

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 640**

51 Int. Cl.:

**E01C 1/00** (2006.01)

**E01F 8/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2010 PCT/NL2010/050706**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11049454**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2010 E 10771823 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2491180**

54 Título: **Carretera con desviadores de sonido**

30 Prioridad:

**22.10.2009 NL 2003697**

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

**14.02.2018**

73 Titular/es:

**4SILENCE B. V. (100.0%)**

**Rossumerstraat 1b**

**7573 GE Oldenzaal, NL**

72 Inventor/es:

**WIJNANT, YSBRAND HANS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 654 640 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**

Carretera con desviadores de sonido

5 La invención se refiere a una carretera con al menos un carril de circulación para tráfico vehicular motorizado, al que se añaden medios atenuadores de sonido que limitan, al menos durante intervalos de frecuencia determinados, la emisión lateral de sonido causada por el tráfico que circula por la carretera.

10 Tal carretera es conocida. Una carretera conocida comprende medios atenuadores de sonido en forma de una pantalla reductora de ruido o una barrera de ruido. Detrás de una pantalla reductora de ruido hay un "lado de sombra", por el cual el ruido del tráfico, en particular el sonido de los neumáticos rodantes, se atenúa. Las pantallas reductoras de ruido son razonablemente efectivas, particularmente en el caso de casas en las proximidades de una carretera de este tipo, al menos limitando la peor molestia de ruido.

Las frecuencias de sonido se concentran en un intervalo espectral de alrededor de 1 kHz, en particular la banda de frecuencia de aproximadamente 700 a 1.300 Hz, como se muestra, entre otros, en "Euronoise Naples 2003, documento ID 498 "The Multi-Coincidence Peak around 1000 Hz in Tyre/Road noise spectra", Ulf Sandberg".

15 Las pantallas reductoras de ruido o las barreras contra el ruido son disposiciones costosas. Además tienen un efecto adverso en el paisaje y a menudo privan a los residentes de una vista sin obstáculos. Además, tienen el inconveniente de que su efectividad es limitada en el caso de direcciones de viento específicas.

20 Se sabe además que los tipos particulares de superficie de carretera, por ejemplo, el hormigón asfáltico muy abierto, o ZOAB, pueden provocar una reducción sustancial en el sonido causado por los neumáticos. De este modo se puede lograr una reducción de sonido de varios dB hasta aproximadamente 7 dB. Sin embargo, es deseable, particularmente a la vista de la gran intensidad de tráfico incrementada, lograr otra reducción de sonido adicional.

En el documento US 4 224 439 A1 se describen medios atenuadores del sonido que comprenden una estructura absorbente formada por varias cavidades alargadas en la superficie de una carretera. Estas cavidades alargadas actúan como resonadores. Con este fin, el material del resonador en sí mismo está absorbiendo o el material absorbente está dispuesto dentro de los resonadores.

25 Por las razones indicadas anteriormente, es un objeto de la invención incorporar una carretera del tipo descrito de modo que los medios atenuadores de sonido sean considerablemente más económicos, se puedan colocar de manera considerablemente más fácil que las pantallas reductoras de ruido, no afecten negativamente al paisaje, no obstruyan una vista y sean sustancialmente independientes del viento predominante.

30 Con este fin, se proporciona una carretera con al menos un carril de circulación para tráfico vehicular motorizado de acuerdo con la reivindicación 1.

Es importante observar que la atenuación lograda se produce casi solo en dirección lateral y no se logra mediante la absorción sino a través de la difracción.

35 La efectividad de la reducción de ruido de acuerdo con la invención aumenta a medida que aumenta el área de superficie activa general de los orificios. En una estructura dada, es posible hacer referencia a la porosidad, es decir, la relación del área superficial total del orificio de los orificios y el área superficial total relevante de la estructura. El valor teóricamente ideal sería del 100%, pero será evidente que el valor prácticamente factible también está determinado por consideraciones mecánicas, por ejemplo, el requisito de incorporar los resonadores de modo que no sean dañados por el tráfico que se desplaza sobre ellos.

40 Se llama la atención sobre el documento US-A-5 959 265. Se conoce a partir de esta publicación una estructura de absorción de sonido que consiste en un patrón de elementos absorbentes de sonido de  $1/4 \lambda$ , particularmente para su uso en vehículos.

45 Aunque los mecanismos físicos que forman la base de esta técnica conocida están relacionados con aquellos de acuerdo con la invención, al menos en lo que respecta al uso de resonadores, se llama la atención sobre el hecho de que los medios atenuadores de sonido según la invención no están adaptados para provocar la absorción de sonido sino para desviar de manera efectiva el ruido de tráfico incidente sobre los orificios.

50 Cuando los orificios de los resonadores están expuestos al ruido del tráfico, comenzarán a mostrar una o más resonancias de acuerdo con su diseño. Como resultado, el aire en la ubicación del orificio se hará resonar a la frecuencia de resonancia o las frecuencias de resonancia correspondientes. Aquí se supone que el sonido para el tratamiento tiene componentes de frecuencia sustanciales a la frecuencia o frecuencias de resonancia. El sonido relevante se emite en una dirección sustancialmente vertical y, por lo tanto, tiene un efecto de barrera en la propagación del sonido en la dirección lateral. Creado como si fuera una pequeña barrera de sonido virtual de aire. Esto tiene el sorprendente efecto de que las ondas de sonido paralelas al suelo se atenúan de manera muy sustancial en la dirección alejada de la carretera.

En un ángulo con respecto a la horizontal de hasta aproximadamente 20° a 30° se produce una reducción de sonido

5 en el sentido de que el sonido se desvía de manera efectiva hacia arriba. Este efecto tiene lugar en una dirección perpendicular a la calzada. Dicho efecto de barrera podría compararse hasta cierto punto con el efecto de sombra de una pantalla reductora de ruido o una barrera de ruido. Cuanto más cerca estén los resonadores de la fuente, mayor será el ángulo que se logrará. Por lo tanto, debe entenderse que, con un dimensionamiento correcto de los medios  
10 atenuadores de sonido de acuerdo con la invención, se puede lograr una atenuación del sonido en las bandas de frecuencia elegidas de modo que particularmente los residentes, para quienes el ángulo horizontal supondrá en la práctica no más de unos pocos grados, percibirán que el ruido del tráfico se atenúa en una cantidad del orden de varios dB o incluso más. Es posible prever una cantidad del orden de 3-5 dB SPL global. Esto significa que el nivel de presión de sonido general se reducirá en esta cantidad. A frecuencias específicas, por ejemplo en la banda de frecuencia importante de 700-800 Hz, la atenuación puede ser sustancialmente mayor. Ciertamente, debido al hecho de que las disposiciones de la invención están situadas en, o al menos cerca del suelo y en realidad, por lo tanto, son invisibles, el efecto de la invención podría calificarse como muy bueno.

15 En una realización específica, la carretera de acuerdo con la invención puede tener la característica especial de que los resonadores se basan en la resonancia de profundidad, y están particularmente incorporados como elementos de  $1/4 \lambda$  así como también como elementos de  $3/4 \lambda$ .

