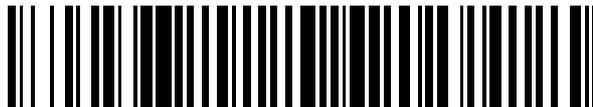


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 912**

51 Int. Cl.:

G10K 11/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2005 E 05773193 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 1779375**

54 Título: **Método, dispositivo y sistema para modificar el tiempo de reverberación de una sala**

30 Prioridad:

06.08.2004 DK 200401199
13.05.2005 WO PCT/DK2005/000322

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2013

73 Titular/es:

LARSEN, NIELS WERNER (100.0%)
Ny Carlsbergvej 27, 4.th
1760 Kobenhavn V, DK

72 Inventor/es:

LARSEN, NIELS WERNER

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 400 912 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

Método, dispositivo y sistema para modificar el tiempo de reverberación de una sala.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para modificar el tiempo de reverberación de una sala y, en particular, a un método para modificar el tiempo de reverberación de una sala en el intervalo de bajas frecuencias. La presente invención se refiere, además, a dispositivos de absorción del sonido y a sistemas de tales dispositivos que se utilizan para dicha modificación del tiempo de reverberación de una sala. La presente invención se refiere, por lo demás, a una sala provista de tales dispositivos y/o sistemas en virtud de los cuales puede modificarse el tiempo de reverberación de la sala.

10 **Antecedentes de la invención**

Es bien conocido en la técnica que uno de los parámetros acústicos que afecta la calidad del sonido percibido en una sala de audición, por ejemplo, un salón de conciertos o un auditorio, es el tiempo de reverberación de la sala. Sin embargo, el tiempo de reverberación óptimo difiere para los diversos tipos de música y para el discurso, de manera que los tiempos de reverberación recomendados para las salas en las que se ha de interpretar música clásica están, así, comprendidos en el intervalo entre 1,5 segundos y 2,0 segundos, en tanto que las salas para la interpretación de música rítmica tienen tiempos de reverberación recomendados que se encuentran en el intervalo entre 0,8 segundos y 1.0 segundos. Tiempos de reverberación incluso más cortos pueden resultar beneficiosos para que los auditorios consigan la mejor intelegibilidad posible de los discursos. Por otra parte, el tiempo de reverberación deberá ser, idealmente, casi el mismo a lo largo del intervalo de frecuencias relevante del contenido del programa. Sin embargo, por lo común, el tiempo de reverberación tiende a reducirse en función de la frecuencia, por ejemplo, debido a la absorción del sonido más alta en el aire a las frecuencias elevadas, al incremento de la absorción del sonido en los contornos o límites de la sala a las frecuencias más altas, así como debido a la presencia de personas en la sala. De esta forma, la reverberación a bajas frecuencias tiende a menudo a ser demasiado alta en comparación con la reverberación a frecuencias altas, lo que puede conducir a una reproducción inaceptablemente “estruendosa” o retumbante de los sonidos en la sala, a una pérdida en la percepción de los detalles de la música e incluso a un deterioro de la intelegibilidad del discurso. La Figura 1 muestra el tiempo de reverberación medido en función de la frecuencia para siete salas diferentes que pueden utilizarse para espectáculos en directo o para la reproducción de música. La Figura muestra un tiempo de reverberación promedio T30, por encima de 500 Hz, de aproximadamente 1 segundo, mientras que el promedio a bajas frecuencias se incrementa hasta aproximadamente 1,5 segundos, a 63 Hz. También se pone de manifiesto por la Figura 1 que existen grandes variaciones en el tiempo de reverberación entre las diferentes salas.

A la vista de lo anterior, existe a menudo la necesidad de medios para modificar el tiempo de reverberación de una sala dada de una manera deseada, y especialmente a bajas frecuencias sería beneficiosa una reducción selectiva del tiempo de reverberación.

35 Se conocen en la técnica dispositivos para modificar el tiempo de reverberación de una sala de audición. Algunos de estos son eficaces predominantemente a las frecuencias más altas, para las que el tiempo de reverberación puede ser reducido simplemente proporcionando capas delgadas de un material absorbente acústico –por ejemplo, una delgada capa de lana mineral cubierta por una pantalla protectora– en límites o contornos escogidos de la sala. La reducción selectiva del tiempo de reverberación a frecuencias bajas resulta algo más difícil de llevar a cabo, si bien se han venido aplicando de forma satisfactoria durante muchos años diversas implementaciones reales. Deben mencionarse tres implementaciones diferentes de reducción del tiempo de reverberación a bajas frecuencias –las cuales, en cierta medida, funcionan también a frecuencias superiores:

- 45 1. Un panel lo suficientemente grueso y de un material absorbente acústico (poroso) traerá consigo la absorción del sonido a bajas frecuencias (así como a frecuencias más altas) siempre y cuando el espesor del panel sea suficientemente grande comparado con la longitud de onda del sonido a la frecuencia más baja a la que se requiere una reducción efectiva del tiempo de reverberación. Ejemplos de materiales aplicables para tales paneles son la fibra de vidrio, la lana mineral y metales sinterizados. Tales paneles pueden ser montados directamente sobre un contorno o disponerse separados del contorno por un espacio de aire, lo que mejorará el comportamiento a bajas frecuencias. Los paneles pueden también disponerse colgados del techo, con lo que se proporciona acceso al panel desde ambos lados. Aparte del espesor requerido, que puede exceder en un metro en el caso de que haya de esperarse una absorción de energía acústica significativa a frecuencias bajas, tales paneles no absorberán selectivamente el sonido a bajas frecuencias sino que, en lugar de eso, exhibirán una absorción del sonido en función de la frecuencia que será prácticamente constante por encima de una frecuencia de límite inferior dada –determinada, entre otras cosas, por el espesor del panel y por las propiedades acústicas del material concreto que se esté utilizando– y se reduce por debajo de esta frecuencia de límite inferior, de manera que no son capaces de proporcionar una reducción a bajas frecuencias selectiva del tiempo de reverberación, como se requiere a menudo.

2. La absorción del sonido a bajas frecuencias puede conseguirse, dentro de una anchura de banda limitada de, por ejemplo, una octava en torno a una frecuencia de resonancia dada, por la aplicación de unos denominados absorbedores de panel o absorbedores de membrana, consistentes básicamente en un armazón o marco rígido configurado para su montaje en una pared u otro contorno de una sala. Por encima del marco, y a una distancia dada desde dicha pared o contorno, se proporciona un panel delgado y flexible de, por ejemplo, madera contrachapada, que se lleva a vibrar al ser impulsado por el campo de sonido presente en la sala. La masa y la rigidez del panel, junto con la elasticidad del volumen de aire definido por el marco, el panel y el límite o contorno situado por detrás del panel, determinarán la frecuencia de resonancia del absorbedor, y las pérdidas internas determinarán el valor Q del resonador y, por tanto, su anchura de banda. A fin de incrementar la absorción, así como para cambiar el valor Q del absorbedor, puede introducirse un material de amortiguación acústica, tal como lana mineral, dentro de la cavidad contenida en el marco. Como la elasticidad del aire del interior de la cavidad depende del volumen de aire contenido en el absorbedor, la frecuencia de resonancia puede variarse modificando la profundidad del resonador y manteniendo las dimensiones circunferenciales del marco. Un absorbedor más profundo proporciona, de esta forma, una frecuencia de resonancia más baja. Una descripción más rigurosa de estos mecanismos se proporcionará en el compendio de la presente invención.
3. La absorción del sonido a bajas frecuencias puede conseguirse, además, utilizando un denominado resonador de Helmholtz, que consiste básicamente en uno o más conductos de paso o tubos de una longitud y un área en sección transversal dadas, de manera que estos uno o más conductos de paso representan una masa acústica, de tal modo que un extremo longitudinal de uno o más conductos de paso está / están acoplados al campo de sonido de la sala, y el otro extremo está acoplado a una cavidad de un volumen dado, que representa una elasticidad acústica esencialmente proporcional al volumen de la cavidad. La combinación particular de masa y elasticidad determina la frecuencia de resonancia del resonador de Helmholtz, y las pérdidas internas determinan el valor Q o anchura de banda efectiva del resonador de Helmholtz. En, y en torno a, la frecuencia de resonancia, la impedancia de entrada del resonador será muy baja y el resonador absorberá, por tanto, energía de sonido del campo de sonido circundante, de forma selectiva, dentro de una zona de frecuencias en torno a la frecuencia de resonancia. Como en el caso del absorbedor de panel, puede introducirse material de amortiguación tal como lana mineral en el resonador de Helmholtz con el fin de variar el valor Q del mismo. En la práctica, los resonadores de Helmholtz son, a menudo, de una forma en cierto modo parecida a los resonadores de panel anteriormente mencionados, en los que el panel delgado y flexible ha sido reemplazado por un panel más grueso y rígido, provisto de una configuración de conductos de paso a través del panel. Sin embargo, se han venido utilizando también resonadores de Helmholtz que comprenden un único conducto de paso o tubo y una cavidad, para variar el tiempo de reverberación y/o conseguir la supresión de los modos de frecuencias bajas no deseados en la sala.

Antecedentes teóricos sobre los absorbedores de membrana

Un absorbedor de membrana consiste, por lo común, en una placa ligera dispuesta frente a una cavidad cerrada. A menudo, la cavidad está llena de un material poroso, el cual proporciona amortiguación para el sistema. A la hora de deducir las ecuaciones características teóricas para un absorbedor de membrana, las paredes y la parte trasera de la cavidad se suponen rígidas y se supone que la rigidez frente al doblamiento de la placa es despreciable en comparación con la rigidez de la columna de aire existente dentro de la cavidad. El sistema se caracteriza por la masa por unidad de superficie de la placa, m , la profundidad de la cavidad, d , y las pérdidas internas del sistema, r_i , consistentes en las pérdidas debidas a la resistencia al flujo del material poroso, las pérdidas internas en la placa y las pérdidas en las juntas de unión situadas a lo largo de los bordes de la placa, siendo ρ la densidad del aire u otro gas contenido en la cavidad, y siendo c la velocidad del sonido.

Puede demostrarse que la impedancia acústica del sistema es:

$$Z = r_i + j \left(\omega m - \frac{\rho c^2}{\omega d} \right)$$

Se encuentra que la frecuencia de resonancia del sistema, cuando $\text{Im}\{Z\} = 0$, es:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{md}}$$

Esto muestra que la frecuencia de resonancia, cuando la absorción ha de ser la más alta, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada tanto de la masa de la membrana como de la profundidad de la cavidad. De acuerdo con esta teoría, a fin de obtener una absorción máxima a alrededor de 63 Hz, con una profundidad de la cavidad de 0,2 m, la membrana debe tener una masa de aproximadamente 5 kg/m². Pero, mediante la presurización de la cavidad, la rigidez del sistema crece y puede ser posible aplicar un material menos pesado.

5 La impedancia del absorbedor puede ser escogida con el fin de maximizar la absorción a la frecuencia de resonancia y la anchura de banda utilizable del absorbedor (anchura de banda de mitad de potencia, B_r). Si la impedancia es demasiado elevada en relación con la resistencia a la radiación de la membrana, r_s , el campo de sonido incidente se reflejará en la membrana y no será absorbido. Si la impedancia es demasiado baja, entonces las pérdidas internas serán demasiado pequeñas y no se absorberá suficiente energía sónica. La relación de impedancia de las pérdidas internas y la resistencia a la radiación externa puede expresarse como:

$$\mu = \frac{r_i}{r_s}$$

El coeficiente de absorción máximo y la anchura de banda de absorción pueden entonces escribirse como:

$$\alpha_{\max} = \frac{4\mu}{(1 + \mu)^2}$$

10
$$\frac{B_r}{f_0} = (1 + \mu) \sqrt{\frac{\rho d}{m}}$$

15 Se ha supuesto anteriormente que el dispositivo de absorción es sustancialmente de la misma profundidad d a lo largo y ancho del dispositivo. Para muchas de las realizaciones de la presente invención que se describen en la descripción detallada de la invención, esto no será cierto, y la profundidad d varía de una manera característica y predeterminada a lo largo y ancho de la superficie del dispositivo de absorción. En tales realizaciones, puede seguir siendo posible aplicar las expresiones anteriores para determinar valores al menos aproximados de la frecuencia de resonancia, el coeficiente de absorción y la anchura de banda de absorción, mediante la inserción de un valor promedio de la profundidad d del dispositivo. Alternativamente, las expresiones anteriores pueden ser reformuladas en términos de los volúmenes reales de aire o de gas y de las correspondientes elasticidades, como se conoce dentro del campo de la acústica.

