

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 183**

51 Int. Cl.:

A61B 5/103 (2006.01)

A61B 8/08 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.02.2009 PCT/FI2009/050126**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2009 WO09109695**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2009 E 09716872 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 2252206**

54 Título: **Un método y un dispositivo para medir la densidad de un hueso**

30 Prioridad:

05.03.2008 FI 20085206

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

21.11.2017

73 Titular/es:

**OSCARE MEDICAL OY (100.0%)
Äyritie 22
01510 Vantaa, FI**

72 Inventor/es:

PUKKI, JUSSI

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 643 183 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

Un método y un dispositivo para medir la densidad de un hueso

5 EL CAMPO DE LA INVENCION

Diversas razones provocan que la densidad ósea disminuya y de este modo el esqueleto se hace más débil aumentando un riesgo para diferentes tipos de fracturas. Este fenómeno se llama osteoporosis.

10 LA TÉCNICA ANTERIOR

La densidad del hueso se mide mediante dispositivos de medición que miden la atenuación de los rayos x que han penetrado a través del hueso. Estos dispositivos son relativamente caros. Especialmente debido a esta razón, los dispositivos y métodos que se basan en la medición de la vibración mecánica se han vuelto más populares, es decir, el ultrasonido, que se propaga a través del hueso o sobre la superficie del hueso.

En la publicación de solicitud de patente EP1507476 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT) se presenta una disposición de medición de ultrasonido de acuerdo con la técnica anterior, en donde el ultrasonido se transmite al hueso usando al menos un transmisor y se recibe el ultrasonido usando varios receptores y estos receptores que no tienen más de 1 cm de distancia entre ellos. La determinación de la información sobre osteoporosis se basa en la formación en el diagrama de la frecuencia temporo-espacial del ultrasonido usando la transformada de Fourier o el cálculo de matriz.

En la publicación EP1507476 A1, se dice que un rango de frecuencia aplicable es de 100 kHz-5 MHz, pero en la práctica los transmisores y receptores que se presentan en la EP1507476 A1, que no tienen más de 0,5 cm de distancia entre ellos, no son aplicables por debajo de las frecuencias de 1 MHz.

En la publicación WO 99/45348 A1 se presenta un método para calcular la velocidad acústica del hueso, V_b , resolviendo el grupo de ecuaciones que comprende cuatro ecuaciones y cuatro factores desconocidos. Este enfoque de todos modos sufre de defectos que se deben compensar asumiendo por separado una velocidad acústica de tejido blando V_s para que sea un valor constante de 1540 m/s, y/o midiendo por separado la distancia h que se define como una distancia media entre los elementos ultrasónicos y el hueso 18. Este tipo de compensación se debe hacer, porque de otro modo la resolución de dicho grupo de ecuaciones sufre de inexactitud en la determinación de la velocidad acústica del hueso, V_b . En la publicación WO 99/45348 A1 se presenta un método para calcular la velocidad acústica del hueso V_b , resolviendo el grupo de ecuaciones que comprende cuatro ecuaciones y cuatro factores desconocidos. Este enfoque de todos modos sufre de defectos que se deben compensar asumiendo por separado una velocidad acústica de tejido blando V_s para que sea un valor constante de 1540 m/s, y/o midiendo por separado la distancia h que se define como una distancia media entre los elementos ultrasónicos y el hueso 18. Este tipo de compensación se debe hacer, porque de otro modo la resolución de dicho grupo de ecuaciones sufre de inexactitud en la determinación de la velocidad acústica del hueso, V_b . El documento US5396891 describe una sonda de ultrasonido para examen de huesos que comprende 3 transductores, que ofrece la eliminación del error de medición causado por el tejido blando. La sonda comprende toda la electrónica necesaria y es compacta y fácil de usar. La formación de resultados de medición del esqueleto de acuerdo con la técnica anterior tiene como su mayor inconveniente que resultados de medición suficientes y confiables exigen que al menos diez receptores, en la práctica más, se usen para recibir señales de ultrasonido. Esto aumenta los costes económicos.

45 LA BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención se define en la reivindicación 1 del aparato y en la reivindicación 4 del método.

50 Como un objeto de esta invención es un método y un dispositivo asequible que utiliza dicho método para realizar fácilmente y con éxito mediciones de densidad del esqueleto. Esto se consigue mediante un dispositivo de ultrasonido para conformar información de densidad del esqueleto. Este dispositivo de ultrasonido comprende, para conformar información de densidad del esqueleto, al menos dos transmisores que tienen una distancia de L_1 entre ellos para transmitir dentro del esqueleto señales de ultrasonido, al menos dos receptores que tienen una distancia de L_2 entre ellos para recibir desde el esqueleto señales de ultrasonido, cuando la distancia L conocida calibrada por lo menos una de las distancias L_1 y L_2 y una unidad de procesamiento para calcular una velocidad de ultrasonido en el esqueleto para conformar información de densidad del esqueleto sobre la base de las señales de ultrasonido que se reciben por dichos receptores, dividiendo la distancia conocida por un promedio de una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el primer transmisor y una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el segundo transmisor.

65 Un objeto de esta invención es también un método para conformar información de densidad del esqueleto. En el método, la información de densidad del esqueleto se conforma de manera que las señales de ultrasonido se transmiten al esqueleto por al menos dos transmisores que tienen una distancia de L_1 entre ellos, se reciben señales de ultrasonido desde el esqueleto por al menos dos receptores que tienen una distancia de L_2 entre ellos,

cuando la distancia L conocida calibrada es al menos una de las distancias L1 y L2 y se calcula una velocidad de ultrasonido en el esqueleto para conformar información de densidad del esqueleto sobre la base de las señales de ultrasonido que se reciben por dichos receptores, de modo que la distancia L conocida se divide por un promedio de una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el primer transmisor y una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el segundo transmisor.

En la medición de la densidad del hueso de acuerdo con la invención se mide una velocidad de propagación de una onda de ultrasonido, desplazándose dicha onda de ultrasonido por la superficie del hueso o dentro del hueso desplazándose sustancialmente a lo largo de la dirección de la superficie del hueso, logrando minimizar problemas existentes en los métodos de medición de densidad del hueso de la técnica anterior que se basan en las mediciones de velocidad de ultrasonido. Es preferible realizar la invención a frecuencias inferiores de 0,5 MHz y en la utilización de la invención no se necesita un uso de la transformada de Fourier.

