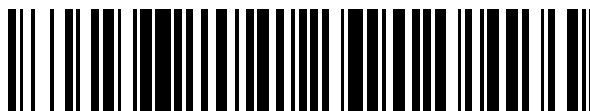


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 301**

51 Int. Cl.:

A61N 7/00 (2006.01)

A61H 1/00 (2006.01)

A61N 1/18 (2006.01)

A61B 18/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2005** **PCT/US2005/034358**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2006** **WO06036870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2005** **E 05798870 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017** **EP 1809377**

54 Título: **Sistema para tratamiento combinado de ultrasonido**

30 Prioridad:

24.09.2004 US 950112

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.08.2017

73 Titular/es:

GUIDED THERAPY SYSTEMS, L.L.C. (100.0%)
33 SOUTH SYCAMORE STREET
MESA, ARIZONA 85202-1150, US

72 Inventor/es:

SLAYTON, MICHAEL, H.;
MAKIN, INDER, RAJ, S. y
BARTHE, PETER, G.

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 629 301 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

Sistema para tratamiento combinado de ultrasonido

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere en general a un sistema de ultrasonido terapéutico y, más en particular, a un sistema para el tratamiento combinado de ultrasonido.

10 Antecedentes de la invención

Muchas aplicaciones convencionales de energía a tejido humano superficial emplean láseres ablativos o no ablativos, frecuencia o ultrasonido. Algunos ejemplos recientes de dichas aplicaciones incluyen los desvelados en Knowlton, patente de Estados Unidos N.º 6.381.498 (uso de radiofrecuencia (RF), microondas o ultrasonido para la reducción de arrugas), en Friedman, patente de Estados Unidos N.º 6.626.854 (empleo de ultrasonido para lipólisis), y en Klopotek, patentes de Estados Unidos N.º 6.113.559 y 6.325.769 (empleo de ultrasonido para reformación de colágeno). Si bien los láseres ablativos superficiales causan graves traumatismos a la capa superior de la piel, tal como la dermis y el estrato córneo, y conllevan un largo tiempo de recuperación y un rejuvenecimiento eventual de la piel, la eficacia médica y los resultados son significativos. Los láseres no ablativos y las fuentes de energía por RF no causan traumatismos importantes a la superficie superior de la piel, y la eficacia médica y los resultados son significativos. Los láseres no ablativos y las fuentes de energía por RF no causan traumatismos importantes a la superficie superior de la piel, pero la eficacia de dichas fuentes es reducida, y los resultados finales dejan bastante que desear.

Durante la última década se han hecho intentos por utilizar ultrasonido en procedimientos de lipólisis para la ablación volumétrica de la capa de grasa profunda. Aunque los resultados de laboratorio de dichos intentos de investigación pueden mostrar una posible promesa de destrucción de grasa en volumen, el objetivo de dichos procedimientos con ultrasonido es únicamente reducir el grosor de la capa de grasa más que cualquier rejuvenecimiento de la capa superficial inicial.

La patente de Estados Unidos N.º 6.428.532 surge para desvelar el tratamiento de tejido dirigiendo primeras y segundas longitudes de onda de energía, emitidas por dos distintos emisores de energía, en una región de tejido solapada para formar una tercera longitud de onda de energía, que produce calor local o cavitación en el tejido.

Actualmente, algunos métodos de terapia sugeridos apuntan hacia la reformación de colágeno como principal objetivo para reducir arrugas en la piel, incluyendo el uso de regeneración de tejido conectivo como principal objetivo y respuesta biológica. Sin embargo, puede que el objetivo específico de la reformación de colágeno no sea el único factor, ni siquiera un factor crítico, en el rejuvenecimiento del tejido. Por ejemplo, los láseres de diodo y la luz pulsada intensa (IPL), que pueden dirigirse al colágeno con una especificidad muy elevada, están dando generalmente resultados de eficacia media o baja. Además, la deposición de energía de RF suele ser volumétrica con un alto gradiente hacia la sonda aplicadora y tiene dificultades con la selectividad y colocación de la energía que depende fundamentalmente de la impedancia eléctrica del tejido tratado.

Sumario de la invención

De acuerdo con diversos aspectos de la presente invención, se proporciona un método y sistema no invasivo para el tratamiento combinado de ultrasonido. Un método y sistema de tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar comprende un transductor configurado para proporcionar energía ultrasónica para suministrar dos o más efectos de energía a una región de interés. Los efectos de energía facilitan el inicio de una o más respuestas en la región de interés.

De acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, se configura un transductor para suministrar energía durante varias distribuciones temporales y/o espaciales con el fin de proporcionar efectos de energía e iniciar respuestas en una región de interés. Por ejemplo, un transductor ejemplar se maneja bajo uno o más rangos de frecuencia para proporcionar dos o más efectos de energía e iniciar una o más respuestas en la región de interés. Además, el transductor también puede configurarse para suministrar energía plana, desenfocada y/o enfocada a una región de interés para proporcionar dos o más efectos de energía e iniciar una o más respuestas biológicas.

Breve descripción de las figuras de los dibujos

El objeto de la invención se muestra particularmente y se reivindica claramente en la parte final de la memoria descriptiva. Sin embargo, la invención, en cuanto a la organización y al modo de funcionamiento, puede entenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción interpretada junto con las reivindicaciones y las figuras de los dibujos adjuntos, en los que puede hacerse referencia a partes similares con los mismos números:

la Figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

la Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

la Figura 3 ilustra un diagrama transversal de un transductor ejemplar de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención;

las Figuras 4A, 4B, 4C y 4D ilustran diagramas transversales de un transductor ejemplar para formación de imágenes de acuerdo con diversas realizaciones ejemplares de la presente invención;

la Figura 5 es una realización ejemplar de un transductor configurado como una matriz bidimensional para el tratamiento de ultrasonido;

las Figuras 6A, 6B y 6C son diagramas de flujo de métodos para el tratamiento combinado de ultrasonido de acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente invención; y

las Figuras 7A-7C ilustran realizaciones ejemplares de subsistemas de formación de imágenes, terapia y monitorización de parámetros de tejidos de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

La presente invención puede describirse en el presente documento en términos de diversos componentes y etapas de procesamiento. Deberá entenderse que dichos componentes y etapas pueden realizarse mediante cualquier número de componentes de hardware configurados para llevar a cabo funciones específicas. Por ejemplo, la presente invención puede configurarse con diversos dispositivos de tratamiento médico, formación de imágenes visual y dispositivos de visualización, terminales de entrada, etc., que pueden llevar a cabo una variedad de funciones bajo el control de uno o más sistemas de control u otros dispositivos de control. Además, la presente invención puede ponerse en práctica en cualquier número de contextos médicos o de tratamiento y las realizaciones ejemplares correspondientes a un método y sistema para el tratamiento combinado de ultrasonido como las descritas en este documento son solo algunas de las aplicaciones ejemplares para la invención. Por ejemplo, los principios, características y métodos analizados pueden aplicarse a cualquier aplicación médica o a cualquier otra aplicación relacionada con tejidos o tratamientos.

De acuerdo con diversos aspectos de la presente invención, se proporciona un método y sistema no invasivo para el tratamiento combinado de ultrasonido. Un método y sistema terapéutico ejemplar comprende un sistema transductor configurado para suministrar uno o más campos energéticos a una o más regiones de interés en un paciente. El campo o campos energéticos pueden proporcionar dos o más efectos para iniciar una o más respuestas a la región o regiones de interés.

Por ejemplo, haciendo referencia a una realización ejemplar ilustrada en la Figura 1, un sistema 100 ejemplar para el tratamiento combinado de ultrasonido incluye un transductor 102 que puede configurarse mediante un sistema de control 112 para proporcionar uno o más campos 104 energéticos para conseguir dos o más efectos 106 biológicos para el rejuvenecimiento y/o tratamiento de una región de interés (RDI) 110. Los efectos 104 pueden iniciar y/o estimular dos o más respuestas 108 biológicas dentro de la RDI 110.

Por ejemplo, un sistema de tratamiento combinado de ultrasonido puede conseguirse proporcionando tratamiento de ultrasonido bajo diversos regímenes temporales y/o espaciales para iniciar y combinar una pluralidad de efectos biológicos para proporcionar una o más respuestas a una región o regiones de interés. Proporcionando tratamiento de ultrasonido bajo diversos regímenes temporales y/o espaciales, los campos 104 energéticos pueden comprender energía ultrasónica de cualquier nivel de frecuencia acústica. Por ejemplo, los campos 104 energéticos pueden comprender una energía acústica de baja frecuencia, un campo de energía ultrasónica homogéneo o uniforme de mayor intensidad, una energía acústica de alta frecuencia, una energía acústica de ultra alta frecuencia, y/o cualquier otro nivel de energía acústica. Seleccionar la frecuencia para el funcionamiento puede basarse en el tipo de tratamiento deseado para una aplicación. Los campos 104 energéticos también pueden ser enfocados, desenfocados, y/o hechos prácticamente planos por el transductor 102 para proporcionar una pluralidad de efectos 106. Por ejemplo, un campo 104 energético prácticamente plano puede proporcionar un efecto de calentamiento y/o pretratamiento, un campo 104 energético enfocado puede proporcionar un efecto ablativo o hipertermal, y un campo energético desenfocado puede proporcionar efectos de golpeo difusos.

Los efectos 106 pueden comprender cualquier efecto tisular configurado para iniciar y/o estimular dos o más respuestas 108 biológicas en la RDI 110, incluyendo, sin limitación, corriente térmica y no térmica, efectos cavitacionales (incluyendo cavitación estable mediante ultrasonidos de bajo nivel de 0,1 a 1 W/cm² en el rango de frecuencia megahertz), hidrodinámicos, ablativos, hemostáticos, diatérmicos, y/o tisulares inducidos por resonancia. Una combinación de dos o más efectos para producir una o más respuestas puede generar una mayor eficacia y un rejuvenecimiento más rápido de la piel sin ocasionar lesiones crónicas al tejido humano. Por ejemplo, puede proporcionarse una combinación de deposiciones temporales y/o espaciales de energía ultrasónica variables al tejido debajo del estrato córneo sin producir lesiones crónicas a la epidermis y al estrato córneo.

Las respuesta/s 108 iniciada/s y/o estimulada/s por efectos 106 pueden incluir cualquier respuesta biológica iniciada y/o estimulada por efectos de energía, tal como, por ejemplo,: 1) hemostasia, incluyendo la estimulada a partir de

haces de ultrasonidos altamente concentrados, 2) revascularización/angiogénesis posterior; tal como la generada a partir de aplicaciones de alta frecuencia de aproximadamente 2 MHz a 7 MHz o más, 3) crecimiento de tejido interconectivo, 4) reformación y/o ablación de tejido existente tal como grasa, colágeno y otros, 5) mayor permeabilidad celular que puede facilitar la posibilidad de terapia génica estimulada o de medicamentos al tejido, y/o mayor permeabilidad de determinados tejidos a una variedad de medicaciones iniciada por frecuencias ultrasónicas de entre 10 kHz y 10 MHz, 6) administración y/o activación de medicamento mejorada, 7) estimulación de la síntesis de proteínas y/o 8) cualquier respuesta tisular posible. En las patentes de Estados Unidos N.º 6.050.943 y 6.500.121, que tienen al menos un inventor común y un Cesionario común con la presente solicitud, se demuestran respuestas ablativas ejemplares de ultrasonido enfocado. Así, por ejemplo, puede generarse un campo ultrasónico disperso de baja intensidad para proporcionar angiogénesis, puede generarse un campo ultrasónico homogéneo o uniforme de mayor intensidad para proporcionar diatermia que aumente el ritmo de calentamiento y rejuvenecimiento, y/o haces enfocados y/o desenfocados de alta intensidad para proporcionar efectos ablativos y hemostáticos temporales en una variedad de profundidades y posiciones del tejido humano, gracias a los cuales se crea una suma o combinación de efectos de rejuvenecimiento combinando campos de energía ultrasónica.

