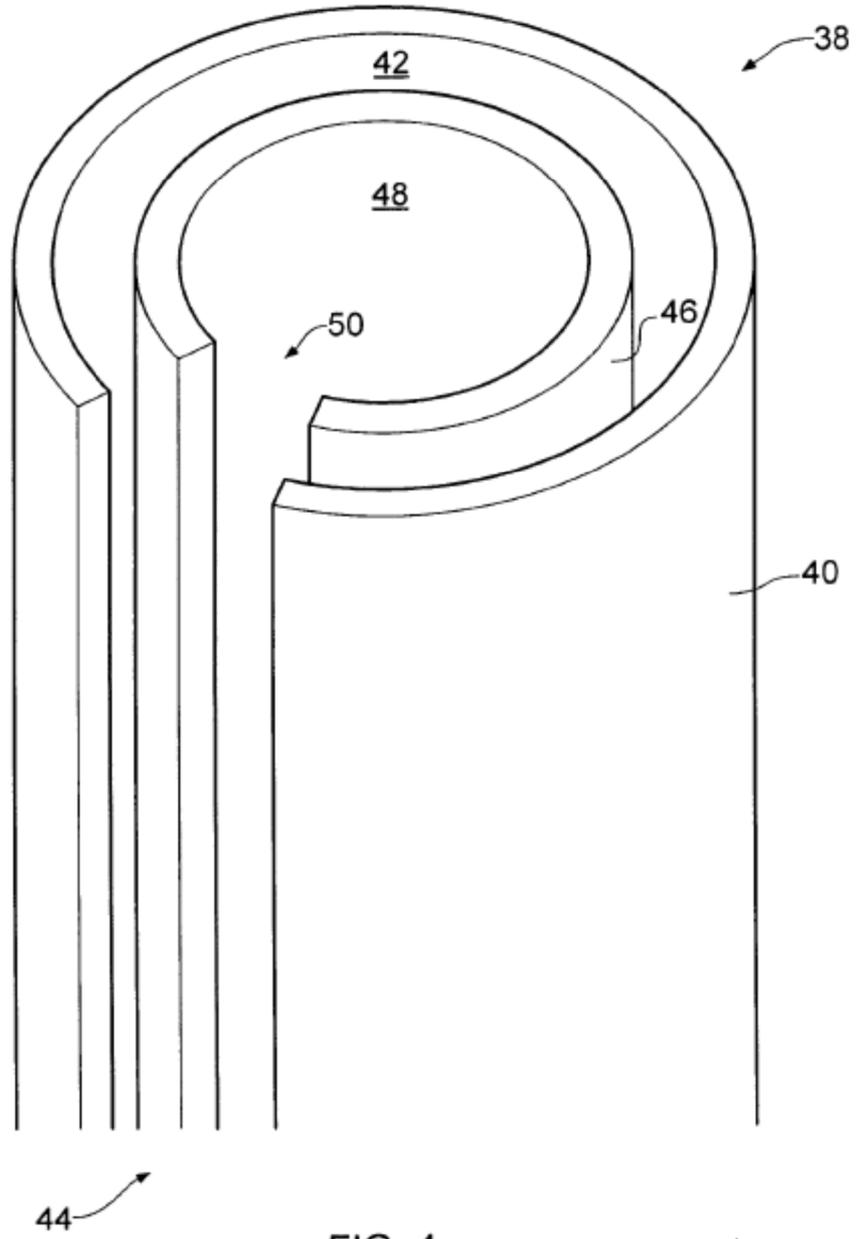


FIG. 4

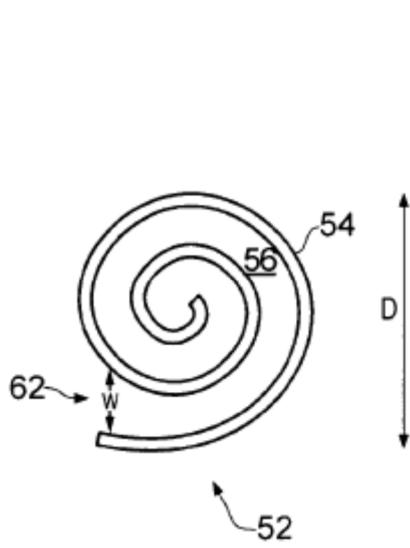


FIG. 5A

