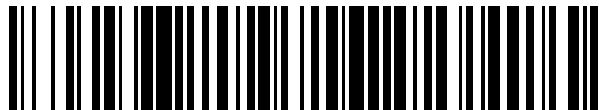


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 145**

51 Int. Cl.:

**A61B 5/053** (2006.01)

**A61B 5/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2010 PCT/IL2010/000630**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.02.2011 WO11016035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2010 E 10806147 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2461744**

54 Título: **Sensor electromagnético para su uso en mediciones en un sujeto**

30 Prioridad:

**03.08.2009 US 230842 P**

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

**12.02.2018**

73 Titular/es:

**DUNE MEDICAL DEVICES LTD. (100.0%)  
20 Alon Hatavor Street Industrial Park-South  
38900 Caesarea, IL**

72 Inventor/es:

**COHEN, GIL;  
HASHIMSHONY, DAN;  
GELTNER, IDDO y  
GOLOMBEK, HAREL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 654 145 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**

Sensor electromagnético para su uso en mediciones en un sujeto

**Campo de la invención**

5 La presente invención pertenece, en general, al campo de dispositivos médicos, y versa acerca de una unidad de detección de caracterización de tejido para su uso en mediciones en un sujeto.

**Antecedentes de la invención**

10 La caracterización electromagnética (EM) de tejido es una técnica bien conocida que utiliza un sensor EM para inducir campos EM de diversos intervalos de frecuencia, por ejemplo: intervalos constantes (CC), de baja frecuencia, de frecuencia intermedia, de alta frecuencia, de radiofrecuencia (RF) y de microondas (MW), en un tejido y para recibir de los mismos una respuesta EM indicativa de ciertas propiedades (por ejemplo, propiedades dieléctricas) de la porción de tejido ubicada en una región de medición. Los campos EM inducidos en el tejido pueden ser campos cercanos, o campos radiantes. La respuesta EM del tejido podría caracterizarse por ciertas frecuencias de resonancia EM asociadas con el acoplamiento sensor-tejido o, de forma alternativa, podría ser una respuesta EM de banda ancha (no resonante) asociada con el acoplamiento sensor-tejido. En general, la respuesta del tejido (u otro medio/sustancia, según sea el caso) a campos EM está asociada con las propiedades dieléctricas del tejido, caracterizándose la respuesta, por ejemplo, por la absorbancia, la reflectancia y/o la transmitancia de campos EM de distintas frecuencias. La detección y el análisis de la respuesta EM del tejido permiten diferenciar entre distintos tipos de tejido.

15 Normalmente, los sensores de la caracterización EM de tejido están configurados como una configuración espacial de conductores que están conectados con líneas de transmisión de señales, configuradas para transportar señales EM desde un generador de señales electromagnéticas hasta el tejido que ha de ser caracterizado, y para transportar señales EM de vuelta desde el tejido que ha de ser caracterizado a un analizador de señales.

20 Por ejemplo, la patente U.S. 6.813.515, cedida al cesionario de la presente solicitud, describe una sonda, un procedimiento y un sistema para examinar tejido, para diferenciarlo de otros tejidos, según sus propiedades dieléctricas. El procedimiento es de generación de un campo eléctrico marginal en el tejido examinado para producir un impulso reflejado desde el mismo, penetrando en el propio tejido una radiación insignificante; detectar el impulso eléctrico reflejado; y comparar características eléctricas del impulso eléctrico reflejado con respecto al impulso eléctrico aplicado para proporcionar una indicación de las propiedades dieléctricas del tejido examinado. El dispositivo de medición está construido como una sonda coaxial con una cavidad en su punta distal con respecto al operario, en la que está confinada una muestra del tejido que ha de ser examinado. La propia sonda tiene un conductor interno aislado de un conductor externo, y rodeado por el mismo, abierto en un extremo y que se extiende por el conductor interno en la dirección axial, definiendo una cavidad abierta en el extremo distal de la sonda con respecto al operario. El conductor interno incluye una punta dentro de la cavidad abierta, punta que está formada con al menos dos diámetros distintos para potenciar el campo eléctrico marginal.