Al proporcionar el tratamiento, el transductor 102 puede proporcionar terapia, imágenes y/o monitorización de parámetros de temperatura u otros parámetros relacionados con tejidos a una región de interés 110. Por ejemplo, como se analizará con más detalle más adelante de acuerdo con una realización ejemplar ilustrada en las Figuras 7A-7C, un transductor 700 puede configurarse para la terapia, imágenes y monitorización de temperatura dentro del mismo transductor. La región de interés 110 puede comprender una región de tratamiento interna, una región superficial, una región de interés subcutánea y/o cualquier otra región de interés en medio de una región de tratamiento interna, una región superficial, y/o una región subcutánea en un paciente. Aunque solo se representa una región de interés 110, el transductor 102 puede configurarse para tratar una pluralidad de regiones de interés.

Por ejemplo, un sistema transductor combinado ejemplar puede comprender un transductor configurado para proporcionar energía ultrasónica altamente concentrada para proporcionar efectos que inicien y/o estimulen una respuesta hemostática. Un sistema transductor combinado ejemplar también puede comprender un transductor configurado para proporcionar energía ultrasónica de rango de frecuencia media, que varíe entre aproximadamente 2 MHz y 7 MHz, para proporcionar efectos que inicien y/o estimulen respuestas tal como un tratamiento de revascularización/angiogénesis adicional, entre otras. El sistema transductor terapéutico ejemplar puede comprender además un transductor configurado para suministrar energía que proporcione un efecto de corriente no térmica para iniciar y/o estimular una respuesta de regeneración tisular. Además, un transductor también puede configurarse para iniciar y/o estimular una respuesta de cavitación estable mediante efectos proporcionados a partir del suministro de energía ultrasónica de bajo nivel.

El transductor 102 puede comprender uno o más transductores configurados para facilitar el tratamiento. El transductor 102 también puede comprender uno o más elementos de transducción. Los elementos de transducción pueden comprender un material piezoeléctricamente activo, tal como titanato circonato de plomo (PZT), o cualquier otro material piezoeléctricamente activo, tal como cerámica, cristal, plástico piezoeléctrico, y/o materiales compuestos, así como niobato de litio, titanato de plomo, titanato de bario, y/o metaniobato de plomo. Además, o en lugar, de un material piezoeléctricamente activo, el transductor 102 puede comprender cualesquiera otros materiales configurados para generar radiación y/o energía acústica tal como transductores acoplados capacitivamente u otras fuentes acústicas. El transductor 102 también puede comprender una o más capas complementarias y/o de refuerzo configuradas junto con el elemento de transducción tal como acopladas al material piezoeléctricamente activo. El transductor 102 también puede configurarse con elementos de amortiguación únicos o múltiples a lo largo del elemento de transducción.

De acuerdo con una realización ejemplar, el grosor del elemento de transducción del transductor 102 puede configurarse para ser uniforme. Es decir, el elemento de transducción puede configurarse para tener un grosor que sea prácticamente el mismo de principio a fin. De acuerdo con otra realización ejemplar, el elemento de transducción también puede configurarse con un grosor variable, y/o como un dispositivo de amortiguación múltiple. Por ejemplo, el elemento de transducción del transductor 102 puede configurarse para tener un primer grosor seleccionado para proporcionar una frecuencia operativa central de un rango menor, por ejemplo, entre aproximadamente 1 KHz y 3 MHz. El elemento de transducción también puede configurarse con un segundo grosor seleccionado para proporcionar una frecuencia operativa central de un mayor rango, por ejemplo, entre aproximadamente 3 y 100 MHz o más.

El transductor 102 puede configurarse como un único transductor de banda ancha excitado con al menos dos o más frecuencias para proporcionar una salida adecuada para generar una respuesta 108 deseada. El transductor 102 también puede configurarse como dos o más transductores individuales, en el que cada transductor comprende un elemento de transducción. El grosor de los elementos de transducción puede configurarse para proporcionar frecuencias operativas centrales en un rango de tratamiento deseado. Por ejemplo, el transductor 102 puede comprender un primer transductor configurado con un primer elemento de transducción que tenga un grosor correspondiente a un rango de frecuencia central de entre aproximadamente 1 MHz y 3 MHz, y un segundo transductor configurado con un segundo elemento de transducción que tenga un grosor correspondiente a una frecuencia central de entre aproximadamente 3 MHz y 100 MHz o más. También pueden realizarse diversos rangos

de grosor distintos para un primer y/o segundo elemento de transducción.

- Un transductor 102 ejemplar puede controlarse y manejarse adecuadamente de diversas maneras. Por ejemplo, haciendo referencia a una realización ejemplar representada en la Figura 2, un sistema de tratamiento combinado de ultrasonido 200 ejemplar puede comprender un sistema de control 208 acoplado a un transductor 202. El sistema de control 208 puede configurarse para facilitar el control y el manejo del transductor 202 para proporcionar tratamiento combinado de ultrasonido a una región de interés 210. Para facilitar el movimiento controlado, de acuerdo con una realización ejemplar, el sistema de control 208 también puede configurarse con un sistema de control de movimiento y codificación de posición 212 configurado para facilitar la exploración mecánica del transductor 202 para proporcionar un tratamiento de ultrasonido más flexible de una región de interés 210. El sistema de control de movimiento y codificación de posición 212 puede comprender cualquier sistema de control de movimiento convencional, con diversos tipos de disposiciones de retroalimentación además, o en lugar, de codificación de posición. Por ejemplo, el sistema de control de movimiento y codificación de posición 212 también puede comprender una o más configuraciones de retroalimentación o fuentes de información como se desvela en la solicitud de patente de Estados Unidos "System and Method for Variable Depth Ultrasound Treatment", presentada el 15 de septiembre de 2004, que tiene al menos un inventor común y un Cesionario común con la presente solicitud. La configuración de codificación de posición puede comprender cualquier sistema codificador de posición conocido en la actualidad o concebido más adelante.
- El sistema de control 208 puede comprender un procesador, una pantalla, y/o uno o más dispositivos de entrada. El procesador puede comprender un ordenador personal, un sistema Unix, o cualquier otra unidad de procesamiento convencional. Una pantalla ejemplar puede comprender un monitor, una pantalla LCD, o cualquier otro dispositivo configurado para mostrar una imagen. La pantalla ejemplar puede configurarse para proporcionar formación de imágenes de cualquier manera conocida en la actualidad o concebida más adelante. Por ejemplo, el transductor 202 puede utilizar formación de imágenes pulso-eco para obtener una imagen de una RDI 210. Dicha imagen puede transmitirse entonces a la pantalla por medio de uno o más mecanismos de acoplamiento. Un dispositivo de entrada/salida puede comprender un teclado, un ratón, una pantalla táctil, o cualquier otro dispositivo para la entrada y/o salida de información. La información procedente del dispositivo de entrada y las imágenes mostradas pueden recibirse o transmitirse en cualquier formato, tal como manualmente, mediante dispositivo analógico, mediante dispositivo digital, y/o mediante cualquier otro mecanismo. Los diversos dispositivos del sistema de control 208, incluyendo cualquier procesador, pantalla, y/o dispositivo de entrada, pueden acoplarse juntos de cualquier manera. Mediante el acoplamiento, los diversos dispositivos pueden conectarse directamente entre sí o pueden conectarse mediante uno o más dispositivos o componentes distintos que permitan que una señal viaje a/desde un componente a otro. Los diversos componentes de acoplamiento para los dispositivos que comprenden un sistema de control 208 pueden incluir, sin limitación, Internet, una red inalámbrica, un cable de alambre convencional, un cable óptico o una conexión por aire, agua o cualquier otro medio que conduzca señales, y cualquier otro dispositivo o medio de acoplamiento.
- El sistema de control 208 también puede acoplarse al transductor 202 de diversas maneras. De acuerdo con una realización ejemplar, cables eléctricos pueden acoplar juntos el sistema de control 208 y el transductor 202. Los cables eléctricos pueden configurarse para permitir que se transmita potencia al transductor 202 y se reciban señales desde el mismo, y pueden comprender cualquier tipo, configuración y/o disposición del cableado para su uso con transductores de ultrasonidos. El transductor 202 también puede acoplarse a cables eléctricos de diversas maneras. Por ejemplo, aunque la Figura 2 representa cables eléctricos acoplados solo a un extremo del transductor 202, los cables eléctricos también pueden acoplarse juntos en un extremo opuesto, o cualquier otro lugar a lo largo del transductor 202. El sistema de control 208 también puede configurarse para que forme parte del transductor 202, por ejemplo, conectados juntos como una única estructura con conexiones eléctricas y/o de transmisión adecuadas entre medias.
- Para facilitar el acoplamiento del transductor 202 a la región de interés 210, el transductor 202 también puede comprender un sistema de acoplamiento 204 configurado para el acoplamiento acústico de energía y señales ultrasónicas. El sistema de acoplamiento 204 puede facilitar dicho acoplamiento mediante el uso de diversos medios de acoplamiento, incluyendo aire y otros gases, agua y otros fluidos, geles, sólidos, y/o cualquier combinación de los mismos, o cualquier otro medio que permita que las señales sean transmitidas entre el transductor 202 y la región de interés 210. Además de proporcionar una función de acoplamiento, de acuerdo con una realización ejemplar, el sistema de acoplamiento 204 también puede configurarse para proporcionar control de temperatura durante la aplicación del tratamiento. Por ejemplo, el sistema de acoplamiento 204 puede configurarse para el enfriamiento controlado de una superficie o región de interfaz entre el transductor 202 y la región de interés 210 controlando adecuadamente la temperatura del medio de acoplamiento. La temperatura adecuada para dicho medio de acoplamiento puede alcanzarse de diversas maneras, y utilizando diversos sistemas de retroalimentación, tales como termopares, termistores o cualquier otro dispositivo o sistema configurado para la medición de temperatura de un medio de acoplamiento. Dicho enfriamiento controlado puede configurarse para facilitar más el control de energía espacial y/o térmica del sistema de tratamiento combinado de ultrasonido 200.
- Como se ha comentado anteriormente, un transductor ejemplar 202 puede configurarse de diversas maneras para proporcionar tratamiento combinado de ultrasonido a una región de interés 210. Por ejemplo, haciendo referencia a

una realización ejemplar representada en la Figura 3, el transductor 302 puede configurarse como una matriz acústica para facilitar el enfoque por fases. Es decir, el transductor 302 puede configurarse como una matriz de aberturas electrónicas que pueden manejarse mediante una variedad de fases por medio de retardos electrónicos variables. Por el término "manejarse", las aberturas electrónicas de transductor 302 pueden manipularse, accionarse, utilizarse y/o configurarse para producir y/o suministrar un haz de energía correspondiente a la variación de fase causada por el retardo electrónico. Por ejemplo, estas variaciones de fase pueden utilizarse para suministrar rayos desenfocados, rayos planos y/o rayos enfocados, cada uno de los cuales puede utilizarse en combinación para conseguir diferentes efectos fisiológicos en la región de interés (RDI) 310. El transductor 302 puede configurarse adicionalmente con cualquier software y/u otro hardware para generar, producir y/o accionar una matriz de aberturas en fases con uno o más retardos electrónicos.

El transductor 302 puede configurarse para producir y/o suministrar frecuencias más bajas y/o más altas para tratar la RDI 310. La RDI 310 también puede comprender una o más regiones de interés adicionales. Por ejemplo, la RDI 310 puede comprender una capa superficial 312, una capa subcutánea 314, y/o una región interna 322 de un paciente. La RDI 310 también puede comprender cualquier área entre la capa superficial 312 y la región interna 322 o entre la capa subcutánea 314 y la región interna 322. La región interna 322 está situada a una profundidad 324 dentro de las capas de tejido de un paciente. Por ejemplo, la profundidad 324 puede variar entre aproximadamente 0 mm y 40 mm en un paciente, en la que el intervalo de aproximadamente 0 mm comprende la superficie exterior de la capa superficial 312 del paciente. Dicho de otro modo, la capa superficial 312 del paciente puede comprender cualquier área sobre la superficie del paciente o cercana a la misma. El tratamiento por transductor 302 puede incluir el tratamiento de cualquiera de una región superficial, subcutánea y/o interna de un paciente, así como cualquier combinación de dichas regiones de un paciente. De acuerdo con una realización ejemplar, el tratamiento de la primera RDI 310 puede facilitarse mediante el uso del transductor 302 accionado a frecuencias bajas, por ejemplo, entre aproximadamente 1 MHz y 3 MHz.