La invención se basa en que se determina un dato de respuesta para la osteoporosis sobre la base de un cálculo de velocidad para una onda de ultrasonido que se propaga a lo largo de la ruta más rápida a través del tejido blando y el esqueleto. En el método se usan al menos dos transmisores que se localizan en diferentes lugares para transmitir al esqueleto señales de ultrasonido y, respectivamente, las señales de ultrasonido se reciben desde el esqueleto por receptores que se localizan en diferentes lugares y se conoce la distancia L entre transmisores o receptores. La invención se basa adicionalmente en que se mide la temperatura de una pieza de calibración, se mide un tiempo de desplazamiento del ultrasonido para la distancia L que se va a calibrar en la pieza de calibración y la distancia L se calcula sobre la base del tiempo de desplazamiento medido y una velocidad de ultrasonido conocida en la pieza de calibración a dicha temperatura medida. La información de distancia que se calibra se usa en el cálculo de una velocidad de ultrasonido en el esqueleto para conformar información de densidad del esqueleto sobre la base de las señales de ultrasonido que se reciben por dichos receptores de manera que la distancia conocida se divide por una media de una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el primer transmisor y una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el segundo transmisor.

El beneficio de la invención es que con las mediciones se detecta la osteoporosis de manera fiable antes de que provoque fracturas óseas, permitiendo de este modo la prevención de las osteoporosis al cambiar nutrientes o usar medicamentos. Cuando la osteoporosis se ha detectado con suficiente anticipación, el riesgo de fracturas también se puede minimizar al usar diferentes medios de protección.

LISTA DE FIGURAS

La figura 1 presenta un cabezal de medida de acuerdo con la invención que se coloca sobre la piel para las mediciones.

La Figura 2 presenta una medición de acuerdo con la primera realización (no es un objeto de la invención).

La Figura 3 presenta una medición de acuerdo con la realización preferida de la invención.

Las Figuras 4A-4B presentan dispositivos de ultrasonido de acuerdo con la invención para investigar la calidad de las señales de ultrasonido.

La Figura 5 presenta una unidad procesadora de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Se puede describir una onda de ultrasonido como una vibración mecánica que se propaga en un medio que tiene diferentes características de propagación en medios diferentes y sus interfaces. Cuando la frecuencia de la onda de ultrasonido sigue siendo la misma, la velocidad cambia de acuerdo con la composición del medio.

En una realización de acuerdo con la invención, puede ser suficiente que sólo se usen dos sensores de ultrasonido, siendo el primero un transmisor para transmitir ultrasonido al esqueleto y el segundo un receptor para recibir ultrasonido desde el esqueleto. En la práctica, una capa de tejido blando entre el esqueleto y el sensor provoca factores de error en las mediciones dependiendo de las diferentes composiciones y espesores que tienen las capas de tejidos blandos. De este modo, el uso de sólo dos sensores de ultrasonido no es a menudo suficiente para obtener resultados de medición aceptables en medicina.

El cabezal de medida de un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la invención comprende al menos cuatro sensores de ultrasonido en fila, de los cuales se usan al menos dos sensores para transmitir al paciente señales de ultrasonido y al menos dos se usan para recibir desde el paciente la señal de ultrasonido.

La figura 1 presenta un cabezal de medida de acuerdo con la invención que para medición se coloca sobre la piel.

La figura 1 se presenta como capa 105 de sección transversal de tejido blando y hueso 107. El cabezal de medida comprende al menos dos transmisores 100, 102 para transmitir al hueso una onda de ultrasonido a través de la capa de tejido blando y al menos dos receptores 104, 106 para recibir desde el hueso la onda de ultrasonido a través de la capa de tejido blando. Desde el cabezal 103 de medida hay una conexión 109 de datos cableada o inalámbrica a la unidad 101 procesadora (Figura 4B), que procesa los datos de medición que se reciben por los receptores.

En la primera realización (no es un objeto de la invención) que se presenta en la Figura 2, el dispositivo de ultrasonido para conformar información de densidad del esqueleto comprende en el cabezal 103 de medida, dos transmisores 100, 102 para transmitir señales de ultrasonido al esqueleto. No es necesario conocer una distancia L1 entre dichos transmisores. Las señales de ultrasonido se reciben desde el esqueleto por los receptores 104, 106 en el cabezal 103 de medida que se localiza de manera que tengan una distancia L2 medida conocida entre ellos. La primera medición de tiempo de desplazamiento de la onda de ultrasonido se realiza de manera que el primer transmisor envía al menos una señal de onda de ultrasonido en forma de pulso a través del tejido blando dentro del hueso, donde la onda de ultrasonido se propaga sobre la superficie del hueso o dentro del hueso. Cuando se propaga sobre la superficie del hueso o dentro del hueso, la onda de ultrasonido se atenúa, y a través de la interfaz del tejido óseo y del tejido blando parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al tejido blando. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del primer receptor 104, parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al primer receptor a través del tejido blando y la otra parte de la onda de ultrasonido se propaga más lejos. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del segundo receptor 106 que se localiza más lejos en la misma dirección que el primer receptor, parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al segundo receptor a través del tejido blando y la otra parte de la onda de ultrasonido se propaga de nuevo más lejos.

Si no hubiera tejido blando, se obtendría la velocidad de propagación de la señal de onda de ultrasonido midiendo el tiempo que tarda la señal en desplazarse a lo largo del hueso desde el transmisor al receptor, o alternativamente desde el primer receptor al segundo receptor, cuando se conoce la distancia entre ellos. En la medición práctica el tiempo para que la señal se desplace a través del tejido blando es como su extensión un factor desconocido y de posición que afecta al resultado de la medición. Cuando se mide el tiempo para que la señal se desplace entre dos receptores, un tiempo de desplazamiento a través del tejido blando no provocaría error si el tejido blando fuera igual y tuviera el mismo grosor en ambos receptores. Debido a que en la medición práctica esto no es cierto, provoca un error a la medición del tiempo que depende de las diferencias de tiempo de desplazamiento en los receptores a través del tejido blando. En la realización se elimina dicho error de manera que se realice una segunda medición del tiempo de desplazamiento para la onda de ultrasonido transmitiendo desde un segundo transmisor 102 al menos una señal de onda de ultrasonido en forma de pulso a través del tejido blando en el hueso desde una dirección sustancialmente opuesta a los receptores 104, 106 como la señal de onda de ultrasonido que se describe que se envía desde el primer transmisor 100. Por lo tanto dicha onda de ultrasonido que se envía por el segundo transmisor 102 llega primero al segundo transmisor 106 y después de esto al primer transmisor 104. Los receptores 104, 106 reciben la señal de ultrasonido que se envía por el segundo transmisor 102 de forma similar en cuanto reciben la señal de ultrasonido que se envía por el primer transmisor 100 pero en un orden diferente de manera oportuna.