20 Se observa en el caso de esta realización específica que se conoce el uso de pantallas reductoras de ruido en cuyo borde superior están dispuestos resonadores / absorbedores. Sin embargo, esta es una solución esencialmente diferente de aquella de acuerdo con la invención, en la que los resonadores que actúan como elementos difusores están dispuestos, preferiblemente enterrados, lo más cerca posible de la calzada, en particular en el resalte del borde de la carretera.

En otra realización más, la carretera de acuerdo con la invención tiene la característica de que cada uno de los resonadores está realizado como resonador Helmholtz con una cavidad y un tubo que conecta la cavidad a un orificio.

25 La mayoría del ruido del tráfico tiene componentes fuertes en el intervalo de aproximadamente 500 Hz a 3 kHz. Las frecuencias para los automóviles de pasajeros son algo más altas que para los camiones. Con respecto a estas frecuencias conocidas, la carretera de acuerdo con la invención tiene preferiblemente la característica de que las frecuencias de resonancia se encuentran en el intervalo de aproximadamente 500 Hz a 3 kHz.

En una realización práctica, la carretera tiene la característica especial de que los resonadores están realizados como contenedores con paredes laterales verticales o una pared vertical periférica.

30 En la práctica, la forma de los contenedores no es de importancia esencial. Se pueden lograr buenos resultados con diferentes formas de contenedor. Las secciones transversales se pueden elegir al azar dentro de límites determinados. Una sección transversal rectangular habitual con una base que tiene dos paredes verticales es, por ejemplo, muy adecuada, aunque también se puede aplicar una forma decreciente hacia abajo con dos paredes laterales dispuestas oblicuamente que delimitan una forma de V general. Los resonadores pueden tener además una  
35 forma al menos más o menos redonda, sustancialmente cilíndrica, una forma más o menos de paralelepípedo o cualquier otra forma adecuada.

Dichos resonadores son en sí conocidos y, en general, por lo tanto, no forman parte de la presente invención.

40 Un resonador Helmholtz comprende una cavidad que define un resorte de aire y un tubo que se conecta al mismo y que define una masa acústica. Tal resonador conocido per se tiene una frecuencia de resonancia dependiente del diseño.

De acuerdo con un aspecto específico de la invención, la carretera tiene la característica especial de que los contenedores forman parte de una construcción fabricada a partir de hormigón opcionalmente reforzado y / o plástico opcionalmente reforzado, por ejemplo poliéster reforzado con fibra de vidrio.

45 El material de los contenedores debe tener una resistencia suficiente para poder resistir la fuerza de peso del tráfico que se desplaza sobre él, y además debe ser resistente al envejecimiento. El concreto es un material económico y altamente confiable que es fácil de procesar y ha demostrado ser una elección generalmente excelente en la construcción de carreteras. Muchos bloques de recubrimiento del borde de la carretera están fabricados a partir de hormigón.

50 Es importante tener en cuenta que una estructura con resonadores Helmholtz no se puede fabricar en una operación de fundición de hormigón o moldeo de plástico. Esto se debe a que existe una forma rebajada, y por lo tanto será necesario fabricar y acoplar mutuamente dos elementos separados de manera apropiada. De este modo, se puede fabricar una losa de hormigón con varias cavidades, cuya losa posteriormente se cubre con una losa igualmente fabricada de hormigón que tiene una serie de orificios pasantes que cumplen la función del tubo del resonador Helmholtz. Las diferentes frecuencias de resonancia deseadas se pueden lograr, por ejemplo, optando por hacer  
55 que todas las cavidades en la losa de hormigón inferior sean iguales y elegir el diámetro de los orificios pasantes de la losa de cubierta, según se desee.

En una realización preferida, la carretera comprende un patrón de recesos en forma de ranura que se extienden en dirección longitudinal y opcionalmente en zonas mutuamente paralelas y que cada uno forma un resonador, estando delimitadas las ranuras por dos paredes verticales, cuyas paredes están conectadas entre sí localmente por particiones transversales.

- 5 La realización en la que los contenedores forman parte de una construcción de hormigón o plástico puede tener ventajosamente la característica especial de que una construcción comprende una serie de resonadores.

En una realización preferida, esta carretera tiene la característica de que al menos un número de resonadores tienen resonancias mutuamente diferentes. Por lo tanto, se puede lograr un fuerte efecto de atenuación de sonido sobre una amplia banda de frecuencias.

- 10 Con el fin de evitar que los resonadores se llenen de agua o suciedad, la carretera de acuerdo con la invención puede tener ventajosamente la característica especial de que las aberturas de descarga para agua y suciedad se conecten con la parte inferior de los resonadores.

- 15 Se reitera que el patrón de los resonadores de acuerdo con la invención proporciona una difracción del sonido. Según el documento US-5 959 265 los patrones de resonadores también se pueden aplicar con el propósito de absorción de sonido, aunque es entonces importante que la porosidad, es decir, el área superficial del orificio general dividida por el área superficial total, sea bastante pequeña. De acuerdo con la invención, sin embargo, es esencial que el área superficial acústicamente activa, como también el área superficial total de los orificios, sea lo más grande posible. Así, es posible que los patrones o disposiciones de resonadores específicos logren que la porosidad sea de al menos 10%, preferiblemente más de 50% o incluso 70 a 80%. La porosidad no es de importancia decisiva per se, siempre que se cumpla el criterio establecido. El ancho de los resonadores en el ancho del paquete general de resonadores, como también el patrón completo, es importante. Se recomiendan las ranuras con un ancho del orden de magnitud de 2 cm y la superficie más grande posible del patrón por metro de longitud de la calzada.

- 20 Se puede realizar una difracción de banda ancha con resonadores de  $1/4 \lambda$  de diferente profundidad. Tal estructura se puede lograr muy fácilmente en concreto.

Una gran ventaja adicional de la invención es que los desviadores se pueden colocar considerablemente más cerca de la fuente, es decir, el tráfico que pasa, que una pantalla reductora de ruido.

- 25 Será evidente que, dependiendo de la situación del edificio en torno a una ruta de tráfico, también podrían colocarse patrones de resonadores en ambos bordes de carretera de la calzada. Los patrones de resonadores también podrían colocarse en la reserva central.

- 30 El documento NL-A-78 11154 se refiere a una construcción absorbidora de sonido. Esta es esencialmente diferente de la construcción de acuerdo a la invención, que no se basa en la absorción de sonido sino en la difracción de sonido. De acuerdo con la invención, tiene lugar una difracción de la onda de sonido incidente mediante la aplicación de elementos resonantes que muestran apenas alguna absorción y, preferiblemente, ninguna absorción en absoluto. De acuerdo con la presente invención es esencial, por lo tanto, que el grado de absorción de los resonadores sea despreciable. El documento NL-A-78 11154 se ocupa de dos formas de realización, en el que el material de los elementos resonantes adopta una forma absorbente, o el material absorbente se coloca en las cavidades en el caso en el que los resonadores se fabrican a partir de material sustancialmente no absorbente y por lo tanto acústicamente duro. De acuerdo con la presente invención, el material del que se fabrican los resonadores no es absorbente, ni se coloca ningún material absorbente en las cavidades resonantes.