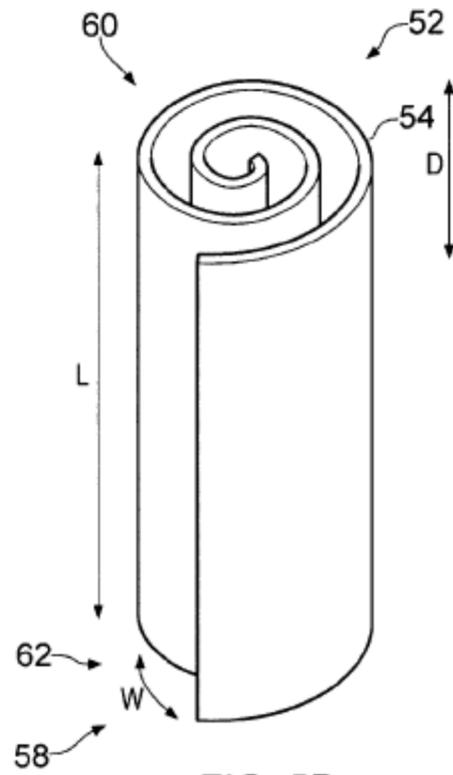


FIG. 5B

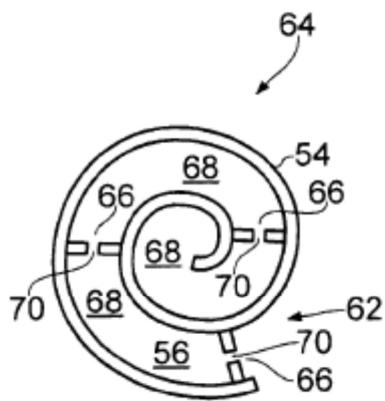


FIG. 6

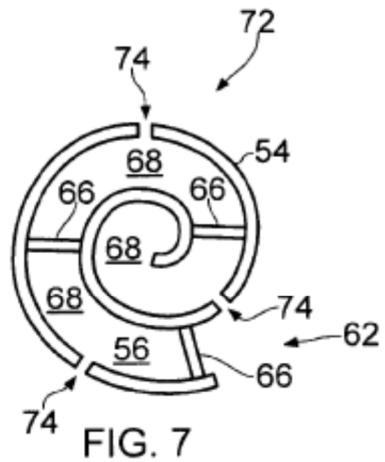