En la primera y segunda medición de tiempo de desplazamientos descritos, un cambio, provocado por la extracción entre tiempos de desplazamiento a través de la capa de tejido blando, es el mismo, pero con signos opuestos, es decir, el valor absoluto es el mismo. La velocidad del ultrasonido se calcula dividiendo la distancia conocida L2 entre los receptores 104, 106, es decir, la distancia que se proyecta a la superficie del hueso, por el valor medio de los valores de tiempo que se miden en la primera y segunda medición del tiempo de desplazamiento eliminando de este modo el error de medición provocado por la capa de tejido blando. No es necesario conocer las distancias de los transmisores 100, 102 a los receptores 104, 106 y la conexión entre el cabezal 103 de medida y el tejido blando no necesitan ajustarse con precisión.

La primera realización se puede presentar en forma de ecuación como sigue:

$$V=2*L2/(|(tb0-t0)-(tc0-t0)|+|(tb1-t1)-(tc1-t1)|) =2*L2/(|tb0-tc0|+|tb1-tc1|),$$

donde V = velocidad de la onda de ultrasonido, L2 la distancia conocida entre los receptores, t0 = un tiempo de transmisión para la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, t1 = un tiempo de transmisión para la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor, tb0 = un tiempo del primer receptor de la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, tc0 = un tiempo de recepción del segundo receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, tb1 = un tiempo de recepción del primer receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor, y tc1 = un tiempo de recepción del segundo receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor.

La segunda realización preferida de la invención que se presenta en la Figura 3 es muy similar a la primera realización que se describe (no es un objeto de la invención), al ser la principal diferencia que la distancia conocida necesaria en el cálculo es la distancia conocida entre los transmisores 100, 102 que se localiza entre los receptores

104, 106. Una distancia L2 entre dichos receptores 104, 106 no necesita conocerse en la segunda realización preferida de la invención. Como en la primera realización, los transmisores y los receptores 104, 106 se han colocado en el cabezal 103 de medida en formación de hileras. La primera medición de tiempo de desplazamiento de la onda de ultrasonido se realiza de manera que el primer transmisor envía al menos una señal de onda de ultrasonido en forma de pulso a través del tejido blando dentro del hueso, donde la onda de ultrasonido se propaga sobre la superficie del hueso o dentro del hueso. Cuando se propaga sobre la superficie del hueso o dentro del hueso, la onda de ultrasonido se atenúa, y a través de la interfaz del tejido óseo y del tejido blando parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al tejido blando. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del primer receptor 104, parte de la energía de onda de ultrasonido se transfiere al receptor 104 a través del tejido blando. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del receptor 106 situándose más lejos en la dirección opuesta al receptor 104, parte de la energía de la onda del ultrasonido se transfiere al receptor 106 a través del tejido blando.

En la segunda realización preferida de la invención, se realiza una segunda medición del tiempo de desplazamiento para la onda de ultrasonido transmitiendo desde un segundo transmisor 102 al menos una señal de onda de ultrasonido en forma de pulso a través del tejido blando en el hueso donde la onda de ultrasonido se propaga sobre la superficie del hueso o dentro del hueso. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del receptor 106, parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al receptor 106 a través del tejido blando. Cuando la onda de ultrasonido llega cerca del receptor 104 situándose más lejos en la dirección opuesta al receptor 104, parte de la energía de la onda de ultrasonido se transfiere al receptor 104 a través del tejido blando. En la primera y segunda medición del tiempo de desplazamiento, un cambio, provocado por la extracción entre tiempos de desplazamiento a través de la capa de tejido blando, es el mismo, pero con signos opuestos, es decir, el valor absoluto es el mismo.

La velocidad del ultrasonido se calcula dividiendo la distancia L1 conocida entre los transmisores 100, 102, es decir, la distancia que se proyecta a la superficie del hueso, por el valor medio de los valores de tiempo que se miden en la primera y segunda medición del tiempo de desplazamiento eliminando de este modo el error de medición provocado por la capa de tejido blando. No es necesario conocer las distancias de los transmisores 100, 102 a los receptores 104, 106 y la conexión entre el cabezal 103 de medida y el tejido blando no necesita ajustarse con precisión.

La segunda realización preferida de la invención se puede presentar en forma de ecuación como sigue:

$$V=2*L1/(|(tb0-t0)-(tc0-t0)|+|(tb1-t1)-(tc1-t1)|) =2*L1/(|tb0-tc0|+|tb1-tc1|),$$

donde V = velocidad de la onda de ultrasonido, L1 = distancia conocida entre transmisores, t0 = un tiempo de transmisión de la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, t1 = un tiempo de transmisión de la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor, tb0 = un tiempo de recepción del primer receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, tc0 = un tiempo de recepción del segundo receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el primer transmisor, tb1 = un tiempo de recepción del primer receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor, y tc1 = un tiempo de recepción del segundo receptor para la señal de ultrasonido que se envía desde el segundo transmisor.