20 Medida de los coeficientes de reverberación y de absorción

Los coeficientes de absorción del espécimen de ensayo pueden ser calculados a partir del tiempo de reverberación medido de la cámara de reverberación vacía y de la cámara de reverberación con el espécimen de ensayo presente, como sigue:

$$\alpha = \frac{55,3V}{cS_s} \left(\frac{1}{T_{60}^s} - \frac{1}{T_{60}} \right)$$

25 donde V es el volumen de la cámara de reverberación, S_s es el área del espécimen de ensayo, T_{60}^s es el tiempo de reverberación en la cámara con el espécimen presente y T_{60} es el tiempo de reverberación de la cámara vacía.

30 Los absorbedores previos de la técnica anterior pueden conseguir coeficientes de absorción muy elevados en, y dentro de, las proximidades de la frecuencia de resonancia, y pueden conseguirse bien coeficientes de absorción del orden de 0,9 con tales absorbedores. Sin embargo, tales absorbedores de la técnica anterior adolecen de un cierto número de desventajas, algunas de las cuales se describen en lo siguiente.

35 Las características de absorción del sonido de los absorbedores anteriores de la técnica previa no pueden ser modificadas fácilmente una vez que se ha construido el absorbedor. Específicamente, cambios importantes en el coeficiente de absorción α y/o en la frecuencia de resonancia no pueden conseguirse mediante modificaciones menores de un absorbedor dado. Tampoco el coeficiente de absorción puede ser variado sistemáticamente de una manera simple, al comprender tales cambios, por ejemplo, un paso entre un coeficiente de absorción muy elevado y un coeficiente de absorción muy bajo, es decir, esencialmente una función de activación / desactivación del absorbedor.

40 Los absorbedores anteriormente mencionados son estructuras bastante voluminosas que serán difíciles –u, ocasionalmente, incluso imposibles– de retirar de una sala dada una vez instaladas. Deben ser considerados como estructuras fijas en la sala en cuestión, y no como instalaciones que puedan ser fácilmente desmanteladas de una sala dada, transportadas a otra sala y utilizadas allí. Incluso aunque el desmantelamiento y el transporte hasta otra sala pudieran ser posibles, se incurriría en grandes costes por el transporte, debidos a la naturaleza voluminosa de tales absorbedores.

Incluso aunque los absorbedores acústicos de la clase anterior puedan no tener que ser transportados a otra sala para su aplicación en ella, podría ser deseable aplicar, en algunas circunstancias, un número dado de absorbedores en una sala y, bajo otras circunstancias, un número menor de absorbedores, o incluso podrían no necesitarse absorbedores en absoluto, por ejemplo, dependiendo de la clase de interpretación musical prevista para la sala. El almacenamiento de interior de un número grande de absorbedores, bastante voluminosos, bien podría ser un problema en estos casos.

Compendio de la invención

Con los antecedentes anteriores, es un propósito de la presente invención proporcionar un dispositivo, un sistema y un método para modificar selectivamente el tiempo de reverberación de una sala, en particular, aunque no exclusivamente, a las frecuencias más bajas.

Es un propósito adicional de la presente invención proporcionar un dispositivo, un sistema y un método en los que el efecto sobre el tiempo de reverberación pueda ser fácilmente variado, por ejemplo, cambiando el coeficiente de absorción α y/o la frecuencia o frecuencias de resonancia del dispositivo o del sistema, o la anchura de banda efectiva de las mismas. Específicamente como se ha mencionado en lo anterior, sería deseable una función esencialmente de activación / desactivación del dispositivo de absorción, es decir, un cambio entre un coeficiente de absorción muy alto y un coeficiente de absorción muy bajo, dentro de cierta zona de frecuencias especificada.

Es un propósito adicional de la presente invención proporcionar dispositivos y sistemas que faciliten el transporte y el almacenamiento de los dispositivos y sistemas.

Estos y otros propósitos y ventajas se alcanzan, de acuerdo con la invención, mediante un dispositivo de absorción del sonido destinado a ser colocado en el seno de un campo de sonido, en el aire, y que absorbe energía acústica de dicho campo de sonido dentro de una zona de frecuencias predeterminada, específicamente, aunque no de un modo exclusivo, una zona de bajas frecuencias, de tal manera que el dispositivo comprende un cuerpo al menos parcialmente flexible que contiene una o más cavidades, de tal modo que al menos una porción de la superficie exterior del cuerpo está en contacto con dicho campo de sonido, y de forma que dicho cuerpo es inflable y aplastable mediante el suministro de un gas a dicha o tal menos una cavidad o la extracción del gas de ella, respectivamente, por lo que el coeficiente de absorción α y la frecuencia de resonancia de dicho cuerpo pueden ser variados, con lo que se determina la zona de frecuencias en la que tendrá lugar la absorción máxima.

En principio, la modificación deseada del tiempo de reverberación de una sala dada puede llevarse a cabo con el uso de un único dispositivo como se ha descrito anteriormente –dependiendo, por ejemplo, de las dimensiones de la sala, de las dimensiones del dispositivo absorbente y de las diversas propiedades acústicas del dispositivo, si bien, en muchos casos, se utilizará, ventajosamente, una pluralidad de tales dispositivos para formar un sistema que cubra áreas suficientemente grandes y predeterminadas de la sala. Son concebibles muchas configuraciones de tales sistemas, y se describirán con detalle algunas realizaciones de las mismas en la descripción detallada de la invención.

Básicamente, un sistema para reducir el tiempo de reverberación de una sala comprende, de acuerdo con la presente invención, una pluralidad de dispositivos de absorción del sonido, de la configuración básica que se ha descrito anteriormente, de tal manera que el sistema comprende, además, unos conductos a través de los cuales puede suministrarse un gas desde una fuente a cada uno de dichos cuerpos, y extraerse de estos. O bien dichos cuerpos pueden estar provistos, cada uno de ellos, de unos medios de válvula para controlar el suministro de gas a / la extracción de gas de cada uno de dichos cuerpos por separado, o bien todos los cuerpos del sistema –o grupos de cuerpos dentro del sistema– pueden también, alternativamente, estar provistos de unos medios de válvula comunes.

Específicamente, los medios de válvula pueden ser controlables de forma remota o a distancia y el sistema puede estar provisto de un dispositivo de control central para controlar la presión estática dentro de cada uno de los cuerpos y, por tanto, la elasticidad o las dimensiones de cada uno de los cuerpos por separado. En lugar de utilizar la presión estática dentro de los cuerpos como magnitud de control, es posible vigilar la tensión del material de los cuerpos por medio de, por ejemplo, dispositivos piezoeléctricos, o bien pueden supervisarse por otros medios las dimensiones y la forma de los cuerpos.

El sistema puede, por lo demás, estar provisto de medios para medir el tiempo de reverberación de una sala en la que se haya instalado el sistema, con lo que se facilita el ajuste apropiado del sistema. Tales medios pueden, por supuesto, proporcionarse también en asociación solo con un único dispositivo de acuerdo con la invención. Por otra parte, el sistema puede comprender medios de almacenamiento de datos, destinados a almacenar los tiempos de reverberación medidos y los ajustes de parámetros correspondientes del dispositivo o sistema para su ulterior análisis y recuperación, por lo que se facilitan las mejoras empíricas de las elecciones de parámetros (área de absorción total de los dispositivos, inflado requerido, características óptimas de los materiales, etc.) del dispositivo o sistema.

Alternativamente, en lugar de inflar y desinflar realmente los cuerpos del dispositivo de acuerdo con la invención

mediante el suministro / extracción de aire u otro gas adecuado de los cuerpos, los cuerpos pueden dotarse, de acuerdo con la invención, de medios autoinflables, o inflables por sí mismos, a la manera de colchones de aire autoinflables, una alternativa que se describirá brevemente en la descripción detallada de la invención.

- 5 La presente invención se refiere, además, a un método para reducir el tiempo de reverberación de una sala, al menos una zona de bajas frecuencias, de un tiempo de reverberación dado (T_{60}) a un tiempo de reverberación deseado ($T_{60,s}$), el cual comprende la introducción de uno o más cuerpos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que se acompañan, en la sala, de tal modo que el área superficial total requerida S_s de dichos uno o más cuerpos se determina por la ecuación:

$$\alpha = \frac{55,3V}{cS_s} \left(\frac{1}{T_{60}^s} - \frac{1}{T_{60}} \right) \quad (5)$$

- 10 donde α es el coeficiente de absorción, V es el volumen de la sala y c es la velocidad del sonido. Por lo tanto, dado un cierto valor para el tiempo de reverberación de la sala antes de la aplicación de los dispositivos o del sistema de acuerdo con la invención, el tiempo de reverberación deseado de la sala y el coeficiente de absorción α alcanzable por el dispositivo en la zona de frecuencias particular, es posible calcular el área de la superficie total requerida de los absorbedores y, por tanto, el número de absorbedores que se necesitan.

- 15 De acuerdo con una realización específica de la presente invención, el dispositivo, el sistema y el método se han diseñado específicamente para modificar el tiempo de reverberación dentro de la zona de frecuencias de aproximadamente 63 – 125 Hz, con un coeficiente de absorción máximo de al menos 0,7 y una anchura de banda utilizable de al menos una octava, es decir, dentro de la región de frecuencias en la que muchas salas exhiben un tiempo de reverberación inaceptablemente alto, como se ha descrito inicialmente en asociación con la Figura 1.

- 20 Se hace énfasis en que, como complemento de los cuerpos inflables / desinflables anteriormente descritos, el dispositivo de acuerdo con la invención puede haberse provisto, además, de dispositivos de absorción efectivos a frecuencias superiores. Tales dispositivos combinados se describirán en la descripción detallada de la invención, y los absorbedores de altas frecuencias pueden proporcionarse, por ejemplo, como una delgada lámina de una tela adecuada con una resistencia al flujo lo suficientemente elevada como para hacerla eficaz como absorbedor acústico a frecuencias superiores.

25

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se comprenderá mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de diversas realizaciones de la misma, en combinación con los dibujos, en los cuales:

- 30 la Figura 1 muestra medidas reales del tiempo de reverberación T_{30} en siete salas diferentes que pueden utilizarse para interpretaciones en directo de música así como para la reproducción de sonido;

la Figura 2 muestra una representación esquemática de una primera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, que comprende una estructura de armazón o marco sustancialmente rígida, cubierta por una membrana delgada y flexible;

- 35 la Figura 3 muestra el coeficiente de absorción (α) en función de la frecuencia de un dispositivo de acuerdo con la invención, de la clase mostrada en la Figura 2;

las Figuras 4a, 4b y 4c muestran una representación esquemática de dos versiones de una segunda realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, con una configuración de "colchón";

- 40 la Figura 5 muestra una representación esquemática de una tercera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, que comprende una estructura de armazón o marco inflable para la suspensión de al menos una membrana flexible;

la Figura 6 muestra una representación esquemática de una cuarta realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, que constituye una alternativa a la que se ha mostrado en la Figura 5;

la Figura 7 muestra una representación esquemática de una quinta realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, con una estructura de "bolsa de hielo";

- 45 la Figura 8a muestra una vista esquemática en perspectiva y en despiece de una sexta realización de un dispositivo de acuerdo con la invención;

la Figura 8b muestra una vista sobre plano y una vista en corte transversal de la realización mostrada en la Figura 8a;

la Figura 8c muestra una vista esquemática en perspectiva de un sistema de dispositivos de acuerdo con la

invención, ensamblados para formar un sistema destinado a modificar el tiempo de reverberación de una sala;

la Figura 9a muestra una vista esquemática en perspectiva de una séptima realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, montado en un límite o contorno de una sala y provisto de miembros de absorción tanto de bajas frecuencias como de altas frecuencias;

5 las Figuras 9b, 9c y 9d muestran vistas esquemáticas en perspectiva de la realización de la invención que se ha mostrado en la Figura 9a, en tres estados diferentes;

las Figuras 10a, 10b y 10c muestran vistas esquemáticas en perspectiva de una implementación real de la séptima realización de la invención; y

10 la Figura 11 muestra una simulación informática de una instalación de un sistema de acuerdo con la presente invención, en un salón de conciertos.

Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra a continuación una representación esquemática de una primera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, que comprende una estructura de armazón o marco sustancialmente rígida 1, que comprende unas porciones de borde 1" que rodean una porción central 1', con lo que se forma una estructura de soporte de caja abierta o en forma de bandeja. Opuestamente a la porción central 1' y soportada por las porciones de borde 1", se encuentra suspendida una membrana delgada y flexible 2. La estructura de marco y la membrana definen una cavidad interna 4 que puede ser inflada / desinflada con aire u otro gas adecuado, a través de una disposición de conducto y válvula indicada por el número de referencia 10. La cavidad 4 puede, opcionalmente, estar provista de una cierta cantidad de material de amortiguación acústica, por ejemplo, en forma de un panel 3 de material poroso dispuesto en la porción central 1', o en forma de una lámina de tela suspendida con una resistencia al flujo adecuada, suspendida entre las porciones de borde 1", a una distancia adecuada de la porción central 1'. En el estado inflado, la energía acústica de un campo de sonido incidente según se indica esquemáticamente por la referencia S en la Figura 2, será absorbida por el dispositivo, en parte debido al rozamiento interno en la membrana flexible 2, y siempre y cuando se haya introducido un material absorbente acústico dentro de la cavidad 4, en parte por el rozamiento y, por tanto, por la generación de calor en el seno de este material. La absorción máxima se producirá a la frecuencia de resonancia de la membrana, estando determinada la frecuencia de resonancia por la elasticidad de la membrana y por la cavidad de aire y la masa de la membrana, tal como se ha descrito en el compendio de la invención. A fin de conseguir la máxima absorción debida a la vibración de la propia membrana, la membrana debe estar hecha de un material apropiado que de lugar al rozamiento interno -y, por tanto, a la conversión de la energía vibratoria en calor- en respuesta a la absorción de energía acústica del campo de sonido incidente. También, la masa (por m²) de la membrana y, por tanto, la frecuencia de resonancia del dispositivo se verán afectadas por la elección del material de la membrana. Más adelante se proporcionarán ejemplos de materiales adecuados para membranas para los diversos dispositivos de acuerdo con la invención.

La Figura 3 muestra medidas reales del coeficiente de absorción (α) en función de la frecuencia para un dispositivo de acuerdo con la invención, de la clase mostrada en la Figura 2 y provisto de un panel de absorción 3 según se ha descrito anteriormente. En el estado inflado, se alcanza un coeficiente de absorción de cerca de 0,8, es decir, que aproximadamente el 80% de la energía sonora que incide en la membrana es absorbida por el dispositivo, para una frecuencia de 63 Hz, y se alcanzan coeficientes de absorción razonablemente altos dentro de un intervalo de frecuencias de aproximadamente 1 octava en torno a esta frecuencia. Debido a la presencia del material de absorción 3 dentro de la cavidad 4 del dispositivo, se sigue alcanzando un coeficiente de absorción relativamente elevado, de aproximadamente 0,6, en el estado desinflado ("vacío"), si bien a una frecuencia superior, debido a la elasticidad reducida (esto es, a la rigidez incrementada) de la membrana, que no está descansando sobre la superficie del material de absorción 3.

Dependiendo del estado del dispositivo, puede conseguirse, por tanto, una elevada absorción de energía acústica en, y en torno a, dos frecuencias diferentes, es decir, el tiempo de reverberación de la sala en la que está instalado el dispositivo puede ser modificado en dos frecuencias diferentes de acuerdo con el estado del dispositivo. Si no se hubiera proporcionado el panel de absorción 3 dentro de la cavidad 4, aún se habría conseguido una absorción significativa en, y en torno a, la frecuencia de 63 Hz, pero no se habría conseguido esencialmente ninguna absorción en el estado desinflado, por lo que se tendría un dispositivo de activación / desactivación para alterar el tiempo de reverberación.

El dispositivo que se muestra en la Figura 3 comprende la estructura de armazón o marco sustancialmente rígida anteriormente mencionada, la cual puede estar hecha, por ejemplo, de madera contrachapada o de un material plástico moldeado, aunque, para muchas aplicaciones, resultará beneficioso evitar, al menos en gran medida, estructuras rígidas en los dispositivos de acuerdo con la invención, facilitando con ello el transporte y el almacenamiento de estos dispositivos. Esto se hace particularmente importante para aplicaciones móviles en las que se han de trasladar una pluralidad de tales dispositivos de una ubicación a otra y emplazarse temporalmente para formar un sistema que cubre grandes superficies de una sala. Para tales aplicaciones, resulta deseable que el dispositivo de acuerdo con la invención pueda ser aplastado de una forma prácticamente completa y que puedan

evitarse, por lo demás, estructuras de soporte relativamente pesadas. Las realizaciones del dispositivo de acuerdo con la invención que se muestran en las Figuras 4, 5, 6 y 7 son, todas ellas, de este tipo aplastable.

5 Así, pues, las Figuras 4a, 4b y 4c muestran una representación esquemática de diferentes versiones de una segunda realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, con una configuración de "colchón". Como se muestra en la Figura 4a, el dispositivo puede tener la forma rectangular de un colchón tradicional que comprende unas superficies superior e inferior (no visible) sustancialmente planas 5, unidas por unas porciones de borde 7', 7", formando así una cavidad interna dentro del colchón. Tanto las porciones planas 5 como las porciones de borde 7', 7" están hechas de un material flexible adecuado gracias al cual el colchón puede ser llevado a un estado inflado, como se muestra en la Figura 4a, mediante el aporte de aire u otro gas a presión a través de una entrada 10 provista de medios de válvula adecuados. A fin de mantener el colchón inflado en su forma sustancialmente rectangular apropiada, se han proporcionado unas uniones transversales 6 internamente, entre las dos superficies planas opuestas 5, como es bien conocido en sí mismo. Se comprende que pueden contemplarse también otras formas del colchón además de la forma rectangular mostrada en la Figura 4a, sin apartarse de la invención.

15 Las Figuras 4b y 4c muestran dos vistas en corte transversal de dos versiones diferentes de la realización de colchón de la invención. Así, la versión que se muestra en la Figura 4b comprende superficies flexibles 5 en ambos lados opuestos del colchón y está provista de las uniones transversales 6 y de las porciones de borde flexibles 7". Los dispositivos de este tipo pueden, por ejemplo, ser colgados del techo o de otras estructuras de soporte, con lo que se proporciona acceso al campo de sonido incidente en cada una de las superficies planas sustancialmente opuestas del dispositivo. Contrariamente al dispositivo mostrado en la Figura 4b, el dispositivo que se muestra en la Figura 4c comprende una única superficie flexible 5, en tanto que el lado o cara plana opuesta de la estructura de "colchón" consta de un panel sustancialmente rígido 44. Este panel puede extenderse más allá de las porciones de borde 7", como se indica por el número de referencia 45, proporcionando de esta forma unas porciones de borde a modo de brida que facilitan la fijación del dispositivo a, por ejemplo, un techo o una pared.

25 La Figura 5 muestra una representación esquemática de una tercera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, del tipo aplastable, que comprende una estructura de marco inflable 8', 8" para la suspensión de al menos una membrana flexible 9, si bien una de estas puede consistir también en un panel sustancialmente rígido, como en la realización previa. La estructura de marco puede ser proporcionada por la estructura toroidal hueca 8' y 8" que se muestra en la Figura 5, e inflarse con aire a una presión p_1 por encima de la presión atmosférica, a través del miembro 11 de entrada y de válvula, a fin de conseguir una estructura de marco relativamente rígida. Suspendidas sobre esta estructura de marco se encuentran, bien una o bien dos membranas flexibles 9, por lo que se forma una cavidad 12 entre las membranas. La cavidad 12 puede ser modificada (inflada / desinflada) controlando la presión p_2 del aire u otro gas dentro de la cavidad, estando también provista la cavidad de unos medios 10 de entrada y válvula. También en esta realización pueden, por supuesto, contemplarse otras formas además de la forma cilíndrica mostrada, sin apartarse de la invención, tal y como se ejemplifica por la realización mostrada en la Figura 6, que comprende unas porciones de borde inflables 15', 15" que forman una estructura de marco rectangular inflable sobre la que pueden ser suspendidas unas membranas flexibles (o una membrana y un panel sustancialmente rígido) 13, 14. Unos miembros 16, 17 de entrada y válvula independientes están también presentes en esta realización con el fin de controlar la presión dentro de las respectivas cavidades.

40 La Figura 7 muestra una representación esquemática de una realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, de una estructura de "bolsa de hielo" que se parece en cierta medida a la estructura de colchón mostrada en las Figuras 4a, 4b y 4c. El dispositivo se ha indicado generalmente por el número de referencia 18 y comprende un cuerpo de una estructura en forma de colchón, subdividida en una pluralidad de porciones 20, 20', porciones que pueden ser de forma y dimensiones idénticas, si bien esto no es un requisito, de tal manera que las porciones individuales están unidas por una estructura de tensado o anclaje 19. Las porciones individuales, cada una de las cuales define una cavidad interna 21, pueden estar en comunicación de fluido unas con otras, o bien una porción dada puede estar en comunicación de fluido con ciertas otras porciones adyacentes, por lo que puede proporcionarse aire u otro gas utilizado para inflar el dispositivo, en un miembro de entrada y de válvula dado y fluir hacia las restantes de dichas porciones. Es también posible, sin embargo, proporcionar unos elementos divisorios 22 entre porciones adyacentes y subdividir, gracias a estos, el dispositivo en un cierto número de secciones, por ejemplo, las filas o columnas de la estructura en forma de matriz que se muestra en la Figura 7. Cada una de estas secciones es entonces dotada de miembros 10 de entrada y válvula independientes para inflar / desinflar las porciones de la sección particular.