FIG. 7

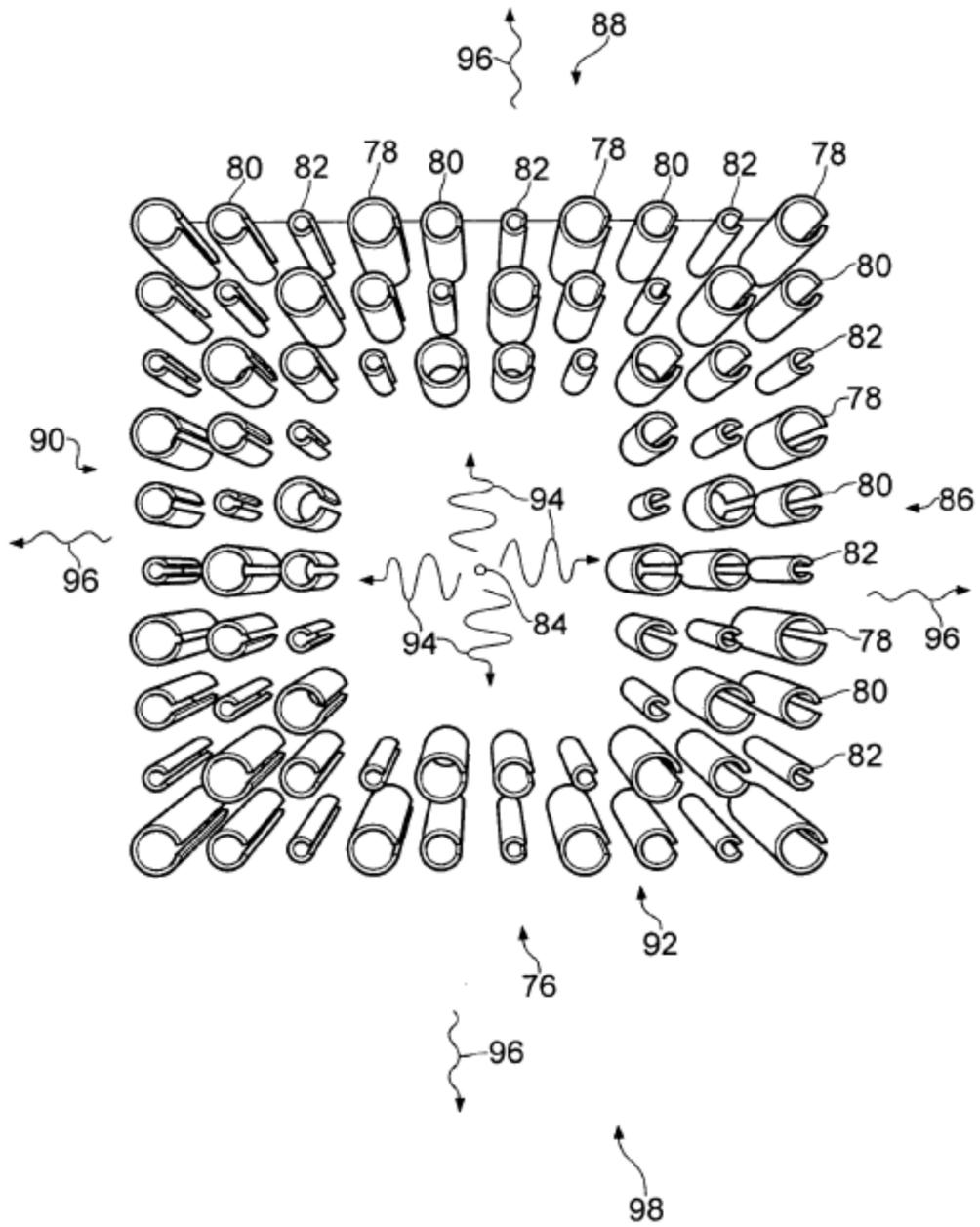
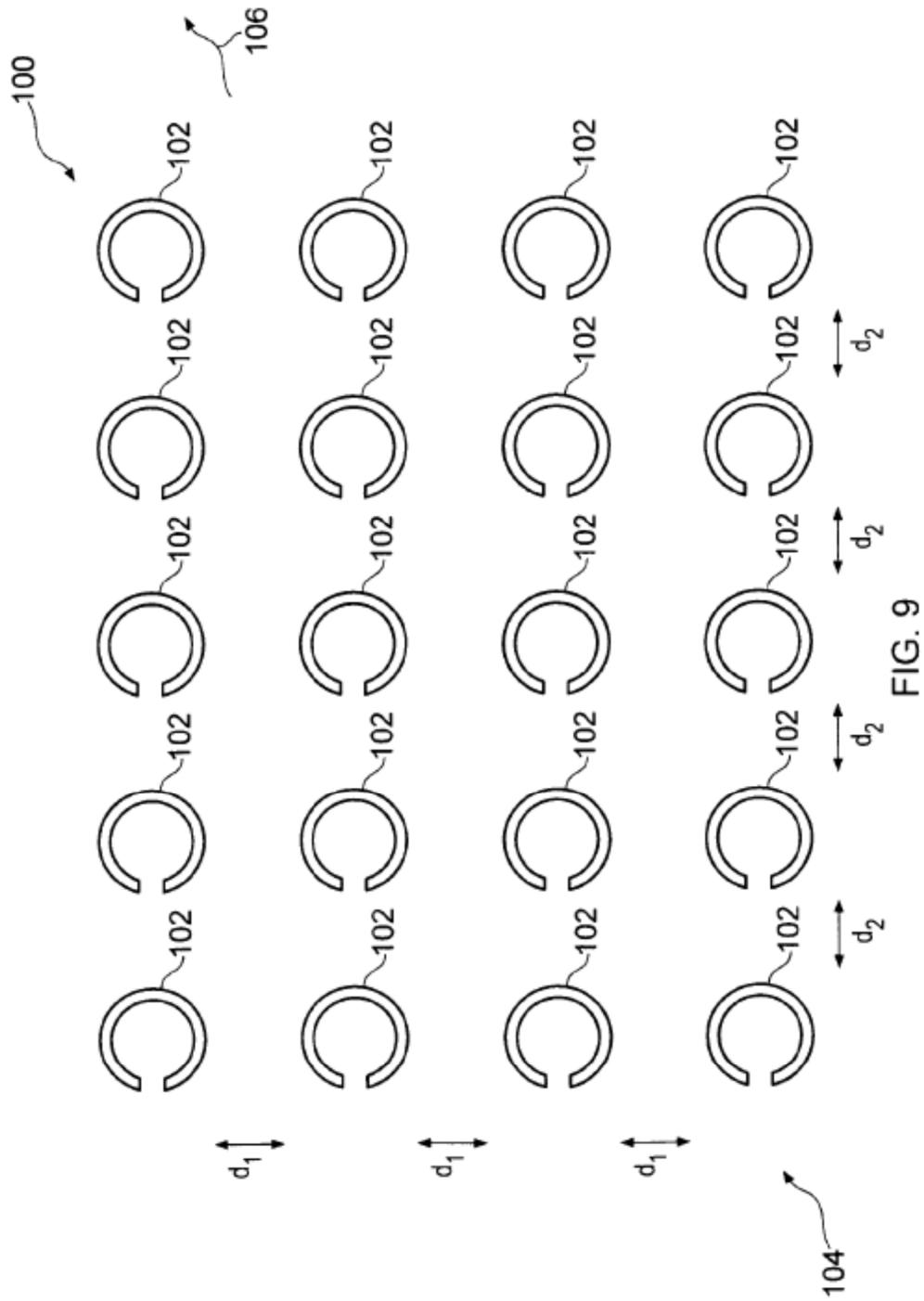