- 35 Con respecto a la invención, esto también tiene implicaciones con respecto a la forma y configuración elegidas. La disposición de los resonadores para el propósito de absorción de sonido requiere una cierta porosidad, es decir, la relación del área superficial del orificio total de los resonadores y el área superficial total asociada. Esta porosidad debe ser muy baja cuando una superficie con resonadores debe absorber el sonido. Por el contrario, la porosidad más alta posible es ventajosa para la difracción de sonido según la presente invención. Con la baja porosidad a la que se produce la absorción, la difracción es muy baja. Con la alta porosidad asociada a la difracción, la absorción es muy baja.

- 40 Se debate adicionalmente en el documento NL-A-78 11154 una estructura periódica de resonadores. Por lo tanto, debe estar presente una pluralidad de resonadores. De acuerdo con la presente invención, esto no es esencial. Un único resonador ya proporciona difracción. El acoplamiento acústico entre los resonadores necesarios para la construcción según el documento NL-A-78 11154 no es necesario aquí para la difracción según lo previsto por la invención.

- 45 El documento NL-A-78 11154 se refiere a la atenuación de sonido que se logrará por metro de resonadores colocados. Esto no puede establecerse en el contexto de la difracción. De acuerdo con la invención, no hay esencialmente atenuación de sonido, sino una desviación hacia arriba que proporciona una reducción en la intensidad del ruido en el área alejada de los resonadores según se ve desde la superficie de la carretera.

El documento NL-A-78 11154 establece además que debe producirse una fase opuesta esencial en las ranuras adyacentes. Este no es el caso de la difracción de acuerdo con la invención.

5 El documento US-5 959 265 se refiere a un absorbedor de sonido de  $1/4 \lambda$ . Como se debatió anteriormente, la presente invención no se relaciona con esto. Por lo tanto, esta patente estadounidense no proporciona el efecto de difracción que se pretende y puede lograrse mediante la presente invención, ya que la porosidad es demasiado baja para este fin. Además, de acuerdo con la técnica de esta patente estadounidense, la estructura relevante no puede realizarse como ranuras longitudinales, ya que entonces la porosidad global aquí se vuelve demasiado alta

10 En aras de la integridad, también se hace referencia a los documentos WO-A-95/21964 y WO-A-97/45592. Estas dos referencias también se refieren a la absorción y no hacen ninguna referencia a la difracción de acuerdo con la presente invención.

La invención se dilucidará ahora sobre la base de los dibujos adjuntos. En la presente:

la figura 1 es una vista en perspectiva parcialmente recortada de una carretera con un patrón de resonadores según la invención;

la figura 2 muestra el detalle II de la figura 1 en una escala mayor;

15 la figura 3 muestra una sección transversal en una escala mayor de otra realización;

la figura 4 es una vista superior de un patrón aleatorio de resonadores rectangulares alargados;

la figura 5 muestra una vista correspondiente a la figura 2 de una realización con resonadores sustancialmente cilíndricos;

20 la figura 6 muestra una vista correspondiente a la figura 2 de una variante en la que los resonadores en forma de ranura no tienen una forma rectangular sino una sección transversal triangular;

la figura 7 muestra una vista correspondiente a la figura 6 de una realización en la que el elemento de construcción con los resonadores está provisto de tubos de drenaje;

la figura 8 muestra una sección correspondiente a la figura 3 de una variante en la que los resonadores son resonadores Helmholtz;

25 la figura 9 muestra la deflexión calculada de una fuente puntual por un elemento resonante en el resalte del borde de la carretera a una frecuencia determinada;

la figura 10 muestra una representación esquemática de la intensidad en función de la elevación en la configuración de acuerdo con la figura 9;

30 la figura 11 muestra la reducción del nivel de sonido como una función de la frecuencia para diferentes valores de la profundidad de un único resonador;

la figura 12 muestra la reducción en el nivel de sonido sujeto a la distancia entre la fuente y el resonador; y

la figura 13 muestra la reducción en el nivel de sonido sujeto al ancho de un único resonador.

La Figura 1 muestra una carretera 1 con dos carriles de tráfico 2, 3 para tráfico vehicular motorizado. Un resalte del borde de la carretera 4 se agrega a la carretera 1.

35 La carretera 1 tiene la característica especial de que un patrón 5 de resonadores, todos designados con 6, se coloca al menos localmente sobre una longitud elegida a lo largo del carril de circulación 3, cuyos resonadores comprenden un espacio de resonancia, todos designados con 7, que en esta realización se coloca subterráneo y desemboca en un orificio, todos designados con 8, que en esta realización es alargado, los orificios 8 son al menos aproximadamente coplanares con, y así a nivel de, la superficie del resalte 4. Los orificios pueden así estar situados  
40 en el nivel del borde de la carretera, pero también puede disponerse en elementos separados, fabricados, por ejemplo, a partir de hormigón, que tienen una posición ligeramente inclinada con respecto a la superficie de la carretera. El plano del orificio tiene así un cierto ángulo con respecto a la superficie de la carretera. Los resonadores 6 tienen frecuencias de resonancia en el intervalo de las frecuencias del sonido a atenuar, en particular en el intervalo de aproximadamente 500 Hz a 3 kHz. El área superficial total de los orificios 8 asciende a al menos 10%,  
45 por ejemplo aproximadamente 60%, del área superficial total del patrón 5.

En la realización de la figura 1, los resonadores se basan en la resonancia de profundidad y están incorporados particularmente como elementos de  $1/4 \lambda$  o elementos de  $3/4 \lambda$ .

50 Los resonadores 6 están configurados como recesos en forma de ranura o porciones recortadas en construcciones de hormigón 9 que están enterradas en el suelo del resalte 4 a la menor distancia posible del carril de circulación 3. La técnica aplicable para este propósito es conocida en sí misma en la industria de construcción de carreteras.

## ES 2 654 640 T3

Muchas carreteras tienen adyacentes a los carriles de tráfico, los denominados revestimientos de resaltes en el borde de la carretera, que consisten en patrones de bloques de hormigón perfilados, acoplados opcionalmente mutuamente.

- 5 Una construcción 9 puede fabricarse fácilmente a partir de hormigón usando un molde adecuado. No se dibuja que el concreto si es necesario también podría proporcionarse con barras de refuerzo. Estas barras longitudinales también podrían estar mutuamente conectadas mediante barras de refuerzo transversales.

- 10 Será evidente a partir de la figura 1 que la estructura de acuerdo con la invención no está representada en una escala realista con respecto a los carriles de tráfico 2, 3. Para la profundidad de los resonadores 6 es posible, por ejemplo, imaginar un valor del orden de 15 cm, que corresponde a una frecuencia de resonancia más baja de aproximadamente 500 Hz, y un valor del orden de 4 cm que corresponde a la frecuencia de resonancia de aproximadamente 2 kHz. El ancho de un carril de circulación 2, 3 es de varios metros.

