

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 367 641**

21 Número de solicitud: 201030586

51 Int. Cl.:
G10K 11/30

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **22.04.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **07.11.2011**

Fecha de la concesión: **27.09.2012**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
13.08.2012

45 Fecha de anuncio de la concesión: **09.10.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
09.10.2012

73 Titular/es:
**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC)** (Titular al 50 %)
SERRANO N° 117
28006 MADRID, ES;
UNIVERSIDAD DE VALENCIA (Titular al 20 %) **y**
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (Titular al 30 %)

72 Inventor/es:
SANCHIS MARTINEZ, LORENZO;
POSTIGO RESA, PABLO AITOR;
MARTINEZ PASTOR, JUAN PASCUAL;
GALINDO RIAÑO, PEDRO LUIS;
YAÑEZ ESCOLANO, ANDRES;
PIZARRO JUNQUERA, JOAQUIN y
GUERRERO VAZQUEZ, ELISA

74 Agente/Representante:
Pons Ariño, Ángel

54 Título: **LENTE ACÚSTICA TRIDIMENSIONAL.**

57 Resumen:

Lente acústica tridimensional.

Se describe una lente acústica tridimensional con simetría de revolución para focalizar, colimar o dispersar haces sonoros. Las lentes están formadas por anillos concéntricos de un material con propiedades acústicas diferentes del las del medio en que se hallan inmersos y por tanto actuando como dispersores del sonido.

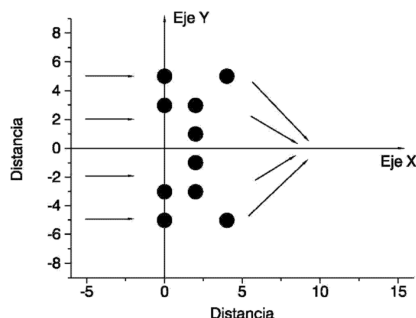


FIG. 1B

ES 2 367 641 B1

LENTE ACÚSTICA TRIDIMENSIONAL

DESCRIPCIÓN

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención hace referencia a un tipo de ingeniería de materiales con la que se pueden realizar operaciones con sonido muy similares a las que se llevan a cabo con luz: focalizar en un punto, por ejemplo.

10

Concretamente, el objeto de la invención hace referencia a lentes acústicas tridimensionales con simetría de revolución alrededor del eje sobre el que se producirá la focalización del sonido.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los últimos años se han propuesto de forma teórica ciertos tipos de lentes acústicas bidimensionales en el rango audible.

20 En el rango de los ultrasonidos existen en el mercado lentes acústicas basadas en el cambio de densidad y velocidad del sonido entre dos medios homogéneos con superficies curvadas. Esto es, lentes basadas en la refracción del sonido. Estas lentes tienen su principal aplicación en medicina (Ecografías, Litotricia, etc).

25

Los “cristales acústicos”, por su analogía con los “cristales fotónicos”, son estructuras formadas por una distribución periódica en el espacio de centros dispersores de sonido (de luz en el caso fotónico). Estos pueden ser unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D),
30 dependiendo de que la periodicidad del sistema sea en una, dos o tres dimensiones. A diferencia de los cristales fotónicos, donde el fenómeno de naturaleza ondulatoria implicado es de carácter vectorial (Campo

Electromagnético), en los cristales acústicos interviene un campo escalar como es la Presión. Este punto es de crucial importancia en la presente solicitud, dado que permite establecer la equivalencia entre sistemas 2D y sistemas 3D. El hecho de presentar una estructura periódica tiene como consecuencia la

5 aparición de bandas de frecuencia donde la propagación del sonido no está permitida dentro del cristal. Son las llamadas bandas prohibidas acústicas ("acoustic bandgaps" en la bibliografía). Aunque la existencia de estas bandas ha sido utilizada para proponer los cristales acústicos como un material aislante, la propiedad más interesante sería la referida a esa banda de

10 frecuencias para la que el cristal es transparente. Así, se ha demostrado que la velocidad del sonido dentro del cristal acústico, en tal intervalo de frecuencias, es menor que la velocidad del sonido en el aire. Esta propiedad sirvió para construir lentes acústicas con cristales acústicos bidimensionales, del mismo modo que se hace con las lentes ópticas convencionales de caras curvadas tal

15 y como se describe en la patente de invención española ES2237974. En ésta también se hace alusión a lentes acústicas basadas en cristales de sonido bidimensionales y tridimensionales como método para desviar la trayectoria de los haces sonoros para concentrarlos (existencia de un foco acústico), colimarlos o dispersarlos, utilizando un medio compuesto no homogéneo

20 denominado "cristal de sonido", formado por elementos materiales de una geometría determinada, dispuestos periódicamente, y en los que la velocidad de propagación del sonido es diferente a del aire o medio que los rodea, . En este tipo de lentes acústicas la focalización se producía gracias al fenómeno que experimentan las ondas de cambiar de dirección en su trayectoria al pasar

25 a un medio con velocidad de propagación diferente, la refracción. Los centros dispersores de sonido estaban formados por cilindros de aluminio que, dispuestos en paralelo, formaban un cristal acústico con velocidad de propagación efectiva del sonido inferior a la del aire. Dado que la lente ocupaba un volumen finito, los centros dispersores estaban dispuestos de

30 forma periódica sobre un plano (siendo cilindros, dicho plano es el perpendicular al eje de éstos), y decimos que los cristales acústicos utilizados en este caso eran bidimensionales. Por esta misma razón, en la estructura

tridimensional real hecha con cilindros de un metro de longitud, el sonido se no focalizaba en un punto, sino sobre una recta paralela al eje de los cilindros en el espacio tridimensional de aproximadamente un metro de longitud (la misma longitud que los propios cilindros. El hecho de que el lugar geométrico de focalización sea una recta en lugar de un punto resta efectividad a este tipo de lentes. Por otro lado, la propia existencia de bandas prohibidas para la propagación del sonido impedía un funcionamiento práctico, pues la lente debe funcionar como tal en un amplio espectro de frecuencias.

Como se ha dicho, las lentes acústicas bidimensionales basadas en la refracción del sonido presentaban ciertos inconvenientes. Para superarlos se introdujo una técnica diferente a la de curvar las caras exteriores (o superficies límite) de la lente. Dicha técnica consistía en suprimir o cambiar el tamaño de los centros dispersores (el radio de los cilindros en el ejemplo presentado) del cristal acústico bidimensional con una herramienta de optimización adecuada. La herramienta utilizada fueron los denominados algoritmos genéticos, que forman parte de un conjunto de algoritmos basados en el proceso de selección natural de los individuos más aptos. Gracias a la utilización de esta nueva técnica de optimización, también denominada diseño inverso, se diseñaron lentes acústicas capaces de trabajar dentro de cierto intervalo de frecuencias (1000-2000 Hz) dentro del rango audible; poco después aparecieron las primeras comprobaciones experimentales donde se demostraba la utilidad práctica de este tipo de lentes acústicas. Por otro lado el uso de esta técnica no permitió salvar el obstáculo de la falta de efectividad antes comentada debido al hecho de ser lentes del tipo bidimensional.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

A diferencia de lo que sucede en los cristales fotónicos, donde el fenómeno de naturaleza ondulatoria implicado es de carácter vectorial (Campo Electromagnético), en los cristales acústicos interviene un campo escalar como es la Presión. Este punto es de crucial importancia en la presente invención,

dado que permite establecer la equivalencia entre sistemas bidimensionales (2D) y sistemas tridimensionales (3D).

La lente acústica tridimensional objeto de la invención tiene simetría de revolución, lo cuál es mucho más ventajoso en términos de diseño. El objeto de la invención establece un paralelismo, a la par que una mejora, entre las lentes bidimensionales formadas por cilindros y sus equivalentes formadas por anillos concéntricos. Al igual que un círculo en el plano tiene como equivalente en el espacio tridimensional una esfera, cuando aplicamos una rotación alrededor de una recta que pasa por su centro, dos círculos forman un anillo en el espacio cuando realizamos esta operación sobre la mediatriz del segmento que une sus centros.

En primer lugar, se parte de una disposición de pares de círculos no optimizada donde una onda acústica incide desde un lado, por ejemplo la izquierda, sobre la estructura; a continuación el algoritmo de diseño inverso encuentra una disposición de círculos 2D optimizada para un propósito determinado (por ejemplo la focalización del sonido). Sea este sistema el formado por 5 pares de círculos en el plano donde el eje x representa el eje de simetría del conjunto de pares de círculos. Al pasar este sistema directamente al espacio 3D mediante una extrusión en z obtenemos una lente acústica 2D formada por cilindros de altura finita. Si por el contrario, el paso al sistema 3D se realiza mediante una rotación alrededor del eje x en lugar de una extrusión en z, obtenemos el tipo de lentes acústicas 3D objeto de la invención, que, a diferencia de la lente descrita en la patente española ES2237974, presenta simetría axial y focaliza en un punto del espacio en lugar de en una recta, lo que incrementa sus potencial práctico. De esta manera, cada par de círculos con centros en (a, b) y $(a, -b)$ y radio r son transformados al espacio tridimensional en un anillo con el eje x como eje de simetría, radio mayor $b+r$ y radio menor $b-r$.

El objeto de la invención hace uso del hecho de que, así como las lentes acústicas 2D focalizan el sonido a lo largo de una recta paralela al eje de los cilindros, las lentes acústicas 3D con simetría de revolución lo hacen en un punto situado en su eje de simetría, el denominado foco, de esta manera las lentes aquí presentadas aumentan su eficiencia sobre las conocidas en el estado de la técnica, siendo sencillo computacionalmente su diseño al realizarse este en un espacio bidimensional. Si bien existen diferentes procedimientos para calcular lentes acústicas bidimensionales, el concepto que define la presente invención puede ser ejemplificado mediante las que son diseñadas con algoritmos inversos como los algoritmos genéticos, aunque el método puede extenderse a cualquier tipo de lente bidimensional como, por ejemplo, las basadas en refracción, refracción negativa o de gradiente de índice efectivo.

Con la teoría bidimensional de dispersión múltiple, dependiendo de las posiciones de los pares de círculos, podemos calcular la presión acústica en el foco. Este cálculo es necesario para poder utilizar una herramienta de diseño inverso como es el algoritmo genético; a partir del sistema inicial de pares de círculos el algoritmo genera una población de individuos que representan diferentes configuraciones obtenidas. En el caso más simple cada individuo se representa como una cadena binaria donde la presencia o ausencia de los pares de círculos viene determinada por el valor 1 (presencia) o 0 (ausencia). El algoritmo genético, en un proceso repetitivo genera poblaciones de individuos cada vez mejores, es decir, individuos que hagan aumentar más la presión en el foco de la lente; al cabo de un cierto número de generaciones el algoritmo converge y se obtiene la estructura optimizada que cumple la funcionalidad requerida.