55 Haciendo referencia, a continuación, a la Figura 8, se muestra en ella una sexta realización de un dispositivo de acuerdo con la invención. En concreto, la Figura 8a muestra una vista esquemática en perspectiva y en despiece de esta realización, que comprende unas membranas opuestas 25 y 26, suspendidas entre unas porciones de borde 29 opuestas, longitudinales y sustancialmente rectilíneas de una configuración cilíndrica segmentada, provistas de una hendidura 35 a través de la cual las membranas 25, 26 pueden ser introducidas dentro de las porciones de borde y, tras ello, fijadas a las porciones de borde (y entre sí) de una manera hermética al aire, por lo que se define una cavidad interna entre las membranas y unas porciones de extremo opuestas 27, de tal modo que las porciones de extremo están también aseguradas a las membranas y a las porciones de borde de una manera hermética al aire. Las porciones de extremo 27 pueden hacerse de una única lámina de un material flexible adecuado, si bien sería

también posible formar las porciones de extremo 27 a modo de cuerpos inflables con el fin de aumentar la rigidez (momento de inercia) alrededor del plano relevante y, por ello, evitar también una configuración cilíndrica en el estado inflado del dispositivo. Pueden proporcionarse uno o más miembros de retención de forma intermedios 28 en posiciones apropiadas dentro de la cavidad interna, a fin de conseguir la forma deseada para el dispositivo en sus estados inflado y desinflado. Los miembros de retención de forma 28 están provistos de unas vías de paso 36 adecuadas para permitir el paso de aire u otro gas entre los diversos compartimientos formados dentro del dispositivo por la introducción de las membranas 28. Las porciones de borde longitudinales 29 pueden dar acomodo a unas barras 32 que se extienden longitudinalmente y están dotadas de una forma correspondiente (esto es, en el caso mostrado en la Figura 8, sustancialmente cilíndrica), las cuales son accesibles a través de unos rebajes 31 practicados en las porciones de borde, y que pueden servir al doble propósito de la suspensión del dispositivo o la unión de un dispositivo dado con un dispositivo adyacente, tal como se muestra en la Figura 8c, por lo que pueden construirse sistemas o dispositivos, y de proporcionar a la cavidad interna del dispositivo aire u otro gas procedente de una fuente de suministro externa, a través de una manguera u otra conducción 34 (con medios de válvula adecuados), siempre y cuando la barra 32 esté provista, al menos a lo largo de una cierta extensión longitudinal de la misma, de una comunicación por vía de paso interna con la cavidad del dispositivo a través de una ramificación lateral 33. En la Figura 8b se muestra una vista en planta y una vista en corte transversal a lo largo de la línea II – II, ilustrando así la configuración en forma de lente doblemente convexa de la realización mostrada en la Figura 8. Se entiende, sin embargo, que pueden escogerse también otras formas de sección transversal sin apartarse de la invención. Por último, la Figura 8c muestra una parte de un sistema de dispositivos de acuerdo con esta realización de la invención en el que columnas verticales individuales de dispositivos se cuelgan, por ejemplo, de un techo u otra estructura de soporte, de manera que cada uno de los dispositivos está conectado o unido a los dispositivos adyacentes por unos miembros de unión 37 formados para su acoplamiento liberable o desmontable con las barras 32 a través de los rebajes 31 existentes en las porciones de borde anteriormente descritas. Se proporciona a los dispositivos aire u otro gas adecuado desde una fuente de suministro externa, a través de una manguera o conducción 34 situada en la columna de dispositivos más exterior, como se muestra en la Figura 8c, y entre dispositivos de columnas adyacentes a través de mangueras o conducciones cortas 38. Se comprende que pueden contemplarse otras configuraciones de interconexiones de fluido entre los diversos dispositivos sin desviarse del sistema o dispositivos de acuerdo con la invención.

Aunque no se ha mostrado ni descrito en detalle de un modo específico, se comprende que las líneas o conducciones de suministro de aire o gas a dispositivos individuales de acuerdo con la invención o a varios grupos de dispositivos de acuerdo con la invención, pueden estar provistas de medios de válvula para controlar el flujo de aire o de otro gas hacia dentro y hacia fuera de los dispositivos. De esta forma, por ejemplo, será posible proporcionar a cada dispositivo individual sus medios de válvula independientes y, con ello, tener la posibilidad de controlar el inflado de cada dispositivo individual por separado. Las válvulas pueden ser accionadas manualmente, aunque pueden contemplarse también válvulas controlables a distancia, controladas, por ejemplo, por un sistema de control central según se menciona en lo que sigue.

Haciendo referencia, a continuación, a la Figura 9, se muestra en ella una vista esquemática en perspectiva de una séptima realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, montado en un límite o contorno 40 de una sala y provisto de los dos miembros de absorción de bajas frecuencias y de altas frecuencias, 42 y 46 respectivamente, en virtud de los cuales puede modificarse el tiempo de reverberación de la sala no solo para las frecuencias bajas, sino también para frecuencias superiores. Ha de hacerse énfasis en que, si bien el dispositivo de acuerdo con esta realización se muestra y describe montado en un contorno, puede haberse diseñado, alternativamente, para su libre suspensión, por ejemplo, de un techo, en cuyo caso puede proporcionarse un dispositivo de absorción de altas frecuencias (tela, etc.) 46 en cada lado de un dispositivo de absorción de bajas frecuencias central 42.

En referencia a la Figura 9a, se muestra en ella la séptima realización de un dispositivo de acuerdo con la invención, que comprende un dispositivo de absorción 42 de bajas frecuencias de acuerdo con la invención, por ejemplo, un dispositivo con el diseño de "colchón" o con el diseño de "bolsa de hielo" que se han descrito previamente en asociación con las Figuras 4a, 4b y 7, respectivamente, y un dispositivo de absorción 46 de altas frecuencias, por ejemplo, una tela adecuada. En el estado desinflado, el dispositivo de absorción 42 de bajas frecuencias se dispone como envolvente en torno a un tambor 43, estando el tambor montado para su rotación alrededor de su eje longitudinal, en una estructura de soporte / suspensión o ménsula 41, y siendo impulsado por un motor 45, a través de una correa 44 u otros medios equivalentes. El motor puede ser controlado a distancia, por ejemplo, desde un sistema de control central, el cual puede también controlar y supervisar otras funciones del dispositivo o sistema de dispositivos. Similarmente, el dispositivo de absorción 46 de altas frecuencias se dispone, en esta realización, como envolvente en torno a un tambor 47 y es guiado sobre un rodillo adecuado 48, hasta una posición extraída, sustancialmente en paralelo con el dispositivo de absorción de bajas frecuencias. Como se muestra en la Figura 9a, el motor impulsa ambos dispositivos de absorción 42 y 46, pero sería también posible proporcionar dispositivos de accionamiento independientes para cada uno de estos dispositivos, por lo que uno de estos podría ser llevado hasta su posición activa, extraída, mientras el otro permanece inactivo. Los dispositivos de absorción pueden también ser accionados manualmente si se desea.

En el extremo inferior de los dispositivos de absorción 42 y 46, estos están dotados de unos raíles de fondo 49 y 50, respectivamente, de tal manera que el raíl de fondo 50 del dispositivo de absorción de altas frecuencias sirve

principalmente para proporcionar el peso necesario al extremo inferior de este dispositivo, a fin de hacer que este se extienda hacia abajo de una forma sustancialmente plana, paralelo al dispositivo de absorción de bajas frecuencias. El dispositivo de absorción 42 de bajas frecuencias será, generalmente, mucho más pesado que el dispositivo de absorción 46 de altas frecuencias, y el raíl de fondo 49 del dispositivo de absorción 42 de bajas frecuencias puede ser utilizado fundamentalmente para proporcionar un aseguramiento fijo a un soporte de fondo 51 montado en la pared 46, y para la disposición del miembro 52 de entrada y de válvula a través del cual se suministra a / extrae del dispositivo 42 aire u otro gas. El soporte de fondo 51 puede haberse provisto de medios para establecer una conexión de fluido entre el miembro 52 de entrada y de válvula y una fuente de suministro, si bien el dispositivo 42 puede también haberse alimentado de aire o gas mediante otros medios. La válvula puede haberse proporcionado también en el soporte de fondo 51, en lugar de en la entrada 52 al dispositivo 42. Las Figuras 9b, 9c y 9d muestran tres estados diferentes de esta realización de la invención, esto es, (b) esencialmente inactivo, (c) dispositivo de absorción de altas frecuencias activo pero dispositivo de absorción de bajas frecuencias inactivo, puesto que aún no ha sido inflado, y (d) ambos dispositivos activos.

Si bien las Figuras 9a a 9d muestran un dispositivo que comprende tanto una parte de absorción 42 de bajas frecuencias como una parte de absorción 46 de altas frecuencias, se hace énfasis en que la estructura de soporte / suspensión 41 puede también haberse formado de manera que comprenda únicamente el dispositivo de absorción 42 de bajas frecuencias en casos en que no se necesiten modificaciones del tiempo de reverberación a altas frecuencias. También la estructura 41 puede haberse formado de manera que comprenda un dispositivo de absorción 46 de altas frecuencias en cada lado (frontal y trasero) del dispositivo 42 de bajas frecuencias.

En cualquiera de las realizaciones que se muestran en las Figuras 4 a 9, los dispositivos inflables de absorción de bajas frecuencias pueden comprender una o más cavidades internas, sin que se haya proporcionado material de amortiguación acústica dentro de las cavidades. En estos casos, el efecto de absorción es debido fundamentalmente al rozamiento interno dentro de las propias membranas. Es también posible, sin embargo, proporcionar un material de amortiguación acústica dentro de las cavidades, material que podría ser, por ejemplo, un panel de material poroso tal como lana mineral, etc., o una delgada lámina de tela, etc., con una resistencia al flujo acústico suficientemente elevada.

Aunque será posible utilizar los diversos dispositivos de absorción de acuerdo con la invención individualmente, siempre y cuando sean de la suficiente área superficial para conseguir el efecto deseado en el tiempo de reverberación de la sala, es también posible ensamblar sistemas modulares más grandes de dispositivos de absorción de acuerdo con la invención, con los que se consigue el área superficial deseada que es necesaria para conseguir el efecto requerido en el tiempo de reverberación de la sala. Tales sistemas pueden comprender, por ejemplo, una estructura matricial de dispositivos de absorción con un número dado de filas y de columnas, de tal modo que los dispositivos individuales se conectan o unen de una manera escogida por medio de conducciones que proporcionan el aire / gas para inflar los dispositivos absorbentes hasta el grado necesario para conseguir la frecuencia de resonancia y el coeficiente de absorción requeridos, tal y como se ha descrito anteriormente, y para el suministro de aire / gas a las porciones de marco inflables que se han descrito en asociación con algunas de las realizaciones.

Cada dispositivo de absorción individual puede estar provisto de sus propios medios de válvula según se ha descrito, o bien pueden proporcionarse medios de válvula para ciertos grupos de dispositivos. Los medios de válvula pueden ser controlables a distancia (por infrarrojos, Bluetooth, etc.), por ejemplo, desde una consola de control central desde la que puede ser controlado el inflado / desinflado de los dispositivos. También, el sistema puede comprender sensores para medir la presión de los dispositivos, con lo que se proporciona la posibilidad de supervisar el correcto funcionamiento del sistema desde la consola de control. Por otra parte, el sistema puede comprender medios para medir el tiempo de reverberación de la sala, por ejemplo, antes y después del inflado de los dispositivos de absorción. Es, incluso, posible utilizar un sistema de dispositivos de absorción de acuerdo con la invención para sintonizar o ajustar los dispositivos en diferentes frecuencias de resonancia, por ejemplo, a fin de conseguir una zona de frecuencias de resonancia efectiva más ancha para modificar el tiempo de reverberación de la sala.

Por lo común, los dispositivos de absorción pueden ser ajustados en frecuencias de resonancia de 63 Hz o 125 Hz, si bien estas solo han de considerarse como frecuencias de resonancia típicas.

En una implementación práctica, un sistema puede comprender, por ejemplo, cien dispositivos de absorción de acuerdo con la invención, y ser controlable desde una consola de control de uso exclusivo o dedicada. Alternativamente, el control y la supervisión pueden tener lugar desde una computadora personal portátil provista de programación o software apropiado que se ha de suministrar con el sistema. Este software puede proporcionar la posibilidad de medir el tiempo de reverberación como se ha descrito anteriormente y, por otra parte, comprender un algoritmo que –basado en dimensiones físicas introducidas de la sala y en el número esperado de oyentes– puede calcular el número total de dispositivos de absorción necesario para conseguir un tiempo de reverberación óptimo. También pueden almacenarse datos previos (por ejemplo, tiempos previos y posteriores de reverberación de otras salas en las que se ha estado utilizando el sistema) en medios de almacenamiento de datos apropiados, para su análisis y recuperación ulteriores.