En la primera y segunda realización, el dispositivo de ultrasonido comprende una unidad 101 procesadora (Figura 5) para conformar información de densidad de un esqueleto calculando la velocidad de ultrasonido en el esqueleto sobre la base de señales de ultrasonido que se reciben por los receptores 104, 106. A la unidad 101 procesadora, que se presenta en la figura 4B, se retransmiten datos de medición que se reciben por los receptores a través de la conexión 109 de datos. La unidad procesadora es un ordenador, o comparable, que comprende un procesador con una conexión a una unidad 111 de visualización, desde donde se pueden investigar los datos de medición que se procesan, un teclado, desde el cual se pueden dar órdenes de control y procesamiento, etc., a la unidad procesadora y a todo el dispositivo de ultrasonido a través de la unidad procesadora. La unidad 101 procesadora realiza el cálculo de manera que la distancia conocida se divide por una media de una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores 104, 106 que reciben dicha señal de ultrasonido desde el primer transmisor 100 y una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el segundo transmisor 102. La electrónica que se necesita para los datos de medición de procesamiento se ubica en el cabezal 103 de medida. En la primera realización (no es un objeto de la invención) la distancia conocida es la distancia L2 entre los receptores y en la segunda realización preferida de la invención la distancia conocida es la distancia L1 entre los transmisores. Los beneficios de la invención se optimizan cuando la distancia conocida es de al menos un centímetro, pero la invención también se puede usar con distancias más cortas.

En la realización de la invención, el dispositivo de ultrasonido comprende transmisores 100, 102 para transmitir al esqueleto señales de ultrasonido con diferentes transmisores 100, 102 en diferentes momentos de tiempo.

Como transmisores 100, 102 se pueden usar transmisores de frecuencias múltiples para formar frecuencias diferentes para las señales de ultrasonido en instancias diferentes de medición de densidad del esqueleto. También

como receptores 104, 106 se pueden usar receptores de frecuencias múltiples para recibir dichas señales de ultrasonido que comprenden frecuencias diferentes en instancias diferentes de medición de densidad del esqueleto.

Estas mediciones de densidad del hueso que se realizan usando frecuencias diferentes dan información complementaria entre sí en un objeto por investigar sobre la densidad del esqueleto. En la realización preferida, los transmisores 100, 102 transmiten dentro del esqueleto señales de ultrasonido de frecuencias de 100-500 kHz y los receptores 104, 106 reciben desde el esqueleto señales de ultrasonido de frecuencias de 100-500 kHz. Una explicación común de la expresión "multifrecuencia" se puede encontrar, por ejemplo, en US-TIP (UltraSound Technology Information Portal) <http://www.us-tip.com/serv1.php?type=db>.

En las Figuras 4A-4B se presenta una disposición de calibración para un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la invención. En la realización preferida de la invención, el cabezal 103 de medida se fabrica de manera que los transmisores 100, 102 y receptores 104, 106 se fijan firmemente al cabezal de medida de manera que las posiciones relativas entre ellos permanecen iguales.

Durante la producción del cabezal de medida se mide la temperatura de la pieza 112 de calibración y se mide un tiempo de desplazamiento del ultrasonido para la distancia L que se va a calibrar en la pieza de calibración y después se calcula la distancia L sobre la base del tiempo de desplazamiento que se mide y una velocidad de ultrasonido conocida en la pieza 112 de calibración en dicha temperatura multiplicando el tiempo de desplazamiento y la velocidad. En la primera realización (no es un objeto de la invención) se realiza la calibración para la distancia L2 y en la segunda realización preferida de la invención para la distancia L1. En la medición de calibración se puede usar una pieza 112 de calibración que comprende material que simula el hueso, tal como por ejemplo plástico. La pieza 112 de calibración se puede suministrar a un usuario de dispositivo de ultrasonido junto con la disposición de calibración y con ella también se puede realizar la comprobación de calibraciones durante el uso del dispositivo de ultrasonido.

Un programa de calibración se integra de forma programática al procesador de la unidad 101 procesadora (Figura 5) como parte de la disposición de calibración que se suministra junto con el dispositivo de ultrasonido, disposición que también puede comprender dicha pieza 112 de calibración que se necesita en la fase de producción del cabezal de medida para calibrar una distancia L para distancias conocidas en diferentes temperaturas. Cuando se realiza la medición de la densidad del hueso de acuerdo con la invención, se mide también la temperatura T y sobre la base de la temperatura que se mide, el programa de calibración calcula una información exacta sobre la distancia L conocida que se usa para calcular la velocidad de ultrasonido en el hueso usando la calibración para conformar información más exacta de densidad del hueso.

La Figura 4A presenta un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la primera realización (no es un objeto de la invención) para investigar la calidad de las señales de ultrasonido, dispositivo de ultrasonido que comprende en el cabezal 103 de medida, para investigar la calidad de las señales de ultrasonido, al menos un receptor 110 para recibir desde el esqueleto señales de ultrasonido, receptor que se localiza en la distancia L5 conocida desde el primer receptor 104 y a una distancia L6 conocida desde el segundo receptor 106 entre el primer 100 y el segundo 102 transmisor. La distancia L2 conocida es la distancia entre los receptores 104, 106 tal como se presenta en la Figura 2. Cuando se conecta a la primera realización, el receptor 110 recibe señales de ultrasonido que se transmiten desde una primera dirección por el transmisor 100 y desde la dirección opuesta, las señales de ultrasonido que se transmiten por el transmisor 102 junto con los receptores 104, 106, y sobre la base de las señales que se reciben se calculan velocidades de ultrasonido a las distancias L2, L5, L6 conocidas. Si se observa que las velocidades de ultrasonido a las distancias L2, L5, L6 conocidas son claramente diferentes, o si no se puede medir algún valor de velocidad, se puede observar que algún sensor de ultrasonido no tiene un contacto adecuado sobre la superficie de la piel o algún sensor de ultrasonido está averiado. Una diferencia considerable entre las velocidades puede ser por ejemplo del 5%, pero también puede ser mucho menos o mucho más. De esta manera, se puede enseñar al usuario a mejorar la posición de medición del sensor y se puede realizar una operación de alarma de servicio que se activa automáticamente cuando el cabezal 103 de medida necesita una comprobación de control o servicio.