Las lentes objeto de la invención tienen un poder de focalización del sonido por unidad de área mayor que las lentes ya existentes o propuestas con anterioridad. Por otro lado, el hecho de que están formadas por elementos que dispersan el sonido, el cambio en la posición de estos elementos, así como sus

características, permite una mayor plasticidad y adaptación al problema concreto que debe resolver la lente. Estas características también permiten la utilización de herramientas de diseño más potentes y efectivas como las basadas en el diseño inverso (como los citados algoritmos genéticos).

5

Por ejemplo, se pueden diseñar lentes que focalicen en distintos puntos (lentes multifoco) y/o a distintas frecuencias (lentes multifrecuencia). La equivalencia propuesta entre lentes acústicas 2D y 3D, así como el hecho de poseer simetría axial, permite la utilización en su diseño de herramientas
10 teóricas bidimensionales (teoría 2D de dispersión múltiple, elementos finitos con simetría axial), más rápidas computacionalmente hablando y, por tanto, permite abordar estructuras más complejas en el proceso de optimización, como sistemas acústicos con simetría de revolución para focalizar, colimar o dispersar el sonido. Las lentes pueden estar formadas por anillos concéntricos
15 pero siempre fabricadas a partir de un material con propiedades acústicas diferentes del las del medio en que se hallan inmersos y, por tanto, actuando como dispersores del sonido.

Hay que indicar que la efectividad de las lentes aquí presentadas está
20 limitada por el pequeño número de elementos dispersores de sonido que las forman. El uso de estructuras más complejas mejoraría su comportamiento, pudiendo ser de gran utilidad práctica para desarrollar lentes acústicas monofoco capaces de funcionar en un mayor rango de frecuencias, por ejemplo. Este punto es importante puesto que la percepción sonora humana
25 alcanza un gran espectro de frecuencias.

Por otro lado, si trasladamos estos conceptos al rango espectral de los ultrasonidos las lentes presentadas podrían también tener utilidad en la técnica médica de litotricia, técnica que consiste en focalizar ultrasonidos sobre las
30 piedras que se forman en el riñón con objeto de fragmentarlas y facilitar así su expulsión natural fuera del cuerpo. La presente lente trabajaría en modo continuo, en lugar de modo pulsado como las utilizadas actualmente en

litotricia, aunque permitiría usar una potencia nominal menor por el mayor poder de focalización y podría modificar la distancia focal con la frecuencia (sin medios mecánicos). Ello supone una mejora en la efectividad de la lente a la hora de dirigir la energía acústica a su objetivo sin dañar el tejido circundante. Con un objetivo similar, también se podría encontrar utilidad de la lente en técnicas de cirugía y diagnóstico por ultrasonidos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, una serie de dibujos y gráficos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1a.- Muestra una disposición de pares de círculos no optimizada donde una onda acústica incide desde la izquierda sobre la estructura.

Figura 1b.- Muestra un sistema el formado por 5 pares de círculos ya optimizados en el plano donde el eje x representa el eje de simetría del conjunto de pares de círculos.

Figura 1c.- Muestra el paso a 3D mediante una extrusión en el eje Z

Figura 1d.- Muestra el paso a 3D mediante una rotación alrededor del eje X.

Figura 2a.- Muestra un mapa de presión sobre el plano perpendicular a los cilindros calculado con la teoría bidimensional de dispersión múltiple.

Figura 2b.- Muestra mapa de presión para la estructura 3D formada por anillos.

Figura 2c.- Muestra una gráfica que representa la presión a lo largo de una sección longitudinal a lo largo del eje x para la lente 2D y su equivalente 3D.

5 Figura 3a.- Muestra el mapa de presión para la frecuencia central de $f_2=2200$ Hz de la lente 2D.

Figura 3b.- Muestra el mapa de presión para la frecuencia central de $f_2=2200$ Hz de la lente 3D.

10 Figura 3c.- Muestra una gráfica que representa el comportamiento de las lentes 2D y 3D para las tres frecuencias f_1 , f_2 y f_3 , mediante las secciones longitudinales del campo de presión sobre el eje de simetría.

15 Figura 4a.- Muestra el mapa de presión para la frecuencia de 2200 Hz de la lente 2D optimizada.

Figura 4b.- Muestra el mapa de presión para la frecuencia de 2200 Hz de la lente 3D optimizada.

20 Figura 4c.- Muestra una gráfica que representa el efecto de la transformación de la lente 2D en su equivalente 3D al pasar de una presión de 2.14 a 4.6 en el foco (línea vertical).

25 Figura 5.- Muestra unas vistas de las distintas etapas del proceso de construcción de la lente acústica 3D.

Figura 6a.- Muestra una gráfica donde se representa el resultado experimental junto con la amplificación obtenida teóricamente en función de la frecuencia.

30 Figura 6b.- Muestra una gráfica donde se representa el resultado experimental de la estructura real 3D formada por anillos junto con la amplificación obtenida teóricamente en el eje X.

Figura 6c.- Muestra una gráfica donde se representa el resultado experimental en el foco de la estructura real 3D formada por anillos junto con la amplificación obtenida teóricamente en el eje Y.

5 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A la vista de las figuras se describe a continuación un modo de realización preferente de la lente objeto de esta invención.

En un primer ejemplo de realización de la invención se describe la fabricación de una lente acústica con distancia focal variable dependiente de la frecuencia, más concretamente una lente acústica capaz de focalizar el sonido a 3 distancias diferentes para 3 frecuencias de la onda incidente distintas. Debido al incremento en el número de condiciones que debe trabajar un algoritmo utilizado para el posicionamiento de unos elementos dispersores, es conveniente aumentar el espacio de búsqueda de soluciones permitiendo la variación tanto de la posición inicial como el radio de los elementos dispersores. Se impone al algoritmo que la focalización se produzca a unas distancias focales $F1=0.35$ m, $F2=0.45$ m y $F3=0.55$ m para unas frecuencias $f1=2000$ Hz, $f2=2200$ Hz y $f3=2450$ Hz partiendo de 14×3 cilindros dispuestos según una red cristalina 2D cuadrada, con parámetro de red igual a 0.1 m, que actúan como elementos dispersores. En la figura 3-a y 3-b se puede observar el mapa de presión para la frecuencia central de $f2=2200$ Hz de la lente 2D y 3D, respectivamente. Se aprecia que en ambos casos la focalización se produce en torno a la posición de un foco $F2=0.45$ m alcanzando una amplificación de 11.48 dB para la lente tridimensional (siendo de 4.6 dB en la bidimensional). Por último, tal y como se observa en la figura 3c, donde se puede ver el comportamiento de unas lentes 2D y 3D para las tres frecuencias $f1$, $f2$ y $f3$ mediante las secciones longitudinales del campo de presión sobre el eje de simetría, se comprueba que la posición de foco es dependiente de la frecuencia en la lente 3D, de la misma manera que lo es en la lente 2D. Es decir, ambas lentes focalizan en torno a $F1$, $F2$ y $F3$ a las frecuencias $f1$, $f2$ y $f3$

mientras que en el caso 3D lo hace de una manera más efectiva.

En un segundo ejemplo de realización del objeto de la invención se describe la fabricación y posterior medida experimental de una lente acústica con simetría axial. La lente en cuestión está formada por un conjunto de 17 anillos concéntricos metálicos como elementos dispersores. Dichos elementos dispersores se han construido doblando adecuadamente 17 tubos de aluminio de 2 cm de radio, siendo el grosor del aluminio de 2 mm. En primer lugar, se procede a encontrar una disposición adecuada en las posiciones de los elementos dispersores para que se produzca una focalización del sonido a una frecuencia determinada sobre un punto del eje de simetría de dichos elementos dispersores denominado foco. Para ello se utiliza un algoritmo genético y la teoría bidimensional de dispersión múltiple para el diseño de una lente 2D a partir de la cual se construirá su equivalente 3D. Al algoritmo genético se le ha implementado la condición de que maximice, a la frecuencia de 2200 Hz, la presión en el punto $x=0.5$ m (tomando como referencia la primera fila de cilindros), para lo que se ha permitido la eliminación de pares de cilindros de una red cuadrada de 5×12 elementos con parámetro de red igual a 7.5 cm (dicho parámetro es la arista de la red cuadrada, esto es, la distancia entre cilindros). El resultado de la optimización, así como el campo de presiones obtenido para esta lente 2D, se pueden ver en la figura 4a. El campo de presión equivalente para la lente tridimensional se muestra en la figura 4b. Por medio de unas secciones longitudinales calculadas teóricamente, se puede apreciar mejor el efecto de la transformación de la lente 2D en su equivalente 3D, al pasar de una presión de 2.14 a 4.6 en el foco (línea vertical), lo que se muestra en la figura 4c. Esto equivale a pasar de una amplificación de 6 dB a una amplificación de 13.25 dB.

La construcción se ha llevado a cabo mediante la sujeción por medio de alambres de los anillos de aluminio que actúan como elementos dispersores a un marco rígido, tal y como se aprecia en la figura 5. Para obtener el comportamiento de la lente con la frecuencia se han realizado medidas

situando un micrófono en el foco. La estructura es analizada haciendo incidir sobre ella un haz sonoro de ruido blanco producido por un generador de tonos convencional conectado a un altavoz situado a varios metros de la lente.

5 A falta de cámara anecoica, para evitar reflexiones del sonido que podrían contaminar la señal a analizar, las medidas se han realizado en un entorno abierto y en ausencia de señal sonora externa. En primer lugar se graba la señal acústica situando el micrófono en el foco durante 15 segundos. A continuación se realiza la misma medida en vacío, es decir, sin lente acústica
10 entre el altavoz y el micrófono. La transformada de Fourier de ambas medidas nos proporciona el nivel sonoro en función de la frecuencia. La amplificación experimental en el foco se calcula como la diferencia entre ambas señales. En la figura 6-a, además del resultado experimental, se ha representado la amplificación obtenida teóricamente en el foco de la estructura real 3D formada
15 por anillos en función de la frecuencia. Hay que destacar la coincidencia en la amplificación entorno a 2200 Hz entre la medida y la curva obtenida teóricamente obteniendo una amplificación de 13.8 dB. También se han realizado medidas de la amplificación de una sección transversal en el foco y longitudinal a lo largo del eje de simetría a 2200 Hz. En ambas secciones se
20 observa un máximo de amplificación en el foco (líneas verticales) y una coincidencia con los cálculos teóricos.

