

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 638**

51 Int. Cl.:
G01N 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06839826 .2**
96 Fecha de presentación: **10.11.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1957965**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2008**

54 Título: **Sistema de medición de la conductancia/resistencia laminar**

30 Prioridad:
14.11.2005 US 736416 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.05.2012

73 Titular/es:
**LEHIGHTON ELECTRONICS INC.
P.O. BOX 328
LEHIGHTON, PA 18325, US**

72 Inventor/es:
**BLEW, Austin;
BRONKO, Mike;
MURPHY, Steven, C. y
BELL, Steve**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 380 638 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 medición de la conductancia/resistencia laminar

Campo de la invención

5 La invención versa en general, acerca de un sistema mejorado para la medición de la conductividad laminar de una muestra de material y, más en particular, acerca de un diseño para un sistema de medición de bobina única para determinar la conductividad laminar de una amplia variedad de tipos de muestras de material.

Antecedentes

10 Después de su fabricación, y tras diversas etapas durante el tratamiento, a menudo se somete a ensayo a muestras tales como paneles de vidrio, obleas de semiconductores y otros materiales para una variedad de propiedades físicas, eléctricas, mecánicas y químicas. Un ensayo tal que se lleva a cabo a menudo en muestras laminares es medir la conductancia laminar de la muestra. En un ejemplo, se mide la conductancia (y/o la resistencia) laminar de una oblea de semiconductores para garantizar la ausencia de variaciones no deseables de la resistencia laminar en obleas epitaxiales o implantadas con iones y templadas, antes de añadir caras etapas posteriores de tratamiento requeridas para producir circuitos integrados.

15 Se conoce que la conductancia laminar puede ser medida como una tensión proporcional de CC. El conocimiento de la conductancia laminar de una muestra de material es importante, porque permite la identificación incipiente de defectos en el material antes de emprender caras etapas posteriores de tratamiento que se requieren para producir dispositivos de circuitos integrados modernos. Si la muestra no se atiene a un perfil conocido de conductancia laminar, puede suponerse que hay presente un defecto en la oblea o en una porción de la oblea, y la oblea puede ser desechada o pueden llevarse a cabo etapas adicionales de tratamiento teniendo en cuenta el o los defectos.

20 Típicamente, los procedimientos y los sistemas actuales para medir la resistencia laminar de una muestra usan una configuración con dos bobinas, con una bobina situada en lados opuestos de la muestra sometida a ensayo. El beneficio de tales configuraciones con dos bobinas es que proporcionan dos campos magnéticos que penetran en la muestra o las muestras, y así la muestra es sometida a un campo distribuido de manera relativamente uniforme, lo cual es importante con fin de obtener una medición precisa de la resistencia laminar. Las desventajas de tales sistemas de dos bobinas son que deben ponerse dos bobinas bastante cerca entre sí para que el procedimiento de las corrientes parásitas sea eficaz, lo cual limita el espesor total de la muestra que debe medirse. Además, para los denominados sistemas de dos bobinas "en serie aditiva", la medición de muestras de gran diámetro requiere mayores longitudes de conductor entre las bobinas, lo que puede dar como resultado problemas de frecuencia y de pérdidas, reduciendo así la estabilidad del circuito que genera el campo magnético. En consecuencia, las mediciones obtenidas tienen una precisión menor de la deseable.

Además, puede resultar difícil y llevar mucho tiempo mover muestras grandes dentro y fuera de las bobinas opuestas y colocarlas debidamente cuando hay implicada una pluralidad de emplazamientos de medición.

35 Así, existe la necesidad de un sistema mejorado para medir la conductancia laminar de muestras de material. Específicamente, existe la necesidad de un dispositivo de ensayo de conductancia laminar que sea fácilmente amovible y posicionable con respecto a la muestra para permitir el ensayo sin mucha manipulación y posicionamiento de la muestra, así eliminando la necesidad de que la muestra sea movida entre un par de bobinas y permitiendo por ello el ensayo práctico de muestras mayores y más gruesas.

40 También existe la necesidad de un dispositivo que pueda ser usado para ensayar materiales distintos de los materiales tradicionales de semiconductores y/o paneles planos. Por ejemplo, sería deseable proporcionar un sistema no invasivo para llevar a cabo mediciones de la conductancia en auxilio de varios análisis médicos de diagnóstico, tales como la monitorización de la circulación de la sangre y la oxigenación de tejidos humanos. Las técnicas anteriores que usan ultrasonidos son capaces únicamente de mostrar, por ejemplo, si un vaso sanguíneo permite una circulación satisfactoria, pero pueden seguir sin mostrar si el oxígeno procedente de la sangre que circula está siendo movido de forma adecuada al tejido circundante, proporcionando con ello un indicador de la salud general del tejido. Así, sería ventajoso proporcionar un sistema que pueda identificar situaciones en las cuales la circulación sanguínea es satisfactoria pero en la que, no obstante, el tejido puede seguir muriendo. Tales sistemas proporcionarían ventajosamente al personal médico información que no está disponible en la actualidad mediante técnicas no invasivas.

50 El documento US 6.549.006 B2 da a conocer un sistema y un procedimiento para medir la resistencia laminar de revestimientos metálicos en productos de obleas de semiconductores, comprendiendo el sistema una bobina para crear un campo magnético adyacente a una muestra, estando construida la bobina de núcleo de ferrita. El sistema comprende además un oscilador conectado a la bobina y un circuito de control automático de ganancia conectado al oscilador para detectar un cambio de tensión causado por la muestra cuando la muestra es expuesta al campo magnético.

55

El documento DE 23 09 889 A1 da a conocer un procedimiento y un aparato para el control de calidad de puntos de soldadura usando corrientes parásitas. Se usa una bobina que proporciona un campo de automatización para crear corrientes parásitas en un punto de soldadura que ha de ser medido, de modo que el volumen del punto de soldadura influya en los datos de la bobina de tal modo que, en base a las señales de la bobina, puedan extraerse conclusiones relativas al tamaño del punto de soldadura. Se usa una bobina que comprende dos devanados y un núcleo envolvente de ferrita. El núcleo envolvente de ferrita está situado dentro de un asa de plástico que proporciona cierta distancia con respecto al punto de soldadura que debe ser controlado.

Resumen de la invención

Las desventajas hasta ahora asociadas con la técnica anterior son superadas por el diseño de la invención de un sistema de medición de la conductancia/resistencia laminar con una sola bobina.

Se da a conocer un sistema para la medición de la conductancia de una muestra de material que comprende una bobina de ferrita para crear un campo magnético adyacente a la muestra que ha de ser sometida a ensayo, un oscilador conectado a la bobina de ferrita para aplicar una tensión a la bobina y un circuito de control automático de ganancia conectado al oscilador para detectar un cambio de tensión causado por la muestra cuando la muestra es colocada adyacente a la bobina de ferrita y expuesta al campo magnético, siendo proporcional el cambio de tensión a una conductancia de la muestra, siendo la bobina de ferrita una bobina de núcleo envolvente de ferrita.

El sistema comprende, además, un alojamiento amovible en el que la bobina envolvente de ferrita, el oscilador y el circuito de control automático de ganancia están contenidos dentro del alojamiento de tal modo que una porción de la bobina envolvente de ferrita sea posicionable adyacente a la muestra para exponer la muestra al campo magnético. El sistema puede comprender, además, un conjunto de ajuste automático y un controlador de ordenador, estando conectado el conjunto de ajuste automático al alojamiento amovible para situar automáticamente la bobina en un emplazamiento deseado con respecto a la muestra. El conjunto de ajuste automático puede ser regulable a lo largo de tres ejes mutuamente perpendiculares, estando programado el controlador de ordenador para mover el conjunto de ajuste automático hasta una posición deseada en respuesta a una instrucción del usuario o a una rutina programada de antemano.

El sistema puede comprender, además, un sensor de desplazamiento y un bucle de control de realimentación. El sensor de desplazamiento puede estar configurado para medir la distancia entre la bobina y la muestra y comunicar información relativa a dicha distancia a dicho controlador de ordenador por medio de dicho bucle de realimentación. El controlador de ordenador puede ser operable para regular automáticamente la posición de la bobina con respecto a la muestra para mantener una distancia predeterminada entre la bobina y la muestra. El sistema puede comprender, además, una memoria asociada con la bobina, siendo capaz la memoria de almacenar una pluralidad de valores de conductancia para dicha muestra. Puede haber asociado un procesador con dicha memoria, estando configurado el procesador para ejecutar instrucciones para el desarrollo de información de tendencias a partir de dicha pluralidad de valores de conductancia.

