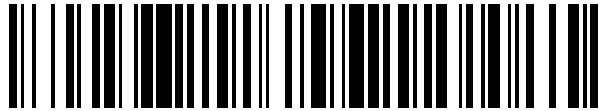


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 846**

51 Int. Cl.:

H04R 1/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2006 E 06772372 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 1889510**

54 Título: **Reproduccion de sonido con características de rendimiento mejoradas**

30 Prioridad:

07.06.2005 US 688018 P

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

04.06.2014

73 Titular/es:

**DANLEY, THOMAS J. (100.0%)
2345 SHADY LANE
HIGHLAND PARK, IL 60035, US**

72 Inventor/es:

DANLEY, THOMAS J.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 464 846 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

Reproducción de sonido con características de rendimiento mejoradas.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a los sistemas de reproducción de sonido que presentan varios controladores, acoplados a una barrera de sonido para simular una única fuente acústica en el tiempo con un único diagrama de radiación de fuente.

10

Descripción de la técnica relacionada

En un principio, la técnica de carga de bocina de los controladores se llevaba a cabo para incrementar el rendimiento electroacústico de los controladores. En una fase más temprana se emplearon diversas técnicas para aprovechar al máximo la limitada potencia del amplificador y las relativamente bajas capacidades de administración de potencia de los controladores disponibles. Los primeros intentos se centraron en la obtención del mayor nivel de sonido posible. Los altavoces de carga de bocina, denominados a veces simplemente "bocinas" o "sistemas de alarma", de esa primera etapa estaban diseñados generalmente para ofrecer una tasa de expansión específica en todo momento, y habitualmente se fabricaban con una forma definida, por ejemplo, un cono simple, y también como abocinamientos de paredes curvas que adoptaban formas que se correspondían con curvas exponenciales o hiperbólicas. Normalmente, estos diseños tenían por objeto lograr el mejor rendimiento a bajas frecuencias.

15

20

25

30

35

Se crearon sistemas de bocinas/controladores complementarios para diferentes gamas de frecuencias. El diseño de bocinas de frecuencia relativamente baja se topó con problemas complejos, debido a la masa y el tamaño acústicos necesarios. Una vez que se ha elevado suficientemente la gama de frecuencias deseada, resulta más fácil crear una bocina para una gama particular que sea suficientemente grande para cumplir con los criterios de diseño. Sin embargo, en los intentos de fabricación de un controlador de bocina dotado de una respuesta de potencia acústica relativamente plana por encima de 2 o 3 kHz, surgieron algunas dificultades. En esta etapa inicial fue posible diseñar controladores con una respuesta "alineada" bastante plana para varias octavas por encima de una gama baja, debido en gran medida a que esas bocinas suelen presentar una estructura de "paredes curvas" que muestran una directividad que se reduce al incrementarse la frecuencia. Muchos diseños iniciales comunes presentaban características de respuesta favorables, debido a que el "foco" decreciente del diagrama de la bocina permitía muy buena compensación de la caída de potencia acústica de los controladores de la bocina con el incremento de la frecuencia. Sin embargo, en algunas situaciones los oyentes no pudieron "alinearse". En particular, se experimentó una fuerte atenuación progresiva de las altas frecuencias cuando un oyente se alejó del eje central del sistema de reproducción de sonido.

40

En un intento de ofrecer una calidad de sonido uniforme a un público más numeroso se diseñaron bocinas de directividad constante, a fin de superar el efecto de concentración de las bocinas con paredes curvas. Por desgracia, las bocinas de directividad constante factibles generaban una carga de baja frecuencia en los controladores considerablemente menor que las bocinas de paredes curvas de forma exponencial comunes que se deseaban perfeccionar. Afortunadamente, se fabricaron amplificadores de potencia de mayor rendimiento y controladores de bocina de capacidad de potencia más elevada.

45

50

Durante su investigación de la deficiente carga de las bocinas de directividad constante, el inventor de la presente invención se centró en las bocinas en forma de "pirámide". Se comprobó que estos tipos de bocina presentan una tasa de expansión efectiva que varía mucho en función de la distancia desde el vértice, y al mismo tiempo presentan una tasa de expansión muy rápida en el vértice. La tasa de expansión disminuye considerablemente al aproximarse a la boca de la bocina. Aunque los controladores de compresión del vértice no acoplaban frecuencias bajas con tanta eficacia, pudieron aplicarse gamas de frecuencias inferiores por delante del vértice, donde la tasa de expansión era más lenta y más adecuada para la carga de frecuencias más bajas. Puede obtenerse más información en la patente US nº 6.411.718 B1 concedida el 25 de junio de 2002 a Thomas J. Danley, inventor de la presente invención, y Bradford J. Skuran.

55

60

65

Aunque una simple bocina cónica puede presentar una directividad casi constante a través de una gama de frecuencias definida, cuando se trataba de cubrir una gama de frecuencias relativamente amplia, se planteó un paradoja. Los sistemas prácticos están limitados por la gama de frecuencias, puesto que solo los sistemas diseñados para gamas de frecuencias relativamente estrechas podrán ofrecer un mayor rendimiento y eficacia en los diseños reales. Una combinación de alto rendimiento y gamas de frecuencias amplias exige que el intervalo de frecuencias global se divida en subgamas o segmentos más pequeños. Esto requiere convencionalmente asociar cada gama de frecuencias y controladores a una bocina adecuada diseñada para la gama deseada. Cuando se combinan bocinas de varios subrangos, incluso cuando se sitúan bocinas lado con lado, se experimenta una interferencia inaceptable en la que las gamas se solapan, lo cual se traduce en patrones de dispersión con lóbulos o radiación de energía en direcciones no deseadas. Se han llevado a cabo intentos de mitigar este problema colocando la bocina de alta frecuencia en la boca de la bocina de menor frecuencia, aunque eso requiere un procesamiento de señal bastante complejo que compense los orígenes temporales diferentes de las dos fuentes.

Aun cuando el logro de los objetivos de diseño fuera posible, dichas compensaciones podrían realizarse solo para un único punto del área de escucha y, si alguien se desplazara por el área de escucha, la ventaja de la compensación se perdería.

- 5 En consecuencia, todavía se requieren sistemas de reproducción de sonido que se asemejen realmente a los de un solo controlador en cuanto a las propiedades de tiempo y dispersión angular. Además, también se pretende reducir el desfase total de los sistemas de reproducción de sonido por bocinas/controladores de varios segmentos.

Sumario de la invención

10 La presente invención da a conocer un nuevo sistema de reproducción de sonido perfeccionado en el que una barrera de sonido define un paso de bocina que presenta un primer extremo y un segundo extremo abierto. Se facilita por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias en el primer extremo y por lo menos un controlador inferior operativo en una gama de frecuencias más bajas que el controlador de gama de altas frecuencias. El controlador de altas frecuencias y el controlador inferior están acopados al conducto de la bocina.

15 En un primer ejemplo de un sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención, el controlador inferior presenta un extremo de frecuencia superior inferior a la frecuencia de una primera muesca de supresión para el controlador inferior. Se facilita un filtro paso bajo para el por lo menos un controlador inferior, a fin de ofrecer un corte de alta frecuencia empezando por debajo del punto en el que aparece la primera muesca de supresión para el controlador inferior.

20 En un segundo ejemplo de sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención, el controlador inferior presenta un extremo de frecuencia superior y está situado en una posición preseleccionada del conducto de la bocina, en la cual el conducto presenta un área de sección transversal preseleccionada que no es superior al área de sección transversal circular de circunferencia igual a una longitud de onda del extremo de frecuencia superior.

25 En un tercer ejemplo de sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención, el controlador inferior presenta un extremo de frecuencia inferior y está situado en un punto del paso de bocina que presenta una tasa de expansión preseleccionada que es más lenta o igual al corte inferior o tasa de expansión definida por la frecuencia paso alto de la bocina.

Breve descripción de los dibujos

35 En los dibujos:

40 la figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una primera forma de realización de un sistema de reproducción de sonido que ilustra ciertos aspectos de la presente invención;

la figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de una segunda forma de realización de un sistema de reproducción de sonido que ilustra ciertos aspectos de la presente invención;

45 la figura 3 es una representación gráfica que muestra supresiones de muesca para un controlador inferior montado en el conducto de una bocina;

la figura 4 es una representación gráfica del rendimiento de un sistema de reproducción de sonido de técnica anterior;

50 la figura 5 es una representación gráfica del rendimiento del sistema de reproducción de sonido de la figura 4 que se ha perfeccionado según unos aspectos de la presente invención;

55 la figura 6 es una vista en sección transversal esquemática de un controlador coaxial según unos aspectos de la presente invención;

la figura 7 es una vista en sección transversal esquemática del controlador coaxial de la figura 6 conectado a un ejemplo de paso de bocina;

60 la figura 8 es una vista en alzado frontal esquemática de otro sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención;

la figura 9 es una vista en sección transversal esquemática de otra forma de realización de un sistema de reproducción de sonido según unos aspectos de la presente invención;

65 la figura 10 es una vista en sección transversal esquemática de otra forma de realización de un sistema de reproducción de sonido según unos aspectos de la presente invención;

la figura 11 es una representación esquemática de un instrumento que toma una primera lectura de rendimiento de un sistema de reproducción de sonido según unos aspectos de la presente invención; y

5 la figura 12 es una representación esquemática de un instrumento que toma otra lectura de un sistema de reproducción de sonido según unos aspectos de la presente invención.

