

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 844**

51 Int. Cl.:

E01F 8/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016 E 16169249 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 3093391**

54 Título: **Servicio público a prueba de sonido, en particular una unidad de atenuación de sonido**

30 Prioridad:

11.05.2015 NL 2014791

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

11.09.2018

73 Titular/es:

**4SILENCE B. V. (100.0%)
Hengelsestraat 500
7521 AN Enschede, NL**

72 Inventor/es:

WIJNANT, YSBRAND HANS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 680 844 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

Servicio público a prueba de sonido, en particular una unidad de atenuación de sonido

5 La invención está relacionada con un servicio público a prueba de sonido configurado para limitar, al menos para un intervalo de frecuencias determinado, la emisión lateral de sonido en el aire provocado por tráfico motorizado en carretera. La invención también está relacionada con un conjunto de un servicio público a prueba de sonido y un difractor dispuesto o para ser dispuesto a lo largo de una superficie de traslación en una posición entre la superficie de traslación y el servicio público a prueba de sonido, y en una superficie de traslación provista de servicio público a prueba de sonido, opcionalmente junto con un difractor.

10 Se puede entender que el tráfico motorizado de carretera significa por ejemplo tráfico de coches en una autovía, tráfico de trenes en una vía férrea o tráfico aéreo en una pista. Los vehículos que forman el tráfico de carretera provocan varias diferentes fuentes de sonido (en el aire) durante la traslación. En caso de tráfico de coches las fuentes más significativas están formadas por los neumáticos (ruido de rodadura) y el motor (ruido de motor). Particularmente dominante a bajas velocidades es el ruido de motor, y a partir de una velocidad de aproximadamente 50 km/h el ruido de rodadura de los neumáticos. En otras realizaciones (no se muestran) la superficie de traslación es una vía férrea y el ruido es provocado por un tren o, a muy altas velocidades, por el sonido aerodinámico, por ejemplo el sonido procedente del pantógrafo. Las diferentes fuentes de sonido se sitúan así a diferentes alturas respecto a la superficie de traslación.

20 Se sabe disponer una o más pantallas reductoras de ruido a lo largo de la superficie de traslación a fin de reducir la transmisión de sonido desde una superficie de traslación al área circundante. Hay un "sombra" por detrás de este tipo de pantalla reductora de ruido, por lo que el ruido de tráfico es atenuado. Las pantallas reductoras de ruido son razonablemente eficaces para limitar al menos la peor molestia por ruido, particularmente en caso de objetos sensibles a sonido tales como casas y edificios de oficinas en las inmediaciones de este tipo de superficie de traslación. La sombra acústica por detrás de la pantalla sin embargo no es absoluta. El efecto de la pantalla es influenciado por la difracción del sonido alrededor del lado superior de la pantalla. Cuanto más largo es el camino (también referido aquí como la longitud de camino) que tiene que ser cubierta por sonido a fin de llegar al objeto sensible a sonido, más eficaz es la pantalla. La altura del servicio público a prueba de sonido representa aquí una parte. El efecto de apantallamiento de sonido de una pantalla reductora de ruido alta es generalmente mayor que el de una pantalla reductora de ruido baja. Una pantalla reductora de ruido alta es sin embargo relativamente cara, requiere cimientos especiales y/o disposiciones de anclaje, y a veces no puede ser aplicada desde un punto de vista estético.

30 Es más generalmente el caso de que las pantallas reductoras de ruido son servicios públicos caros. Además tienen un efecto adverso en el paisaje y a menudo privan a los residentes de una visión sin obstrucción. Además tienen el inconveniente de que su eficacia es limitada en caso de direcciones específicas de viento. Las pantallas reductoras de ruido además se aplican menos fácilmente en situaciones en las que objetos sensibles a sonido se sitúan en ambos lados de la superficie de traslación. Esto es porque la reflexión de sonido contra el servicio público a prueba de sonido en un primer lado de la superficie de traslación provoca que este sonido sea transmitido al lado opuesto de la superficie de traslación, y este sonido puede llegar a los objetos sensibles a sonido situados allí.

40 Con los años se han desarrollado diferentes tipos de pantalla reductora de ruido. Las pantallas reductoras de ruido reflectantes implican particularmente la reflexión del sonido contra la pantalla, mientras que en caso de pantallas reductoras de ruido absorbentes el sonido (también) es absorbido parcialmente. Algunos tipos de pantalla reductora de ruido permiten una combinación de reflexión y absorción.

45 En un tipo conocido de pantalla reductora de ruido absorbente se dispone una capa separada de material de absorción contra el lado impactado por ruido de la pantalla. La pantalla por sí misma puede ser formada por ejemplo por una placa de hormigón (no absorbente, acústicamente dura) contra la que se dispone una placa o capa de otro material acústicamente blando. En una realización conocida el material absorbente comprende una mezcla de fibra de madera y cemento. Tales pantallas reductoras de ruido sin embargo son relativamente complejas y relativamente caras de fabricar y dar servicio. Las pantallas reductoras de ruido conocidas a menudo además son susceptibles a influencias externas y el efecto de las pantallas finalmente disminuye, por ejemplo porque la capa absorbente se ensucia.

50 Un ejemplo de pantalla absorbente de sonido de este tipo en donde se hace uso de material acústicamente absorbente se describe en el documento SE 518055 C2. La pantalla conocida se construye sucesivamente de una primera y una segunda capa acústicamente dura y una tercera capa acústicamente absorbente. Dispuestos en la primera y segunda capa hay varios rebajes tubulares que desembocan en la tercera capa acústicamente absorbente. Todas las aberturas tubulares tienen la misma longitud. Esta pantalla absorbente de sonido conocida también tiene los inconvenientes indicados anteriormente.

55 En la memoria descriptiva de patente US 5 457 291 se describe un panel absorbente de sonido en el que la absorción de sonido no es proporcionada por material acústicamente absorbente sino por varios resonadores de Helmholtz proporcionados en el lado impactado por ruido del panel y distribuidos uniformemente sobre este lado. Estos resonadores tienen todas las mismas dimensiones (longitud). El panel es de construcción algo compleja, es

relativamente cara de fabricar y se ensucia rápidamente, por lo que puede perder parte de su efecto.

Un objetivo de la invención es proporcionar una pantalla reductora de ruido en la que se evite al menos uno de los inconvenientes indicados anteriormente.

5 Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un servicio público a prueba de sonido simple pero eficaz que sea robusto y requiera poco mantenimiento.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un servicio público a prueba de sonido con dimensiones relativamente pequeñas incluso con un apantallamiento de sonido eficaz.

También un objetivo de la invención es proporcionar un servicio público a prueba de sonido que sea estéticamente atractivo.

10 Al menos uno de los objetivos indicados anteriormente y/u otros se logra al menos parcialmente en un servicio público a prueba de sonido según la reivindicación 1 configurado para limitar, al menos para un intervalo de frecuencias determinado, la emisión lateral de sonido en el aire provocada por tráfico motorizado de carretera, el servicio público a prueba de sonido comprende una placa con una superficie exterior acústicamente dura, en donde la placa comprende al menos un lado absorbente de sonido, en donde el lado absorbente de sonido tiene una pluralidad de
15 estructuras de cavidades alargadas dispuestas en la placa y que desembocan en la superficie exterior dura, y con frecuencias de resonancia en el intervalo de frecuencias determinado, para absorber al menos parcialmente el sonido incidente en el lado absorbente de sonido, en donde la placa adopta una forma monolítica, la superficie interior de cada una de las estructuras de cavidades se fabrica de material acústicamente duro y las estructuras de cavidades son libres de material acústicamente absorbente y se agrupan en diferentes grupos distribuidos sobre el lado de la
20 placa, en donde las estructuras de cavidades tienen longitudes mutuamente variables dentro de cada grupo.

Esta construcción es fácil de fabricar, ofrece buenas propiedades de absorción y requiere poco mantenimiento. La construcción es además más ligera que las pantallas actuales de hormigón (reduciendo el sonido al descartar material, lo que da como resultado una pantalla más ligera), requiere relativamente poco material y de ese modo es relativamente barata y duradera, requiere un cimientado menos pesado, es más barata de transportar (desde la fábrica al
25 emplazamiento de trabajo, en caso de placas prefabricadas) y se puede colocar usando equipos menos pesados.

Las estructuras de cavidades alargadas preferiblemente se extienden sustancialmente transversales a la superficie absorbente de sonido y/o paralelas relativamente entre sí. Las estructuras de cavidades tienen además varias frecuencias de resonancia diferentes (distribuidas en el intervalo de frecuencias indicado anteriormente) a fin de poder absorber el sonido en un espectro de frecuencia relativamente amplio.

30 La placa adopta una forma monolítica y/o se fabrica de un único material acústicamente duro, tal como hormigón o material similar. Tales placas monolíticas son robustas y fáciles de hacer. La placa por ejemplo se puede hacer moldeando y vertiendo el material de placa en un molde y, tras curado parcial del mismo, ya sea retirar el material del molde (por ejemplo en caso de hormigón prefabricado) o retirar total o parcialmente el molde (por ejemplo en caso de hormigón vertido in situ). Dichas estructuras de cavidades en ambos casos se pueden comoldear en una operación,
35 por ejemplo haciendo uso de piezas formadoras (tales como tuberías de plástico y similares) para ser retiradas opcionalmente tras el curado.

En una realización de la invención la placa es una placa autosoportada configurada para disposición estable en una superficie de suelo. Por ejemplo se puede formar un trozo ensanchado o base en el lado inferior de la placa, con el que la placa se puede disponer directamente sobre una superficie (plana) de suelo. Esto permite una colocación simple y rápida del servicio público a prueba de sonido. En otras realizaciones las placas del servicio público a prueba de
40 sonido se configuran para ser montadas sobre una estructura de soporte, por ejemplo un servicio público a prueba de sonido existente, ancladas en el suelo. Por ejemplo es posible proporcionar placas separadas (por ejemplo bloques) que se puedan montar sobre un servicio público a prueba de sonido existente a fin de dar a la pantalla existente un valor de absorción más alto. Las placas separadas pueden tener dimensiones del mismo orden de magnitud que las dimensiones del servicio público a prueba de sonido existente. En otras realizaciones las placas separadas sin embargo son mucho más pequeñas, y se pueden montar en el servicio público a prueba de sonido existente en posiciones aleatorias para cubrir total o parcialmente por ejemplo el lado del servicio público a prueba de sonido existente dirigido hacia la fuente de sonido con las placas acústicamente absorbentes.

Las estructuras de cavidades alargadas se pueden realizar de varias maneras diferentes. El servicio público a prueba de sonido se puede realizar aplicando piezas formadoras en un proceso de moldeo o vertido a fin de fabricar las estructuras de cavidades. La estructura de cavidad por ejemplo puede ser formada por una pieza formadora tal como tubería de plástico, que se retira de nuevo tras el curado del material de la placa. A fin de hacer más fácil la retirada, dichas piezas formadoras se encarnan a menudo con una forma de liberación. En otras realizaciones las piezas formadoras sin embargo pueden quedarse en la placa. Las estructuras de cavidades por ejemplo se pueden formar mediante tuberías acústicamente duras, por ejemplo tuberías de plástico tales como tuberías de PVC, ancladas en el
55 material de la placa. Estas tuberías forman un encofrado perdido y por lo tanto también se les hace referencia como tuberías de encofrado. En otras realizaciones las estructuras de cavidades no se forman por medio de tuberías (de

encofrado), sino que las cavidades se disponen después en el material curado de la placa taladrando orificios en la superficie del mismo.

