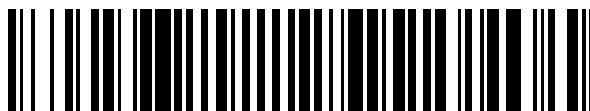


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 270**

51 Int. Cl.:

A61B 8/00 (2006.01)

G01S 7/521 (2006.01)

G01S 15/89 (2006.01)

G10K 11/35 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2003 E 03776327 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012 EP 1465531**

54 Título: **Sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas**

30 Prioridad:

10.10.2002 US 417164 P

09.05.2003 US 468958 P

09.05.2003 US 468956 P

14.05.2003 US 470234 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2013

73 Titular/es:

**VISUALSONICS INC. (100.0%)
3080 YONGE ST., SUITE 6020, BOX 89
TORONTO M4N 3N1, CA**

72 Inventor/es:

**MEHI, JAMES I.;
MCCONAGHY, ROBERT;
CHAGGARES, NICHOLAS CHRISTOPHER y
FOSTER, STUART**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 402 270 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 de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas

Las cabezas de barrido desarrolladas a finales de la década de 1970 y a comienzos de la década de 1980 para formar imágenes de tejido humano siguen siendo útiles para muchas aplicaciones de formación de imágenes por ultrasonidos. Un transductor ubicado en la cabeza de barrido comprende discos de material piezoeléctrico, que cuando es excitado vibra eléctricamente a una frecuencia normalmente escogida para que esté entre 2 y 10 MHz. A estas frecuencias, la energía de vibración del transductor es direccional y se irradia desde dos caras de un disco circular delgado en haces razonablemente bien definidos. En general, la energía que se irradia desde la parte trasera del transductor es absorbida por un material adecuado mientras que la que se irradia desde la parte delantera es aplicada al paciente por medio de un fluido capaz de transmitir energía ultrasónica con características de baja pérdida. Saliendo a través de un tapón delgado de baja pérdida, la energía es aplicada adicionalmente al paciente con un gel sonotransparente aplicado sobre la piel del paciente. Ecos resultantes de la interacción de la energía de ultrasonidos con el tejido corporal atraviesan el mismo recorrido a la inversa, y cuando impactan en el transductor generan una señal eléctrica cuya intensidad es una función de la ecogenicidad de un objetivo en el interior del paciente y de la profundidad del objetivo por debajo de la piel del paciente. Se determina la ubicación en profundidad a partir del intervalo de tiempo entre el impulso transmitido y el eco recibido. Con esta información y la información direccional suministrada por un codificador de posición acoplado al transductor, las cabezas de barrido generan una imagen en escala de grises del tejido que se encuentra en un plano de barrido en el interior del paciente, que es renovada y actualizada con cada barrido del transductor a través del plano de la imagen. Dos barridos del transductor comprenden un ciclo operativo, denominado 1 Hz, y es equivalente a dos fotogramas por segundo.

Las imágenes por ultrasonidos bidimensionales (también denominadas ecografías en modo B) están compuestas de un número de líneas adyacentes de datos de ultrasonidos denominadas ecografías en modo A, que son adquiridas de la cabeza de barrido mediante barridos sucesivos del transductor. La línea de datos de ultrasonidos es adquirida cuando un transductor transmite el impulso ultrasónico al tejido que está siendo estudiado y luego recibe la señal ultrasónica reflejada por el tejido a lo largo de un eje del haz del transductor. Las líneas de datos de ultrasonidos están ubicadas en el mismo plano y normalmente están separadas a intervalos constantes. Cada línea de datos es adquirida con el eje del haz ultrasónico movido lateralmente en el plano en una distancia incremental conocida. La imagen por ultrasonidos puede tener un formato lineal, en el que las líneas son paralelas entre sí y están separadas uniformemente, o un formato sectorial, en el que las líneas irradian desde un vértice con ángulos idénticos entre las mismas. Para producir una imagen de formato lineal, se mueve el transductor lateralmente, sin alterar el ángulo entre el transductor y la línea a lo largo de la que se mueve. Para producir una imagen de formato sectorial, se monta el transductor en un dispositivo, que gira en torno a un vértice, haciendo que el transductor se mueva en un arco. Según se mueve el transductor, se hace un seguimiento de la posición en el plano de barrido, de forma que un sistema asociado de ultrasonidos puede representar visualmente los datos de línea de ultrasonidos en las ubicaciones correctas en la imagen representada visualmente.

Los primeros sistemas de ultrasonidos de diagnóstico clínico utilizaban cabezas oscilantes de barrido para producir las imágenes de formato sectorial. Estos sistemas utilizaban ultrasonidos de baja frecuencia, en el intervalo de 2 a 5 MHz. Las cabezas oscilantes de barrido normalmente consisten en el transductor ubicado en una cámara llena de fluido, un motor, un codificador de la posición, y una ventana acústica a través de la cual pasaba el ultrasonido. Normalmente, el mecanismo de accionamiento del motor movía el transductor por un arco, lo que tenía como resultado un formato de imagen de tipo sectorial de barrido mientras que el codificador de posición mantenía un seguimiento de la posición del transductor. La pared de la cámara llena de fluido, que estaba orientada hacia el tejido del que se formaban imágenes, actuó como una ventana acústica, que estaba fabricada normalmente de un material plástico duro. Esta ventana permitía que pasaran los ultrasonidos a través con poca atenuación. Además, en general, existe una onda de ultrasonidos reflejada que no pasa a través de la ventana. Esta onda puede reverberar entre el transductor y la ventana varias veces antes de disiparse. Los componentes de reverberación, que golpean el transductor, pueden provocar una aberración no deseable en la imagen por ultrasonidos. La magnitud de la onda reflejada está determinada por el desequilibrio de impedancia acústica entre el material utilizado para la ventana y el fluido en la cámara del transductor. La cantidad de atenuación está determinada por el material de la ventana, que se produce según pasa la energía de ultrasonidos a través de la ventana. No son deseables ni la atenuación ni los reflejos en la ventana.

En la década de los 80 estos transductores de barrido mecánico comenzaron a ser sustituidos por dispositivos de estado sólido que consisten en una pluralidad de elementos piezoeléctricos estrechos que, cuando son excitados secuencialmente, pueden ser utilizados para construir una imagen. Estas cabezas de barrido de "matriz lineal" habían sido desarrolladas al mismo tiempo que las mecánicas, pero proporcionaban una peor calidad de imagen. Un desarrollo adicional, durante las décadas de 1980 y 1990, tuvo como resultado el desarrollo de cabezas de barrido de "matriz en fase", que tienen la capacidad para excitar grupos de elementos de formas que permiten una orientación y un enfoque del haz electrónico, que en general producen mejores imágenes que cualquier cabeza mecánica de barrido y con frecuencias de imagen de 60 fotogramas por segundo. En la actualidad, las matrices en fase son utilizadas universalmente para formar imágenes por ultrasonidos de tejido humano. Sin embargo, un

sistema típico de matriz en fase que utiliza un transductor que opera a cinco MHz puede tener una resolución espacial de 0,5 mm.

Una desventaja de las mayores frecuencias de operación es que según aumenta la frecuencia de operación, los problemas de fabricación hacen que suponga un reto construir un sistema de formación de imágenes de tipo matriz en fase. Como resultado, los sistemas actuales que operan en el intervalo de 30-40 MHz utilizan típicamente transductores de un único elemento de barrido mecánico, en cabezas de barrido similares en principio operativo a los sistemas de barrido mecánico descritos anteriormente. Sin embargo, las frecuencias elevadas tienen como resultado, en general, una mayor atenuación y, por lo tanto, se aumenta de forma significativa la atenuación debida a una ventana acústica. En consecuencia, los transductores actuales de alta frecuencia utilizan un transductor no encapsulado, que recibe un movimiento de vaivén de un servomotor lineal y un sistema de codificación de la posición. A frecuencias más elevadas (superiores a 30 MHz), la encapsulación del transductor es impráctica debido a una descomposición de las características y las propiedades teóricas de materiales con frecuencias más elevadas.

Para transductores de alta frecuencia, dado que no están encapsulados, el transductor móvil está al descubierto. El acoplamiento acústico con el tejido del que se están formando imágenes se lleva a cabo al crear una masa de gel de ultrasonidos sobre la superficie del tejido, en la que se hace descender el transductor móvil. Una formación de imágenes satisfactoria depende de la existencia de una capa continua de gel entre el transductor y el tejido. Si el transductor pierde el contacto con el gel, o, si se forma una burbuja de aire sobre la superficie del transductor, la formación de imágenes se verá afectada o resultará incluso imposible. Este tipo de formación de imágenes está restringido a frecuencias relativamente bajas de imágenes, debido a que un transductor que se mueve rápidamente alterará la capa de gel y es más probable que pierda el contacto. Desventajas adicionales de los transductores al descubierto son que pueden suponer un peligro para el tejido delicado, y también pueden exponer al transductor a daños posibles de impactos.

Una desventaja adicional en las cabezas mecánicas de barrido de ultrasonidos es el uso de motores de imanes móviles. Lo atractivo del tipo de imanes móviles es que no existe la necesidad de hilos flexibles para suministrar energía a la bobina impulsora debido a que la bobina impulsora es estacionaria y el imán permanente está fijado al miembro móvil o rotor. Además, el motor de tipo imán es ineficaz. La cabeza mecánica normal de barrido consume hasta tres vatios de energía eléctrica, que es convertida en calor que debe ser disipado a través de las paredes de plástico del alojamiento de la cabeza de barrido. Dado que el alojamiento es generalmente un mal conductor del calor, la temperatura interna de la cabeza de barrido puede aumentar, lo que con el paso del tiempo puede degradar los materiales, alterar las propiedades acústicas del dispositivo, e incluso puede ser incómodo para el sujeto. Otra razón por la que el motor de imanes es ineficaz es que en un intento por mantener baja la masa oscilante, los imanes móviles se mantienen de un tamaño relativamente pequeño. Para conseguir un cierto par, las corrientes del motor son correspondientemente elevadas, lo que da lugar a una pérdida I^2R elevada. Las pérdidas aumentan aproximadamente según el cuadrado de la frecuencia de barrido.

En "High Frequency (20 MHz) Ultrasonic Devices: Advantages and Applications" (BERSON M ET AL, EUROPEAN JOURNAL OF ULTRASOUND, ELSEVIER, vol. 10, 1999, páginas 53-63) se da a conocer un dispositivo ultrasónico de barrido, que comprende una cabeza de barrido que tiene un único elemento transductor oscilante en torno a un eje de rotación, por lo que la posición espacial del transductor a lo largo del recorrido arqueado convexo oscilante está determinada. El transductor es capaz de generar energía de ultrasonidos a una frecuencia de 20 megahercios.

En "High-resolution real-time ultrasonic scanner" (BERSON M ET AL, ULTRASOUND IN MED. & BIOL., vol. 18, nº 5, 1992, páginas 471-478), se da a conocer un dispositivo ultrasónico de barrido, que comprende un único transductor oscilante y un procesador para proporcionar una frecuencia de imagen de 15 fotogramas por segundo para permitir una formación de imágenes en tiempo real.

En la invención, que está definida en la reivindicación 1, el sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas comprende una cabeza de barrido que tiene un transductor capaz de generar energía de ultrasonidos con una frecuencia de al menos 20 megahercios (MHz), y un procesador para recibir energía de ultrasonidos y para generar una imagen por ultrasonidos con una frecuencia de imagen de al menos 15 fotogramas por segundo (fps).

Se puede comprender mejor el sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas con referencia a las siguientes Figuras. Los componentes en las figuras no están necesariamente a escala, haciéndose hincapié, en cambio, en ilustrar claramente los principios del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas. Además, en las figuras, los números de referencia similares designan piezas correspondientes en la totalidad de las distintas vistas.

La Figura 1A es un esquema de una realización de un sistema de cabeza de barrido.

La Figura 1B es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de la Figura 1A.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una cabeza de barrido del sistema de la Figura 1.

- La Figura 3A es una vista lateral de la cabeza de barrido de la Figura 2.
- La Figura 3B es una vista en planta de la cabeza de barrido de la Figura 2.
- La Figura 4 es una vista por la sección A-A de la cabeza de barrido de la Figura 3B.
- La Figura 5 es una vista esquemática en detalle que ilustra la cabeza de barrido de las Figuras 3A, 3B y 4.
- 5 La Figura 6 proporciona detalles adicionales de la cabeza de barrido de la Figura 4.
- La Figura 7 proporciona detalles adicionales de la cabeza de barrido de la Figura 3A.
- La Figura 8 demuestra movimientos alternativos del tubo 6 de pivote.
- La Figura 9 es un esquema de otra realización de una cabeza de barrido del sistema de la Figura 1A.
- La Figura 10 es un corte longitudinal de la cabeza de barrido de la Figura 9.
- 10 La Figura 11 es una vista en perspectiva de un conjunto de armadura en la cabeza de barrido de la Figura 9.
- La Figura 12 es una vista en perspectiva de una porción de la cabeza de barrido de la Figura 9.
- La Figura 13 es una vista despiezada de un conjunto de desconexión de la cabeza de barrido de la Figura 9.
- La Figura 14 es una vista montada del conjunto de desconexión rápida de la Figura 13.
- La Figura 15 es una vista en perspectiva de una junta de estanqueidad de la cabeza de barrido de la Figura 9.
- 15 La Figura 16 es una vista en perspectiva de la cabeza de barrido de la Figura 9 en una configuración de comprobación.
- La Figura 17A es una vista en perspectiva de una pieza de punta para la cabeza de barrido de la Figura 9.
- La Figura 17B es una vista en perspectiva de la pieza de punta de la Figura 17 mostrada con un recubrimiento opcional.
- 20 La Figura 18 es otra vista de la pieza de punta de la Figura 17 en una posición separada.
- La Figura 19A es una vista lateral de la Figura 17.
- La Figura 19B es una vista en detalle de la Figura 19A.
- La Figura 20 es un corte transversal de la Figura 17.
- La Figura 21 es un recorte de la Figura 17.
- 25 La Figura 22 es una vista lateral de la pieza de punta de la Figura 17.
- La Figura 23 es una vista lateral de la ventana acústica de la Figura 17.
- La Figura 24 es una captura de pantalla que muestra una imagen del medio de visualización.
- La Figura 25 es un diagrama de flujo que ilustra la operación de un aspecto del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas.
- 30 Con referencia a la Figura 1A, un sistema 100 de barrido ultrasónico tiene un circuito electrónico 102 para transmitir y recibir una serie de impulsos ultrasónicos 104 dirigidos a una sonda o cabeza 106 de barrido y procedentes de la misma. La cabeza 106 de barrido puede estar situada sobre un sujeto 108 para grabar datos 110 de imágenes de un plano 112 de barrido, representando un corte transversal de un objetivo 114 para ser representado visualmente en un medio 116 de visualización. El objetivo 114 puede ser, por ejemplo, el órgano de un animal pequeño, tal como un
- 35 ratón, una rata u otro sujeto al que se esté investigando. Los ejemplos de órganos de los que se pueden formar imágenes incluyen, sin limitación, un pulmón, un corazón, un cerebro, un riñón, un hígado y sangre que fluye por el interior del sujeto. Además, se puede utilizar el sistema de formación de imágenes por ultrasonidos para formar imágenes de una afección neoplásica. El circuito 102 tiene un subsistema 118 de transmisión para generar los impulsos 104 y un subsistema 120 de recepción para recibir los impulsos correspondientes 104 de eco, que son
- 40 dirigidos a un ordenador 122 para un procesamiento y una representación visual final como los datos 110 de barrido de imagen. La cabeza 106 de barrido está acoplada en 126 al circuito 102. La cabeza 106 de barrido tiene un conjunto 124 de transductores, con una membrana 125, que está acoplado a un codificador 128 de la posición junto con un motor 130 de par. El codificador 128 y el motor 130 monitorizan la posición del conjunto 124 de transductores en el interior de la cabeza 106 de barrido. Los datos correspondientes 132 de la posición son transmitidos con los

impulsos 104, representando datos 110 de la imagen, al ordenador 122. La cabeza 106 de barrido puede ser utilizada como una sonda encapsulada de tiempo real para grabar y representar visualmente datos 110 de imagen obtenidos en tiempo real a frecuencias elevadas, tal como, pero sin limitación, mayores de 20 MHz e incluyendo 25 MHz, 30 MHz, 35 MHz, 40 MHz, 45 MHz, 50 MHz, 55 MHz, 60 MHz y superiores. Además, también se contemplan 5 frecuencias operativas del transductor significativamente mayores que las mencionadas anteriormente.

Con referencia de nuevo a la Figura 1A, el sistema 100 también incluye un procesador 134 del sistema. El procesador 134 está acoplado al medio de visualización o monitor 116 y a una interfaz ser humano-máquina 136, tal como un teclado, ratón, u otro dispositivo adecuado. Si el monitor 116 es táctil, entonces se puede emplear el monitor 116 como el elemento de entrada para la interfaz ser humano-máquina 136. Hay acoplado un medio 138 de 10 almacenamiento legible por un ordenador al procesador 134 para proporcionar órdenes al procesador 135 para instruir y/o configurar la operación del monitor 116 para grabar y representar visualmente los datos 110, 132 en el monitor 116. El medio 138 legible por un ordenador puede incluir *hardware* y/o *software* tal como, únicamente a modo de ejemplo, discos magnéticos, cinta magnética, medios legibles ópticamente tales como CDROM, y memoria de semiconductores, tal como tarjetas PCMCIA. En cada caso, el medio 138 puede adoptar la forma de un elemento portátil tal como un pequeño disco, un disquete, un casete, o puede adoptar la forma de un elemento relativamente 15 grande o inmóvil, tal como una unidad de disco duro, una tarjeta de memoria de estado sólido, o RAM acoplados al procesador 134. Se debería hacer notar que los medios ejemplares 138 enumerados anteriormente pueden ser utilizados bien por sí solos o de forma combinada.

La Figura 1B es un diagrama de bloques que ilustra el sistema 100 de formación de imágenes por ultrasonidos de la 20 Figura 1A. El sistema 100 opera en un sujeto 114. Se puede colocar la sonda de ultrasonidos en proximidad al sujeto 114 para obtener información de imágenes.

El sistema 131 de ultrasonidos incluye un subsistema 127 de control, un convertidor 129 de barrido, el subsistema 118 de transmisión, el subsistema 120 de recepción y el dispositivo 136 de entrada del usuario. El procesador 134 está acoplado al subsistema 127 de control y el medio 116 de visualización está acoplado al procesador 134. Hay 25 acoplada una memoria 121 al procesador 134. La memoria 121 puede ser cualquier tipo de memoria de ordenador, y es denominada normalmente memoria de acceso aleatorio "RAM", en la que se ejecuta el *software* 123 del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas.

El sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas puede ser implementado utilizando una combinación de *hardware* y de *software*. La implementación de *hardware* del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas puede 30 incluir cualquiera de las siguientes tecnologías, o una combinación de las mismas, que son bien conocidas en la técnica: componentes electrónicos diferenciados, uno o más circuitos lógicos diferenciados que tienen puertas lógicas para implementar funciones lógicas en señales de datos, un circuito integrado para aplicaciones específicas que tiene puertas lógicas apropiadas, una o más matrices de puertas programables (PGA), una matriz de puertas de 35 que tiene puertas lógicas apropiadas, una o más matrices de puertas programables (PGA), una matriz de puertas de

El *software* del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas comprende una lista ordenada de instrucciones ejecutables para implementar funciones lógicas, y puede estar implementado en cualquier medio legible por un ordenador para ser utilizado por un sistema, un aparato o un dispositivo de ejecución de instrucciones, o en conexión con el mismo, tal como un sistema basado en ordenadores, 40 un sistema que contiene procesadores, u otro sistema que pueda recuperar las instrucciones del sistema, el aparato o el dispositivo de ejecución de instrucciones y ejecutar las instrucciones.

En el contexto del presente documento, un "medio legible por un ordenador" puede ser cualquier medio que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar, o transportar el programa para ser utilizado por el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones, o en conexión con el mismo. El medio legible por ordenador puede ser, por 45 ejemplo pero sin limitación, un sistema, un aparato, un dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o medio de propagación. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) del medio legible por un ordenador incluirían los siguientes: una conexión eléctrica (electrónica) que tenga uno o más hilos, un disquete portátil de ordenador (magnético), una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM o memoria *flash*) (magnético) una fibra óptica (óptica), 50 y un disco compacto portátil de memoria de solo lectura (CDROM) (óptico). Se debe hacer notar que el medio legible por un ordenador podría ser incluso papel u otro medio adecuado en el que esté impreso el programa, dado que se puede capturar electrónicamente el programa, por ejemplo por medio de un escaneo óptico del papel u otro medio, luego puede ser compilado, interpretado o procesado de otra manera de forma adecuada si fuese necesario, y luego almacenado en una memoria de ordenador.

La memoria 121 también incluye los datos de imagen obtenidos por medio del sistema 100 de ultrasonidos. Hay acoplado un medio 138 de almacenamiento legible por un ordenador al procesador para proporcionar órdenes al procesador para instruir y/o configurar el procesador para llevar a cabo los pasos o algoritmos relacionados con la operación del sistema 131 de ultrasonidos, como se explica con más detalle a continuación. El medio legible por un 55 ordenador puede incluir *hardware* y/o *software* tales como, únicamente a modo de ejemplo, discos magnéticos, cinta

5 magnética, medios legibles ópticamente tales como CDROM, y memoria de semiconductores, tal como tarjetas PCMCIA. En cada caso, el medio puede adoptar la forma de un elemento portátil tal como un disco pequeño, un disquete, un casete, o puede adoptar la forma de un elemento relativamente grande o inmóvil, tal como una unidad de disco duro, una tarjeta de memoria de estado sólido, o RAM proporcionados en el sistema de soporte. Se debería hacer notar que los medios ejemplares enumerados anteriormente pueden ser utilizados bien por sí solos o bien en combinación.

10 El sistema 131 de ultrasonidos incluye un subsistema 127 de control para dirigir la operación de diversos componentes del sistema 131 de ultrasonidos. Se pueden proporcionar el subsistema 127 de control y los componentes relacionados como *software* para instruir a un procesador de uso general o como electrónica especializada en una implementación de *hardware*. El sistema 131 de ultrasonidos incluye un convertidor 129 de barrido para convertir las señales eléctricas generadas por los ecos ultrasónicos recibidos en datos que pueden ser manipulados por el procesador 134 y que pueden ser representados en una imagen en el medio 116 de visualización. El subsistema 127 de control está conectado a un subsistema 118 de transmisión para proporcionar una señal ultrasónica de transmisión a la sonda 106 de ultrasonidos. A su vez, la sonda 106 de ultrasonidos proporciona una señal ultrasónica de recepción a un subsistema 120 de recepción. El subsistema 120 de recepción también proporciona señales representativas de las señales recibidas al convertidor 129 de barrido. El subsistema 120 de recepción también está conectado al subsistema 127 de control. El convertidor 32 de barrido está dirigido por el subsistema 127 de control para operar sobre los datos recibidos para formar una imagen para ser representada visualmente utilizando los datos 110 de imagen.

20 El sistema 131 de ultrasonidos transmite y recibe datos de ultrasonidos a través de la sonda 106 de ultrasonidos, proporciona una interfaz a un usuario para controlar los parámetros operativos del sistema 100 de formación de imágenes, y procesa datos apropiados para formular imágenes fijas y en movimiento que representan la anatomía y/o la fisiología. Las imágenes son presentadas al usuario a través del medio 116 de visualización de la interfaz.

25 La interfaz ser humano-máquina 136 del sistema 131 de ultrasonidos toma una indicación del usuario, y traduce tal indicación para controlar la operación de la sonda 106 de ultrasonidos. La interfaz ser humano-máquina 136 también presenta imágenes y datos procesados al usuario a través del medio 116 de visualización.

30 Con referencia a la Figura 2, un bastidor 140 de la cabeza 106 de barrido consiste en dos placas laterales 1a y 1b, que están fijadas en un codificador 128 de la posición en un extremo proximal y en un bastidor 3 de pivote en un extremo distal. El codificador 128 de la posición puede ser, por ejemplo, un codificador óptico tal como un Renishaw RGB25. Puede haber fijada de forma que se pueda soltar una pieza 20 de punta en el extremo distal de la cabeza 106 de barrido. Las placas laterales 1a y 1b proporcionan un alojamiento para permitir tanto un escaneo a mano alzada como un escaneo con un dispositivo con la cabeza 106 de barrido. Además, el alojamiento proporciona un punto de entrada/salida protegido contra tirones en los cables 142 que van y vienen de la cabeza 106 de barrido. El alojamiento puede incluir un componente de blindaje contra RF.

35 Con referencia a las Figuras 3A, 3B, 4 y 5, hay colocado un par de cojinetes 4 de bolas en el bastidor 3 de pivote para ubicar un conjunto 5 de rotor, que permite que el conjunto 124 de transductores pivote libremente con un movimiento de vaivén con un ángulo de aproximadamente 20 grados. El conjunto 5 de rotor comprende un tubo 6 de pivote al que está conectado un yugo 7. Los tornillos a través de los cojinetes 4 de pivote los fija al yugo 7. Un transductor 8 del conjunto 124 está conectado al extremo distal del tubo 6 de pivote, y su cable coaxial 8a de señal se extiende a través del tubo 6 de pivote y hacia fuera a través de una ranura 6a, y está fijado a una placa 23 de circuito impreso del circuito 102 (véase la Figura 1A). En el extremo proximal del conjunto 5 de rotor, una paleta 9 ligera, aunque rígida, soporta una bobina giratoria 10a y 10b, una guía 12 de código del codificador y un imán sensor Hall 13. Un cable coaxial flexible 14 sale del conjunto 5 de rotor desde el lado opuesto al cable coaxial 8a del transductor. Ambos están dispuestos para flexionarse libremente sin unirse a otras estructuras, ni tocarlas, según oscila con un movimiento de vaivén el conjunto 124 de transductores en el interior de la cabeza 106 de barrido. Se proporciona sobre el conjunto un alojamiento 31 y 31a de plástico. Se fija una tuerca 32 de montaje entre las dos mitades 31, 31a del alojamiento al montarlo. La tuerca 32 de montaje tiene un agujero roscado mediante el cual se puede fijar la cabeza 106 de barrido a un brazo de soporte (no mostrado), si se desea.

50 Con referencia de nuevo a las Figuras 3A, 3B y 4, la pieza 20 de punta está llena de un fluido 15 de acoplamiento acústico. El extremo distal de la cabeza 106 de barrido está sellado por medio de la ventana acústica 125, que comprende una película plástica acústicamente transparente y que será descrita con más detalle a continuación. Una junta tórica 17 crea una junta de estanqueidad entre la pieza 20 de punta y la punta 18 del bastidor 3 de pivote. Hay ubicado un diafragma 19 de estanqueidad de caucho entre la punta 18 y el bastidor 3 de pivote, creando una junta estanca a los fluidos. Se crea otra junta estanca a los fluidos entre el diafragma de estanqueidad y el tubo 6 de pivote debido a que un agujero para el tubo 6 de pivote en el diafragma 19 de estanqueidad es menor que el tubo de pivote, creando una junta estanca cuando se coloca el diafragma 19 de estanqueidad sobre el tubo 6 de pivote durante el montaje. Durante la operación, el diafragma 19 de estanqueidad se flexiona para permitir que el tubo 6 de pivote oscile con un movimiento de vaivén mientras que mantiene la estanqueidad a los fluidos entre los mimos. Para reducir el grado de flexión del diafragma 19 de estanqueidad, hace contacto con el tubo 6 de pivote aproximadamente en su punto de pivote. El yugo 7 está colocado a ambos lados de este punto para salvar el

- 5 diafragma 19 de estanqueidad. Hay ubicada una placa 34 de bloqueo, que comprende, por ejemplo, un mecanismo de bloqueo de tipo bayoneta en la parte trasera de la pieza 20 de punta. Cuando se coloca la pieza 20 de punta sobre la punta 18, las cabezas de los dos tornillos 34a pasan a través de agujeros en la placa 34 de bloqueo. Un giro de aproximadamente 10 grados en una dirección provoca que el cuerpo de los tornillos 34a se desplace en ranuras curvadas cortas en la placa 34 de bloqueo, atrapando las cabezas de los tornillos 34a como se muestra y bloqueando la pieza 20 de punta en el bastidor 3 de pivote de la cabeza de barrido. Se debe hacer notar que la pieza 20 de punta puede ser desmontada simplemente al invertir esta acción. Se puede utilizar un orificio 35 de llenado para llenar inicialmente una cavidad hueca 15 en la pieza 20 de punta con fluido acústico, y para acceder periódicamente a la cavidad 15 para eliminar cualquier burbuja que pueda aparecer.
- 10 Con referencia de nuevo a las Figuras 3A, 3B y 4, el conjunto 124 de transductores está fijado al extremo distal del tubo 6 de pivote, creando una junta estanca a los fluidos. Cuando se encuentra en movimiento, la cara distal del transductor 8 permanece a una distancia fija (tal como, pero sin limitación, entre 0,5 mm y 1 mm) desde la ventana acústica 125. El cable eléctrico coaxial 8a, que transporta señales al transductor, y desde el mismo, baja por el centro del tubo 6 de pivote y sale a través de la ranura 6a cerca del eje de pivote, minimizando de esta manera el movimiento del cable coaxial 8a. Una longitud con holgura del cable coaxial 8a absorbe un movimiento relativo durante la operación, situada entre la ranura 6a y su punto de terminación en el extremo proximal, es decir, la placa de cableado impreso (PWB) pequeño 23. Con este fin, el cable coaxial 8a y el cable coaxial 14 están apretados para tener una larga vida de flexión. Por ejemplo, los cables 8a y 14 pueden estar contruidos utilizando un diámetro pequeño (aproximadamente 1 mm), y conductores finos, aumentando de ese modo la flexibilidad. La PWB 23 contiene un preamplificador para señales procedentes del transductor 8, y actúa como un punto de terminación para los hilos de señales, alimentación y de tierra de los dos sensores Hall 13. La PWB 23 también recibe cables 21 que entran en la cabeza 106 de barrido a través de una tapa 33 para cables y un cable 25a del codificador.
- 15
- 20 Con referencia a las Figuras 3A, 3B, y 4 los devanados 10a y 10b del rotor, también mostrados combinados en la Figura 6 como el número 10, una guía 12 de código del codificador y los imanes 13 de accionamiento de sensores Hall están todos unidos al extremo proximal del tubo 6 de pivote. Se puede fabricar una estructura intermedia 27 de soporte de espuma rígida de polietileno intercalada entre, por ejemplo, una placa delgada (0,1 mm) de vidrio de epoxi, formando un núcleo ligero pero rígido para soportar los devanados 24 del rotor y la guía 12 de código del codificador, en particular.
- 25
- 30 Con referencia a las Figuras 3B y 4, las placas reflectantes 2 y 2a de hierro están fijadas a la cara interna de las placas laterales 1a y 1b. Los imanes 28 y 28a de campo están unidos a las placas reflectantes 2 y 2a de hierro, respectivamente. Los imanes 28 y 28a de campo están imantados a través de su dirección delgada, normal con respecto a lados enfrentados. Cada imán 28, 28a tiene cuatro polos; la mitad de cada cara es un polo norte y la otra mitad es un polo sur. El conjunto 5 de rotor tiene un movimiento de vaivén en el entrehierro entre los dos imanes 28, 28a. El polo sur del imán 28 está orientado hacia el polo norte al otro lado del entrehierro del imán 28a. El polo norte del imán 28 está orientado hacia el polo sur del imán 28a. Hay dos entrehierros entre los imanes opuestos 28, 28a, polarizados en direcciones opuestas. Una porción 10a de la bobina giratoria 10 está restringida para oscilar dentro de los confines de un entrehierro, y otra porción 10b oscila en el otro entrehierro.
- 35
- Con referencia a la Figura 5, se muestra una vista despiezada de la cabeza 106 de barrido incluye el conjunto 5 de rotor.
- 40
- 45 Con referencia a la Figura 6, el motor 130 de par hace que gire el brazo 6 de tubo o de soporte sobre el pivote con un movimiento de vaivén con un ángulo limitado, es decir aproximadamente 10-14 grados. El conjunto 124 de transductores está conectado a un extremo del brazo 6 de soporte, y la guía 12 de código del codificador de la posición está conectada al otro extremo. El transductor 8 del conjunto 124 está dirigido de forma que se pueda dirigir un haz ultrasónico enfocado a lo largo del eje longitudinal del tubo 6 de pivote, alejándose del punto de pivote. La carcasa y la pieza 20 de punta montan el motor 130 de par, el codificador 128 de la posición y el transductor 8, de forma que el transductor 8 está ubicado en la sección 20 de la pieza de punta. La sección 20 de la pieza de punta puede estar llena de agua (u otro medio adecuado para conducir ultrasonidos); el motor 130 de par y el codificador 128 de la posición se mantienen secos debidos a la junta 19 de estanqueidad. El tubo 6 de pivote pasa a través de la junta flexible 19 de estanqueidad, permitiendo que el tubo 6 de pivote tenga un movimiento de vaivén. La ventana acústica 125 puede estar ubicada en el extremo de la pieza 20 de punto.
- 50
- 55 El codificador 128 de la posición utilizado en la cabeza 106 de barrido es, por ejemplo, un codificador óptico con una capacidad de resolución de 1 micrómetro (μm). El codificador 128 de la posición trabaja en conjunto con una banda de cinta reticulada denominada en el presente documento guía 12 de código del codificador. El codificador 128 de la posición hace uso de un sensor óptico para contar el paso de retículos en la guía 12 de código del codificador según pasan por un sensor asociado con el codificador 128 de la posición. El sensor puede detectar tanto la dirección de desplazamiento del extremo proximal 150 del tubo 6 de pivote, como hacer un seguimiento de la posición de desplazamiento del extremo distal 152 del tubo 6 de pivote de menos de 1 micrómetro.
- Con referencia de nuevo a la Figura 6, la guía 12 de código del codificador puede estar conectada a la parte trasera del tubo 6 de pivote de la cabeza 106 de barrido a una distancia radial conocida desde el punto 154 de pivote del

5 tubo 6 de pivote. La guía 12 de código del codificador está fijada a una superficie precisa que tiene un radio, de forma que la guía 12 de código del codificador es tangencial por todas paralela a una cuerda trazada por el tubo 6 de pivote. Según pivota el tubo 6 de pivote, la guía 12 de código del codificador pasa con un movimiento de vaivén por debajo del sensor óptico en el codificador 128 de la posición. El resultado es la digitalización de la posición del extremo distal 152 del tubo 6 de pivote en el radio en el que está fijada la guía 12 de código del codificador. Se puede utilizar la información de la posición para determinar la ubicación del transductor 8 ubicado a la misma distancia radial desde el punto de pivote en el otro extremo del tubo 6 de pivote. Si se desea también se pueden utilizar las distancias distintas del extremo proximal 150 y del extremo distal 152 medidas desde el punto 154 de pivote. El acoplamiento óptico entre el codificador 128 de la posición y el extremo proximal 150 del tubo 6 de pivote reduce la transmisión de ruido electrónico generado por el codificador 128 de la posición y el circuito 102 desde el transductor 8.

15 El transductor 8 puede ser un transductor ultrasónico piezoeléctrico enfocado de un único elemento de alta frecuencia, con una frecuencia superior a 30 MHz y puede ser de aproximadamente 40 MHz. El transductor 8 recibe el impulso eléctrico 104 de RF como entrada y produce un impulso acústico ultrasónico 104 como salida durante la fase de transmisión de operación del circuito 102 (véanse las Figuras 1A y 1B). Se lleva a cabo el procedimiento inverso durante la fase de recepción, de forma que la entrada al transductor 8 es un impulso acústico ultrasónico 104 que es convertido por el transductor 8 en una señal eléctrica de radiofrecuencia, representada por los datos 110. El transductor 8 utilizado en la cabeza 106 de barrido puede ser un transductor 8 de banda ancha fabricado de tal forma que se garantice una buena coincidencia acústica con el medio acústico en la cavidad 15.

20 El tubo 6 de pivote puede ser un tubo ultraligero de acero inoxidable fijado por el conjunto 4 de cojinetes, de tal forma que pivota en torno a su punto medio 154. El transductor 8 está conectado a un extremo del tubo 6 de pivote, mientras que la guía 12 de código del codificador está conectada al otro extremo del tubo 6 de pivote. El tubo 6 de pivote aloja las bobinas del motor 130 de par entre el conjunto 4 de cojinetes y la guía 12 de código del codificador, formando de esta manera una parte integral del motor 130 de par. Fabricado de una estructura tubular, el tubo 6 de pivote también actúa como un conducto para el cable coaxial 8a del transductor.

25 Con referencia a la Figura 7, el cojinete 4 del eje de pivote comprende un par de cojinetes de bolas y una abrazadera 146 fuera del eje o desplazado, que sujeta el tubo 6 de pivote. La abrazadera desplazada 146 permite el punto de pivote del tubo 6 de pivote siga siendo accesible para el encaminamiento de los cables 8a y una fijación mecánica al tubo 6 de pivote, y desde el mismo. El cojinete 4 puede estar fabricado con cojinetes precisos y componentes mecanizados con precisión para garantizar una rotación uniaxial muy repetible en torno al punto 154 de pivote. La abrazadera desplazada 146 está conectado al tubo 6 de pivote en un extremo y está fijado al punto 154 de pivote en el otro extremo por medio de pasadores 148.