Breve descripción de los dibujos

Los detalles de la invención, tanto en cuanto a su estructura como a su operación, pueden ser obtenidos por un repaso de los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia semejantes se refieren a partes semejantes, y en los cuales:

la **FIG. 1** es un diagrama de bloques de una placa de conductancia para ser usada con el conjunto de ensayo de bobina única de la invención;

la **FIG. 2** es un esquema detallado de la placa de conductancia de la FIG. 1;

la **FIG. 3** muestra los campos magnéticos asociados con un conjunto de ensayo de bobina única;

la **FIG. 4** muestra el efecto de las corrientes parásitas en una muestra expuesta a los campos magnéticos mostrados en la FIG. 3;

la **FIG. 5** es una vista isométrica de una unidad modular de alojamiento para el conjunto de ensayo de bobina única;

la **FIG. 6** es una vista despiezada del conjunto de ensayo de la FIG. 5 que muestra la colocación del módulo de componentes electrónicos y de la bobina única dentro de la unidad de alojamiento;

la **FIG. 7** es una vista en perspectiva del conjunto de ensayo de bobina única, en el alojamiento de la **FIG. 5**, instalado además en un mecanismo automatizado de posicionamiento;

la **FIG. 8** es una vista en planta de una disposición alternativa de la bobina;

la **FIG. 9** es una vista isométrica de una unidad modular alternativa de alojamiento para el conjunto de ensayo de bobina única;

la **FIG. 10** es una vista isométrica de la unidad modular de alojamiento de la FIG. 9, instalada en un mecanismo automatizado de posicionamiento;

5 la **FIG. 11** es una vista isométrica de un mecanismo adicional alternativo automatizado de posicionamiento.

Descripción detallada

Se dan a conocer un procedimiento y un aparato para medir la conductancia laminar (mhos/cuadrado) de una muestra (por ejemplo, oblea de semiconductores, panel plano, tejido biológico, otro material conductor, etc.) usando una sola bobina detectora de muestras.

10 Con referencia a la **FIG. 1**, un diagrama de circuito de una placa ejemplar 14 de conductancia comprende una sola bobina 4 y circuitería asociada, que comprende un oscilador 2, un rectificador 3 de picos, un circuito 5 de control automático de ganancia (CAG), un amplificador 7 de corriente y potenciómetros 9, 11 de puesta a cero y de ajuste de ganancia.

15 En operación, la bobina 4 única es colocada adyacente a la muestra 6 que debe ser sometida a ensayo, y la bobina 4 —excitada por el oscilador 2— genera una tensión de CA y un campo (flujo) magnético en proximidad a la muestra 6. Parte del circuito tanque de un oscilador marginal 2 está incluida con un condensador 13 en el módulo encapsulado 14 de la placa de circuitos. Una salida de tensión de aproximadamente 3 V entre picos es aplicada a la muestra 6 y es controlada por el CAG 5. Cuando la muestra 6 es sometida a ensayo, se hace disminuir la amplitud entre picos dependiendo de la conductancia de la muestra 6, causando pérdidas por el calentamiento por efecto Joule, etc. El CAG 5 detecta este aumento y se aplica corriente adicional para obtener la tensión original entre picos. La corriente adicional aplicada es proporcional a la conductancia laminar de la muestra 6 que está siendo sometida a ensayo.

20 Para correlacionar el cambio de tensión con un valor de conductancia de la muestra 6, el sistema puede ser calibrado en primer lugar usando una oblea estándar, un fantasma tisular o una muestra similar de calibración que tenga propiedades conocidas. Para hacer esto, la circuitería —que puede estar compuesta de amplificadores operativos de circuitos integrados (véase la **FIG. 2**)— puede ser puesta a cero sin una muestra. El estándar puede ser colocado entonces adyacente a la bobina 4 y regulada la ganancia del circuito por medio de una resistencia de retroalimentación en un amplificador operativo, u otro procedimiento apropiado, para obtener la debida salida corregida en temperatura según el valor estándar. Cuando, a continuación, se coloca la muestra 6 de ensayo adyacente a la bobina 4, la señal de tensión variará, por cuanto se relaciona con la conductancia laminar de la muestra 6.

25 Con referencia de nuevo a la **FIG. 1**, la monitorización del CAG 5 del oscilador 2 que excita la bobina 4 genera una tensión de CA, proporcionando la bobina 4 detectora de la muestra un campo magnético adyacente a la muestra 6. La cantidad de energía que absorbe la muestra creando corrientes parásitas hace que la potencia del oscilador cambie. El CAG compensa este cambio en energía, produciendo así un cambio de tensión de CC. El sistema mide la tensión de CC antes de mover la muestra 6 adyacente a la bobina 4 y después de que la muestra sea movida adyacente a la bobina 4. La diferencia en la tensión proporcional de CC (es decir, la diferencia entre las mediciones con y sin una muestra adyacente a la bobina 4) puede ser capturada por un ordenador o un voltímetro para calcular o determinar de otra manera la conductancia laminar de la muestra 6. Esta determinación puede incluir la incorporación de un circuito inversor para obtener la resistencia laminar o resistividad masiva, siendo la resistencia laminar la inversa de la conductancia laminar. La resistividad masiva también puede ser calculada a partir del valor de la resistencia laminar con un espesor (introducido o medido) conocido. En el caso de muestras con resistencia elevada, el procedimiento de ensayo puede incluir, además, una etapa de “calibración de carril”, que compensa la firma magnética de los carriles de manipulación, si se usan para soportar o mover la muestra 6.

30 La **FIG. 3** muestra una disposición de bobina “única” 4 con un campo magnético de RF instantáneo. Se muestra una sección transversal de una bobina 4 de núcleo envolvente con el campo magnético asociado al que será sometida la muestra 6. La **FIG. 4** muestra el efecto de la corriente parásita en una muestra 6 expuesta a los campos magnéticos de la bobina “única” 4 de la FIG. 3. La muestra 6 está situada a un espacio conocido “G” de la bobina 4, y se aplica el campo magnético, causando corrientes parásitas 15 dentro de una región 17 de la muestra sometida al campo. Se apreciará que el área del campo magnético (y, así, la región 17 de prueba) será igual al área de la ferrita de la bobina “única” 4. Obsérvese que el espacio “G” será la misma distancia en la que se coloca la muestra de calibración durante la etapa de calibración, tal como se ha descrito previamente.

35 El beneficio de usar una disposición de bobina única 4, en comparación con las disposiciones anteriores de doble bobina, es que puede permitir la medición versátil de muestras 6 que tienen grosores mayores o variables. También puede reducir el número total de componentes eléctricos y mecánicos del sistema, lo que puede reducir costes de fabricación, reparación y de materiales. Los retos del diseño de un sistema de bobina única incluyen la necesidad de mantener el espacio “G” (distancia del eje z (véase la **FIG. 4**)) entre la bobina 4 y la muestra 6 a un valor constante

dentro de una tolerancia elevada para producir mediciones que tengan una precisión deseada. Además, cuando la muestra sometida a ensayo tiene un espesor desigual, ya sea debido al proceso de fabricación o a la topografía natural de la muestra (por ejemplo, la superficie de brazos, piernas humanos, etc.), pueden requerirse ajustes constantes para garantizar que la bobina única esté debidamente colocada con respecto a la muestra para garantizar que se mantenga el espacio deseado. Así, pueden usarse sistemas de control de realimentación en combinación con la bobina única 4 para garantizar que se mantenga el espacio deseado, como se describirá después con mayor detalle.

El tamaño de la bobina puede determinar el intervalo de la medición del espacio "G" entre la bobina 6 y la muestra 4. Este "intervalo" representa el intervalo de detección de la medición a partir del cual puede obtenerse un valor de calibración estándar. Cuanto menor sea la bobina 4, menor será el intervalo total permisible del espacio. Así, para una bobina de 63,5 mm, el intervalo óptimo del espacio "G" entre la bobina 4 y la muestra 6 está entre aproximadamente 0,127 mm y aproximadamente 5,08 mm. Para una bobina de 25,4 mm, el intervalo óptimo de la "G" entre la bobina 4 y la muestra 6 está entre aproximadamente 0,254 mm y aproximadamente 2,032 mm. Para una bobina de 14 mm, se halló que este intervalo de calibración estaba entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 0,254 mm.