- 15 Se observa que un resonador de  $1/4 \lambda$  también tiene, además de una frecuencia de resonancia correspondiente a un cuarto de  $\lambda$ , una resonancia a una frecuencia correspondiente a  $3/4 \lambda$ . El resonador con la frecuencia de resonancia más baja de 500 Hz puede por lo tanto, también resonar a 1500 Hz. Se llama la atención sobre el hecho de que se puede cubrir un amplio espectro de frecuencias usando una pluralidad de resonadores.

Resultará evidente que las construcciones 9 deben tener una resistencia suficiente para resistir todas las fuerzas que puedan salir de las mismas por el tráfico que se desplaza sobre ellas, en particular el tráfico de mercancías. Por lo tanto, es importante que las paredes que definen las ranuras estén conectadas entre sí localmente mediante las particiones de refuerzo transversales, que se designan con 10.

- 20 La figura 3 muestra a mayor escala una variante en la que la estructura básica corresponde a aquella de acuerdo con la figura 1, mientras que las dimensiones son diferentes.

Según lo indicado por las flechas en la figura 3, debido a la acción de los resonadores, el ruido de los neumáticos que proviene del carril de circulación 3 sufre una cierta desviación.

La figura 4 muestra una vista superior de una construcción de hormigón 9 con otra disposición de los resonadores.

- 25 La figura 5 muestra una variante en la que los resonadores, designados con 11, no toman una forma de ranura, sino cada uno tiene aproximadamente la forma de un cilindro. Estos resonadores 11 también se basan en una resonancia de  $1/4 \lambda$  o  $3/4 \lambda$  con frecuencias asociadas con las respectivas profundidades de los resonadores 11, eligiéndose las profundidades con vistas a las ondas de sonido que se van a desviar.

- 30 La figura 6 muestra una realización que, en contraste con la realización según la figura 2, comprende resonadores 12 con una forma en sección transversal triangular. Como los resonadores 6 de acuerdo en la figura 2, los resonadores 12 están configurados como ranuras alargadas.

La figura 7 muestra una realización en la que la construcción de hormigón 9 también está provista de tuberías de drenaje 13. Estas se extienden a un nivel tal que están en conexión abierta con la mayoría de los resonadores.

- 35 Alternativamente, es posible prever una variante en la que los tubos de drenaje dirigidos hacia abajo se extienden en las zonas más bajas de los resonadores. Particularmente en el caso en que estos tienen una forma que se ensancha en la dirección hacia abajo, hay una posibilidad muy limitada de bloqueo del mismo por arena, suciedad y similares.

- 40 En la realización según la figura 8, los resonadores 14 no se basan en una resonancia de  $1/4 \lambda$  o  $3/4 \lambda$ , sino que están incorporados como resonadores Helmholtz. Para este fin, cada uno de los resonadores comprende una cavidad 15 de un volumen elegido, cuya cavidad 15 está conectada mediante un tubo 16 de diámetro y longitud elegidos al orificio 8 asociado. Las frecuencias de resonancia de los resonadores 14 pueden elegirse según se requiera mediante un dimensionamiento adecuado.

- 45 Como se muestra en la figura 8, la construcción de hormigón 9 comprende las cavidades 15 configuradas como agujeros ciegos y los tubos 16 están configurados como orificios pasantes en correspondencia con cavidades 15. Para este fin, la estructura de hormigón 9 y la losa de cubierta 16 están formadas correspondientemente y los medios, que no se dibujan pero que son generalmente conocidos per se, se usan para hacer corresponder correctamente la losa de cubierta 17 sobre la construcción 19. Se puede hacer un patrón de recesos y protuberancias en la construcción 9 y la losa de cubierta 17 que encajen en la misma.

La losa de cubierta 17 también se puede fabricar a partir de hormigón. Alternativamente, también se puede usar un plástico opcionalmente reforzado, tal como poliéster reforzado con fibra de vidrio.

- 50 Se llama la atención sobre el hecho de que las construcciones con los resonadores deben colocarse preferiblemente en todas las realizaciones lo más cerca posible del borde lateral 18 del carril de circulación asociado 3. Después de todo, esto produce el mayor efecto de atenuación posible.

La figura 9 muestra la deflexión calculada de una fuente puntual a una frecuencia determinada del sonido por el

elemento resonante en el resalte según la invención. Esta representación gráfica muestra los valores del nivel de sonido en dB SPL para una fuente puntual. Esta figura muestra que el sonido emitido en dirección lateral en un ángulo de 0 ° a aproximadamente 20 ° se atenúa sustancialmente.

5 Para demostrar el funcionamiento de los desviadores de resonancia de acuerdo con la invención, varias de las figuras muestran cuál es la reducción final en la potencia acústica emitida cuando se aplica un resonador, en comparación con la situación en la que no se aplica ningún resonador. Se observa que la reducción en la potencia acústica se define como la reducción en la potencia acústica por metro a través de la parte del arco envolvente de la fuente de 0 ° a 20 °.

10 La figura 10 muestra una ilustración de la misma que corresponde a la figura 9. La longitud de las flechas en el semicírculo es ilustrativa de la intensidad acústica. Se observa que esta figura no se puede interpretar de manera exactamente cuantitativa, sino que sirve solo a modo de ilustración. Integrando ahora la intensidad acústica en el intervalo de 0 ° a 20 °, se obtiene la potencia por metro que fluye a través de este sector. Esto se compara con la situación donde no se aplica ningún resonador. En la fórmula:

atenuación =  $-10 \log_{10} (P_{0^\circ-20^\circ \text{ con resonador}} / P_{0^\circ-20^\circ \text{ sin resonador}})$ ,

15 donde P se define como la potencia por metro que fluye a través del arco con un valor de 20°.

La Figura 11 muestra la reducción del nivel de sonido como una función de la frecuencia para diferentes valores de la profundidad de un solo resonador. Será evidente que la profundidad del resonador determina la frecuencia en la que la reducción del nivel de sonido es máxima.

20 La Figura 12 muestra el efecto de la distancia entre la fuente y el resonador. La figura muestra que se realiza una mayor reducción cuando el resonador se coloca más cerca de la fuente. También será evidente que la reducción del nivel de sonido, para este único resonador por encima de 800 Hz, es sustancialmente mayor que el aumento en el nivel de presión de sonido entre 200 Hz y 800 Hz. Cuando se usa una pluralidad de resonadores que están sintonizados a frecuencias más bajas, esta amplificación (baja) puede eliminarse si se desea.

25 Finalmente, la figura 13 muestra el efecto del ancho de un solo resonador. La figura muestra que un resonador más ancho provoca una desviación más ancha.