Descripción de las formas de realización preferidas

10 La presente invención dada a conocer en la presente memoria es, por supuesto, susceptible de adoptar muchas formas de realización diferentes. Las formas de realización preferidas de la presente invención se representan en los dibujos y describen a continuación de forma detallada. Debe apreciarse, sin embargo, que la presente exposición es una ejemplificación de los principios de la presente invención y no limita la presente invención a las formas de realización ilustradas.

15 Para facilitar la descripción, en la presente memoria se describen sistemas de reproducción de sonido que integran la presente invención en su posición ensamblada habitual, tal como la representada en los dibujos adjuntos, y pueden utilizarse términos tales como "frontal", "trasero", "superior", "inferior", "horizontal", "longitudinal", etc. con referencia a esta posición habitual. Sin embargo, los sistemas de reproducción de sonido pueden fabricarse, transportarse, venderse o utilizarse en orientaciones distintas a las descritas y representadas en la presente memoria.

20 Ante todo cabe señalar que, aunque muchos tipos de sistemas de reproducción de sonido diferentes pueden obtener un beneficio sustancial de la presente invención, la presente invención ha gozado de una aceptación inmediata en el campo de los sistemas de reproducción de sonido por bocinas/controladores. En consecuencia, la descripción de la presente invención empezará con varios ejemplos de sistemas de reproducción de sonido provistos de uno o más controladores acoplados a una bocina construida según prácticamente toda la diversidad de diseños conocidos.

30 Haciendo referencia a la figura 1, se indica de forma general mediante el número 10 un sistema de reproducción de sonido que integra ciertos aspectos de la presente invención. Un controlador de altas frecuencias 12 está montado en un extremo de una frontera acústica o barrera de sonido 14 para ofrecer un cierre acústico eficaz de dicho extremo. La barrera de sonido 14 presenta un extremo abierto o boca opuesta 16. Un par de controladores de frecuencias más bajas, o controladores "inferiores" 20 están montados en la barrera de sonido adyacente al extremo cerrado. Como puede observarse, los controladores 20 están montados fuera de la barrera del sonido, separados del conducto acústico 18 definido por la barrera de sonido 14. La salida acústica de los controladores 20 se introduce en el conducto acústico mediante unos canales o puertos de salida acústica, tales como unos puertos cilíndricos 24 formados en la barrera de sonido 14. La longitud de los puertos 24 se corresponde por consiguiente con el grosor local de la barrera de sonido 14.

40 Haciendo referencia a las figuras 9 y 10, la longitud del puerto, o longitud acústica, puede reducirse de forma significativa para las paredes de la bocina que son relativamente gruesas. En la figura 9 se representa un controlador de frecuencias más bajas 20 montado en la pared de la bocina 130. La pared de la bocina 130 presenta un puerto cónico 132. El puerto cónico 132 está preferentemente delimitado por una pared frustocónica 134 que presenta un extremo ancho adyacente al controlador 20 y un extremo más estrecho adyacente a la superficie externa 136 de la pared de la bocina. Haciendo referencia a la figura 10, la pared de la bocina 130 presenta un puerto escalonado 140 que está delimitado por una pared escalonada 144. El puerto delimitado por la pared escalonada presenta un diámetro más amplio en su posición adyacente al controlador 20 y un diámetro más estrecho en su posición adyacente a la superficie externa 136 de la pared de la bocina. Tal como se representa en la figura 10, en general es preferible que el escalón o la transición 145 de la pared 144 esté relativamente cerca de la superficie externa 136. Con ambas disposiciones de puerto representadas en la figura 9 o la figura 10, puede hacerse que la abertura global de la pared de la bocina 130 sea sustancialmente inferior a la que se obtendría con un orificio "recto" o cilíndrico.

55 En un ejemplo, la presente invención ha encontrado una aplicación inmediata en los sistemas de altavoces de carga con bocina. Según se prevé en la presente memoria, una "bocina" es un conducto de aire delimitado por una o más paredes que son acústicamente sólidas y presentan una frontera acústica que retiene la presión del sonido hasta que las señales de sonido llegan a la boca de la bocina 16. En consecuencia, en un intento de reducir las discontinuidades de las fronteras acústicas de la bocina y de evitar la adición de superficies "blandas" dentro de la pared acústicamente sólida de la bocina, los controladores se sitúan fuera de la bocina y su salida de sonido se introduce en el conducto interno de la bocina por medio de canales o puertos.

60 Es conveniente que el tamaño de los puertos de salida acústica, tales como los puertos 24, 132 y 140, se mantenga relativamente pequeño (en lo que respecta al área de sección transversal) a fin de evitar discontinuidades acústicas. Se ha comprobado que, con una longitud de puerto mínima, el área de sección transversal o el tamaño de la abertura del puerto puede reducirse de forma significativa. En un ejemplo, los puertos de una sección de gama intermedia de la técnica anterior presentan una longitud de tres cuartos de pulgada. Reduciendo las longitudes de

los puertos a 1/16 de pulgada, podría reducirse el número de puertos de 8 a 4 y el tamaño de estos de 3/4 de pulgada a 5/8 de pulgada.

La barrera de sonido o la bocina 14 puede adoptar diversas estructuras y formas deseables según las necesidades de una aplicación particular. Como se da a conocer en la presente memoria, la presente invención puede adaptarse fácilmente a las bocinas de casi cualquier forma y no está limitada a la forma "cónica recta" representada en la figura 1. Además, aunque en la figura 1 se ilustran dos controladores inferiores 20, puede disponerse de cualquier número de controladores inferiores según las necesidades. Por ejemplo, para bocinas de forma cuadrada, rectangular o piramidal, puede disponerse un controlador en cada parte plana de la bocina. Asimismo, aunque solo se representa un único controlador de altas frecuencias 12 en la figura 1, el sistema 10 puede emplear dos o más controladores de altas frecuencias si se desea. Además, como se observará con referencia a la figura 2, el espectro de frecuencias global de la señal original o de fuente puede dividirse en tres o más segmentos, presentando los sistemas de reproducción de sonido unos subsistemas de controladores/separadores de frecuencia para cada segmento, acoplados en su totalidad a la misma bocina.

El ejemplo ilustrado en la figura 1 se denomina a veces "sistema de dos vías", con lo que se indica que la señal acústica global o de fuente que se va a reproducir se divide en dos segmentos operativos. La señal acústica de fuente puede dividirse de diversas maneras, aunque comúnmente se divide en varios segmentos según las gamas de frecuencias. Por ejemplo, la señal acústica de fuente se divide eléctricamente, siendo encaminados los diferentes segmentos de frecuencias hacia el controlador de altas frecuencias 12 y los controladores inferiores 20. Como se ha mencionado anteriormente, la salida del controlador de altas frecuencias 12 y los controladores inferiores 20 se acopla al conducto acústico 18, obteniéndose el resultado combinado por la boca 16.

Haciendo referencia a la figura 2, se indica de forma general mediante el número 30 una segunda forma de realización de un sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención. El sistema comprende tres segmentos de dispositivos de reproducción de audio o "controladores", a cada uno de los cuales se le asigna una gama de frecuencias generalmente diferente. En el sistema 30, la gama de frecuencias global de la señal acústica de fuente se divide en tres segmentos mediante unos circuitos electrónicos, denominados comúnmente en su conjunto "separadores de frecuencia", no representados. En consecuencia, el sistema 30 es considerado un "sistema de 3 vías". Un controlador de altas frecuencias 32 está dispuesto en el extremo estrecho del paso de bocina 18 y cierra correctamente ese extremo de la barrera de sonido o la bocina 14. Los denominados controladores de "gama intermedia" o controladores "intermedios" 34 están montados en el exterior de la bocina 14, junto al controlador de altas frecuencias 32. Los controladores de gama intermedia 34 están situados entre el controlador de altas frecuencias 32 y un par de los denominados controladores de "graves" 38.

El término "controladores inferiores" se utiliza en la presente memoria para referirse a los controladores que manejan gamas de frecuencias más bajas que las del controlador de altas frecuencias. Por lo tanto, en el sistema de tres vías ilustrado en la figura 2, se representan dos pares de los denominados controladores "inferiores", en concreto, el par de controladores 34 y el par de controladores 38. El sistema de dos vías ilustrado en la figura 1 presenta un único par de "controladores inferiores", en concreto, el par de controladores 20. La presente invención prevé sistemas acústicos divididos en más de tres segmentos y que, por lo tanto, presentan unos controladores inferiores que abarcan más de dos gamas de frecuencias inferiores a las de la gama de altas frecuencias.

