



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 269 222**

51 Int. Cl.:
A61B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00989731 .5**

86 Fecha de presentación : **27.10.2000**

87 Número de publicación de la solicitud: **1229837**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.08.2002**

54 Título: **Transductor para estetoscopio.**

30 Prioridad: **28.10.1999 US 431717**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

73 Titular/es: **Clive Smith**
6571 Pontiac Court
Englewood, Colorado 80111, US

72 Inventor/es: **Smith, Clive**

74 Agente: **Esteban Pérez-Serrano, María Isabel**

ES 2 269 222 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

Transductor para estetoscopio.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a la detección de sonidos corporales, y más específicamente, a los transductores electroacústicos utilizados para detectar sonidos corporales, especialmente en estetoscopios.

Antecedentes de la invención

Los estetoscopios se utilizan extensamente por los profesionales de la salud para ayudar en la detección de sonidos corporales. Los procedimientos para escuchar y analizar sonidos corporales, conocidos como auscultación, son, a menudo, difíciles de aprender debido al volumen de sonido, típicamente bajo, producido por un estetoscopio acústico. Se han desarrollado estetoscopios electrónicos que amplifican los sonidos débiles del cuerpo. Sin embargo, tales dispositivos sufren de distorsión y de la captación de ruido ambiental. La distorsión y el ruido se deben, en gran parte, al funcionamiento de los transductores electroacústicos, cuyo modo de operación difiere del de los diafragmas mecánicos, utilizados en los estetoscopios acústicos.

Los estetoscopios acústicos han sido la referencia con la cual se ha medido la calidad de sonido de los estetoscopios. Los estetoscopios acústicos convierten el movimiento del diafragma del estetoscopio en presión de aire, que se transfiere directamente, a través de un tubo, a los oídos del oyente. El oyente, por lo tanto, escucha la vibración directa del diafragma a través de los conductos de aire.

Los transductores de los estetoscopios eléctricos existentes pertenecen, típicamente, a una de dos categorías: (1) micrófonos montados detrás del diafragma del estetoscopio, o (2) sensores piezoeléctricos montados sobre el diafragma o conectados físicamente con éste.

Los micrófonos montados detrás del diafragma del estetoscopio recogen la presión sonora creada por el diafragma del estetoscopio, y la convierten en señales eléctricas. El propio micrófono tiene un diafragma, y la trayectoria de transmisión acústica comprende, por lo tanto, el diafragma del estetoscopio, el aire dentro del alojamiento del estetoscopio y, finalmente, el diafragma del micrófono. La existencia de dos diafragmas, y la trayectoria del aire que interviene, da lugar a una recogida excesiva de ruido ambiental por el micrófono, así como a la transferencia ineficiente de energía acústica. Se han divulgado diversas invenciones para contrarrestar esta técnica de detección fundamentalmente inferior, tal como la cancelación adaptativa del ruido, y diversos montajes para el aislamiento mecánico del micrófono. Sin embargo, a menudo, estos métodos tan sólo compensan las insuficiencias fundamentales de los transductores electroacústicos.

Los sensores piezoeléctricos funcionan sobre un principio algo diferente a la mera detección de la presión sonora del diafragma. Los sensores piezoeléctricos producen energía eléctrica por la deformación de una sustancia cristalina. En un caso, el movimiento del diafragma deforma un sensor piezoeléctrico cristalino que se acopla mecánicamente al diafragma del estetoscopio, dando como resultado una señal eléctrica. El problema con este sensor es que el mecanismo de conversión produce una distorsión de la señal, en comparación con la detección del movimiento del diafragma puramente. El sonido que resulta es, por lo

tanto, algo diferente en tono, y distorsionado en comparación con un estetoscopio acústico.

Se han divulgado sensores acústicos capacitivos, y son de uso común en micrófonos e hidrófonos del alto rendimiento. Un micrófono capacitivo utiliza la capacidad variable producida por una placa capacitiva vibrante para realizar la conversión electroacústica. Un micrófono capacitivo colocado detrás del diafragma de un estetoscopio sufriría de los mismos problemas de ruido ambiental y de transferencia de energía que ocurren con cualquier otro micrófono montado detrás del diafragma de un estetoscopio. El documento US-A-5022405 divulga un estetoscopio de este tipo, que utiliza un micrófono capacitivo. El preámbulo de la reivindicación 1 se basa en este documento.

Resumen de la invención

De acuerdo con la invención, como se define en la reivindicación 1, se proporciona un estetoscopio, que incluye un transductor electroacústico para detectar sonidos corporales, transductor que comprende: un diafragma, que tiene una superficie eléctricamente conductora, diafragma que se monta en un alojamiento de tal manera que el diafragma puede entrar en contacto con un cuerpo para la detección del sonido corporal; una placa conductora, substancialmente paralela al diafragma, montada dentro del alojamiento, placa conductora que se coloca detrás del diafragma y separada de él para permitir el movimiento del diafragma, el diafragma y la placa conductora se conectan al circuito eléctrico para formar un condensador eléctrico; y medios de conversión de capacidad a señal eléctrica, para convertir cambios de capacidad en señales eléctricas.

La presente invención proporciona medios de transductor electroacústicos para la detección de sonidos corporales, por ejemplo, para su uso en un estetoscopio. La expresión "cuerpo" en esta especificación puede incluir cuerpos vivos o inanimados. Los cuerpos vivos pueden incluir seres humanos y animales, mientras que los cuerpos inanimados pueden incluir, tan sólo como ejemplo, edificios, maquinaria, envases, conductos y similares. El sensor funciona bajo el principio de conversión de capacidad a señal eléctrica.