30

35

40

45

**REIVINDICACIONES**

1. La carretera con al menos un carril de circulación para vehículos motorizados, a la que se suman medios atenuadores de sonido que limitan, al menos para determinados rangos de frecuencia, la emisión lateral de sonido causada por el tráfico que circula por la carretera,
- 5 un patrón de resonadores colocados de manera distribuida está dispuesto al menos localmente sobre una longitud elegida a lo largo del carril de circulación,
- cuyos resonadores comprenden cada uno un espacio de resonancia colocado debajo de la superficie y que desemboca en un orificio situado al menos aproximadamente a un nivel de la superficie de un borde de carretera adyacente al carril de circulación,
- 10 cuyos resonadores tienen frecuencias de resonancia que se encuentran en el intervalo de las frecuencias del sonido para la atenuación, en particular frecuencias alrededor de aproximadamente 1 kHz; y
- cuyos resonadores están cada uno incorporados como una cavidad, caracterizada porque las paredes de la cavidad son acústicamente sustancialmente no absorbentes y libres de material acústicamente absorbente, de manera que la difracción de dicho sonido se produce en una dirección que difiere de la dirección lateral, en donde la difracción es causada por una barrera de sonido del aire, donde la barrera de sonido es generada por resonancia de aire en la ubicación de los orificios de dichos resonadores a la frecuencia de resonancia o frecuencias de resonancia de dichos resonadores, en donde los resonadores están dispuestos para emitir sonido en dirección sustancialmente vertical para tener un efecto de barrera en la propagación del sonido en la dirección lateral.
- 15
2. La carretera según la reivindicación 1, en la que la porosidad definida como el área superficial del orificio global dividida por el área superficial total asciende a al menos 10%.
- 20
3. La carretera según la reivindicación 1, en la que la porosidad definida como el área superficial del orificio global dividida por el área superficial total asciende a al menos 50%, preferiblemente al menos 70% u 80%.
4. La carretera según la reivindicación 1, en la que los resonadores se basan en la resonancia de profundidad, y están particularmente incorporados como elementos de  $1/4\lambda$ , así como elementos de  $3/4\lambda$ .
- 25
5. La carretera según la reivindicación 1, en la que cada uno de los resonadores está realizado como resonador Helmholtz con una cavidad y un tubo que conecta la cavidad a un orificio.
6. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las frecuencias de resonancia se encuentran en el intervalo de aproximadamente 500 Hz a 3 kHz
- 30
7. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los resonadores están configurados como contenedores con paredes laterales verticales o una pared vertical periférica.
8. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los contenedores forman parte de una construcción fabricada a partir de hormigón opcionalmente reforzado y / o plástico opcionalmente reforzado, por ejemplo poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- 35
9. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un patrón de recesos en forma de ranura que se extienden en dirección longitudinal y opcionalmente en zonas mutuamente paralelas y que cada uno forma un resonador, estando delimitadas las ranuras por dos paredes verticales, cuyas paredes están conectadas entre sí localmente por particiones transversales.
10. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en la que la construcción comprende una serie de resonadores.
- 40
11. La carretera según la reivindicación 10, en la que al menos un número de resonadores tienen resonancias mutuamente diferentes.
12. La carretera según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las aberturas de descarga para agua y suciedad se conectan con la parte inferior de los resonadores.