La salida acústica de los controladores 34 y 38 se dirige hacia el paso de bocina 18 a través de unos respectivos conductos 24 que atraviesan la barrera de sonido o bocina 14, de la manera descrita anteriormente con referencia a la figura 1. En la presente memoria, los términos "intermedio" o "grave" son relativos y hacen referencia al subsistema al cual están asociados. Por lo tanto, los controladores intermedios generan una salida acústica como respuesta a las señales eléctricas que presentan una gama de frecuencias comprendida entre la gama de frecuencias del controlador de altas frecuencia 32 y los controladores de graves 38. No sorprende comprobar que las salidas acústicas de los respectivos controladores 32, 34 y 38 presentan gamas de longitudes de onda diferentes y que, forzosamente, se encuentran a distancias diferentes de la boca de la bocina. Aunque solo se representa un único controlador de altas frecuencias en la figura 2, es posible emplear dos o más controladores de altas frecuencias si se desea. Como se ha mencionado, el sistema 30 se denomina comúnmente sistema de "tres vías", en el que la gama de frecuencias global de la señal de origen se divide en tres subgamas, cada una de las cuales presenta su propia gama de frecuencias respectiva. Cuando los sistemas de reproducción de sonido se construyen según los principios de la presente invención, las salidas de las tres subgamas componentes están acopladas a un paso de bocina común para generarse como una única fuente acústica en el tiempo con un único diagrama de radiación de fuente. Si se desea, la señal acústica de origen puede dividirse en cuatro o más subgamas, asociándose habitualmente uno o más controladores acústicos a cada subgama. Independientemente del número de gamas, generalmente es preferible que la radiación trasera de cada gama de frecuencias se mantenga separada mediante el uso de un recinto cerrado construido según unos principios conocidos, tales como los especificados en el documento "On The Specification Of Moving Coil Drivers For Low-Frequency Horn-Loaded Loudspeakers" de Marshal Leach, Audio Engineering Society Loudspeaker Anthology, volumen 2.

Como se conoce en el ámbito de la técnica, el diseño de los sistemas de reproducción de sonido a menudo implica encontrar el equilibrio entre diferentes principios de diseño, encaminados hacia la optimización de diferentes

aspectos del rendimiento del sistema. La presente invención puede combinarse con una gran diversidad de técnicas conocidas en el ámbito de la técnica, para ayudar a obtener sistemas de reproducción de sonido que simulen una única fuente acústica en el tiempo con un único diagrama de radiación de fuente, y con un desfase mínimo y un retardo de grupo total hasta ahora inalcanzables. Si bien las técnicas conocidas han gozado de cierto éxito, es posible ofrecer un rendimiento sustancialmente mayor solo con la presente invención, como puede verse por ejemplo, comparando las respuestas representadas en las figuras 4 y 5 descritas a continuación. Se ha descubierto que es necesario satisfacer ciertos aspectos de diseño de la bocina si se desea obtener una reducción sustancial del desfase total de un sistema que simula con más precisión una única fuente acústica en el tiempo con un solo diagrama de radiación de fuente.

Haciendo referencia a un primer aspecto del diseño de la bocina según los principios de la presente invención, a continuación se prestará atención al extremo superior de la gama de frecuencias de funcionamiento de los controladores inferiores. En el extremo de la frecuencia superior de la gama de cada controlador inferior, cada controlador inferior debe limitarse al funcionamiento por debajo del punto de frecuencia en el que se produce la primera muesca de supresión. Las muescas de supresión aparecen cuando la frecuencia se incrementa suficientemente para que el sonido del controlador, que se transmite hasta el extremo cerrado de la bocina, se refleje hacia atrás para llegar con un desfase de 180° y suprimir esa parte de la información de la fuente, generándose de ese modo una muesca de supresión. En consecuencia, se facilita un filtro paso bajo u otro sistema para cada uno de los controladores inferiores, a fin de ofrecer un corte de alta frecuencia empezando por debajo del punto en el que se produce la primera muesca de supresión para los respectivos controladores inferiores. Es importante señalar que esta determinación relacionada con la primera muesca de supresión de cada uno de los respectivos controladores inferiores no es una distancia física sino más bien una dimensión acústica definida por la forma y el tamaño del conducto de la bocina. Con referencia a la figura 3, mediante el número 50 se representa una curva de respuesta para un ejemplo de controlador inferior. La primera y la segunda muescas de supresión 52, 54, son claramente visibles.

Haciendo referencia a un segundo aspecto del diseño de la bocina según los principios de la presente invención, a continuación se prestará atención al área de sección transversal local de la bocina, donde está situado un controlador inferior. En el extremo de frecuencia superior de cada uno de los controladores inferiores, el área de sección transversal de la bocina, donde la salida del controlador entra en la bocina, no debe ser mayor que un área calculada mediante una sección transversal circular cuya circunferencia es de una longitud de onda en dicho extremo de frecuencia superior.

Haciendo referencia a un tercer aspecto del diseño de la bocina según los principios de la presente invención, a continuación se prestará atención a la tasa de expansión local del área de sección transversal de los controladores inferiores. En la presente memoria, el término "tasa de expansión local" se refiere a la distancia a la que se obtiene un incremento pequeño aunque fácilmente mensurable del área del conducto acústico (por ejemplo, duplicación del área de sección transversal del conducto acústico), empezando por un punto en el que el controlador se introduce en la bocina. Por lo tanto, el término "expansión local" hace alusión a una pequeña parte del conducto acústico en lugar de a la expansión en toda la longitud de la bocina. Una fórmula útil para calcular el área de sección transversal de la bocina a una distancia X de la garganta de la bocina es la que se expresa como:

$$A_x = A_t (\cosh (X/X_0) + T * \sinh (X/X_0)) ^ 2,$$

donde A_x es el área en un punto dado, A_t es el área inicial o de la garganta, X es la distancia desde la garganta, X_0 es el corte inferior o tasa de expansión definida por la frecuencia "paso alto" frecuencia de la bocina y T es el tipo de expansión (por ejemplo, 1 para una bocina exponencial, <1 para una bocina hiperbólica e infinito para una bocina cónica). La fórmula anterior se facilita en el documento titulado "Design Factors In Horn-Type Loudspeakers" de Daniel Plach, Jensen Manufacturing Co., Audio Engineering Society Loudspeaker Anthology, volumen 1. En un ejemplo, esta fórmula se utiliza para calcular el valor de la frecuencia X_0 para la bocina en cuestión, a fin de determinar si el valor calculado de X_0 (que se aplica al resto de la bocina desde el punto de cálculo hacia delante, es decir, el punto en el que el controlador se introduce en la bocina) no es mayor que el de la frecuencia más baja de la gama de frecuencias de funcionamiento de un controlador. En el extremo inferior de la gama de cada controlador, la tasa de expansión local del área de sección transversal (obtenida en el punto de la bocina en el que la salida del controlador inferior entra en la bocina) no debe ser más rápida que la especificada para ese extremo de frecuencia inferior por la ecuación dada anteriormente. Como es bien conocido, la tasa de expansión define el comportamiento de carga dependiente de la frecuencia de la bocina cuando una señal que pasa a través de la bocina se acerca a su frecuencia de corte inferior.

La presente invención puede emplearse con prácticamente cualquier tipo de diseño de bocina, por ejemplo, bocinas cónicas rectas y bocinas de paredes curvas, así como con formas de bocina más complejas, tales como las asociadas con diseños de directividad constante, del tipo concebido para superar problemas particulares, tales como la inversión del diagrama asociada comúnmente a las bocinas cónicas rectas. La parte aguas abajo de la bocina puede diseñarse según uno de los diversos principios conocidos. Por ejemplo, la tasa de expansión se considera que ejerce un efecto de filtro "paso alto", en el sentido de que la tasa de expansión es un factor importante que define el nivel más bajo en el cual la bocina puede brindar una ventaja de carga, con el consiguiente incremento en

eficacia, con respecto a una versión de radiador directo para el mismo controlador. Por ejemplo, una expansión exponencial de 30 hercios de una bocina duplica el área de sección transversal del paso de bocina por cada 24 pulgadas de longitud del conducto, mientras que una expansión de 120 hercios duplica el área por cada 6 pulgadas. La ventaja de los resultados de carga de bocina se obtiene gracias a la capacidad que tienen las bocinas de presentar la carga acústica de un radiador de un área mucho mayor, y a la vez evitar los problemas de incremento de masa y fragmentación de las señales acústicas impuestos por un radiador de mayores dimensiones físicas. Por lo tanto, la eficacia del sistema se incrementa debido a la mayor carga acústica, en comparación con las pérdidas del controlador. El diseño básico de un sistema que presenta una bocina y uno o más controladores conlleva la consideración de la mejor adaptación de impedancia entre la bocina y los controladores acoplados a la bocina. En los sistemas prácticos se suele conseguir un incremento de 10 a 30 veces la eficacia electroacústica con respecto a la de un radiador directo, que da por resultado una eficacia electroacústica comprendida entre el 30 y el 50 %.