30 La junta flexible 19 de estanqueidad puede estar fijada al punto medio del tubo 6 de pivote, y la parte trasera del conjunto de desconexión rápida de tipo bayoneta de la pieza 20 de punta comprende la placa 34 de bloqueo y los dos tornillos 34a. La junta 19 de estanqueidad puede estar fabricada de una membrana de elastómero que está fijada, de manera que forma una junta estanca a los fluidos entre el tubo 6 de pivote y la pieza 20 de punta. La junta 19 de estanqueidad separa la pieza 20 de punta llena de fluido del resto del alojamiento que permanece seco.

35 Hay colocados dos sensores Hall 13 en el alojamiento de la cabeza 106 de barrido, de forma que detectan el desplazamiento del tubo 6 de pivote por sus sensores respectivos 13. Los sensores 13 están colocados, de forma que produzcan una señal en el desplazamiento máximo seguro del motor 130 de par. Los interruptores 13 de fin de carrera también están colocados de forma simétrica en torno al punto 154 de pivote, de forma que pueden ser utilizados para autoguiar al sistema hasta una posición de autoguiado, de deflexión nula o normal.

40 La cavidad hueca 15 en la pieza 20 de punta puede estar llena de fluido. La pieza 20 de punta proporciona una estructura de montaje a la que puede estar fijada la ventana acústica 125. La pieza 20 de punta tiene un tornillo de drenaje/llenado como un orificio 35 de llenado a través del cual se puede añadir o retirar fluido de la cavidad 15. La pieza 20 de punta puede contener parte del conjunto de desconexión rápida de estilo bayoneta, lo que le permite ser desmontada y cambiada rápidamente sin la necesidad de herramientas, mientras que se garantiza una junta estanca a los fluidos.

45 La ventana acústica 125 comprende una membrana delgada de un material bien equilibrado acústicamente con el fluido en la cavidad 15. La ventana acústica 125 puede ser mantenida en una posición, de forma que permanezca cerrada a la cara del transductor 8, y normal con respecto a la misma, por toda la amplitud del desplazamiento del transductor (aproximadamente entre 0,5 mm y 1 mm, por ejemplo). Los materiales a partir de los que formar la ventana acústica fueron seleccionados o rechazados inicialmente con base en propiedades acústicas volumétricas conocidas. Se puede escoger la membrana para exhibir una impedancia acústica en el intervalo de 1,3 a 1,7 megarayles (MRayles), tal como 1,5 megarayles. Las limitaciones mecánicas, tal como la forma en la que está fijada la membrana afectan a la impedancia acústica y la idoneidad resultante para ser utilizada como la ventana acústica 125. Los materiales a partir de los que se puede fabricar la ventana acústica incluyen películas de poliéster que tienen un grosor que varía desde aproximadamente 0,9 μm hasta 4,5 μm , politetrafluoroetileno (PTFE) con grosores de 5 μm , 10 μm , 15 μm , y 25 μm , polietileno de baja densidad (LDPE) con grosores de 15 μm , 25 μm , y 50 μm ,

5 policarbonato con un grosor de 2 μm , polipropileno con un grosor de 4 μm , elastómero de látex con un grosor de 60 μm , y elastómero de silicona con un grosor de 25 μm fueron comprobados en una variedad de configuraciones que incluyen variar el ángulo de incidencia del haz ultrasónico con la membrana que forma la ventana acústica 125 desde 90 grados hasta 110 grados. Se utilizaron estos materiales y grosores con frecuencias del transductor de 30-40 MHz. Se podrían utilizar membranas más delgadas según aumenta la frecuencia. Además, se puede variar el fluido encapsulado de acoplamiento para mejorar el equilibrio acústico con la membrana de la ventana acústica 125. Por ejemplo, se puede utilizar etilenglicol, trietilenglicol, agua, aceite de parafina ligero y diversas disoluciones acuosas de glicoles. Se puede utilizar agua como un fluido de acoplamiento y una membrana de LDPE con un grosor de 25 μm como la membrana para la ventana acústica 125. Además, se proporciona una ventana acústica 125 formada de PTFE con un grosor de 5 μm o de 15 μm . Además, también se puede proporcionar un elastómero delgado de silicona para la membrana que forma la ventana acústica 125. La ventana acústica 125 mantiene una junta estanca a los fluidos entre la pieza 20 de punta y el entorno externo de la cabeza 106 de barrido. En consecuencia, la ventana acústica 125 utilizada con un transductor ultrasónico 8 de alta frecuencia es delgada, y puede estar compuesta de un material que tiene una impedancia acústica muy cercana a la del fluido en la cavidad 15.

El circuito electrónico 102 proporciona a la cabeza 106 de barrido tanto un preamplificador de RF de bajo ruido como un circuito patentado de protección de alta fidelidad. El circuito electrónico 102 protege a los instrumentos sensibles de recepción en el subsistema 120 de recepción del impulso 104 de alta energía utilizado para accionar el transductor 8. El preamplificador de bajo ruido amplifica la señal del transductor 8 con una distorsión mínima.

20 Con referencia de nuevo a las Figuras 3A, 3B y 4 durante la operación de la cabeza 106 de barrido, cuando se aplica una señal de tensión de corriente continua (CC) a través de la bobina giratoria 10 a través del cable coaxial 14, las fuerzas de Lorentz generadas por las corrientes en la porción 10a de la bobina giratoria y en la porción 10b de la bobina giratoria actúa en el mismo sentido, provocando que el conjunto 5 de rotor gire bien en el sentido de las agujas del reloj o bien en el sentido contrario al de las agujas del reloj en torno a los cojinetes 4 de pivote, dependiendo de la polaridad de la tensión aplicada. Cuando se pone en marcha la cabeza 106 de barrido, se aplica una señal de tensión CC a la bobina giratoria 10 para impulsar el conjunto 5 de rotor hacia un extremo de su intervalo de movimiento. Antes de que el conjunto 5 de rotor alcanza el extremo de desplazamiento, el sensor Hall 13 acciona uno de los imanes sensores Hall 26 y 26a, uno en cada extremo de desplazamiento fijado a las placas laterales 1a y 1b. El subsistema 127 de control responde al invertir la polaridad de la tensión suministrada por el rotor, accionando el conjunto 5 de rotor en la dirección opuesta hasta que se acciona el otro sensor Hall 13. Todo este tiempo, el codificador 128 de la posición lee la guía 12 de código del codificador y determina la posición del transductor 8 con respecto a los dos eventos de fin de desplazamiento indicada por los sensores Hall 13. El sistema de control puede impulsar ahora al transductor 8 con un movimiento de vaivén sobre cualquier recorrido y perfil de velocidad que estén programados en el controlador, utilizando las señales procedentes del codificador 128 de la posición para una información de retorno de la posición.

Por ejemplo, los modos M y Doppler son otros dos modos distintos de operación para los que es adecuada la cabeza 106 de barrido. Para cualquiera de estos modos, el conjunto 5 de rotor está accionado eléctricamente hasta una posición fija, normalmente bajo el control del operario utilizando una palanca de mando asociada con la interfaz ser humano-máquina 136 para introducir instrucciones. El operario (no mostrado) puede visualizar una imagen congelada en el tiempo en el medio 116 de visualización, o una serie de imágenes, que son actualizadas periódicamente, y manipula la dirección en la que está apuntando el transductor 8. Se puede representar visualmente una representación electrónica 144 (Figura 1A) de la dirección en la que está apuntando el transductor 8 sobre la imagen por ultrasonidos en el medio 116 de visualización, y puede ser utilizada para una respuesta visual. Para la formación de imágenes de diagnóstico del tejido, el trayecto de propagación de los ultrasonidos debería ser completamente bajo agua u otro fluido que tiene una impedancia acústica muy cercana a la del tejido. Un espacio de aire, o un material ubicado en el recorrido que crea un desequilibrio de impedancia acústica puede provocar reflejos no deseados, que aparecen como aberraciones en la imagen en el medio 116 de visualización. Normalmente, se puede utilizar un gel de acoplamiento, que tiene propiedades acústicas muy similares al agua, entre la cabeza 106 de barrido y el tejido del que se están formando imágenes.

50 Además, el motor 130 de par, en conjunto con el codificador 29 de la posición y la guía 12 de código del codificador, funciona en un bucle cerrado. Actúan como un servomotor y están controlados por medio de un sistema de control del motor asociado con el procesador 134, de forma que el tubo 6 de pivote, que puede estar fijado en su lugar por medio de los cojinetes 4 de pivote, gira con un movimiento de vaivén en torno al eje 154 de pivote de forma controlada. El transductor 8 puede estar fijado al extremo del tubo 6 de pivote opuesto a la guía 12 de código del codificador. El tubo 6 de pivote mueve el transductor 8, que es barrido con un movimiento de vaivén en el interior de la pieza 20 de punta llena de fluido. La ubicación del transductor 8 es conocida en todo momento con un precisión de menos de 1 micrómetro. El transductor 8 transmite y recibe información de ultrasonidos que es recibida y amplificada por medio del circuito 102, y luego es enviada al procesador 134. Debido a la naturaleza precisa y ligera del diseño, se puede llevar a cabo este procedimiento a 15 Hz, lo que permite la producción de las imágenes en tiempo real para representar visualmente los datos 110 de imagen en el medio 116 de visualización. Operar el transductor 8 a una frecuencia de 15 Hz equivale a una frecuencia de imagen de 30 fotogramas por segundo, dado que dos barridos del transductor 8 en todo su intervalo de movimiento equivale a un Hz. Además, se puede

- 5 aumentar la frecuencia oscilante del transductor 8 para aumentar la frecuencia de imagen. Además, dependiendo de la frecuencia de la energía de ultrasonidos transmitida por el transductor, el sistema 131 de ultrasonidos proporciona imágenes que tienen una resolución espacial inferior a 30 micrómetros. Por ejemplo, a una frecuencia de aproximadamente 25 MHz, la resolución espacial es de aproximadamente 75-100 micrómetros. Según aumenta la frecuencia del transductor, mejora la resolución espacial. A frecuencias elevadas del transductor en el intervalo desde 40 MHz hasta 60 MHz, la resolución espacial puede superar 30 micrómetros. La frecuencia elevada de operación del transductor y la colocación mecánica precisa del transductor con una precisión de aproximadamente 1 µm permiten que el sistema 131 de ultrasonidos proporcione imágenes por ultrasonidos en tiempo real que tienen una resolución espacial superior a 30 µm.
- 10 Además, la cabeza 106 de barrido puede estar diseñada para ser utilizada bien a mano o bien en un dispositivo. La cabeza 106 de barrido también puede ser utilizada como un escáner de estilo de inmersión en un baño de agua o puede estar aplicado con gel al tejido que va a ser escaneado. En estas situaciones, se puede retirar la membrana de la ventana acústica 125.
- 15 En resumen, la cabeza 106 de barrido es un dispositivo de mano accionado eléctricamente de formación de imágenes que hace oscilar el transductor ultrasónico 8 en un arco con forma de abanico mientras que se mantiene un buen acoplamiento acústico entre el transductor 8 y el sujeto 108 del que se están formando imágenes. El codificador 128 de la posición suministra información de la posición en tiempo real al procesador 134 del sistema de control. Según se mueve el transductor 8, las señales del codificador 128 de la posición desencadenan impulsos 104 de transmisión y comunican al procesador 134 del sistema la posición en la que se debería representar visualmente la corriente resultante 110 de datos recogidos entre esos impulsos 104 en la imagen electrónica que comprende la salida visual en el medio 116 de visualización. La cabeza 106 de barrido puede dar al transductor 8 continuamente un movimiento de vaivén un entorno fluido en una distancia de aproximadamente 10 mm de forma controlada a una frecuencia de hasta 15 Hz y superior, que se corresponde con una frecuencia de imagen de 30 fotogramas por segundo. El codificador 128 de la posición en la cabeza 106 de barrido graba la posición del transductor 8 en tiempo real con una precisión de 1 µm, y puede colocar el transductor 8 en una ubicación arbitraria dentro de la región de barrido con una precisión de 1 µm. La cabeza 106 de barrido incluye la ventana acústica 125 a través de la cual se puede dirigir la energía de ultrasonidos hacia el sujeto 108 del que se están formando imágenes. La ventana acústica 125 permite la transmisión de ultrasonidos de alta frecuencia con una atenuación y/o un reflejo mínimos. La cabeza 106 de barrido puede ser lo suficientemente compacta como para ser sujeta a mano fácilmente, y puede conseguir una precisión de colocación de 1 µm con un sistema mecánico de colocación, de barrido y de giro de 15 Hz. La ventana acústica 125 puede ser compatible con la transmisión de energía de ultrasonidos de alta frecuencia, a frecuencias superiores a 60 MHz. La cabeza 106 de barrido puede tener una resolución de imagen menor de 30 µm con una región de la que se forman imágenes de aproximadamente 8 mm por 8 mm para el plano 112 de barrido (véase la Figura 1A).
- 35 La cabeza 106 de barrido utiliza una única pieza móvil, el tubo 6 de pivote, y un motor 130 de par de ángulo limitado del tipo de bobina móvil. El motor 130 de par produce una gran fuerza de par con poco gasto de corriente debido a que los imanes no móviles 28 y 28a de campo son relativamente grandes y están fabricados de un producto de alta energía, tal como, sin limitación, neodimio hierro boro, que mantiene un campo B muy alto a través de los devanados 24 del rotor. Otro beneficio de utilizar un motor de tipo bobina móvil es que se puede minimizar la masa del rotor, y la inercia de rotación, lo que ayuda a reducir el consumo de energía y la vibración. Las estructuras pequeñas en el interior del sujeto 108 del que se están formando imágenes a 40 MHz o más están asociadas a menudo con un movimiento rápido. Por lo tanto, tal diseño permite velocidades de operación de 30 Hz o mayores, correspondientes a 60 fotogramas por segundo.
- 40 La junta flexible 19 de estanqueidad (véase la Figura 4) aísla el fluido en la cavidad 15 de los elementos en el lado opuesto de la junta flexible 19 de estanqueidad. La junta flexible 19 de estanqueidad puede estar ubicada cerca del punto 154 de pivote del conjunto 5 de rotor utilizando la abrazadera desplazada 146 para permitir que los cojinetes 4 de pivote se coloquen a ambos lados del punto en el que se puede fijar la junta flexible 19 de estanqueidad al tubo 6 de pivote, lo que ayuda a minimizar los esfuerzos sobre la junta flexible 19 de estanqueidad. Se puede llevar a cabo la fijación de la junta flexible 19 de estanqueidad por medio de un encaje sencillo por rozamiento entre el agujero y la junta flexible 19 de estanqueidad y el tubo 6 de pivote. La junta flexible 19 de estanqueidad puede estar fabricada de un elastómero de poliuretano que posee una gran longevidad ante la fatiga.
- 45 La porción del tubo 6 de pivote sumergida en el fluido acústico, y el transductor 8, que puede estar sumergido completamente, pueden estar diseñados para tener una flotabilidad neutra. Cuando se encuentra en movimiento, una flotabilidad neutra ayuda a cancelar la vibración que podría, si no, ser una consecuencia del movimiento del transductor 8 y del tubo 6 de pivote. De hecho, en otra realización de la presente invención, se puede ajustar para que todo el mecanismo oscilante en cualquier lado del punto 154 de pivote tenga una flotabilidad neutra y opere completamente sumergido en el fluido acústico. Esto puede ayudar a eliminar casi toda la vibración que, si no, sería transmitida al operario y al sujeto 108.
- 50 La porción del tubo 6 de pivote sumergida en el fluido acústico, y el transductor 8, que puede estar sumergido completamente, pueden estar diseñados para tener una flotabilidad neutra. Cuando se encuentra en movimiento, una flotabilidad neutra ayuda a cancelar la vibración que podría, si no, ser una consecuencia del movimiento del transductor 8 y del tubo 6 de pivote. De hecho, en otra realización de la presente invención, se puede ajustar para que todo el mecanismo oscilante en cualquier lado del punto 154 de pivote tenga una flotabilidad neutra y opere completamente sumergido en el fluido acústico. Esto puede ayudar a eliminar casi toda la vibración que, si no, sería transmitida al operario y al sujeto 108.
- 55 Además, la pieza 20 de punta puede ser desmontada y sustituida fácilmente por el operario. La separación y la sustitución simplificados de la pieza 20 de punta facilita la sustitución de una ventana acústica dañada 125 o del
- 60

fluido acústico contaminado. Se puede proporcionar el orificio de llenado en el lado de la pieza 20 de punta para llenar inicialmente la cavidad 15 con el fluido acústico cuando la pieza 20 de punta está instalada y para desplazar cualquier burbuja con fluido adicional si se llegase a desarrollar con el uso. Se puede utilizar un simple cierre por torsión de tipo bayoneta para fijar la pieza 20 de punta al cuerpo de la cabeza 106 de barrido. Si la pieza 20 de punta fuese estéril, como puede serlo para algunos usos, puede ser desechable. Una parte integral de tal pieza sustituible 20 de punta puede ser un paño o vaina estéril, fabricado de plástico delgado, termosellado o fijado de otra manera a la base de la pieza 20 de punta, que podría ser una pieza de plástico moldeada por inyección. La cabeza 106 de barrido también puede ser operada, si se desea, con la ventana acústica 125 desmontada.

Con referencia a la Figura 8, que no es parte de la invención, la cabeza 106 de barrido puede estar diseñada para un movimiento oscilante del brazo 6 con una junta flexible apropiado 19 de estanqueidad, si se desea. La junta flexible 19 de estanqueidad podría tener un diseño de acordeón, si se desea.

En las Figuras 9 y 10 se muestra otra realización de la cabeza 106 de barrido. Esta realización de la cabeza de barrido, a la que se hace referencia utilizando el número 206 de referencia, tiene muchos componentes similares en función de componentes en la anterior realización, que se comprenderá por la anterior descripción. La cabeza 206 de barrido incluye un chasis 215 capaz de soportar todos los componentes de la cabeza 206 de barrido. Hay integrada una placa 224 de circuito impreso en la cabeza 206 de barrido. El chasis 215 soporta una base 225a de abrazadera de protección contra los tirones, una abrazadera 225b de protección contra los tirones y una protección 226a contra los tirones para sujetar firmemente un conjunto 226b de cables en un extremo proximal del chasis 215. El conjunto 226b de cable se conecta a convectoros eléctricos 229a, 229b en la placa 224 de circuito impreso. La placa 224 de circuito impreso incluye un elemento de control del motor, un circuito de monitorización de la posición y comunica señales de RF entre el transductor y los elementos de procesamiento en el sistema 131 de ultrasonidos (véase la Figura 1B).

El chasis 215 soporta un bastidor 208 de pivote que a su vez soporta un yugo 212 fijado a la armadura 240 (Figura 11) en un extremo distal del chasis 215. La armadura 240 está descrita con más detalle a continuación con referencia a la Figura 11.

Una placa 205a de bloqueo de estilo bayoneta se interconecta con un dispositivo en una punta 205 que está montado en el bastidor 208 de pivote. La placa 205a de bloqueo está fijada a una pieza desmontable 201a de punta. La pieza 201a de punta tiene una ventana acústica que incluye una membrana 201b montada en un extremo de la misma. La pieza 201a de punta rodea una cavidad 201c de fluido de acoplamiento. El conjunto que comprende la pieza 201a de punta y la placa 205a de bloqueo está montada en la cabeza 206 de barrido por medio del sistema de bloqueo de estilo bayoneta.