La Figura 4B presenta un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la realización preferida de la invención para investigar la calidad de las señales de ultrasonidos, dispositivo de ultrasonido que comprende en el cabezal 103 de medida, para investigar la calidad de señales de ultrasonido, al menos un transmisor 108 para transmitir al esqueleto señales de ultrasonido, que el transmisor 108 localiza a la distancia L3 conocida desde el primer transmisor 100 y a una distancia L4 conocida desde el segundo transmisor 102 entre el primer 104 y el segundo 106 receptor. La distancia L1 conocida es la distancia entre los transmisores 100, 102 tal como se presenta en la Figura 3. Las señales que se transmiten por cada transmisor se reciben a su vez con los receptores 104, 106 y sobre la base de las señales que se reciben se calculan los valores de la velocidad del sonido a distancias L1, L3, L4 conocidas. Si se observa que las velocidades del ultrasonido a las distancias L1, L3, L4 son claramente diferentes, por ejemplo del 5%, o si no se puede medir algún valor de velocidad, se puede observar que algún sensor de ultrasonido no tiene un contacto adecuado sobre la superficie de la piel o algún sensor de ultrasonido está averiado. Una diferencia considerable entre velocidades puede ser por ejemplo del 5%, pero también puede ser mucho menos o mucho más. De esta manera, se puede enseñar al usuario a mejorar la posición de medición del sensor y se puede realizar una

operación de alarma de servicio que se activa automáticamente cuando el cabezal 103 de medida necesita una comprobación de control o servicio.

- 5 En relación con la Figura 4A, la operación de comprobación de calidad se puede realizar de una manera más desarrollada al usar ultrasonido de tipo ráfaga, en el que la primera onda que tiene la velocidad más alta es menor que la segunda onda. La velocidad del ultrasonido se mide recibiendo con los receptores 104, 106 y 110 usando las distancias L5, L6 y L2 conocidas como se describe en la primera realización (Figura 2). Si se observa que las velocidades de ultrasonido a las distancias L1, L3, L4 son claramente diferentes, por ejemplo del 5%, o si no se puede medir algún valor de velocidad, se puede observar que algún receptor o transmisor no tiene un contacto apropiado sobre la superficie de la piel o algún receptor o transmisor está averiado. Esto se debe, por ejemplo, a que un receptor, que tiene un contacto defectuoso sobre la piel, no ha podido recibir la primera onda baja y/o un transmisor, que tiene un contacto defectuoso, ha transmitido sólo una onda de ultrasonido muy baja. Una diferencia considerable entre velocidades puede ser por ejemplo del 5%, pero también puede ser mucho menos o mucho más.
- 10
- 15 Correspondientemente en relación con la Figura 4B, la velocidad del ultrasonido se mide recibiendo con los receptores 104, 106 de ultrasonido que se transmiten con los transmisores 100, 102 y 108 usando distancias L3, L4 y L1 conocidas como se describe en la segunda realización preferida (Figura 3) de la invención. Si se observa que las velocidades de ultrasonido que se reciben por los receptores son claramente diferentes, por ejemplo del 5%, se puede observar que algún receptor no tiene un contacto apropiado sobre la superficie de la piel o algún receptor está averiado. Esto se debe, por ejemplo, a que un receptor, que tiene un contacto defectuoso sobre la piel, no ha podido recibir la primera onda baja y/o un transmisor, que tiene un contacto defectuoso, ha transmitido sólo una onda de ultrasonido muy baja. Una diferencia considerable entre velocidades puede ser por ejemplo del 5%, pero también puede ser mucho menos o mucho más.
- 20
- 25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de ultrasonido para conformar información de densidad del esqueleto, en el que el dispositivo de ultrasonido comprende:
- dos transmisores (100, 102) que tienen una distancia conocida calibrada de L1 entre ellos para transmitir señales de ultrasonido al esqueleto,
 - exactamente dos receptores (104, 106) para recibir desde el esqueleto señales de ultrasonido, y los dos transmisores (100, 102) localizados entre los receptores (104, 106),
 - las señales de ultrasonido transmitidas desde los dos transmisores (100, 102) se desplazan sobre dicha distancia L1 conocida desde direcciones opuestas para eliminar el error de medición provocado por el tejido blando,
 - una unidad (101) procesadora configurada para conformar información de densidad del esqueleto sobre la base de las señales de ultrasonidos que se reciben por dichos receptores (104, 106) al calcular una velocidad de ultrasonido en el esqueleto dividiendo la distancia L1 conocida por una media de una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores (104, 106) que recibe dicha señal de ultrasonido desde uno de los dos transmisores (100) y una diferencia de tiempo de desplazamiento para una señal de ultrasonido entre los receptores que reciben dicha señal de ultrasonido desde el otro de los dos transmisores (102),
 - un cabezal (103) de medida que contiene dichos dos transmisores (100, 102) y dichos dos receptores (104, 106) en una fila y que además contiene un sistema electrónico para procesar datos de medición,
- 10 25 en el que los dos transmisores (100, 102) y los dos receptores (104, 106) se conectan a dicho sistema electrónico, y desde el cabezal (103) de medida hay una conexión (109) de datos cableada o inalámbrica a la unidad (101) procesadora.
- 30 2. Un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el cabezal de medición comprende al menos un transmisor (108) adicional que se localiza entre los receptores en la fila, el transmisor adicional se configura para la transmisión en el esqueleto de señales de ultrasonido y se localiza en la distancia L3 conocida desde el único transmisor (100) y desde el otro transmisor (102) en la distancia L4 conocida.
- 35 3. Un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de ultrasonido se configura para transmitir al esqueleto señales de ultrasonido con señales diferentes de los transmisores (100, 102) en momentos de tiempo diferentes.
- 40 4. Un método para conformar información de densidad del esqueleto usando el dispositivo de la reivindicación 1.
5. Un método para investigar la calidad de las señales de ultrasonido usando el dispositivo de la reivindicación 2.
- 45 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que las señales de ultrasonido se transmiten al esqueleto con señales diferentes de los transmisores (100, 102) en momentos de tiempo diferentes.