El sensor detecta directamente el movimiento del diafragma del estetoscopio, y convierte el movimiento del diafragma en una señal eléctrica, que es una medida del movimiento del diafragma. La amplificación o el procesamiento adicional de la señal eléctrica facilita la producción de un sonido amplificado con características que se asemejan estrechamente al sonido de un estetoscopio acústico, pero con una amplificación aumentada, mientras que se mantiene una distorsión baja. Esto es una mejora significativa sobre la detección sonora más indirecta por un diafragma, producida mediante los métodos microfónicos o piezoeléctricos descritos anteriormente. Puesto que el movimiento del diafragma se detecta directamente, el sensor es menos sensible al ruido exterior que los otros métodos descritos, y la señal es una medida más exacta del movimiento del diafragma. En el caso del estetoscopio acústico, el movimiento del diafragma produce ondas de presión acústica detectadas por los oídos del oyente, y en el caso de la presente invención, el propio movimiento del diafragma produce la señal eléctrica de manera directa, señal que se utiliza, eventualmente, para controlar un transductor acústico de salida, tal como unos auriculares, para colocar las mismas ondas

de presión acústica que inciden en los oídos del oyente.

La presente invención utiliza un método de detección capacitivo. Se han divulgado sensores acústicos capacitivos, y se usan comúnmente en micrófonos e hidrófonos del alto rendimiento. Sin embargo, la presente invención utiliza el propio diafragma del estetoscopio como una de las placas del sensor capacitivo, que toca la superficie corporal directamente. Este método de detección capacitiva del sonido corporal por contacto directo es, como se describe, único.

El sensor comprende un diafragma movable con una superficie conductora, y una superficie conductora coplanaria (electrodo o placa), situada detrás del diafragma, con un espacio o un electrolito entre los dos elementos. La superficie conductora del diafragma, conjuntamente con la segunda placa conductora, forma un condensador. El desplazamiento del diafragma, debido al movimiento o a la presión sonora, modula la distancia entre el diafragma y la placa, lo que produce un cambio en la capacidad. Un aspecto único de la invención se encuentra en el hecho de que el diafragma del estetoscopio constituye una de las placas del condensador.

Una característica de la invención es que el diafragma, que es el mismo elemento que hace el contacto con el cuerpo, es sensible, principalmente, a los sonidos que emanan del cuerpo, más que al sonido del ruido ambiental transmitido por el aire. Al hacer contacto con el cuerpo, la impedancia acústica del sensor se acopla a la del cuerpo, más que a la del aire circundante. Por lo tanto, el cambio de la capacidad debido al movimiento del diafragma se debe, sobre todo, a los sonidos corporales, más que al ruido ambiental global.

Aunque existen diversos medios para convertir la variación de la capacidad en una señal eléctrica, la realización preferida realiza esta conversión cargando el condensador, formado por la combinación diafragma-placa, a un alto voltaje de corriente continua, mediante una alta resistencia. Esto produce en el condensador una carga de algún modo constante. El movimiento del diafragma produce, entonces, una variación de la capacidad. Si la carga del condensador es fija y la capacidad varía con tiempo, se produce una variación pequeña de corriente alterna en el voltaje del condensador. Esto se detecta mediante un amplificador de alta impedancia, que se diseña para detectar los cambios de corriente alterna en el voltaje del condensador, mientras que se evita la descarga rápida del condensador.

Un segundo método para detectar el cambio de la capacidad es emplear el mismo condensador diafragma-placa en un circuito resonante u oscilante de alta frecuencia, y detectar cambios en la frecuencia de oscilación, producidos por cambios en la constante de tiempo del circuito capacitivo.

Un tercer método de construir un sensor capacitivo, y de detectar variaciones de la capacidad es mediante el uso de una técnica de electrete. Este método requiere que una o ambas placas del condensador, formado por el conjunto diafragma-placa, esté cubierto con un material permanentemente cargado, tal como un material de electrete, para crear un campo eléctrico permanente entre las placas. Puesto que la placa o las placas tienen un campo eléctrico permanente entre ellas, se evita la formación de un alto voltaje de carga de corriente continua, y los cambios del voltaje se

pueden producir debido al movimiento, sin necesidad de un voltaje de carga de corriente continua producido mediante un circuito.

Cualquier método de detectar un cambio de capacidad, y de convertir tal cambio en una señal eléctrica, está comprendido en esta invención. Esta invención cubre, por lo tanto, todos aquellos métodos para detectar cambios de capacidad debidos a movimientos del diafragma.

Debe observarse que, aunque la realización preferida comprende una placa fija detrás del diafragma, la invención incluye métodos en los cuales ambas placas sean flexibles y formen un condensador. En tal caso, se aplica el principio básico por el que la capacidad varía debido a la presión sonora del cuerpo, aunque la segunda placa no sea necesariamente rígida.

En la realización preferida, la placa fija se monta detrás del diafragma. Con el fin de asegurar el aislamiento acústico de sonidos externos, la placa fija se debe montar, preferiblemente, mediante medios que la aíslan acústicamente del alojamiento, o utilizar medios destinados a evitar vibraciones de la placa fija. Ésta es una mejora importante que aumenta el aislamiento frente al ruido.

Una variación del principio básico de funcionamiento es crear dos condensadores mediante el diafragma conductor, según lo descrito, con una placa conductora detrás del diafragma que forma un condensador, y una tercera placa detrás de la segunda, que forma un segundo condensador. El diafragma y la tercera placa se encuentran cargados, mientras que la segunda placa intermedia está conectada a un circuito amplificador. Este método de dos condensadores funciona, esencialmente, de acuerdo al mismo principio por el cual el voltaje a través de un condensador cargado varía en respuesta a distancia entre las placas, en el que el diafragma constituye una de las placas.

Una característica adicional de la invención es el método para construir y producir el diafragma. El material del diafragma debe ser flexible y conductor de la electricidad, con el fin de que funcione como una placa de un condensador variable, sensible a la presión sonora. Esta superficie eléctricamente conductora está, preferible pero no necesariamente, aislada eléctricamente de la superficie del diafragma que toca el cuerpo, tanto por seguridad como para prevenir interferencias.

Otra característica adicional de la realización preferida es circuito de detección capacitivo conectado con el condensador diafragma-placa. En la realización preferida, el circuito comprende dos elementos críticos: (1) un generador de polarización de alto voltaje de corriente continua con impedancia muy alta, y (2) un amplificador de corriente alterna con una impedancia muy alta para detectar cambios en el voltaje de alterna sin descargar el condensador.