En determinadas realizaciones las estructuras de cavidades se distribuyen de manera sustancialmente uniforme sobre el lado absorbente de sonido de la placa. Esto significa que el servicio público a prueba de sonido ofrece a grosso modo el mismo grado de absorción en sustancialmente todo el lado impactado por ruido. En realizaciones adicionales las estructuras de cavidades se agrupan en diferentes grupos distribuidos en el lado de la placa, en donde las estructuras de cavidades tienen longitudes mutuamente variables dentro de cada grupo. Cada grupo puede componerse esencialmente aquí de las mismas estructuras de cavidades o incluso el mismo patrón de estructuras de cavidades (cada una con una frecuencia de resonancia diferente). Un grupo comprende por ejemplo un patrón predeterminado de estructuras de cavidades mutuamente adyacentes. Cada estructura de cavidad dentro de este patrón tiene una longitud diferente y así es adecuado para absorber sonido de diferentes intervalos de frecuencias. En determinadas realizaciones únicamente hay un patrón de estructuras de cavidades, y este patrón se repite en el lado del servicio público a prueba de sonido. En otras realizaciones hay dos o más patrones diferentes de estructuras de cavidades, y los diferentes patrones se proporcionan en diferentes posiciones del servicio público a prueba de sonido.

La distribución de las estructuras de cavidades puede variar al menos parcialmente en la altura de un lado absorbente de sonido erguido. En determinadas realizaciones la sección transversal promedio de las estructuras de cavidades en posiciones altas respecto al suelo es sustancialmente más pequeña que la sección transversal promedio de las estructuras de cavidades en posiciones bajas. La absorción por la presente se puede hacer dependiente del contenido de frecuencia del campo de sonido incidente. Este contenido de frecuencia generalmente varía como función de la altura respecto al suelo. La absorción de esta manera puede ser mejorada todavía más.

Las dimensiones de las estructuras de cavidades (longitudes, sección transversal) se eligen preferiblemente de manera que la absorción es particularmente alta dentro de un espectro de frecuencia predeterminado (por ejemplo el espectro compartido asociado con las fuentes dominantes de ruido de tráfico). Cuando la porosidad (PL) se define como la sección transversal total de las estructuras de cavidades de una longitud determinada (L) (es decir, el sumatorio de todas las áreas de superficie de las estructuras de cavidades (por ejemplo tuberías) de la misma longitud, en donde las áreas de superficie se definen en sección transversal en la posición de la boca respectiva de las estructuras de cavidades) dividida por el área superficial total de la parte pertinente del servicio público a prueba de sonido (por ejemplo el lado impactado por ruido del servicio público a prueba de sonido) y expresado como porcentaje, se ha encontrado que se logran buenos resultados si esta porosidad (PL) según la invención asciende a entre el 0,5 % y el 5 %, preferiblemente entre el 0,5 % y el 2 % y todavía más preferiblemente aproximadamente el 1,4 %.

La porosidad total se puede definir como la sección transversal total de las estructuras de cavidades de todas longitudes diferentes (es decir, el sumatorio de todas las áreas de superficie de todas las estructuras de cavidades (por ejemplo tuberías) en la parte pertinente (por ejemplo el lado impactado por ruido) del servicio público a prueba de sonido, en donde las áreas de superficie se definen en sección transversal en la posición de las bocas respectivas de las estructuras de cavidades) dividida por el área superficial total de la parte pertinente del servicio público a prueba de sonido y expresada como porcentaje. Esta porosidad total generalmente debe ser tan grande como sea posible, dependiendo del número de estructuras de cavidades de diferentes longitudes que se disponen en la parte pertinente del servicio público a prueba de sonido. Teóricamente, el número de longitudes diferentes de las estructuras de cavidades no puede ser más de $1/PL$ (por ejemplo $1/0,014 = 71$). En este caso la parte del servicio público a prueba de sonido sería provista de estructuras de cavidades en toda el área superficial, lo que por supuesto no es posible en la práctica. Se deben tener en cuenta estándares estructurales, tales como la distancia mutua mínima entre estructuras de cavidades que se necesita a fin de mantener una construcción fuerte.

Además de servicios públicos a prueba de sonido con un único lado absorbente de sonido, también son posibles servicios públicos a prueba de sonido con dos o más lados absorbentes de sonidos. En determinadas realizaciones el servicio público a prueba de sonido comprende en la posición de uso por ejemplo un primer lado absorbente de sonido erguido dirigido hacia la superficie de traslación, y un segundo lado absorbente de sonido erguido a distancia de la superficie de traslación. En realizaciones adicionales el lado dirigido hacia arriba de la placa es provisto adicionalmente o como alternativa con varias cavidades. Estas cavidades pueden ser formadas por las cavidades de molde indicadas en esta memoria, de modo que tiene lugar absorción de sonido adicional. En otras realizaciones las cavidades sin embargo forman un difractor. Este difractor se configura para difractar el sonido provocado por el tráfico hacia arriba. El difractor puede comprender varias ranuras paralelas de diferentes profundidades dispuestas en el material de placa, como se describe por ejemplo en el documento WO 2015005774 A1, cuyo contenido debe ser considerado como que se incorpora en la presente memoria como total. Cada de las ranuras tiene paredes sustancialmente no absorbentes acústicamente y está libre de material acústicamente absorbente. En una situación donde se disponen a lo largo de la superficie de traslación, los rebajes se disponen como vistos desde la superficie de traslación en varias filas paralelas sucesivas de resonadores, en donde la profundidad de los rebajes disminuye por fila en una dirección que se aleja de la superficie de traslación. Como surcos paralelos colindantes tienen una profundidad decreciente en cada caso desde el lado impactado por ruido de la pantalla en la dirección del lado opuesto de la pantalla, se hace posible realizar una difracción del sonido particularmente buena.

El lado superior del servicio público a prueba de sonido puede además tener una orientación oblicua respecto al lado(s) absorbente(s) de sonido de manera que sea dirigido hacia la superficie de traslación en una situación donde se dispone

a lo largo de la superficie de traslación. El sonido procedente de una fuente de sonido en la superficie de traslación puede en estas realizaciones ser directamente incidente en el lado superior de la pantalla y así en el difractor, de modo que un resulta una buena difracción.

5 Como es usual, el servicio público a prueba de sonido se puede disponer paralelo a la superficie de traslación. Sin embargo también es posible dividir el servicio público a prueba de sonido en varias piezas de pantalla diferentes (cada una que comprenda una o más de dichas placas) y disponer cada una de estas piezas de pantalla oblicuamente respecto a la superficie de traslación. Las piezas de pantalla son sin apoyos y así no se acoplan entre sí (aunque una pieza de pantalla puede consistir per se en varias placas mutuamente acopladas). En realizaciones de la invención el servicio público a prueba de sonido por lo tanto comprende varias placas dispuestas en una fila a lo largo de la superficie de traslación, en donde cada placa se extiende oblicuamente respecto al eje longitudinal de la superficie de traslación. Es posible disponer las piezas de pantalla (placas) de manera que sea posible ver a través de los espacios intermedios entre las piezas de pantalla. Las piezas de pantalla están entonces como si estuvieran orientadas con la dirección de traslación del vehículo. El ángulo (α) entre las placas y el eje longitudinal o el eje de la superficie de traslación preferiblemente se encuentra en un intervalo angular de 5 a 60 grados, preferiblemente un ángulo entre 30 y 50 grados, tal como 45 grados. Las piezas de pantalla se disponen preferiblemente de manera que un campo de sonido incidente en un lado delantero o trasero de una pieza de pantalla se refleja parcialmente por medio de esta pieza de pantalla a respectivamente el lado trasero y delantero de una pieza de pantalla colindante. Cada vez que un campo de sonido es incidente en un lado de la pantalla que adopta una forma absorbente, parte del sonido será además absorbido. En determinadas realizaciones tanto el lado delantero como el lado trasero de las piezas de pantalla adoptan una forma acústicamente absorbente, de modo que el sonido que se refleja en vaivén adelante y atrás desaparece tanto como sea posible por absorción. Esta reflexión de sonido entre dos piezas de pantalla colindantes puede por ejemplo ser realizada si dicho ángulo (α) se encuentra en un intervalo angular determinado y dicha distancia (b) se encuentra en un intervalo de distancias determinado respecto al lado de la superficie de traslación.

25 Además es posible suplementar el servicio público a prueba de sonido según una o más de las realizaciones indicadas en esta memoria con un difractor alargado (por ejemplo construido de varias placas de difracción dispuestas mutuamente en línea) dispuestas a lo largo de la superficie de traslación. El difractor comprende al menos un elemento de difracción para ser dispuesto lateralmente al lado de la superficie de traslación, en donde el elemento de difracción está provisto de un patrón de cavidades o rebajes en la superficie superior del mismo para difractar el ruido de tráfico en una dirección que difiere de la dirección lateral, en donde las cavidades o rebajes tienen paredes acústicamente sustancialmente no absorbentes y están libres de material acústicamente absorbente, en donde la profundidad de los rebajes disminuye, preferiblemente monolíticamente, por fila conforme aumenta la distancia respecto a la superficie de traslación. La porosidad de una placa de difractor, que es definida como el área superficial total de boca de los rebajes dividida por el área superficial superior total de la placa de difracción, asciende aquí a al menos el 10 %, preferiblemente más del 50 % o incluso más del 70 % al 80 %. Se ha encontrado que una difracción particularmente eficaz del campo de sonido incidente desde el vehículo ocurre en estos valores de porosidad y/o en la realización estructural indicada anteriormente del difractor. Como resultado de esta difracción el sonido es difractado hacia arriba en el intervalo de frecuencias pertinente. Esto hace posible dar al lado inferior de los servicios públicos a prueba de sonido una forma más ligera y/o menos cara forma, para no proporcionarla con estructuras de cavidades, o incluso descartarlas completamente. En el último caso es posible ver bajo la pantalla reductora de ruido, y las personas en el vehículo tienen una mejor visión del área circundante. Según una realización determinada, un conjunto está provisto de una estructura de soporte para ser anclada en el suelo y una o más de las placas indicadas anteriormente. La estructura de soporte se encarna de manera que puede disponer las placas a al menos una altura mínima predeterminada por encima del suelo. La estructura de soporte se puede formar por varias columnas que se pueden anclar en el suelo en un lado y pueden soportar las placas en el otro.

En determinadas realizaciones el servicio público a prueba de sonido se fabrica de hormigón. Este puede ser hormigón no armado, por ejemplo en caso de placas relativamente pequeñas, pero en otras realizaciones se hace uso de hormigón armado. La placa de hormigón es provista en estas realizaciones con un refuerzo interno, por ejemplo de acero. El refuerzo por ejemplo puede comprender varias barras de refuerzo paralelas o una malla de refuerzo. En una realización de la invención al menos alguna de las estructuras de cavidades, que se extiende en la placa a diferentes longitudes (l_1 - l_n) desde la boca en la superficie exterior acústicamente dura de la placa, continúan más allá la posición del refuerzo. La longitud (1) de estas estructuras de cavidades es por lo tanto mayor que la distancia (a) entre dicha superficie exterior y el refuerzo. Esto tiene la ventaja de que la placa reforzada todavía puede quedar relativamente delgada, por ejemplo solo ligeramente más gruesa que la longitud de la estructura de cavidad más larga.