Así, en uso, puede colocarse una muestra "estándar" de material (es decir, una muestra con una conductividad laminar conocida) bajo la bobina 4 y puede obtenerse una distancia de espacio "G" dentro de los intervalos antes mencionados (dependiendo del tamaño de la bobina). De nuevo, para una bobina de 63,5 mm, esta distancia de espacio "G" puede estar en el intervalo entre aproximadamente 0,127 mm y aproximadamente 5,08 mm. Entonces puede tomarse una lectura "estándar" o valor de calibración, en el valor de espacio seleccionado, usando la bobina 4. Una vez que se ha obtenido el valor de calibración estándar, puede retirarse el estándar e insertarse y someterse a ensayo la muestra 6. Para obtener una precisión deseada de las lecturas de ensayo para la muestra, el espacio "G" debe mantener tan cerca como resulte posible del valor de espacio "G" usando durante la calibración (por ejemplo, si se usó un espacio de 2,54 mm en la calibración, entonces debería mantenerse un espacio de 2,54 mm cuando se tomen las subsiguientes lecturas de la muestra 6). Los inventores han hallado que para obtener una precisión de las mediciones de resistencia laminar en menos de un +/-3% de la lectura esperada, el espacio debería mantenerse dentro de aproximadamente +/- 0,1524 mm del valor del espacio usado para tomar la lectura "estándar" para una bobina de 63,5 mm, dentro de aproximadamente +/- 0,1016 mm del valor del espacio usado para tomar la lectura "estándar" para una bobina de 25,4 mm; y dentro de aproximadamente +/- 0,0762 mm del valor del espacio usado para tomar la lectura "estándar" para una bobina de 14 mm.

Tal como se apreciará, para tamaños pequeños de bobina (por ejemplo, 14 mm), puede resultar posible tomar mediciones de la muestra simplemente poniendo en contacto la bobina 4 con la muestra 6, o usando una lámina muy delgada de plástico u otro material barrera entre la bobina y la muestra. esto puede eliminar problemas asociados con el mantenimiento de un espacio deseado "G" entre la bobina 4 y la muestra 6, en particular cuando se encuentra una topografía desigual de la muestra. en un ejemplo en el que la "muestra" 6 es una región de la pierna de un paciente, puede usarse el sistema para confirmar una permeancia satisfactoria de la sangre a través de una arteria particular. Debido a la naturaleza desigual de la superficie de la pierna, puede resultar difícil garantizar que se mantenga un espacio constante entre la bobina 4 y la piel, y el mantenimiento de un espacio puede resultar posible únicamente mediante el uso de un sistema automatizado de posicionamiento. Así, puede resultar más fácil simplemente poner en contacto a la bobina 4 con la piel y medir diferentes áreas o segmentos subiendo o bajando por la pierna. Se apreciará que tal procedimiento de contacto puede no ser deseable para todos los casos, tales como cuando el paciente objeto de monitorización es una víctima de quemaduras. Además, si la muestra que ha de ser sometida a ensayo es una oblea de semiconductores o un panel plano, típicamente no será deseable poner en contacto la muestra con la bobina.

Así, para los casos en los que sea deseable mantener un espacio "G" entre la bobina 4 y la muestra 6, puede integrarse un dispositivo automático de posicionamiento en el sistema para proporcionar una realimentación constante y posicionamiento/reposicionamiento de la bobina 4 con respecto a la muestra 6. Así, puede usarse un dispositivo automático de posicionamiento para mantener el espacio deseado entre la bobina 4 y la muestra 6, tal como se describirá después con mayor detalle.

Con referencia a la **FIG. 5**, se muestra el conjunto 10 de ensayo de bobina única según la presente invención, que incluye la bobina 4 y el módulo asociado 14 de componentes electrónicos. El conjunto 10 permite la manipulación, el transporte y la colocación sencillos de la bobina y los componentes electrónicos. Así, el conjunto de ensayo comprende un compartimento 12 que aloja un módulo 14 de medición de componentes electrónicos y la bobina 4. El módulo 14 de medición de componentes electrónicos, tal como se ha descrito previamente en relación con las **FIGURAS 1 y 2**, comprende la circuitería usada para excitar la bobina 4 y para obtener una medición de una muestra 6. La **FIG. 6** muestra el módulo 14 de medición de componentes electrónicos desconectado del conjunto 10, ilustrando la colocación del módulo dentro del alojamiento. Tal como se muestra en la parte superior, se prevé el acceso a los potenciómetros 16, 18 de puesta a cero y de ajuste de ganancia (**FIG. 5**), que se usan para calibrar el sistema. También se muestra un conector 20 para acceder a la señal de salida analógica de tensión y un conector 22 de patillas para las terminaciones de entrada de corriente. Hay configurada una escuadra 24 para conectar el

conjunto 10 de ensayo de bobina única a un sistema automatizado de posicionamiento, tal como el mostrado en la **FIG. 7**. No se muestran las conexiones externas requeridas para suministrar energía a la unidad.

Con referencia de nuevo a la **FIG. 6**, la bobina única 4 está montada directamente adyacente al módulo 14 de medición de componentes electrónicos. Esta configuración minimiza la distancia entre la bobina 4 y el módulo 14 de medición, lo que elimina la necesidad de mayores longitudes de cables conductores, y así mejora la relación señal-ruido del sistema. Se apreciará que el diseño del conjunto 10 no está limitado al tamaño de ningún conjunto concreto de bobina de tamaño particular y, por lo tanto, en esta configuración podrían usarse fácilmente varias bobinas de diferentes tamaños.

Este conjunto 10 de ensayo de bobina única está diseñado para ser montado por medio de la escuadra 24 (véase la **FIG. 7**) en un dispositivo 26 de posicionamiento, que puede ser usado para colocar con precisión la bobina 4 en una ubicación o ubicaciones deseadas adyacente a la muestra 6. El dispositivo 26 de posicionamiento colocará el conjunto 10 de ensayo de bobina única en una ubicación deseada con respecto a la muestra 6 en las direcciones x, y y z. Con referencia ahora a la **FIG. 7**, se muestra el conjunto 10 de ensayo de bobina única instalado en un mecanismo ejemplar 26 de posicionamiento que, en la realización ilustrada, es un conjunto de pórtico ajustable, tal como un conjunto externo de mesa CNC (controlada numéricamente por ordenador) con ejes x, y y z. Se presenta la muestra 6 sometida a ensayo colocada debajo del conjunto 10 de ensayo de bobina única. La colocación del conjunto de ensayo de bobina única es proporcionada por el controlador CNC, permitiendo así un control preciso y exacto del posicionamiento en el eje x, el eje y y el eje z. Los controles de los ejes x e y pueden ser usados para definir el lugar en la superficie superior de la muestra 6 en el que debe tomarse una medición particular. Puede proporcionarse un control separado del eje z para mantener el espacio predeterminado "G" entre la bobina única 4 y la muestra 6. El procedimiento de posicionamiento garantiza que puedan obtenerse resultados de medición precisos y repetibles proporcionando un espacio de distancia conocida entre la bobina única 4 y la muestra 6. Esta disposición también garantiza el mantenimiento de una densidad de flujo magnético deseada en proximidad a la muestra 6.

Pueden usarse varias técnicas para ajustar y verificar el espacio "G" entre la bobina 4 y la muestra 6 para garantizar la precisión de los valores medidos de la resistencia laminar. En un ejemplo, puede usarse un sistema de medición neumática sin contacto para verificar y controlar la distancia de seguridad (espacio "G"), tal como el SimgaTech Σ9600M, vendido por SigmaTech, de Tempe, Arizona. Alternativamente, puede usarse un sistema de medición por fibra óptica sin contacto, como los vendidos por Philtec, Inc., de Annapolis, Maryland. También se contemplan sistemas de medición basados en láser.

Estos sistemas de medición pueden ser usados en combinación con un sistema de control de realimentación para verificar el espacio "G" y para ajustar automáticamente el espacio cuando sea necesario. Así, el control del eje z puede ser verificado en cada punto de ensayo, y la distancia del espacio "G" puede ser ajustada antes de tomar una lectura. Esta verificación puede ser llevada a cabo manual o puede formar parte de la automatización total del sistema, para que esté controlada por el ordenador 46 (véase la **FIG. 10**).

Se apreciará que cuando la muestra 6 comprende una oblea, un panel plano o similar, la muestra puede ser manipulada (es decir, movida en el mecanismo 26 de posicionamiento) usando cualquiera de varias técnicas conocidas de automatización, tales como manipuladores robóticos y similares.