La invención incluye, asimismo, métodos de control de la amplitud de la señal, de control de voltaje de carga de corriente continua para preservar la energía de la batería, y de construcción y fabricación del sensor capacitivo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra la estructura mecánica básica de la invención, en una realización preferida;

La figura 2 muestra una segunda realización de los elementos capacitivos del sensor de la invención, mediante los que se forma un doble condensador;

La figura 3 muestra otra realización de los medios de montaje del diafragma;

La figura 4 muestra, en más detalle, los medios de aislamiento del sonido ambiente para la placa capacitiva;

La figura 5 muestra la topología global del circuito del sensor cuando se utiliza con un circuito de carga continua-continua y la función asociada;

La figura 6 muestra sensor en forma de condensador de triple placa;

La figura 7 muestra el sensor utilizado en un circuito de detección capacitivo generalizado;

La figura 8 muestra el sensor, en el cual el diafragma, la placa, o ambos se cargan permanentemente, de tal modo que exista un campo eléctrico entre las placas, que evita la necesidad de un circuito de carga capacitivo; y

La figura 9 muestra, en forma esquemática y no a escala, un estetoscopio que incluye el sensor de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Con referencia a los dibujos, la figura 1 muestra la estructura mecánica básica de la invención, en su realización preferida. Un alojamiento 1 contiene un mecanismo de detección capacitivo, que comprende un diafragma 2 flexible y movable, con una superficie 4 eléctricamente conductora, la cual es, preferiblemente, la superficie interna, situada de modo coplanario con una placa 3 eléctricamente conductora, con un cierto espacio intermedio 7, lleno de aire o de una sustancia fluida o gaseosa, eléctricamente no conductora. El diafragma 2 y la placa 3 constituyen un condensador. El movimiento del diafragma 2 debido a la presión sonora varía la distancia entre el diafragma 2 y la placa 3, y por lo tanto varía la capacidad del condensador diafragma-placa, puesto que la capacidad es inversamente proporcional a la distancia entre el diafragma 2 y la placa 3. Un aspecto único de la invención es que el diafragma 2 del estetoscopio constituye una placa de un sensor capacitivo, por lo que el movimiento del diafragma 2 varía la capacidad, que a su vez modifica otros parámetros de circuito en un circuito electrónico, para generar una señal eléctrica variable en el tiempo, que mide el movimiento del diafragma. El movimiento del diafragma es, de este modo, una medida del sonido que se detecta y, por lo tanto, la invención constituye un sensor eficaz del sonido corporal.

En una realización preferida, el diafragma 2 se monta en el alojamiento 1 mediante los medios de acoplamiento 9, que proporcionan aislamiento acústico o atenuación significativa de la onda acústica, con respecto al alojamiento 1. Esto se puede conseguir mediante la selección de un material fonoabsorbente para el acoplamiento 9, y/o mediante el conformado del diafragma 2, de tal manera que la vibración de la circunferencia exterior del diafragma 2 no se acople con el área superficial principal de ésta. La placa 3 se monta detrás del diafragma, mediante soportes de montaje 6, que proporcionan aislamiento acústico o atenuación con respecto al alojamiento con el fin de reducir la captación de ruido ambiental al evitar la vibración de la placa 3.

El diafragma 2 se aloja mecánicamente de tal manera que se puede colocar en contacto físico con un cuerpo, para detectar el sonido de éste por contacto físico directo, más que a través de un medio fluido o

del aire, como es propio de micrófonos y de hidrófonos. Esto dota al diafragma 2 de una propiedad preferida, que es la de ser capaz de un desplazamiento perceptiblemente mayor que el requerido típicamente por un diafragma de micrófono o de hidrófono, haciendo el espacio 7 más grande que el típico de los micrófonos aéreos o de los hidrófonos. En una realización preferida, la distancia entre el diafragma 2 y la placa 3 excede, típicamente, de 0,5 mm, aunque pueden ser posibles distancias más pequeñas. Ésta es, de algún modo, una característica única de este uso de detección, que da como resultado una capacidad del condensador diafragma-placa muy baja.

En una realización preferida de la invención, se genera un potencial de alto voltaje entre el diafragma 2 y la placa 3. Mediante el uso de tal método, el aislamiento eléctrico requiere de diversos elementos de la invención. Un aislante 5 de alta constante dieléctrica, constituido por sustancias tales como lámina de Mylar[®], producido por E.I. DuPont, o de Ultem[®], fabricada por General Electric, se sitúa, opcionalmente, entre el diafragma 2 y la placa 3. Esto reduce el ruido electrónico causado por la descarga del condensador a través del espacio 7, entre el diafragma 2 y la placa 3. Aunque el aislante 5 no es esencial para el funcionamiento del sensor, mejora la calidad del sonido. La placa 3 se monta en el alojamiento 1 mediante un soporte de montaje 6, tal soporte de montaje se fabrica en un material que proporcione un alto aislamiento eléctrico, tal como nailon o Teflon[®]. Esto evita la descarga paulatina de la placa 3. Los requisitos de aislamiento eléctrico preferidos, indicados arriba, son relevantes para la realización de la invención que requiera un potencial de alto voltaje entre la placa 3 y el diafragma 2. Otras realizaciones no requieren necesariamente tal aislamiento eléctrico de alta calidad, puesto que pueden apoyarse en métodos de medida de la capacidad que no requieran un voltaje significativo de corriente continua en el condensador.

Las conexiones eléctricas se muestran en la figura 1, para una realización de la invención. Un circuito electrónico 10 se monta, preferiblemente, dentro del alojamiento 1, con la conexión 13 al alojamiento 1, la conexión 11 a la superficie conductora 4 del diafragma, y la conexión 12 a la placa 3. Las conexiones a la alimentación externa y a la señal se suministran mediante los medios de conexión 14. El principio de funcionamiento del sensor no requiere que el circuito asociado esté colocado dentro del alojamiento 1. Sin embargo, se obtiene mejor rendimiento mediante la colocación de un circuito amplificador cerca del condensador de detección.