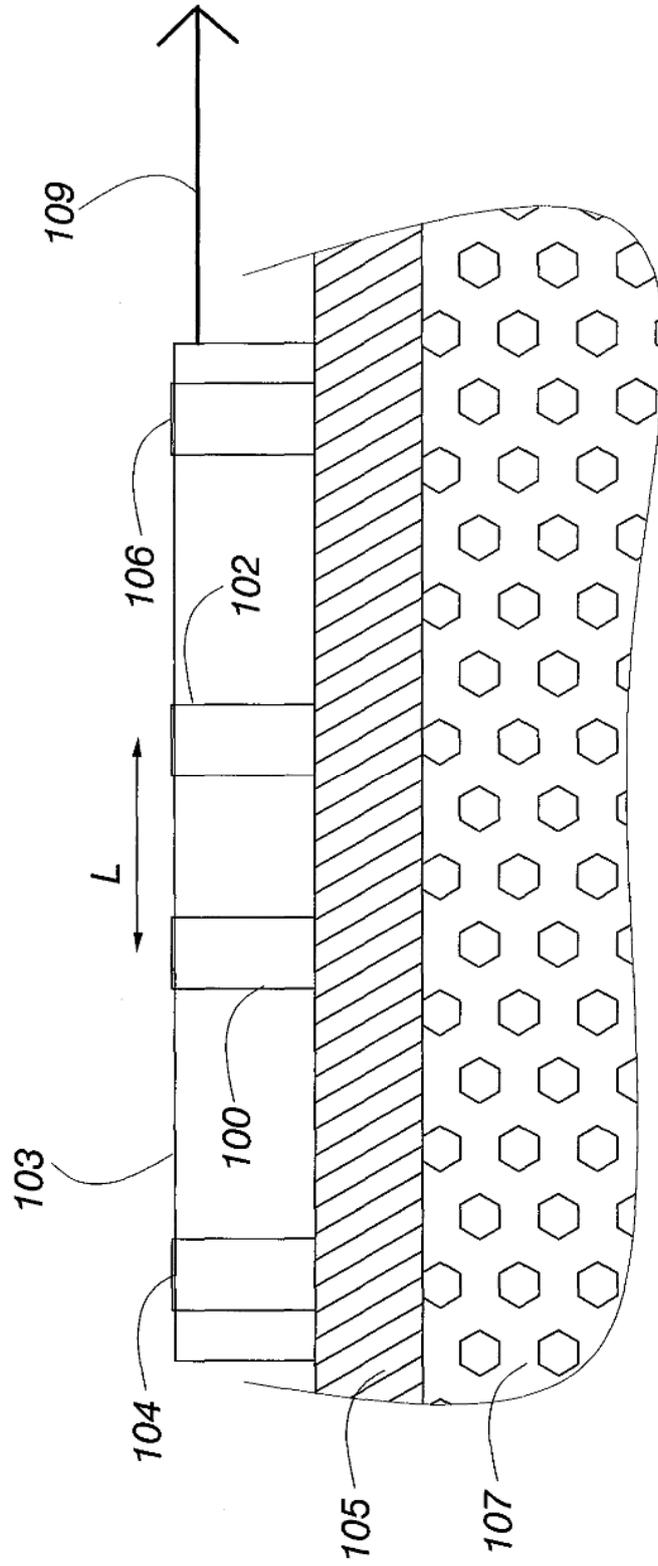


Fig. 1

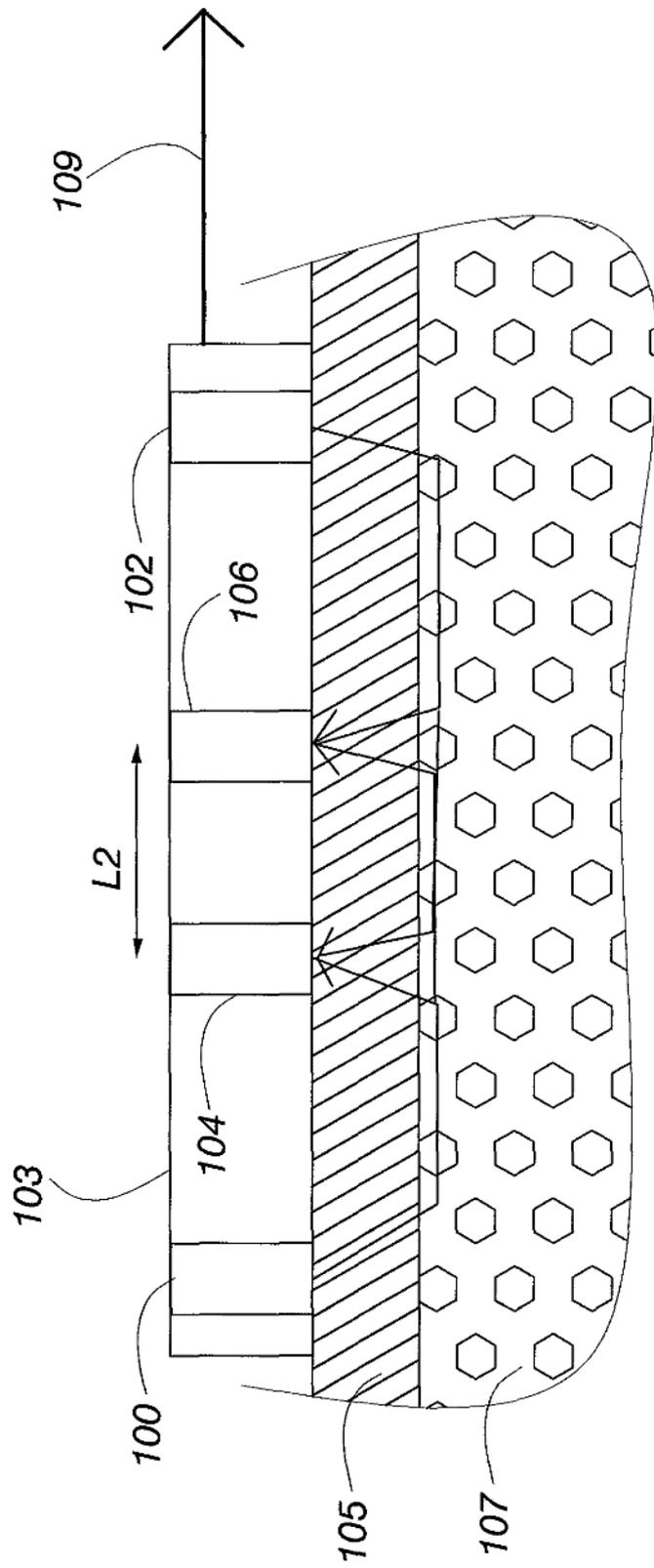


Fig. 2