En la **FIG. 8** se muestra una disposición ejemplar de doble bobina que no está dentro del alcance de la invención, en la que se proporciona la bobina 28 de núcleo en U que tiene un material de ferrita conformado en la forma de la letra "U". Fijada a cada extremo de la "U" hay una bobina 30A, 30B es alambre enrollado. Ambas bobinas 30A, 30B están mutuamente enfrentadas, y pueden ser varillas rectangulares o cilíndricas de diversos tamaños y/o formas. La bobina 28 de núcleo en U utilizaría el mismo módulo 14 de placa de circuitos que el descrito en relación con las **FIGURAS 1 y 2**, con la excepción de que la configuración mostrada en la **FIG. 8** tendría una conexión o trayectoria de "retorno" entre los núcleos de cada bobina 30A, 30B. El beneficio de tal bobina de núcleo en U es que puede dar como resultado un campo magnético más uniforme en el espacio entre las bobinas, dado que con los sistemas tradicionales de doble bobina es a menudo difícil proporcionar ambas bobinas con una inductancia idéntica, ya que las bobinas pueden estar enrolladas a mano. Así, con un núcleo con forma de U, se crea una trayectoria entre las bobinas 30A, 30B para que el flujo magnético sea compartido y se iguale cualquier desigualdad que exista entre las bobinas.

Tal como se ha hecho notar, el dispositivo de ensayo de bobina única puede estar particularmente bien preparado para su uso en la realización de procedimientos médicos de diagnóstico, tales como verificar la circulación y/o la oxigenación de tejido muscular. Así, el dispositivo puede ser usado para escanear extremidades o miembros de pacientes para obtener una determinación no invasiva de la salud del tejido del paciente debido a los cambios de conductividad causados por estímulos ya sea internos o externos, tal como enfermedades, lesiones u otras causas médicas que afecten a la salud de tejidos biológicos. El procedimiento básico usado para medir tejido biológico puede ser similar al descrito previamente en relación con la medición de la muestra 6. La técnica de medición tisular puede ser manual o un procedimiento automatizado.

Tanto la muestra como la bobina podrían ser amovibles entre sí. Se apreciará además que el tamaño (área, así como grosor) de la muestra que ha de ser medida usando este sistema está limitada únicamente por el tamaño físico de la mesa de posicionamiento y no por el conjunto de ensayo de bobina única.

5 Con referencia a la **FIG. 9**, se da a conocer una unidad 32 de mano para ser usada en una aplicación médica de diagnóstico. La unidad 32 de mano encierra la bobina única 4 y el módulo 14 de componentes electrónicos, y puede ser conectada a una fuente externa de electricidad y a un ordenador por medio del cable 34. El cuidador médico puede colocar la bobina sensora 4, en uso, en diferentes áreas del tejido para medir la conductancia del tejido subyacente. Por ejemplo, la unidad 32 puede ser colocada en la pantorrilla de la pierna de un paciente para medir y registrar la conductancia usando un ordenador o un microprocesador asociados. La información de conductancia 10 puede ser almacenada en la memoria, y pueden realizarse comparaciones entre los valores reales medidos del tejido del paciente y valores almacenados de conductancia "estándar" asociados con la conductancia de tejidos normales. Usando tal comparación, puede realizarse una determinación relativa a la salud del tejido, que puede ayudar al profesional de la medicina a realizar una diagnosis o un tratamiento de la salud del tejido.

15 Alternativamente, la unidad 32 puede ser sujeta a una extremidad para la monitorización constante de un paciente durante un periodo de tiempo en varias situaciones, tales como durante una cirugía o durante un periodo de recuperación subsiguiente. La unidad 32 puede estar alimentada por baterías y ser portátil. Así, la unidad puede ser sujeta al paciente y almacenar lecturas de conductividad durante un periodo de tiempo en la memoria incorporada. Periódicamente, la información almacenada puede ser descargada para su repaso por parte del doctor u otro profesional de la medicina para facilitar una diagnosis continuada de la condición del paciente. La información 20 de conductancia almacenada por la unidad 32 puede ser descargada al ordenador personal del paciente y ser enviada al profesional de la medicina por medio de Internet o de otra red.

La unidad 32 de mano también puede ser adaptada para su uso con un sistema automático 35 de posicionamiento, tal como el mostrado en la **FIG. 10**. El sistema automático 35 de posicionamiento puede comprender elementos 36, 38, 40 de posicionamiento en los ejes x, y y z para permitir el movimiento automatizado de la bobina 4 encerrada 25 dentro de la unidad 32. El sistema 35 de posicionamiento puede comprender, además, un ajuste 42 de rotación para permitir la rotación de la bobina 4 en la dirección "A". El sistema 35 de posicionamiento puede ser montado en una mesa 44 o una plataforma sobre la cual el paciente pueda tumbarse o estar sentado. En una realización, el sistema 35 de posicionamiento está controlado por un ordenador 46, que puede mover los elementos 36, 38, 40 de posicionamiento y el elemento 42 de ajuste de rotación en respuesta a indicaciones específicas del operador. El ordenador 46 puede tener un procesador que ejecute instrucciones para mover los elementos. Los elementos de 30 posicionamiento y el elemento de ajuste de rotación pueden moverse a lo largo de una trayectoria predeterminada bajo el control del ordenador. En una realización, puede usarse el sistema 35 de posicionamiento en combinación con un dispositivo de medición de desplazamiento, tal como se ha descrito previamente para mantener un espacio deseado "G" en una topografía de una muestra desigual. Puede proporcionarse un bucle de realimentación para 35 determinar el desplazamiento entre la bobina 4 y la muestra 6, y para recolocar automáticamente uno o más de los elementos 36, 38, 40, 42 para mantener el espacio deseado "G" dentro de un nivel elevado de precisión.

El sistema puede ser adaptado para ser usado en el escaneo de un paciente mientras está tumbado (**FIG. 10**), o puede proporcionarse un sistema 44 de posicionamiento para acomodar otras orientaciones del paciente. El sistema 40 mostrado en la **FIG. 11** puede ser usado, por ejemplo, para escanear la pierna de un paciente que esté de pie. La paciente puede estar de pie sobre una plataforma 47, con la bobina 4 y el módulo 14 de componentes electrónicos colocados para un movimiento vertical y horizontal con respecto a la plataforma. Puede proporcionarse un par de motores 48, 40 para mover la bobina 4 a lo largo del contorno de la pierna, ayudados por un control de ordenador y un bucle de realimentación, tal como se ha descrito previamente en relación con el sistema de la **FIG. 10**, para mantener una distancia predeterminada del espacio entre la bobina sensora y la superficie que se está midiendo.

45 Controles y opciones adicionales para los sistemas automáticos de posicionamiento de las **FIGURAS 10 y 11** pueden añadir la capacidad de escanear lados diferentes de una zona de medición del paciente, resultado en la construcción de un mapa tridimensional de la conductancia tisular. Además, pueden proporcionarse controles apropiados para permitir que el sistema de ajuste/posicionamiento "aprenda" una trayectoria particular para escáner la anatomía de un paciente específico. Así, en un ejemplo, la bobina 4 puede ser colocada manualmente y movida a 50 lo largo de una trayectoria deseada, tal como la trayectoria de una arteria bajando por la pierna de un paciente. Los movimientos de la bobina 4 podría estar almacenados en memoria y ser usados durante escaneos subsiguientes a lo largo de la misma trayectoria, minimizando así el tiempo requerido para llevar a cabo escaneos de seguimiento.

Esta repetibilidad puede resultar útil para llevar a cabo mediciones diarias o semanales de seguimiento de la circulación para pacientes que toman fármacos diluyentes de la sangre para tratar afecciones tales como isquemia 55 tisular, para determinar si el paciente mejora, está estabilizado o empeora. Además, la técnica descrita podría ser usada en capacidad de investigación por empresas farmacéuticas para determinar cuán bien son absorbidos los fármacos en el corriente sanguíneo.

Además, el sistema puede ser adaptado para diagnosticar lesiones internas, tales como las hemorragias internas, cuando hay disponible poca indicación externa, o ninguna, de lesión. Por ejemplo, puede usarse una bobina 4 para

5 medir la conductancia sanguínea, en particular para detectar la acumulación de sangre en el cuerpo. Una conductancia anormalmente elevada puede ser indicativa de tal acumulación y, así, un paciente de traumatismo puede ser monitorizado en el tiempo para determinar si hay presente tal hemorragia. Un ejemplo claro de la utilidad de tal procedimiento de detección estaría en la priorización del tratamiento de pacientes (es decir, en la clasificación) en tiempos de guerra, cuando se procesan muchos pacientes y cuando una monitorización sencilla de la conductancia de la sangre podría dar como resultado la identificación de un soldado gravemente herido que, por lo demás, podría tener pocas lesiones visibles externamente.