La figura 2 muestra una realización alternativa de los elementos capacitivos del sensor de la invención, en la que se forma un doble condensador. El diafragma 2 tiene una superficie conductora 4, que forma un condensador con la placa 20, que se compone de un material conductor. La placa 20 forma, de este modo, un segundo condensador con la placa 3, mientras que el aislante opcional 5 se coloca entre la placa 20 y la placa 5. El diafragma 2 se monta de nuevo en el alojamiento, mediante una abrazadera de montaje 9. El método del doble condensador funciona sobre un principio de operación similar a la realización de la figura 1. Sin embargo, las conexiones del circuito son algo diferentes, según lo descrito en más detalle a continuación.

La figura 3 muestra una abrazadera de montaje

9 alternativa para el diafragma 2. La abrazadera de montaje 9 es un anillo circular mostrado en sección transversal. El material en el cual se fabrica la abrazadera de montaje 9 es una sustancia fonoabsorbente, como goma, que evita que la vibración del alojamiento 1 en la figura 1 alcance la superficie del diafragma 2. Sin embargo, el diafragma tiene una superficie 4 eléctricamente conductora que debe estar conectada con el circuito electrónico mediante la conexión 11, como se indica en la figura 1. Esta conexión 11 se ejecuta, como se muestra en la figura 3, mediante la ubicación en la abrazadera de montaje 9 de una trayectoria conductora 30. La figura 3 muestra una configuración para conseguir el aislamiento acústico y la conexión eléctrica a la superficie conductora 4 del diafragma 2. Si la abrazadera de montaje 9 tiene una sección transversal distinta, o se fabrica en goma conductora, los objetivos de aislamiento acústico y de conexión eléctrica pueden cumplirse todavía.

La figura 4 muestra más detalladamente un aspecto importante del aislamiento del sonido ambiente de la placa 3. La placa 3 no debe experimentar vibraciones debidas al alojamiento o a las vibraciones externas, tales como las que se pueden producir por el ruido ambiental o la manipulación del alojamiento 1. La placa 3 debe, por lo tanto, aislarse acústicamente de fuentes de ruido ambiental. Esto se puede conseguir por diversos medios. Se puede construir un soporte de montaje 6 con una sección 40, fabricado en un material absorbente del sonido, de modo que las vibraciones sean atenuadas por la sección 40. Nótese que el soporte de montaje 6 y las secciones 40 se muestran como postes verticales. Tal montaje se puede conseguir, asimismo, mediante superficies moldeadas dentro del alojamiento 1 para sostener la placa 3, u otros medios de fijación de la placa 3. La invención requiere, simplemente, que la placa 3 esté aislada acústicamente del alojamiento 1 para un rendimiento óptimo. La figura 4 muestra, asimismo, una segunda alternativa para el aislamiento acústico de la placa 3. La placa 3 se puede montar en una superficie de material 41 absorbente del sonido, de tal manera que la vibración en el soporte de montaje 6 se atenúe mediante una superficie 41. Un tercer método de aislamiento acústico consiste en fabricar la placa 3 en espuma conductora u otro material eléctricamente conductor, pero absorbente del sonido. Los tres métodos anteriores proporcionan la misma funcionalidad: el aislamiento acústico de la placa 3. Otros métodos se pueden aplicar para alcanzar el mismo objetivo.

El método de funcionamiento de la realización preferida consiste en desarrollar un campo eléctrico en el condensador formado por el diafragma 2 y la placa 3, mostrado en la figura 1. Hay distintos métodos para crear este campo eléctrico. En una realización preferida, una fuente 51 de corriente continua, que es un circuito compensador continua-continua, se conecta con el condensador mediante una conexión 52 de alta impedancia, como se muestra en la figura 5. El convertidor continua-continua 51 convierte el bajo voltaje de la batería 50 a un alto voltaje. Se desea un voltaje superior a 50 V, y son factibles en el dispositivo voltajes perceptiblemente más altos, del orden de 600 V a 1000 V. Mayores voltajes producen mayores ganancias en la función de transferencia de desplazamiento mecánico a señal eléctrica. El alto voltaje transferido mediante el resistor 52 a la placa 3 ocasiona que la placa 3 se ponga a un potencial de

alto voltaje con respecto al diafragma 2, que se coloca a un potencial de tierra de referencia 55 en una realización preferida, puesto que esto proporciona apantallamiento electromagnético, a la vez que actúa como placa capacitiva. Un amplificador 54 se conecta con el sensor capacitivo mediante un condensador 53, que aísla el alto voltaje de corriente continua en la placa 3 del amplificador, mientras que transfiere el voltaje dependiente del tiempo provocado por la modulación de la separación diafragma-placa. La impedancia de la entrada del amplificador 54 debe ser significativa, con el fin de permitir el paso de las frecuencias bajas por el condensador 53.

Las funciones del circuito para la puesta en práctica de la invención de alto voltaje se muestran en la figura 5. La placa 3 se carga, mediante el potencial de alto voltaje, respecto al diafragma 2 por el convertidor 51 continua-continua. Variaciones en la separación entre el diafragma 2 y la placa 3 producen un cambio en la corriente alterna, o un voltaje dependiente del tiempo a través del condensador, con la alta resistencia 52 y la alta impedancia de entrada del amplificador 54 que evitan que la carga del condensador cambie demasiado rápidamente. El cambio en el voltaje dependiente del tiempo a través de la capacidad se amplifica por el amplificador 54 para producir una señal de baja impedancia dependiente del tiempo que sea una medida de cambio de la capacidad y, por lo tanto, del movimiento del diafragma.

En ciertas realizaciones, la capacidad del condensador diafragma-placa puede ser extremadamente baja, del orden de 10 picofaradios. Esto da lugar a una constante de tiempo muy pequeña cuando el condensador está conectado con el circuito externo. Un aspecto importante de la realización de alto voltaje del sensor es el uso de un circuito de carga de corriente continua de muy alta impedancia, y de un circuito de amplificación de la señal. En una realización preferida, esta impedancia es, preferiblemente, superior a 400 Megaohmios, tanto en el caso del cargador de corriente continua como de la entrada del amplificador de señal, aunque son posibles impedancias más bajas. Así pues, en la figura 5, la resistencia 52 o la resistencia fuente de la fuente de corriente continua 51, así como la impedancia de entrada del amplificador 54, deben ser todas altas impedancias.