Haciendo referencia nuevamente a una realización ejemplar representada en la Figura 3, el transductor 302 también puede configurarse para tratar una o más regiones de interés (RDI) 320 adicionales. De acuerdo con una realización ejemplar, puede haber RDI 320 adicional dentro de la RDI 310. El tratamiento de RDI 320 adicional puede facilitarse mediante el uso del transductor 302 funcionando desde frecuencias bajas a ultra altas, por ejemplo, desde por debajo de aproximadamente 3 MHz hasta 100 MHz o más. Aunque la Figura 3 representa RDI 320 adicional situada dentro la región interna 322, de acuerdo con otras realizaciones ejemplares, puede haber RDI 320 adicional en cualquier sitio dentro de la primera RDI 310, incluyendo dentro de la región interna 322, la región superficial 312 y/o la región subcutánea 314.

Mediante el tratamiento de la RDI 310, haciendo referencia momentáneamente otra vez a la Figura 1, el transductor 302 puede configurarse para suministrar uno o más campos 104 energéticos para proporcionar una pluralidad de efectos 106 para iniciar y/o estimular una o más respuestas 108 biológicas, tal como, por ejemplo, diatermia, hemostasia, revascularización, angiogénesis, crecimiento del tejido interconectivo, reformación tisular, ablación de tejido existente, síntesis de proteínas y/o permeabilidad celular mejorada. Dos o más de estas respuestas biológicas pueden combinarse para facilitar el rejuvenecimiento y/o tratamiento de tejido superficial. El transductor 302 también puede configurarse para la formación de imágenes y/o monitorización de parámetros de temperatura u otros parámetros del tejido de la RDI 310 con el fin de facilitar resultados del tratamiento óptimos.

El transductor 302 también puede configurarse para proporcionar tratamiento enfocado a una o más regiones de interés utilizando frecuencias moderadas, que varían entre aproximadamente 750 kHz y 10 MHz. Para proporcionar tratamiento enfocado, el transductor 302 puede configurarse con uno o más dispositivos de profundidad variable para facilitar el tratamiento. Por ejemplo, el transductor 302 puede configurarse con los dispositivos de profundidad variable desvelados en la solicitud de patente de Estados Unidos N.º 10/944,500, titulada "System and Method for Variable Depth Ultrasound", presentada el 16 de septiembre de 2004, que tiene al menos un inventor común y un Cesionario común con la presente solicitud. Además, también puede configurarse el transductor 302 para tratar una o más RDI 320 adicional mediante la activación de formación de imágenes subarmónica o pulso-eco, como se desvela en la solicitud de patente de Estados Unidos N.º 10/944,499, titulada "Method and System for Ultrasound Treatment with a Multi-directional Transducer", presentada el 16 de septiembre de 2004, que tiene al menos un inventor común y un Cesionario común con la presente solicitud.

Además, también puede utilizarse cualquier variedad de lentes mecánicas o lentes de enfoque variable, por ejemplo, lentes llenas de líquido, para enfocar y desenfocar el campo acústico. Por ejemplo, haciendo referencia a realizaciones ejemplares representadas en las Figuras 4A y 4B, el transductor 402 también puede configurarse con una matriz 404 de enfoque electrónico en combinación con uno o más elementos de transducción 406 para facilitar una flexibilidad aumentada en el tratamiento de la RDI 410. La matriz 404 puede configurarse de una manera similar al transductor 302. Es decir, la matriz 404 puede configurarse como una matriz de aberturas electrónicas que puede manejarse por una variedad de fases por medio de retardos electrónicos variables, por ejemplo, τ_1 , τ_2 , τ_3 ... τ_j . Por el término "manejarse", las aberturas electrónicas de la matriz 404 pueden manejarse, accionarse, utilizarse y/o configurarse para producir y/o suministrar energía de una manera correspondiente a la variación de fase causada por el retardo electrónico. Por ejemplo, estas variaciones de fase pueden utilizarse para suministrar rayos desenfocados, rayos planos, y/o rayos enfocados, cada uno de los cuales puede utilizarse en combinación para

conseguir diferentes efectos fisiológicos en la RDI 410.

Los elementos de transducción 406 pueden configurarse para ser cóncavos, convexos y/o planos. Por ejemplo, en una realización ejemplar representada en la Figura 4A, los elementos de transducción 406A están configurados para ser cóncavos con el fin de suministrar energía enfocada para el tratamiento de la RDI 410A. En la solicitud de patente de Estados Unidos 10/944.500 titulada "System and Method for Variable Depth Ultrasound" se desvelan realizaciones adicionales.

En otra realización ejemplar, representada en la Figura 4B, los elementos de transducción 406B pueden configurarse para ser básicamente planos con el fin de suministrar energía sustancialmente uniforme a la RDI 410B. Aunque las Figuras 4A y 4B representan realizaciones ejemplares con elementos de transducción 404 configurados como cóncavos y básicamente planos, respectivamente, los elementos de transducción 404 pueden configurarse para ser cóncavos, convexos y/o básicamente planos. Además, los elementos de transducción 404 pueden configurarse para ser cualquier combinación de estructuras cóncavas, convexas y/o básicamente planas. Por ejemplo, un primer elemento de transducción puede configurarse para ser cóncavo, mientras que un segundo elemento de transducción puede configurarse para ser básicamente plano.

Haciendo referencia a las Figuras 4C y 4D, el transductor 402 también puede configurarse como una matriz anular para suministrar energía acústica plana, enfocada y/o desenfocada. Por ejemplo, de acuerdo con una realización ejemplar, una matriz anular 400 puede comprender una pluralidad de anillos 412, 414, 416 a N. Los anillos 412, 414, 416 a N pueden estar aislados mecánica y eléctricamente en un conjunto de elementos individuales, y pueden crear ondas planas, enfocadas o desenfocadas. Por ejemplo, dichas ondas pueden centrarse en el eje, tal como mediante métodos de ajuste de retardos de transmisión y/o recepción correspondiente, τ_1 , τ_2 , τ_3 ... τ_N . Un enfoque electrónico puede trasladarse adecuadamente a lo largo de diversas posiciones de profundidad, y puede permitir potencia variable o estancamiento de los haces, mientras que un desenfoco electrónico puede tener diversas cantidades de desenfoco. De acuerdo con una realización ejemplar, también puede proporcionarse una lente y/o matriz anular 400 de forma convexa o cóncava para ayudar al enfoque o desenfoco de manera que pueda reducirse cualquier retardo diferencial en el tiempo. El movimiento de matriz anular 400 en una, dos o tres dimensiones, o a lo largo de cualquier trayectoria, tal como mediante el uso de sondas y/o cualesquiera mecanismos de brazo robótico convencionales, puede implementarse para explorar y/o tratar un volumen o cualquier espacio correspondiente dentro de una región de interés.

De acuerdo con otra realización ejemplar, el transductor 202 puede fragmentarse adecuadamente en dos dimensiones para formar una matriz bidimensional. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 5, una matriz bidimensional 500 ejemplar puede fragmentarse adecuadamente en una pluralidad de partes bidimensionales 502. Las partes bidimensionales 502 pueden configurarse adecuadamente para centrarse en la región de tratamiento a una determinada profundidad, y proporcionar así respectivos cortes 504 de la región de tratamiento. Como resultado, la matriz bidimensional 500 puede proporcionar un corte bidimensional del lugar de la imagen de una región de tratamiento, proporcionando así tratamiento bidimensional.

De acuerdo con otra realización ejemplar, el transductor 202 puede configurarse adecuadamente para proporcionar tratamiento tridimensional. Por ejemplo, para proporcionar tratamiento tridimensional de una región de interés, haciendo referencia nuevamente a la Figura 2, un sistema tridimensional puede comprender el transductor 202 configurado con un algoritmo adaptativo, tal como, por ejemplo, uno que utilice software gráfico tridimensional, contenido en un sistema de control, tal como el sistema de control 208. El algoritmo adaptativo se configura adecuadamente para recibir imágenes bidimensionales e información sobre temperatura relativas a la región de interés, procesar la información recibida y después proporcionar correspondientes imágenes tridimensionales e información sobre temperatura. Por ejemplo, el transductor 202 puede configurarse con un sistema de formación de imágenes y monitorización 3D como el desvelado en la solicitud de patente de Estados Unidos 10/193,491, titulada "Imaging, Therapy & Temperature Monitoring Ultrasonic System", presentada el 10 de julio de 2002, así como el desvelado en la patente de Estados Unidos N.º 6.036.646, titulada "Imaging, Therapy & Temperature Monitoring Ultrasonic System", que también tiene al menos un inventor común y un Cesionario común con la presente solicitud.

De acuerdo con una realización ejemplar, haciendo referencia nuevamente a la Figura 5, un sistema tridimensional ejemplar puede comprender una matriz bidimensional 500 configurada con un algoritmo adaptativo para recibir adecuadamente cortes 504 de diferentes planos de imagen de la región de tratamiento, procesar la información recibida, y después proporcionar información volumétrica 506, por ejemplo, formación de imágenes tridimensional e información sobre temperatura. Además, después de procesar la información recibida con el algoritmo adaptativo, la matriz bidimensional 500 puede proporcionar adecuadamente calentamiento terapéutico a la región volumétrica 506 según se desee.

Como alternativa, en lugar de utilizar un algoritmo adaptativo, tal como software tridimensional, para proporcionar imágenes tridimensionales y/o información sobre temperatura, un sistema tridimensional ejemplar puede comprender el transductor 202 configurado dentro de una disposición de sonda para funcionar desde diversas posiciones giratorias y/o traslacionales relativas a una región diana. Por ejemplo, el transductor 202 puede configurarse con una configuración de sonda, por ejemplo, una configuración de sonda manejada o motorizada

manualmente, como la desvelada en la patente de Estados Unidos N.º 6.036.646, titulada "Imaging, Therapy & Temperature Monitoring Ultrasonic System", que tiene algunos inventores comunes y un Cesionario común con la presente solicitud.

- 5 De forma adicional y/o alternativa, el transductor 202 puede configurarse con un dispositivo de sonda 3D desvelado en la Solicitud de provisional de Estados Unidos N.º 60/570.145, titulada "3D Data Acquisition Device for Ultrasound", presentada el 12 de mayo de 2004.

10 Independientemente del tipo de sistema transductor utilizado, el tamaño de cualquiera matrices acústicas unidimensionales y bidimensionales, elementos de transductor individuales, y elementos únicos o múltiples puede comprender una variedad de tamaños para conseguir las distribuciones de campo acústico deseadas, tal como, por ejemplo, desde una fracción de una longitud de onda acústica en tamaño, por ejemplo, una que transmita sonido y/o ultrasonido a lo largo de un ángulo amplio, hasta fuentes acústicas que sean muchas longitudes de onda en amplitud, por ejemplo, una que proyecte sonido y/o ultrasonido de una manera direccional más hacia delante.

15 Además, los efectos fisiológicos creados en el tejido por el sistema de ultrasonidos combinado ejemplar no solo se ven afectados por la distribución espacial de energía, sino también la temporal, por ejemplo, características que variables en el tiempo. De esta manera, cada matriz, matriz bidimensional, o elemento único u otro transductor también puede 1) utilizarse en diversas frecuencias de transmisión, tal como entre 20 kHz y 100 MHz, o incluso con pulsos de energía de banda ancha únicos, 2) utilizarse con varias longitudes de pulso de transmisión desde un milisegundo a una onda continua, por ejemplo, durante segundos, minutos o más, 3) utilizarse con varios ciclos de pulsos de trabajo desde casi cero por ciento de tiempo encendido al 100 % de tiempo encendido, y/o 4) utilizarse con diversos niveles de potencia de transmisión desde microvatios a kilovatios, dependiendo de la energía total deseada y los niveles de intensidad acústica.