10 Además, los sistemas automatizados de posicionamiento y los componentes electrónicos de medición de la conductancia pueden ser adaptables para la medición de estructuras tales como alas y fuselajes metálicos y no metálicos de avión o de otras estructuras en las que la integridad continuada de la estructura resulte de importancia vital.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para medir la conductancia de una muestra de material que comprende:
- 5 una bobina (4) para crear un campo magnético adyacente a una muestra (6) sometida a ensayo;
 un oscilador (2) conectado a la bobina (4) para aplicar una tensión a la bobina (4); y
 un circuito (5) de control automático de ganancia conectado al oscilador (2) para detectar un cambio de
 tensión causado por la muestra (6) cuando la muestra es colocada adyacente a la bobina (4) y expuesta al
 campo magnético;
 en el que el cambio de tensión es proporcional a una conductancia de la muestra (6),
 10 **caracterizado porque**
 la bobina (4) es una bobina de núcleo envolvente de ferrita y
 el sistema comprende, además, un alojamiento amovible (10, 32), conteniéndose la bobina (4) de núcleo
 envolvente de ferrita, el oscilador (2) y el circuito (5) de control automático de ganancia dentro del
 alojamiento (10, 32), de tal modo que una porción de la bobina (4) de núcleo envolvente de ferrita sea
 posicionable adyacente a la muestra (6) para exponer a la muestra al campo magnético.
- 15 2. El sistema de la reivindicación 1 que, además, comprende un conjunto (26, 35, 44) de ajuste automático y un
 controlador (46) de ordenador, estando conectado el conjunto (26, 35, 44) de ajuste automático a dicho
 alojamiento amovible (10, 32) para situar automáticamente la bobina (4) de núcleo envolvente de ferrita en un
 emplazamiento deseado con respecto a la muestra (6), siendo regulable el conjunto (26, 35, 44) de ajuste
 automático a lo largo de tres ejes mutuamente perpendiculares (x, y, z), en el que al controlador (46) de
 20 ordenador está programado para mover el conjunto (26, 35, 44) de ajuste automático hasta una posición
 deseada en respuesta a una instrucción del usuario o a una rutina pre-programada.
3. El sistema de la reivindicación 2 que, además, comprende un sensor de desplazamiento y un bucle de control
 de realimentación, estando configurado el sensor de desplazamiento para medir la distancia entre la bobina (4)
 de núcleo envolvente de ferrita y la muestra (6) y comunicando información relativa a dicha distancia a dicho
 25 controlador (46) de ordenador por medio de dicho bucle de realimentación, en el que dicho controlador (46) de
 ordenador es operable para regular automáticamente la posición de dicha bobina (4) de núcleo envolvente de
 ferrita con respecto a dicha muestra (6) para mantener una distancia predeterminada (G) entre dicha bobina (4)
 de núcleo envolvente de ferrita y dicha muestra (6).
4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 que, además, comprende una memoria asociada
 30 con dicha bobina (4) de núcleo envolvente de ferrita, siendo capaz dicha memoria de almacenar una pluralidad
 de valores de conductancia para dicha muestra (6), y un procesador asociado con dicha memoria, estando
 configurado dicho procesador para ejecutar instrucciones para el desarrollo de información de tendencias a
 partir de dicha pluralidad de valores de conductancia.