 El hecho de que el espectro experimental en el foco, tal y como se observa en la figura 6a, no se ajusta exactamente al resultado teórico en todo
25 el intervalo de frecuencias puede ser explicado por varias razones. En primer lugar, aunque la medida ha sido realizada en campo libre, la falta de una cámara anecoica hace que al sonido que llega directamente al micrófono se le sume una componente procedente de la reflexión en el suelo. Este hecho explica la aparición de picos y valles que contaminan la señal registrada. Por
30 otro lado, el aparente corrimiento entre los espectros teórico y experimental (El espectro experimental se encuentra desplazado a la izquierda aproximadamente unos 200 Hz respecto al espectro teórico) se explica porque

- la onda incidente sobre la lente no es del todo plana. Dado que la fuente, que puede considerarse de un tamaño del orden de la longitud de onda, no emite frentes de onda completamente planos puede darse el caso que la onda no haya recorrido suficiente camino para considerarse una onda plana. Estas
- 5 pequeñas discrepancias entre experimento y teoría no limitan los aspectos fundamentales de la invención: observamos la existencia de un foco de sonido en una posición y con un poder de focalización muy parecido a los esperados (también la distribución espacial de intensidad de sonido es la esperada)

REIVINDICACIONES

1. Lente acústica tridimensional para focalizar, colimar y/o dispersar haces sonoros caracterizada porque comprende una distribución espacial según un patrón de unos elementos dispersores de dichos haces sonoros donde dichos elementos dispersores tienen simetría de revolución y se encuentran inmersos en un medio continuo en cuyo seno la velocidad de propagación del sonido es distinta con respecto de la de los elementos dispersores.

5
2. Lente acústica según reivindicación 1 caracterizada porque el tamaño de la lente se define en concordancia a una longitud de onda a la que trabaja.

10
3. Lente acústica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque los elementos dispersores se encuentran ubicados a la misma distancia unos de otros.

15
4. Lente acústica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2 caracterizada porque los elementos dispersores se encuentran ubicados a distintas distancias unos de otros.

20
5. Lente acústica según reivindicación 3 ò 4 caracterizada porque el patrón está definido por un algoritmo matemático, en función de la focalización y de la posición de al menos un foco determinado por un punto a lo largo del eje de simetría de cada uno de los elementos dispersores en el cual la presión acústica es máxima.

25
6. Lente acústica según reivindicación 5 caracterizada porque el algoritmo matemático es un algoritmo de diseño inverso.
7. Lente acústica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque los elementos dispersores son anillos.

30

- 5
8. Lente acústica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque los elementos dispersores están fabricados en un material con propiedades acústicas diferentes del las del medio en que se hallan inmersos para actuar como dispersores de haces sonoros.
9. Lente acústica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque adicionalmente comprende un reflector parabólico como emisor de los haces sonoros.
- 10
10. Uso de la lente acústica descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 como lente acústica en aplicaciones médicas como litotricia.
- 15
11. Uso de la lente acústica descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 como lente acústica en aplicaciones médicas tales como cirugía no incisiva.
- 20
12. Uso de la lente acústica descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 en aplicaciones de lucha contra la contaminación acústica como desviador y/o cancelador de ruido.