En general es preferible emplear una bocina en una zona operativa que ofrezca una carga acústica sustancialmente constante a los controladores. En consecuencia, se supone que el tamaño de la boca de la bocina es suficientemente grande como para ofrecer la transformación de impedancia necesaria hasta el corte inferior de los controladores. Cuando se toma en consideración el cálculo de la resistencia a la radiación acústica con respecto al tamaño acústico del radiador relativo a la longitud de onda considerada, se observa que, cuando el radiador supera un tamaño acústico específico, su resistencia a la radiación es sustancialmente constante con respecto a la frecuencia de funcionamiento. Por el contrario, si el tamaño del radiador es sustancialmente inferior al tamaño acústico, la resistencia a la radiación cambia a lo largo de una curva inclinada de la relación tamaño-frecuencia. En un ejemplo, es preferible que el tamaño mínimo de la boca de una bocina sea equivalente al diámetro que da una circunferencia de aproximadamente una longitud de onda a la frecuencia de corte inferior de los controladores en cuestión. Puede obtenerse cierta ventaja de reducción de tamaño de la boca de la bocina cuando se toman en consideración fracciones de la longitud de onda de la circunferencia. No obstante, no se espera que las ventajas de un sistema práctico sean sustanciales, en comparación con una circunferencia de una longitud igual a una longitud de onda.

En el corte de frecuencia inferior, la longitud de trayectoria de la bocina aparece como un factor que debe considerarse. En general, la longitud de la trayectoria de la bocina debe ser de alrededor de un cuarto de longitud de onda o mayor a la frecuencia de corte inferior, aunque la eficacia comienza a ser sustancial en una zona del diseño en la que la longitud de la trayectoria de la bocina es por lo menos la mitad de la longitud de onda. En los diseños prácticos de bocinas de baja frecuencia, las dimensiones físicas necesarias para lograr una carga acústica sustancialmente constante resultan prohibitivas. Por otro lado, cuando se consideran diseños de bocina de gamas de frecuencias que están una octava o dos por encima de la gama de un altavoz de subgraves, el tamaño físico es físicamente más pequeño y, desde el punto de vista de la acústica, suficientemente grande para lograr el rendimiento deseado.

Al considerar la interacción entre el corte inferior y el tamaño de la boca de las bocinas prácticas, se presta especial atención al hecho de que, cuando la frecuencia se incrementa por encima del corte inferior, la bocina aumenta de tamaño hasta alcanzar uno mayor que el necesario para cargar esta frecuencia. Por ejemplo, un tamaño de alrededor de una longitud de onda de circunferencia necesario para alcanzar una carga acústica constante a una frecuencia particular es aproximadamente la mitad de la circunferencia cuando la frecuencia que se considera se ha incrementado una octava. Por lo tanto, el punto del diseño necesario para lograr una carga acústica óptima se desplaza hacia arriba por la bocina, hacia la garganta (o extremo cerrado) de la bocina, con la consiguiente reducción de la directividad a medida que la frecuencia considerada se incrementa. La parte de la bocina más allá del punto de carga acústica es importante, puesto que define el diagrama de radiación del sistema de reproducción de sonido.

Con fines comparativos y para ilustrar las ventajas que se pueden obtener con la presente invención, se modificó un sistema de reproducción de sonido por bocinas/controladores según los aspectos de la presente invención. Se hicieron ensayos con un sistema de reproducción de sonido de tres vías, número de modelo td-1, comercializado por Sound Physics Labs, Inc. de Glenview, Illinois, para comprobar las características de respuesta de frecuencia y fase. El sistema emplea una bocina cónica recta que presenta una forma piramidal. Haciendo referencia a la figura 4, se representan la curva de respuesta de frecuencia 60 y la curva de respuesta de fase 62 para el sistema no modificado. A continuación, el sistema se modificó para reubicar los controladores con respecto a la bocina y para reubicar el separador de frecuencia con componentes electrónicos nuevos, según los principios de la presente invención, y se sometió a ensayos en circunstancias similares al ensayo representado en la figura 4, ilustrándose el resultado en la figura 5. La curva de respuesta de frecuencia 66 y la curva de respuesta de fase 68 de la figura 5 representan una mejora sustancial con respecto al rendimiento del sistema no modificado indicado en la figura 4. Con el sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención el desfase indicado por la curva 66 se halla mucho más cerca de los 0 grados. Asimismo, además de la reducción del desfase en toda la banda de paso, la curva de amplitud 66 es más regular que la correspondiente curva de amplitud 60 para la respuesta del sistema no modificado indicada en la figura 4. Por lo tanto, el sistema modificado según los principios de la presente invención sufren un retardo de grupo muy inferior al del sistema no modificado original, aunque se utilicen los mismos controladores y la misma carcasa física en ambos sistemas.

En cuanto a las figuras 11 y 12, el sistema modificado se sometió a ensayos de respuesta de onda cuadrada. En la figura 11, el sistema de reproducción de sonido se sometió a ensayos con una señal de entrada de onda cuadrada 210 operativa a una frecuencia de aproximadamente 1,002 kHz, a una frecuencia de cruce superior del sistema de reproducción de sonido o muy cerca de esta. El trazado de salida 212 muestra una muy buena concordancia con la forma de onda cuadrada y solo presenta una pequeña subida en el extremo posterior de cada impulso del tren de ondas. La figura 12 representa un ensayo de onda cuadrada a la frecuencia de cruce inferior de aproximadamente 315 Hz. La onda cuadrada de entrada 214 es seguida de cerca por el trazado de salida 216, mostrando una vez más solo un leve ascenso en el extremo posterior de cada impulso del tren de ondas.

Además de los ensayos mencionados anteriormente, se realizaron ensayos con sistemas de reproducción de sonido similares a los considerados en la presente memoria para una serie de factores diferentes, tales como la sensibilidad, el diagrama de radiación y la capacidad formar un grupo con varios sistemas y disponerlos de tal forma que abarquen una gran área de cobertura, tal como un auditorio de gran amplitud y tamaño. La sensibilidad media medida fue bastante elevada, 99 dB ref. 20 μ Pa con 2,83 Vrms aplicada a través de los terminales de altavoz de carga. Mientras que los sistemas de reproducción de sonido mostraron una gran área de radiación de altas frecuencias, un diagrama de radiación compacto en el sistema de varios transductores aportó alta sensibilidad. Además, los sistemas de reproducción de sonido mostraron un control del diagrama relativamente estricto a través de una amplia gama de frecuencias, lo cual permitió colocar varios sistemas unos al lado de otros para transmitir un sonido limpio a una amplia área. En resumen, se comprobó que el diagrama de radiación era muy bueno, y que su rendimiento era incluso mejor que el de ejemplos contemporáneos de los sistemas de técnica anterior.

En relación con las figuras 6 y 7, se centrará la atención en la directividad de un sistema de reproducción de sonido. Se ha comprobado que la forma y el tamaño de la bocina determinan la directividad en un intervalo de frecuencias para los sistemas de reproducción acústica por bocinas/controladores. Al considerar atentamente el diseño de un sistema de bocina particular, es importante destacar que la bocina empieza realmente en un punto situado dentro del controlador de altas frecuencias, tal como el controlador de altas frecuencias 74 del sistema de controlador coaxial indicado de forma general mediante el número 76 en la figura 6. Se representan unas líneas de construcción 78 para ilustrar este punto. El punto de partida de la bocina, es decir, el punto más pequeño de la trayectoria de la bocina, está relacionado con las características geométricas internas de la bocina que se establecen durante la fabricación. Así pues, el diseñador debe hacer frente a ciertas restricciones iniciales al seleccionar el elemento de controlador de altas frecuencias.

El controlador coaxial 76 comprende un elemento de controlador de bajas frecuencias 82, representado en la figura 6. El sistema 76 comprende además una sección de bocina 84 que presenta una pluralidad de orificios 86, de un diámetro suficiente para transmitir presión de sonido desde el controlador del cono 88 del elemento de bajas frecuencias 82 hasta la parte interna del cono 84. En la forma de realización ilustrada se emplean cuatro orificios equidistantes. La sección de la bocina 84 está realizada preferentemente en un material relativamente fino, de tal forma que los orificios 86 forman puertos con una longitud de trayectoria relativamente pequeña. Como puede observarse en la figura 6, el ángulo del cono 84 se ha hecho coincidir con el ángulo interno del controlador de altas frecuencias 74.

Haciendo referencia a la figura 7, un sistema de reproducción de sonido 92 comprende el sistema de controlador coaxial 76 montado en una barrera de sonido o bocina 94 que presenta un paso de bocina 96 que se extiende hasta una boca 98. También en este caso, el extremo aguas arriba o inicial de la bocina 94 (situado junto al sistema de controlador coaxial 76) presenta un ángulo coherente con el de la sección de la bocina 84 y las características geométricas internas del controlador de altas frecuencias 74 indicado mediante líneas de construcción 78 (véase la figura 6). Es preferible que los valores angulares entre las características geométricas internas del controlador de altas frecuencias, la sección de la bocina 84 y la bocina 94 mantengan una continuidad cuando la bocina interna presenta directividad en su gama de funcionamiento. Además, cuando la sección de la bocina 84 presenta directividad, en general es deseable que el extremo más pequeño de la bocina 94 presente un ángulo de pared similar para evitar los reflejos. Esa parte de la bocina 94 situada aguas abajo, es decir adyacente a la boca 98, presenta una curvatura definida por su aplicación y corte de baja frecuencia deseados.