- 5 Como se ha mencionado en el sumario de la invención, una realización alternativa del dispositivo de acuerdo con la invención que comprende medios para autoinflado (o autoextensión) de los cuerpos llenos de aire o gas de los dispositivos, caerá también dentro del alcance de la presente invención. Esta realización se corresponderá en cierto modo con los colchones autoinflables que se utilizan, por ejemplo, para el camping, etc., y puede comprender una envoltura exterior impermeable al aire o al gas, dotada internamente de, por ejemplo, una estructura de caucho esponjoso que facilita la extensión del dispositivo hasta su profundidad / dimensiones apropiadas cuando no se le impide alcanzar tal extensión. Esta realización de un dispositivo de absorción puede, de este modo, por ejemplo, formar parte del dispositivo que se ha descrito anteriormente como la séptima realización, si bien puede también ser utilizada a muchos otros respectos.
- 10 Se aprecia, por lo demás, que, en el caso de que la presión p_2 el aire o gas contenido en las cavidades de los cuerpos inflables / expansibles sea igual a la presión atmosférica circundante, cualesquiera medios de válvula existentes en las conducciones de suministro hacia los cuerpos pueden dejarse abiertos durante el funcionamiento de los dispositivos, conjuntos y sistemas de acuerdo con la invención.
- 15 Haciendo referencia a la Figura 10a, se muestra en ella un diseño práctico de la estructura de soporte / suspensión 41 de la séptima realización de la invención, anteriormente descrita. Esta estructura es de conformidad con la implementación mostrada, formada como un alojamiento 55 que da acomodo a los rodillos para los dispositivos de absorción de bajas y altas frecuencias, de tal manera que estos dispositivos –o uno de ellos– pueden ser alojados parcial o completamente dentro del alojamiento. La provisión del alojamiento puede servir tanto como unos medios de protección general para los dispositivos, cuando estos no se están utilizando, cuanto como unos medios de protección contra incendios. Así, pues, el conjunto o sistema puede estar provisto de medios para detectar humo /
- 20 fuego, de manera que dichos medios activarán el mecanismo de accionamiento del conjunto y, con ello, retraerán uno o ambos dispositivos de absorción 42, 46 al interior del alojamiento. Específicamente, como se muestra en las Figuras 10a y 10b, el alojamiento puede estar provisto de una porción superior 55, unida de forma pivotante al cuerpo principal del alojamiento 54 de tal manera que la porción superior 55 rotará automáticamente hasta el estado cerrado del alojamiento que se muestra en la izquierda de la Figura 10b, en caso de incendio. El alojamiento puede también, por supuesto, ser cerrado por la porción superior 55 como medida general de protección para los absorbedores albergados por el alojamiento.
- 25 Haciendo referencia a la Figura 11, se muestra en ella, por último, como ejemplo ilustrativo, una simulación informática de un sistema de conjuntos de absorción de sonido de acuerdo con la invención, suspendidos a lo largo de uno de los contornos de un salón de conciertos con el fin de modificar el tiempo de reverberación del salón.
- 30 Los cuerpos inflables / extensibles y aplastables / compresibles de acuerdo con la invención han de ser capaces de absorber energía acústica de un campo de sonido circundante. Como ya se ha mencionado en el epígrafe de antecedentes de la invención, esta capacidad está relacionada con la relación de impedancias de las pérdidas internas del material flexible de los cuerpos absorbentes y la resistencia a la radiación externa de los cuerpos absorbentes. Para la realización mostrada en la Figura 2, y con el coeficiente de absorción resultante que se muestra en la Figura 3, se ha aplicado Rianyl® de 2 mm de espesor, que es un PVC [poli(cloruro de vinilo) – “polyvinyl chloride”] con una densidad de 2,96 kg/m². Se comprende, sin embargo, que es posible utilizar otros materiales para los cuerpos absorbentes de acuerdo con la invención, por ejemplo, materiales poliméricos adecuados mezclados con arena u otro material granular de modo que el peso / densidad del material se incremente
- 35 sin aumentar el espesor de pared de los cuerpos absorbentes.
- 40

REIVINDICACIONES

- 1.- Uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido para modificar el tiempo de reverberación de una sala;
- 5 de tal manera que el (los) dispositivo(s) de absorción de sonido se coloca(n) en un campo de sonido circundante en el seno del aire de la sala, y absorbe(n) energía acústica al menos en una zona de bajas frecuencias predeterminadas que tiene un límite de frecuencia superior de aproximadamente 200 Hz;
- 10 de modo que el dispositivo de absorción de sonido comprende un cuerpo al menos parcialmente elástico que contiene una o más cavidades (4, 12, 13), de manera que al menos una porción de la superficie exterior del cuerpo al menos parcialmente elástico está en contacto con dicho campo de sonido circundante, y de forma que dicho cuerpo es inflable / extensible durante el suministro de un gas a, o la extracción del gas de, dicha al menos una cavidad (4, 12, 13), respectivamente, por lo que el coeficiente de absorción (α) y/o la frecuencia de resonancia de dicho cuerpo se varía, con lo que se determina el coeficiente de absorción y/o la zona de frecuencias en la que tendrá lugar una absorción máxima.
- 15 2.- El uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el dispositivo de absorción de sonido está configurado para absorber energía acústica dentro de una zona de frecuencias de entre aproximadamente 63 y 125 Hz, con un coeficiente de absorción (α) máximo de al menos 0,7 y una anchura de banda utilizable de al menos una octava.
- 3.- El uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicha zona de bajas frecuencias es de 50 Hz a 125 Hz.
- 20 4.- El uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el material de dicho cuerpo al menos parcialmente elástico se escoge de tal manera que existe una coincidencia sustancial de impedancias entre el cuerpo y el campo de sonido circundante, al menos en dicha zona de bajas frecuencias.
- 25 5.- El uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho gas es suministrado a / extraído de dicha al menos una cavidad (4, 12, 13) del dispositivo de absorción de sonido a través de una válvula proporcionada en un conducto existente entre dicha al menos una cavidad y una fuente de suministro de ese gas, de tal manera que la válvula está provista de medios para controlar a distancia la válvula.
- 30 6.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el cuerpo está provisto, además, de unos medios de fijación (32, 37) destinados a acoplarse con unos medios de fijación correspondientes proporcionados en uno o más dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 35 7.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual al menos una de dicha al menos una cavidad (4, 12, 13) del cuerpo al menos parcialmente elástico está provista de material (3) absorbente de sonido, dentro de dicha cavidad.
- 8.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una cavidad (4, 12, 13) del cuerpo al menos parcialmente elástico está provista de medios internos autoinflables / autoexpansibles.
- 40 9.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dichos cuerpos están rodeados por una estructura de armazón o marco (8, 15', 15'') inflable / expansible y aplastable / compresible para proporcionar la suficiente rigidez y/o la forma deseada y/o la profundidad deseada a dichos cuerpos.
- 45 10.- El uso de un conjunto de absorción de sonido que comprende al menos un dispositivo de absorción de sonido utilizado para absorber sonido de un campo de sonido circundante en el aire, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 9, de tal modo que el conjunto de absorción de sonido comprende una estructura de soporte o suspensión (41) provista de unos medios de rodillo (43) sobre los que pueden disponerse como envolvente dichos dispositivos de absorción de sonido y accionar, y unos medios de accionamiento para hacer rotar dichos medios de rodillo (43).
- 50 11.- El uso de un conjunto de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual el conjunto de absorción de sonido comprende al menos unos medios de absorción (46) de altas frecuencias soportados en la estructura de soporte o suspensión (41), en uno o más segundos medios de rodillo (47) sobre los que pueden disponerse como envolvente dichos medios de absorción (46) de altas frecuencias.
- 12.- El uso de un conjunto de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el cual la estructura de soporte o suspensión (41) se ha formado como un alojamiento para dar acomodo a los dispositivos de absorción de bajas y altas frecuencias en un estado inactivo del conjunto.

13.- El uso de un conjunto de absorción de sonido de acuerdo con las reivindicaciones 10, 11 o 12, en el que el conjunto está provisto, además, de unos medios para arrollar automáticamente al menos el dispositivo de absorción (42) de bajas frecuencias en caso de incendio.

5 14.- El uso de un conjunto de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual dicho dispositivo de absorción (46) de altas frecuencias es una lámina de tela de un material con la suficiente resistencia al flujo para proporcionar absorción acústica de altas frecuencias.

15.- El uso de un dispositivo o dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la frecuencia de resonancia f_0 , la relación de resistencia acústica μ , el coeficiente de absorción máximo α_{\max} y la anchura de banda de absorción B_r del dispositivo de absorción de sonido vienen dados por:

10

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{md}} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{r_i}{r_s} \quad (2)$$

15

$$\alpha_{\max} = \frac{4\mu}{(1+\mu)^2} \quad (3)$$

$$\frac{B_r}{f_0} = (1+\mu) \sqrt{\frac{\rho d}{m}} \quad (4)$$

20

donde c es la velocidad del sonido, ρ es la densidad del aire dentro de dicha al menos una cavidad, m es la masa por unidad de superficie, d es la profundidad de dicha al menos una cavidad, r_i son las pérdidas internas del sistema y r_s es la resistencia a la radiación de la membrana.

25

16.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, para reducir el tiempo de reverberación de la sala de audición al menos dentro de una zona de bajas frecuencias que tiene un límite de frecuencia superior de aproximadamente 200 Hz, desde un tiempo de reverberación dado (T_{60}) hasta un tiempo de reverberación deseado (T_{60}^s).

17.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el área superficial total requerida S de dichos uno o más cuerpos se determina por la ecuación:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{md}} \quad (5)$$

30

donde α es el coeficiente de absorción del dispositivo / dispositivos de absorción, V es el volumen de la sala, c es la velocidad del sonido, S_s es la superficie de un espécimen de ensayo, T_{60}^s es el tiempo de reverberación en la sala con el espécimen presente y T_{60} es el tiempo de reverberación de la sala vacía.

35

18.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual dicha reducción del tiempo de reverberación tiene lugar, de forma predominante, dentro de la zona de bajas frecuencias determinada por una frecuencia de resonancia y la anchura de banda de absorción determinada de acuerdo con la reivindicación 15.

19.- El uso de un dispositivo de absorción de sonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el cuerpo es inflable por el suministro del gas a dicha al menos una cavidad (4, 12, 13) para llegar a un estado inflado, y aplastable / compresible por la extracción del gas de dicha al menos una cavidad (4, 12, 13) para llegar a un estado

desinflado.

- 5 20.- El uso de un sistema para reducir el tiempo de reverberación de una sala, en el cual el sistema comprende una pluralidad de dispositivos de absorción de sonido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 9, o/y una pluralidad de conjuntos de absorción de sonido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10 a 14, de tal manera que el sistema comprende, además, unos conductos a través de los cuales puede suministrarse gas desde una fuente de suministro a cada uno de dichos dispositivos o/y conjuntos, ya sea individualmente, ya sea en grupos predeterminados de dichos dispositivos o conjuntos, y extraerse de estos.
- 10 21.- El uso de un sistema de acuerdo con la reivindicación 20, en el cual dichos dispositivos o/y conjuntos están provistos de unos medios de válvula para controlar el suministro de gas a / la extracción de gas de dichos dispositivos o conjuntos.
- 22.- El uso de un sistema de acuerdo con la reivindicación 21, en el que dichos medios de válvula son controlables a distancia y en el cual el sistema está provisto, adicionalmente, de un dispositivo de control central para controlar el grado de inflado / extensión de dichos dispositivos o conjuntos.
- 15 23.- El uso de un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el cual el sistema comprende, adicionalmente, unos medios para medir el tiempo de reverberación de una sala en la que se ha instalado el sistema.
- 20 24.- El uso de un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 20 a 23, que comprende, adicionalmente, medios de almacenamiento de datos para almacenar, por ejemplo, tiempos de reverberación medidos y diversos parámetros correspondientes de los dispositivos o/y conjuntos.