25

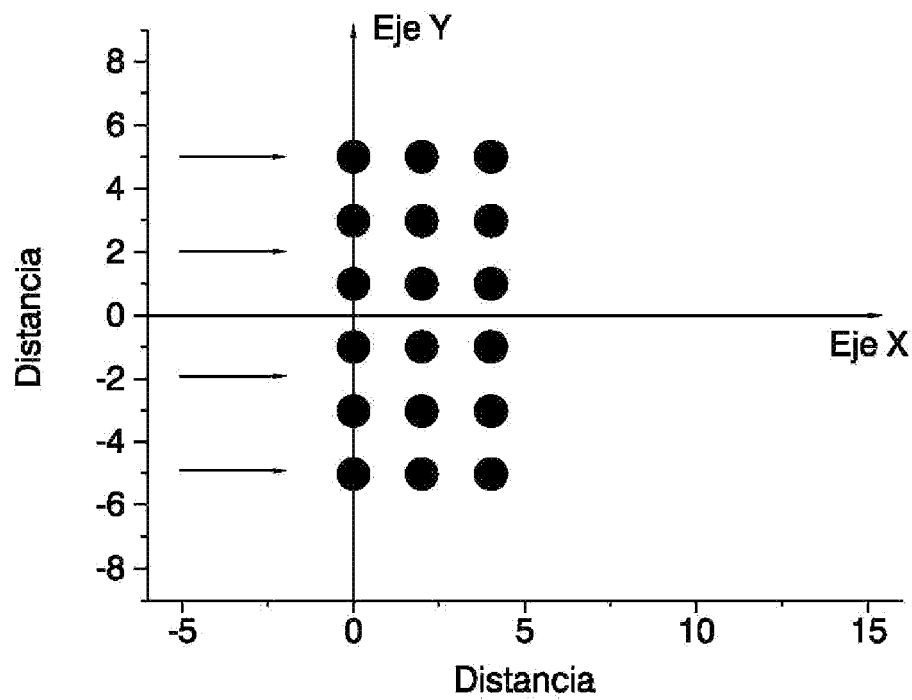


FIG. 1A

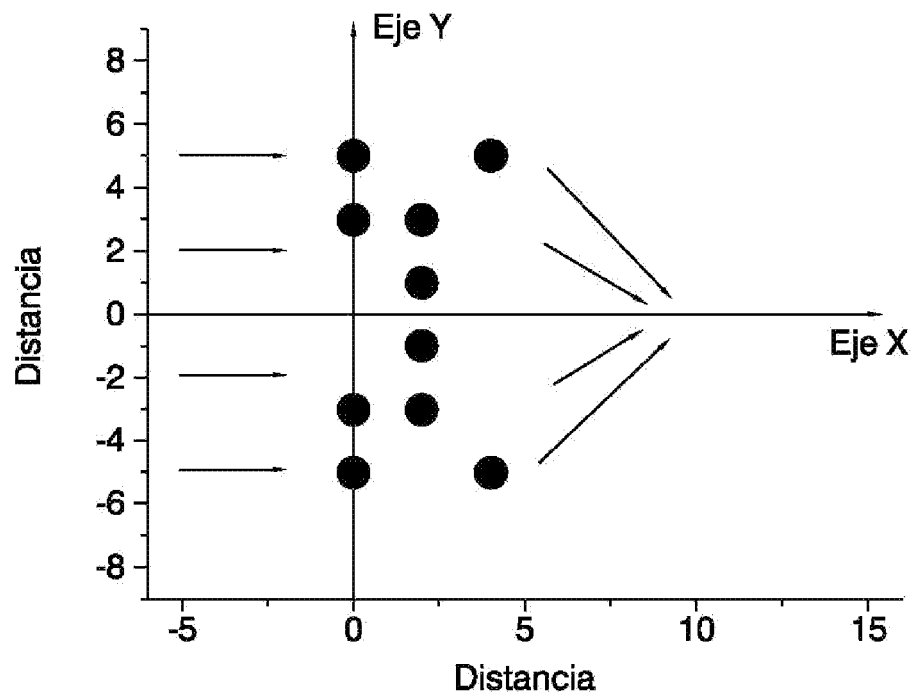


FIG. 1B

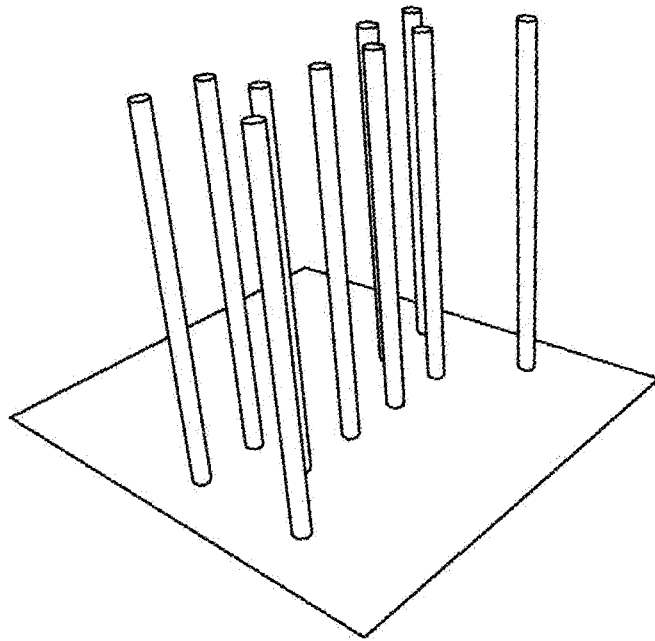


FIG. 1C

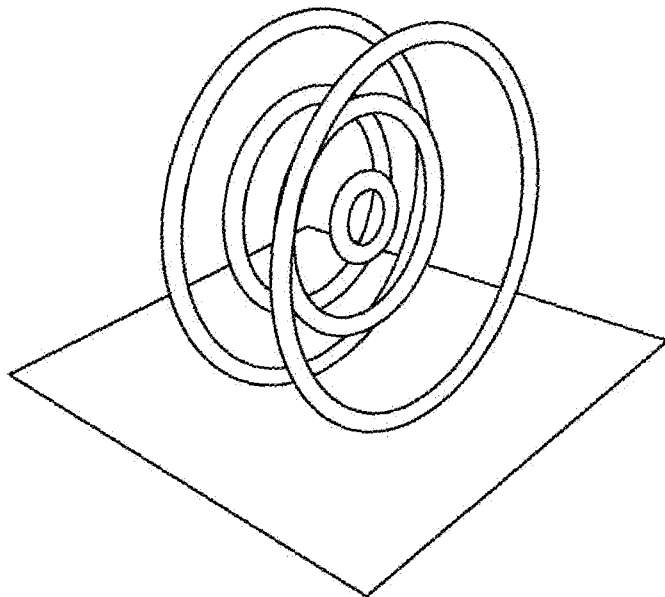


FIG. 1D

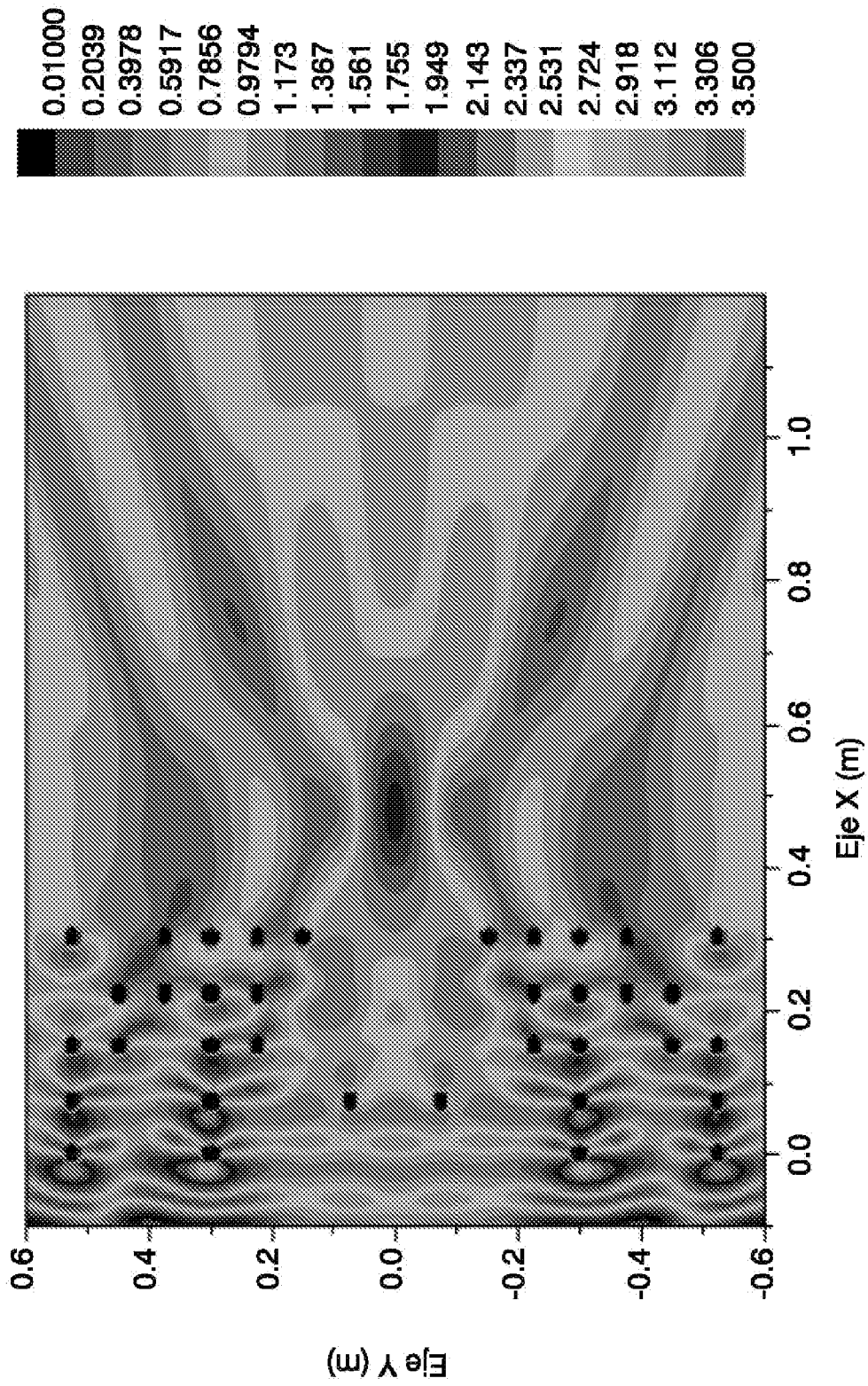


FIG. 2A

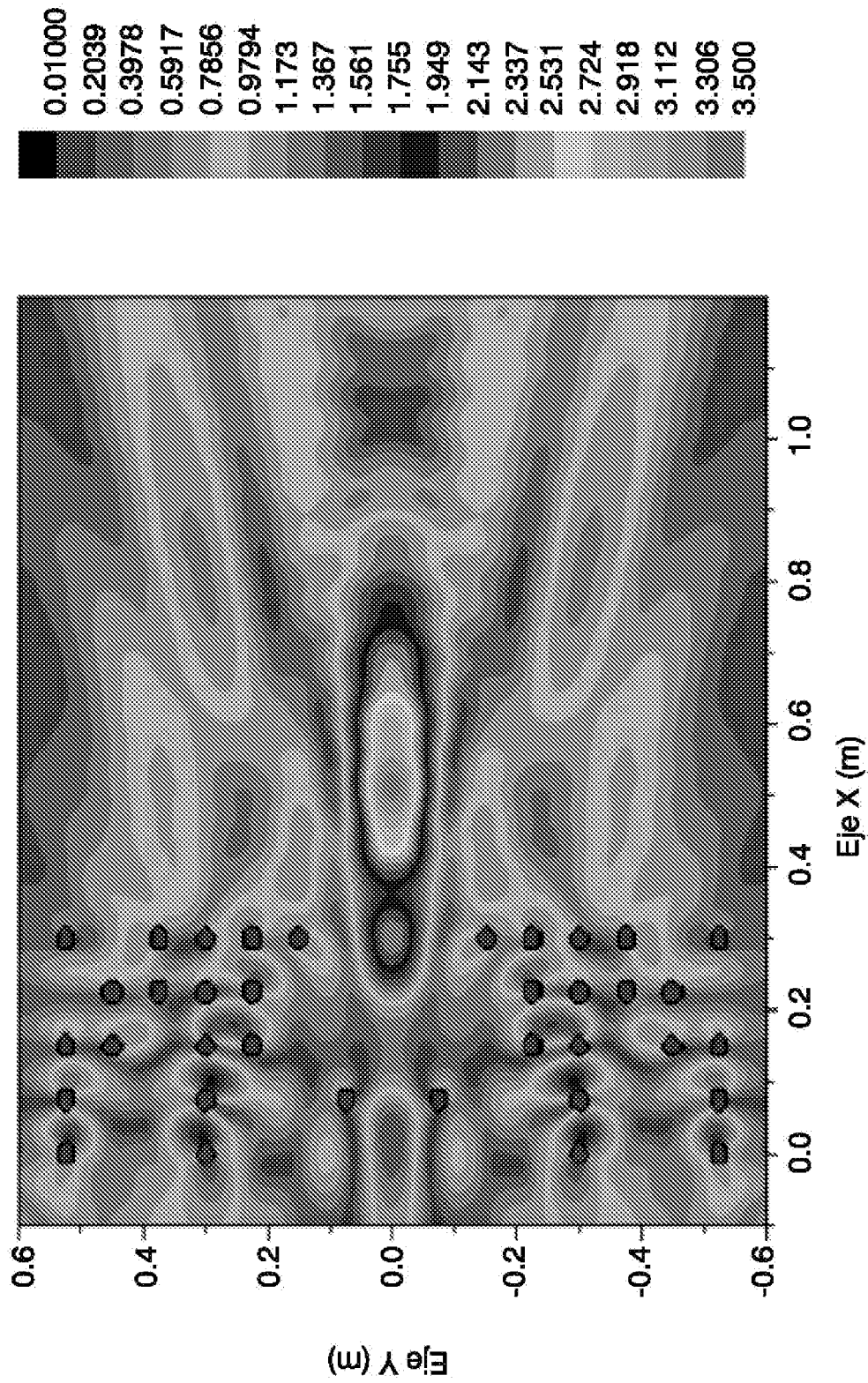


FIG. 2B

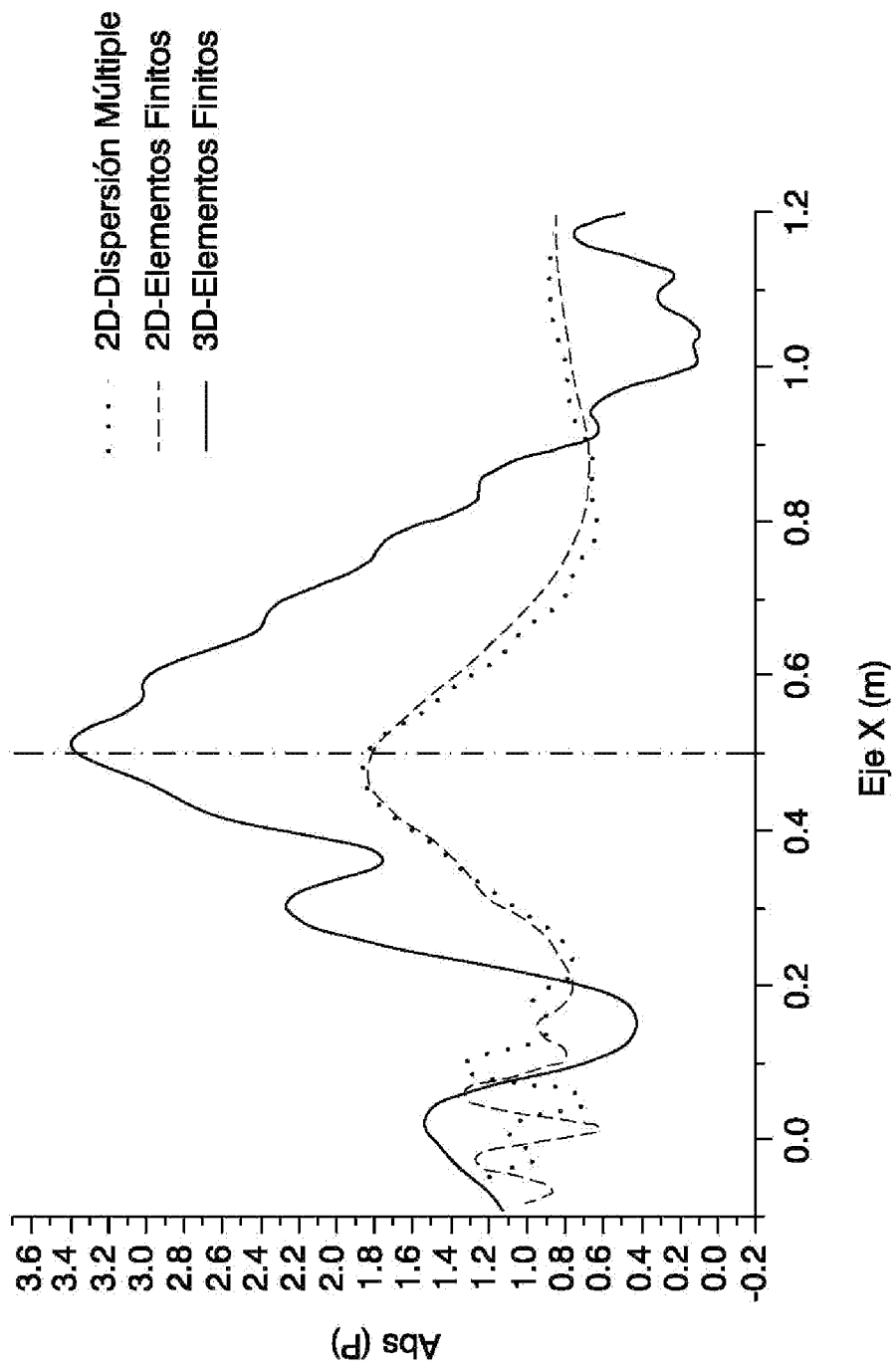


FIG. 2C

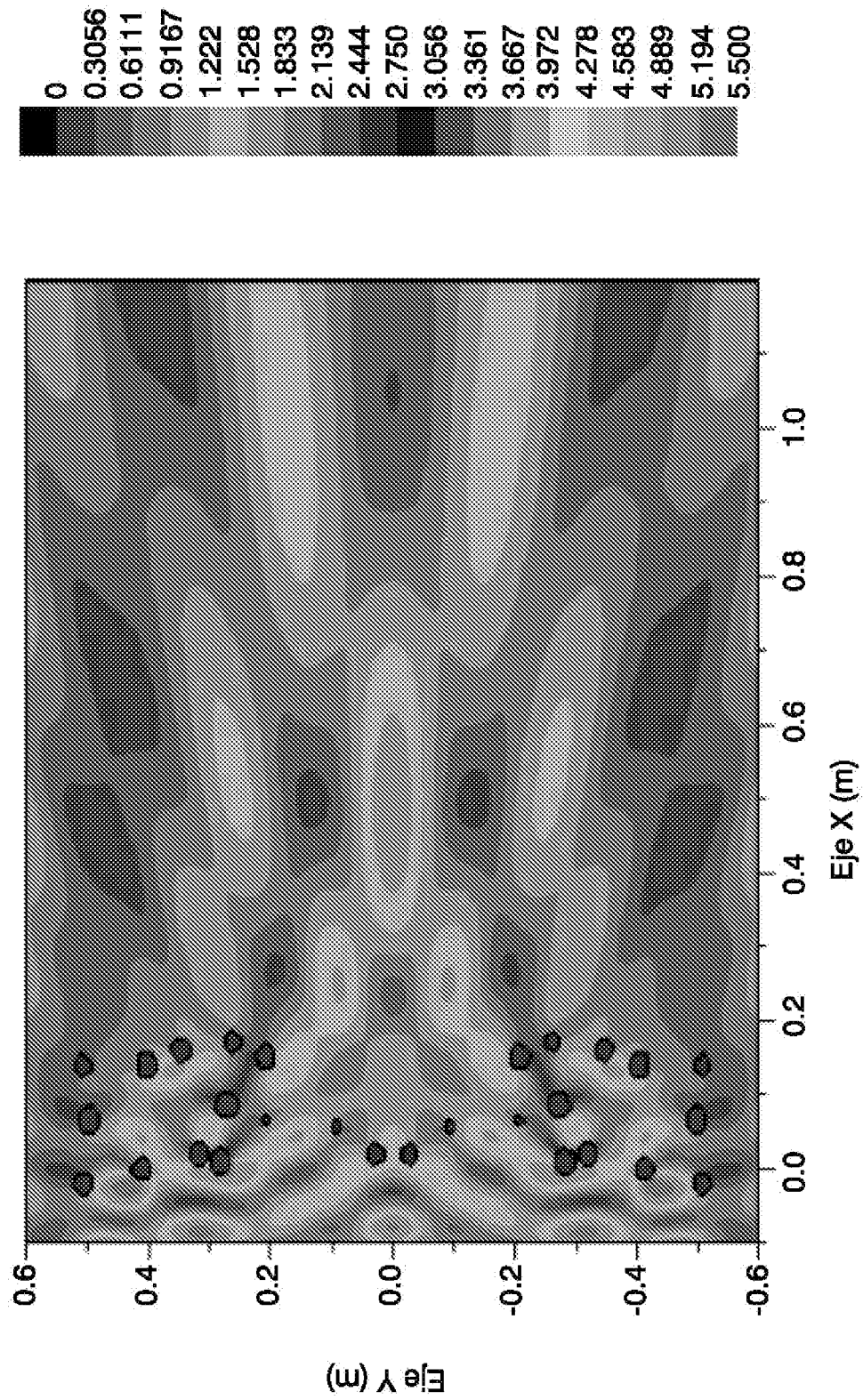


FIG. 3A

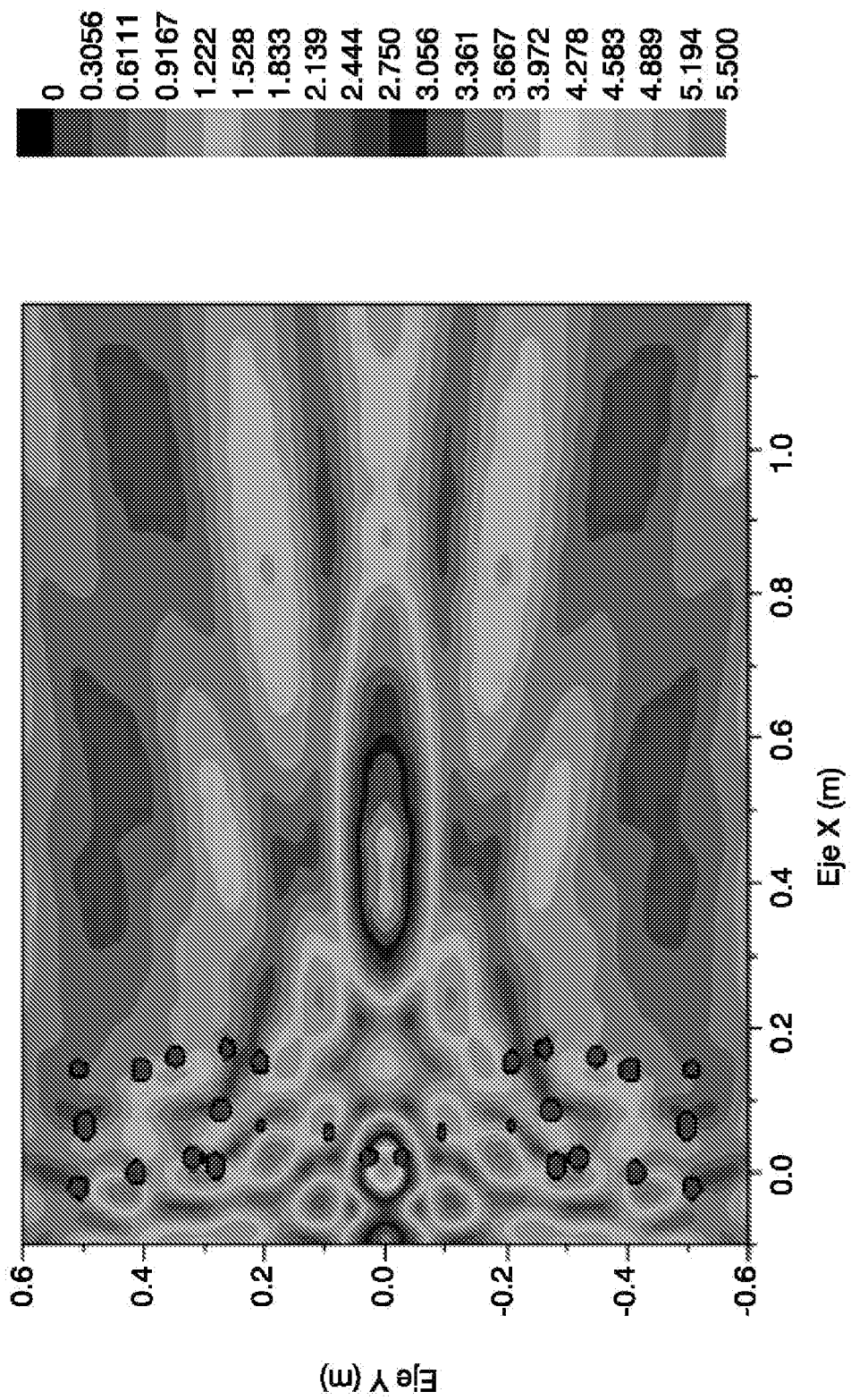


FIG. 3B

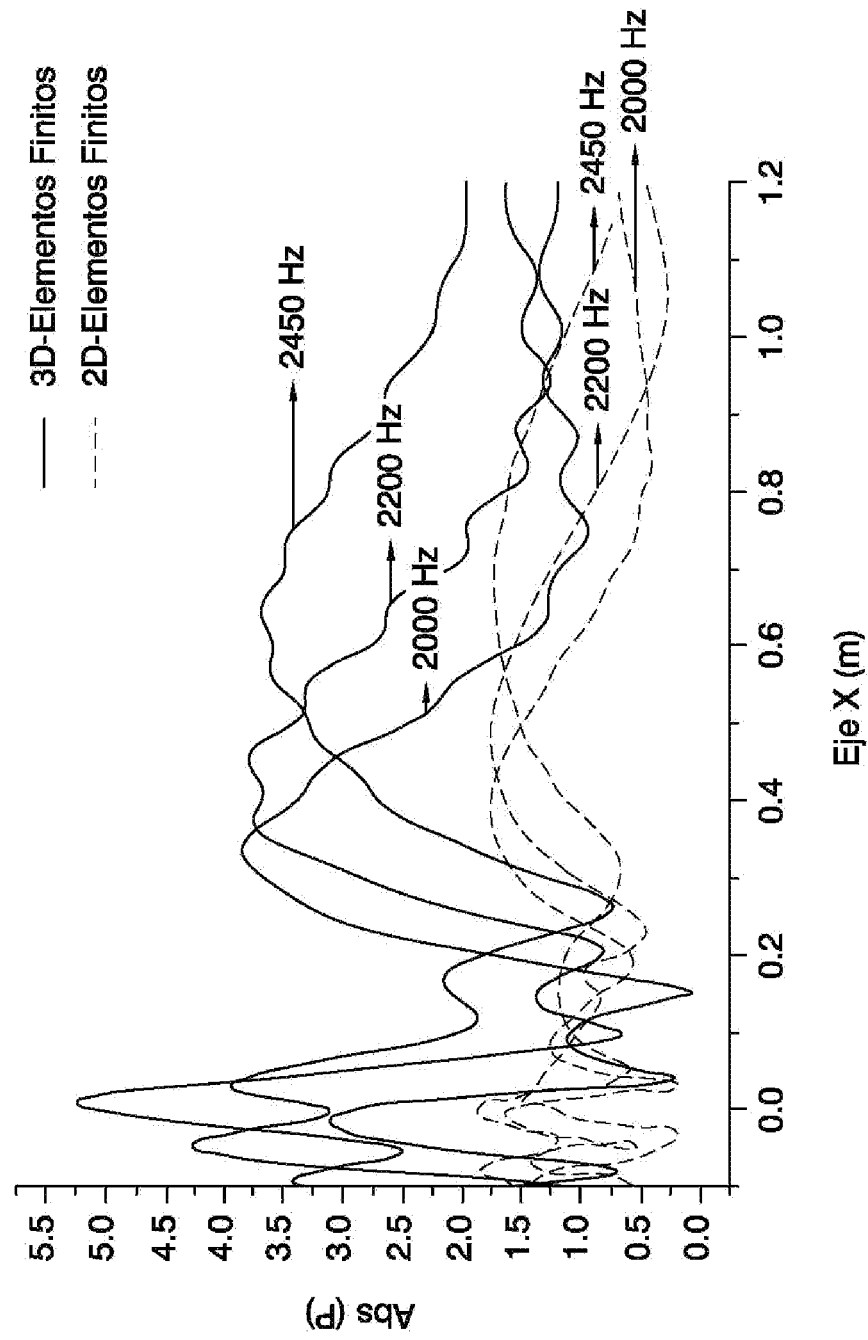


FIG. 3C

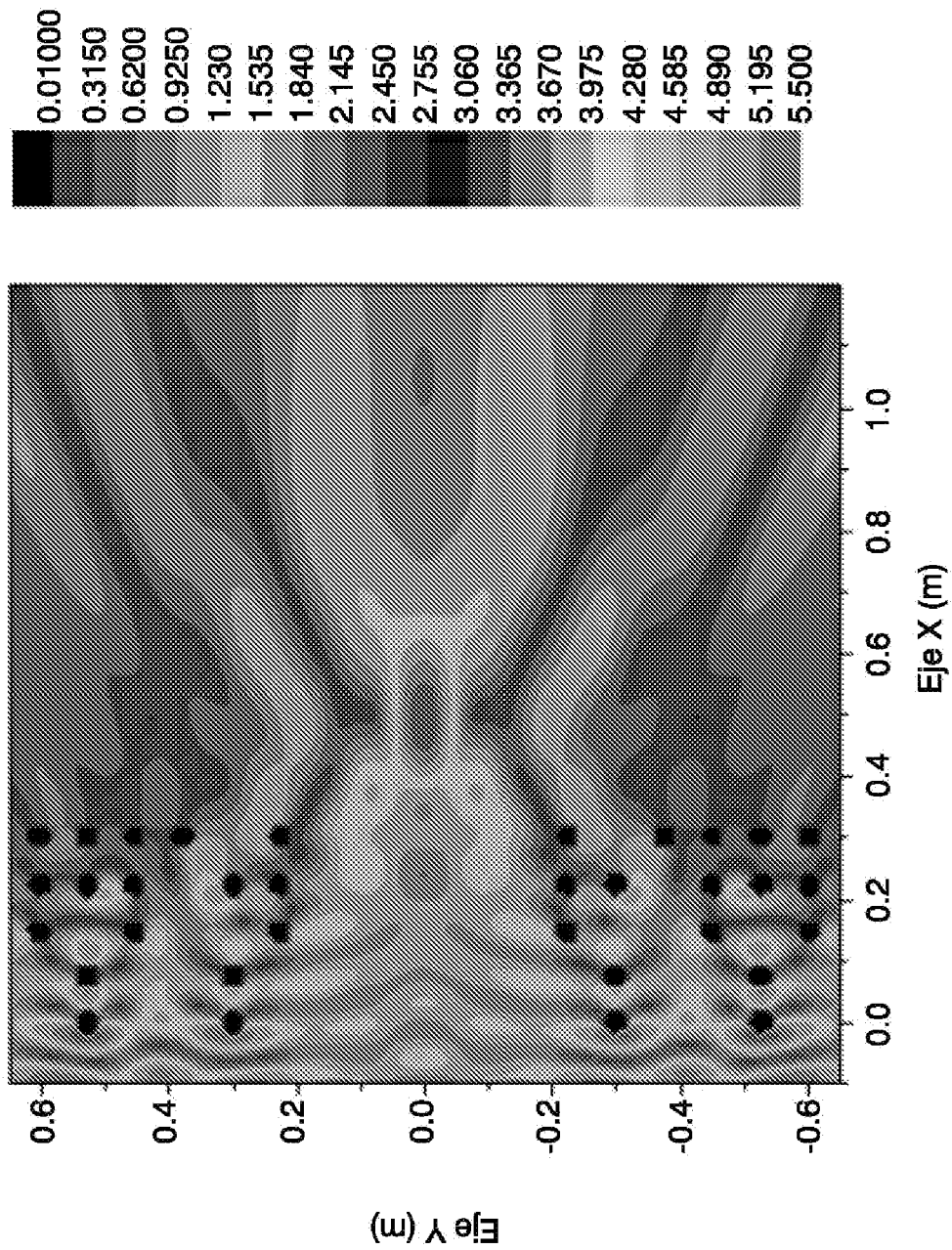


FIG. 4A

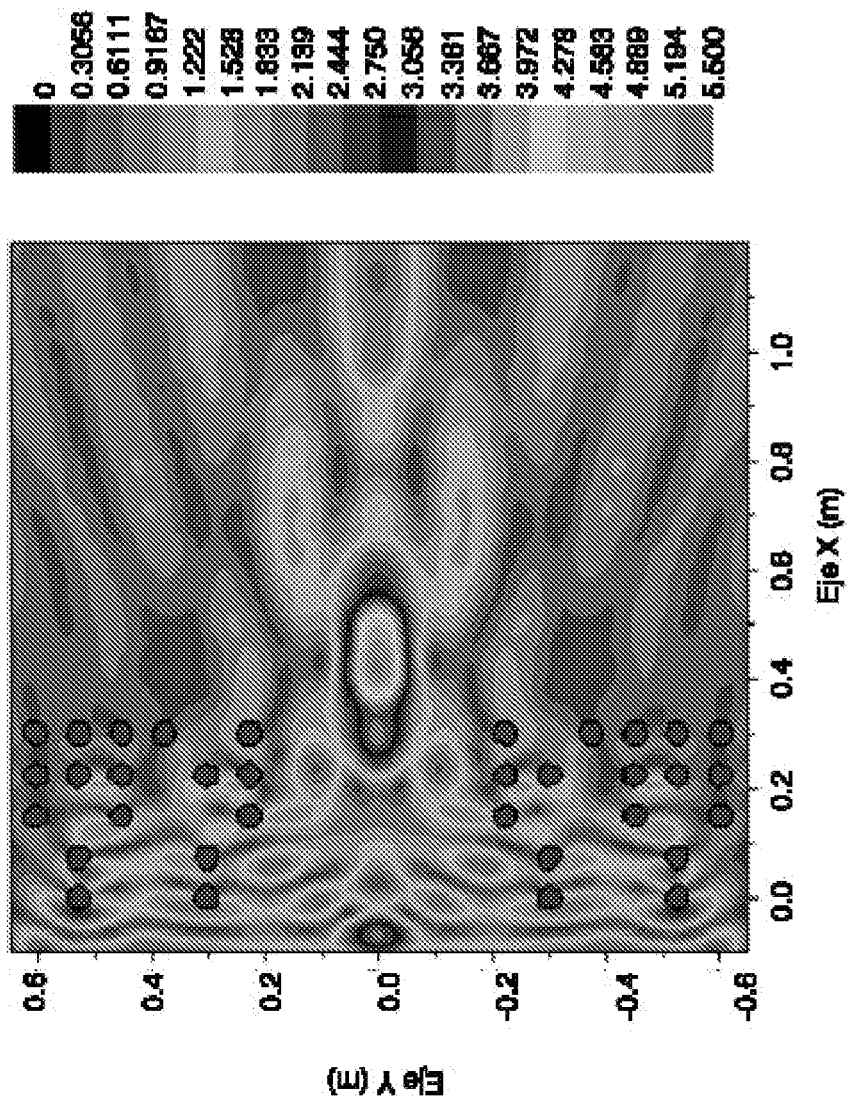


FIG. 4B

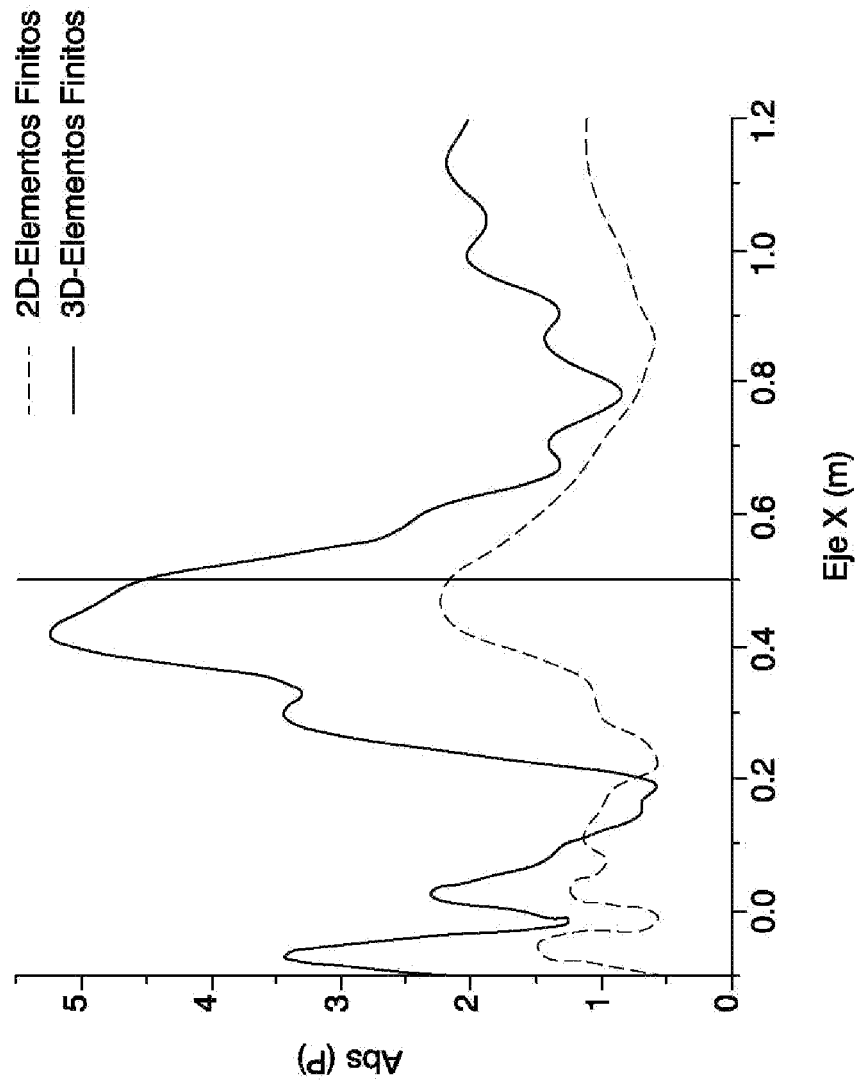


FIG. 4C

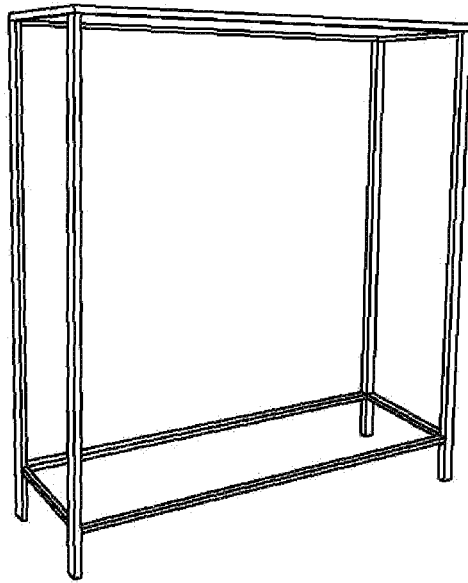


FIG. 5A

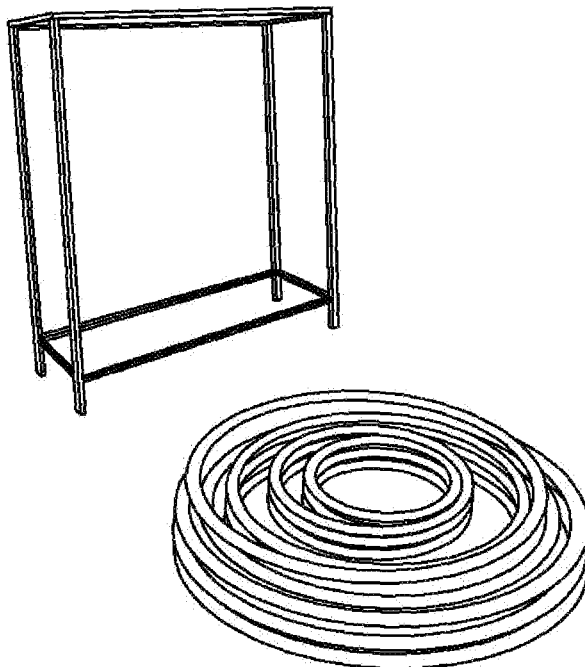


FIG. 5B

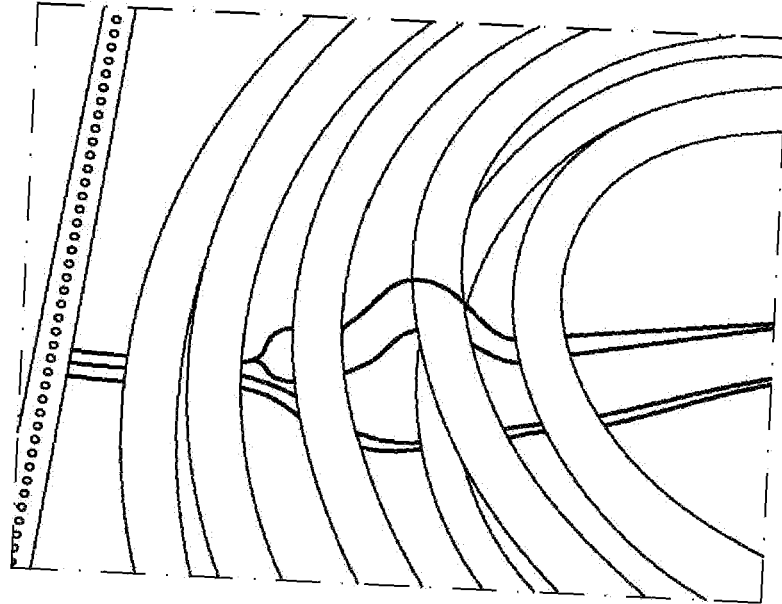


FIG. 5C

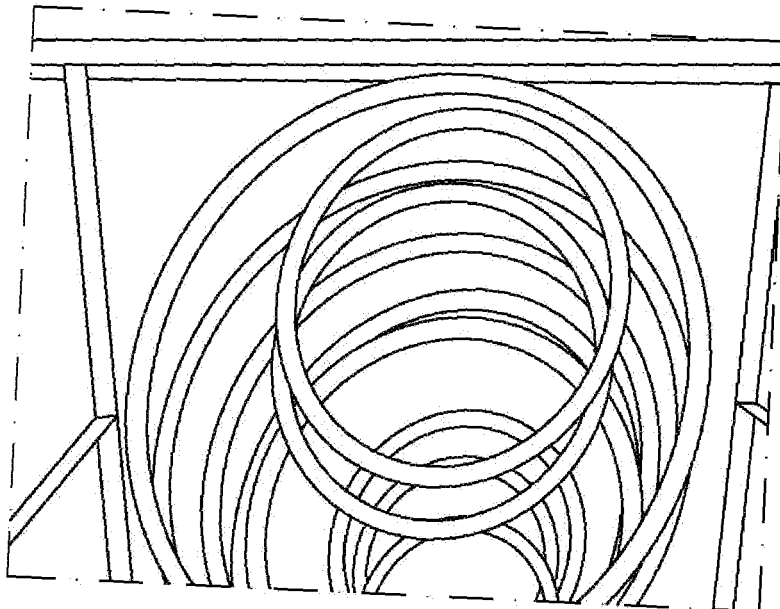


FIG. 5D

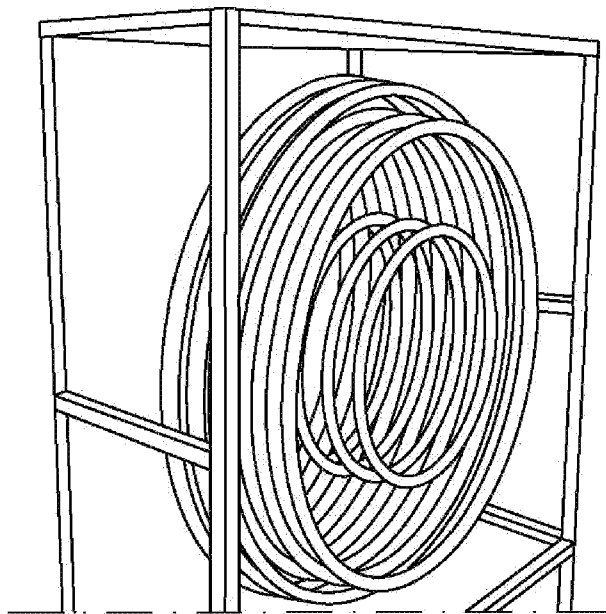


FIG. 5E

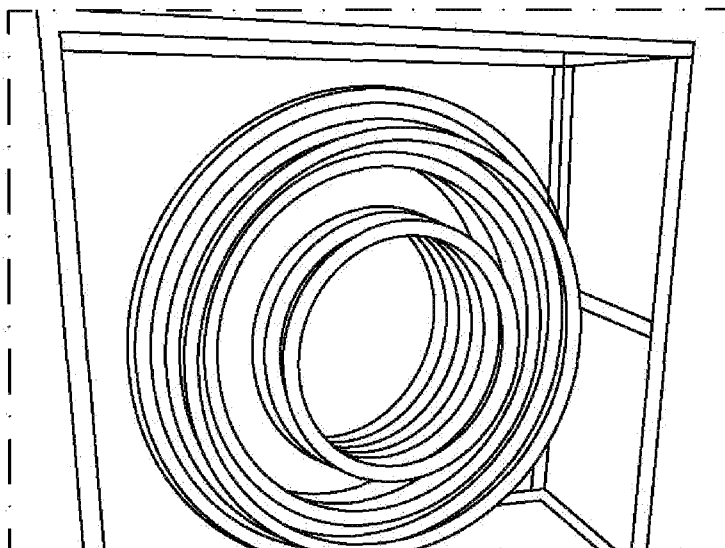


FIG. 5F

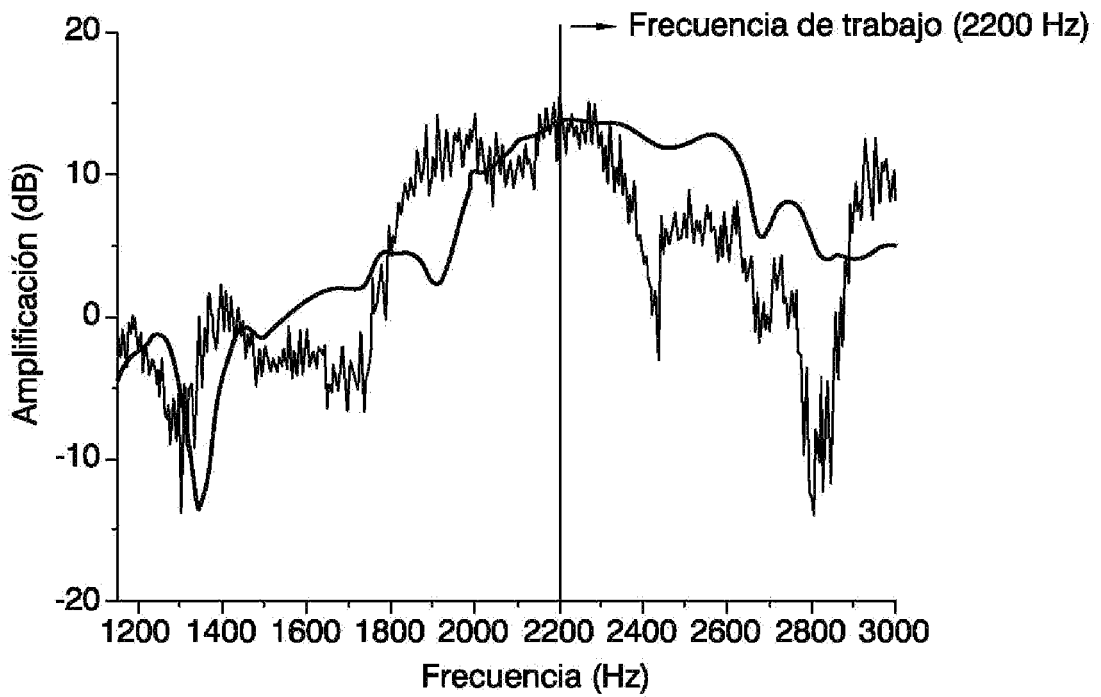


FIG. 6A

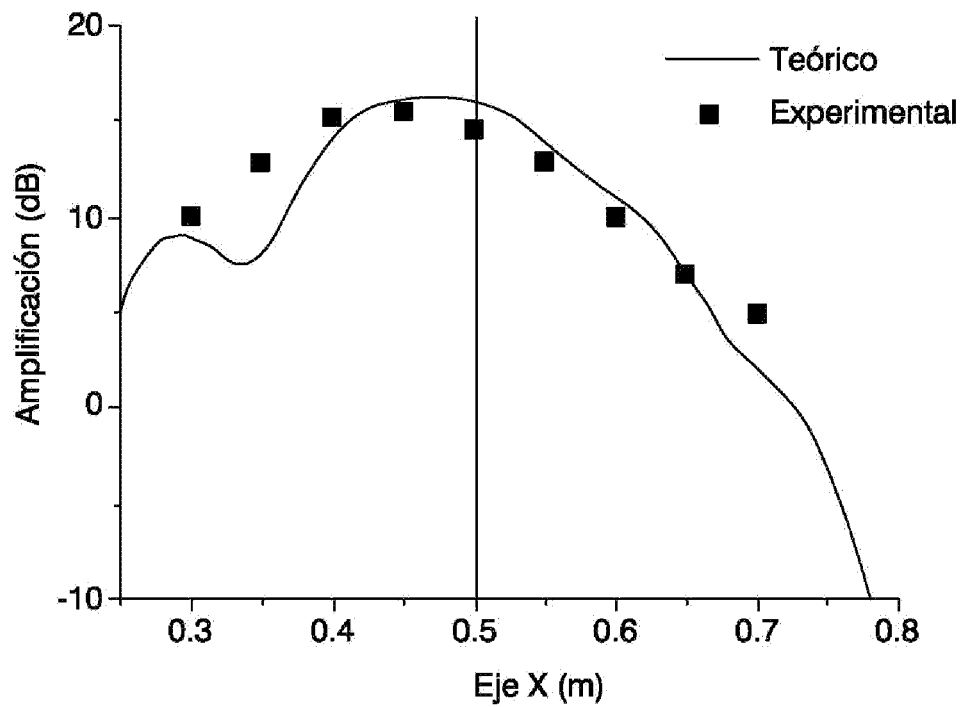


FIG. 6B

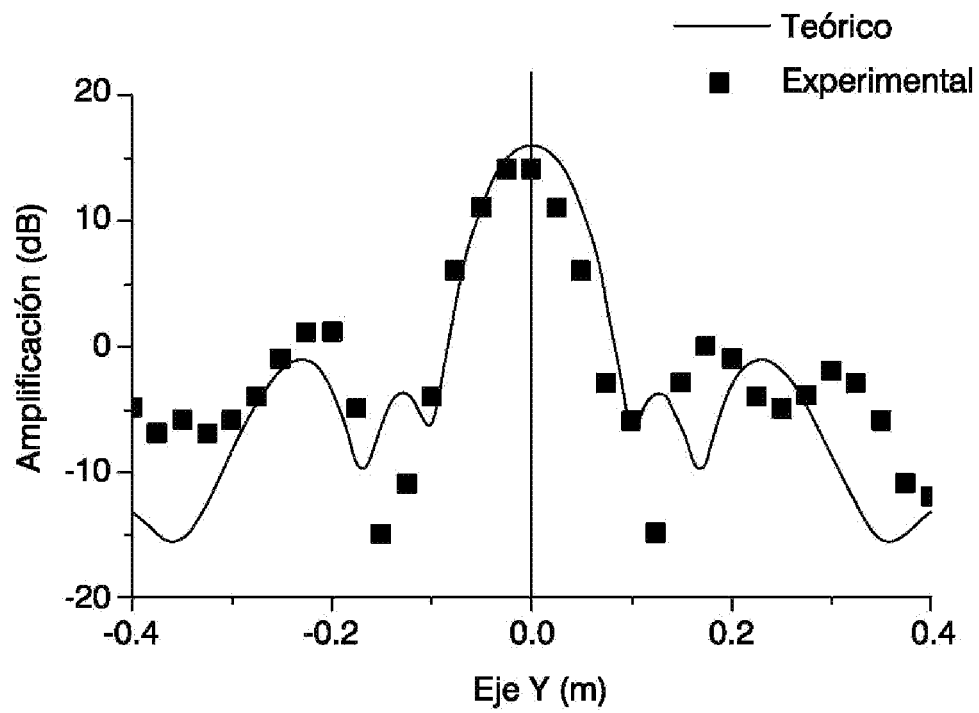


FIG. 6C



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201030586

②② Fecha de presentación de la solicitud: 22.04.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G10K11/30** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 2237974 A1 (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA) 01.08.2005, resumen; página 2, líneas 19-35; página 2, línea 46 – página 3, línea 38; página 4, línea 1 – página 5, línea 7; página 5, líneas 35-58; figuras 1,4,7.	1,2,4,9,11-13
A		3,4
X	JP 62295096 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 22.12.1987, todo el documento.	1,2,4,5,9,11-13