55 El sonido generado por el tráfico por las diferentes fuentes de sonido (ruedas, neumáticos, motor térmico, etc.) tiene diferentes intervalos de frecuencias características. Para tráfico de coche o mercancías la absorción tendrá que tener un alto valor principalmente en frecuencias entre 125 Hz y 2000 Hz, mientras que para tráfico de trenes la absorción tiene que ser máxima principalmente entre 125 Hz y 4000 Hz. La porosidad, diámetro y profundidad de las estructuras de cavidades se eligen aquí de modo que absorban sonido particularmente en el intervalo de frecuencias pertinente, por ejemplo entre aproximadamente 400 Hz - 2000 Hz. En una realización preferida de la invención la porosidad, diámetro y profundidad de las estructuras de cavidades se eligen de manera que el coeficiente de absorción de la placa es optimizado en un intervalo de frecuencias más pequeño, por ejemplo entre aproximadamente 550 Hz - 1715

- 5 Hz. Optimizar el coeficiente de absorción entre aproximadamente 550 Hz - 1715 Hz tiene la ventaja de que, como las estructuras de cavidades resuenan no únicamente en frecuencia $\frac{1}{4} \lambda$ (en donde λ es la longitud de onda) sino también a la frecuencia $\frac{3}{4} \lambda$, la frecuencia $\frac{3}{4} \lambda$ de la estructura de cavidad más larga coincide a grosso modo con la frecuencia $\frac{1}{4} \lambda$ de la estructura de cavidad más pequeña. Así también se pueden obtener valores altos para el coeficiente de absorción por encima de la frecuencia de optimización más alta.
- Como se ha descrito anteriormente, el lado exterior del servicio público a prueba de sonido y el lado interior de las estructuras de cavidades se fabrican de material acústicamente duro. Se entiende que esto significa material con un coeficiente de absorción de menos de 0,15, preferiblemente menos de 0,10 y todavía más preferiblemente menos de 0,05 (al menos en el intervalo de frecuencias relacionado).
- 10 Se esclarecerán ventajas, rasgos y detalles adicionales de la presente invención sobre la base de la siguiente descripción de varias realizaciones de la misma. En la descripción se hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:
- la figura 1 muestra una vista superior de una superficie de traslación provista de una pantalla reductora de ruido según una primera realización de la invención;
- 15 la figura 2 muestra una vista superior de una pantalla reductora de ruido alternativa según una segunda realización de la invención, en donde piezas de pantalla se extienden oblicuamente respecto al eje de la superficie de traslación;
- la figura 3 muestra una vista lateral de la superficie de traslación con el servicio público a prueba de sonido según la segunda realización;
- 20 la figura 4A muestra una vista delantera (izquierdo) y vista lateral (derecho) de una (parte de una) pantalla reductora de ruido según una realización de la invención;
- la figura 4B muestra un detalle de la vista delantera de la figura 4A;
- la figura 4C muestra un detalle de una sección transversal a través del servicio público a prueba de sonido de las figuras 4A y 4B;
- 25 la figura 4D muestra un detalle de una sección transversal a través de una pantalla reductora de ruido con absorción de doble lado;
- la figura 5 muestra varias posibles formas de una estructura de cavidad según la invención;
- la figura 6 muestra una vista superior de la realización de la figura 2 con varias piezas de pantalla erguidas en combinación con un difractor acostado colocado a lo largo de la superficie de traslación;
- 30 la figura 7 muestra una vista lateral de una realización adicional, en donde un difractor a lo largo de la superficie de traslación se combina con disposición subida de piezas de pantalla que se extienden oblicuamente respecto al eje de la superficie de traslación;
- la figura 8 muestra una sección transversal a través de una realización adicional de una placa de una pantalla reductora de ruido provista de un difractor en el lado superior;
- 35 la figura 9 muestra una vista en perspectiva parcialmente cortada de una estructura de cavidad que se fabrica con una tubería como elemento de encofrado perdido;
- Las figuras 10A y 10B muestran una vista delantera esquemática de dos realizaciones adicionales de la invención;
- la figura 11 muestra una vista en perspectiva parcialmente cortada de una pantalla reductora de ruido de hormigón provista de un refuerzo y varias estructuras de cavidades según una realización de la invención; y
- 40 la figura 12A muestra una gráfica que representa el coeficiente de absorción como función de la frecuencia de una realización determinada del servicio público a prueba de sonido y la figura 12B muestra una gráfica similar de otra realización del servicio público a prueba de sonido.
- 45 la figura 1 muestra una vista superior de un ejemplo de una superficie de traslación (particularmente un carretera de tráfico 1) sobre la que se trasladan vehículos motorizados (por ejemplo coches de pasajeros 2). Durante la traslación, el vehículo produce varias fuentes de sonido (por aire). Las principales fuentes de sonido son formadas por los neumáticos (ruido de rodadura) y el motor térmico (ruido de motor). El ruido de motor domina a bajas velocidades, y a velocidades más altas el ruido de rodadura de los neumáticos se vuelve mucho más significativo. En otras realizaciones (no se muestra) la superficie de traslación es una vía férrea y el sonido es provocado por un tren desplazándose sobre esta vía férrea. El ruido de vía es provocado principalmente por el ruido de rodadura de la ruedas de la tren o, a velocidades muy altas, por el sonido aerodinámico, por ejemplo el sonido procedente de la pantógrafo.
- 50 Las diferentes fuentes de sonido se sitúan así a diferentes alturas respecto a la superficie de traslación.

Un servicio público a prueba de sonido alargado y erguido, en particular una unidad de apantallamiento de sonido tal como una pantalla reductora de ruido 6, se dispone a lo largo de superficie de traslación 1, por ejemplo paralela al eje longitudinal imaginario 20 de la superficie de traslación (también referida aquí como eje de la superficie de traslación), y a alguna distancia (b) respecto al lado del mismo. El servicio público a prueba de sonido se extiende en una gran longitud y es esencialmente continua. La altura de la pantalla reductora de ruido erguida puede variar: una pantalla reductora de ruido más alta generalmente se aplica a cargas de ruido alto que a cargas de ruido bajo.

En la realización mostrada, el servicio público a prueba de sonido 6 comprende varias placas de hormigón 7, 7', 7" conectadas mutuamente dispuestas mutuamente en línea. Estas placas se fijan directamente en el suelo (o) o se fijan en el mismo indirectamente por medio de un cimiento y/o estructura de soporte. Las placas de hormigón adoptan una forma de absorción en el lado impactado por ruido, es decir, en el lado dirigido hacia la superficie de traslación. El sonido incidente en el servicio público a prueba de sonido es por lo tanto parcialmente reflejado como parcialmente absorbido.

A pesar del hecho de que la pantalla se fabrica de material acústicamente duro (en este caso hormigón), el lado impactado por ruido 3 de la pantalla 6 tiene propiedades absorbentes como resultado de la presencia de un gran número de estructuras de cavidades. Estas estructuras de cavidades no están por sí mismas en principio configuradas para absorber el sonido, sino junto con la superficie reflectante restante de la pantalla forman la superficie absorbente de sonido. La superficie de las estructuras de cavidades y la superficie restante por lo tanto coactúan para absorber el campo de sonido incidente. Las estructuras de cavidades tienen paredes de material acústicamente duro (dado que se formaron de un material acústicamente duro) y además están libres de material acústicamente absorbente. La superficie restante, es decir, la superficie del servicio público a prueba de sonido entre las cavidades, también adopta una forma acústicamente dura (y así no absorbente). En síntesis, las estructuras de cavidades forman resonadores por lo que, en combinación con la superficie restante no absorbente no situada en las cavidades, puede ser parcialmente absorbido sonido alrededor de las frecuencias de resonancia asociadas.

Las figuras 4A-4C muestran un ejemplo de una placa de este tipo de una pantalla reductora de ruido según la realización de la invención. Las figuras muestran que en la superficie del servicio público a prueba de sonido se dispone un gran número de estructuras de cavidades 10. Las estructuras de cavidades tienen una forma sustancialmente alargada (figura 4C) con una sección transversal sustancialmente circular que es constante en su longitud (figuras 4B y 4C). Tales estructuras de cavidades forman juntas varios resonadores para proporcionar un espectro de absorción deseado, en donde la absorción se puede considerar usando un equilibrio de masa justo delante de la superficie absorbente de sonido, las resonancias del medio situado en las estructuras de cavidades y las propiedades viscosas y térmicas del medio. La absorción provocada por una estructura de cavidad determinada depende entre otras cosas de la longitud (1) de la tubería que forma la estructura de cavidad. A fin de poder absorber el campo de sonido incidente en un espectro de absorción relativamente alto, se aplican tuberías de diferentes longitudes, en donde cada tubería de una longitud determinada es adecuada para absorber un intervalo de frecuencias relativamente estrecho.

En una realización determinada el lado absorbente del servicio público a prueba de sonido se divide en un gran número de áreas características 5 (mostradas con una línea de trazos en la figura 4B). Las áreas 5 pueden tener cada una la misma área superficial, aunque también son posibles áreas de superficie variables. La porosidad por ejemplo tiene que disminuir para ondas sonoras incidentes oblicuamente. Como en pantallas reductoras de ruido más altas el ángulo de las ondas sonoras incidentes es mayor en posiciones más altas (y así es incidente más oblicuamente), se puede optar por una porosidad más baja en posiciones más altas. En cada área se dispone una colección de estructuras de cavidades, cada que tiene una longitud diferente. En la realización mostrada en la figura 4B en cada área se disponen 16 estructuras de cavidades, aunque en otras realizaciones este número puede ser más grande o más pequeño. Cada una de las estructuras de cavidades es así adecuada para absorción en su propio intervalo de frecuencias asociado. Las estructuras de cavidades en un área determinada 5 proporcionan así juntas una absorción de banda relativamente ancha. El patrón de estructuras de cavidades en el área 5 puede ser repetido en las otras áreas de las que se compone la superficie absorbente de sonido del servicio público a prueba de sonido, y así realizar una absorción de banda ancha distribuida uniformemente en el lado impactado por ruido del servicio público a prueba de sonido.

Si el número de tuberías es por ejemplo igual a 16, el radio de las tuberías (cilíndricas) es igual a 5,5 mm y las longitudes (f con $i=1-16$) de las tuberías respectivas son iguales a 47, 50, 53, 56, 60, 64, 68, 73, 78, 85, 91, 99, 108, 119, 131 y 145 mm, el área característica por ejemplo se convierte en un área cuadrada de aproximadamente $85 \times 85 \text{ mm}^2$. Esta área característica cuadrada se puede repetir en toda la superficie del servicio público a prueba de sonido, o una parte de la misma. Con esta elección de longitudes y radios de las tuberías, la distancia entre las tuberías subyacentes es de aproximadamente 1 cm. Esto significa que cuando el servicio público a prueba de sonido se fabrica de por ejemplo hormigón, las paredes entre las diferentes tuberías son suficientemente gruesas como para permitir una construcción estructuralmente fuerte. La figura 12A muestra una gráfica con el coeficiente de absorción de esta realización como función de la frecuencia. La gráfica muestra claramente los picos de resonancia de longitud de onda de cuarto corto y los picos de resonancia de longitud de onda tres cuartos provocados por cada una de las estructuras de cavidades de esta realización. Como se desprende de la gráfica, un coeficiente de absorción relativamente alto se realiza en un espectro relativamente ancho.

Si el número de tuberías es por ejemplo igual a 25, el radio de las tuberías (cilíndricas) es igual a 7 mm y las longitudes (l_i con $i=1-25$) de las tuberías respectivas son iguales a 45, 47, 49, 51, 53, 55, 58, 60, 63, 66, 69, 72, 76, 79, 83, 88,

92, 97, 103, 109, 115, 122, 129, 137 y 144 mm, el área característica por ejemplo se convierte en un área cuadrada de aproximadamente 120x120 mm² (porosidad aproximadamente 27 %). Esta área característica cuadrada se puede repetir en toda la superficie del servicio público a prueba de sonido, o una parte de la misma. Con esta elección de longitudes y radios de las tuberías, la distancia entre las tuberías subyacentes es una vez más aproximadamente 1 cm, de modo que se obtiene una fuerte pantalla reductora de ruido. La figura 12B muestra una gráfica con el coeficiente de absorción de esta realización como función de la frecuencia. La gráfica muestra claramente los picos de resonancia de longitud de onda de cuarto corto y los picos de resonancia de longitud de onda tres cuartos provocados por cada una de las estructuras de cavidades de esta realización. Como se desprende de la gráfica, en esta realización también se realiza un coeficiente de absorción relativamente alto en un espectro de frecuencia relativamente ancho.

En una realización determinada el coeficiente de absorción del servicio público a prueba de sonido se optimiza como función de la frecuencia, es decir, la adición de absorciones individuales de las estructuras de cavidades del servicio público a prueba de sonido, en un intervalo de frecuencias entre aproximadamente 550 Hz y 1715 Hz. La optimización de la absorción dentro de este intervalo de frecuencias tiene la ventaja de que, como las tuberías resuenan no únicamente a $\frac{1}{4} \lambda$ sino también a $\frac{3}{4} \lambda$ la frecuencia de $\frac{3}{4} \lambda$ de la tubería más grande a grosso modo coincide con la frecuencia de $\frac{1}{4}$ longitud de onda de la tubería más pequeña. Las tuberías actúan así el doble en la absorción del sonido que viene. Esto significa que se pueden obtener valores de absorción relativamente altos, tales como más allá de la frecuencia de optimización más alta (es decir, por encima de 1715 Hz).