El alojamiento se pone, preferiblemente, a tierra, para actuar como protección. La protección requiere que el alojamiento 1 esté fabricado en un material eléctricamente conductor, o que se aplique una superficie conductora al alojamiento 1. El alojamiento 1 y el diafragma 2 forman, por lo tanto, una cavidad protectora para el sensor y la electrónica. Debe notarse que, tanto la placa 3 como el diafragma 2, se pueden poner a alto potencial, ya que lo importante del condensador es la carga y no la polaridad. Obsérvese que la tierra 55 es una conexión a tierra relativa, no una conexión física a tierra.

Los estetoscopios son instrumentos típicamente portátiles, que funcionan a partir de la energía de una batería. Una extensión adicional de la invención consiste en la minimización del consumo de energía. El voltaje de corriente continua, aplicado a través del condensador diafragma-placa en la realización preferida, se genera a partir de una fuente 50 de bajo voltaje en un dispositivo típico alimentado por batería, como se muestra en la figura 5. Como la constante de tiempo del circuito capacitivo es, necesariamente, suficiente-

mente grande para permitir la detección de frecuencias inferiores a 100 Hz, la carga de corriente continua en la capacidad detectora permanece a un nivel de voltaje elevado por un cierto período del tiempo. Por lo tanto, el circuito 51 de carga de corriente continua puede funcionar de modo pulsado, o intermitente, o apagado de hecho, una vez que se genere la carga de corriente continua en las placas del condensador. Esto ofrece ahorros substanciales de energía frente al funcionamiento continuo del circuito de carga de corriente continua, por lo que la realización preferida ofrece una vida de la batería substancialmente más larga de la que proporcionaría una fuente de corriente continua que funcionara de modo continuo. El circuito 56 de control de alimentación es capaz de controlar el nivel de alto voltaje producido por el convertidor 51 continua-continua para el propósito del funcionamiento a baja alimentación.

La función 56 de control de la alimentación es operada, bien por medios de conmutación 57, o bien automáticamente mediante la detección de la señal de salida del amplificador 54. Los medios de conmutación 57 pueden tomar la forma, asimismo, de una señal de control de un microprocesador de control. En el modo automático de control de la alimentación, la función de control de la alimentación detecta si el diafragma está en contacto con un cuerpo, mediante la ejecución del procesamiento de la señal sobre la señal de salida del amplificador. Hay diversos métodos para detectar el contacto entre el diafragma y el cuerpo. Un método es detectar un perfil de onda del latido del corazón. Un método preferido es detectar la energía de una señal de baja frecuencia a la salida del amplificador, puesto que ésta está típicamente ausente cuando el diafragma no se encuentra en contacto con un cuerpo.

Puesto que la amplitud de la señal de salida del amplificador 54 es dependiente del voltaje de corriente continua, la función 56 de control de alimentación se puede emplear también para supervisar la salida del amplificador y actuar como control automático o manual de la ganancia del sensor, mediante el ajuste del voltaje de corriente continua para controlar la amplitud de la señal de salida de amplificador. Esto proporciona la ventaja de preservar la energía de la batería, así como de suministrar niveles consistentes de señal. Además, mientras que el control de ganancia se puede realizar en fases posteriores de la amplificación, hay una ventaja en ajustar el nivel de la señal en el inicio para evitar el recorte y para maximizar el cociente señal-ruido del proceso global de amplificación.

El control de ganancia automático se implementa, también opcionalmente, en el amplificador 54. Esto es especialmente importante como medio de evitar que se generen señales excesivamente altas. El amplificador 54 incluye así, opcionalmente, medios de apagado o de atenuación automáticos, que se activan mediante niveles significativos de la señal. Estos transitorios ocurren, típicamente, cuando se inicia o se finaliza el contacto con un cuerpo, o cuando el diafragma se mueve a través de un cuerpo.

En la figura 2 se muestra un método alternativo de crear un sensor capacitivo, con las conexiones eléctricas mostradas en la figura 6. En esta puesta en práctica, la placa 20 del sensor está conectada con la entrada del amplificador, mientras que la placa 3 está a un alto voltaje como antes, y el diafragma 2 está al potencial de tierra de referencia 55, como anteriormente. El

funcionamiento del circuito es como se describió previamente. Sin embargo, el condensador formado por la placa 20 y el diafragma responde al doble propósito de detectar el alto voltaje de corriente continua en la placa 3 y aislarlo del amplificador.

Un método alternativo de establecer un voltaje a través del diafragma 2 y de la placa 3 se muestra en la figura 8, en donde el diafragma 2, la placa 3 o ambas se fabrican con un electrete o un material permanentemente cargado que mantenga una carga superficial permanente en uno o en ambos elementos, creando un campo eléctrico 80 sin circuito externo excitador de corriente continua. Esto presenta la ventaja significativa de que ahora no se requiere ningún convertidor continua-continua, y el voltaje dependiente del tiempo a través del condensador diafragma-placa se puede amplificar directamente. Este método se utiliza, comúnmente, en pequeños micrófonos de condensador de electrete de bajo coste. Sin embargo, la presente invención es única en que una de las placas del condensador constituye el diafragma de un estetoscopio, lo que permite el contacto físico con el cuerpo del cual se deba detectar el sonido. La fabricación de una puesta en práctica de electrete puede lograrse adhiriendo un material de electrete al interior del diafragma. Alternativa o adicionalmente, la placa 3 se puede construir con una superficie de electrete, o se puede adherir un material de electrete a la placa 3. El punto importante es que debe existir un campo eléctrico entre el diafragma 2 y la placa 3, y la invención incluye cualquier medio por el que se pueda crear un campo así, ya sea mediante la utilización activa de una fuente de alimentación de corriente continua, o mediante la utilización de materiales que generen un campo eléctrico permanente entre el diafragma 2 y la placa 3.