Según un ejemplo de puesta en práctica de la presente invención, la frecuencia aproximada a la cual una bocina presenta directividad en su gama de funcionamiento se calcula según la fórmula siguiente:

$$F1 = K/Ha * Xm,$$

donde F1 es la frecuencia por encima de la cual la directividad de la bocina es definida por el ángulo de la pared de la bocina, Xm es la anchura de la bocina en un punto particular (en pulgadas), Ha es el ángulo de la pared de la bocina (medido de pared a pared para la sección transversal del punto de la bocina en cuestión) y K es una constante igual a 10^6 . Esta fórmula se facilita en un documento de Don Keeles, presentado en la 58ª convención de la Audio Engineering Society, y se refiere a la dimensión de la boca que define el diagrama de radiación de una bocina. No obstante, los principios matemáticos de la fórmula, según un principio de la presente invención, se aplican a un punto extraído de la boca de la bocina, a lo largo del conducto acústico, en el lugar en el que una parte de sección de la bocina se une a otra. A medida que la frecuencia se incrementa, la parte de la bocina que define el

ángulo de radiación a esa frecuencia y en el punto en cuestión situado a lo largo del paso de bocina se acerca cada vez más a la garganta de la bocina. En consecuencia, el objetivo de obtener directividad constante, o un mínimo de reflejos acústicos internos, se alcanza haciendo que los ángulos de la pared de la bocina sean aproximadamente iguales en el lugar donde una sección de la bocina se une a otra, hasta una dimensión en la que la frecuencia F1 es igual o superior a la frecuencia más alta de la gama de funcionamiento deseada.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de reproducción de sonido perfeccionado mediante la aplicación de los principios de la presente invención genera una respuesta de amplitud más regular y una respuesta de desfase más baja, tal como se ilustra en la figura 5, en comparación con la respuesta de un sistema de técnica anterior ilustrado en la figura 4. Asimismo, con un separador de frecuencia convencional, tal como un filtro de suma paso alto/paso bajo de cuarto orden Linkwitz, las características geométricas y el estrecho acoplamiento entre las gamas de los sistemas según los principios de la presente invención permiten al diseñador reducir al mínimo el retardo de grupo hasta valores muy por debajo de los de un separador de frecuencia convencional. Para los sistemas contruidos según los principios de la presente invención, todos los controladores interactúan o se "perciben" acústicamente los unos a los otros, debido a su gran proximidad y su carga en un paso de bocina acoplado. Para que el conjunto de elementos del sistema actúe como una fuente única en el tiempo, el separador de frecuencia empleado deberá basarse en la respuesta de amplitud y fase a través de la gama de frecuencias de funcionamiento de cada controlador. En general, se ha comprobado que es necesario emplear complejos programas informáticos para llegar a la función de transferencia adecuada a fin de unir de forma satisfactoria los diversos segmentos de gamas de frecuencias. Dichos programas informáticos, por ejemplo, tomarían en consideración las características eléctricas de los controladores empleados. Se ha comprobado que, en oposición a los diseños de separadores de frecuencia convencionales, los filtros del separador de frecuencia se solapan, presentan características de filtro de orden no entero y presentan gradientes de respuesta de frecuencia no constantes.

Haciendo referencia a la figura 8, se utiliza el número 110 para indicar de forma general un sistema de reproducción de sonido según los principios de la presente invención. En el sistema 110, el ángulo de bocina de una bocina cónica redonda simple se incrementa hasta 180°, simulando de esta forma un orificio en el centro de una caja acústica plana. Los principios de la presente invención pueden aplicarse al sistema 110, a pesar de que el sistema tenga una carga de controlador significativamente inferior a la de una bocina común, debido a la rápida expansión del área al salir del orificio 112 situado en el centro del sistema. Situada en una posición adyacente al centro del sistema 110, se halla una pluralidad de controladores de altas frecuencias o de "primera gama" 114. Aunque se han empleado ocho controladores en la primera gama, es posible emplear también otros números de controladores. Rodeando a los controladores de primera gama se hallan varios grupos de controladores inferiores, entre ellos ocho controladores de segunda gama 116, ocho controladores de tercera gama 118 y ocho controladores de cuarta gama 120. En la forma de realización preferida ilustrada en la figura 8, los controladores de cada gama están dispuestos formando círculos concéntricos, estando los anillos o grupos circulares de controladores anidados unos dentro de otros. Preferentemente, la gama de frecuencias más altas está situada en el centro, y desde ahí se van encontrando gamas de frecuencias cada vez más bajas hasta llegar al anillo externo.

En ciertos casos puede ser deseable reducir el ángulo de radiación, definido por el ángulo de la pared del sistema 110, por debajo de 180°. Esto puede lograrse incrementando el diámetro de cada radiador para que alcance alrededor de un tercio o más de longitud de onda en su corte alto. El segundo aspecto del diseño de la bocina según los principios de la presente invención, que presta atención al área de sección transversal local de la bocina donde están situados los controladores inferiores, también alcanza este objetivo. Según este aspecto, en el extremo de frecuencia superior de cada uno de los controladores inferiores, el área de sección transversal de la bocina, donde la salida del controlador entra en la bocina, no debe ser mayor que el área calculada mediante una sección transversal circular cuya circunferencia es de una longitud de onda a esa frecuencia.

La descripción anterior y los dibujos adjuntos son ilustrativos de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (10, 92, 110) para reproducir sonido, que comprende:

5 una barrera de sonido (14, 94, 130) que define un paso de bocina (18, 96) que presenta un primer extremo y un segundo extremo abierto (16, 98);

por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) en el primer extremo;

10 por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) que funciona en una gama de frecuencias inferior al controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114);

estando acoplados mutuamente dicho por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) y dicho por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) al paso de bocina (18, 96);

15 presentando dicho por lo menos un controlador inferior un extremo de frecuencia superior inferior a una frecuencia de una primera muesca de supresión para dicho por lo menos un controlador inferior, y

20 un filtro paso bajo para dicho por lo menos un controlador inferior, para proporcionar un corte de alta frecuencia que empieza por debajo del punto en el que se produce la primera muesca de supresión para el controlador inferior.

2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un segundo controlador inferior que funciona en aproximadamente la misma gama de frecuencias que dicho por lo menos un controlador inferior.

25 3. Sistema según la reivindicación 1, que comprende dos pares de controladores inferiores que funcionan en gamas de frecuencias diferentes.

30 4. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho por lo menos un controlador inferior está montado en la barrera de sonido en el exterior del paso de bocina y la comunicación de sonido con el paso de bocina es proporcionada mediante una abertura en la barrera de sonido.

5. Sistema (10, 92, 110) para reproducir sonido, que comprende:

35 una barrera de sonido (14, 94, 130) que define un paso de bocina (18, 96) que presenta un primer extremo y un segundo extremo abierto (16, 98);

por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) en el primer extremo;

40 por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) que funciona en una gama de frecuencias inferior al controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114);

estando acoplados mutuamente dicho por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) y dicho por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) al paso de bocina (18, 96);

45 presentando el controlador inferior un extremo de frecuencia superior y estando situado en una posición preseleccionada a lo largo del paso de bocina (18, 96) en la que el paso presenta una zona en sección transversal preseleccionada que no es superior a una zona de sección transversal circular que presenta una circunferencia igual a una longitud de onda de frecuencia superior.

50 6. Sistema (10, 92, 110) para reproducir sonido, que comprende:

una barrera de sonido (14, 94, 130) que define un paso de bocina (18, 96) que presenta un primer extremo y un segundo extremo abierto (16, 98);

55 por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) en el primer extremo;

por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) que funciona en una gama de frecuencias inferior al controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114);

60 estando acoplados mutuamente dicho por lo menos un controlador de gama de altas frecuencias (12, 32, 74, 114) y dicho por lo menos un controlador inferior (34; 20, 38, 82, 116, 118, 120) al paso de bocina (18, 96);

65 presentando el controlador inferior un extremo de frecuencia inferior y estando situado en un punto a lo largo del paso de bocina (18, 96) que presenta una tasa de expansión preseleccionada que es más lenta o igual al corte bajo o tasa de expansión definida por la frecuencia paso alto de la bocina.