El servicio público a prueba de sonido se puede proporcionar en un lado erguido con dichas estructuras de cavidades, como se muestra por ejemplo en la figura 4C. En otras realizaciones, una de las cuales se muestra en la figura 4D, el servicio público a prueba de sonido también puede estar provisto de estructuras de cavidades en dos o más lados. Esta realización de otro modo puede ser la misma que la de las figuras 4A y 4B, por ejemplo en esa que se proporciona con una base ensanchada. En determinadas realizaciones la pantalla adopta una forma de doble lado, es decir, está provista de las estructuras de cavidades en los dos lados erguidos situados opuestos entre sí, de modo que hay absorción de sonido en ambos lados. En una realización preferida las longitudes de las estructuras de cavidades se ajustan entre sí en ambos lados del servicio público a prueba de sonido. Estructuras de cavidades relativamente largas en un primer lado de la pantalla se pueden posicionar estructuras de cavidades opuestas relativamente cortas en un segundo lado opuesto de la pantalla y viceversa. Esto es posible porque la distribución de longitudes es en principio la misma en ambos lados. De esta manera se puede realizar una construcción particularmente ligera que absorbe en ambos lados erguidos. Esta construcción requiere además únicamente un cimiento simple porque la carga eólica disminuye.

La figura 4A muestra que el servicio público a prueba de sonido está provisto en el lado inferior con una base ensanchada 20. Si el servicio público a prueba de sonido se fabrica por ejemplo de hormigón, esta base 20 se puede comoldear al mismo tiempo que el proceso de fabricación. La base y el resto del servicio público a prueba de sonido en ambos casos forman un conjunto monolítico. La placa adopta una forma autosoportada en estas realizaciones, de modo que puede permanecer en el sitio en el suelo (o) de manera estable y sin medios técnicos adicionales de soporte. Esto permite una colocación rápida y simple del servicio público a prueba de sonido, que tiene un efecto positivo en el coste total de realizar el servicio público a prueba de sonido. Además por ejemplo es posible hacer paredes divisorias absorbentes de sonido (preferiblemente provistas de absorción de doble lado por medio de estructuras de cavidades en ambos lados impactados por ruido, como se muestra en la figura 4D) entre dos carriles de tráfico, dichas paredes son más ligeras y requieren menos material que las paredes divisorias existentes de hormigón sólido y además absorben una parte adicional del sonido.

En otras realizaciones (no se muestran en las figuras) las placas se sujetan a una estructura de soporte separada. La estructura de soporte puede consistir por ejemplo en varios postes de soporte dispuestos a distancias mutuas regulares en el suelo. El lado trasero de las placas se dispone contra estos postes de soporte y se acopla a los mismos de modo que se crea un conjunto estable. En realizaciones adicionales el servicio público a prueba de sonido consiste en placas con dimensiones limitadas que se pueden disponer contra una pantalla reductora de ruido ya existente. Una pantalla reductora de ruido existente, por ejemplo del tipo solamente reflectante, se convierte de esta manera en una pantalla reductora de ruido de tipo absorbente.

La figura 9 muestra una realización adicional de la invención, en donde la estructura de cavidad se forma por una tubería de plástico 21 que se ha quedado en el material de la placa 7 como encofrado perdido. En caso de una pantalla reductora de ruido que consiste en placas de hormigón, estas placas de hormigón se fabrican vertiendo hormigón líquido en un molde, es posible proporcionar al molde un gran número de dichas tuberías de plástico 21. Las tuberías de plástico son de longitud adecuada (correspondiente a la longitud de la estructura de cavidad deseada) y se disponen en posiciones adecuadas, de modo que se puede realizar una placa con la propiedades de absorción deseadas en una operación tras rellenar el molde con hormigón líquido y curado del mismo. Las tuberías de plástico se pueden retirar de la placa después del proceso de fabricación, pero preferiblemente pueden quedarse en el material. Si las tuberías de plástico son suficientemente acústicamente duras, las cavidades formadas también pueden funcionar como estructuras de cavidades absorbentes de sonido cuando las tuberías se han quedado. En realizaciones en las que es deseable retirar las tuberías, preferiblemente tienen una forma de liberación, por ejemplo la forma de un cono truncado 23 (figura 5), de manera que las tuberías todavía pueden ser extraídas después del material de la pantalla.

Las estructuras de cavidades pueden tener una sección transversal constante en la longitud de las mismas, pero en

5 otras realizaciones la sección transversal aumenta conforme aumenta la distancia desde la boca al extremo exterior de la estructura de cavidad. Estas formas son liberables y así a menudo se usan si las tuberías tienen que ser extraídas del material de placa de nuevo en el final de la fabricación. Las estructuras de cavidades además pueden tener diversas formas en sección transversal, incluidas una sección transversal sustancialmente circular 24, ovalada 25, rectangular 26, 28 o triangular 27, como se muestra en la figura 5.

10 La figura 10A muestra una vista de una pantalla reductora de ruido en donde la sección transversal promedio de estructuras de cavidades 28 en posiciones relativamente altas respecto al suelo (o) es menor que la sección transversal promedio de estructuras de cavidades 29 en las posiciones bajas. El ángulo de incidencia es generalmente mayor para posiciones más altas. Esto significa que la porosidad tiene que ser más baja. Una porosidad más baja se puede realizar por ejemplo mediante un diámetro más pequeño de las cavidades mientras la distancia entre las cavidades sigue siendo la misma, el mismo diámetro mientras la distancia entre las cavidades se hace mayor y/o diversos tubos de un mayor número de longitudes. Lo que a menudo se recomienda con respecto a la simplicidad es que la distancia entre cavidades siga siendo la misma y cavidades tengan un diámetro más pequeño, como se muestra en la figura 10. Una absorción de sonido general todavía más mejorada se puede obtener de esta manera. La figura 15 10B muestra una pantalla reductora de ruido similar a la figura 10A. En esta realización las filas de estructuras de cavidades están desplazadas alternadamente relativamente entre sí (en aproximadamente la mitad de la distancia intermedia entre estructuras de cavidades colindantes). Esto hace posible lograr más estructuras de cavidades y así una porosidad más alta mientras los estándares estructurales siguen siendo los mismos.

20 La figura 2 muestra una realización en donde las placas del servicio público a prueba de sonido no están colocadas sustancialmente paralelas a lo largo de la superficie de traslación (tales como la situaciones en la figura 1), sino oblicuamente respecto al eje longitudinal 20 de la superficie de traslación. En la realización mostrada se disponen varias placas 7, 7', 7" a alguna distancia mutua (M) relativamente entre sí. En otras realizaciones, grupos de dos o más placas absorbentes de sonido colocadas una detrás de otra se disponen oblicuamente respecto al eje longitudinal 20. Las placas 7-7" se colocan una detrás de otra de manera que resulta una fila de placas absorbentes de sonido. El 25 ángulo (α) entre el eje longitudinal 20 de la superficie de traslación y las placas respectiva puede variar, por ejemplo entre 30 y 50 grados. En la realización mostrada el ángulo es igual a aproximadamente 45 grados.

30 En la figura 2 se muestra además cómo el sonido procedente del coche 2, por ejemplo ruido de motor térmico y/o de neumáticos, es transmitido en la dirección P_1 al lado trasero de una placa 7' del servicio público a prueba de sonido. El sonido se refleja en el lado trasero absorbente de sonido 9 de la placa 7' y es enviado en la dirección P_2 de una placa absorbente adicional 7". El campo de sonido incidente es al menos parcialmente absorbido por el lado absorbente 8 de esta placa 7". El resto del sonido es reflejado y desaparece en la dirección adicional P_3 . La calidad de absorción de la segunda placa absorbente 7" y la pérdida como resultado de la reflexión contra la primera placa 7' determina en 35 última instancia cuánto sonido desaparece en la dirección P_3 . Una ventaja de esta realización es que el conductor de la fuente de sonido que pasa puede mirar a través del servicio público a prueba de sonido y mantiene una vista de sus alrededores. Al proporcionar a la pantalla en ambos lados erguidos con las estructuras de cavidades definidas en esta memoria, la absorción total del servicio público a prueba de sonido se puede aumentar respecto a realizaciones en las que únicamente uno lado erguido del servicio público a prueba de sonido está provisto de dichas estructuras de cavidades. Una ventaja adicional de la colocación oblicua de las placas del servicio público a prueba de sonido es por 40 lo tanto que se puede hacer uso tanto del lado delantero como del lado trasero de las placas, lo que puede aumentar la absorción de sonido y de ese modo el efecto de apantallamiento de sonido de toda la pantalla reductora de ruido.

Como ya se ha indicado anteriormente, en una realización adicional (no se muestra) el lado opuesto (trasero) 9 de cada una de las placas 7-7' no está provisto de un lado absorbente (debido a la presencia de estructuras de cavidades). En esta realización el sonido también puede ser absorbido por las placas, aunque esto sucede únicamente en un único lado de la placa en cuestión.

45 La figura 6 muestra incluso otra realización de la invención. Esta realización se basa en la realización mostrada en la figura 2, es decir, la realización en donde el servicio público a prueba de sonido consiste en varias piezas dispuestas oblicuamente respecto al eje longitudinal de la superficie de traslación. Sin embargo también es posible aplicar la realización de la figura 6 a la realización mostrada en la figura 1, es decir, la realización en donde el servicio público a prueba de sonido consiste en una fila larga de piezas colocadas una detrás de otra. La figura 6 muestra que una tira 50 alargada 35 de placas de difractor 36, 36' colocadas una detrás de otra se dispone sobre el suelo (o) en el cuneta entre el servicio público a prueba de sonido y la superficie de traslación. Se disponen placas de difractor 36 en el suelo de manera que el lado superior de las placas de difractor 36, 36' se posa a grosso modo a la misma altura que el lado superior del suelo. Las placas de difractor 36 consisten en varias ranuras paralelas de diferente profundidad dispuestas adyacentes entre sí. Las ranuras forman resonadores con frecuencias de resonancia en el intervalo de las frecuencias del sonido que va a ser difractado, particularmente frecuencias alrededor de aproximadamente 1 kHz. Las ranuras se encarnan como cavidades con paredes que son sustancialmente no absorbentes y además están libres de material acústicamente absorbente en absoluto. Las placas aseguran que el sonido procedente de la fuente de sonido (por ejemplo coche 2) es difractado en la dirección que difiere de la dirección lateral. En otras palabras, el sonido que se propaga a lo largo del lado superior de la placa de difractor es difractado hacia arriba. De otro modo no es el caso de 60 que sea únicamente posible disponer una fila de placas de difractor adyacentes al servicio público a prueba de sonido. En realizaciones adicionales placas de difractor adicionales (opcionales) (mostradas con líneas discontinuas en la

figura 6) se disponen adyacentes a la fila de placas de difractor 36, 36' a fin de difractar el sonido que se propaga a través de las aberturas entre las piezas de pantalla reductora de ruido hacia arriba.

En la realización de la figura 7 se muestra cómo puede ser difractado el sonido hacia arriba. Esta realización corresponde en gran medida a la de la figura 6, con la diferencia de que las placas 37 se colocan a una distancia (h) por encima del suelo (o), por ejemplo disponiéndolas sobre una estructura de soporte (patas) separada. El sonido procedente del coche es transmitido a los resonadores en el difractor (dirección P_4). Dependiendo de la longitud de onda del sonido, este sonido es difractado hacia arriba (dirección P_5) por un resonador asociado semejante a ranuras 37. El sonido llega así a la sección inferior de la placa 37 y ahí es absorbido por las cavidades de molde. Así nada o únicamente muy poco sonido será incidente en un área desde el suelo hasta la altura mínima H. El servicio público a prueba de sonido así no tiene que estar provisto en el lado inferior con una capa absorbente de sonido o, como en la realización mostrada en la figura 6, el servicio público a prueba de sonido puede ser descartado totalmente en el lado inferior. La construcción global del servicio público a prueba de sonido por la presente se vuelve más ligera, y el tráfico en la superficie de traslación tiene una vista de sus alrededores por medio del lado inferior del servicio público a prueba de sonido. Para detalles adicionales del difractor y placas de difractor indicados en esta memoria se hace referencia a la solicitud de patente internacional WO 2015005774 A1 del solicitante, cuyo contenido debe considerarse incorporado en la presente memoria como conjunto.