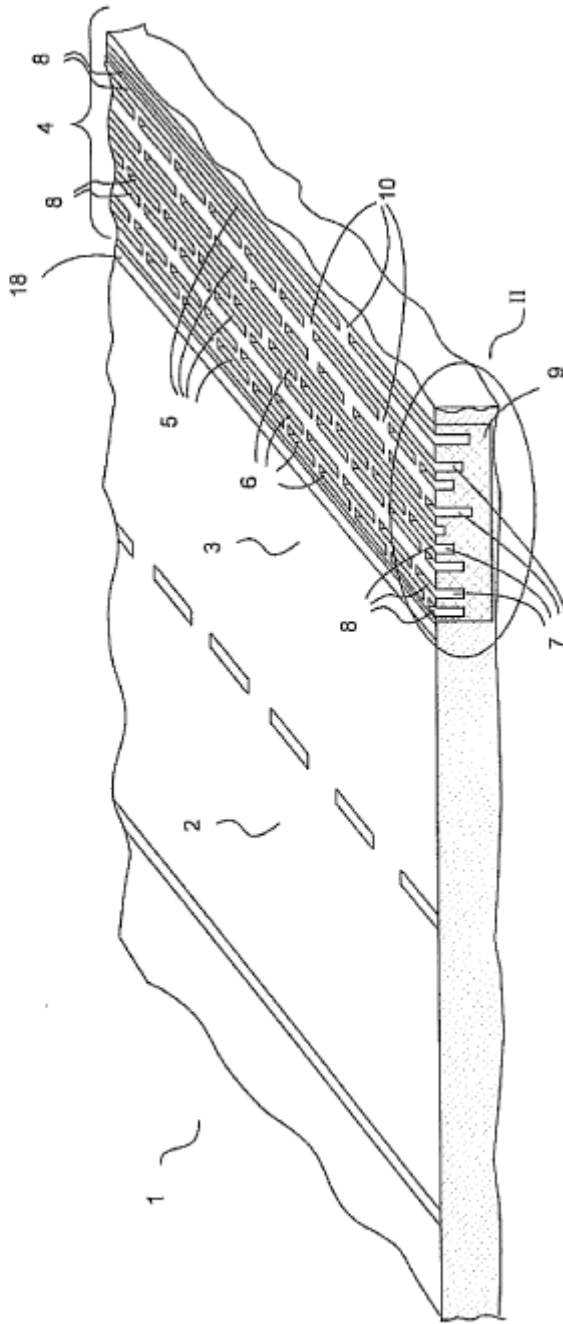


FIG. 1

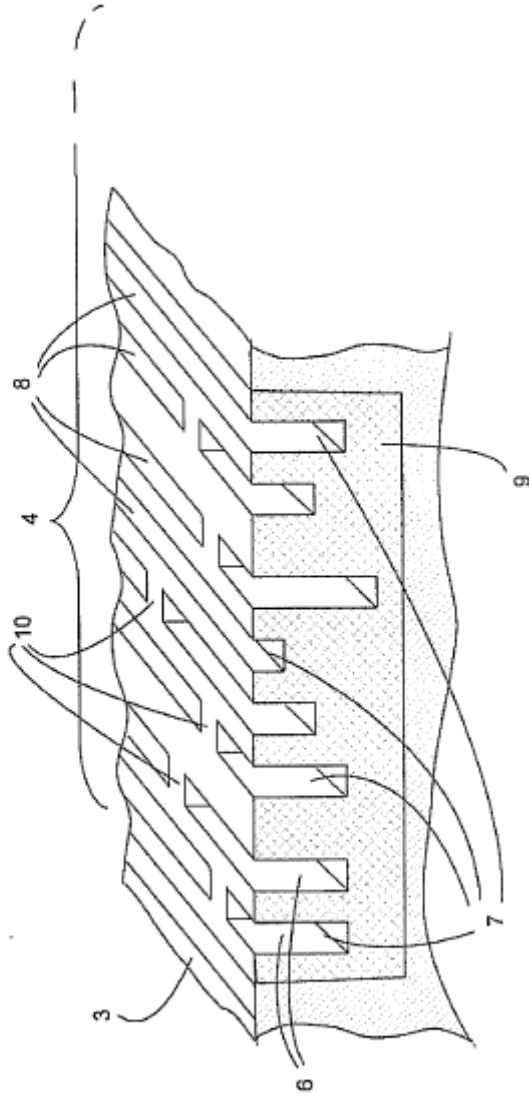


FIG. 2

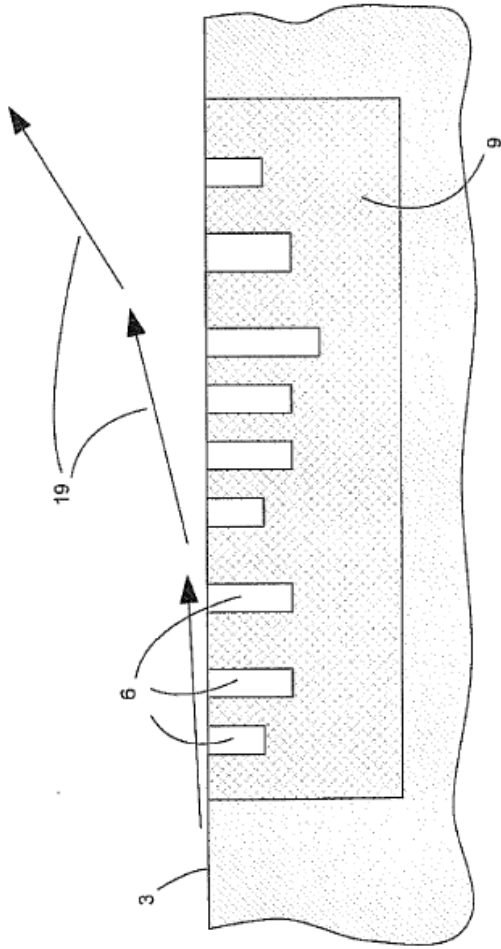


FIG. 3

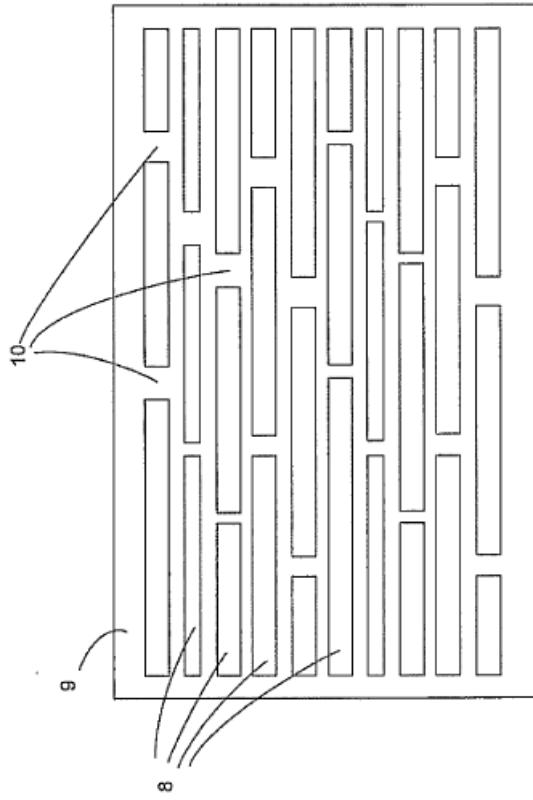


FIG. 4