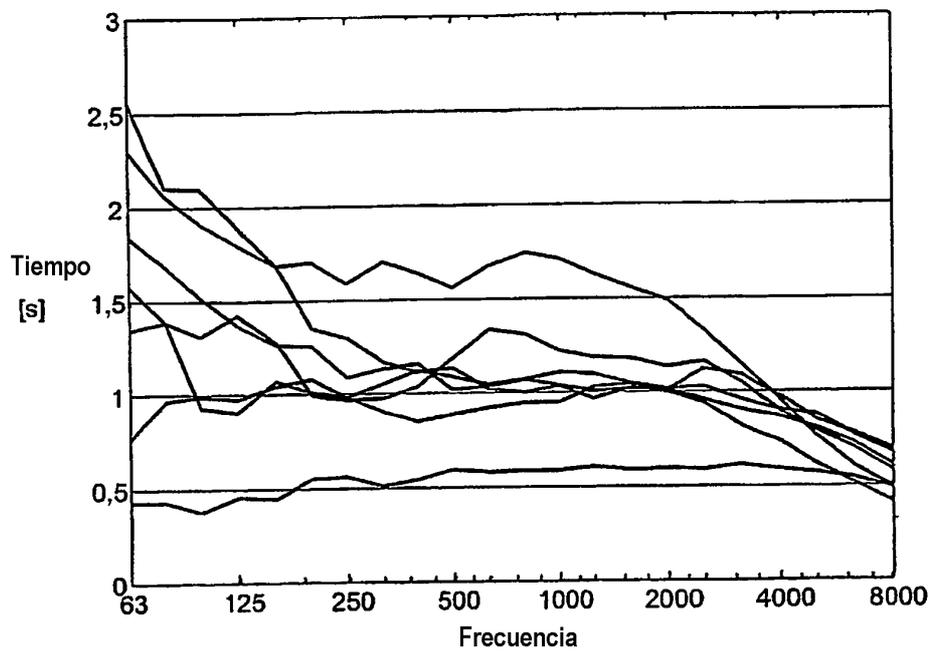


Fig. 1

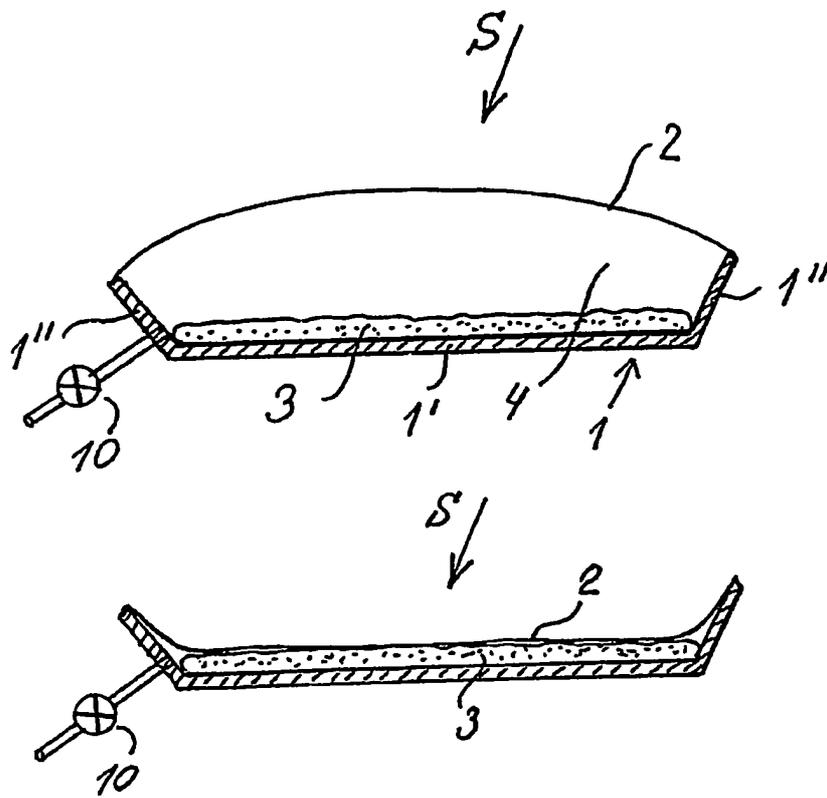


Fig. 2

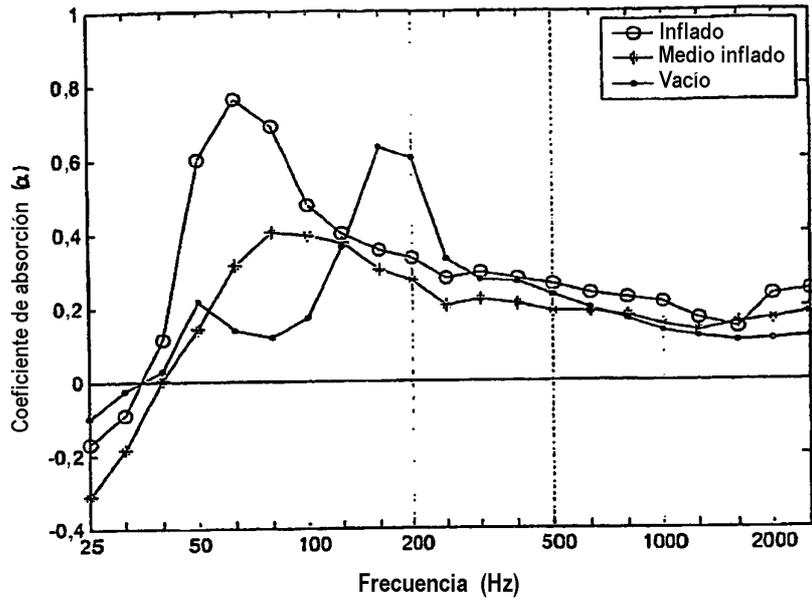


Fig. 3

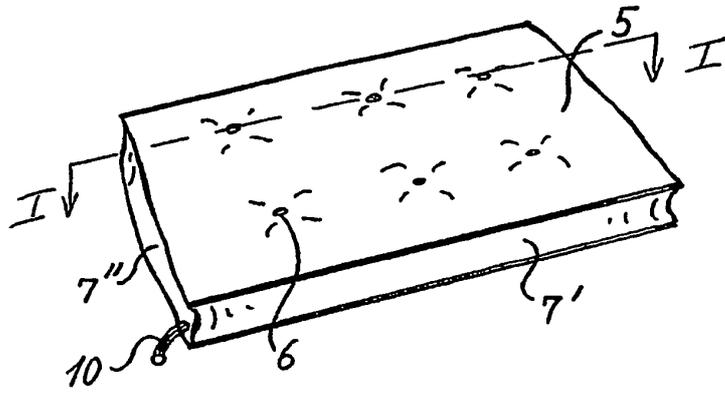


Fig. 4(a)

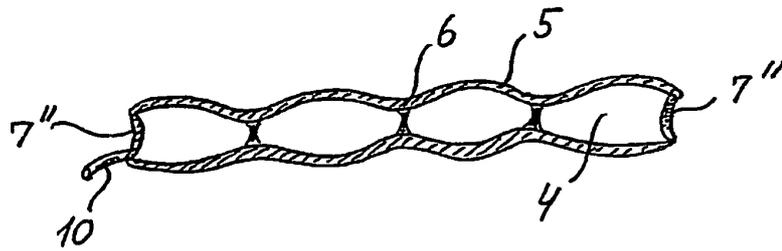


Fig. 4(b)

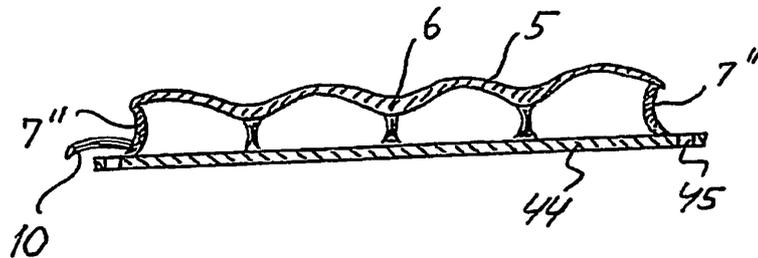


Fig. 4(c)

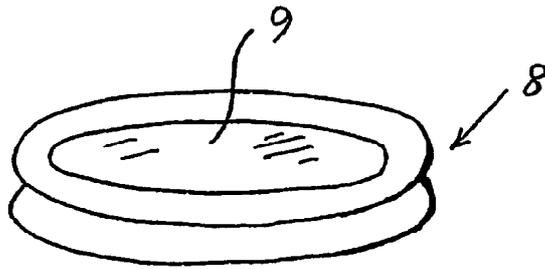


Fig. 5(a)

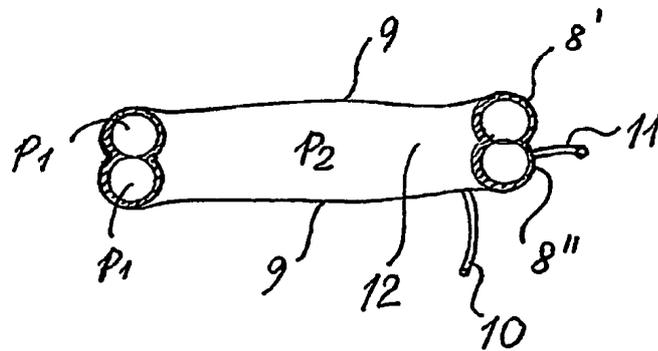


Fig. 5(b)