La figura 8 muestra una realización adicional de la invención, en donde el lado superior de placa 17, que se proporciona al menos en el lado delantero 18 con estructuras de cavidades absorbentes (pero en algunas realizaciones también está provisto con tales estructuras de cavidades en el lado trasero), de manera semejante tiene disposiciones especiales en la superficie superior 30. La superficie superior del servicio público a prueba de sonido se extiende oblicuamente respecto al lado erguido 8 y de ese modo respecto al suelo durante el uso. El ángulo de inclinación (β), como se muestra en la figura 8, se escoge aquí de manera que el sonido transportado desde la fuente de sonido en la superficie de traslación al lado superior de la pantalla puede ser difractado por varios difractores 31 proporcionados en la superficie superior 30. Los difractores por ejemplo pueden componerse de varias ranuras alargadas y paralelas de resonador 32. El ángulo β generalmente tendrá que ser mayor cuando la distancia entre la superficie de traslación y el servicio público a prueba de sonido sea pequeña que cuando esta distancia sea grande. Para detalles adicionales de tales difractores se hace referencia a la publicación de patente WO 2015005774A1 indicada anteriormente.

Los difractores 31 en el lado superior del servicio público a prueba de sonido consisten en ranuras 32 que se extienden en dirección longitudinal del servicio público a prueba de sonido. Justo como las ranuras en las placas de difractor 36, 36' indicadas anteriormente, estas ranuras 32 se fabrican de material acústicamente duro y además adoptan una forma sustancialmente vacía, o al menos no se dispone material acústicamente absorbente en el mismo. La profundidad (longitud) de la ranura de difractor 32 disminuye en cada caso desde el lado visible (lado 8) del servicio público a prueba de sonido en la dirección del lado trasero. La boca de cada una de las ranuras de difractor 32 se sitúa en cada caso a mayor altura que la boca de la ranura de difractor anterior. Las profundidades de las ranuras de difractor preferiblemente disminuyen monóticamente, aunque en otras realizaciones puede ocurrir alguna variación en profundidad. El sonido transportado a lo largo del lado superior del servicio público a prueba de sonido es difractado hacia arriba como resultado de la presencia del difractor 31, de modo que el efecto de apantallamiento de sonido del servicio público a prueba de sonido se aumenta todavía además.

La figura 11 muestra una realización adicional de la invención, en donde el servicio público a prueba de sonido se fabrica de hormigón armado. Esta pantalla reductora de ruido comprende así un refuerzo 44 conocido per se, este refuerzo por ejemplo consiste en una celosía de metal. El refuerzo se dispone por ejemplo en el centro de la placa, pero también se puede disponer más cerca del lado delantero o el lado trasero en otras realizaciones. Las estructuras de cavidades 45 en esta realización se disponen de manera que al menos una parte de las estructuras de cavidades se puede extender más allá de la posición de refuerzo 44 (como se indica con líneas discontinuas 46). Por lo tanto, o bien no se sitúan estructuras de cavidades en la posición del refuerzo, o bien únicamente un grupo de estructuras de cavidades con una longitud relativamente corta. Esto hace posible por un lado reforzar la placa, pero por otro usar casi todo el grosor de la placa para proporcionar estructuras de cavidades en la misma. Esto de otro modo se aplica no únicamente a realizaciones en donde las estructuras de cavidades se extienden en únicamente un lado (lado visible) del servicio público a prueba de sonido, sino también a las realizaciones indicadas anteriormente en donde las estructuras de cavidades se proporcionan en ambos lados (y la pantalla así es absorbente en ambos lados).

La presente invención no se limita a las realizaciones de la misma descritas en esta memoria. El alcance de protección es definido por las reivindicaciones anexas, dentro de cuyo alcance se pueden concebir numerosas modificaciones.

REIVINDICACIONES

1. Servicio público a prueba de sonido (6), en particular una unidad de apantallamiento de sonido, configurada para limitar, al menos para un intervalo de frecuencias determinado, la emisión lateral de sonido en el aire provocado por tráfico motorizado de carretera, el servicio público a prueba de sonido comprende una placa (7, 17, 37) con una superficie exterior acústicamente dura, en donde la placa comprende al menos un lado absorbente de sonido (8), en donde el lado absorbente de sonido tiene una pluralidad de estructuras de cavidades alargadas (10, 28, 29, 45) dispuestas en la placa y que desembocan en la superficie exterior dura, y con frecuencias de resonancia en el intervalo de frecuencias determinado, para absorber al menos parcialmente el sonido incidente en el lado absorbente de sonido, en donde la placa adopta una forma monolítica, en donde la superficie interior de cada una de las estructuras de cavidades se fabrica de material acústicamente duro y en donde las estructuras de cavidades están libres de material acústicamente absorbente y se agrupan en diferentes grupos distribuidos sobre el lado de la placa, en donde las estructuras de cavidades tienen longitudes mutuamente variables (l_1 - l_n) dentro de cada grupo y en donde la porosidad (PL) de la placa, definida como el sumatorio de todas áreas de superficie de las estructuras de cavidades de la misma longitud dividido por el área superficial total de la placa, asciende a entre el 0,5% y el 5 %.
2. Servicio público a prueba de sonido (6) según la reivindicación 1, en donde la porosidad (PL) de la placa asciende a entre el 0,5% y el 2 %, todavía más preferiblemente aproximadamente el 1,4%.
3. Servicio público a prueba de sonido (6) según la reivindicación 1 o 2, en donde las estructuras de cavidades se forman mediante cavidades tubulares alargadas con una forma sustancialmente de liberación, y preferiblemente tienen una forma cónica, en donde las cavidades tubulares preferiblemente se extienden perpendicularmente del lado absorbente.
4. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las estructuras de cavidades se proporcionan en ambos lados opuestos y erguidos de la placa, en donde las longitudes de las estructuras de cavidades en ambos lados del servicio público a prueba de sonido se ajustan preferiblemente entre sí y/o en donde estructuras de cavidades relativamente largas en un primer lado de la placa se posicionan opuestas a estructuras de cavidades relativamente cortas en un segundo lado opuesto de la placa y viceversa.
5. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un primer lado absorbente de sonido erguido y un segundo lado absorbente de sonido erguido opuesto y/o que comprende varias placas configuradas para ser montadas sobre una estructura de soporte, por ejemplo una pantalla reductora de ruido existente, anclada en el suelo.
6. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la distribución de las estructuras de cavidades varía al menos parcialmente en la altura de un lado absorbente de sonido erguido.
7. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el servicio público a prueba de sonido es una pantalla reductora de ruido que se puede anclar en el suelo, en donde el lado impactado por ruido de la pantalla reductora de ruido tiene un área inferior y un área superior respecto al suelo y en donde la porosidad de las estructuras de cavidades en el área superior es más baja que la porosidad de las estructuras de cavidades en el área inferior.
8. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la sección transversal promedio de las estructuras de cavidades en posiciones altas respecto al suelo es sustancialmente más pequeña que la sección transversal promedio de las estructuras de cavidades en posiciones bajas.
9. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el lado de la placa dirigido hacia arriba respecto al suelo está provisto de varias cavidades configuradas para difractar y/o absorber el sonido provocado por el tráfico, en donde las cavidades son difractores y las cavidades se forman mediante uno o más rebajes alargados paralelos en la superficie superior de la placa, en donde cada uno de los rebajes tiene paredes sustancialmente no absorbentes acústicamente y está libre de material acústicamente absorbente y/o en donde, en una situación donde se disponen a lo largo de la superficie de traslación, los rebajes se disponen como vistos desde la superficie de traslación en varias filas paralelas sucesivas de resonadores, en donde la profundidad de los rebajes disminuye por fila en una dirección que se aleja de la superficie de traslación y/o en donde la porosidad, diámetro y longitud de las estructuras de cavidades se encarnan para absorber sonido en el intervalo de frecuencias de aproximadamente 400 Hz - 2000 Hz y/o en donde la porosidad, diámetro y longitud de las estructuras de cavidades se encarnan para optimizar el coeficiente de absorción de la placa en un intervalo de frecuencias entre aproximadamente 550 Hz - 1715 Hz y/o en donde la superficie exterior acústicamente dura tiene un coeficiente de absorción de menos de 0,15, preferiblemente menos de 0,10 y todavía más preferiblemente menos de 0,05.
10. Servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la placa (17) comprende un lado delantero erguido absorbente de sonido (18) y un lado superior (30) que se extiende oblicuamente con respecto al lado delantero erguido (18), el lado superior que comprende varios difractores (31), los difractores preferiblemente comprenden varias ranuras de resonador alargadas y paralelas (32).

- 5 11. Conjunto de un servicio público a prueba de sonido (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un difractor dispuesto o para ser dispuesto a lo largo de una superficie de traslación en una posición entre la superficie de traslación y el servicio público a prueba de sonido, el difractor comprende al menos un elemento de difracción para ser dispuesto lateralmente al lado de la superficie de traslación, en donde el elemento de difracción está provisto de un patrón de rebajes en la superficie superior del mismo para difractar el ruido de tráfico en una dirección que difiere de la dirección lateral, en donde los rebajes tienen paredes sustancialmente no absorbentes acústicamente y están libres de material acústicamente absorbente, en donde la profundidad de los rebajes disminuye, preferiblemente monolíticamente, por fila conforme aumenta la distancia respecto a la superficie de traslación.
- 10 12. Conjunto según la reivindicación 11, que comprende una estructura de soporte para ser anclada en el suelo y configurada para disponer la una o más placas a al menos una altura mínima predeterminada por encima del suelo, en donde el espacio entre el lado inferior de la placa y el suelo preferiblemente es sustancialmente transparente y/o en donde la placa se fabrica de hormigón, preferiblemente hormigón armado, en donde las estructuras de cavidades se extienden preferiblemente en la placa a diferentes longitudes (l_1 - l_n) desde la boca en la superficie exterior acústicamente dura de la placa, en donde al menos una de estas longitudes es mayor que la distancia (a) entre dicha superficie exterior y el refuerzo.
- 15 13. Superficie de traslación (1) proporcionada con al menos un servicio público a prueba de sonido (6) o conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie de traslación es por ejemplo una vía férrea o una autovía.
- 20 14. Superficie de traslación según la reivindicación 13, en donde la superficie de traslación (10) define un eje longitudinal (20) y en donde una o más de las placas (7, 7', 7'') se disponen en una fila a lo largo de la superficie de traslación y colocadas una detrás de otra, en donde cada placa se extiende oblicuamente respecto al eje longitudinal de la superficie de traslación, en donde las placas se extienden preferiblemente en un ángulo (α) respecto al eje longitudinal, el ángulo (α) se encuentra en un intervalo angular de 5 a 60 grados, preferiblemente un ángulo entre 30 y 50 grados.
- 25 15. Superficie de traslación según la reivindicación 13 o 14, en donde el lado superior (30) de la placa (17) tiene una orientación oblicua respecto al lado(s) absorbente(s) de sonido (18) de manera que es dirigido hacia la superficie de traslación en una situación donde se dispone a lo largo de la superficie de traslación.