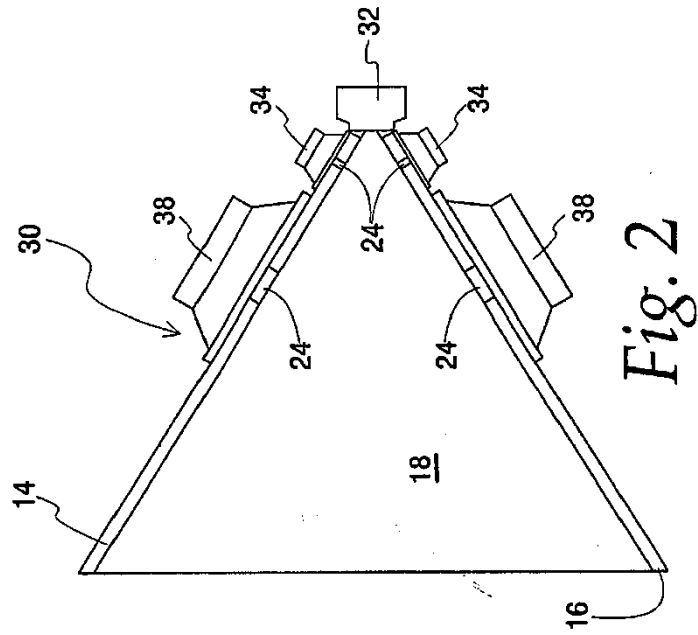


Fig. 2

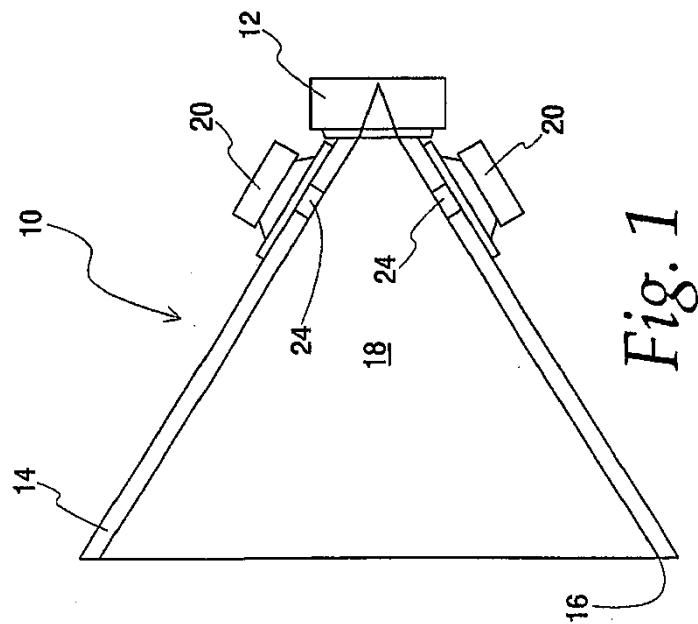
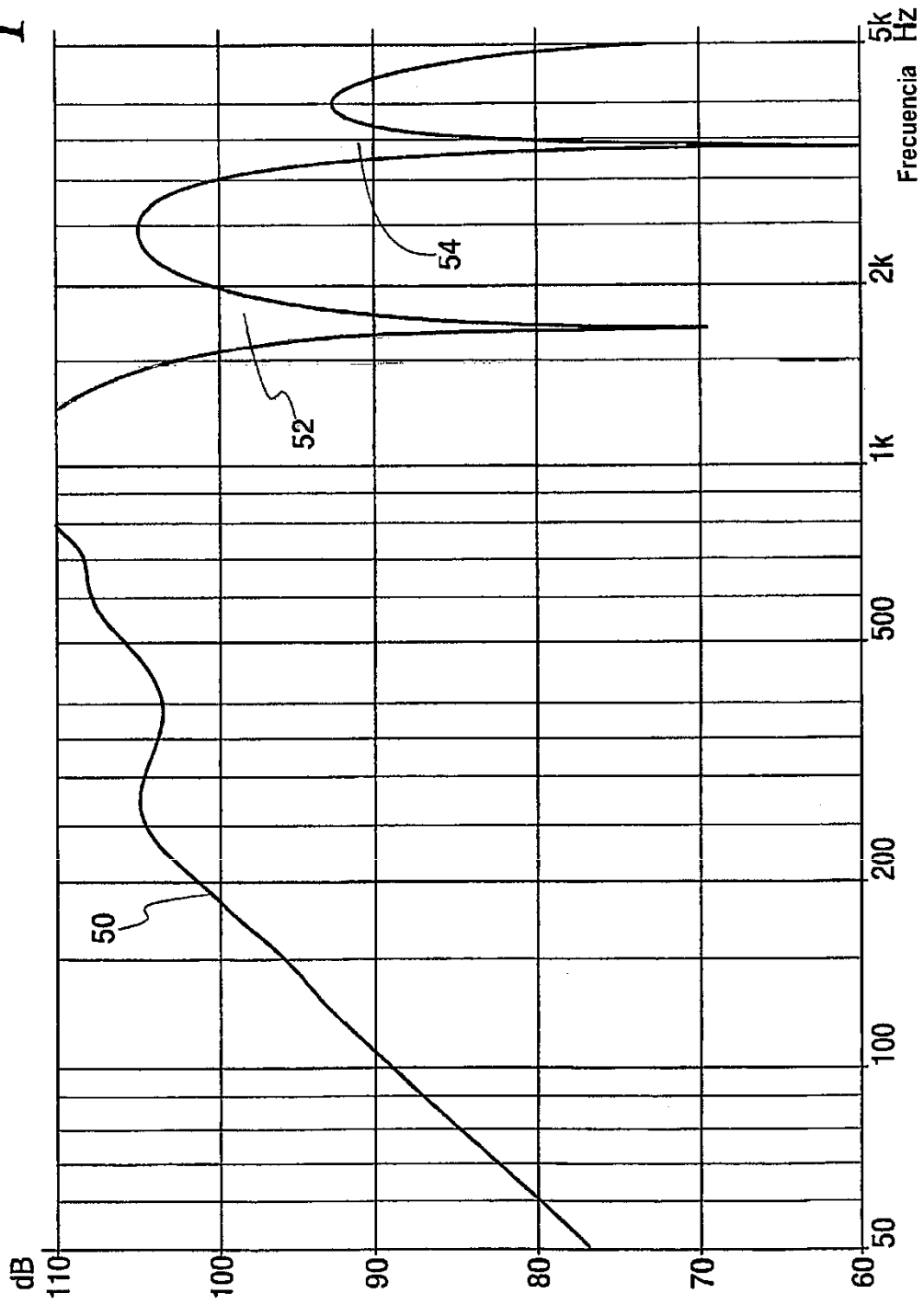