FIG. 8



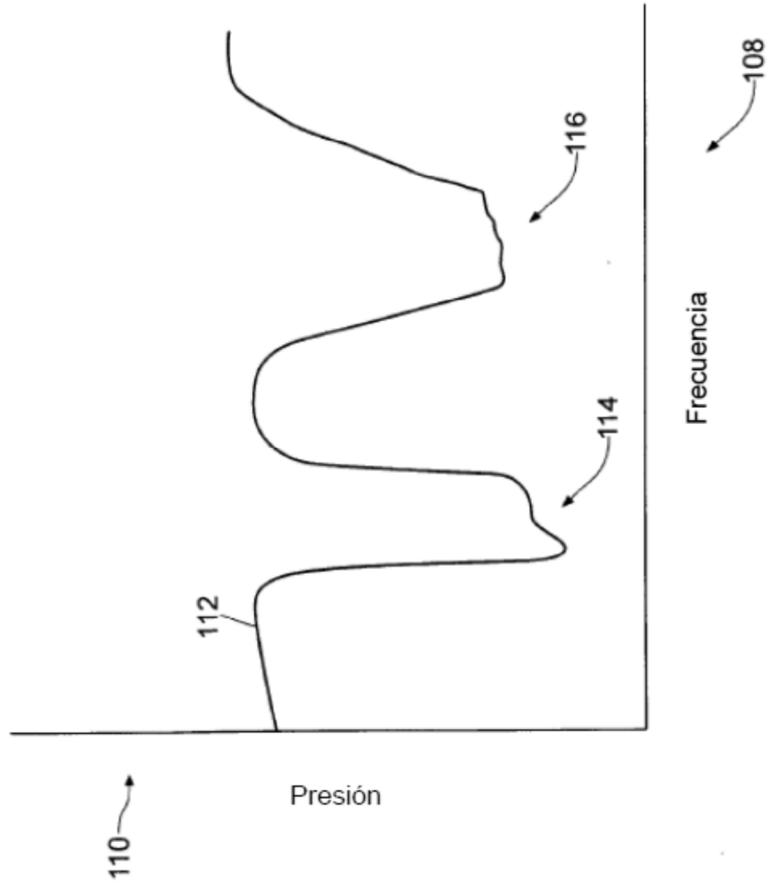


FIG. 10