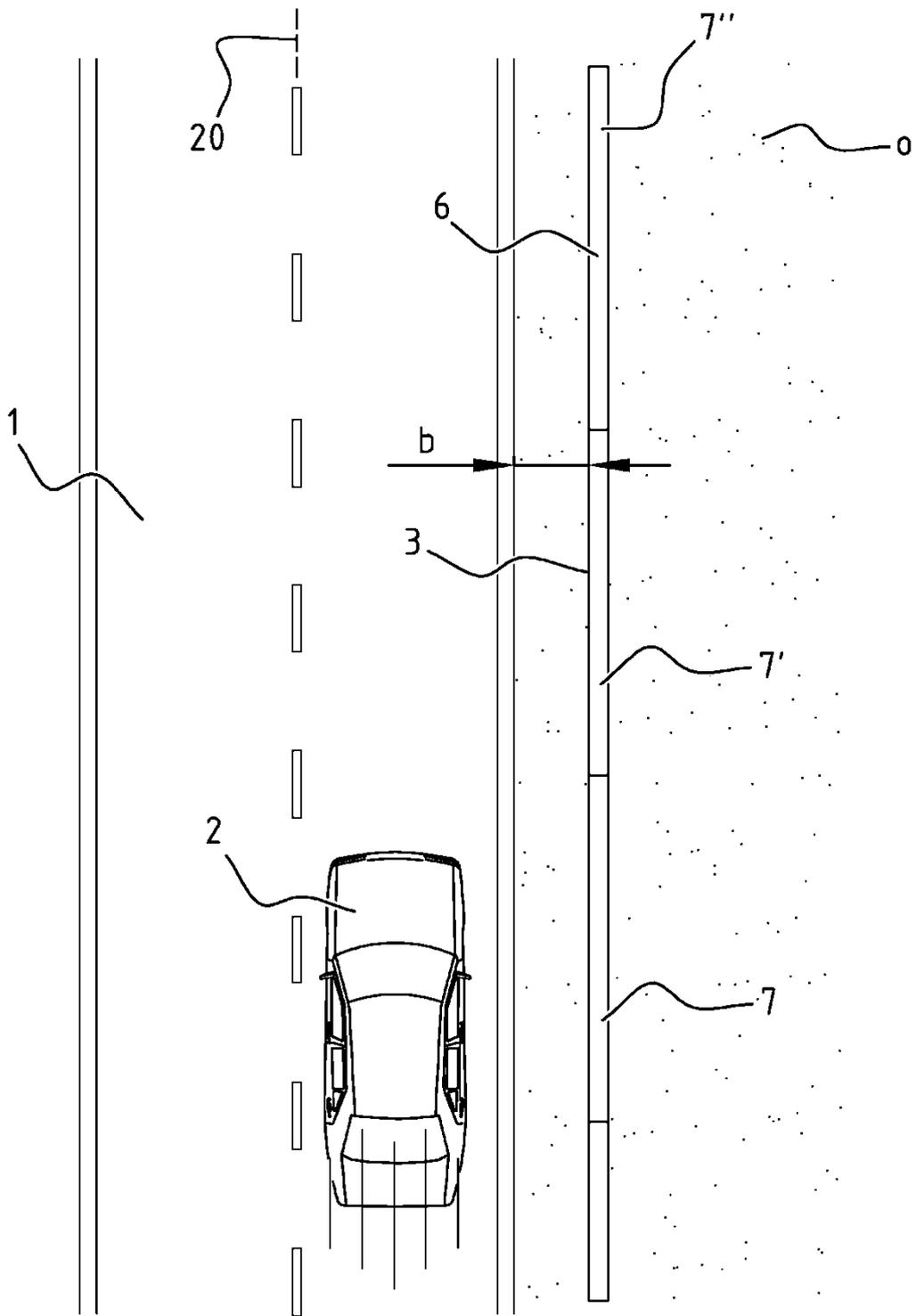


FIG. 1

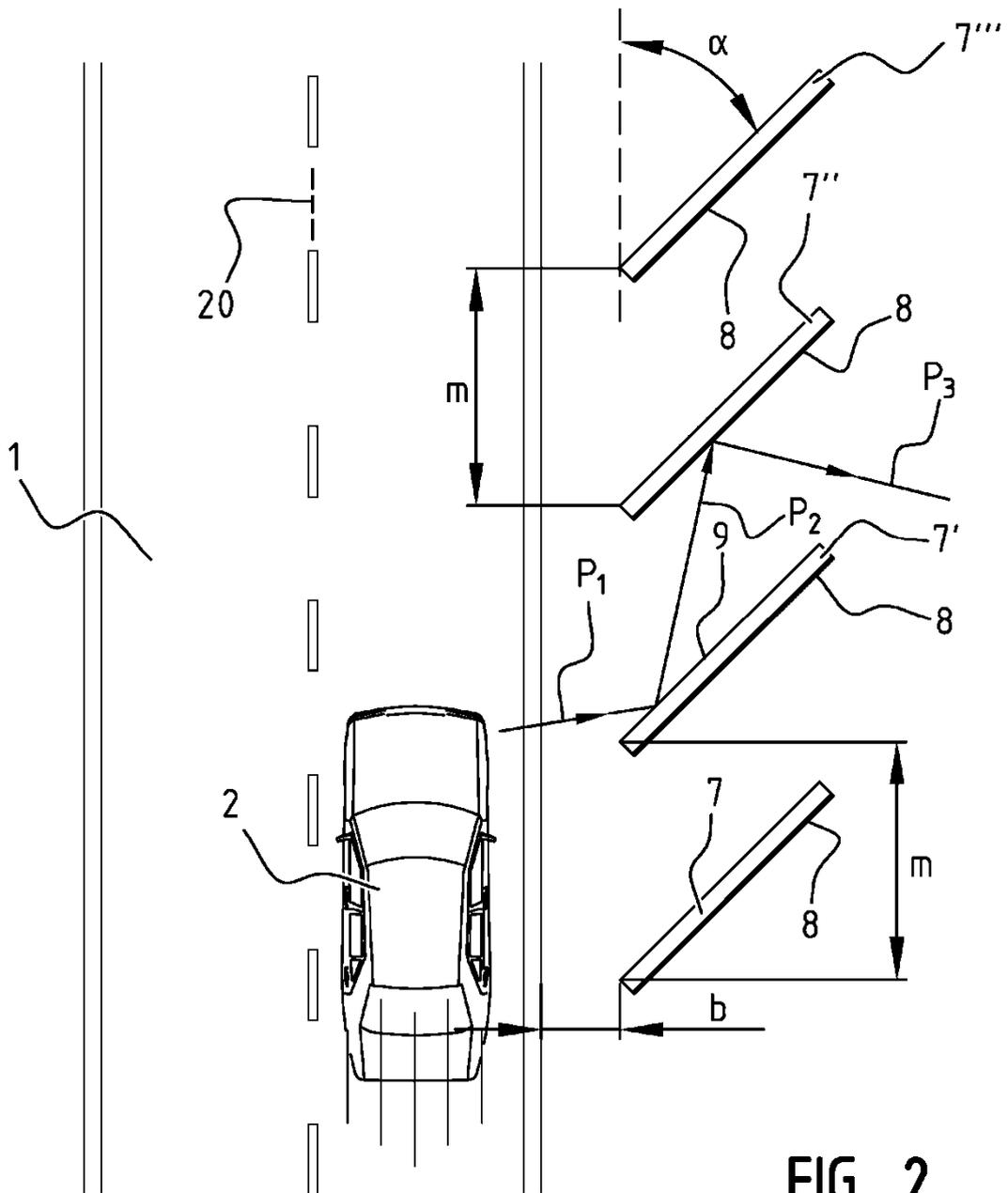


FIG. 2

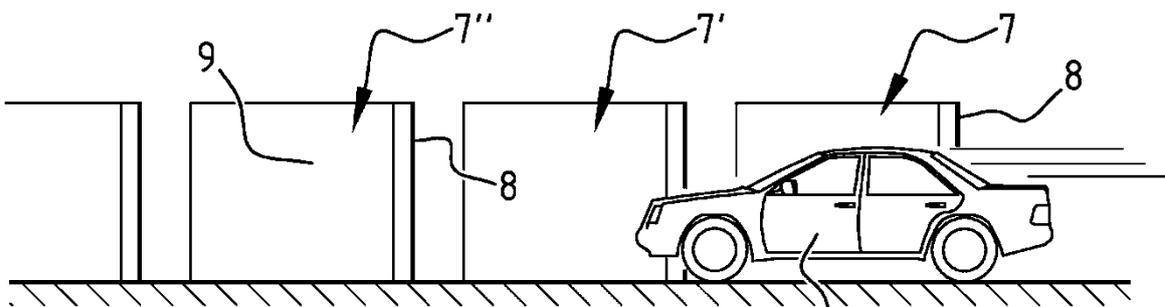
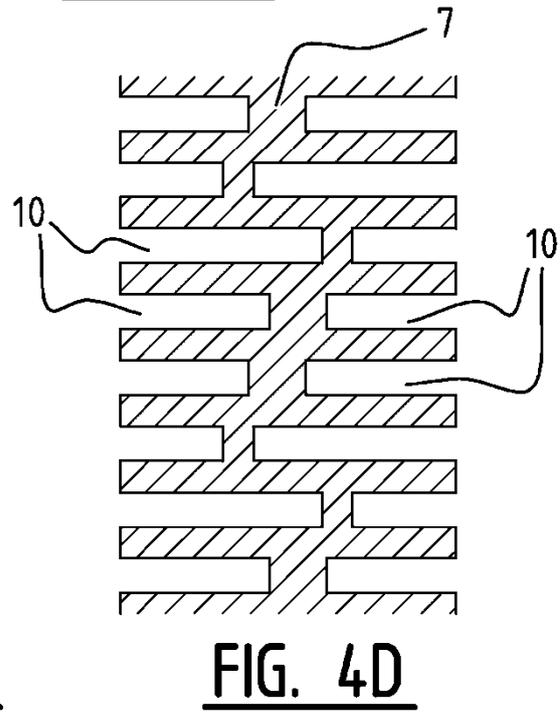
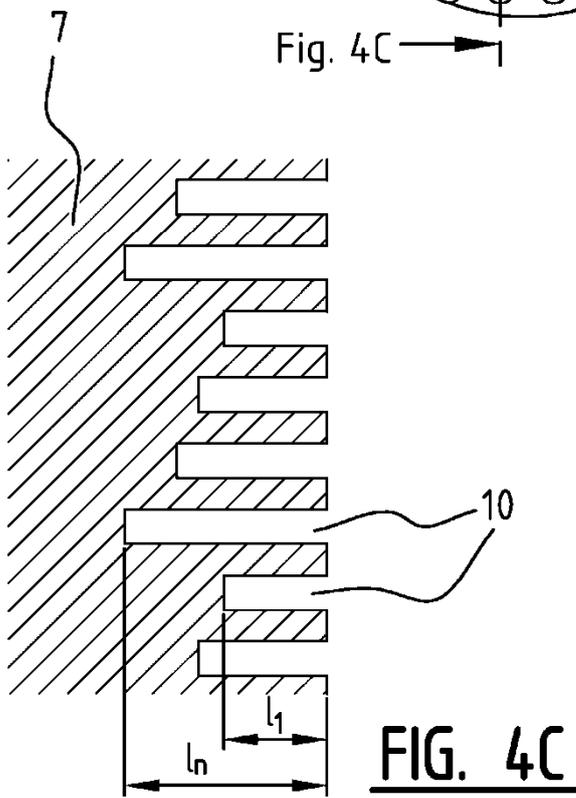
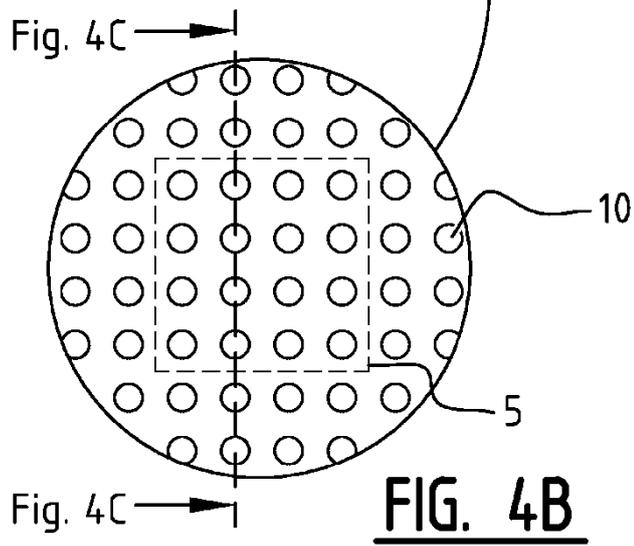
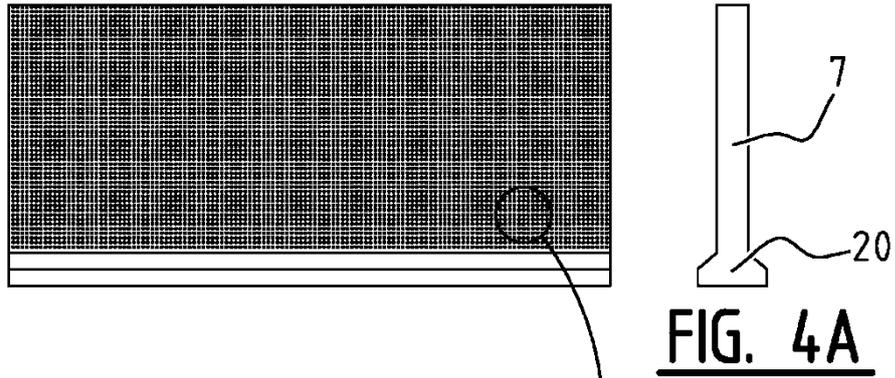