A	JP 07114393 A (NIPPON DENSO CO.) 02.05.1995, todo el documento.	1,2,4,9,11-13
A	GB 2004170 A (SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE) 21.03.1979, resumen; página 1, líneas 5-96; página 1, línea 120 – página 2, línea 34; página 2, líneas 71-105; figuras.	1-4,8,9,11-13
A	JP 57084498 A (INOUE JAPAX RES) 26.05.1982	
A	EP 0434931 A2 (XEROX CORPORATION) 03.07.1991	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
01.09.2011

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G10K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.09.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 3, 6-8, 10-13	SI
	Reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 9	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 3, 6-8, 10	SI
	Reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 9, 11-13	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

Consideraciones:

La presente Solicitud se refiere, en su primera reivindicación, a una lente acústica tridimensional para enfocar, colimar o dispersar haces sonoros, que comprende una distribución espacial según un cierto patrón de unos elementos dispersores de dichos haces sonoros que se encuentran inmersos en un medio continuo en cuyo seno la velocidad de propagación del sonido es distinta de la de los elementos dispersores.

Las reivindicaciones 2-5, 8 y 9 especifican o detallan diversas características geométricas de los elementos dispersores en sí, así como de su distribución espacial, y de los materiales de que están formados.

Por su parte, en las reivindicaciones 6 y 7 se recoge el método matemático de diseño de la lente, en función de la posición pretendida para el foco (reivindicación 6), y concretado como un algoritmo matemático de diseño inverso (reivindicación 7); y en la reivindicación 10 se añade un reflector parabólico como emisor de los haces sonoros.