Un método alternativo de detectar un cambio de capacidad en el sensor se muestra en la figura 7. La placa 3 y las superficies conductoras del diafragma 2 están conectadas con un circuito 70 de detección de la capacidad. La salida 71 es una señal eléctrica o un mensaje digital que transmite la medida de la capacidad en función del tiempo. Hay diversos métodos de detectar el cambio de la capacidad debido al desplazamiento del diafragma. Algunos ejemplos son:

- a. Conectar el condensador diafragma-placa con un oscilador, y convertir la variación de frecuencia debido al cambio de la capacidad en un voltaje representativo del movimiento del diafragma.
- b. Conectar el condensador con un circuito resonante y medir cambios en las características de resonancia con cambios en la capacidad.
- c. Conectar el condensador con un circuito de carga, en el que el tiempo de carga y/o descarga del circuito se convierta en una medida de voltaje representativa del cambio de la capacidad.
- d. Conectar el condensador con medios de medida y de conversión digitales, mediante los cuales cambios de la capacidad den lugar a cambios en la anchura del pulso o a valores digitales.
- e. Conectar el condensador como elemento de sincronización en un circuito converti-

dor analógico-digital, por el que códigos digitales sean una función de la capacidad.

Todos estos métodos se basan en el aspecto fundamental de la invención por el que se forma un condensador mediante el diafragma, conjuntamente con otro elemento, lo que proporciona medios directos de transducción del movimiento del diafragma a un cambio de capacidad, a una medida eléctrica. Esencialmente, los métodos antedichos utilizan la capacidad como un elemento en un circuito cuya constante de tiempo afecta la forma de las ondas eléctricas.

La figura 9 muestra, en forma esquemática, solamente un estetoscopio con el sensor o el transductor de la invención. El sensor es, básicamente, igual al ilustrado en la figura 1, con los elementos de sensor ampliados en una visión en corte. El alojamiento 1 (ampliado y no a escala, en comparación con el resto del estetoscopio, y en sección parcial) contiene los elementos del sensor y los componentes asociados. El diafragma 2 se monta de tal manera que se puede colocar fácilmente en la proximidad de un cuerpo para detectar sonidos. Una placa 3 se monta mediante un soporte de montaje 6, colocada detrás del diafragma 2 y paralela a él. El circuito electrónico 10 se coloca dentro del alojamiento 1 y se acciona por una fuente de alimentación 50. Una conexión eléctrica 14 transmite señales de audio a los transductores de audio 90 de la salida. Detalles adicionales del sensor se muestran en la figura 1 y en otras, y pueden no ser visibles en la realización según se ilustra en la figura 9.

Obsérvese que la figura 9 ilustra tan sólo una realización de la invención para su uso en un estetoscopio. Son posibles diversos métodos de contener el sensor, colocar el circuito electrónico dentro del mismo o de diferentes alojamientos, separar las funciones del circuito electrónico dentro del mismo o de diferentes alojamientos, y comunicar las señales al transductor de audio, sin alejarse de las estructuras fundamentales y de los métodos divulgados aquí.

Los diafragmas de estetoscopio están sometidos a desgaste y averías a largo plazo. En un estetoscopio mecánico, la sustitución del diafragma es un proceso simple. En el caso de un diafragma capacitivo, como el descrito en esta invención, es potencialmente beneficioso encapsular el diafragma 2 y la placa 3, en la figura 1, junto con alguna circuitería electrónica 10, en un contenedor hermético que se pueda retirar fácilmente del cuerpo principal del estetoscopio. Esto permite la sustitución sencilla del diafragma y los componentes asociados, mientras que se mantiene un ambiente hermético para el alto voltaje, el fluido, u otros elementos del sensor capacitivo que se encuentren tras el diafragma, y que es mejor mantener aislados de contaminantes atmosféricos, o no deben ser tocados por los usuarios. La invención permite, por lo tanto, que tales elementos de la invención se alberguen en dicho alojamiento hermético, para su sustitución o reparación adecuadas.

El sensor, albergado en el alojamiento 1, se puede utilizar como dispositivo periférico de detección sonora, que se puede conectar con medios externos de grabación, transmisión o amplificación y reproducción. Alternativamente, el alojamiento 1 se une físicamente al estetoscopio, y forma parte del alojamiento global del estetoscopio.

Aunque que la realización preferida toma la forma de un sensor capacitivo con un diafragma móvil y una placa fija, es factible formar un condensador en el que ambos electrodos sean flexibles. Tal diseño incluye un condensador de diafragma formado por dos superficies flexibles separadas por un dieléctrico, que permita la modulación de la distancia entre los dos electrodos mediante el movimiento del diafragma de dos placas. La invención se plantea, así, para cubrir cualquier método que comprenda un diafragma que actúa como parte de un sensor capacitivo.

REIVINDICACIONES

1. Un estetoscopio para detectar sonidos corporales, que comprende:

un alojamiento (1);

medios (51, 52, 53, 54, 79) de conversión de capacidad a señal eléctrica para convertir cambios de capacidad en señales eléctricas;

un diafragma (2), con una superficie (4) eléctricamente conductora, montado en el alojamiento (1) y

una placa conductora (3), sustancialmente paralela al diafragma (2), placa conductora (3) que se sitúa en el alojamiento (1), detrás y separada del diafragma (2) para permitir el movimiento del diafragma, el diafragma (2) y la placa conductora (3) están conectados por una capacidad eléctrica a los medios de conversión de capacidad a señal eléctrica (51, 52, 53, 54, 79),

caracterizado porque el diafragma (2) puede entrar en contacto con un cuerpo para la detección del sonido corporal.

2. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el diafragma (2) comprende un sustrato flexible, aislado eléctricamente, recubierto con, o que lleva adherido, un material eléctricamente conductor.

3. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el diafragma (2) se monta en el alojamiento (1) mediante medios de montaje (9) que absorben energía acústica para evitar que la vibración del alojamiento (1) se transmita a la superficie del diafragma, y/o en el que dichos medios de montaje (9) comprenden una trayectoria (30) eléctricamente conductora entre la superficie conductora del diafragma y los medios de conversión de capacidad a eléctrica.