FIG. 3



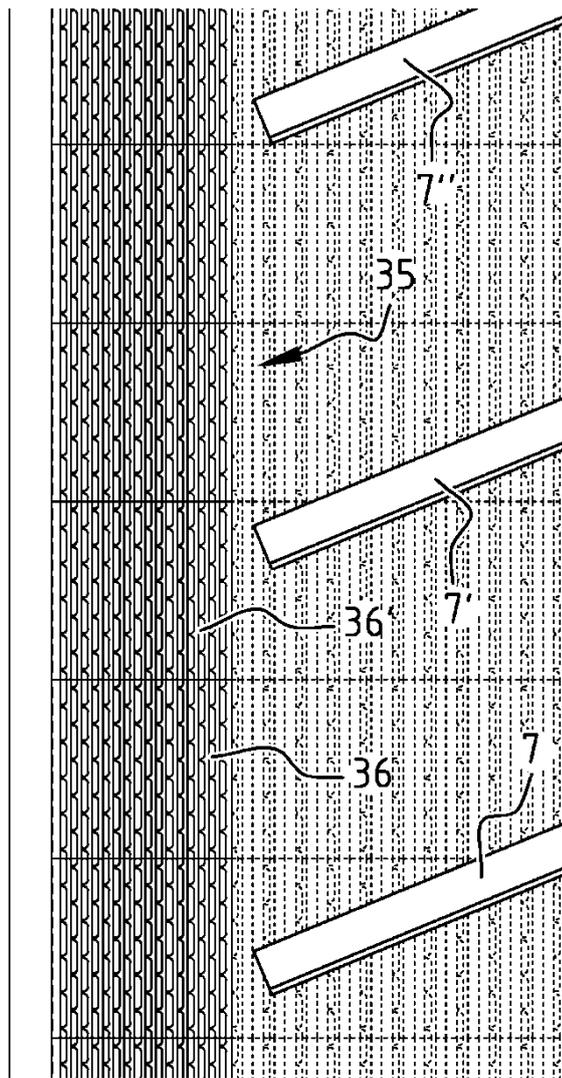
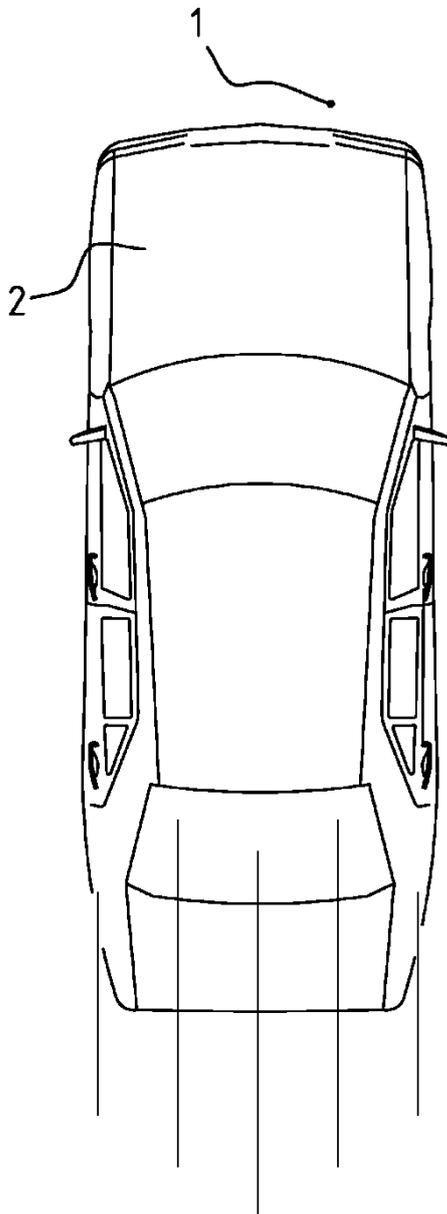
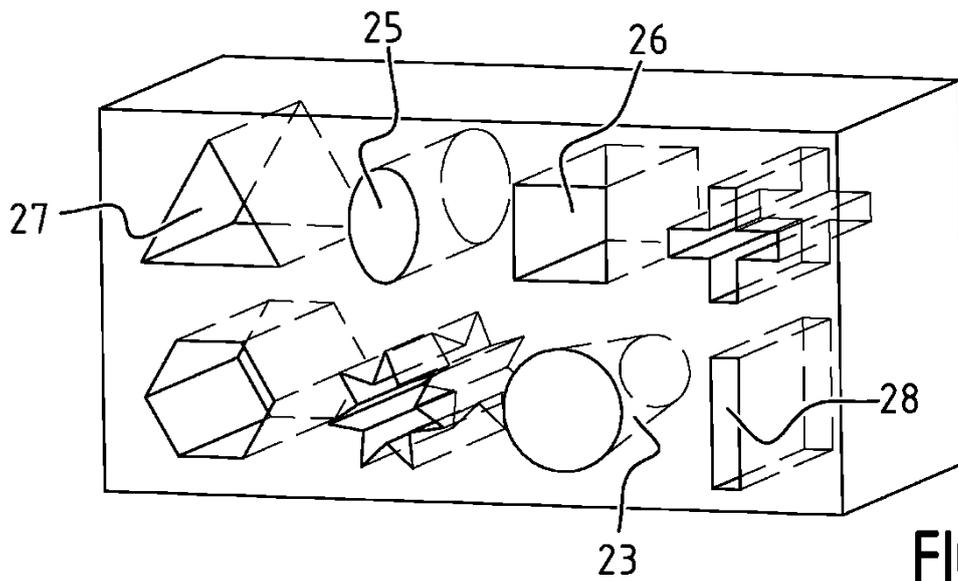