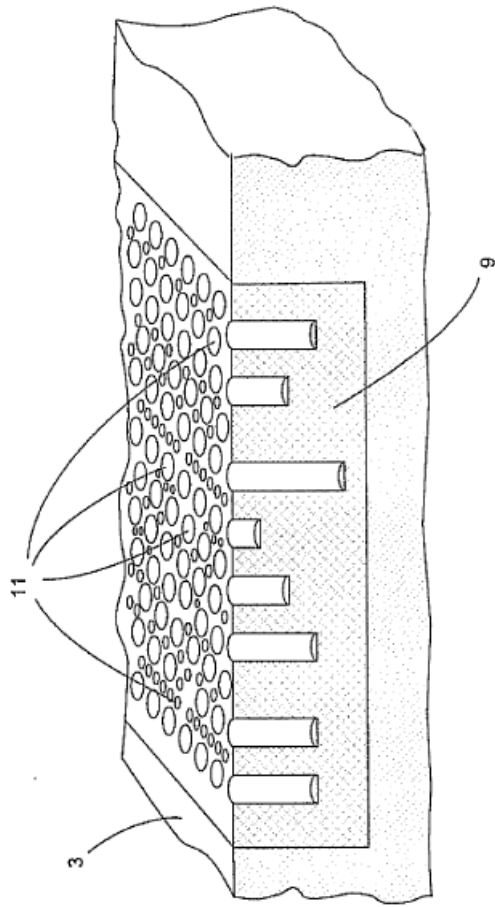


FIG. 5

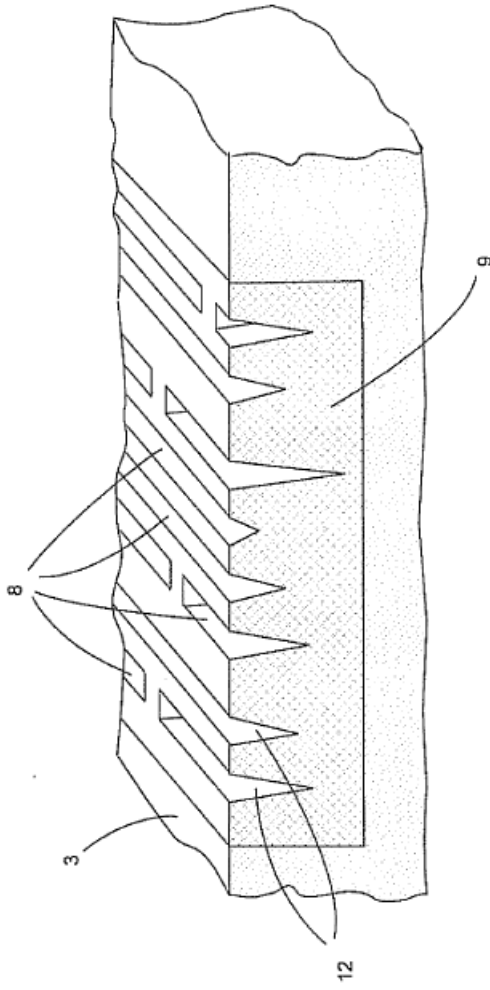


FIG. 6

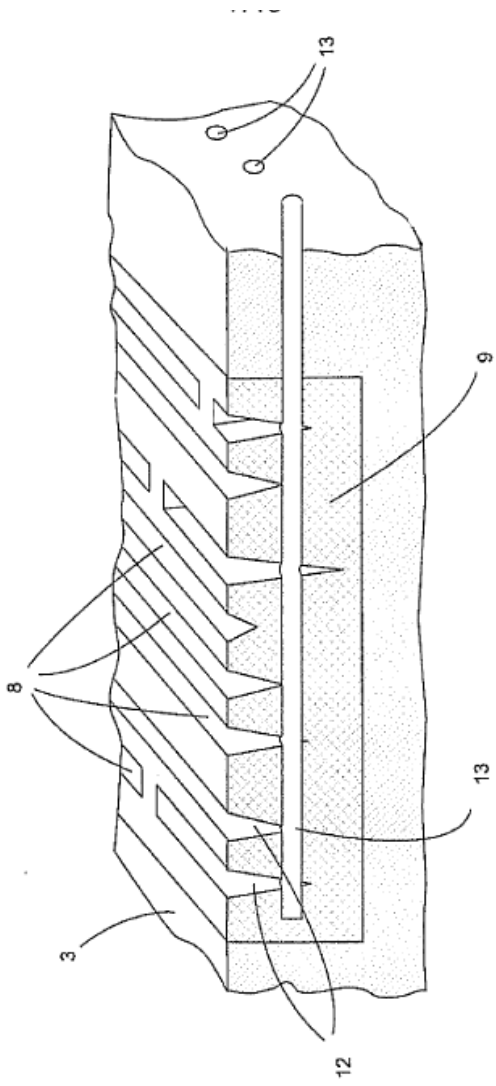


FIG. 7

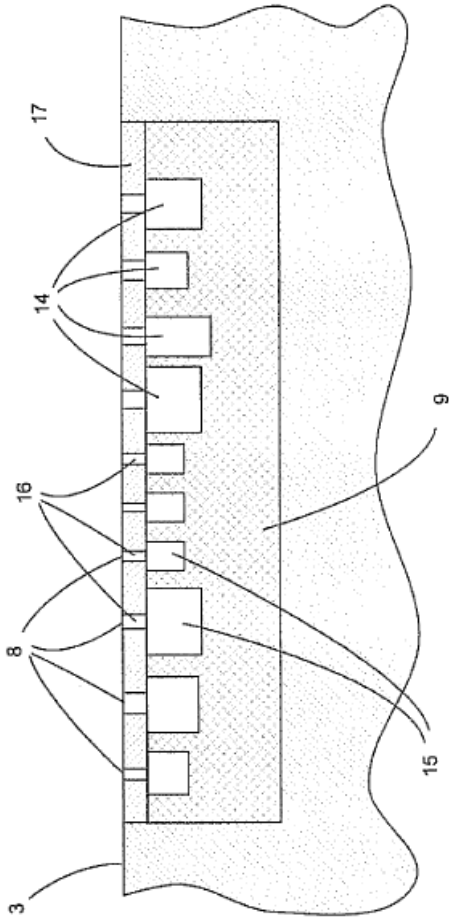


FIG. 8



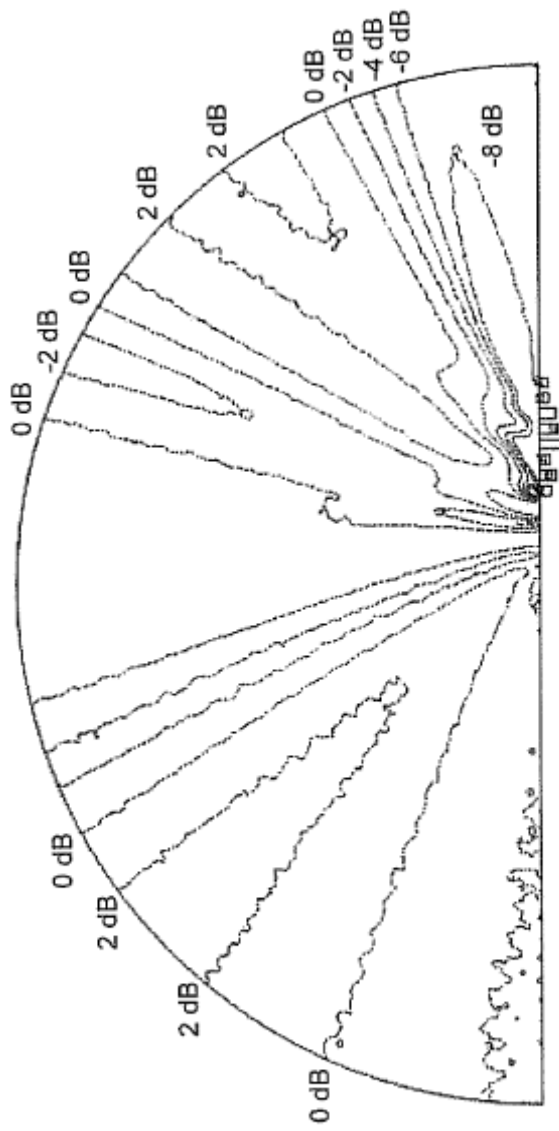