La cavidad 201c de fluido de acoplamiento rodea un transductor 202a, que está fijado al brazo 203 de soporte. El transductor 202a está conectado a un cable coaxial 202b del transductor, que está conectado en el extremo opuesto a la placa 224 de circuito impreso. La pieza 201a de punta incluye un orificio de llenado para llenar la cavidad 201c de fluido de acoplamiento con un fluido de acoplamiento. El orificio de llenado está sellado por un tornillo 204 del orificio de llenado. Una junta moldeada 207 de estanqueidad de caucho está montada en el brazo 203 de soporte y está dispuesto entre la cavidad 201c de fluido y un bastidor 208 de pivote.

Un conjunto de cojinetes que incluye un tornillo 209 de precarga en el cojinete, cojinetes 208a de bolas radiales de precisión, y un tornillo 210a de fijación fija el conjunto 240 de armadura, al bastidor 208 de pivote, con un arrastre radial bajo y prácticamente sin holgura radial ni axial. Se proporciona un yugo 212 colocado a ambos lados del brazo 203 de soporte y fijado al rotor 218 con pasadores adhesivos 214 del rotor.

Un conjunto parcial 250 de la cabeza 206 de barrido mostrado en la Figura 12 incluye un hierro reflectante trasero 216a, un par de postes reflectantes 227a y 227b de hierro, y un imán trasero 217a de campo. Una bobina 218b de imán enrollada en torno al rotor 218 para formar la armadura del motor de par. Hay fijada una guía 219 de código del codificador óptico a un extremo del rotor 218, de forma que en todos los puntos es tangencial al movimiento del motor de par. Hay fijada una cabeza óptica 220 de lectura del codificador a una corredera 223a de ajuste del codificador, como se muestra en la Figura 12. La corredera 223a de ajuste del codificador está fijada al chasis 215, de forma que puede deslizarse permitiendo el ajuste de la cabeza óptica 220 de lectura con respecto a la guía 219 de código del codificador, que está fijada a la armadura 240. El movimiento es preciso y controlado, y cuando la cabeza 220 de lectura del codificador se encuentra en la posición óptima, de forma que se obtiene una máxima intensidad de la señal en la cabeza 220 de lectura del codificador, se bloquea en su lugar la corredera 223a de ajuste de la cabeza de lectura con tornillos 223c de apriete de la cabeza de lectura. Debido a que el codificador óptico está enfocado, puede estar colocado a una distancia conocida desde la guía reflectante 219 de código del codificador. Esta distancia se corresponde con una señal máxima del codificador. Un resorte helicoidal 223d acoplado al tornillo 223b de ajuste de la cabeza de lectura ayuda a evitar una reacción. La cabeza óptica 220 de lectura combinada con la guía 219 de código del codificador permite que la posición de la armadura 240 sea registrada con una precisión de 1 µm. Se proporciona un par de interruptores ópticos 221a de fin de carrera en la placa 224 de circuito impreso para determinar la posición absoluta de la armadura 240 con respecto al chasis 215, y

para proteger contra un desplazamiento excesivo de la armadura 240. Una superficie reflectante 221b fijada al rotor 218 refleja señales del interruptor óptico 221a de fin de carrera.

Como se muestra en las Figuras 9 y 10, el chasis 215 incluye una clavija 222a de soporte fijo de desconexión rápida. Este mecanismo es parte de un conjunto de desconexión rápida, que se describe con mayor detalle a continuación con referencia a las Figuras 13 y 14.

Una carcasa que comprende una parte superior 233 de la carcasa, una parte inferior 234 de la carcasa y una junta 228 de la carcasa proporciona una junta estanca a los fluidos en torno a los componentes internos de la cabeza 206 de barrido. La parte superior 233 de la carcasa y la parte inferior 234 de la carcasa, al igual que la junta 228 de la carcasa, están revestidas con un revestimiento eléctricamente conductor 251 para mejorar el blindaje contra RF.

Con referencia a la Figura 11, se muestran la armadura 240, el brazo 203 de soporte, el transductor 202a, y la junta moldeada 207 de estanqueidad. La armadura 240 puede estar fabricada de componentes mecanizados con precisión, lo que facilita su fabricación, reduce los costes, y mejora el rendimiento en comparación con la construcción compuesta utilizada en la realización a la que se ha hecho referencia anteriormente. El brazo 203 de soporte es desmontable y puede estar montado por medio de estribo 213 del brazo de soporte y dos tornillos 231a y 231b de tope, que se ubican en agujeros de precisión en el yugo 212 y el rotor 218. Por lo tanto, se reconocerá que se puede sustituir un transductor dañado 202a y/o la junta moldeada 207 de estanqueidad sin sustituir toda la armadura 240.

La guía 219 de código del codificador está fabricada de un sustrato de acero para resortes. La guía 219 de código del codificador puede instalarse utilizando una técnica que evita la flexión preliminar de la guía 219 de código del codificador. La flexión preliminar puede dañar la guía 219 de código del codificador. Dos dispositivos 230a de retención de la guía de código del codificador sujetan la guía 219 de código del codificador en cada extremo, obligando al acero para resortes a adoptar la curvatura exacta del rotor 218. dispositivos 230a de retención de la guía del codificador están fijados en su lugar utilizando tornillos 230b. De forma alternativa, se puede atar un hilo ligero en torno a los tornillos 230b y se puede adherir, utilizando, por ejemplo, un adhesivo, a los extremos de la guía 219 de código del codificador.

La cabeza 206 de barrido de esta realización proporciona un ángulo de barrido superior a 22 grados, incluida esta cifra. El ángulo de barrido hace referencia al movimiento del transductor 202a definido por el sensor Hall 13, los dos imanes sensores Hall 26 y 26a, y los interruptores 221a de fin de carrera. Además del mayor ángulo de barrido debido al brazo desmontable 203 de soporte, se puede cambiar la longitud del brazo 203 de soporte, durante la fabricación o después de la misma, tal como durante un mantenimiento in situ, para acomodar distintos requisitos de formación de imágenes. El brazo 203 de soporte puede tener una longitud de forma que el transductor 202a se encuentre aproximadamente un 20 por ciento más lejos del punto 154 de pivote que la guía 219 de código del codificador (véase la Figura 9). Esta configuración proporciona una anchura de barrido de más de 15 mm medidos en el transductor 202a.

La cabeza 206 de barrido en esta realización está montada sobre el chasis rígido 215. La cabeza 206 de barrido puede estar montada con una funcionalidad completa sobre el chasis 215, de forma que se pueda llevar a cabo una comprobación sin la carcasa 233, 234 en su lugar. Por lo tanto, el diseño del chasis 215 permite la verificación del encaminamiento de los hilos y de la protección contra los tirones, la inspección eléctrica, la sincronización de la cabeza óptica 220 de lectura del codificador, y la verificación de la función de los interruptores 221a de fin de carrera.

Con referencia a las Figuras 13 y 14, se muestra con más detalle el soporte fijo de desconexión rápida. El mecanismo de desconexión rápida utiliza un bloqueo de bayoneta cargado por resorte para montar y desmontar rápidamente la cabeza 206 de barrido. La toma 222b de soporte fijo de desconexión rápida incluye un pasador 222c de guía en el extremo proximal a la clavija 222a de soporte fijo de desconexión rápida. La toma 222b de soporte fijo incluye una característica superior 222d de desconexión rápida adyacente al pasador 222c de guía, y un resorte helicoidal 222f adyacente al pasador 222c de guía. El pasador 222c de guía permite que la cabeza 106 de barrido sea montada y desmontada en incrementos precisos de 90 grados. Un anillo 222e de retención se apoya contra la toma 222b de soporte fijo cuando está fijado a la clavija 222a de soporte fijo, como puede verse en la Figura 14.

Con referencia a la Figura 15, se muestra con más detalle la punta 205. La punta 205 incluye rebordes 206b de la junta, que evitan los daños a la junta moldeada 207 de estanqueidad (Figura 11) cuando se sujeta la junta moldeada 207 de estanqueidad entre la punta 205 y el bastidor 208 de pivote. La junta 207 de estanqueidad puede estar fabricada de un elastómero flexible y blando. La forma moldeada proporciona una posición centrada de descanso y elimina la deformación de modo estirado de la junta 207 de estanqueidad durante su operación. En cambio, una junta plana de estanqueidad experimenta tanto flexión como estiramiento durante la operación, lo que tiene como resultado dos cargas diferenciadas sobre el motor, que pueden ser difíciles de compensar. La junta moldeada 207 de estanqueidad puede estar diseñada como una funda de una palanca de cambio en la caja de cambios de un automóvil. Únicamente experimenta una deformación de flexión, lo que tiene como resultado una carga menor y más uniforme sobre el motor.

5 La cabeza 206 de barrido incluye una placa integral 224 de circuito impreso que integra funciones de control del motor, funciones de monitorización de la posición, y la transmisión y la recepción de señales de RF. Además, la placa 224 de circuito impreso aloja los interruptores ópticos 221a de fin de carrera. La placa 224 de circuito impreso puede ser prefabricada y comprobada. La placa 224 de circuito impreso permite que se realice el encaminamiento del cable coaxial 202b del transductor y los hilos 232 del motor con un arrastre mínimo sobre el motor al colocar los puntos de conexión casi sobre el punto de pivote.

10 La carcasa 233, 234 puede no soportar cargas y puede ser una parte simplemente de protección de la cabeza 206 de barrido. Sirve para impermeabilizar y mantener a los componentes internos de la cabeza 206 de barrido libres de contaminación. Se puede fijar la carcasa 233, 234 al chasis 215 por medio de tornillos. De forma alternativa, las dos mitades 233, 234 de la carcasa pueden estar encoladas, o adheridas de otra manera, entre sí para hacer a la cabeza 206 de barrido resistente a una manipulación indebida y al agua.

15 La pieza 201a de punta puede incluir una ventana acústica desechable. Con referencia a las Figuras 17A, 17B, 18, 19A, 19B y 20-23, se muestran la estructura de la pieza 320 de punta y la ventana acústica 330. La ventana acústica 330 es similar a la ventana acústica 125 descrita anteriormente. La pieza 320 de punta incluye un orificio 322 de llenado para recibir fluido. La pieza 320 de punta tiene un resalte 324 en el extremo proximal a la ventana acústica 330 cuando está fijada. Hay ubicados un rebaje 326 y un borde 328 adyacentes al resalte 324 para formar un encaje a presión con la ventana acústica 330.

20 La Figura 17B muestra la pieza 320 de punta con un recubrimiento opcional 340 fijado. El recubrimiento 340 se fija a la ventana acústica 330 para proteger a la pieza 320 de punta y a la cabeza 206 de barrido contra una contaminación con material líquido o biológico.

Como se muestra en la Figura 21, la ventana acústica 330 incluye una ranura 332 con una forma complementaria al borde 328 en la pieza 320 de punta.

25 La ventana acústica 330 puede estar diseñada para superar los retos específicos de encapsular una sonda ultrasónica de alta resolución y de alta frecuencia en una variedad de entornos exigentes. La ventana acústica 330 proporciona un medio económico para proteger al transductor y permitir la formación de imágenes en un entorno estéril sin comprometer excesivamente un rendimiento acústico. La ventana acústica 330 puede estar construida de un bastidor plástico moldeado que comprende una estructura estanca a los fluidos de fijación mecánica de encaje a presión. La ventana acústica 330 puede ser un elemento moldeado desechable, que "encaja a presión" sobre una pieza de punta mecanizado permanente, produciendo la punta encapsulada llena de fluido de la sonda. No se requieren herramientas para desmontar ni para fijar la ventana acústica a la pieza de punta. Por ejemplo, la forma de la ventana acústica permite la fijación a la pieza de punta del transductor utilizando un simple movimiento rodante. La ventana acústica puede tener cualquier forma dependiendo de la pieza de punta que va a ser cubierta. Una película delgada de un material sonotransparente forma una membrana 352 que puede estar fijada a la cara frontal de un bastidor 350. El bastidor 350 y la membrana 352 forman la ventana acústica 330.

35 Se escogen las características y el grosor del material que forma la membrana de la ventana acústica para adecuarse a las características de la sonda específica que va a ser encapsulada. Se pueden utilizar los materiales sonotransparentes, por ejemplo los dados a conocer en las patentes U.S. n^{os} 5.479.927; 5.983.123; y 6.574.499, para producir la membrana 352 de la ventana acústica 330. En un aspecto, el material sonotransparente puede ser un poliéster, un policarbonato, un acrílico, un elastómero termoplástico, o un elastómero de silicona. Ejemplos de materiales sonotransparentes incluyen, sin limitación, ionómeros Surlyn®, tales como Surlyn® 8940, y Kapton®, disponibles en E.I. Du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware, EE. UU.; polimetilpentenos, tales como TPX® MX-002, TPX® 95 y MX-004, disponibles en Mitsui & Co., Tokio, Japón; Teflon®, Mylar®, polietileno, tal como polietileno de baja densidad, policarbonato, polipropileno, y diversas películas de poliuretano. En una realización, el material sonotransparente puede ser extrudido hasta un cierto grosor y termosoldado al bastidor 350 de la ventana acústica 330 para formar una junta estanca a los fluidos. El grosor de la membrana 352 variará dependiendo del material sonotransparente seleccionado. En un aspecto, la membrana 352 tiene un grosor menor o igual que 25 µm. En otra realización, el grosor de la membrana 352 puede variar desde 1 µm hasta 25 µm. La tecnología utilizada para sellar la membrana 352 al bastidor 350 variará dependiendo del material sonotransparente seleccionado. Ejemplos de procedimientos para sellar la membrana 352 al bastidor 350 incluye, pero sin limitación, adhesivos, técnicas de soldadura (por ejemplo, RF, ultrasónica, y térmica), y juntas mecánicas de estanqueidad.

55 Con referencia a las Figuras 20 y 21, la estructura de encaje a presión comprende una ranura 332 en el bastidor 350. La pieza 320 de punta a la que se fijará la ventana acústica 330 incorpora un borde 328. El borde 328 puede tener un sobredimensionamiento ligeramente negativo con respecto a la ranura 332 en el bastidor 330. La ventana acústica 330 puede ser presionada sobre la pieza 320 de punta, de forma que se obtenga un encaje positivo cuando esté completamente en su lugar debido a la junta de estanqueidad formada entre el borde 328 y la ranura 332. Este encaje también es estanco a los fluidos debido al encaje de tipo apriete de la ranura 332 y al borde 328. Antes de montar la ventana acústica 330 sobre la pieza 320 de punta, la pieza de punta puede estar llena parcialmente con un fluido de acoplamiento. Ejemplos de fluido de acoplamiento incluyen, sin limitación, agua, etilenglicol, trietilenglicol, aceite de parafina ligero y diversas disoluciones acuosas de glicoles. Después de montar la ventana acústica 330, se

pueden eliminar las burbujas de aire y se puede llenar completamente el conjunto de pieza de punta/ventana acústica con fluido de acoplamiento a través del orificio 332 de llenado ubicado en el lado de la pieza 320 de punta.

5 Para entornos que requieren un aislamiento completo de la sonda del entorno, una versión con vaina de la ventana acústica 330 incluye una vaina termosellada 340 de película de polietileno que puede estar diseñada para volver a encajar sobre la sonda y subiendo por el cable. La vaina puede estar formada como parte de la ventana acústica desechable 330, de forma que cuando se desea una esterilización se pueden desmontar y desechar toda la ventana y la vaina.

10 En una realización alternativa, se puede utilizar el sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas para formar imágenes de una jeringa, un catéter, u otro elemento invasivo insertado en un sujeto. La Figura 24 es una captura de pantalla que muestra una imagen 350 en el medio 116 de visualización. La imagen incluye un embrión 368. El embrión 368 incluye una cabeza 366 y un útero 362. Se puede utilizar el sistema 131 de ultrasonidos para visualizar y guiar la aguja 364 según entra en el útero 362 del embrión 368.

15 La Figura 25 es un diagrama 400 de flujo que ilustra la operación de un aspecto del sistema de formación de imágenes por ultrasonidos de alta frecuencia y de alta frecuencia de fotogramas. Los bloques en el diagrama de flujo pueden ser ejecutados en el orden mostrado, fuera del orden mostrado, o al mismo tiempo. En el bloque 402, el transductor 8 genera energía de ultrasonidos a una frecuencia de al menos 20 MHz.

20 En el bloque 404, la energía de ultrasonidos es transmitida por el subsistema 118 de transmisión al interior del sujeto 114 (Figura 1). En el bloque 406, el subsistema 120 de recepción recibe los impulsos ultrasónicos devueltos 104 de eco y comunica los ultrasonidos recibidos al subsistema 127 de control para ser procesados por medio del procesador 134 y el convertidor 129 de barrido.

En el bloque 408, los ultrasonidos recibidos son procesados por el procesador 134 y el convertidor 129 de barrido, bajo la dirección del *software* 123, para generar una imagen en el medio 116 de visualización. La imagen tiene una frecuencia de imagen de al menos 15 fotogramas por segundo (fps).