FIG. 6

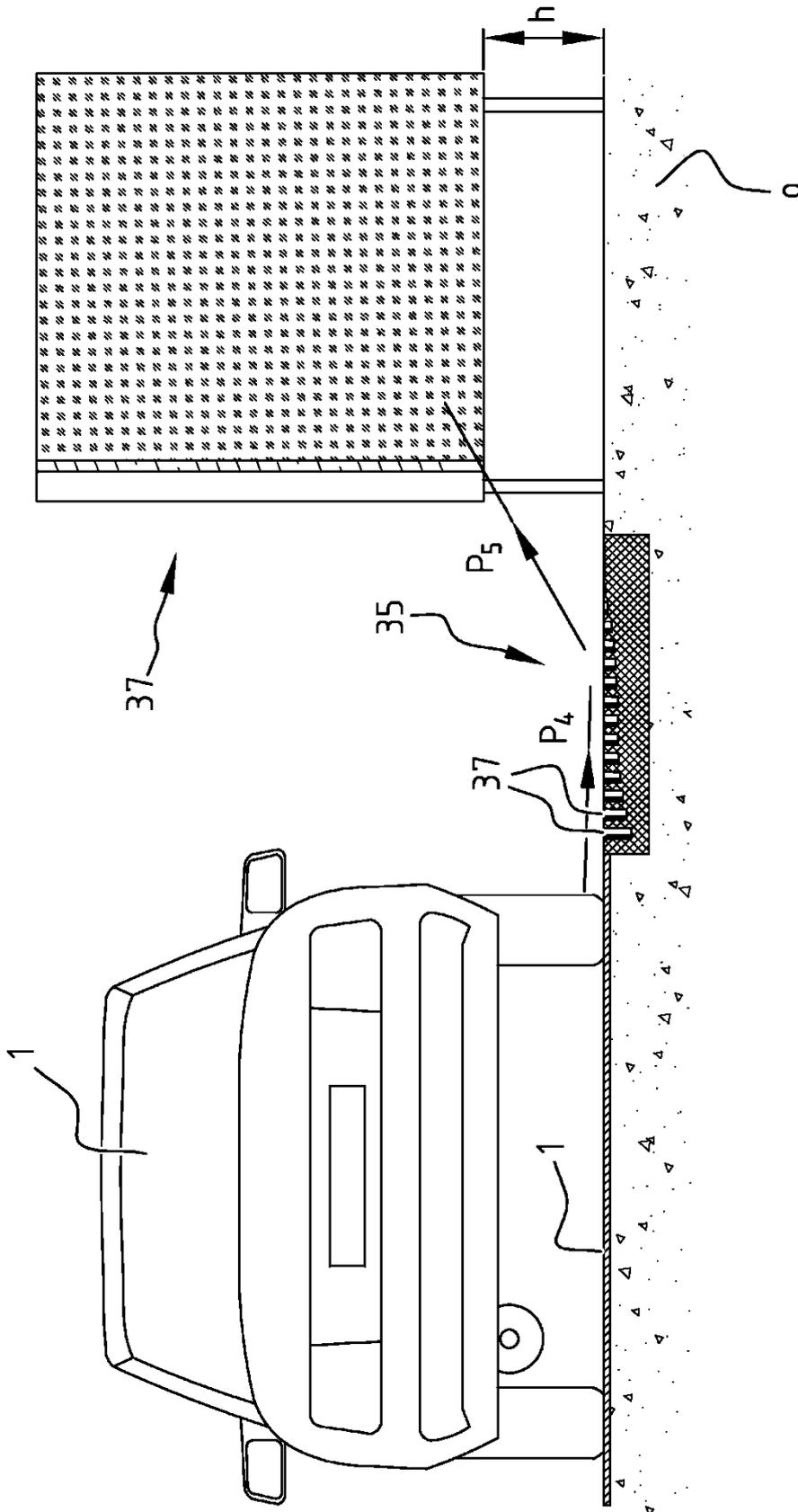


FIG. 7

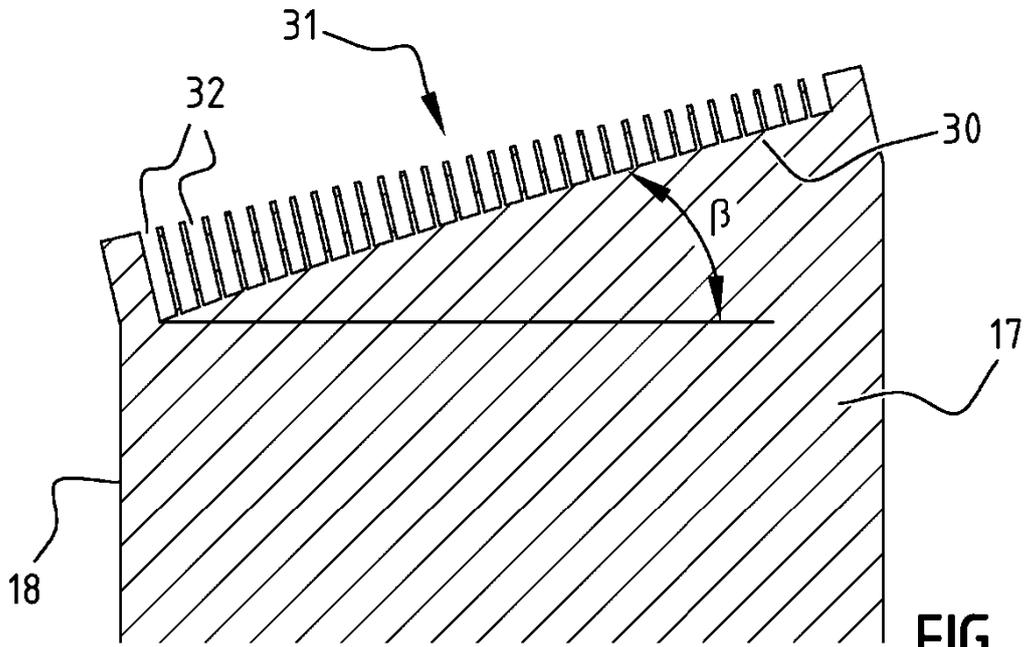


FIG. 8

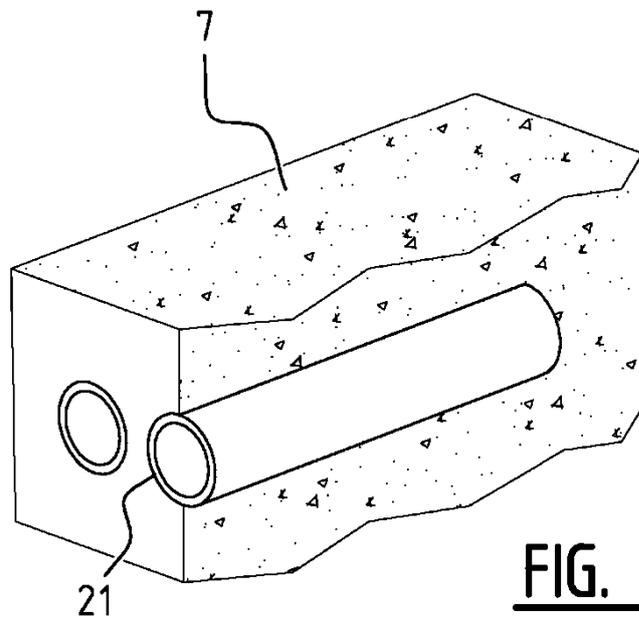


FIG. 9

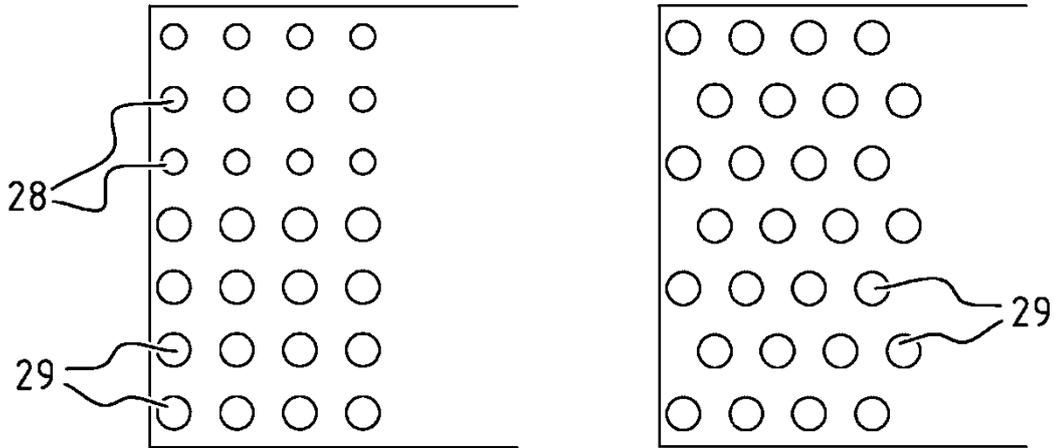


FIG. 10A

FIG. 10B

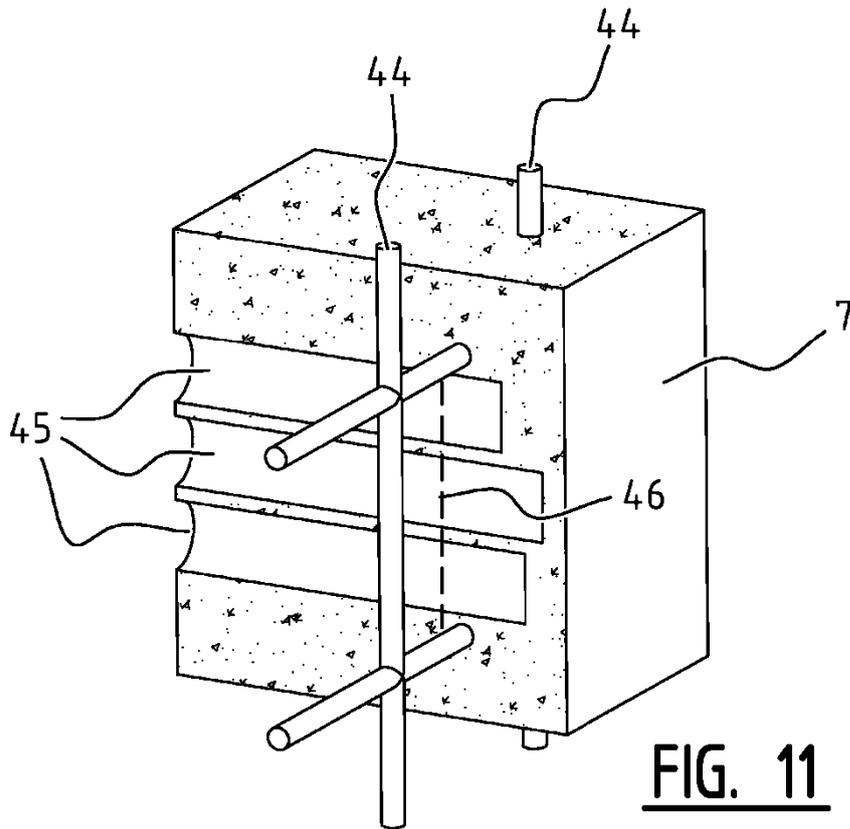


FIG. 11

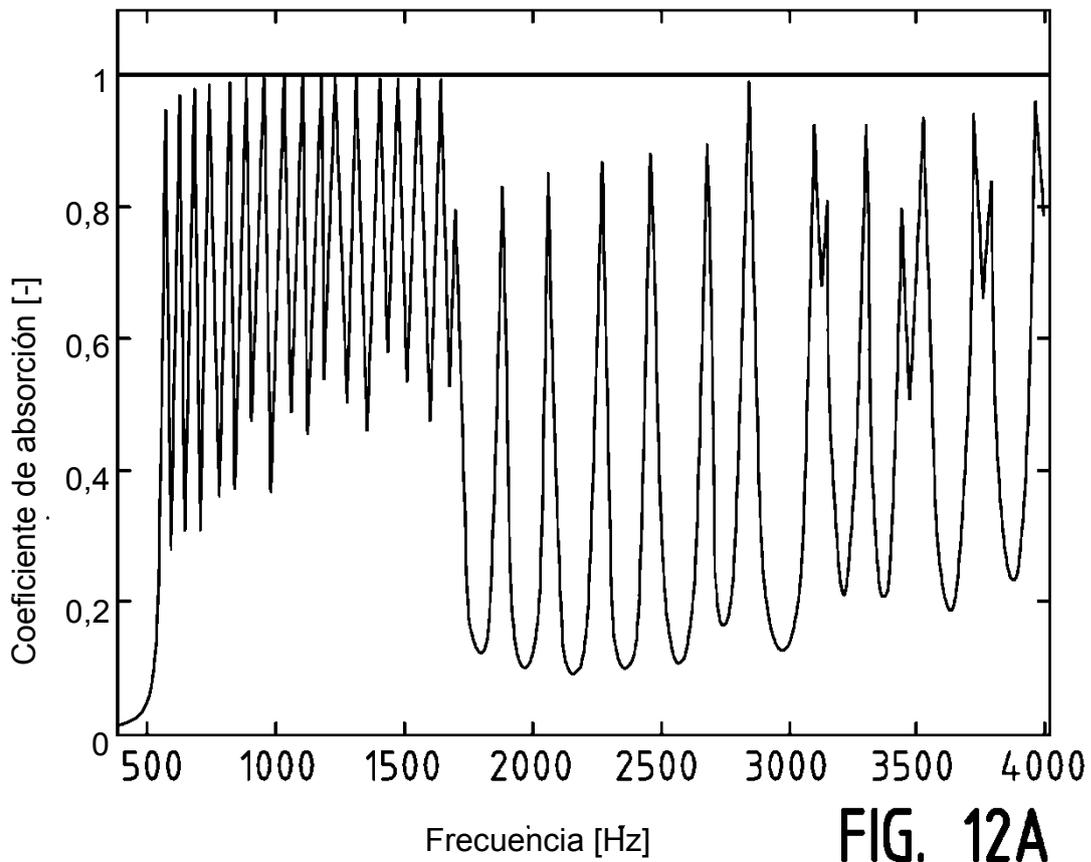


FIG. 12A

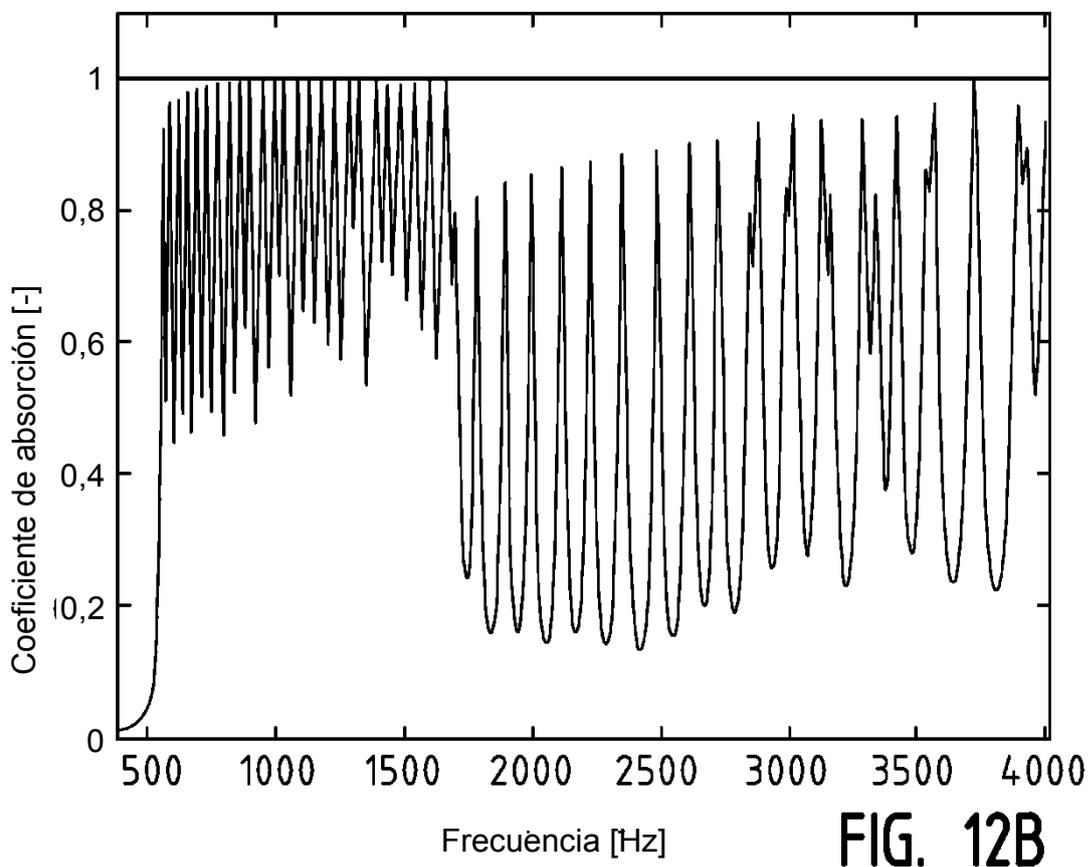


FIG. 12B