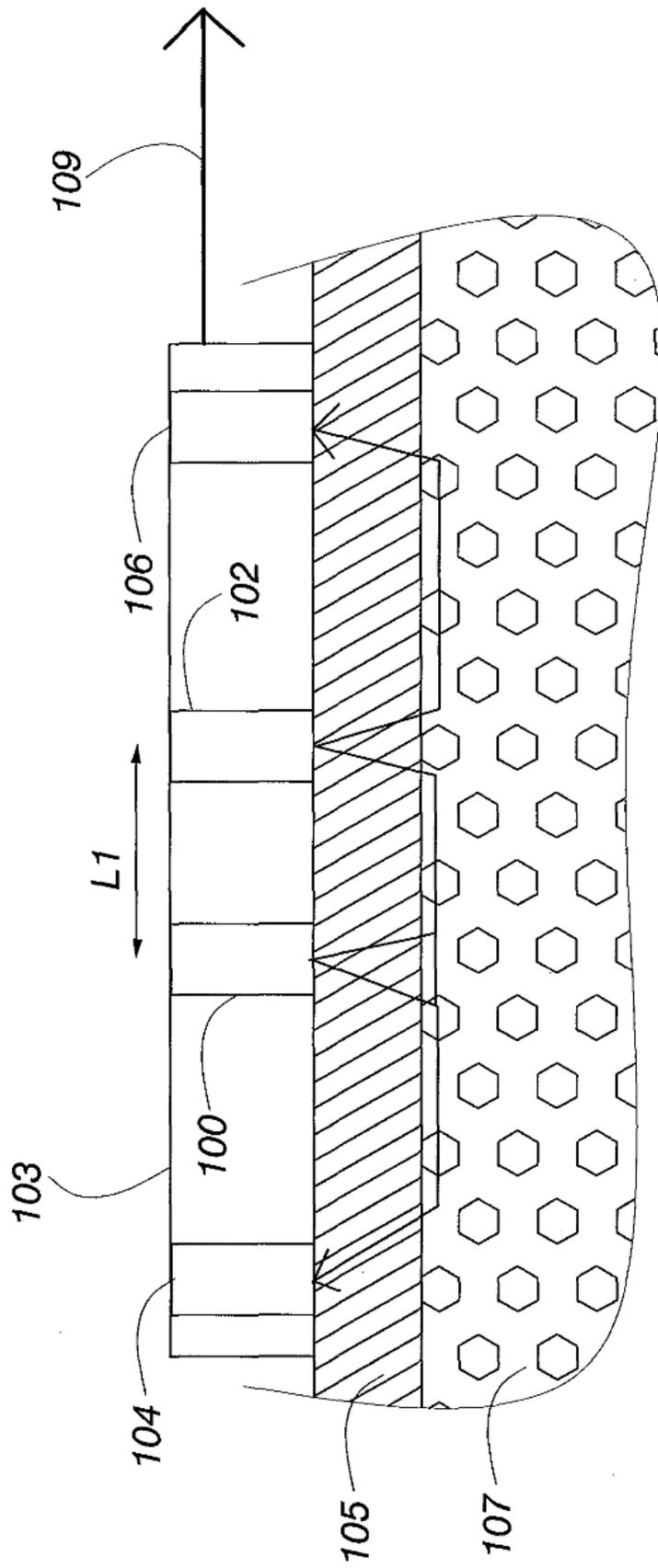


Fig. 3

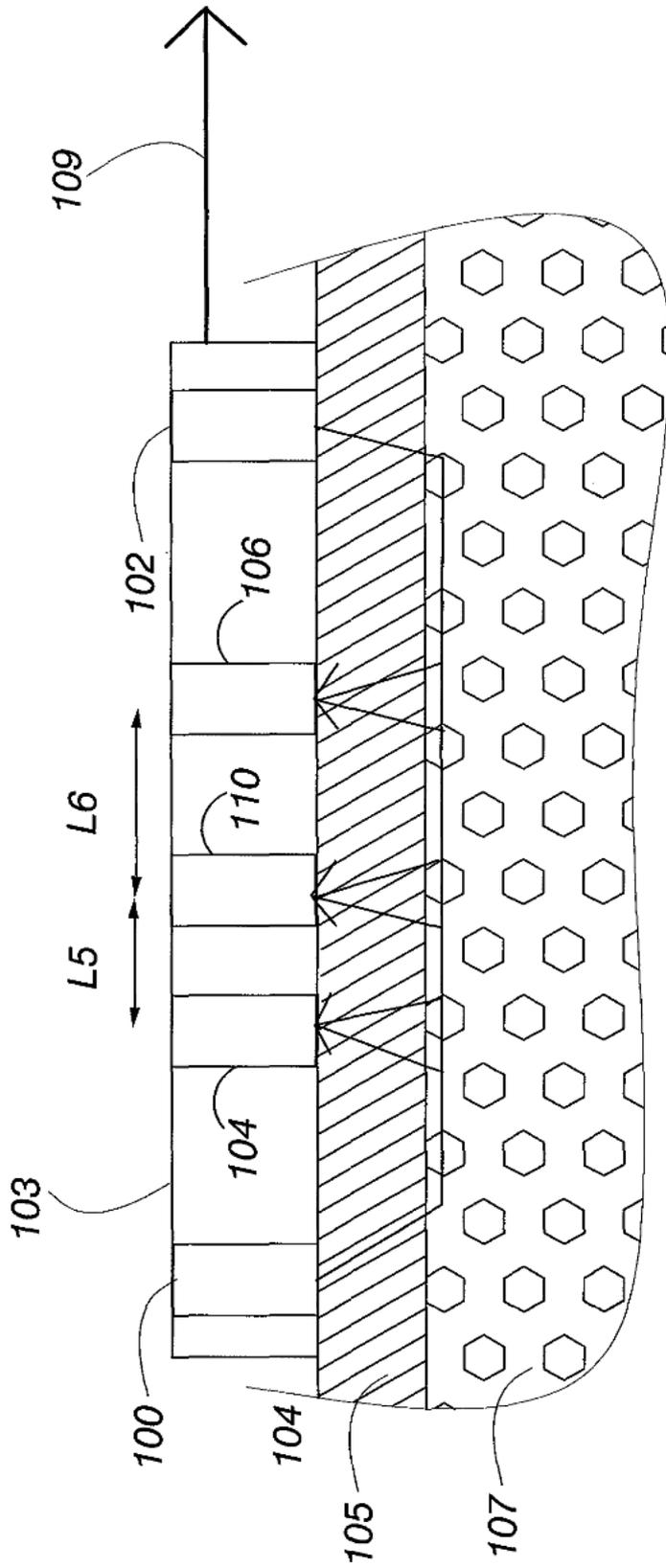


Fig. 4A