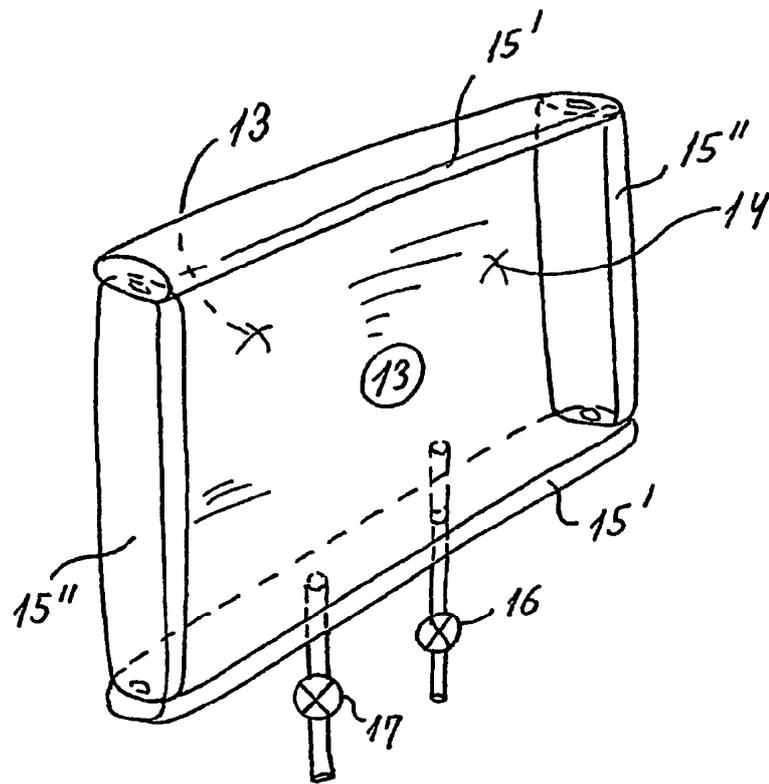


Fig. 6

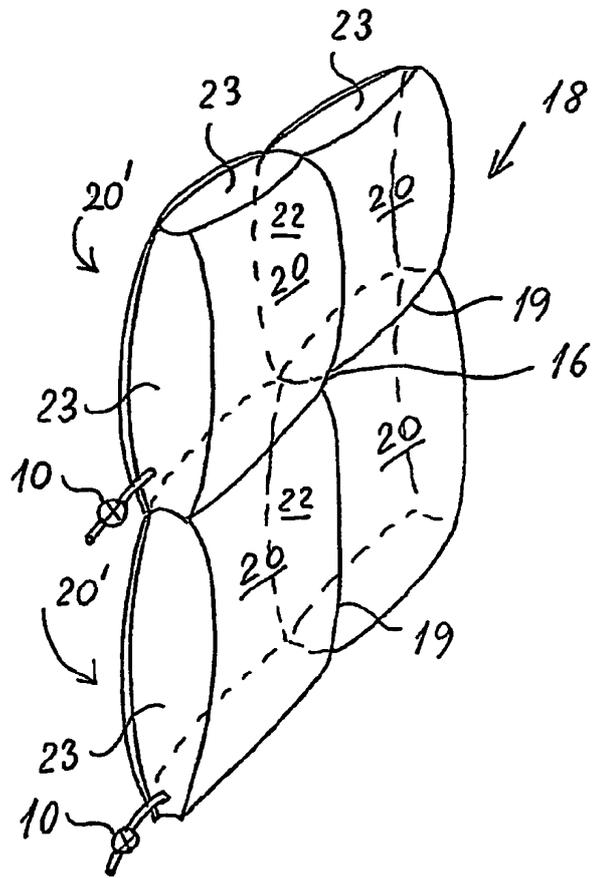


Fig. 7

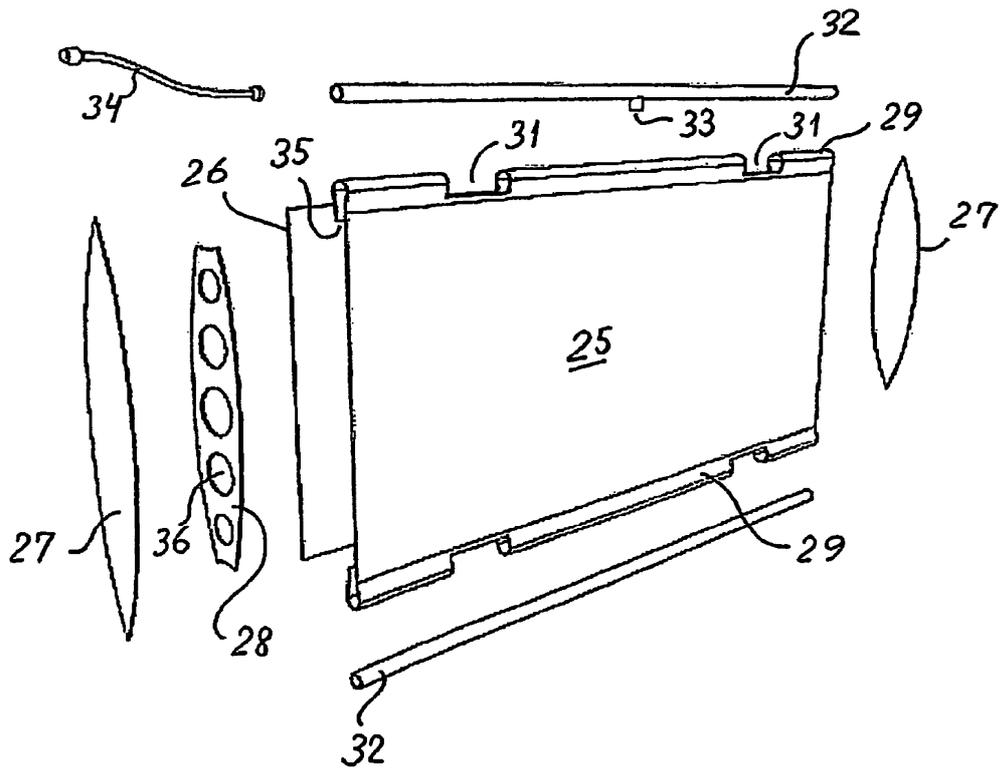


Fig. 8(a)

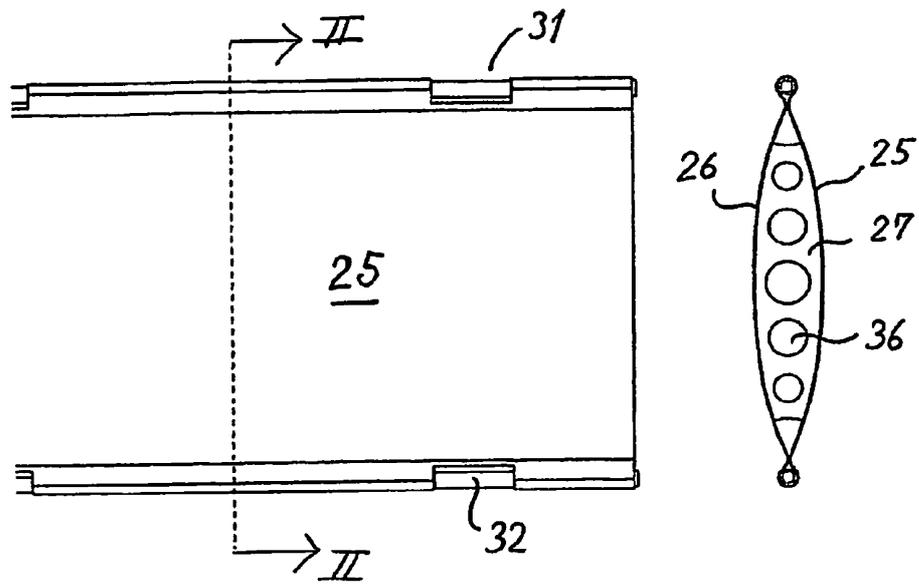


Fig. 8(b)

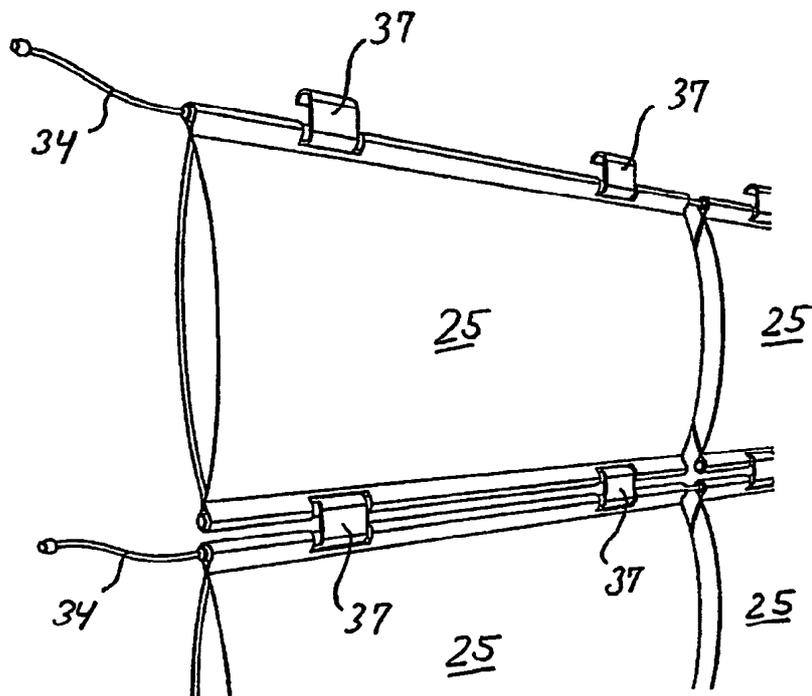


Fig. 8(c)

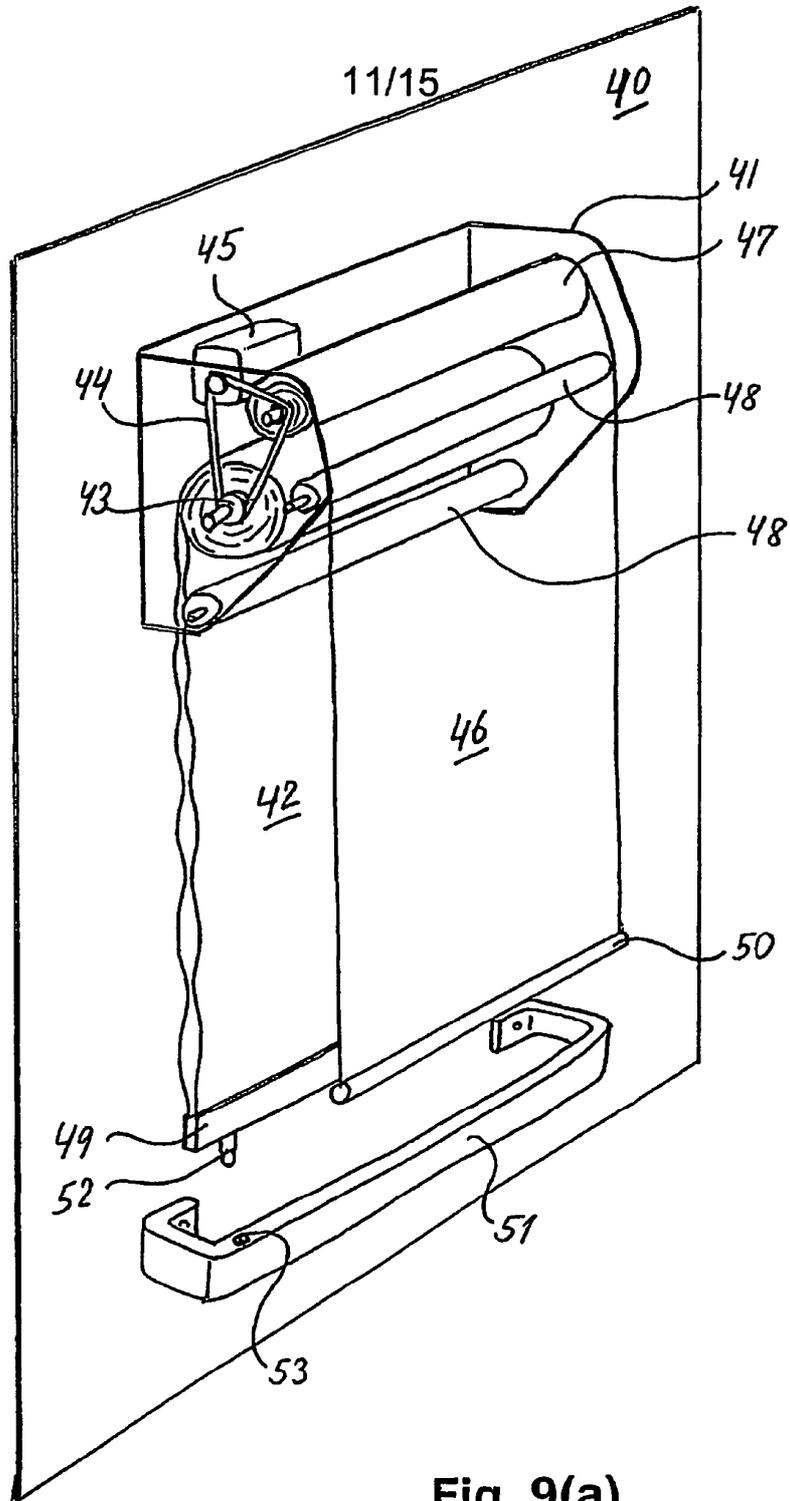


Fig. 9(a)