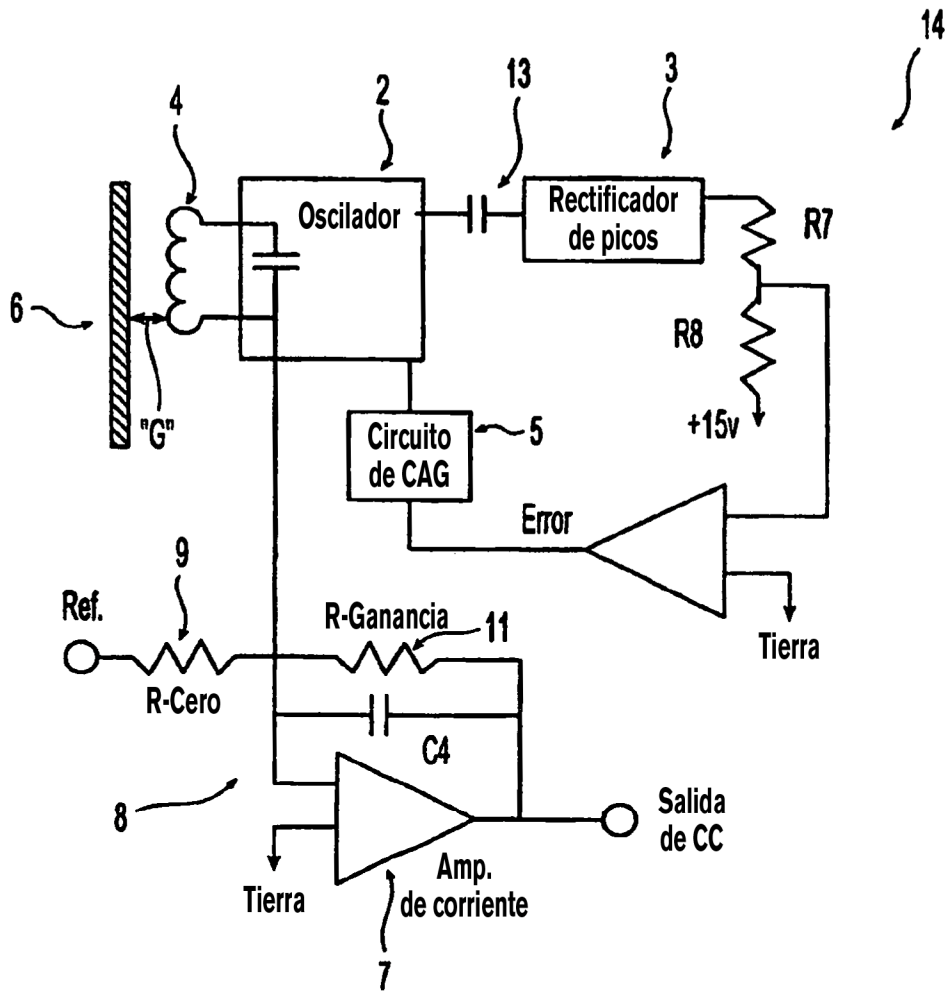


Fig. 1

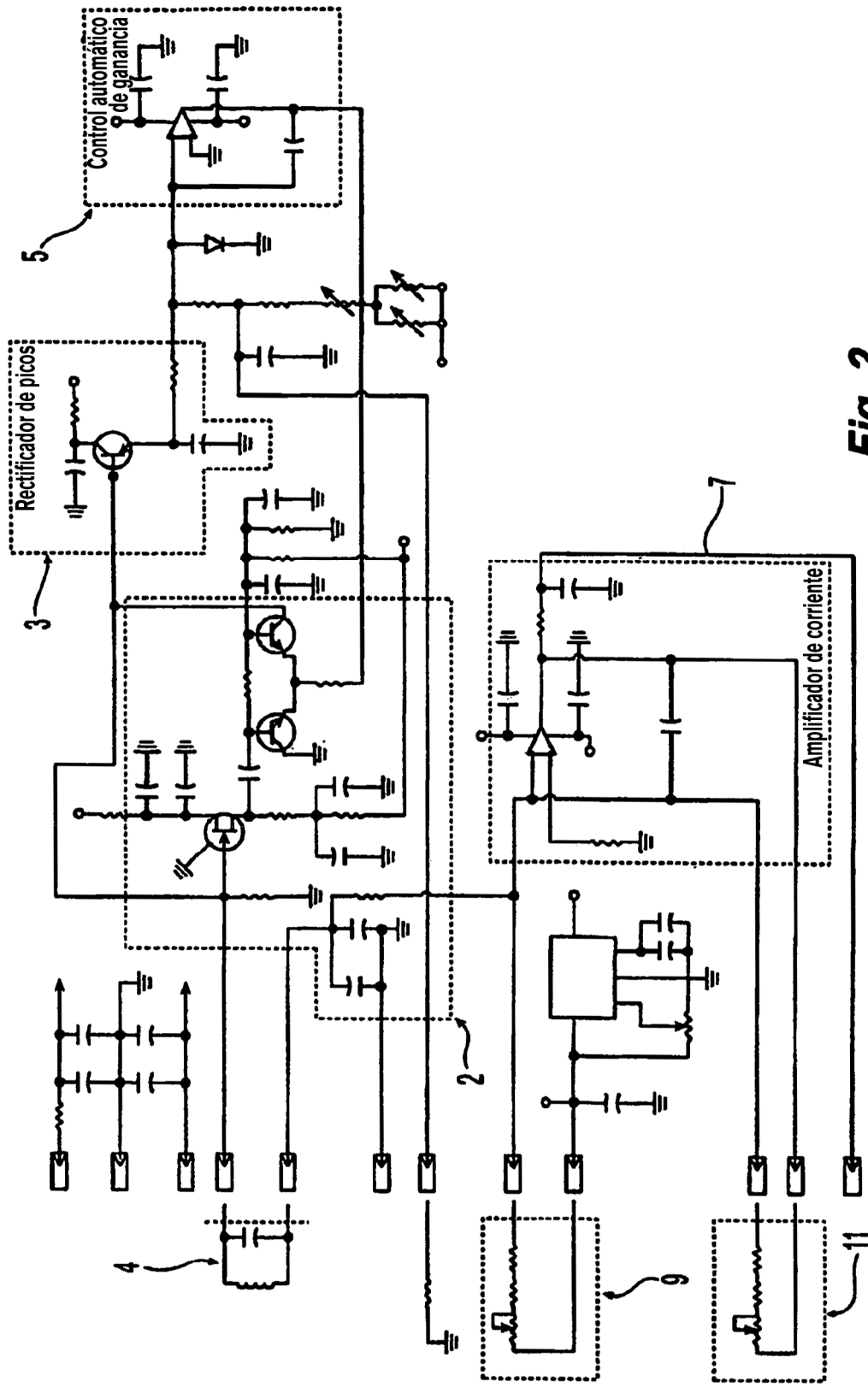


Fig. 2

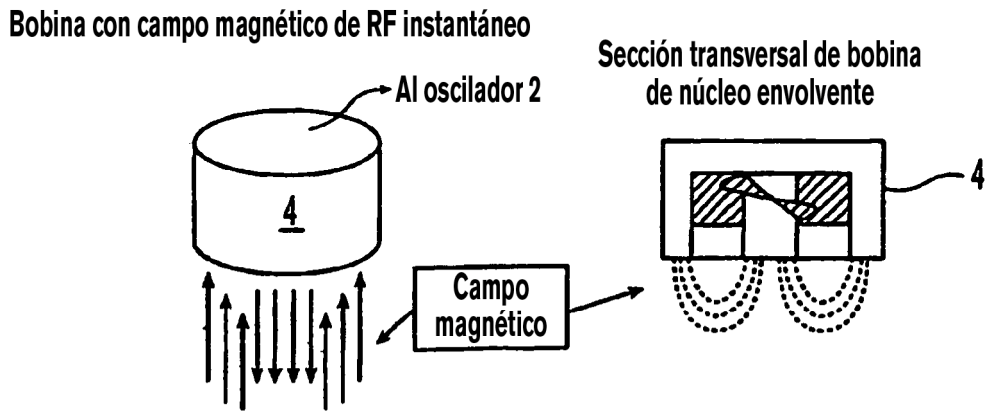


Fig. 3

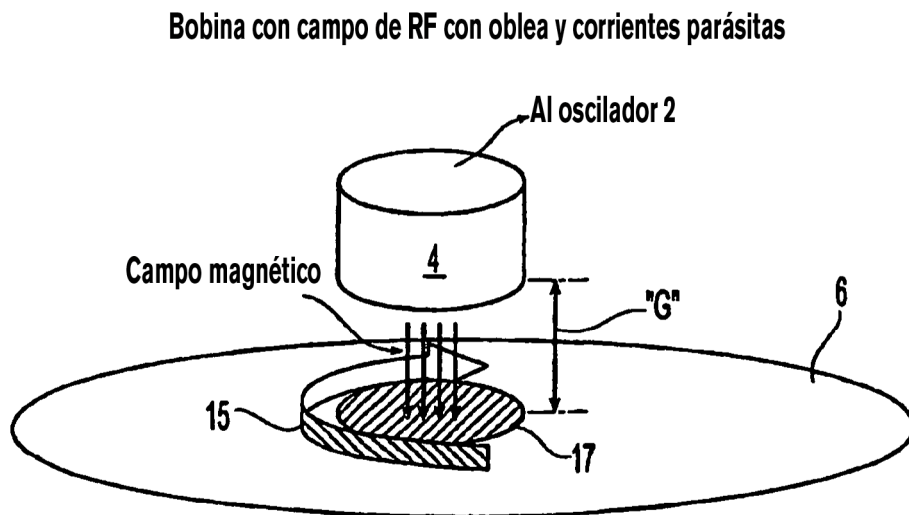