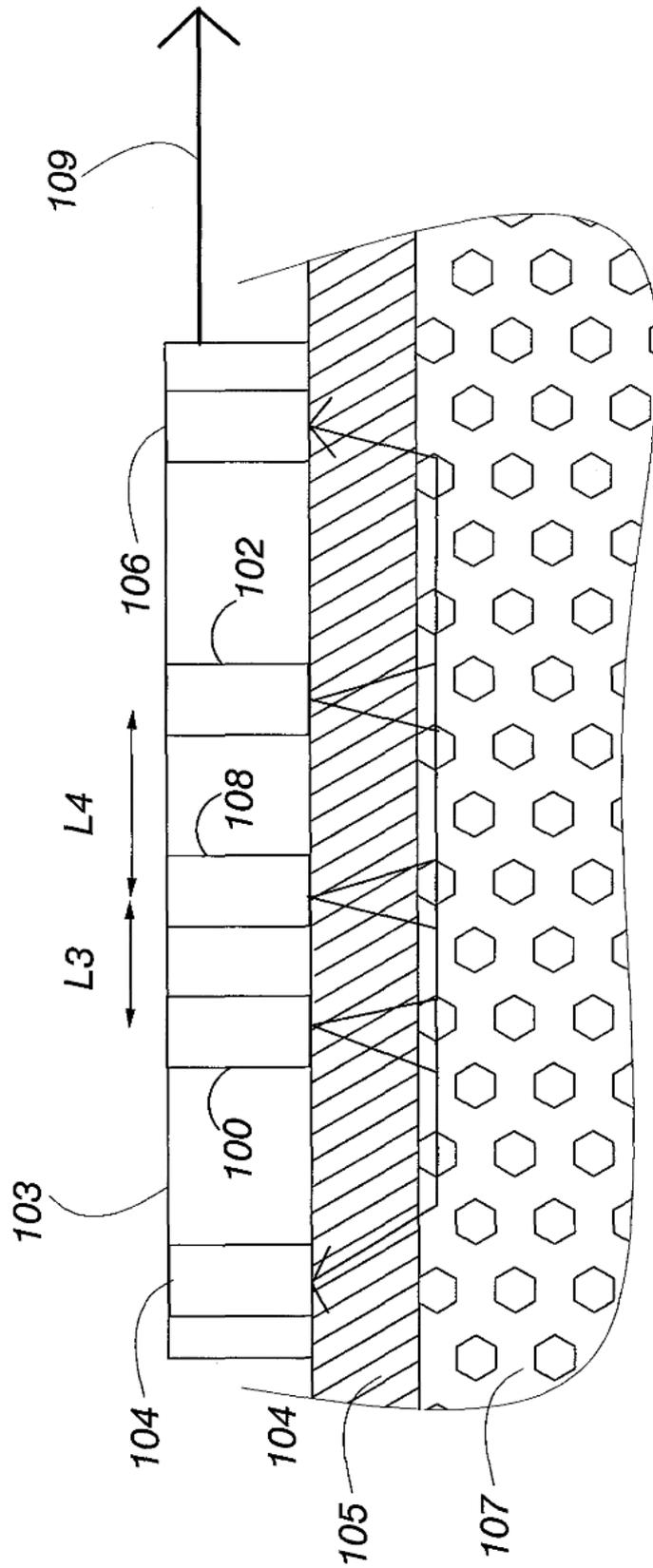


Fig. 4B

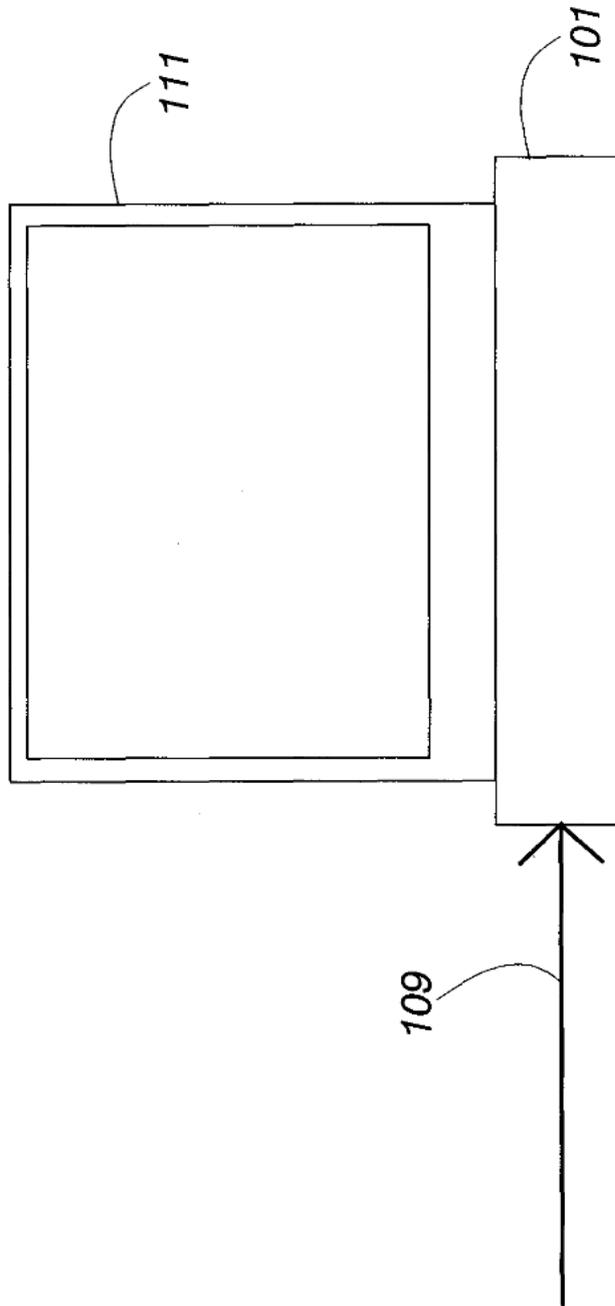


Fig. 5