4. El estetoscopio, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la placa conductora (3) se monta mediante medios (6) diseñados para absorber la energía acústica tales que la placa (3) permanece esencialmente estacionaria en presencia de sonido o de vibración ambiente en el alojamiento.

5. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente, un aislante eléctrico (5) montado entre el diafragma (2) y la placa conductora (3).

6. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la superficie (4) eléctricamente conductora del diafragma y el alojamiento, o una superficie conductora que forme parte del alojamiento, están conectados con la tierra de referencia de los medios de conversión de la señal, de tal manera que el diafragma (2) y el alojamiento (1) forman una protección frente a interferencias electromagnéticas para los medios de la conversión de la señal, o para parte de éstos.

7. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el condensador formado por el diafragma (2) y la placa conductora (3) se carga a un voltaje de corriente continua por un circuito convertidor corriente-continua, que se puede controlar u operar intermitentemente de acuerdo con la amplitud de la señal que se requiera, o mediante un material de electrete permanentemente cargado que forme parte del diafragma o la placa.

8. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual el voltaje de corriente continua se controla para controlar la amplitud de la señal de dichos medios de conversión de capacidad a señal de voltaje.

9. El estetoscopio, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el alojamiento (1) forma una unidad cerrada, que sella el espacio frente a la humedad y el polvo atmosféricos exteriores.

10. El estetoscopio, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye adicionalmente

una segunda placa conductora, sustancialmente paralela al diafragma y a la primera placa conductora, que está montada dentro del alojamiento y situada detrás de la primera placa conductora; diafragma, primera placa conductora y segunda placa conductora que forman, por lo tanto, dos condensadores, en el que se encuentran conectados medios de conversión de capacidad a señal eléctrica para convertir cambios de capacidad entre el diafragma y la primera placa conductora en señales eléctricas.