25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para desarrollar una imagen por ultrasonidos, que comprende:
 - 5 una cabeza de barrido que tiene un transductor (8) con capacidad para generar energía de ultrasonidos a una frecuencia de al menos 20 megahercios (MHz), en el que dicho transductor (8) está encapsulado en el interior de un volumen cerrado que está definido parcialmente por una ventana acústica (125) posicionable entre el transductor y un sujeto (108);
 - un motor de par configurado para hacer oscilar el transductor en el interior del volumen cerrado a lo largo de un recorrido arqueado convexo oscilante a una frecuencia de al menos 7,5 Hz, en el que el transductor está configurado para transmitir energía de ultrasonidos a través de la ventana acústica al interior del sujeto y recibir ecos ultrasónicos del sujeto a través de la ventana acústica;
 - 10 un codificador (128) de la posición configurado para determinar la posición espacial del transductor (8) a lo largo del recorrido arqueado convexo oscilante con una precisión de 1 micrómetro (μm); y
 - un procesador (134) para procesar los ecos ultrasónicos recibidos a través de la ventana acústica mientras que se hace oscilar el transductor a una frecuencia de al menos 7,5 Hz para generar una imagen por ultrasonidos con una frecuencia de imagen de al menos 15 fotogramas por segundo (fps) y en el que el procesador está configurado para generar la imagen por ultrasonidos para que tenga una resolución espacial igual o menor de 100 micrómetros (μm).
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la ventana acústica (125) es desmontable.
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que se escoge la ventana acústica (125) de un policarbonato, un poliéster, un acrílico y un polimetilpenteno.
4. El sistema de la reivindicación 1, en el que la ventana acústica comprende una membrana de material, en el que se escoge el material de poliéster, policarbonato, acrílico, elastómero termoplástico, elastómero de silicona, ionómero Surlyn®, Surlyn® 8940, Kapton®, polimetilpenteno, TPX® MX-002, TPX® 95, MX-004; Teflon®, Mylar®, polietileno, policarbonato, polipropileno y películas de poliuretano.
- 25 5. El sistema de la reivindicación 1, en el que la ventana acústica comprende una membrana de material, en el que el material es polietileno de baja densidad.
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el transductor (8) es capaz de generar energía de ultrasonidos a una frecuencia entre 20 MHz y 60 MHz.
7. El sistema de la reivindicación 1, en el que el transductor (8) está encapsulado en un fluido (15) de acoplamiento acústico y tiene una flotabilidad neutra.
- 30 8. El sistema de la reivindicación 1, en el que la ventana acústica está configurada para evitar que el transductor haga contacto directamente con el sujeto.
9. El sistema de la reivindicación 1, en el que la imagen por ultrasonidos tiene una resolución espacial de menos de 30 micrómetros (μm).
- 35 10. El sistema de la reivindicación 1, en el que la imagen por ultrasonidos tiene una resolución espacial de 75-100 micrómetros (μm).
11. El sistema de la reivindicación 1, en el que el codificador de la posición es un codificador óptico (128) de la posición.
- 40 12. El sistema de la reivindicación 1, en el que el transductor (8) es un transductor ultrasónico piezoeléctrico enfocado de un único elemento de alta frecuencia.
13. El sistema de la Reivindicación 1, en el que el motor de par está configurado para hacer oscilar el transductor a lo largo del recorrido arqueado oscilante a una frecuencia de al menos 15 Hz.
14. El sistema de la Reivindicación 1, el motor de par está configurado para hacer oscilar el transductor a lo largo del recorrido arqueado oscilante a una frecuencia de al menos 30 Hz.
- 45 15. El sistema de la Reivindicación 1, en el que el motor de par es un motor de par de ángulo limitado.