Fig. 4

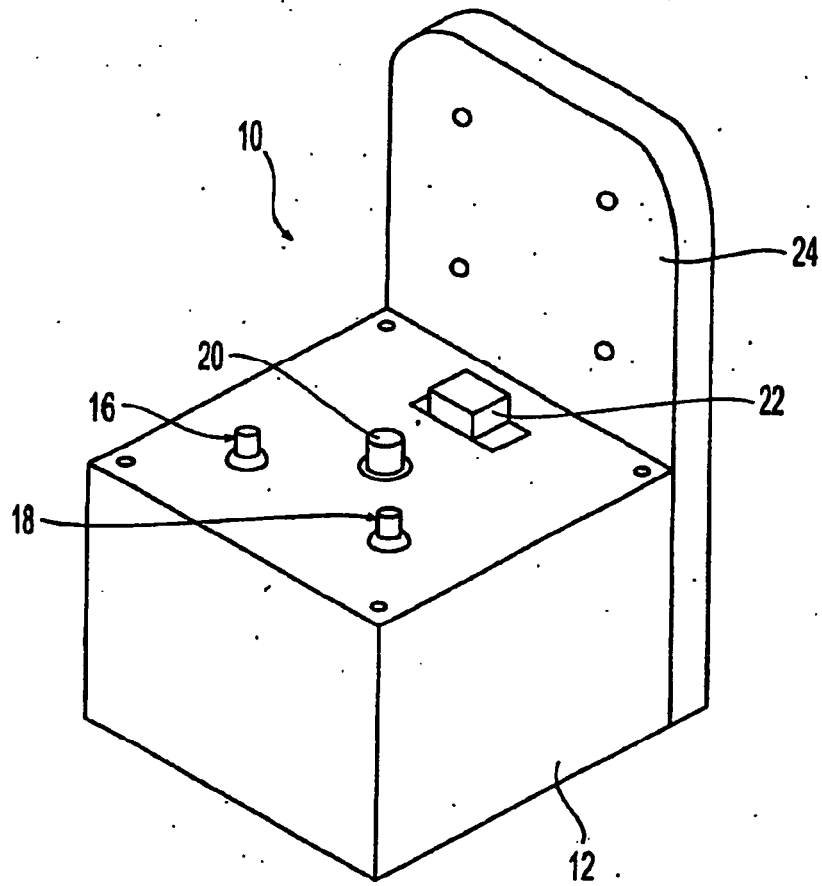


Fig. 5

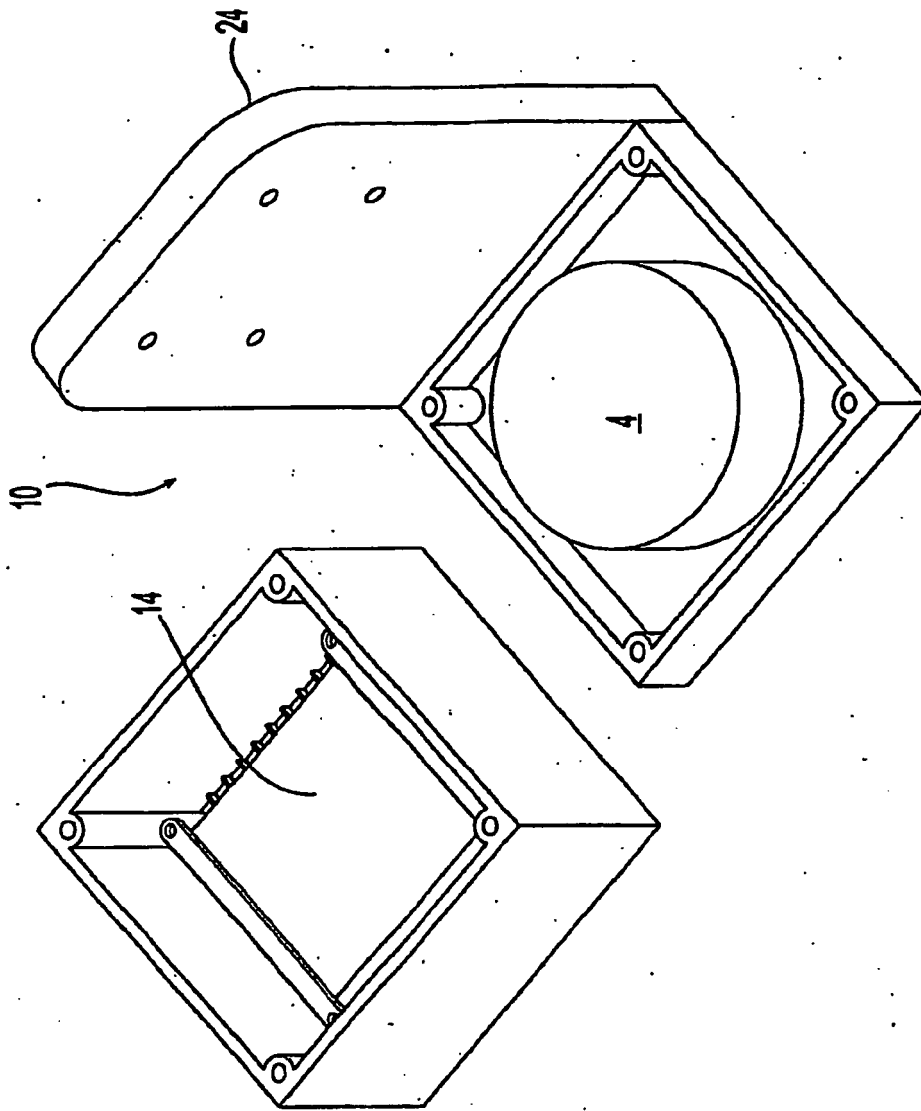


Fig. 6

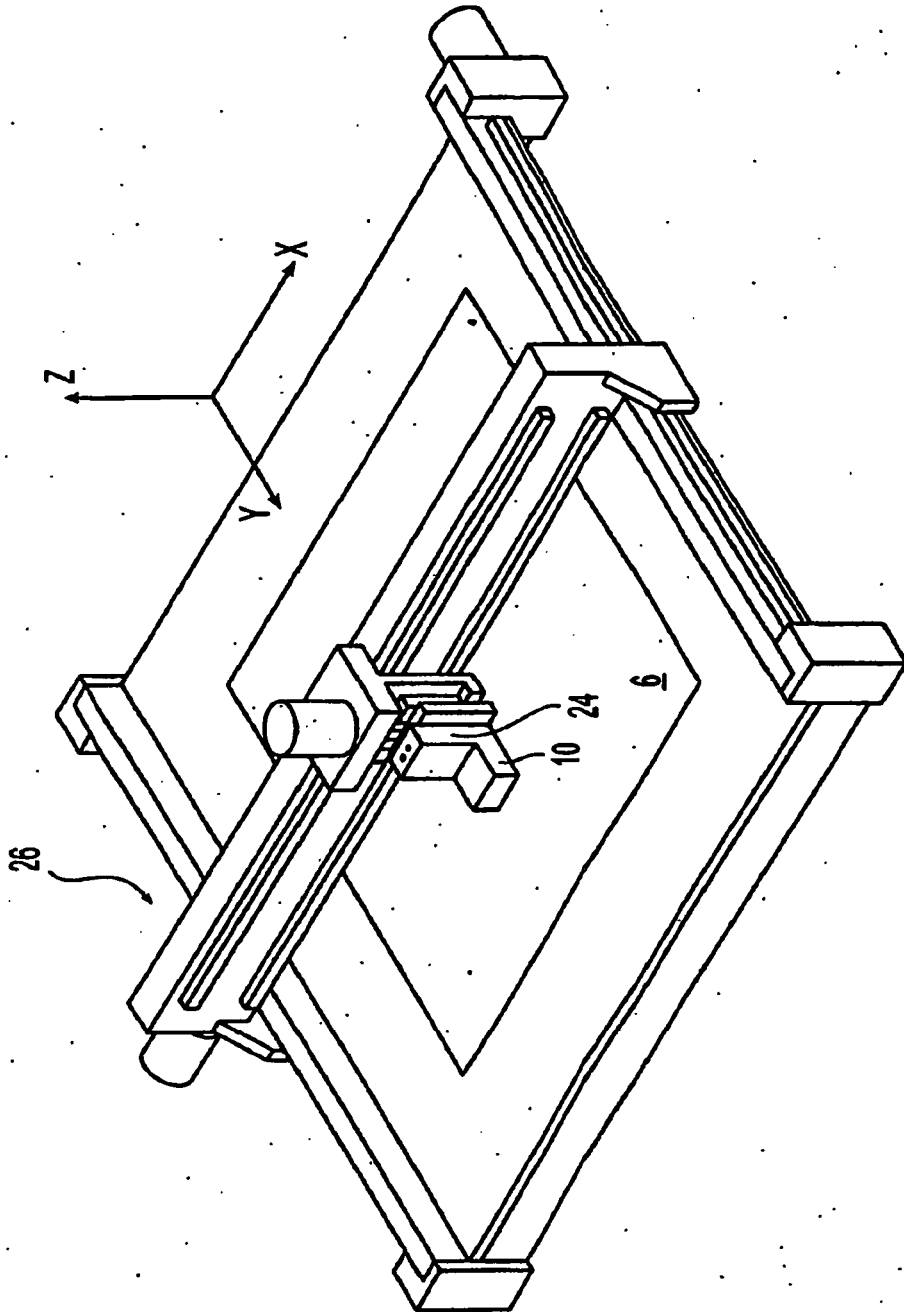


Fig. 7