Por último, las reivindicaciones 11-13 recogen diversas aplicaciones ventajosas de la lente acústica de la invención.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2237974 A1 (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA)	01.08.2005
D02	JP 62295096 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.)	22.12.1987
D03	GB 2004170 A (SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE)	21.03.1979

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera que la invención definida en las reivindicaciones 1, 2, 4, 5 y 9 de esta Solicitud carece de novedad por estar comprendida en el estado de la técnica. En efecto, considerando el documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría X para dichas reivindicaciones, como el antecedente técnico más próximo al objeto en ellas definido, se describe en él una lente acústica tridimensional para enfocar, colimar o dispersar haces sonoros (página 2, líneas 46 y 47; página 3, línea 24), que comprende una distribución espacial según un cierto patrón (Figuras 1, 4 y 7) de elementos dispersores de dichos haces sonoros que se encuentran inmersos en un medio continuo en cuyo seno la velocidad de propagación del sonido es distinta de la de dichos elementos dispersores (página 3, líneas 11 y 12: "El medio en que están inmersos los centros dispersores debe ser homogéneo y de distinta velocidad de propagación del sonido que los centros dispersores."). D01 anticipa, por tanto, idénticamente el contenido de la reivindicación 1, destruyendo así su novedad. Además, la reivindicación 2 se limita a expresar un hecho sobradamente conocido