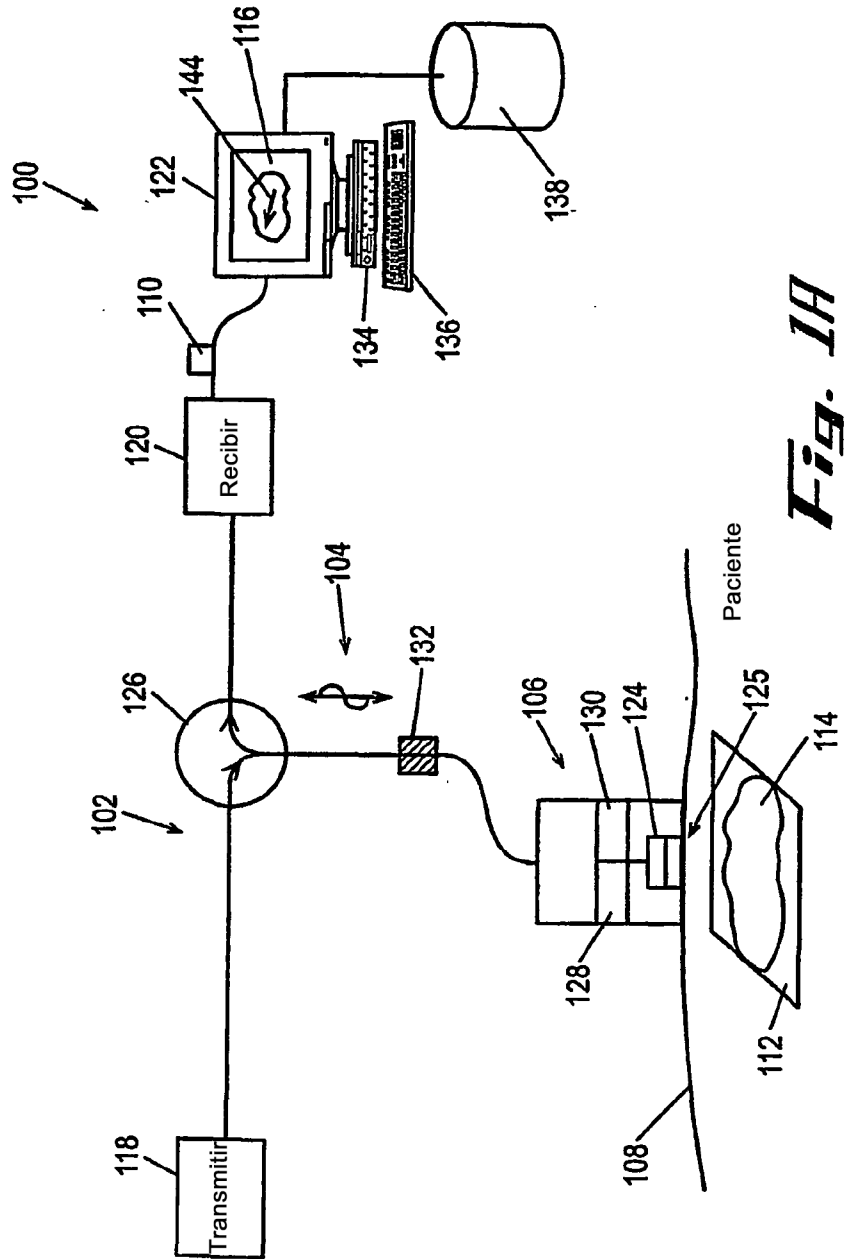


Fig. 1A

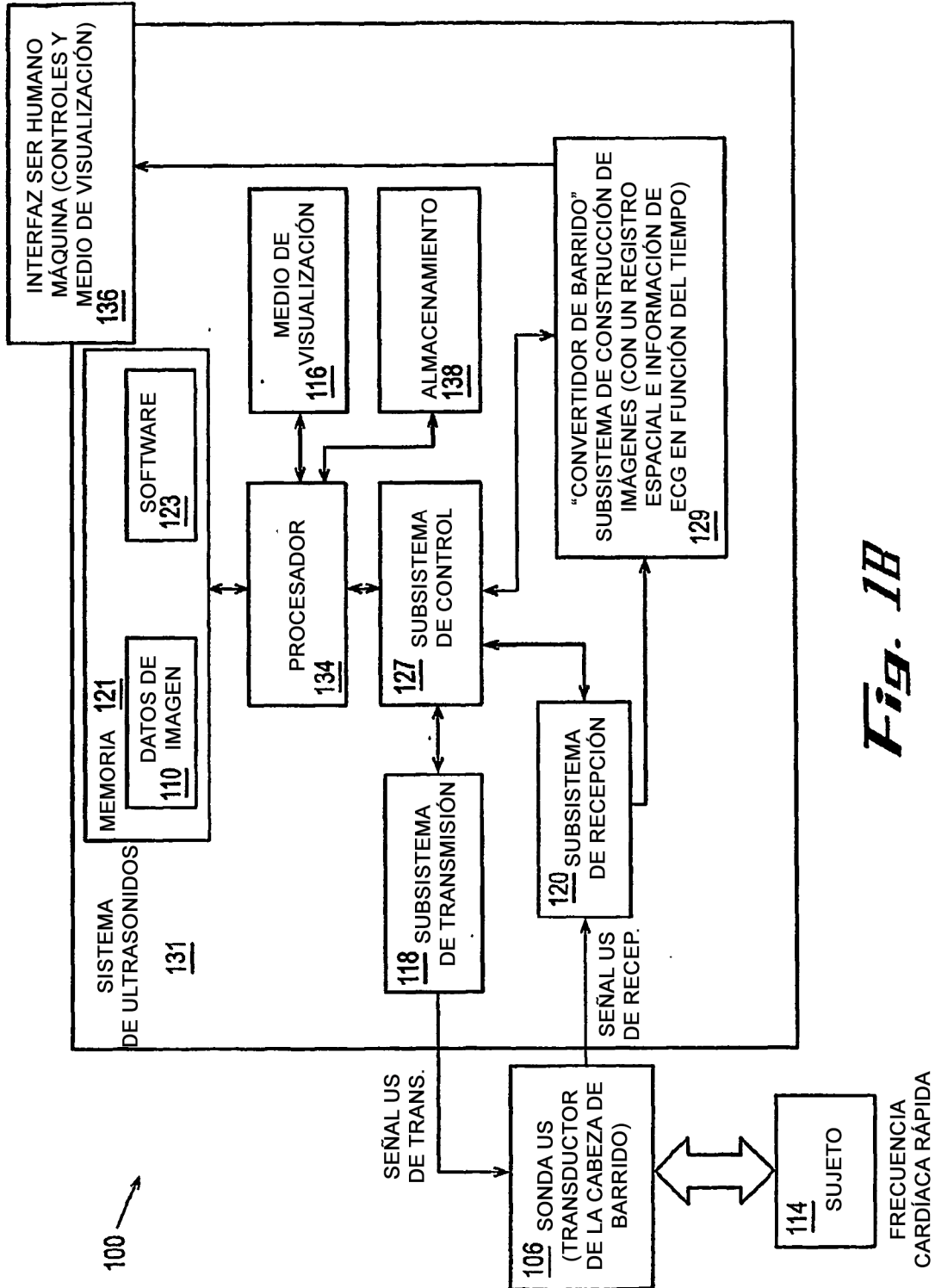


Fig. 1B

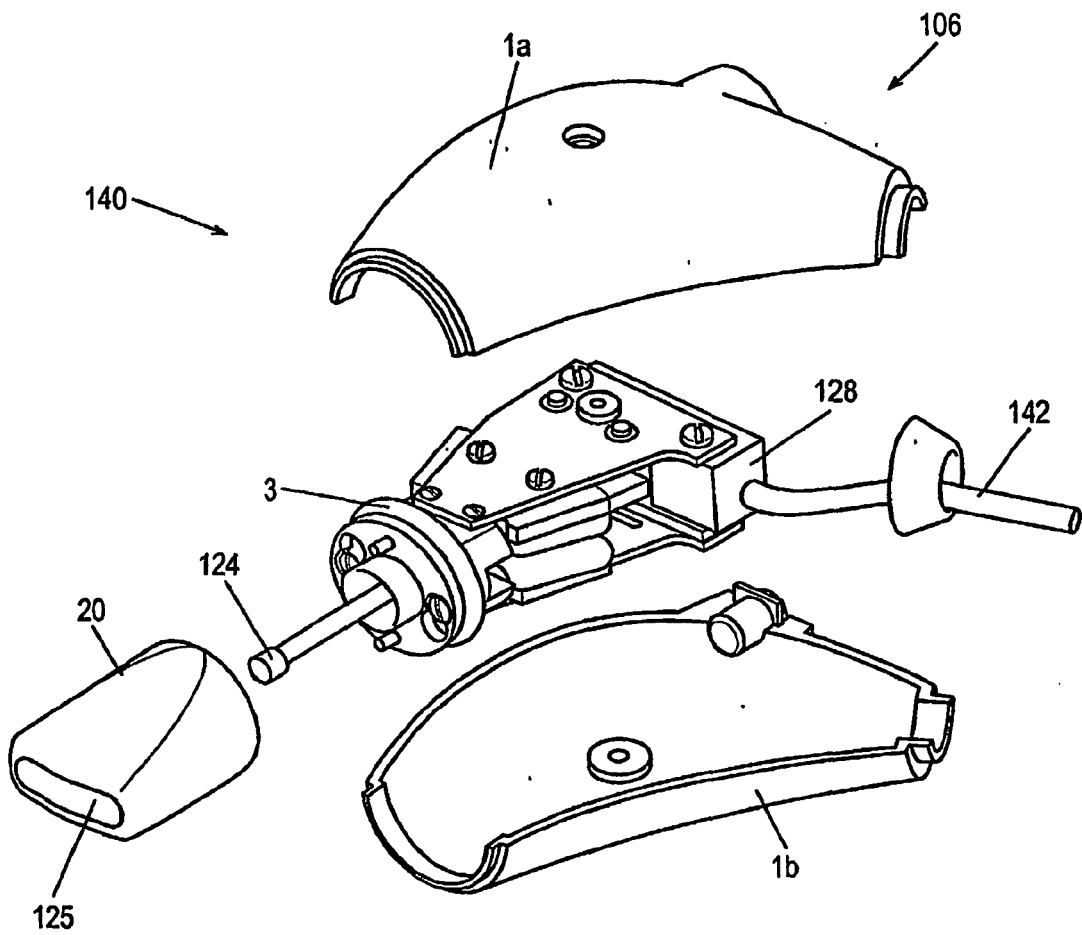


Fig. 2

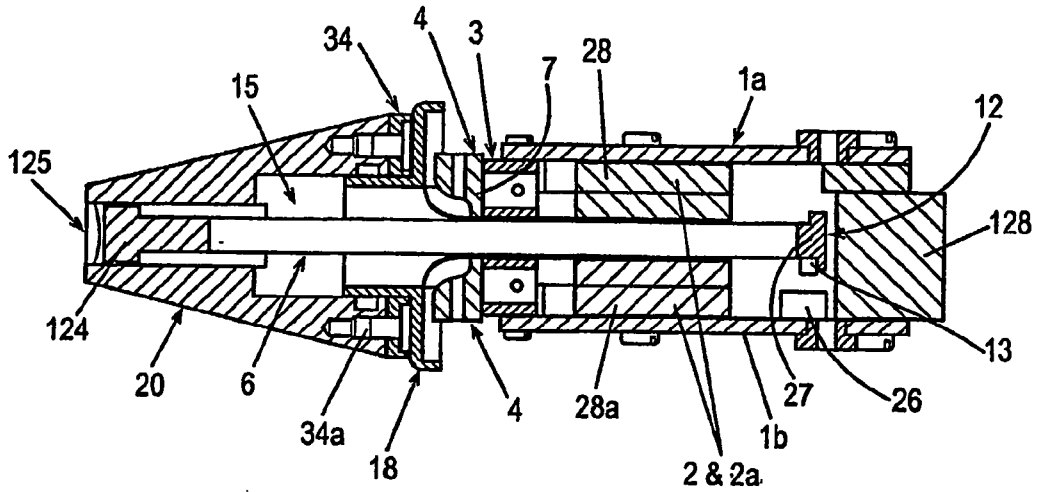


Fig. 3A

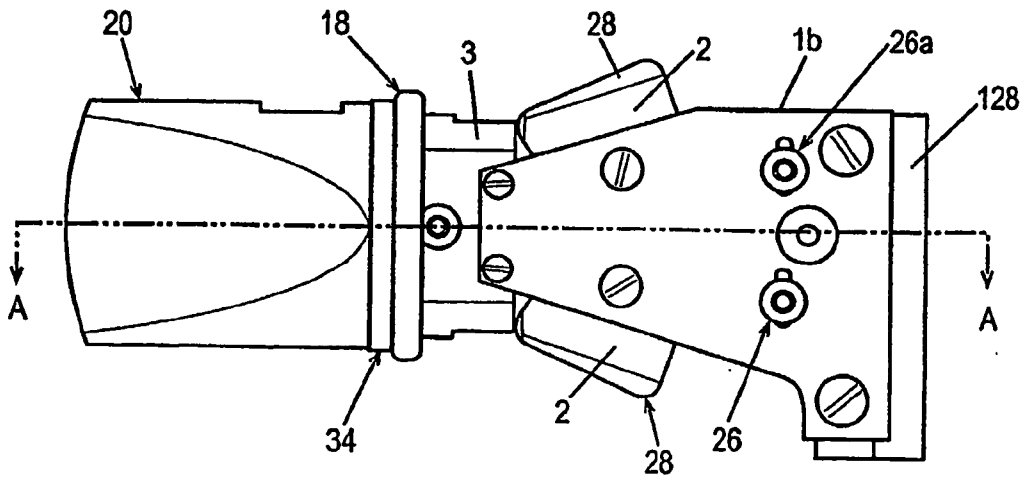


Fig. 3B

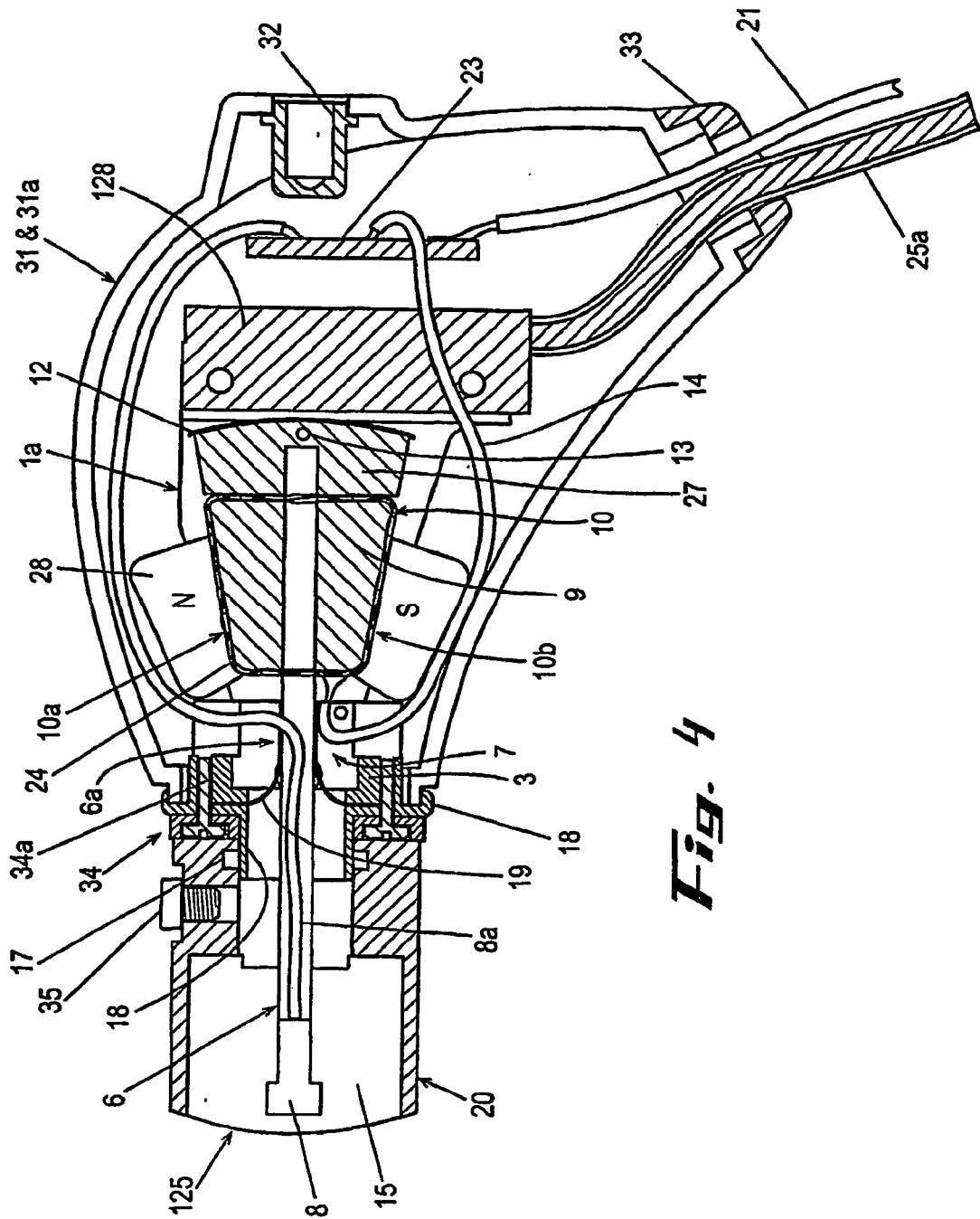


Fig. 4

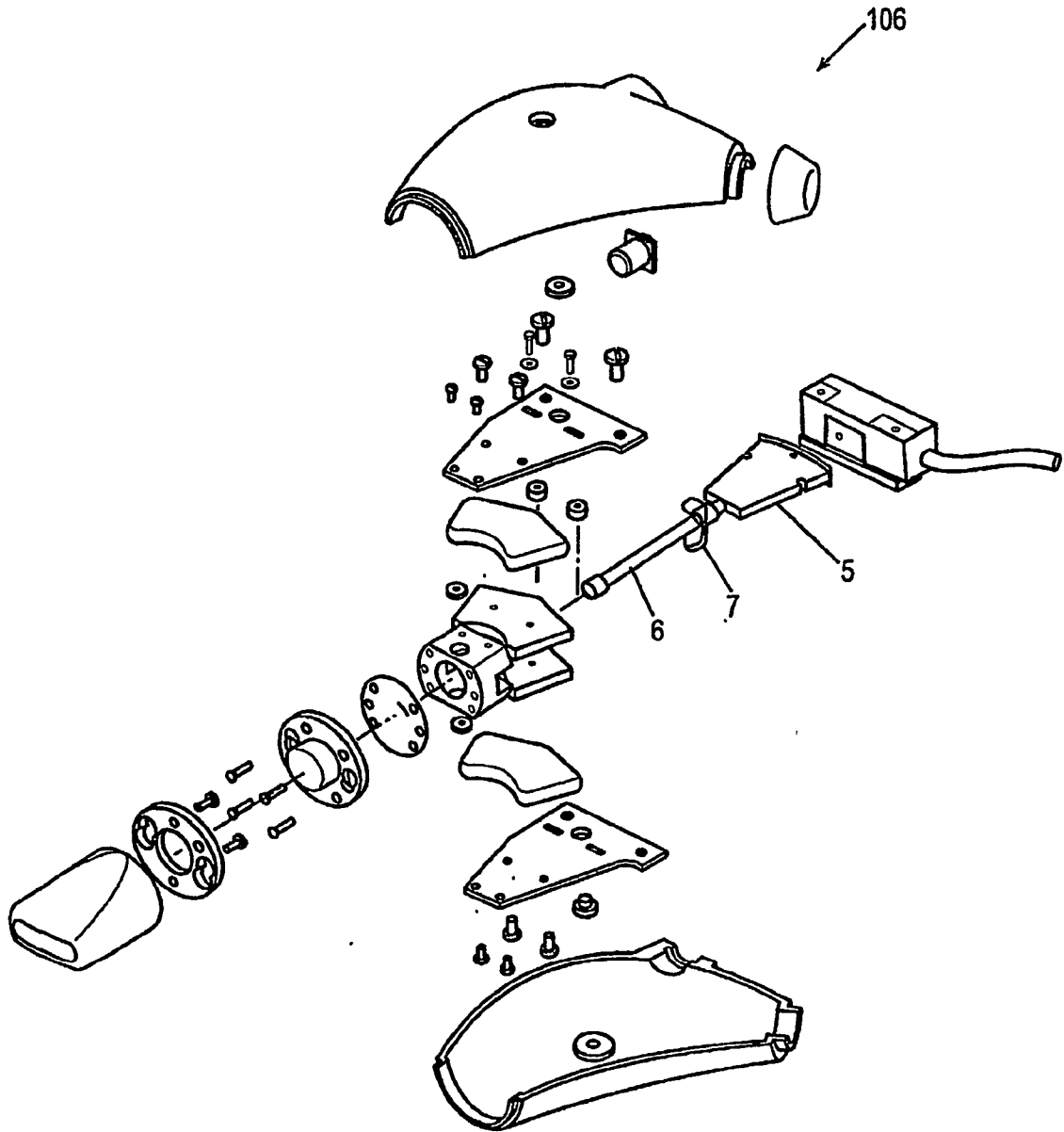
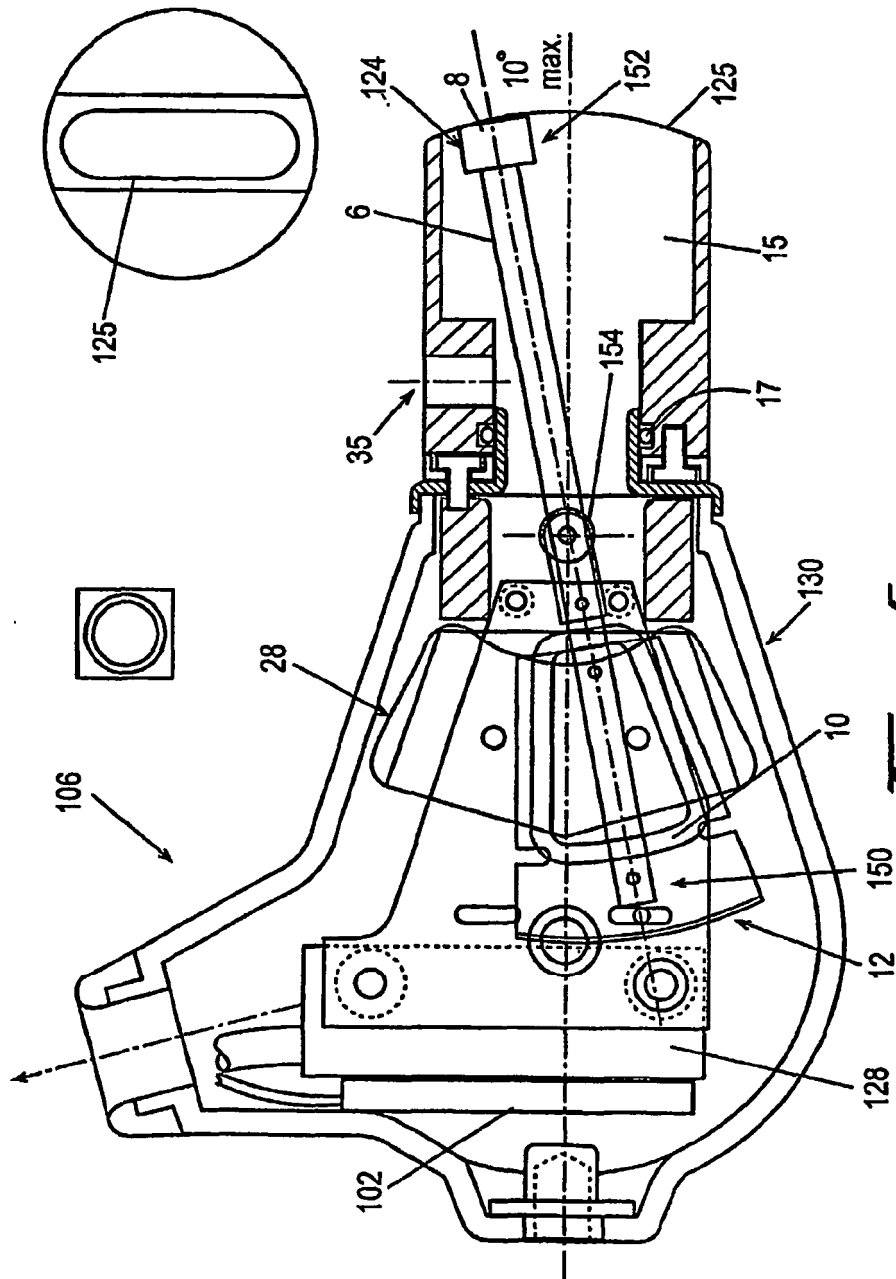