25 Se describen algunos otros ejemplos de los sensores de caracterización del tejido en las publicaciones de patente: US 6.380.747; US 5.227.730; US 5.334.941; US 6.411.103. Además, se ejemplifican algunos sensores en el documento WO 06/103665, cedido al cesionario de la presente solicitud.

30 El uso de una disposición de múltiples sensores de caracterización de tejido se describe, por ejemplo, en el documento US 2008/0200803. Aquí, se describe un instrumento de detección y de tratamiento de cáncer. El instrumento comprende: una primera placa conductora; una segunda placa conductora que está situada frente a la primera placa conductora y tiene una primera abertura; una primera línea de señales dispuesta entre la primera placa conductora y la segunda placa conductora; un primer miembro de contacto un extremo del cual se expone a través de la primera abertura y el otro extremo del cual está conectado con la primera línea de señal; una porción dieléctrica rellena entre las placas conductoras primera y segunda y la primera línea de señal; y una capa conductora que rodea ambas superficies laterales y una superficie extrema frontal de la porción dieléctrica que están expuestas. Por lo tanto, es posible detectar con precisión el cáncer mediante el uso de la señal de frecuencia ultraalta y tratar una porción enferma sin dañar tejidos en torno a la porción enferma.

35 En el documento WO 2009/010960, cedido al cesionario de la presente solicitud se describen algunos ejemplos de cómo se puede utilizar un conjunto de sensores para la caracterización de tejido.

40 El documento WO 96/12439 describió una sonda de múltiples elementos que proporciona una conexión eléctrica a una superficie de tejido y comprende una pluralidad de elementos conductores individuales de detección, teniendo cada uno una porción delantera adecuada para un contacto con la superficie de tejido, proporcionando una pluralidad de elementos conductores una conexión eléctrica a los elementos individuales respectivos de detección y una división o separación que separa los elementos individuales de detección, de forma que cuando las sondas individuales hagan contacto con la superficie de tejido estén sustancialmente aisladas entre sí.

El documento US 2008/0021343, cedido al cesionario de la presente solicitud, divulga sondas, sistemas y procedimientos para la caracterización de tejido por sus propiedades dieléctricas, estando diseñada una característica física de la sonda para definir y delimitar un volumen de tejido, en un borde del tejido, en el que tiene lugar la caracterización. La sonda para la caracterización del borde de tejido comprende un primer conductor interno, que comprende bordes proximales y distales, con respecto a un borde del tejido, a lo largo de un eje x; un primer borde afilado, asociado inherentemente con el extremo proximal; al menos una característica, que sale del primer conductor interno, sustancialmente en el extremo proximal, para formar al menos un borde afilado, operativo para potenciar los campos eléctricos marginales localizados que están definidos, en general, por parámetros físicos asociados con la al menos una característica; y un material dieléctrico, que rodea el conductor, en los planos y-z.

## 10 Descripción general

Existe la necesidad en la técnica de una sonda novedosa de caracterización EM de tejidos que tenga múltiples elementos de detección y la capacidad de un mejor acoplamiento a un tejido que esté siendo medido.

Se debería hacer notar que el término "medición" hace referencia, en realidad, al examen, a la inspección, a la monitorización de cualquier parámetro/condición del tejido. También se debería interpretar el término "tejido" como un término general relativo también a cualquier medio o sustancia, siendo, por ejemplo un tejido de un sujeto y siendo medible mientras se encuentra dentro o fuera del cuerpo (mediciones *in vivo* o *ex vivo*) del sujeto.

La operación con un mayor número de elementos de detección aumenta la resolución de mediciones, permitiendo también a la sonda proporcionar suficiente representación resuelta gráfica/espacialmente detallada de la región medida del medio (o tejido) que está siendo inspeccionada. Las sondas conocidas de caracterización EM de tejido del tipo especificado, en concreto las que utilizan múltiples elementos de detección están limitadas, normalmente, a un número de tales elementos de detección principalmente debido a límites tecnológicos en la conexión de señales dirigidas y procedentes de cada uno de los elementos de detección. Además, ocurre a menudo que un mejor acoplamiento entre la sonda y el tejido requiere cierta flexibilidad de al menos una parte de la sonda. Este requisito impone una limitación adicional sobre el número de elementos de detección que pueden utilizarse, en particular sobre el número de conexiones de señales que pueden incorporarse en una sonda flexible.