en la manipulación de todo tipo de ondas y, por tanto, inherentemente asociado también a la lente de D01. También en esta lente los elementos dispersores tienen una sección circular, están ubicados a la misma distancia unos de otros y, como ya se ha dicho, están fabricados de un material con propiedades acústicas (velocidad de propagación del sonido) diferentes de las del medio en que se hallan inmersos. Por otro lado, aunque no se recoge en D01 la posibilidad de que los elementos dispersores estén ubicados a distintas distancias unos de otros (según se indica en la reivindicación 5), esta puede apreciarse, sin embargo, en el documento D02, también citado en el IET con la categoría X para esta reivindicación. Concretamente, las Figuras 1, 3 y 6 de D02 representan distribuciones en que los centros dispersores no se encuentran exactamente a una misma distancia unos de otros, englobando así la afirmación genérica de dicha reivindicación 7.

De todo lo dicho se desprende que los documentos D01 y D02 anticipan idénticamente las características de las reivindicaciones antes mencionadas, por lo que cabe concluir que la invención en ellas definida carece de novedad con respecto a estos documentos según el Artículo 6 de la LP.

Se considera, además, que el objeto técnico de las reivindicaciones 11-13 carece de actividad inventiva por poder ser deducido del estado de la técnica de un modo evidente por un experto en la materia. Estas reivindicaciones expresan usos sobradamente conocidos y profusamente divulgados en el campo de las lentes acústicas en general y, por tanto, de aplicación evidente para el caso particular de la lente sónica de la invención. Así, por ejemplo, se conoce el uso de lentes acústicas en litotricia, por lo que un experto de la técnica podrá de forma evidente ensayar el comportamiento de la presente lente acústica en este campo médico. Dichas reivindicaciones carecen, en consecuencia, de actividad inventiva según el Artículo 8 LP.