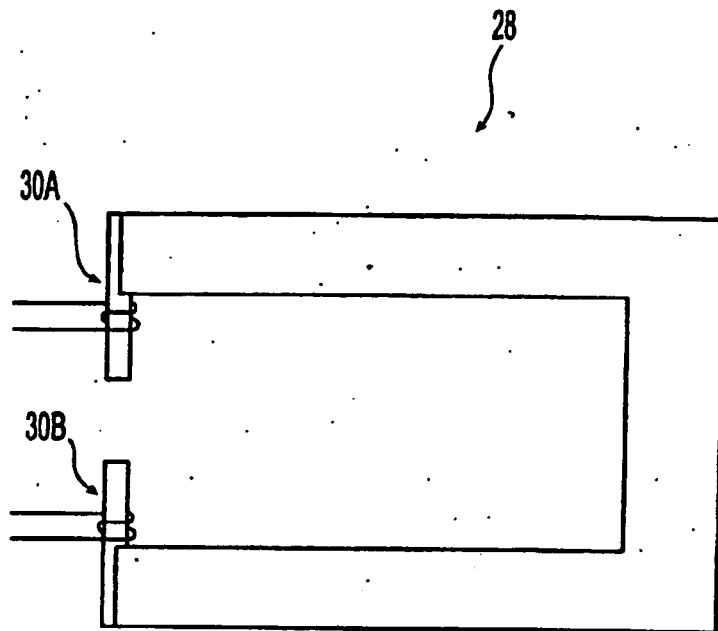


Fig. 8

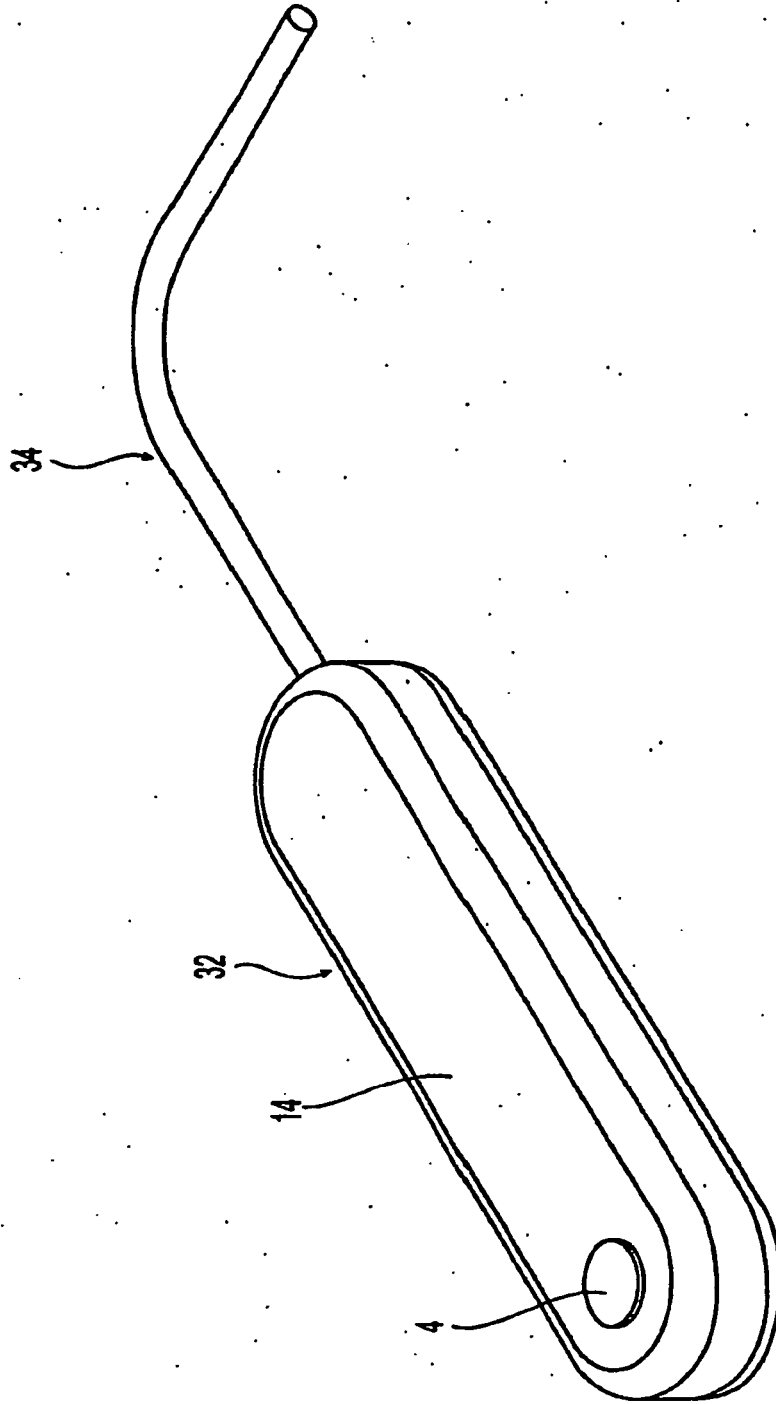


Fig. 9

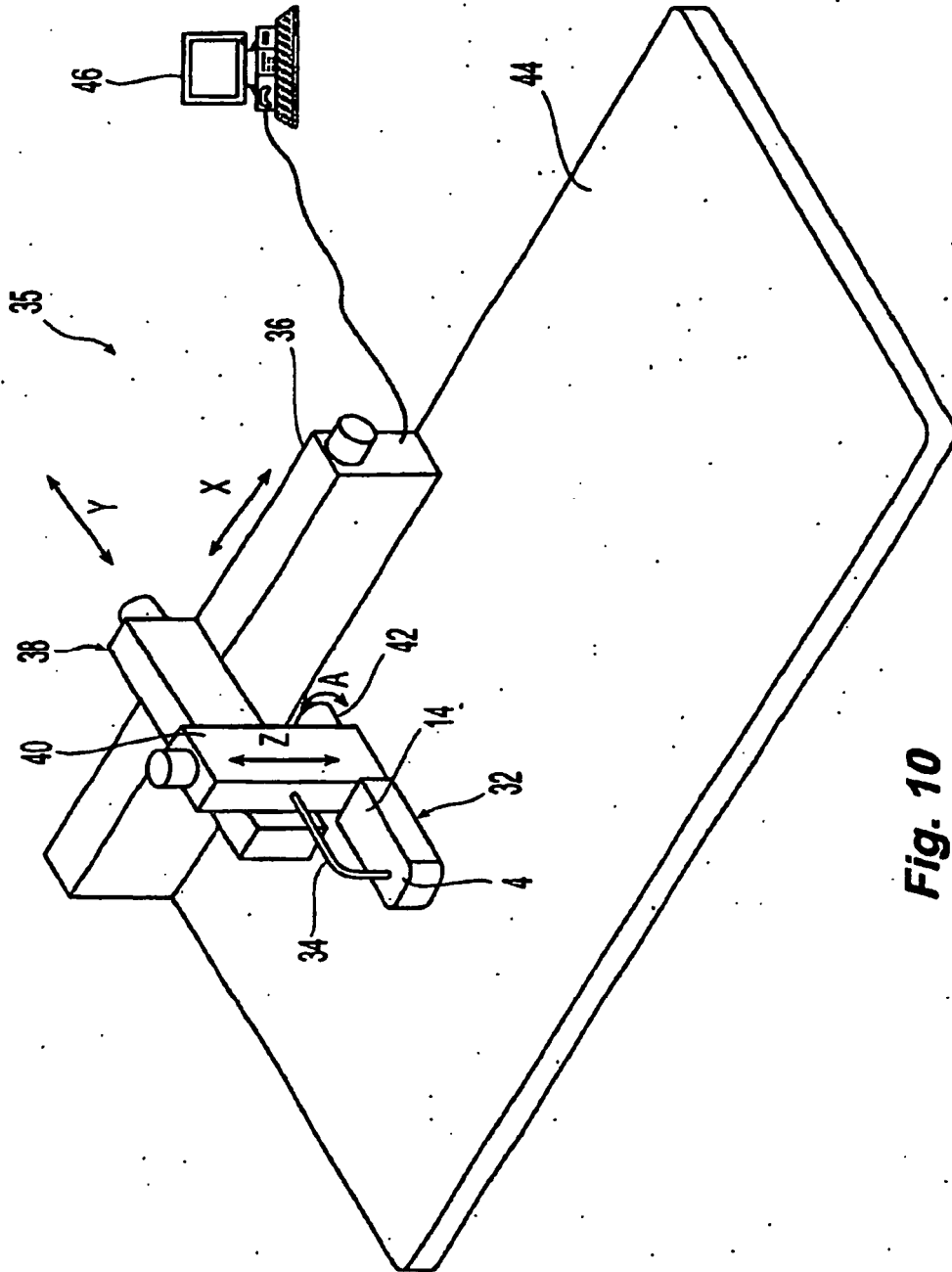


Fig. 10

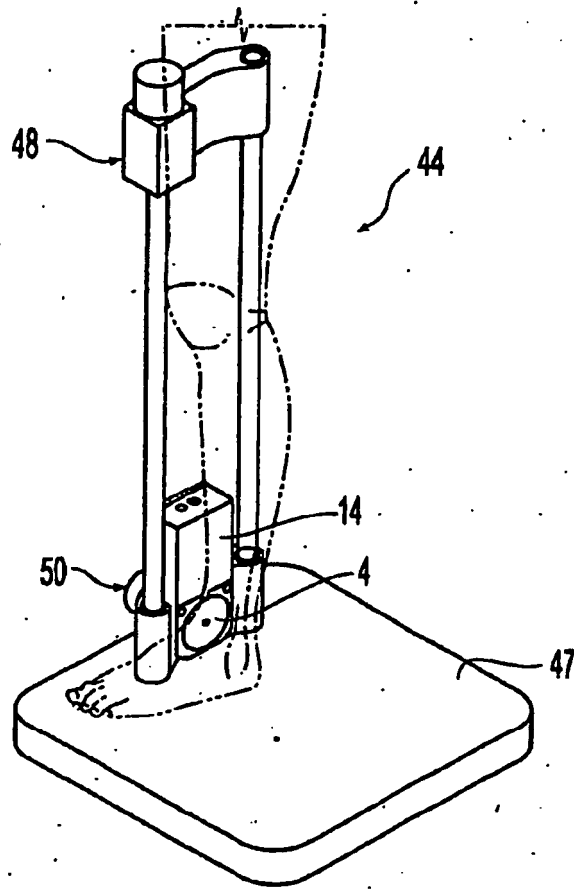


Fig. 11