FIG. 9

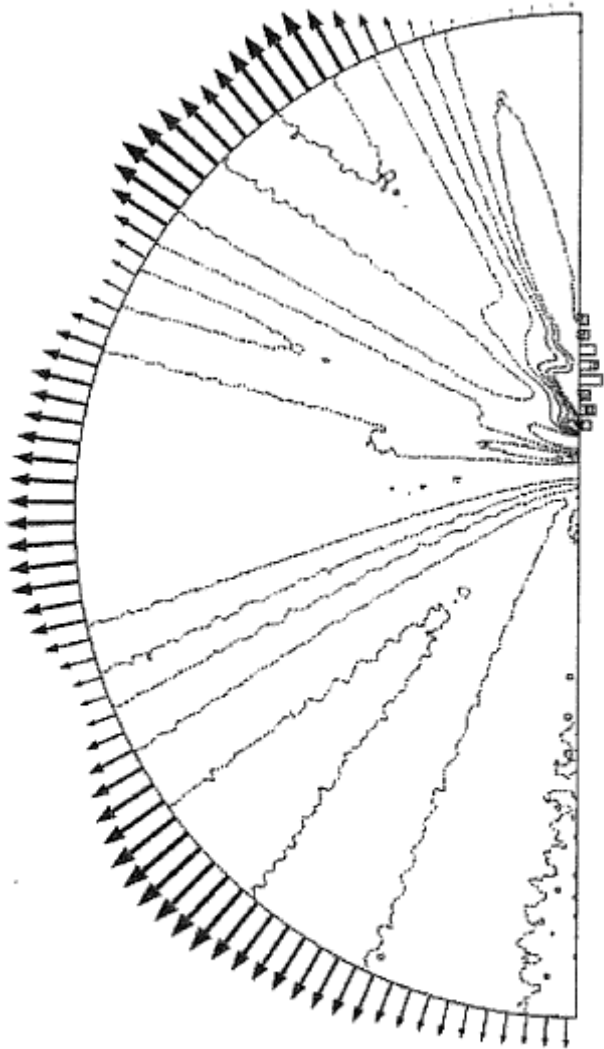


FIG. 10

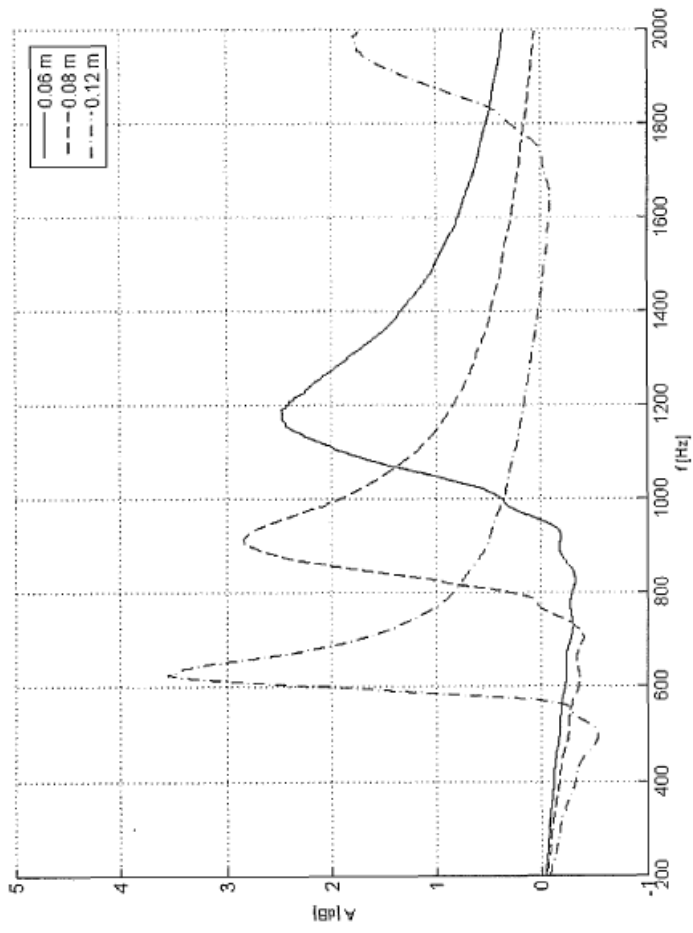


FIG. 11

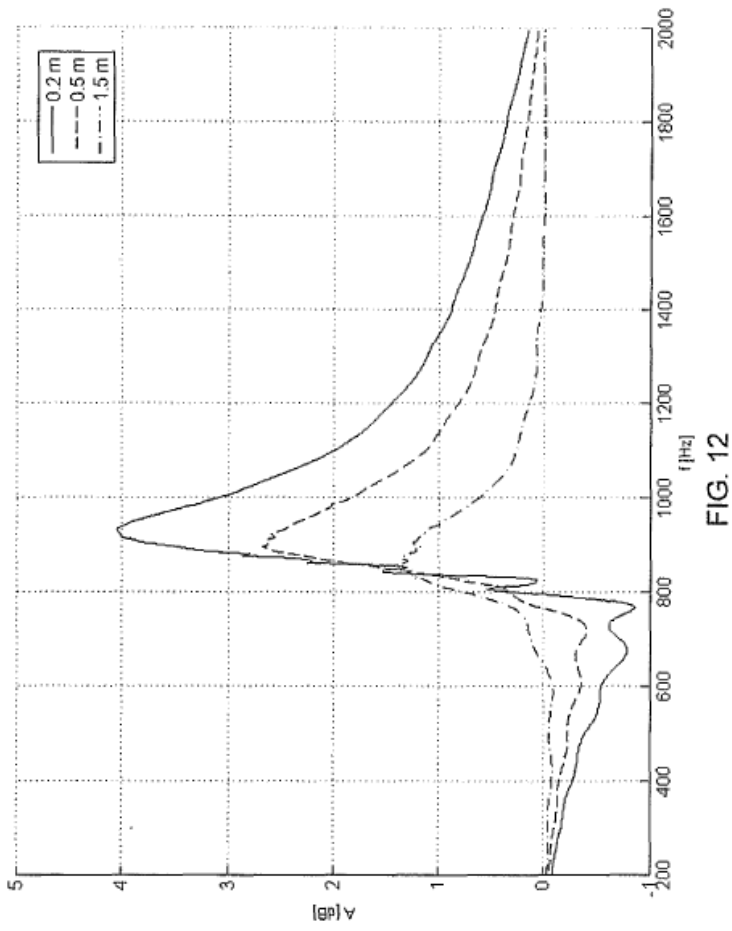


FIG. 12

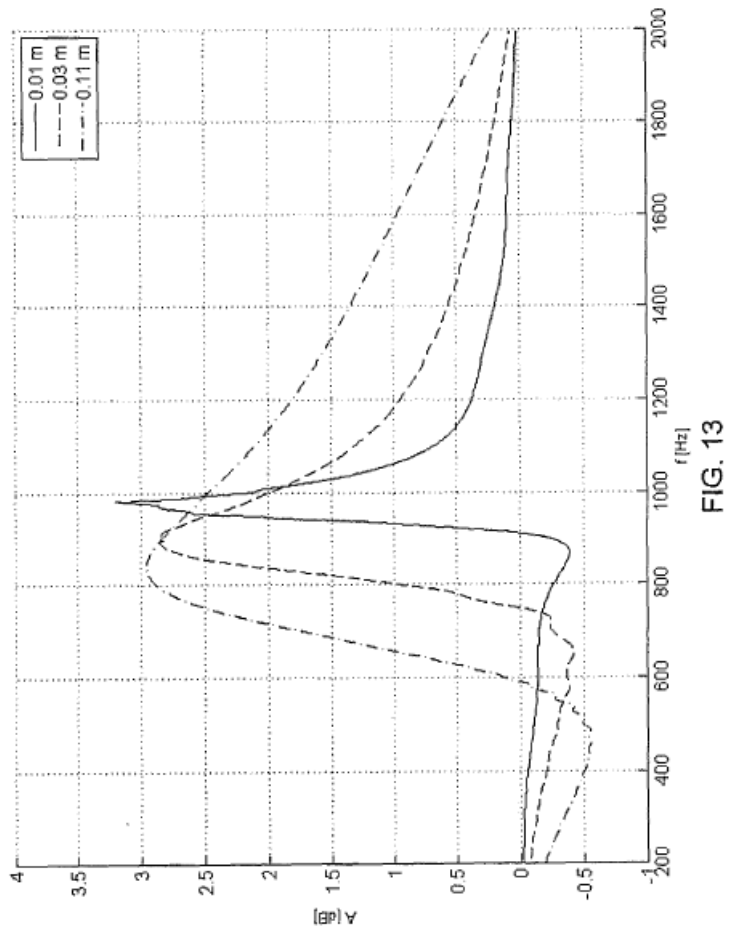


FIG. 13