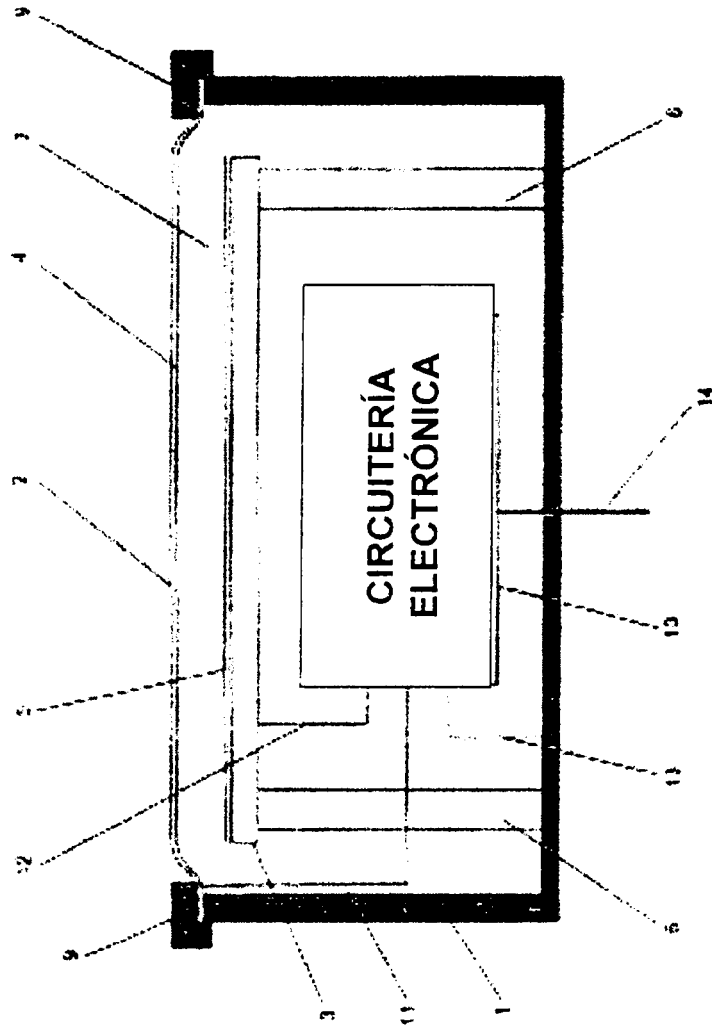


Fig. 1

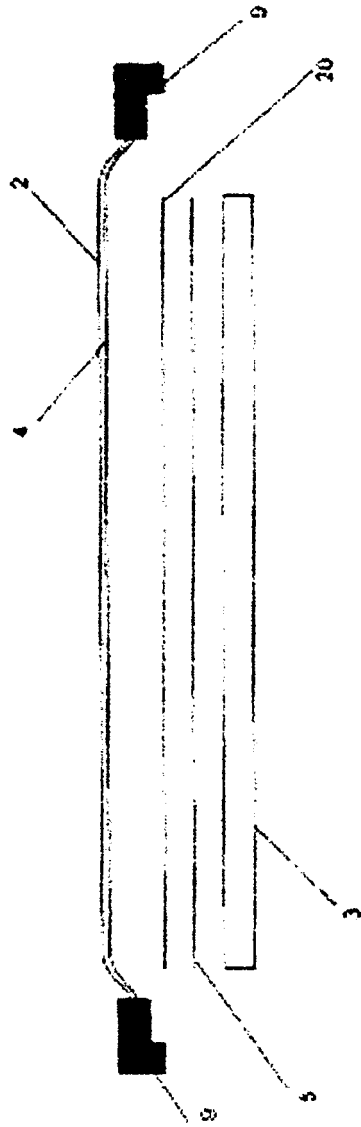


Fig. 2

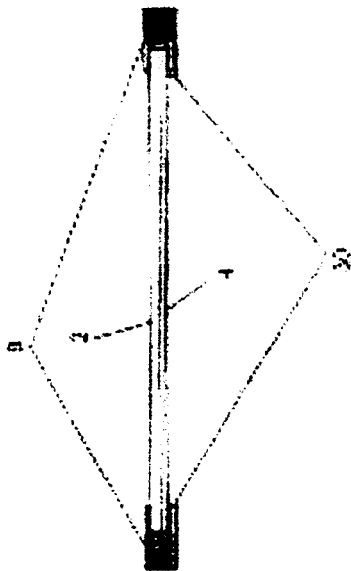


Fig. 3

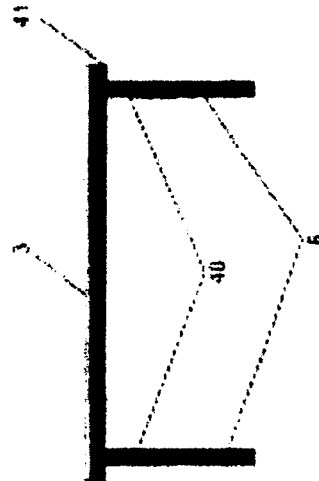


FIG. 4

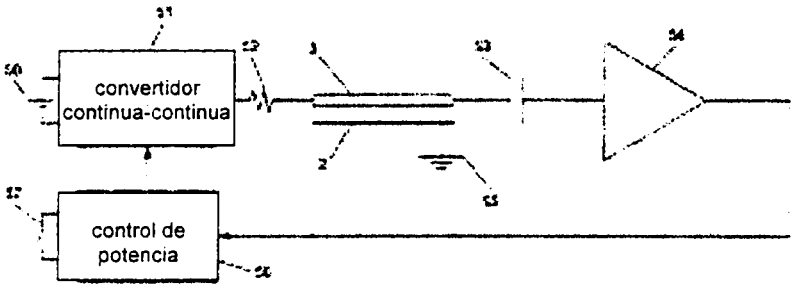


FIG. 5

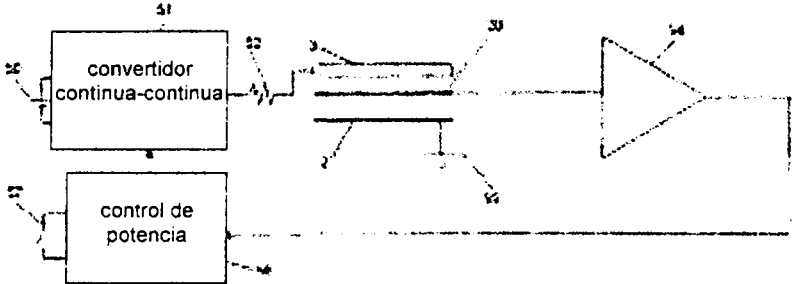


FIG. 6

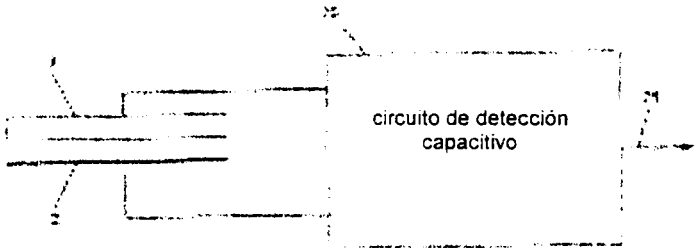


FIG. 7

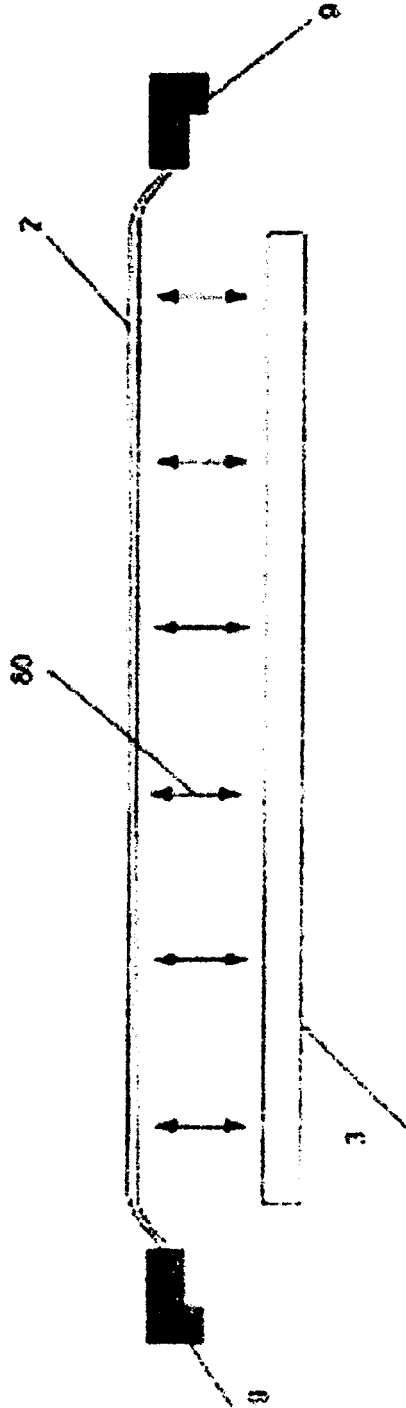


Fig. 8

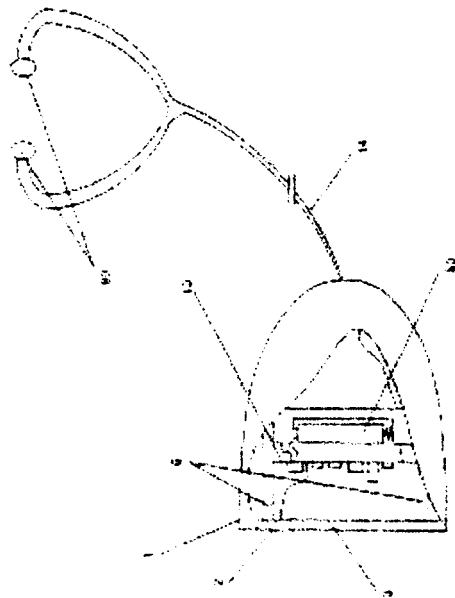


Fig. 8