25 Mediante el funcionamiento del sistema de ultrasonido 200, puede realizarse un método para el tratamiento combinado de ultrasonido que puede facilitar una terapia efectiva y eficiente sin crear lesiones crónicas al tejido humano. Por ejemplo, haciendo referencia a las Figuras 6A, 6B y 6C, diagramas de flujo ejemplares ilustran métodos para el tratamiento combinado de ultrasonido de acuerdo con diversas realizaciones ejemplares de la presente invención. Haciendo referencia particular a un método ejemplar ilustrado en la Figura 6A, un usuario puede utilizar un transductor para suministrar energía (etapa 601) a una región de interés. Como se utiliza en el presente documento, el término usuario puede incluir una persona, empleado, doctor, enfermero, y/o técnico, que utilice hardware y/o software de otros sistemas de control. Mediante el suministro de energía, el transductor puede accionarse a una frecuencia seleccionada, una matriz de fases puede accionarse con determinadas distribuciones temporales y/o espaciales, un transductor puede configurarse con uno o más elementos de transducción para proporcionar energía enfocada, desenfocada y/o plana, y/o el transductor puede configurarse y/o accionarse de otras maneras que se conciben en adelante. La selección del campo energético para el funcionamiento puede basarse en el tipo de efectos y/o respuestas deseados para una aplicación.

40 La energía suministrada en la etapa 601 puede proporcionar dos o más efectos de energía (etapa 603) a una región de interés. Un efecto de energía puede ser cualquier efecto descrito en el presente documento. Los efectos de energía, a su vez, pueden estimular y/o iniciar una o más respuestas (etapa 605) a la región de interés. La/s respuesta/s pueden ser cualquier respuesta descrita en el presente documento. En consecuencia, dos o más efectos de energía pueden proporcionar una única respuesta, dos o más efectos de energía pueden proporcionar dos o más respuestas para proporcionar tratamiento de una región de interés, y/o dos o más efectos de energía pueden proporcionar dos o más respuestas que pueden combinarse (etapa 650) en una única respuesta para facilitar un total rejuvenecimiento y tratamiento a la región de interés.

50 Aunque puede realizarse un método para el tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar en la serie anterior de etapas 601, 603, 605 y 650, puede conseguirse un método para el tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar mediante cualquiera de las etapas que se están realizando en cualquier orden. Por ejemplo, haciendo referencia a un diagrama de flujo ejemplar ilustrado en la Figura 6B, un usuario puede utilizar un transductor para suministrar energía (etapa 611) a una región de interés. La energía puede suministrarse mediante una matriz de fases con determinadas distribuciones temporales y/o espaciales, mediante un transductor configurado con uno o más elementos de transducción para proporcionar energía enfocada, desenfocada y/o plana, y/o mediante un transductor configurado y/o accionado de cualquier otra forma descrita en el presente documento y/o concebida en adelante. La energía puede utilizarse para proporcionar un primer efecto de energía (etapa 613) a una región de interés. El primer efecto puede ser cualquier efecto descrito en el presente documento. El primer efecto, a su vez, puede iniciar y/o estimular una primera respuesta (etapa 615) a una región de interés. La primera respuesta puede ser cualquier respuesta descrita en el presente documento.

60 El transductor también puede configurarse para suministrar energía nuevamente (etapa 617) para proporcionar un segundo efecto de energía (etapa 619) a la misma región de interés y/o a una diferente, iniciando y/o estimulando una segunda respuesta o combinándose con el primer efecto de energía para proporcionar la primera respuesta (etapa 621) a la misma región de interés y/o a una diferente. Mediante el suministro de energía una segunda vez, el transductor puede accionarse a la misma frecuencia que en la etapa 611 y/o a una frecuencia diferente que la de la

etapa 611. El segundo efecto y la segunda respuesta pueden ser cualquier efecto y respuesta descritos en el presente documento. El primer y segundo efecto y/o la primera y segunda respuesta pueden producirse instantáneamente y/o pueden aparecer durante un periodo de mayor duración, tal como, por ejemplo, una semana, con uno o más periodos de retardo entre medias. En caso de que el primer y segundo efecto produzcan dos o más respuestas, las dos o más de las respuestas también pueden combinarse (etapa 650) para facilitar un total rejuvenecimiento y tratamiento a la región de interés.

Otro ejemplo de un método para el tratamiento combinado de ultrasonido ejemplar se ilustra en la Figura 6C. Un usuario puede utilizar un transductor para suministrar uno o más campos energéticos (etapa 631) a una región de interés. Mediante el suministro de energía, el transductor puede accionarse a una determinada frecuencia, a matriz de fases puede accionarse con determinadas distribuciones temporales y/o espaciales, un transductor puede configurarse con uno o más elementos de transducción para proporcionar energía enfocada, desenfoada y/o plana, y/o el transductor puede configurarse y/o accionarse de otras maneras concebidas en adelante. Los campos energéticos pueden suministrarse simultáneamente, la energía puede suministrarse en tiempos retardados y/o superpuestos, y/o la energía puede retardarse en diferentes tiempos por completo.

Cada campo energético suministrado puede proporcionar uno o más efectos de energía (etapa 633) a una región de interés. Los efectos de energía pueden ser cualesquiera efectos descritos en el presente documento. Cada efecto de energía puede iniciar y/o estimular y proporcionar y/o combinar una o más respuestas (etapa 635) a la misma región de interés y/o a una diferente. Las respuestas pueden ser cualquier respuesta descrita en el presente documento. Los efectos de energía y/o respuestas pueden producirse instantáneamente, simultáneamente, y/o pueden aparecer durante un periodo de mayor duración, tal como, por ejemplo, una semana. Dos o más de las respuestas pueden combinarse (etapa 650) para facilitar el total rejuvenecimiento y tratamiento a la región de interés. Aunque la presente divulgación describe un método para el tratamiento combinado de ultrasonido en las series de etapas anteriores, el método de la presente divulgación puede conseguirse mediante cualquiera de las etapas que se están realizando en cualquier orden.

Como se ha comentado anteriormente, una realización de un transductor ejemplar para proporcionar un tratamiento combinado de ultrasonido puede configurarse para proporcionar formación de imágenes/terapia y/o monitorización de parámetros de tejidos dentro de un único transductor. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 7A, un subsistema de formación de imágenes 710 puede interconectarse a un conjunto transductor 700 acústico de formación de imágenes/terapia y/o monitorización de parámetros de tejidos ejemplar. El subsistema de formación de imágenes 710 conectado al conjunto transductor 700 acústico mediante un cable 760 incluye una unidad de control que forma haces. La unidad se maneja para que el conjunto transductor 700 acústico explore la región de interés, incluyendo la región de tratamiento, en el tejido diana 780 con las ondas acústicas. La señal acústica de retorno es recibida por el conjunto transductor 700 acústico, y después se envía al subsistema de formación de imágenes 710 para generar imágenes ultrasónicas de la región de tratamiento. La imagen generada de esta manera se muestra en un terminal de pantalla 750 para ayudar al usuario a colocar correctamente el conjunto transductor 700 acústico con respecto a la región de tratamiento en el tejido diana 780 antes de empezar efectivamente el proceso de tratamiento terapéutico.

Haciendo referencia a la Figura 14B, un subsistema de terapia (un sistema de calentamiento terapéutico) 720, que se interconecta al conjunto transductor 700 acústico combinado de formación de imágenes/terapia ejemplar, se conecta al conjunto transductor 700 acústico combinado de formación de imágenes/terapia mediante un cable 760 incluye potencia RF u otros tipos de accionadores que se interconectan a la matriz lineal del conjunto transductor 700 acústico. Los accionadores de potencia RF se controlan en el tiempo para que el conjunto transductor 700 acústico transmita, dirija y/o enfoque las ondas acústicas hacia la región de interés incluyendo la región de tratamiento en el tejido diana 780. La potencia de calentamiento y el tiempo de calentamiento así como la anodización del transductor se controlan durante el proceso de tratamiento terapéutico para conseguir el patrón de calentamiento y la dosis terapéutica adecuados.

La monitorización de parámetros de tejidos, tales como temperaturas, puede realizarse de una manera calculada para evitar artefactos del movimiento del tejido. Por ejemplo, en el caso de que se caliente una región localizada; la región calentada es interrogada con una señal de pulso-eco casi inmediatamente a continuación. En tal caso el eco procedente de la región calentada cambiará en tiempo y amplitud. Por ejemplo, la atenuación acústica en el tejido se duplica aproximadamente entre 50°C y 70°C. La región se mide inmediatamente antes y después de calentarse y, de esta manera, se evitan los artefactos del movimiento del tejido, así como cualquier efecto de propagación acústica.

En el caso de que solo se trate una pequeña región a la vez, se genera una región isotérmica alrededor del lugar caliente. Por lo tanto, el tiempo de vuelo y la amplitud de onda incidente en la región calentada es igual antes y después de suministrarse la energía terapéutica. De esta manera, el cambio de amplitud y el cambio de tiempo medidos después de la terapia serán debidos básicamente al tejido tratado.

Haciendo referencia a la Figura 7C, cuando se utiliza un conjunto transductor 1300 combinado de formación de imágenes/terapia para calentar una pequeña región 780, un subsistema de monitorización de temperatura 730 se

conecta a la pantalla 750. El subsistema de monitorización de temperatura 730 también se conecta al conjunto transductor 700, tal como mediante un cable 760 adecuado. De acuerdo con este ejemplo, se explora todo el volumen y, mediante el desvío del pulso-eco, puede determinarse la dosis térmica efectiva (historial de tiempo/temperatura) (por ejemplo, volumen que se vuelve a cruzar). La expresión dosis térmica se refiere a la función integral de temperatura y tiempo de duración por la cual, por ejemplo, puede realizarse una determinación de necrosis.

La presente invención se ha descrito anteriormente haciendo referencia a diversas realizaciones ejemplares. Sin embargo, los expertos en la materia reconocen que pueden hacerse cambios y modificaciones en las realizaciones ejemplares sin apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, las diversas etapas operativas, así como los componentes para llevar a cabo las etapas operativas, pueden ponerse en práctica de formas alternativas dependiendo de la aplicación particular o teniendo en cuenta cualquier número de funciones de coste asociadas al funcionamiento del sistema, por ejemplo, varias de las etapas pueden suprimirse, modificarse o combinarse con otras etapas. Además, cabe señalar que, aunque el método y sistema para tratamiento combinado de ultrasonido con un transductor descrito anteriormente es adecuado para su uso por parte de un médico próximo al paciente, también puede accederse al sistema desde lejos, es decir, el médico puede ver a través de una pantalla lejana que tenga información de imágenes transmitidas por diversas vías de comunicación, tal como por satélite/wifi o mediante conexiones por cable tales como IP o redes de cable digital, etc., y puede dar instrucciones a un médico local sobre la adecuada colocación del transductor. Se pretende que estos y otros cambios o modificaciones sean incluidos dentro del alcance de la presente invención, como se indica en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de ultrasonido configurado para proporcionar tratamiento no invasivo de rejuvenecimiento del tejido a un paciente, caracterizado el sistema por:

5 un transductor de ultrasonidos (102) que comprende un primer elemento de transducción y un segundo elemento de transducción, estando el primer elemento de transducción configurado para administrar un primer campo (104) de energía ultrasónica que tiene una frecuencia en el intervalo entre 750 kHz y 10 MHz, una longitud de pulso desde un milisegundo a una onda continua, y una potencia de transmisión en el intervalo de microvatios a kilovatios, y estando el segundo elemento de transducción configurado para administrar un segundo campo (104) de energía ultrasónica que tiene una frecuencia en el intervalo entre 750 kHz y 10 MHz, una longitud de pulso desde un milisegundo a una onda continua, y una potencia de transmisión en el intervalo de microvatios a kilovatios;

10 en el que el primer elemento de transducción está configurado para proporcionar un primer efecto (106) de energía ultrasónica a una región de interés (110) del paciente para iniciar o estimular un efecto ablativo en la región de interés (110), en el que el primer elemento de transducción está configurado para funcionar a lo largo de un primer rango de frecuencia y a un primer nivel de intensidad para proporcionar el primer efecto de energía ultrasónica; y

15 en el que el segundo elemento de transducción está configurado para proporcionar un segundo efecto (106) de energía ultrasónica a la región de interés (110) que comprende un efecto no térmico para iniciar o estimular una respuesta de regeneración del tejido en la región de interés (110), en el que el segundo elemento de transducción está configurado para funcionar a lo largo de un segundo rango de frecuencia y a un segundo nivel de intensidad para proporcionar el segundo efecto de energía ultrasónica y en el que el segundo nivel de intensidad es menor que el primer nivel de intensidad; y

20 un controlador (112) acoplado al transductor de ultrasonidos (102) y configurado para facilitar el control y el funcionamiento del transductor de ultrasonidos (102) para suministrar el primer campo (104) de energía ultrasónica y el segundo campo (104) de energía ultrasónica en momentos diferentes.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el transductor de ultrasonidos (102) también comprende uno o más elementos de transducción adicionales configurados para estimular una respuesta (108) biológica en la región de interés (110), comprendiendo la respuesta biológica al menos una de revascularización/angiogénesis posteriores, el crecimiento del tejido interconectivo, la reformación de tejido, la reformación de colágeno, la administración y activación de medicamento mejorada, la estimulación de la síntesis de proteínas y una mayor respuesta a la permeabilidad celular.

3. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer elemento de transducción está configurado para un tratamiento de baja frecuencia y el segundo elemento de transducción está configurado para un tratamiento de alta frecuencia o el primer elemento de transducción está configurado para un tratamiento de alta frecuencia y el segundo elemento de transducción está configurado para un tratamiento de baja frecuencia.

4. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transductor de ultrasonidos (102) está configurado para administrar el segundo campo (104) de energía ultrasónica en un momento retardado relativo al primer campo (104) de energía ultrasónica.

5. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de formación de imágenes en comunicación con el controlador (112) y configurado para proporcionar al menos una imagen procedente de datos obtenidos por el transductor de ultrasonidos (102).

6. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de acoplamiento (204) configurado para el acoplamiento acústico entre el transductor de ultrasonidos (202) y la región de interés (210).

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el sistema de acoplamiento (204) está configurado para el enfriamiento controlado de una superficie de interfaz próxima a una región de interés (210) para facilitar el control de los efectos de energía térmica del transductor (202).

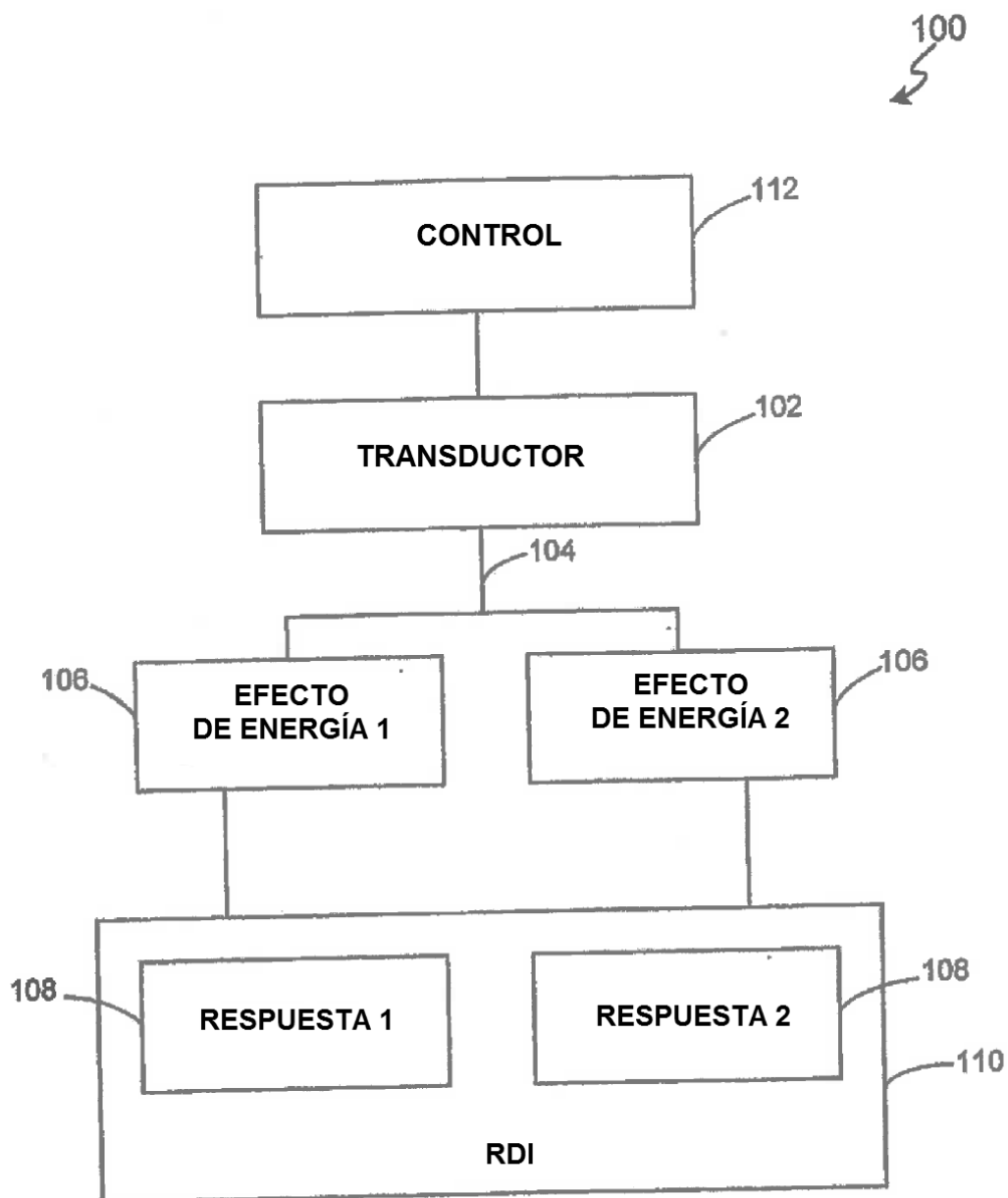


FIG. 1

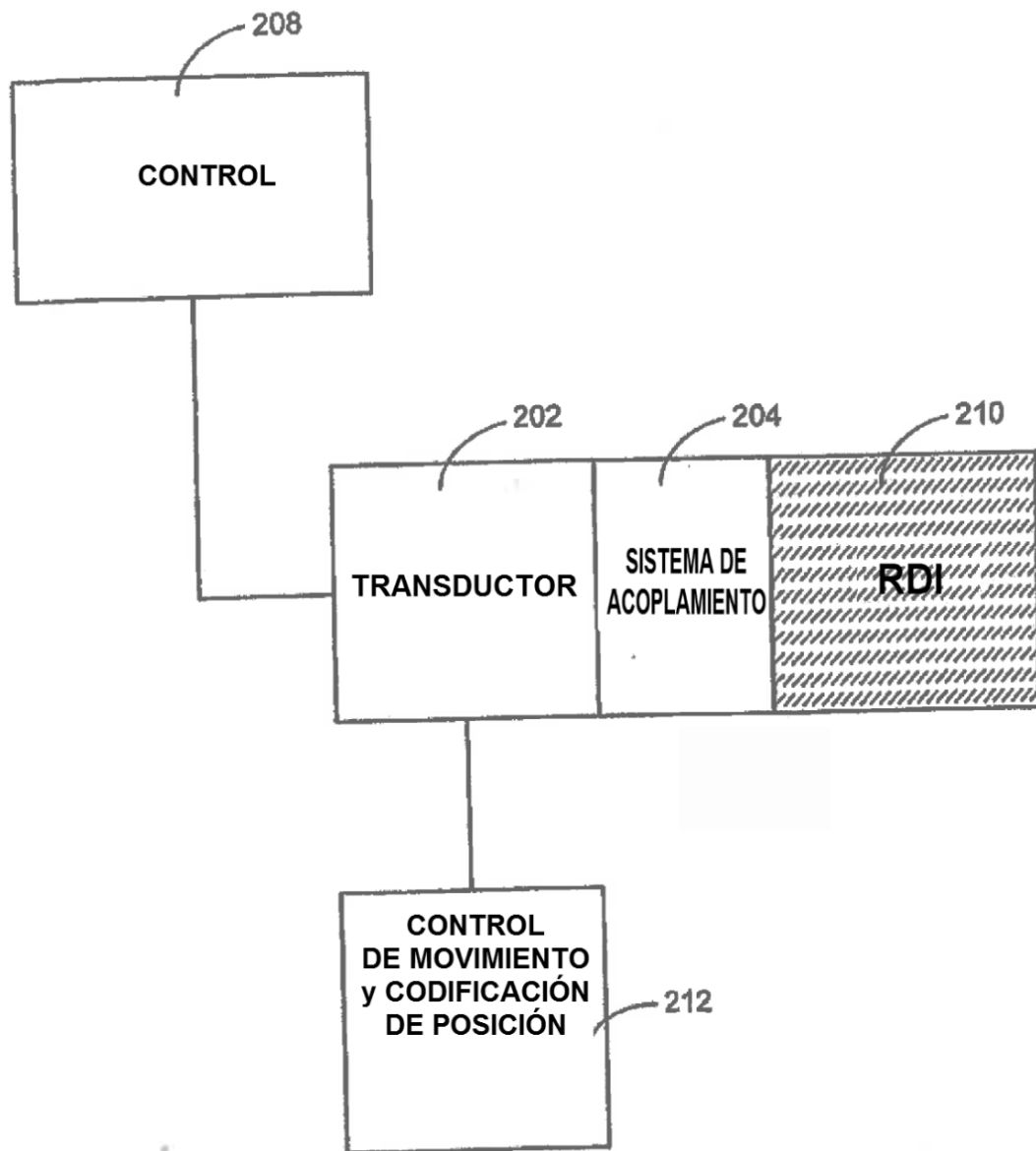


FIG. 2

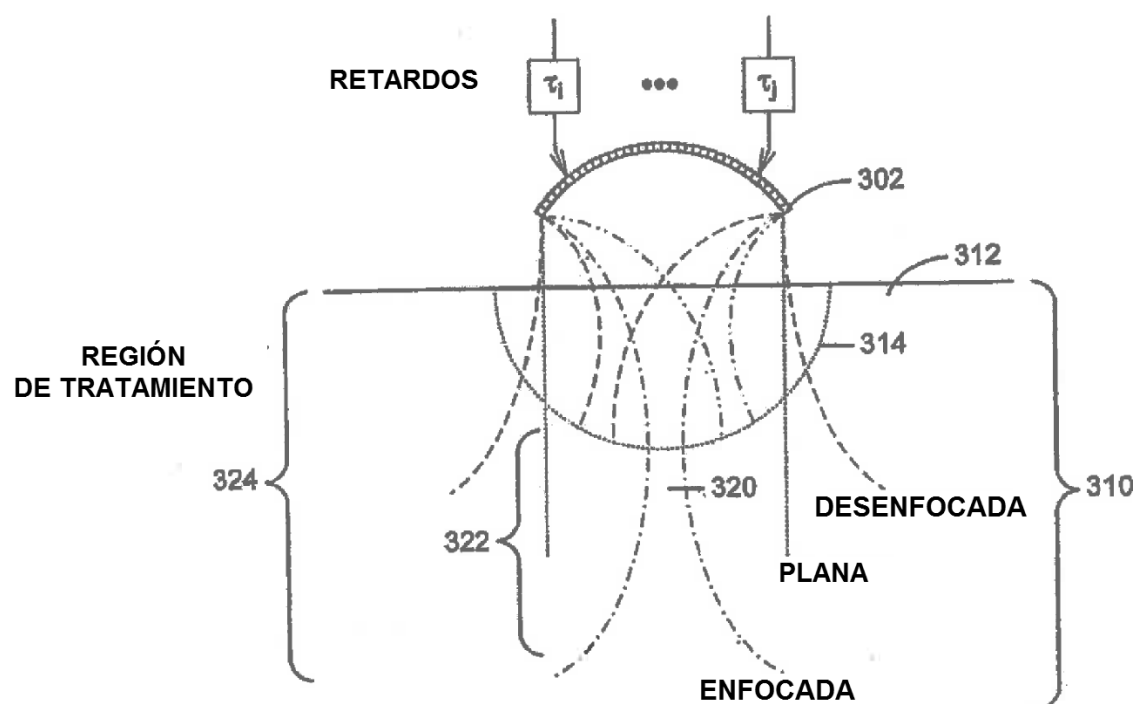


FIG. 3

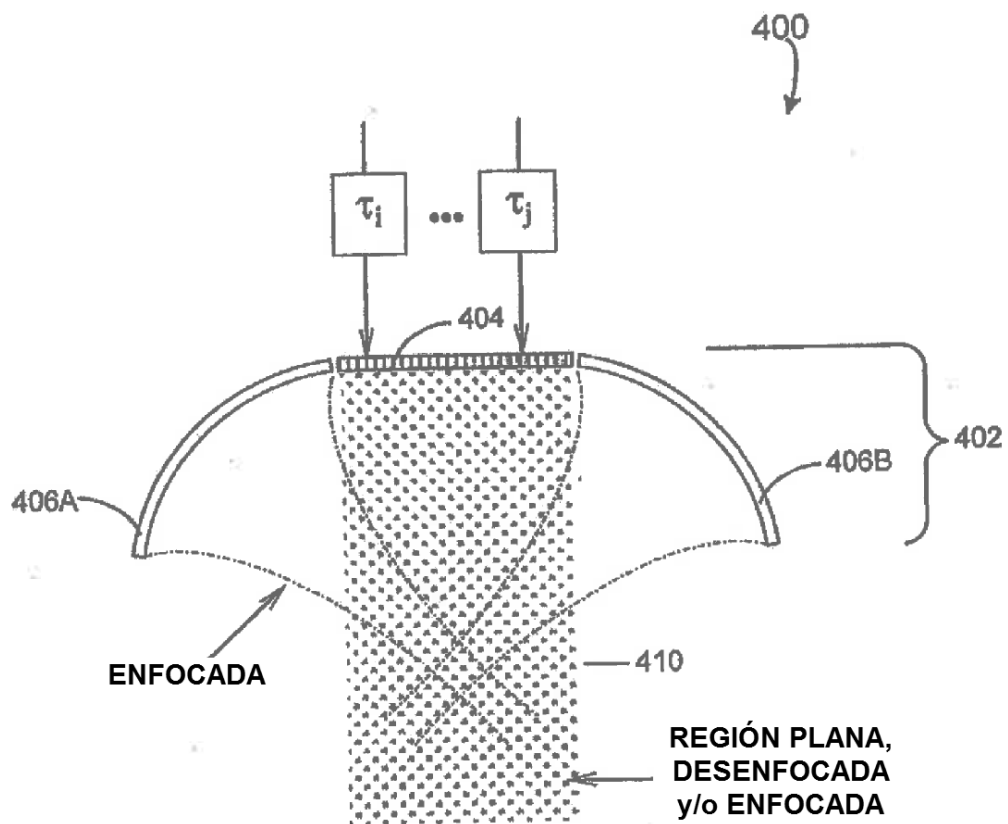