Fig. 1

Fig. 3



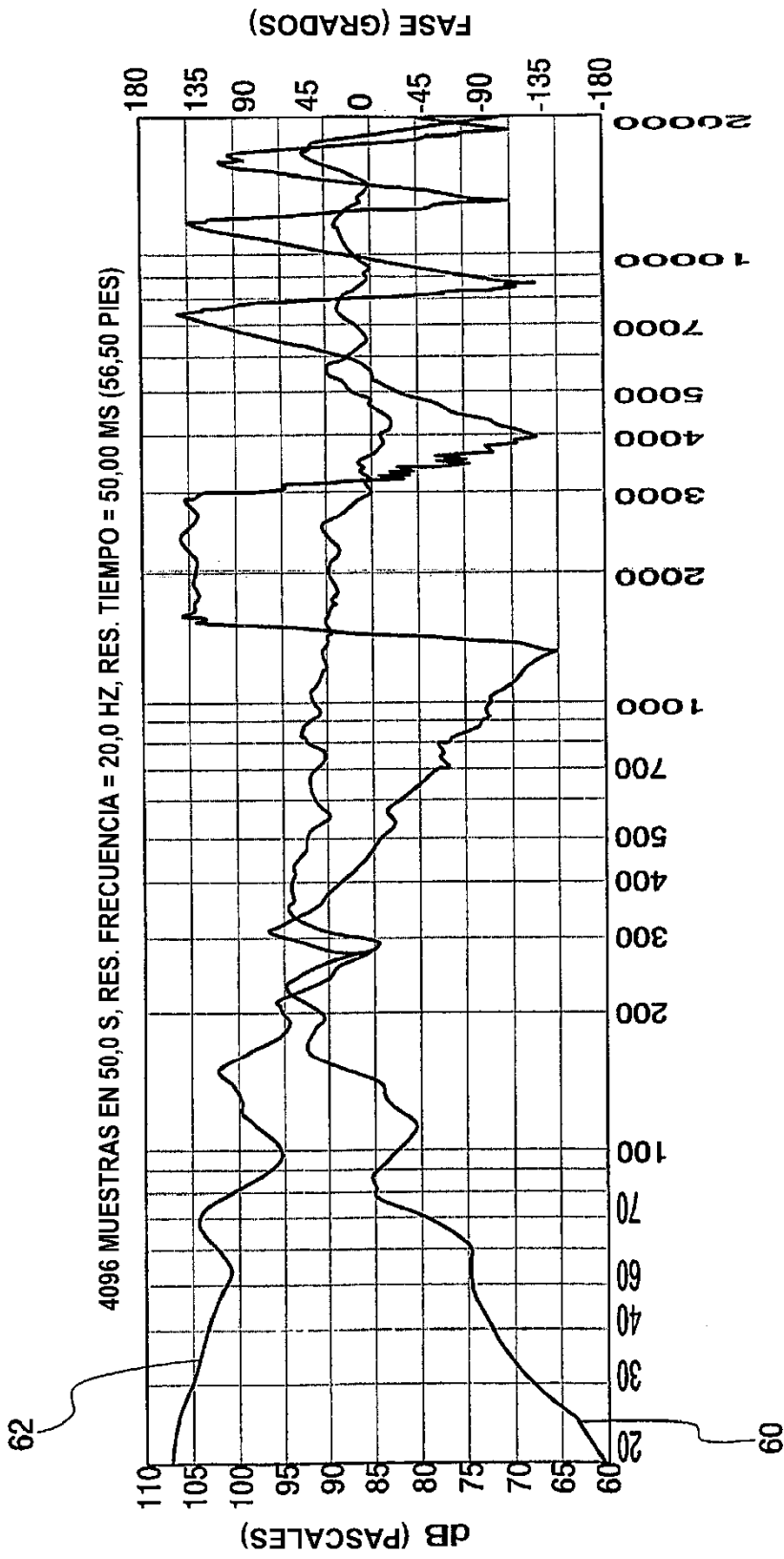


Fig. 4

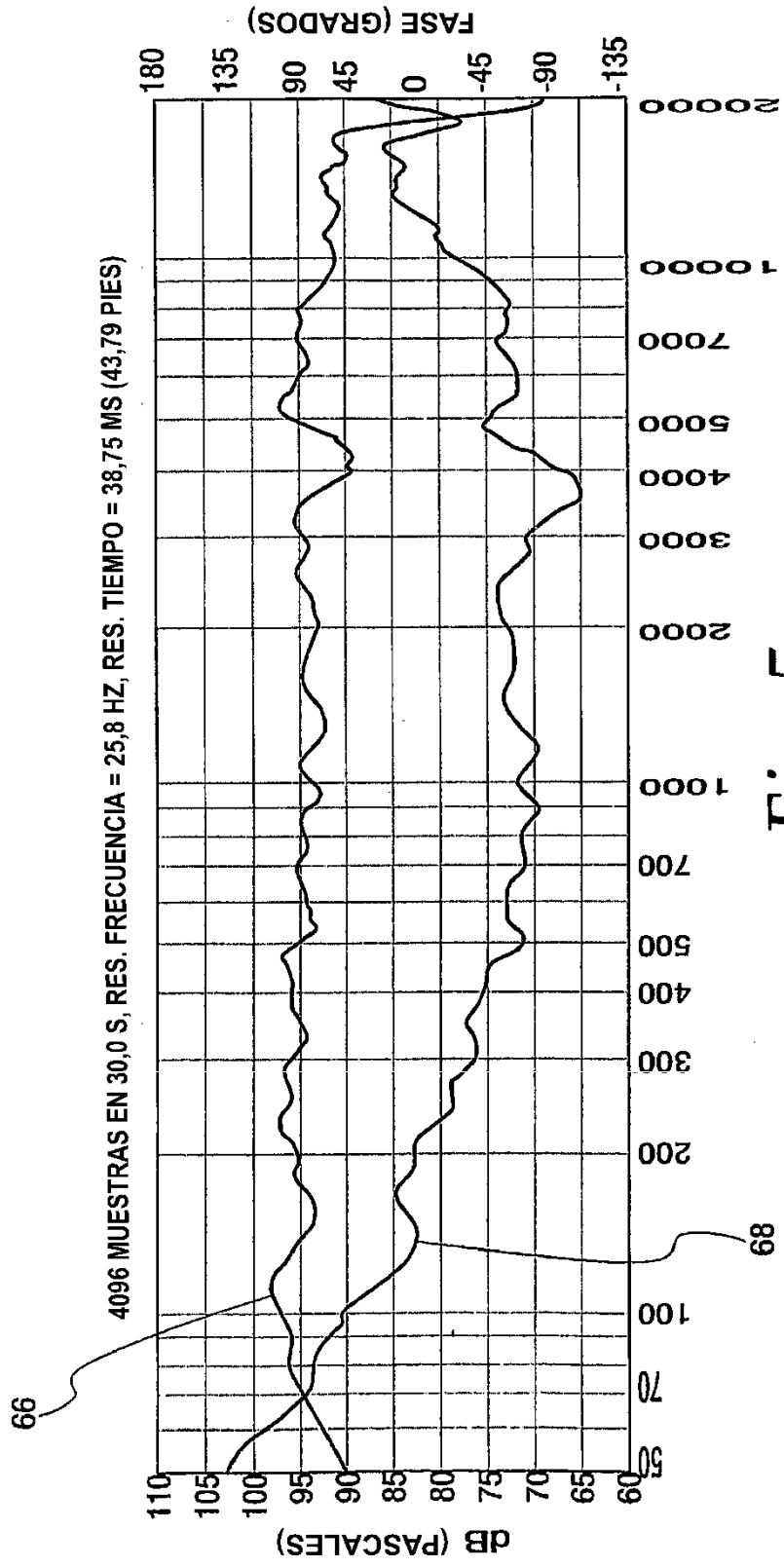
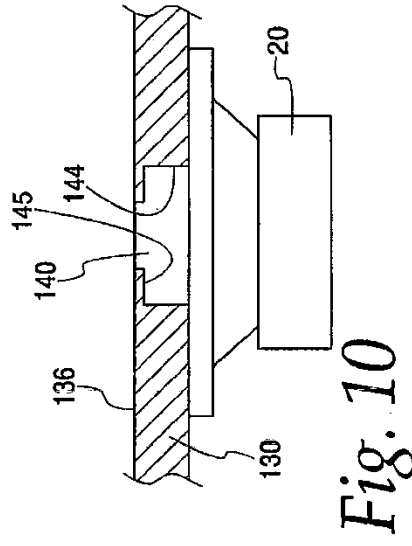
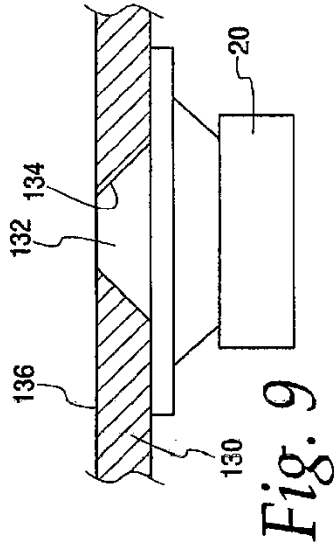
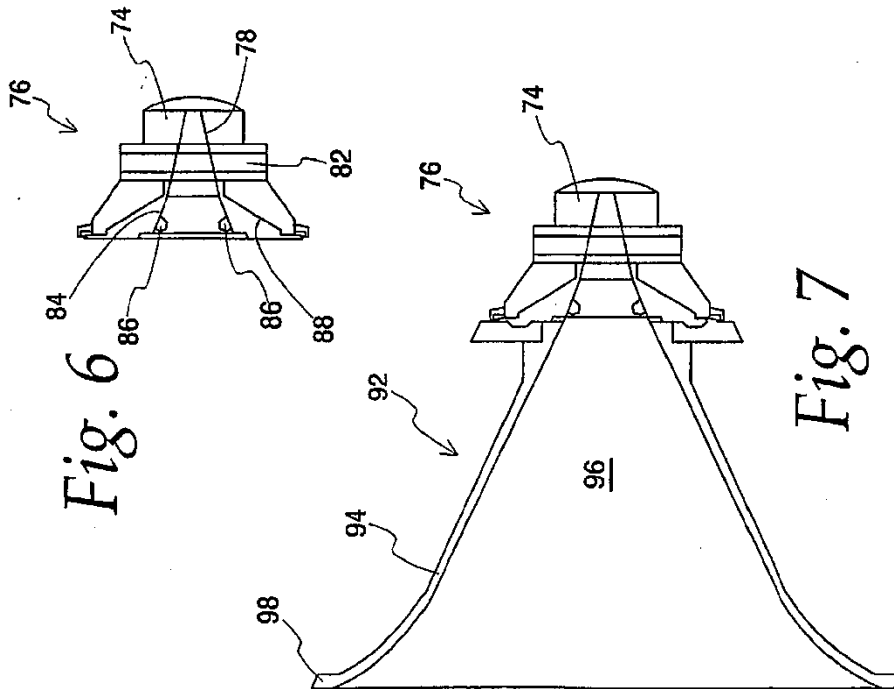