Fig. 5



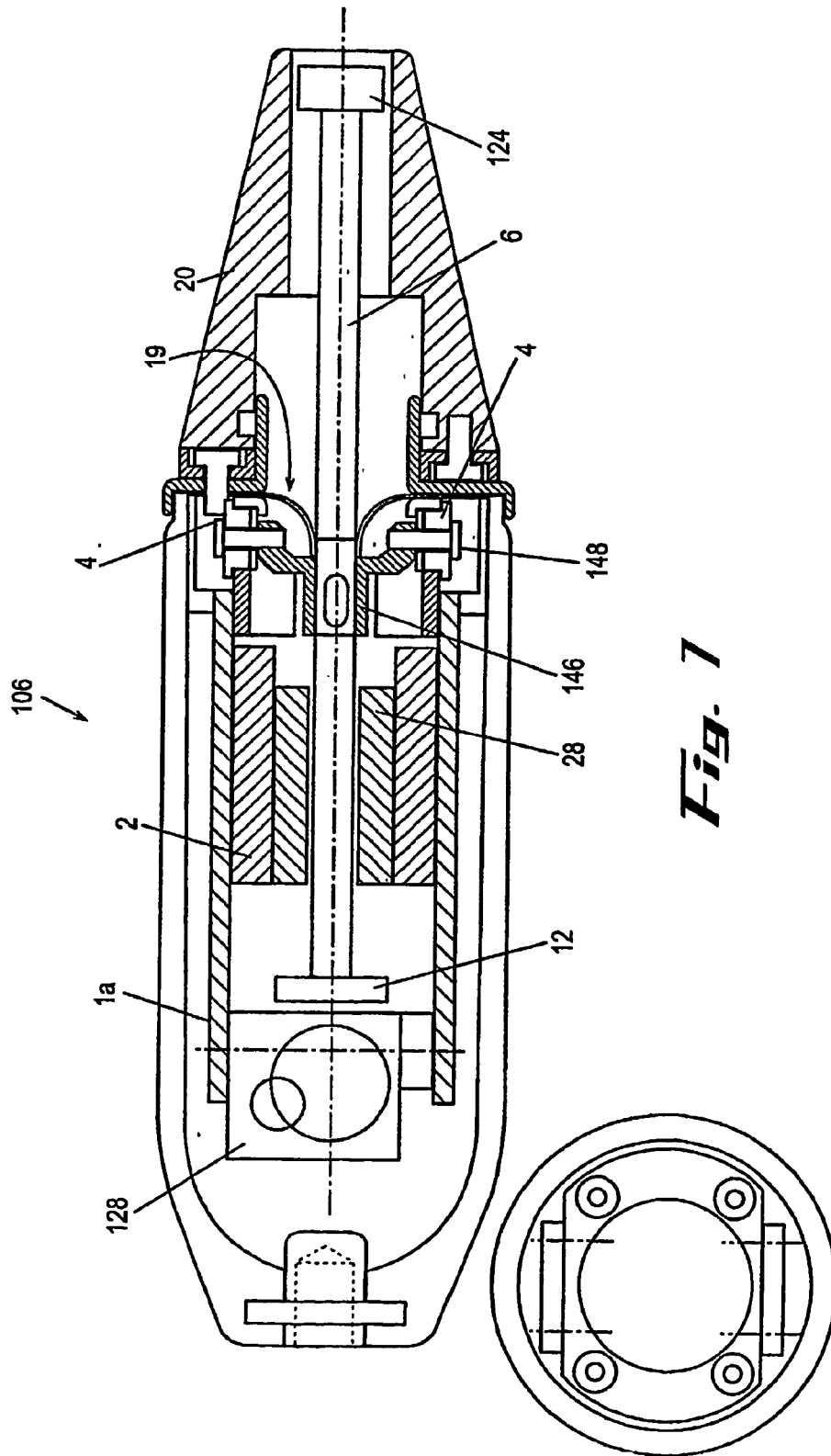


Fig. 1

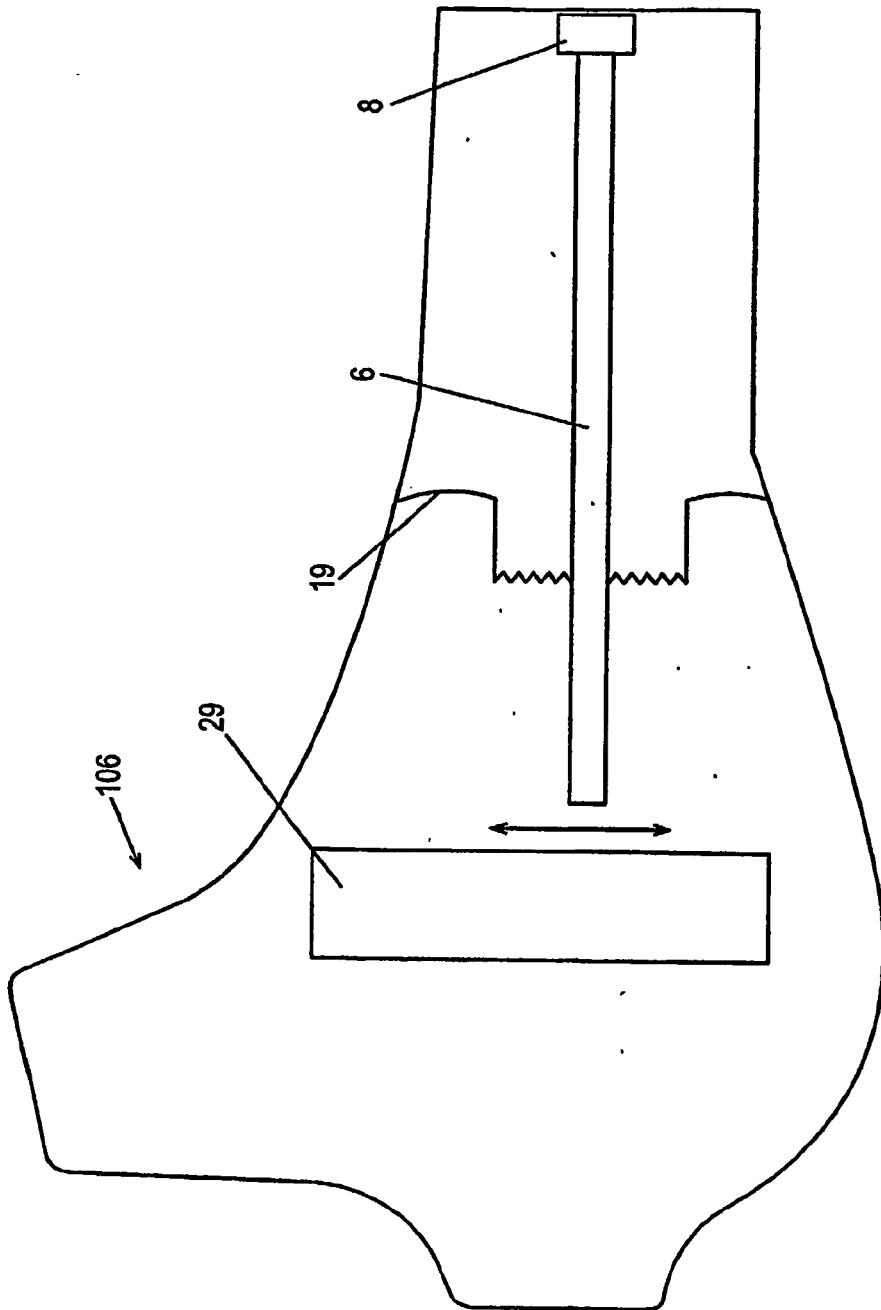


Fig. B

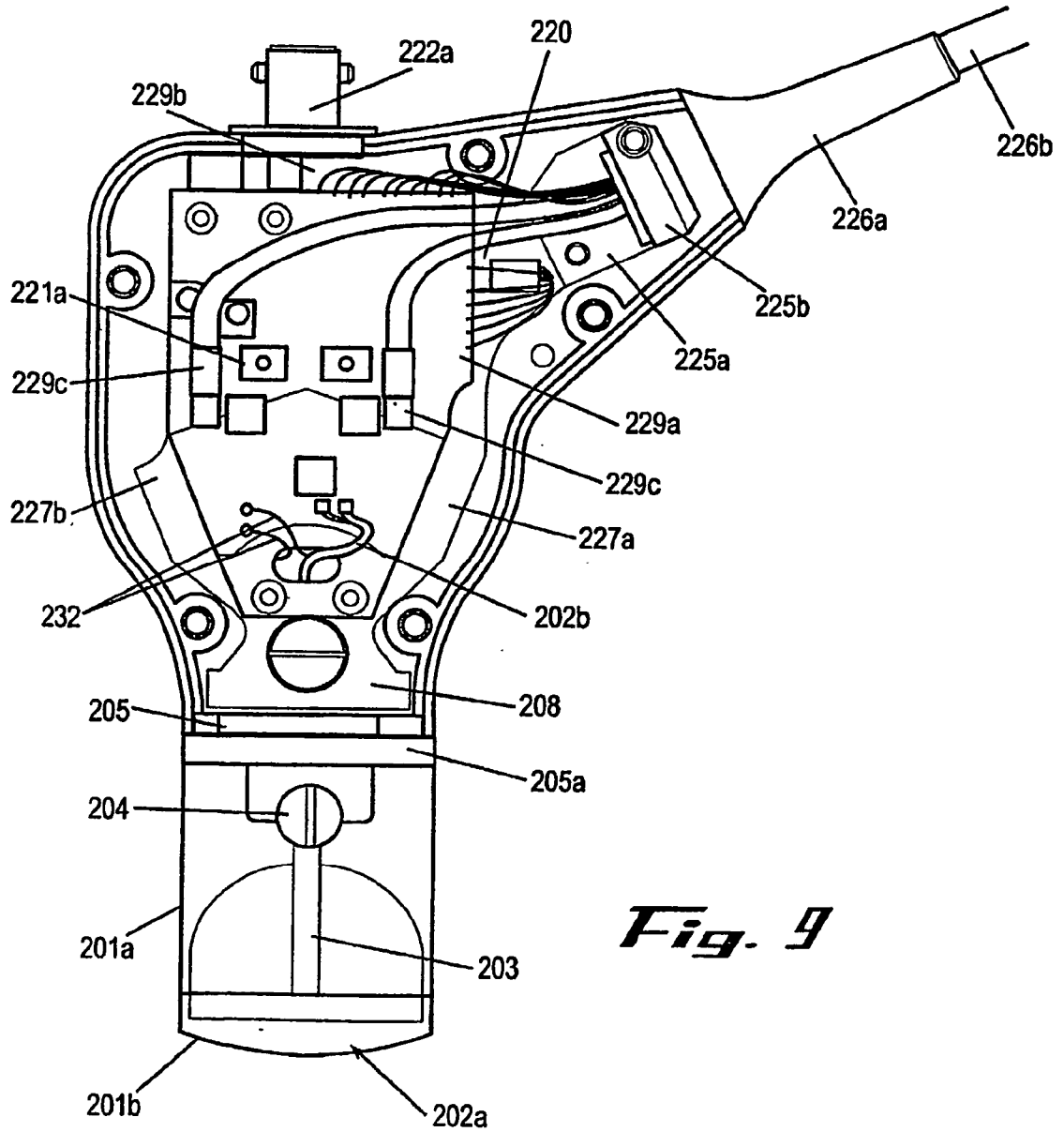
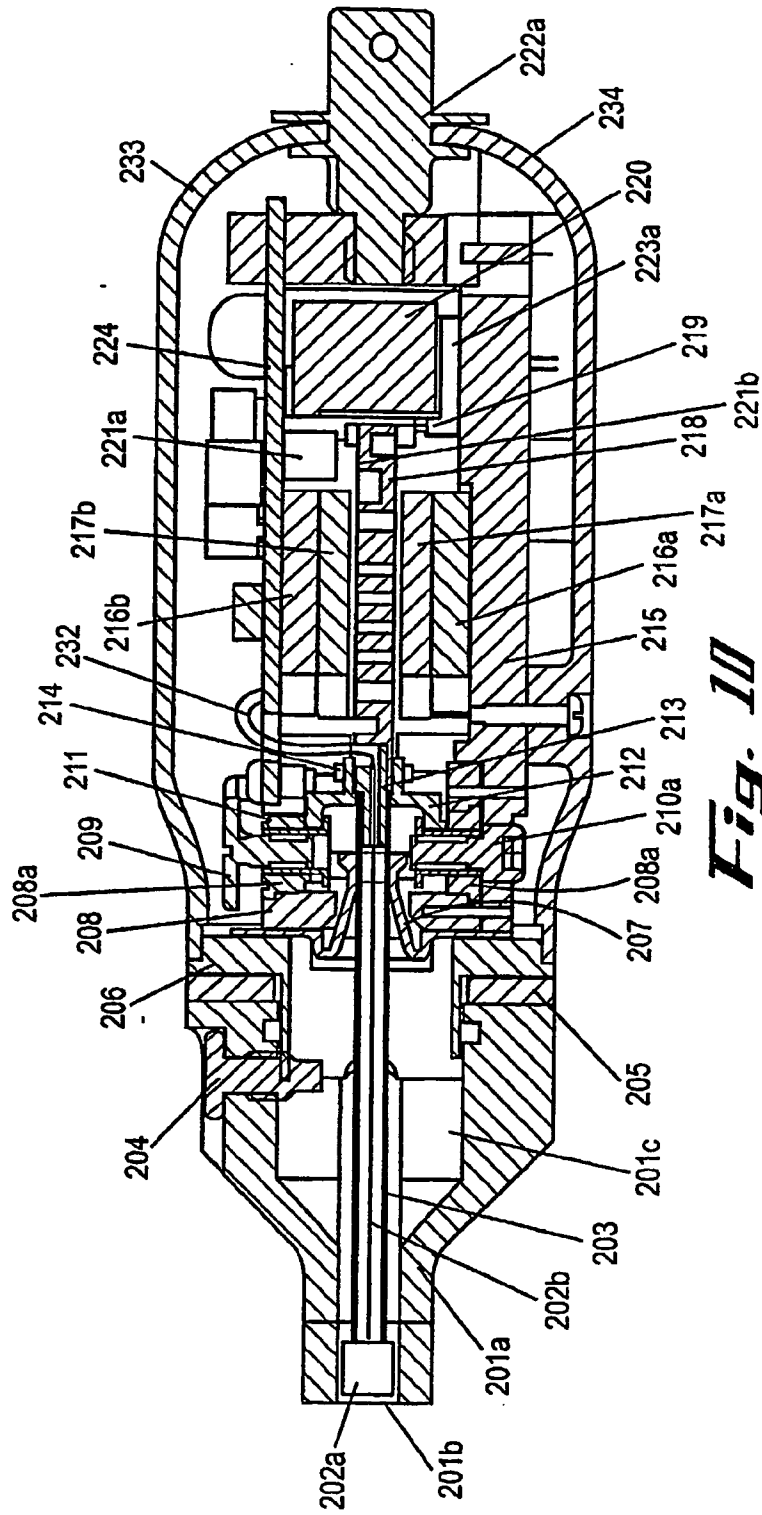


Fig. 9



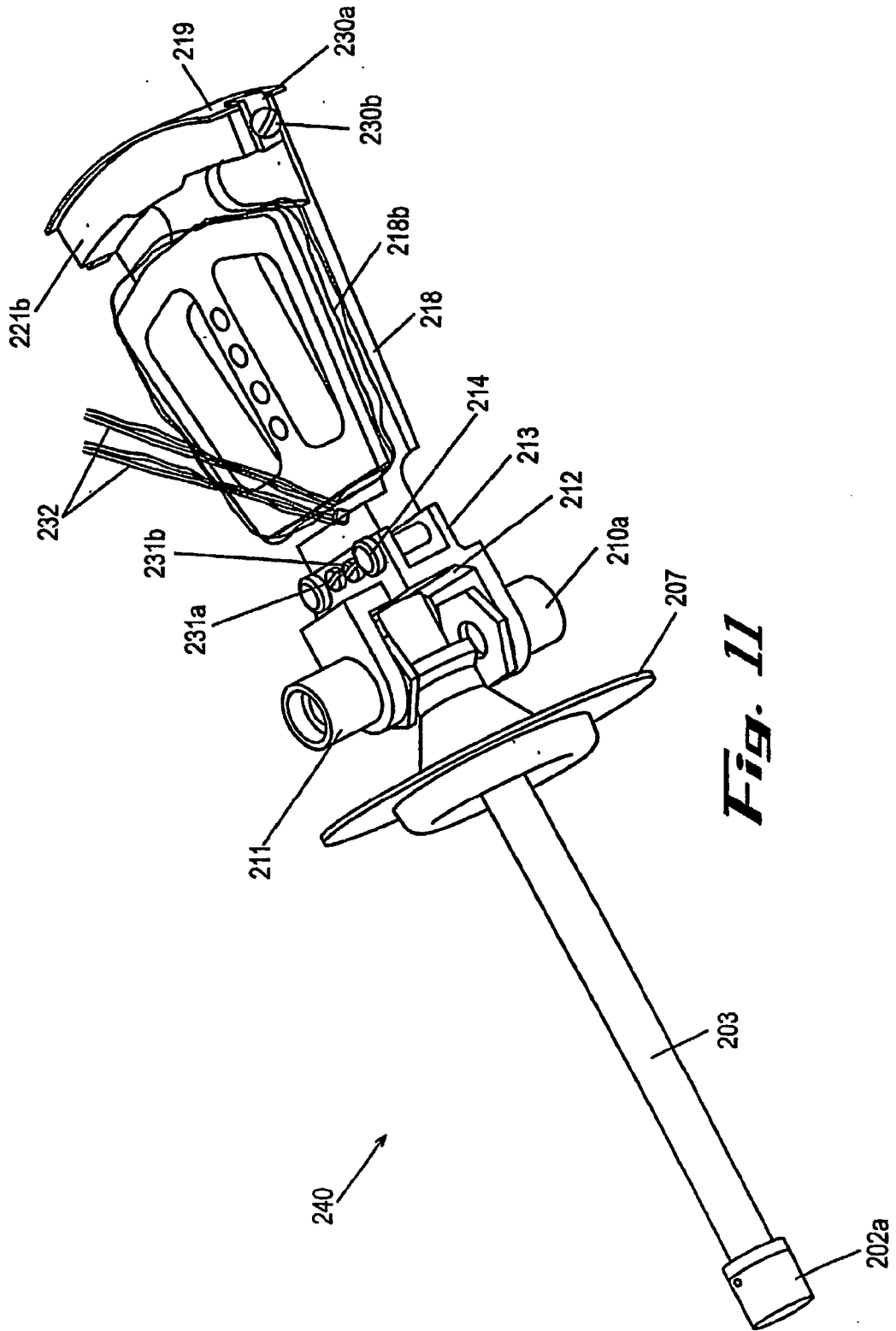


Fig. 11

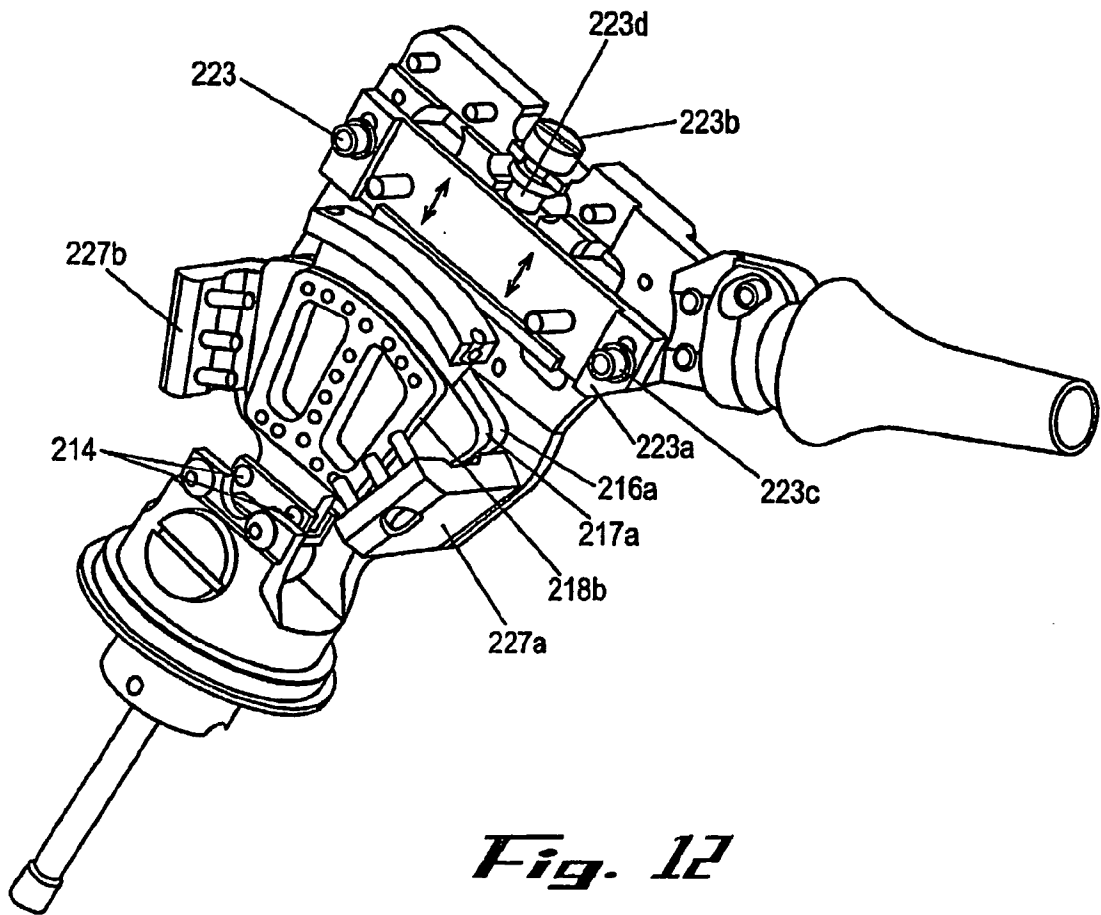
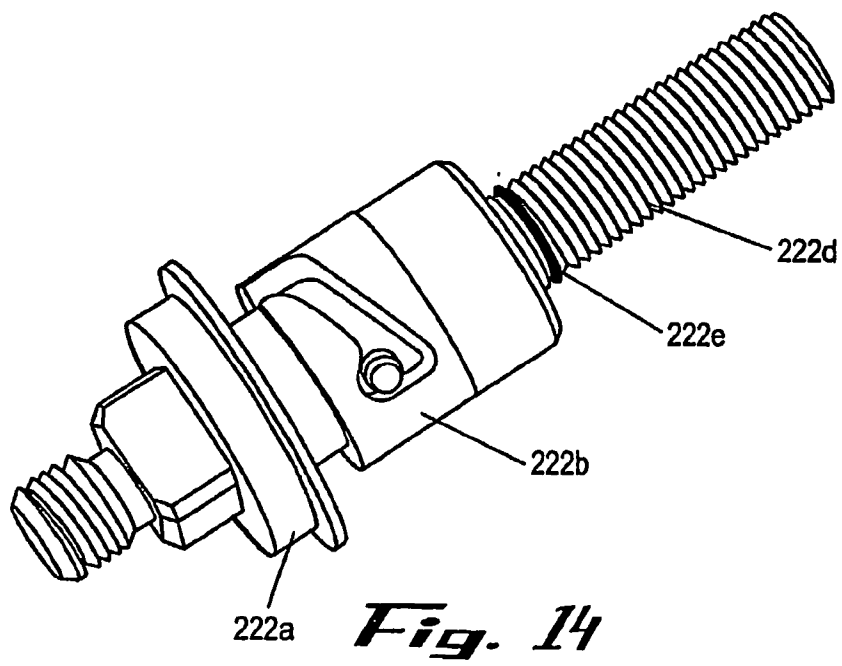
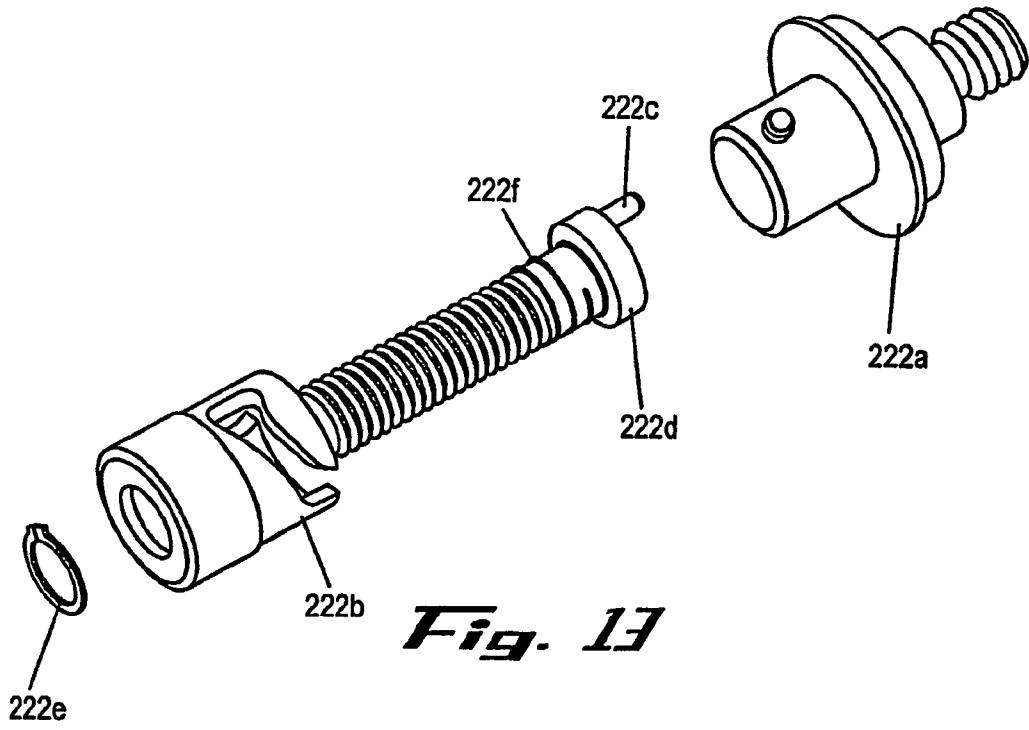
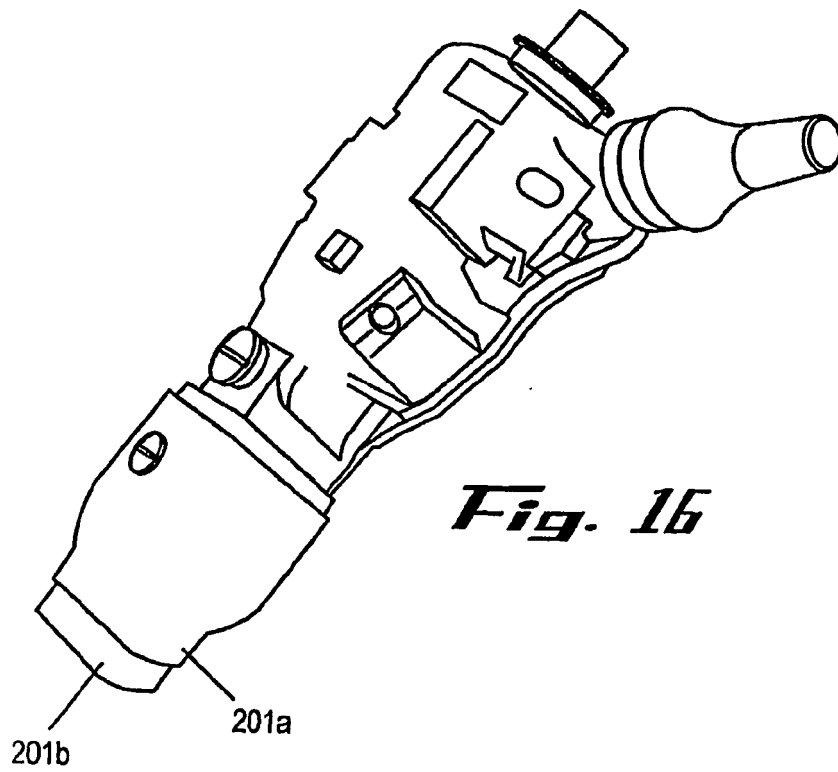
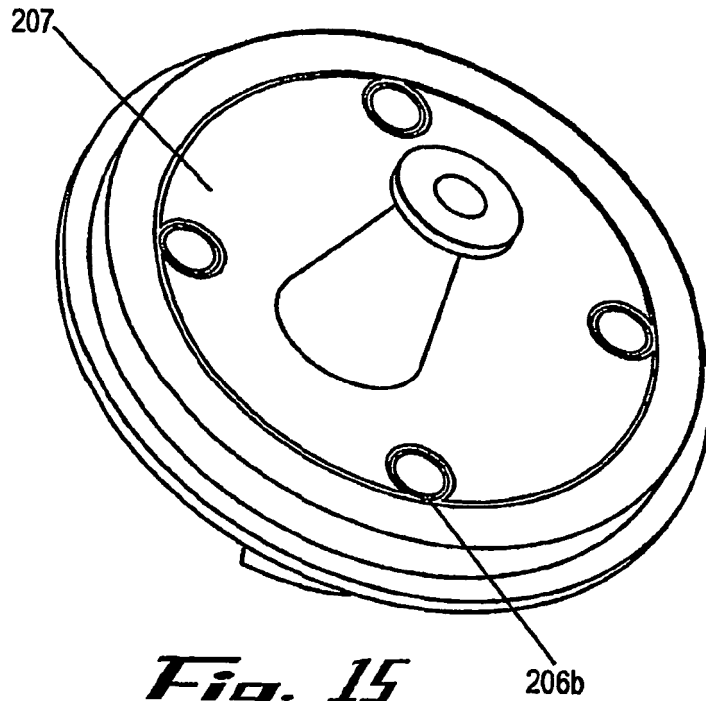