FIG. 4A

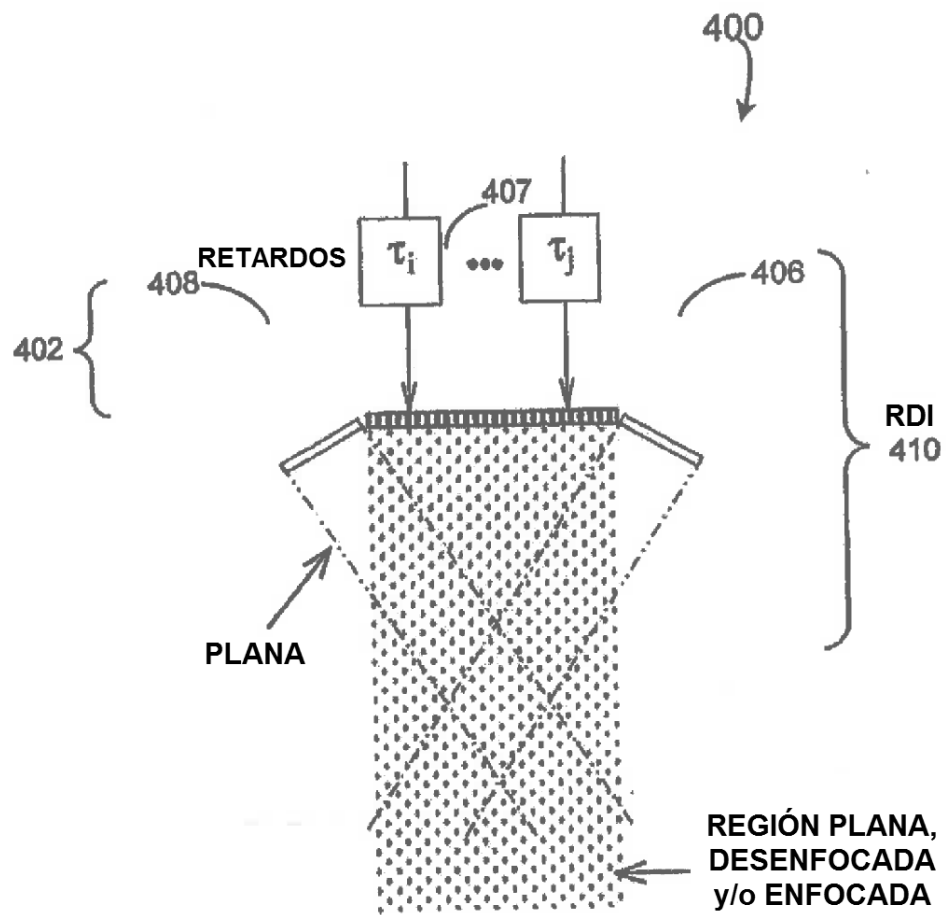


FIG. 4B

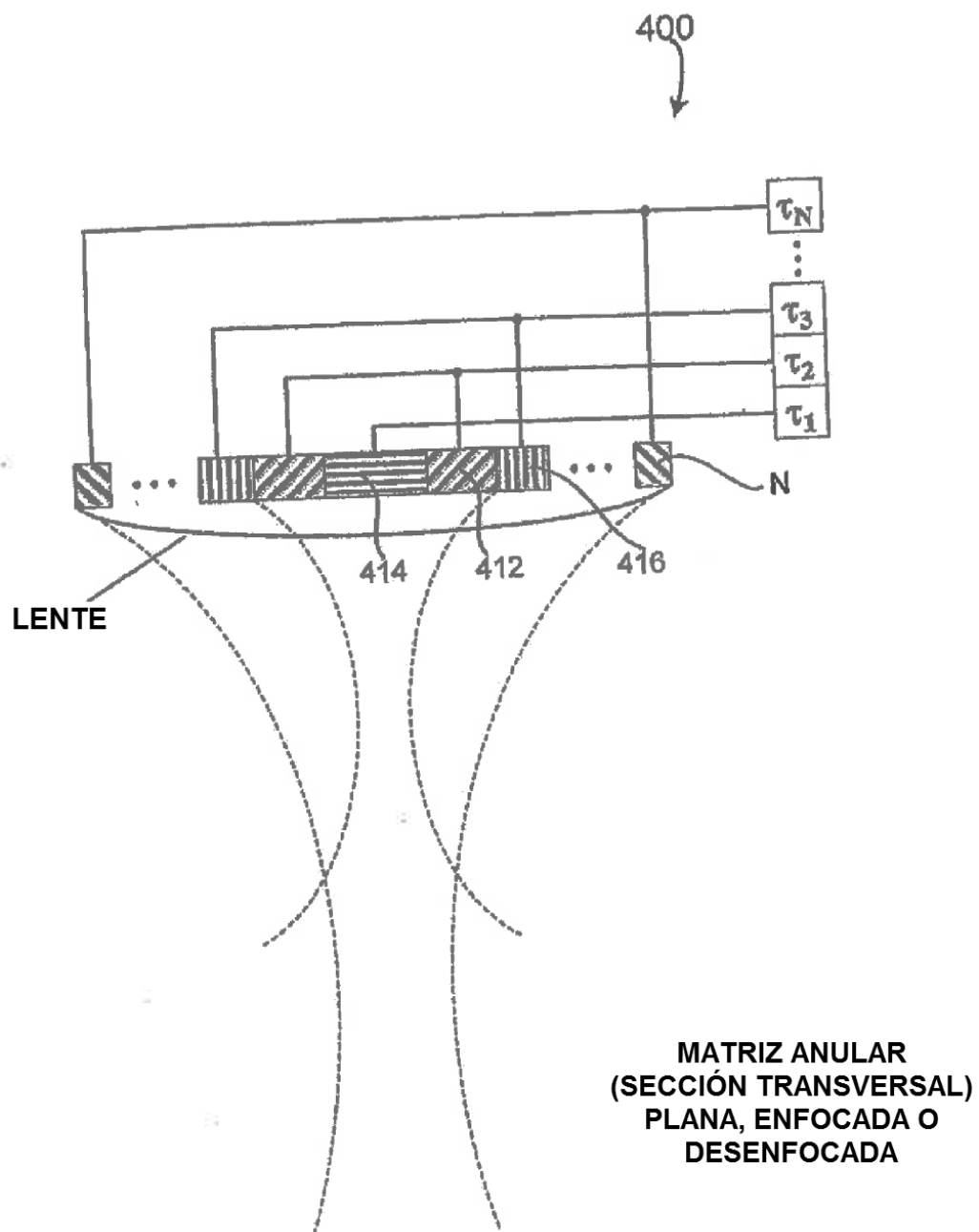


FIG. 4C

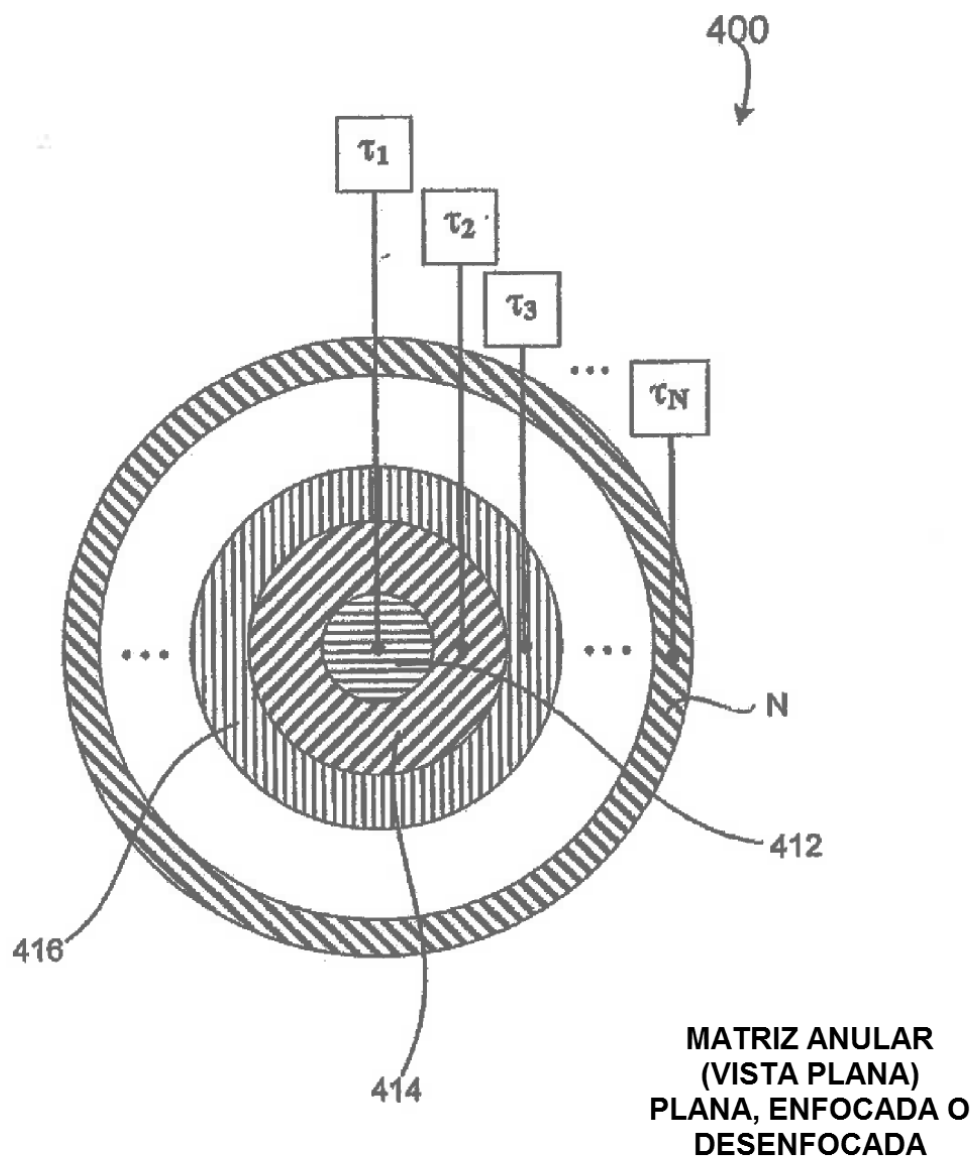


FIG. 4D

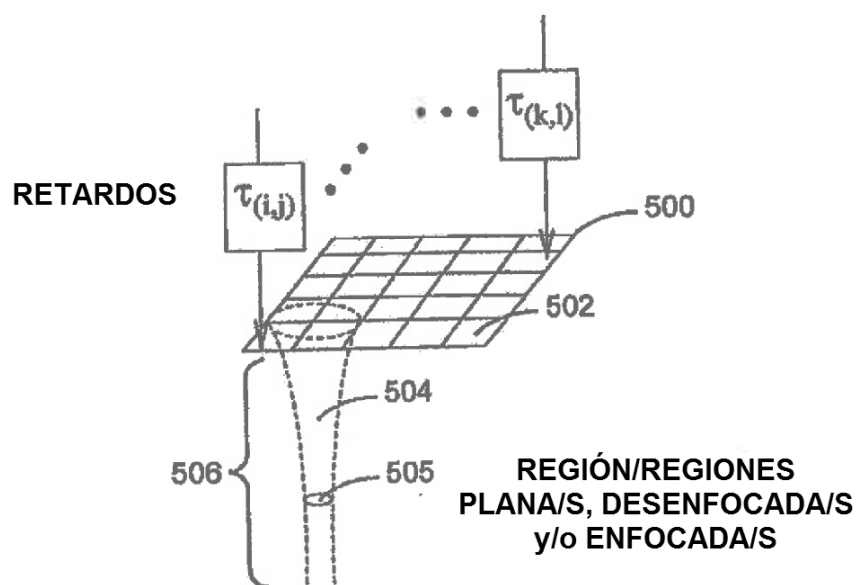


FIG. 5

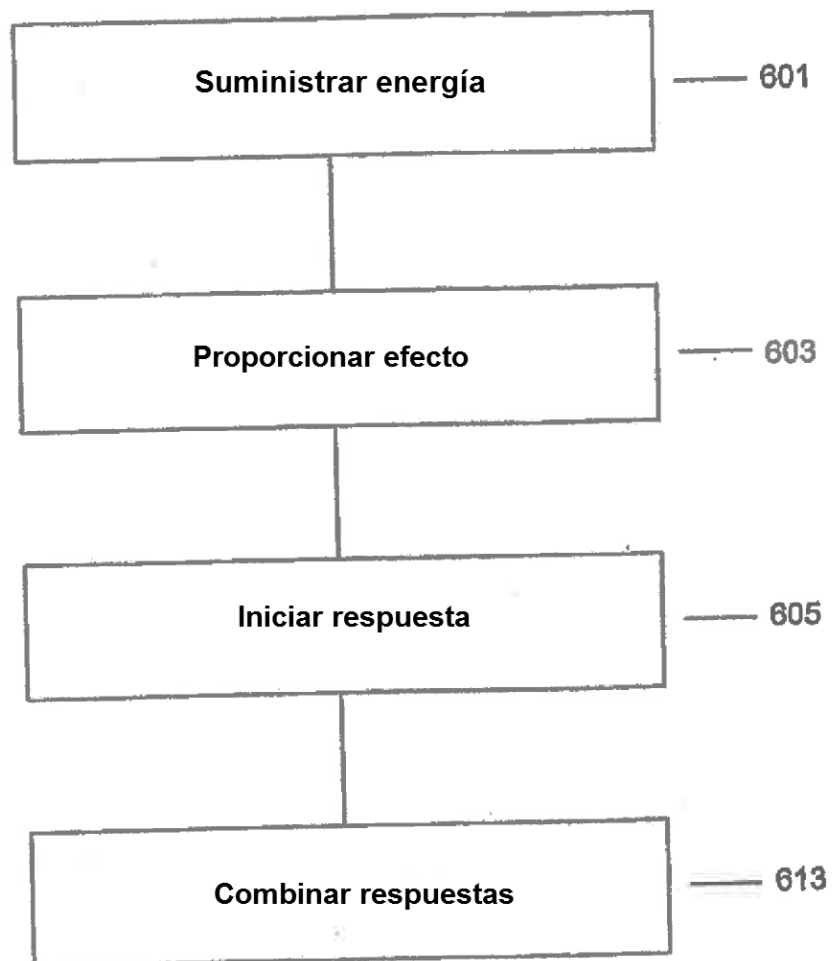


FIG. 6A

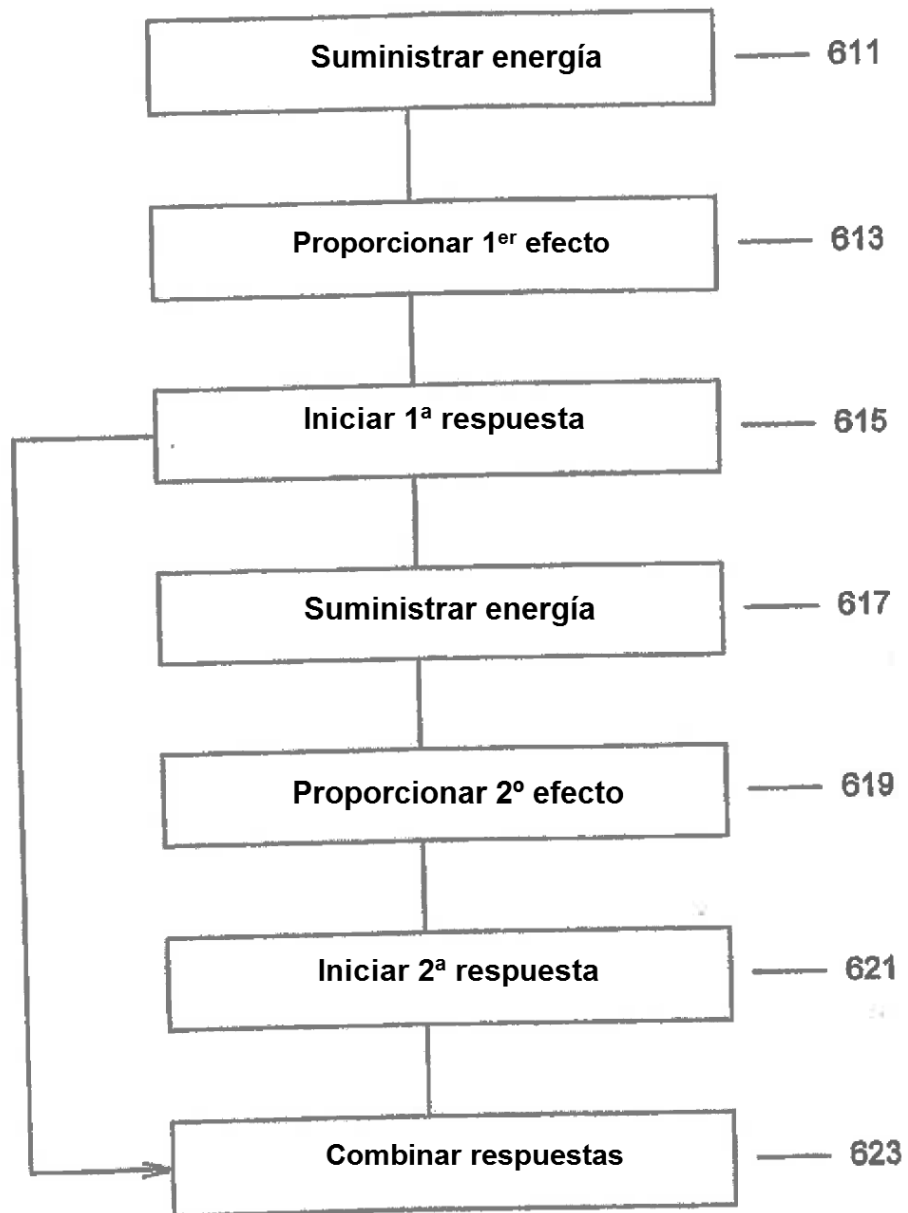


FIG. 6B

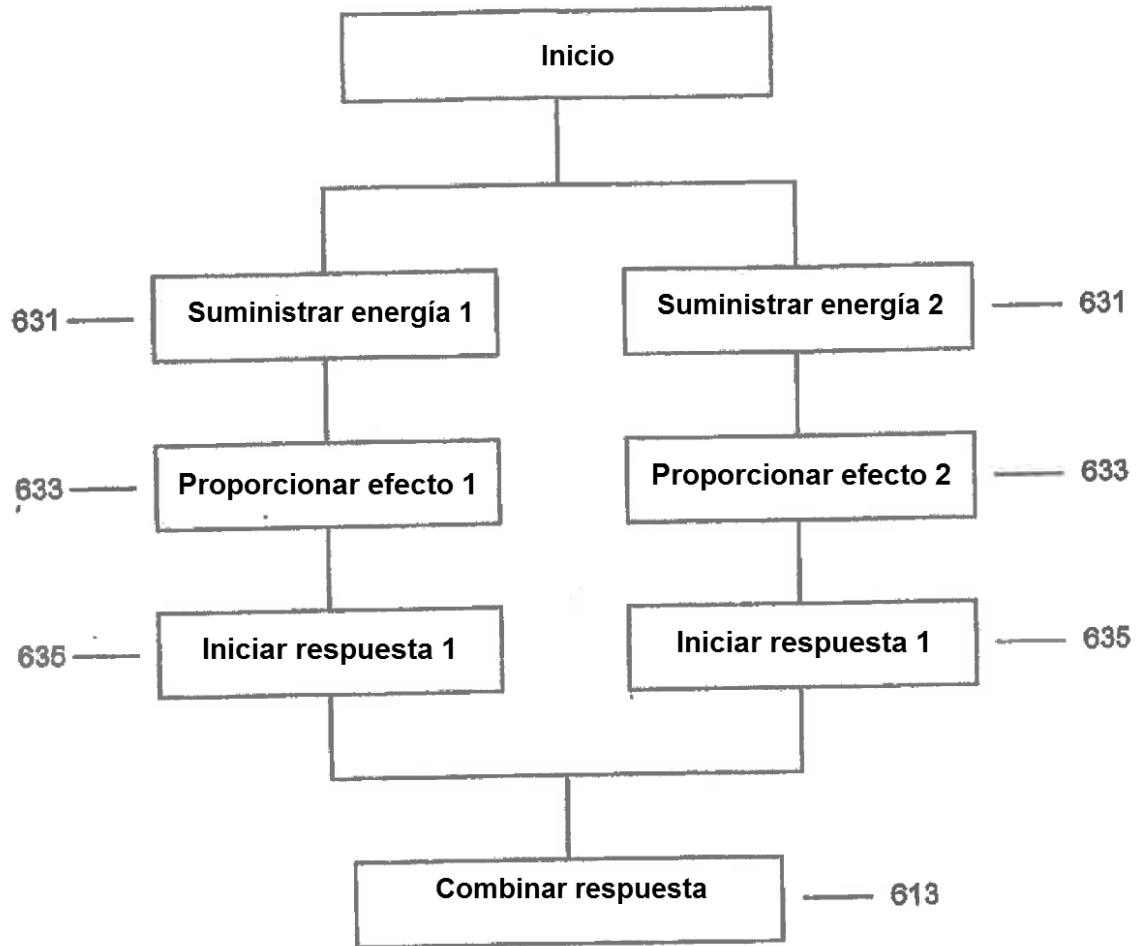


FIG. 6C

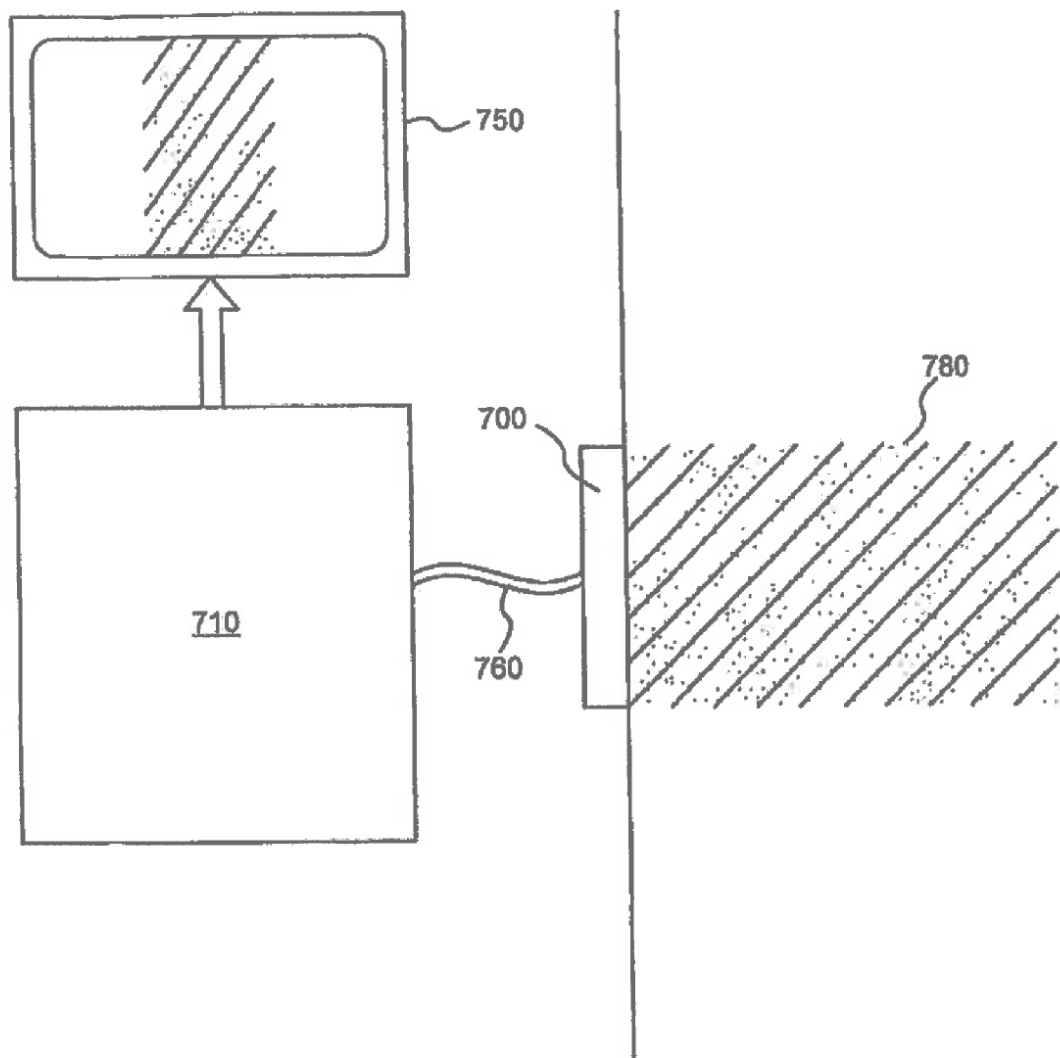


FIG. 7A

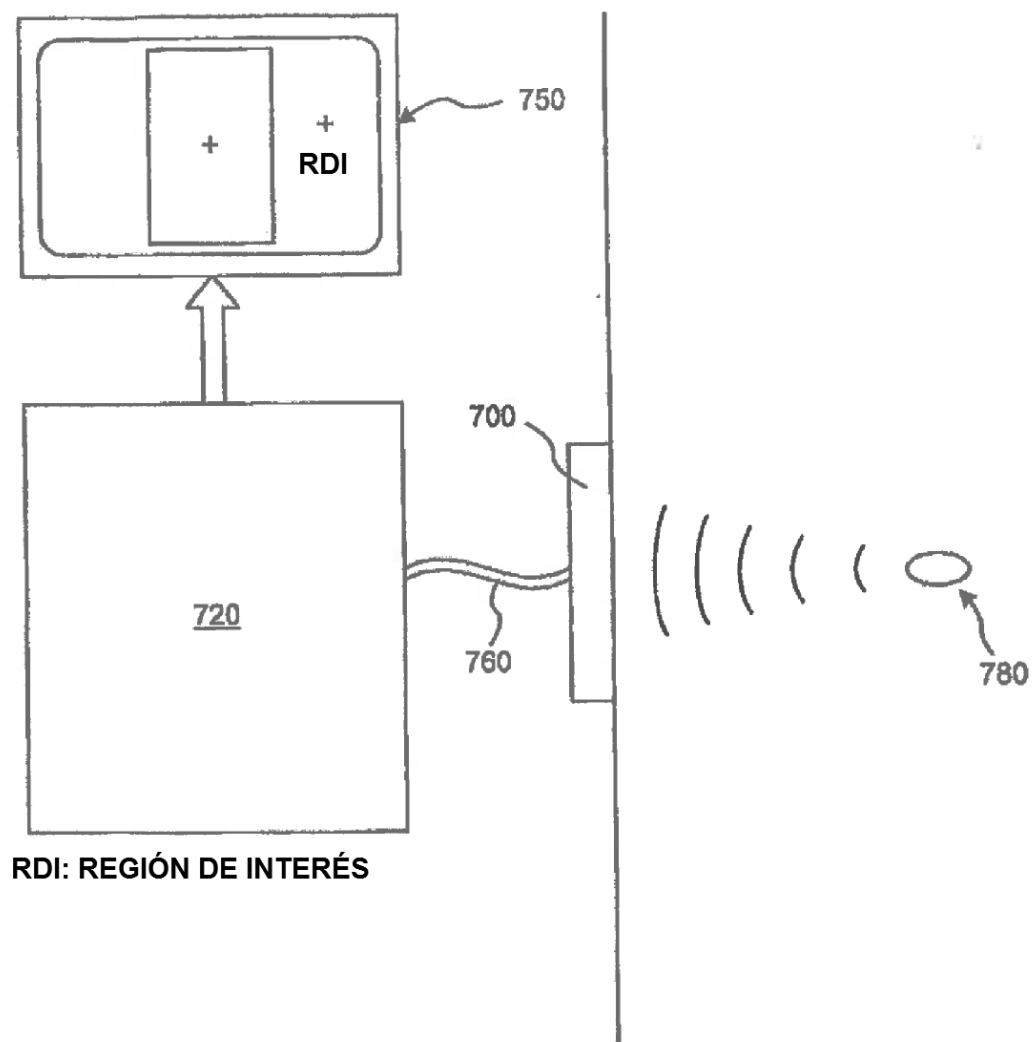


FIG. 7B

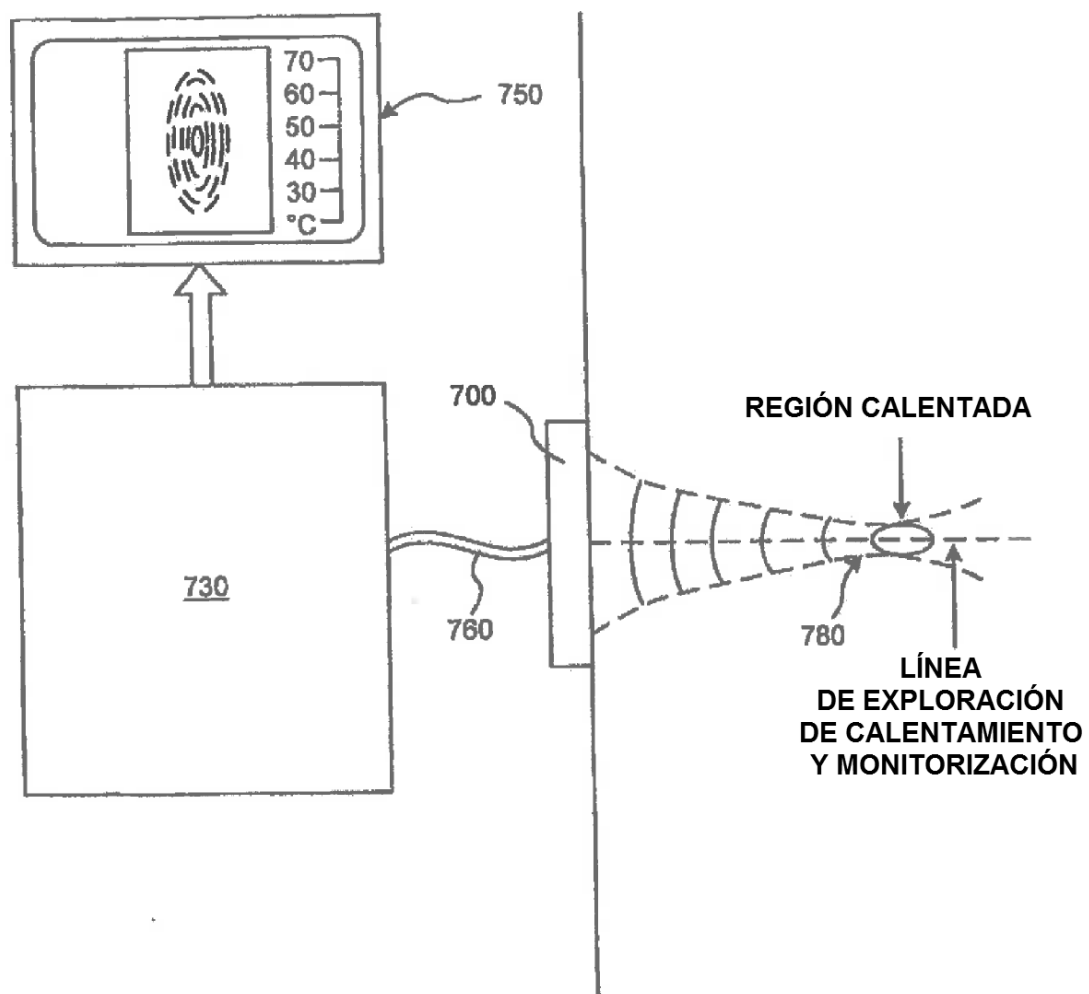


FIG. 7C