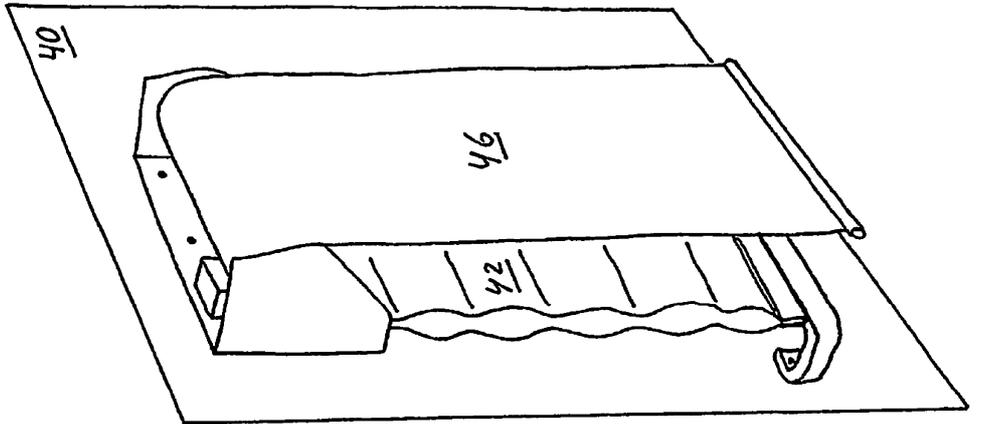


Fig. 9(d)

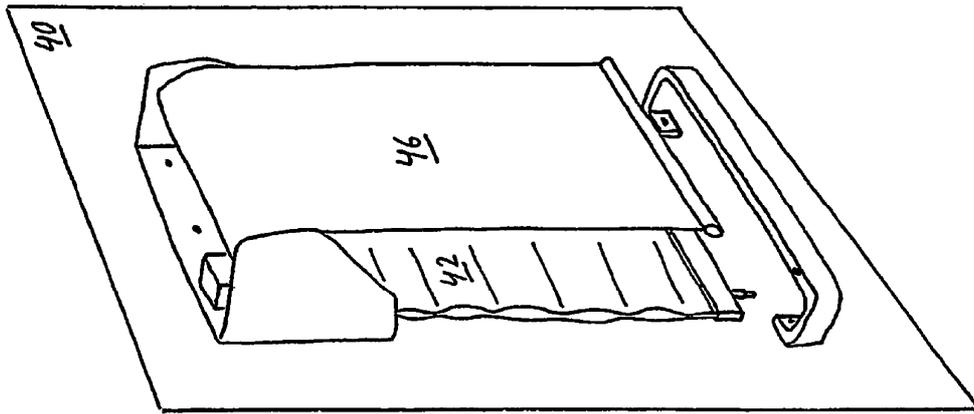


Fig. 9(c)

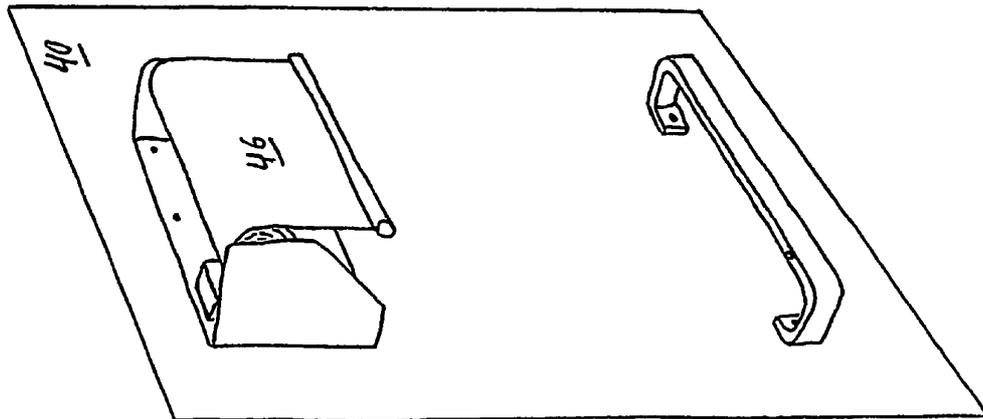


Fig. 9(b)

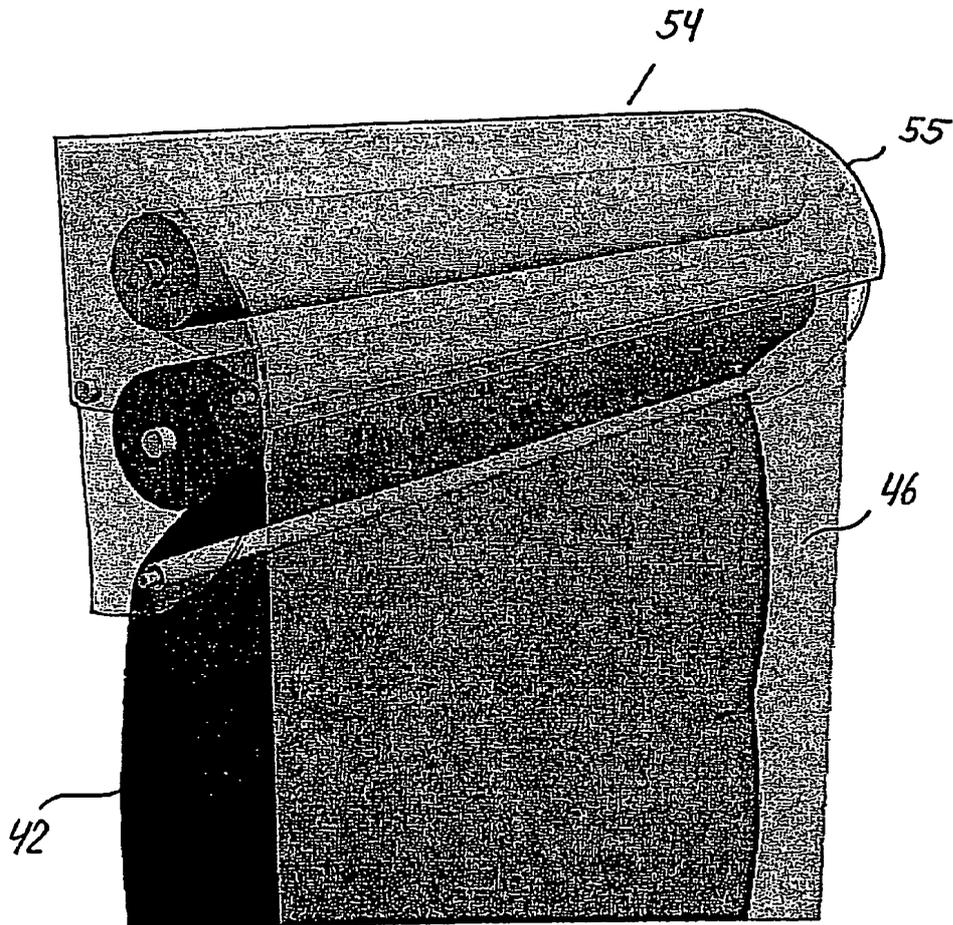


Fig. 10(a)

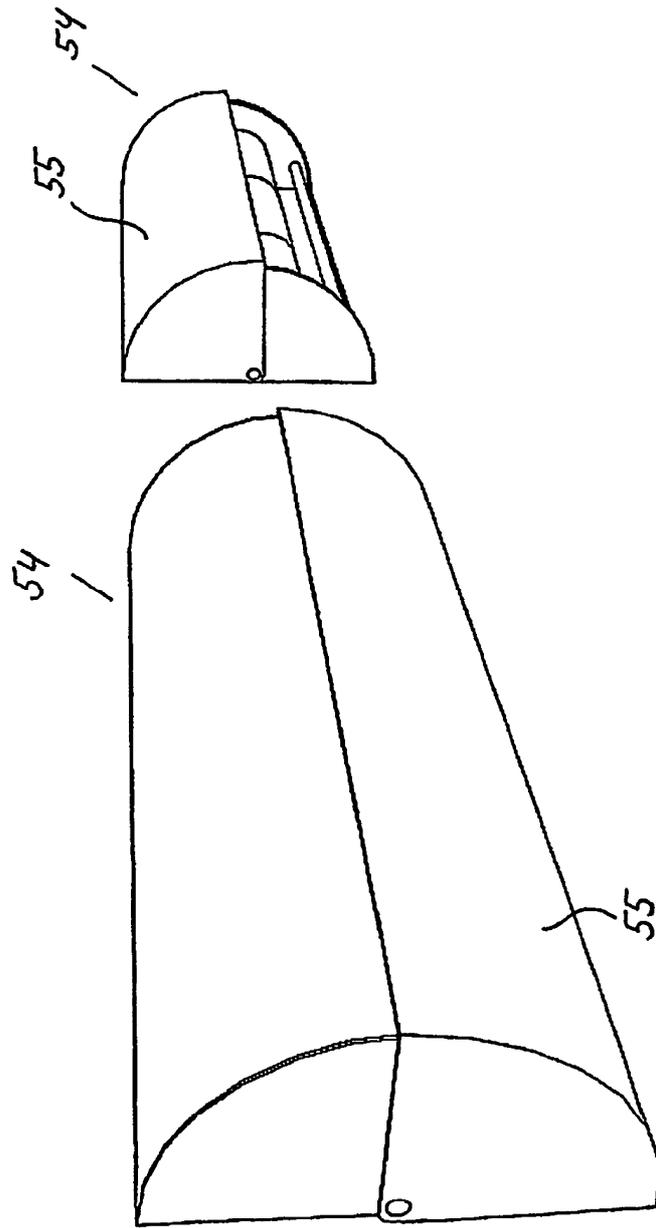


Fig. 10(b)

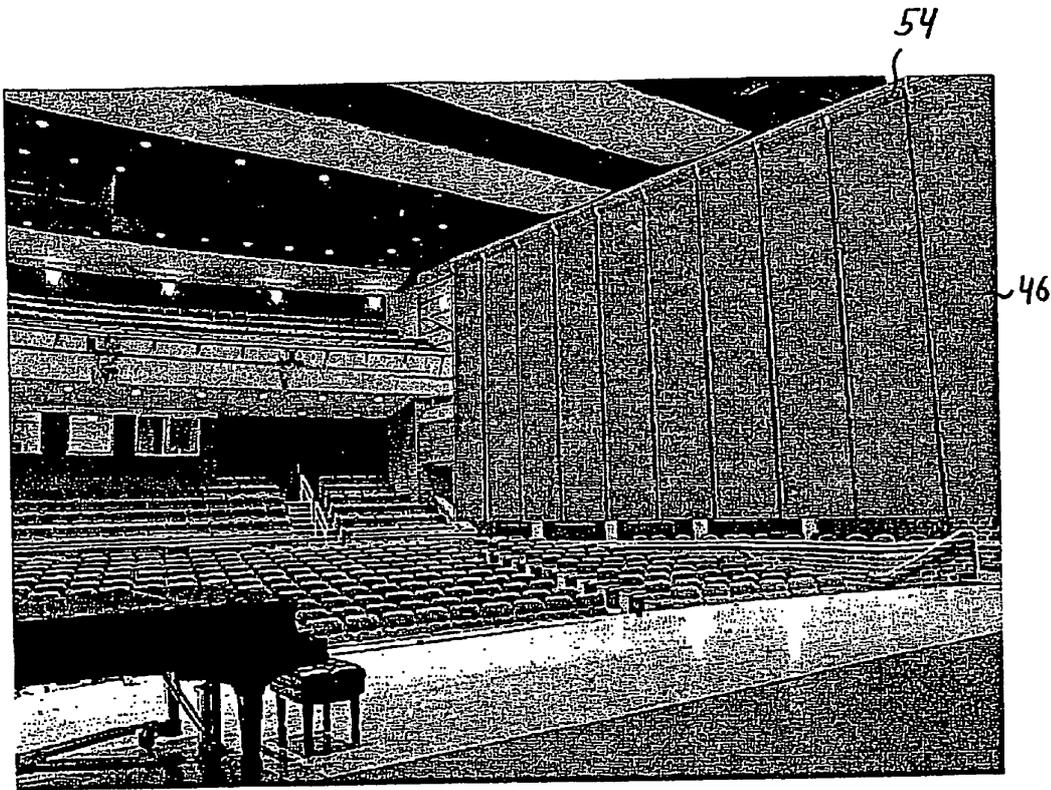


Fig. 11