En general, la invención puede implementarse con diversos tipos de sensores de caracterización EM de tejido, que incluyen, por ejemplo, sensores eléctricos y magnéticos (por ejemplo, sensores de RF), sensores de temperatura, ópticos y químicos, etc. En particular, la invención es adecuada para ser utilizada con cualquier tipo de sensor que utilice señales EM de alta frecuencia; es decir, para su operación requiere líneas dedicadas de transmisión de señales controladas por impedancia y, opcionalmente, blindadas electromagnéticamente. La expresión "*controlada por impedancia*" hace referencia a estructuras que transfieren señales EM (por ejemplo, líneas de transmisión de señales) que tienen una buena impedancia definida, y constante, sustancialmente a lo largo de toda la extensión de la estructura.

Más específicamente, la invención puede implementarse para producir una unidad de detección de caracterización pixelada de tejido que está basada en un conjunto de células electromagnéticas (EM) de campo cercano de detección. La célula de detección es un elemento de detección adaptado para medir al menos una propiedad de un tejido al cual está acoplado.

Las expresiones *elemento de campo cercano de detección* o *elemento de campo EM cercano de detección* (por ejemplo, la célula de detección) hacen referencia, en general, a los elementos de detección que están configurados para inducir campos EM cercanos (es decir, campos EM sustancialmente no radiantes) en el medio/tejido inspeccionado, originándose dichos campos EM de una región de detección definida por el elemento de detección. Normalmente, se inducen tales campos EM no radiantes disponiendo los elementos conductores de detección (por ejemplo, sus conductores de señal y de tierra), de forma que su tamaño de la característica y/o una separación entre ellos sea significativamente menor que una longitud de onda del campo EM inducido. En general, también la profundidad de penetración de un campo EM cercano inducido por tales sensores es significativamente menor que una longitud de onda del campo EM inducido y, normalmente, es del orden del tamaño de la característica y/o de la distancia entre los elementos conductores del sensor EM. Los sensores de campo cercano de caracterización de tejido son operados, normalmente, a frecuencias elevadas, es decir, desde 100 kHz hasta 5 GHz (por ejemplo, en los regímenes de RF, MW).

Según se ha indicado anteriormente, contar con una unidad de detección que incluye múltiples células de detección es generalmente ventajoso, dado que permite correlacionar las propiedades de un tejido con mayor resolución e identificar con más facilidad y precisión las regiones de transición entre distintos tejidos, por ejemplo entre tejidos sanos y cancerosos. Una unidad (sonda) de detección de caracterización EM de tejido que tiene más de algunas células de detección impone varios requisitos sobre la configuración tanto de la disposición de las células de detección como de la estructura de suministro de señales (también denominada *estructura de transmisión de señales*) que transmite las señales EM hacia y desde las células de detección. Esto es debido, por una parte, a que la operación y la precisión de medición de muchos tipos de células de detección de caracterización de tejido dependen del acoplamiento (por ejemplo, la fijación) de las células de detección al tejido. Por otra parte, las líneas de suministro de señales controladas por impedancia y blindadas electromagnéticamente son estructuras

normalmente engorrosas y, por lo tanto, proporcionar múltiples líneas de suministro tales a las células de detección afecta a la flexibilidad de la unidad de detección y la capacidad de proporcionar suficiente acoplamiento entre cada una de las células de detección y el tejido que ha de ser inspeccionado.

5 Según algunos aspectos de la invención, una unidad de detección puede incluir una estructura flexible de transmisión de señales que incluye múltiples líneas de conexión de señales controladas por impedancia y, opcionalmente, también parcialmente aisladas eléctricamente (separadas espacialmente entre sí y/o blindadas eléctricamente) adecuadas para transmitir datos de medición en forma de señales EM hacia y/o desde las múltiples células de detección.

10 Con este fin, la flexibilidad y la configuración de la estructura de transmisión de señales proporcionan varias ventajas, por ejemplo permiten el acomodo de la unidad de detección en un cable (guía) flexible, tal como una luz en la que la flexibilidad de la estructura de transmisión de señales permite guiar la luz dentro de pasos estrechos y/o retorcidos hacia una región deseada de inspección. Además, cuando se acomoda la unidad de detección en un alojamiento o guía, la flexibilidad de las líneas de conexión permite un movimiento hacia atrás y hacia delante (por ejemplo, elástico) de la cabeza del sensor con respecto al alojamiento, permitiendo, además, controlar el grado en que sobresale la cabeza del sensor del alojamiento/guía. El movimiento permite controlar el grado de fijación/separación del medio inspeccionado y permite la protección de la cabeza del sensor mientras no se encuentre en uso.