Fig. 12





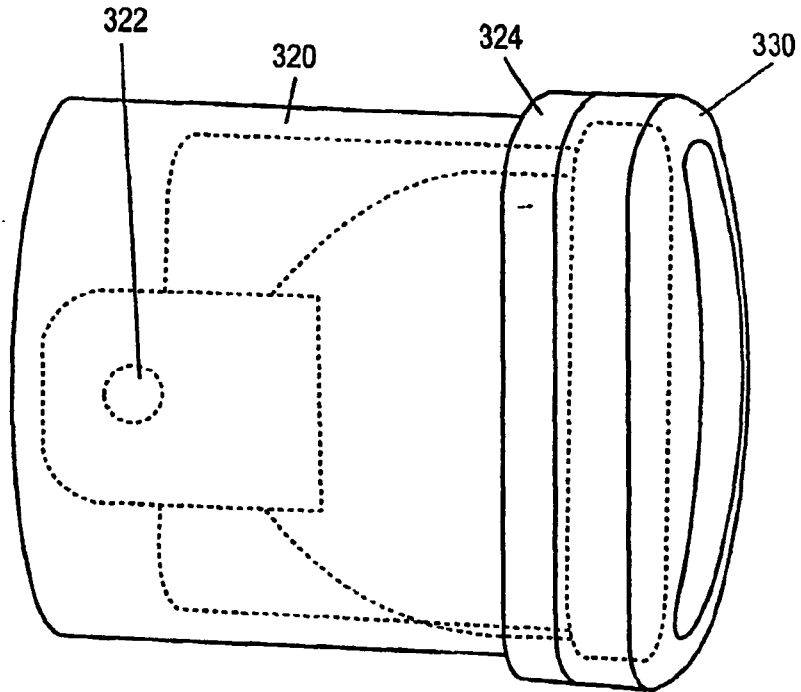


Fig. 17A

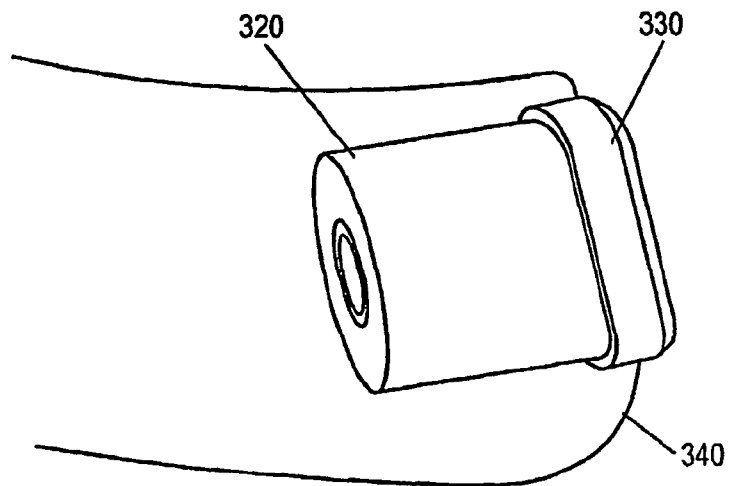


Fig. 17B

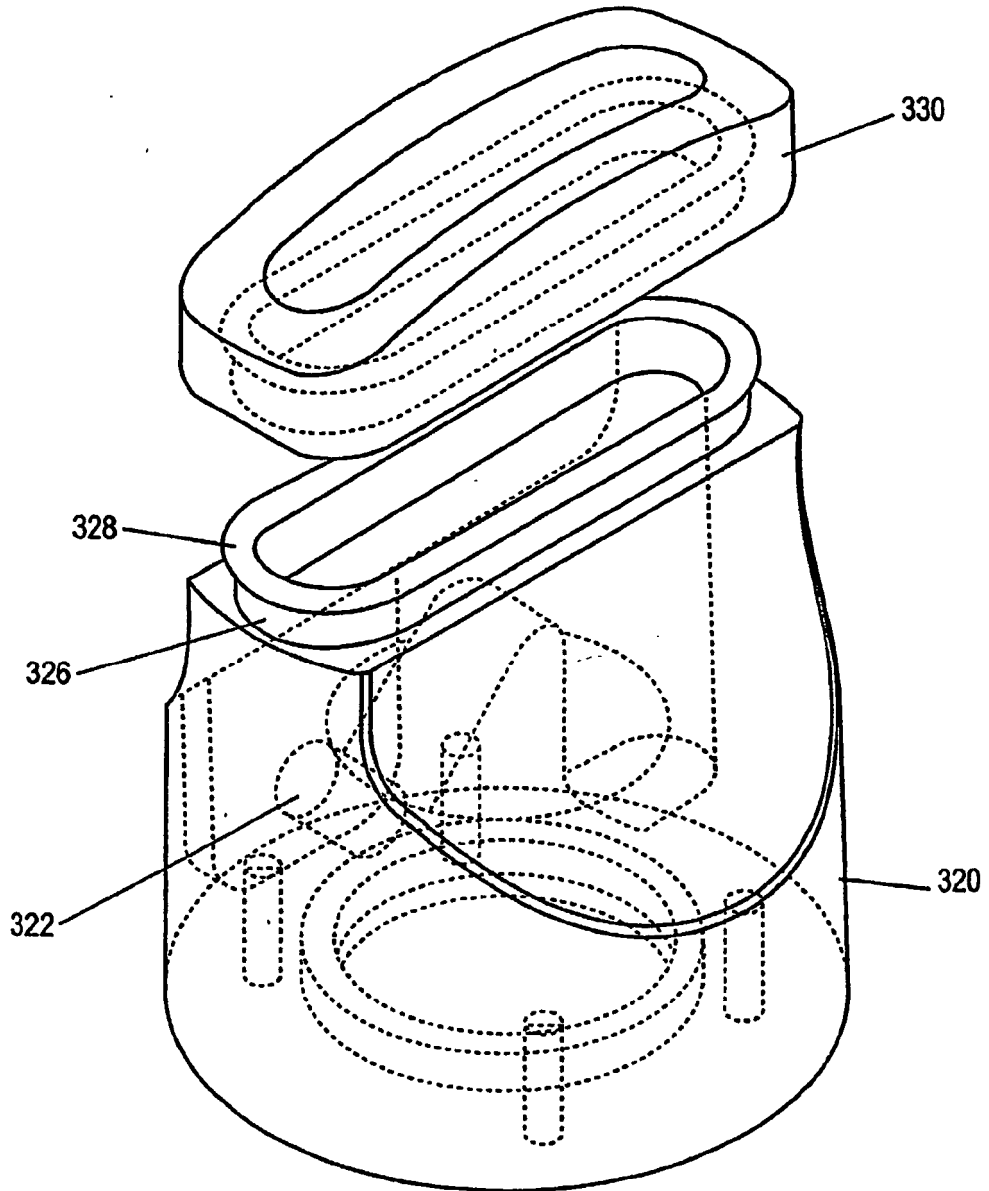


Fig. 1A

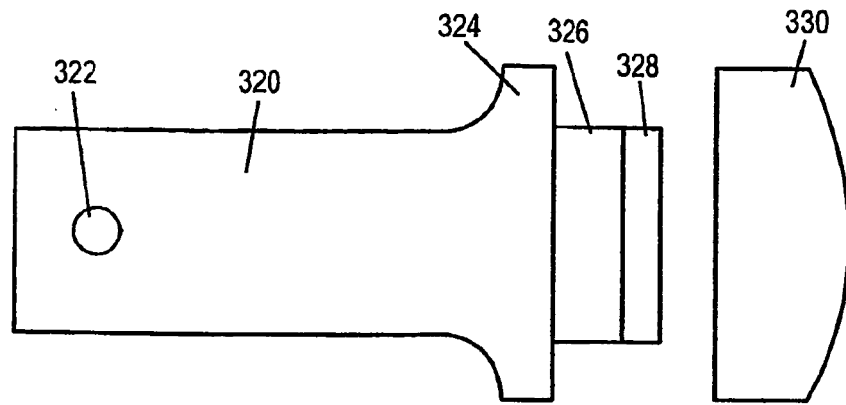


Fig. 19A

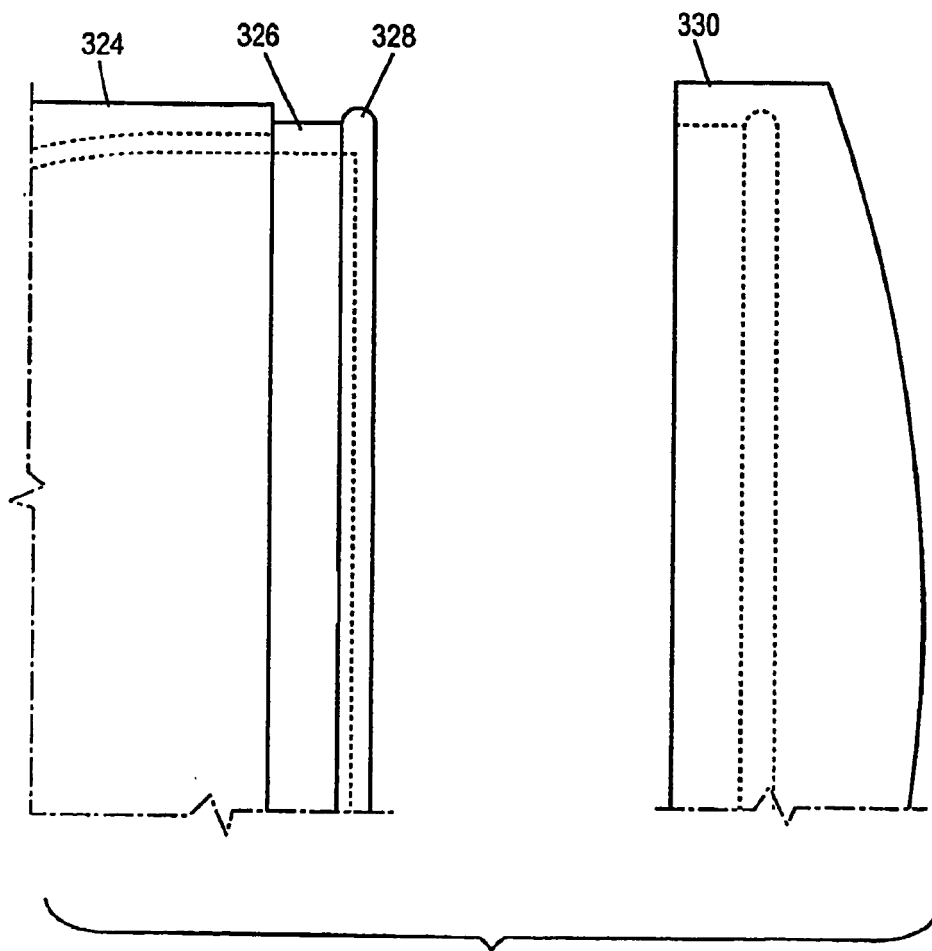
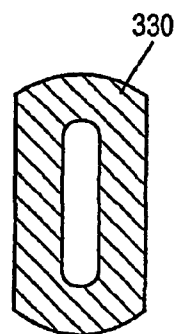
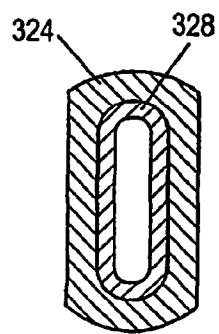
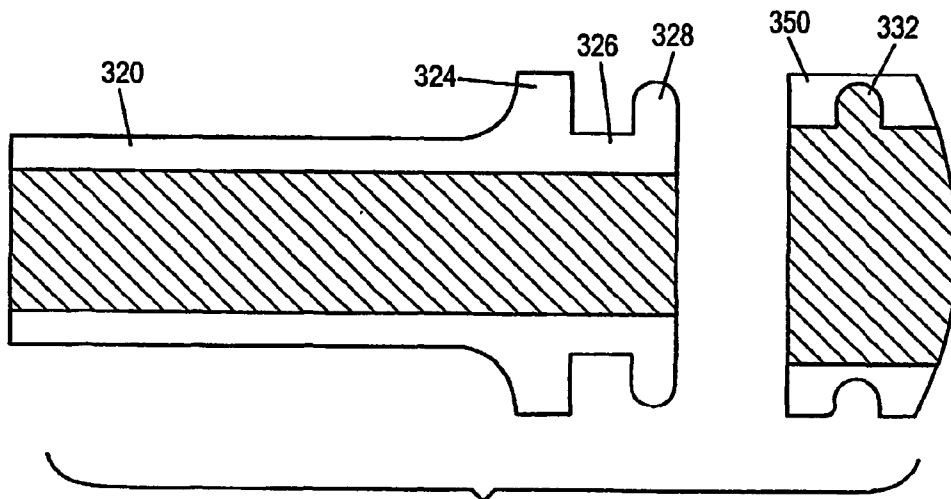
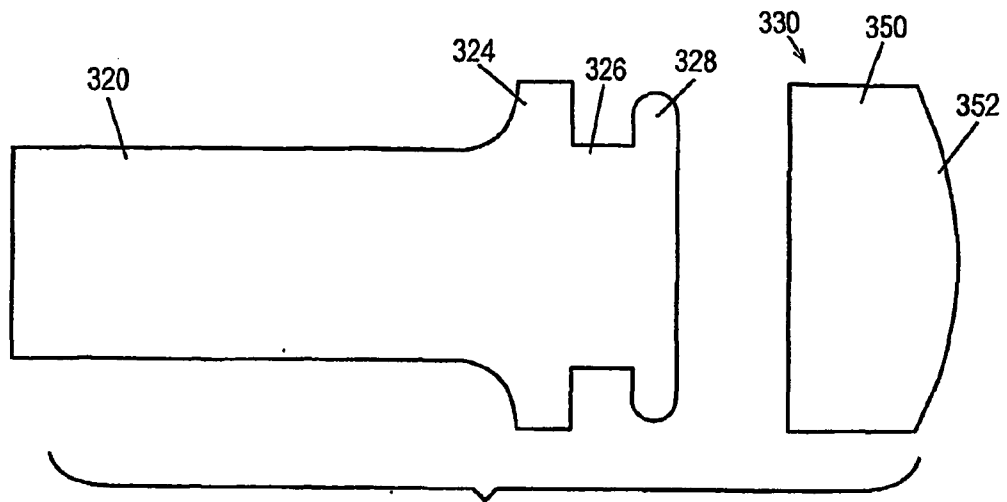


Fig. 19B



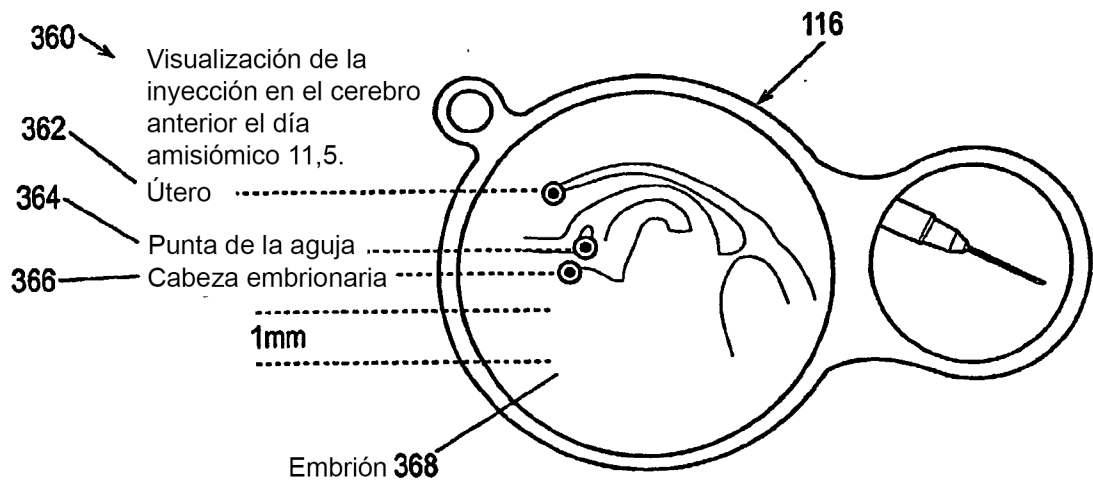


Fig. 24

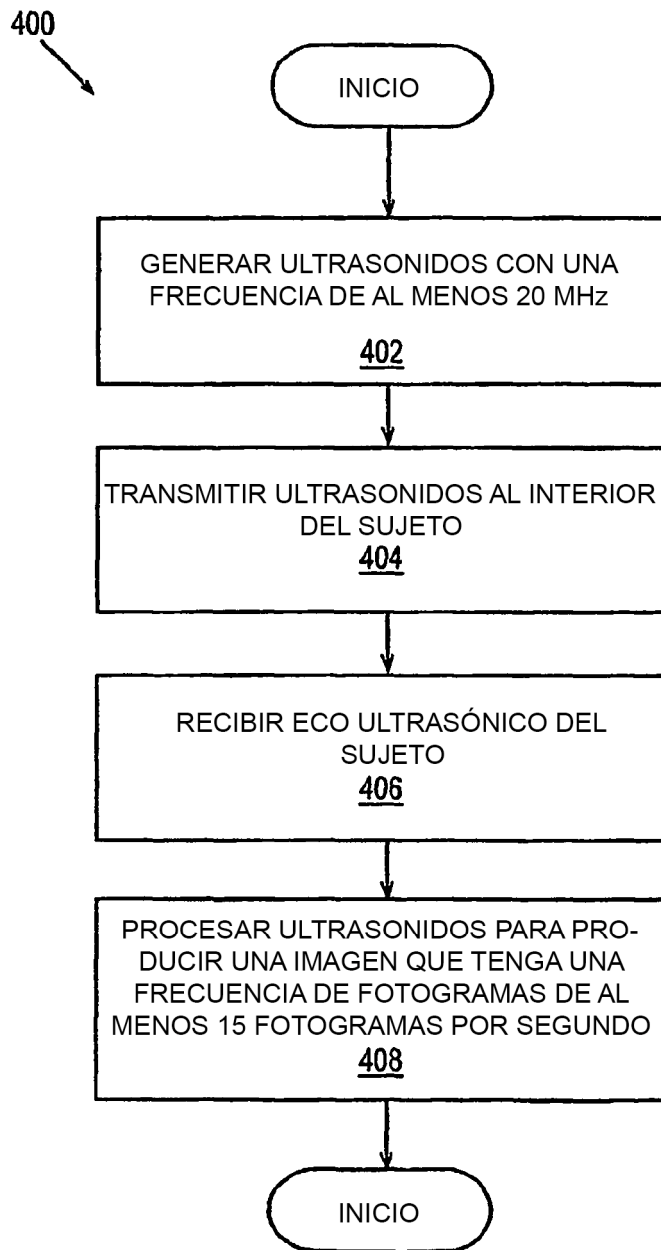


Fig. 25