Fig. 5



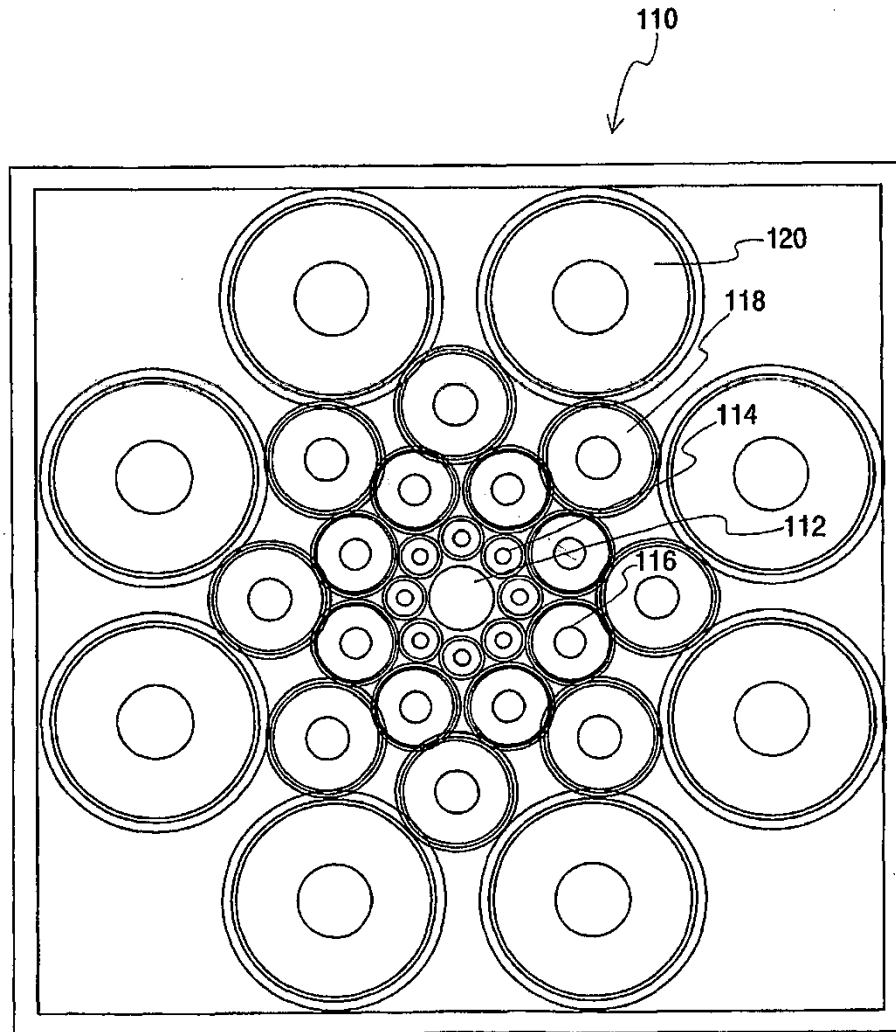


Fig. 8

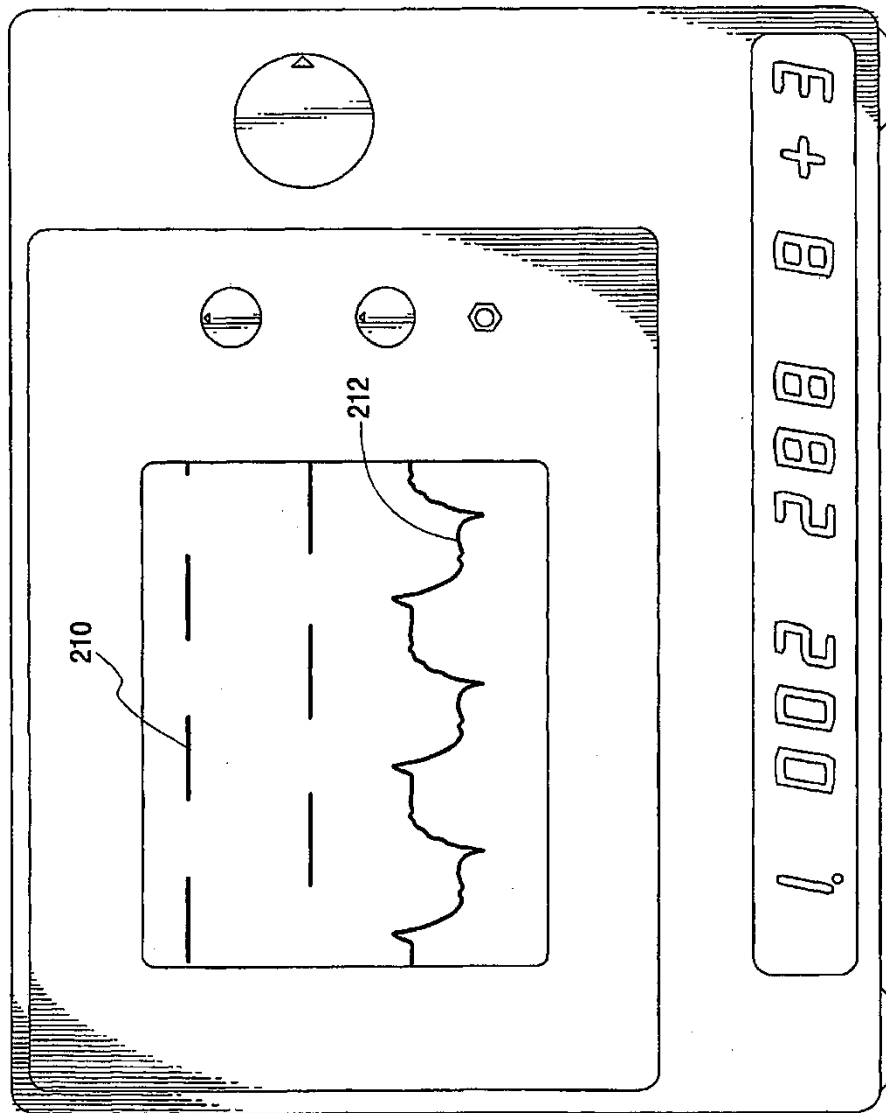


Fig. 11

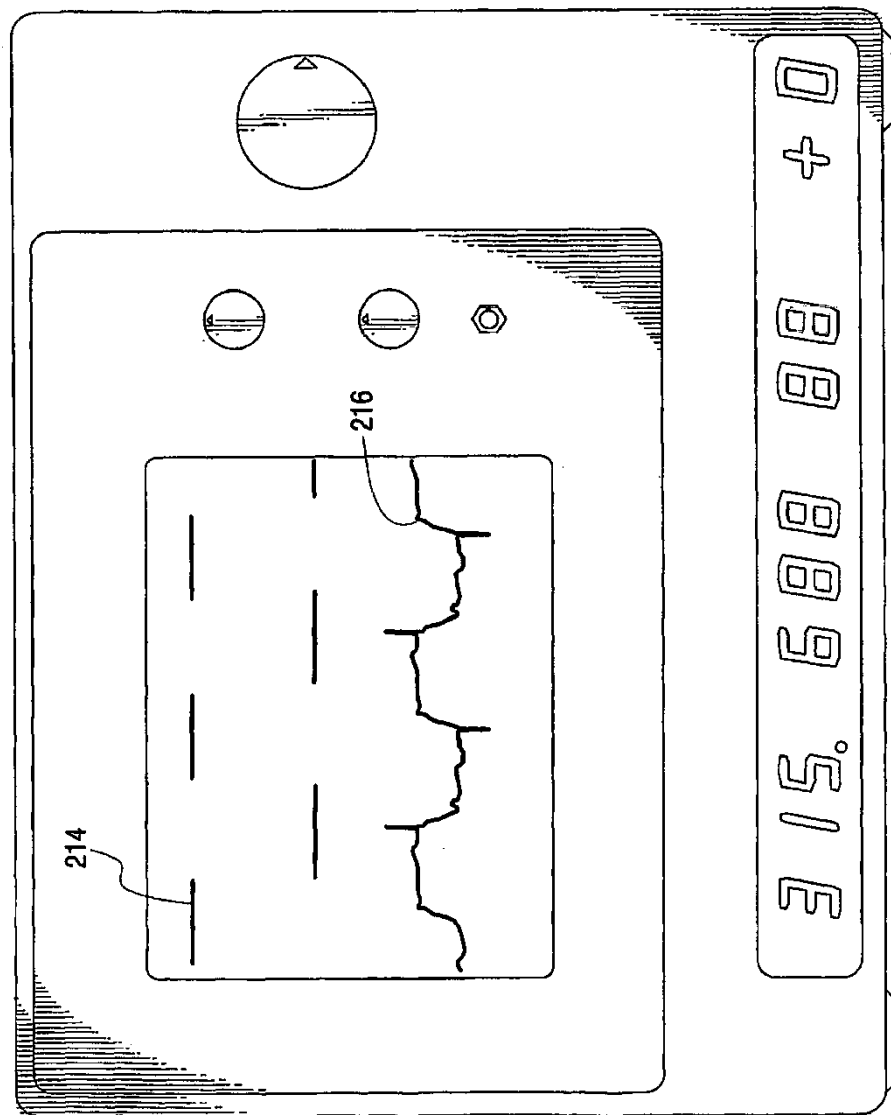


Fig. 12