Cabe concluir, en suma, que la verdadera invención de la presente Solicitud es la recogida fundamentalmente en la reivindicación 3, que expresa una estructura espacial de la lente desarrollada por revolución a partir de una distribución de elementos en dos dimensiones, hasta obtener elementos físicos dispersores con forma de anillo. El antecedente más próximo a esta característica encontrado en el estado de la técnica es el documento D03, citado también en el IET con la categoría A y que describe una lente acústica que, en una alternativa (página 1, líneas 60-64), se compone de "un conjunto de placas anulares concéntricas, de forma troncocónica e inclinadas". Tales placas tienen, como se recoge en la invención, simetría de revolución y una forma asimilable a anillos (reivindicación 8), pero, sin embargo, no pueden considerarse como centros dispersores en el sentido de la presente invención, puesto que trabajan en cooperación unas con otras como elementos meramente desviadores en virtud de su forma e inclinación, sin que tengan importancia las propiedades transmisoras intrínsecas del material de que están hechas. D03 no afecta, en consecuencia, a la novedad ni a la actividad inventiva, por ejemplo, de las reivindicaciones 3 y 8.

Las anteriores objeciones a la novedad y la actividad inventiva pueden soslayarse, por tanto, añadiendo el contenido de dicha reivindicación 3 a la primera, de manera que la verdadera invención quede expresada enteramente en la nueva reivindicación 1.