15 Además, la flexibilidad de las líneas de conexión permite conseguir una superficie ocupada mínima de la unidad de detección permitiendo la orientación sustancialmente de únicamente la superficie de detección de la unidad de detección en la dirección de la inspección, es decir, la unidad de detección, cuando se encuentra en operación, se orienta hacia el medio sustancialmente solo por su superficie de detección. La *superficie de detección* de una unidad de detección es una superficie que contiene múltiples *regiones de detección* de múltiples elementos de detección o células de detección, disponiéndose las regiones de detección en una relación separada. En este sentido, se debería comprender que, en general, una *región de detección* no está limitada a una región plana, sino que más bien, normalmente, es una región volumétrica. Por lo tanto, la *superficie de detección* es una superficie física de la unidad de detección intersectada por todas las regiones de detección. Se puede conseguir tal reducción de la superficie ocupada permitiendo la flexión de la estructura flexible de transmisión de señales (por ejemplo, 90°) en el entorno del límite entre la estructura de transmisión de señales y el sensor (por ejemplo, la superficie de detección del sensor). Por lo tanto, la superficie de la unidad de detección mediante la cual se acopla a una *región de interés* en el medio es de un tamaño cercano al tamaño de la región activa de la superficie de detección ocupada por las múltiples regiones de detección. Una *región de interés* es en realidad un volumen del medio que es sometido a sondeo, o interrogado, por la unidad de detección. Este volumen está definido por la superficie de detección y por la profundidad de penetración del campo cercano en el medio (que está set por la estructura del campo cercano de la célula de detección). Se debería comprender que la *región de interés* de un sujeto está definida por un sitio de medición.

20 Se debería hacer notar que en algunos tipos de sensores (por ejemplo, tales como sensores EM configurados para inducir campos EM cercanos que se extienden desde la superficie de detección del sensor a regiones próximas de un tejido acoplado a los mismos) de caracterización de tejido, un buen acoplamiento entre la superficie de detección del sensor y el tejido, sin espacios (por ejemplo, espacios de aire) entre ellos, proporciona mediciones más precisas y estables de caracterización del tejido. Por lo tanto, según algunas regiones de la invención, se obtiene suficiente acoplamiento entre las células de detección (por ejemplo, y acoplando así el sensor, incluyendo la superficie de detección) y el tejido/medio inspeccionado configurando el sensor como una estructura flexible que permite una fijación firme de la superficie de detección, y de las regiones de detección sobre los mismos (que están asociadas con las células de detección), al tejido.

25 Sin embargo, se debería comprender que algunos tipos de sensores tales como los sensores de campo radiactivo o los sensores (radiantes) de campo EM lejano pueden ser operados con o sin un contacto directo con el tejido o con menos sensibilidad al grado de fijación con el tejido. En algunas realizaciones de la presente invención, la unidad de detección se fabrica utilizando técnicas de circuito flexible, de forma que todos los elementos de la unidad de detección (por ejemplo, la cabeza del sensor y la estructura de transmisión de señales) sean flexibles, mientras que en otras realizaciones ciertas partes tales como la cabeza del sensor y/o los elementos conectores son rígidos y se fabrica la unidad de detección utilizando técnicas de circuito rígido-flexible. Una cabeza flexible de sensor es ventajosa para analizar/examinar/sondear/interrogar/investigar las propiedades EM (propiedades dieléctricas) de una superficie no plana de sustancia, y para una conformación dinámica de la superficie del sensor a una superficie examinada de sustancia.

30 Los circuitos flexibles o rígido-flexibles (también conocidos como circuitos de tipo flexible) se fabrican, normalmente, modelando disposiciones de configuraciones de conductores impresos (trazas eléctricas) sobre un material base (es decir, conocido como material laminar flexible) con o sin capas flexibles de cubierta. En general, se producen circuitos flexibles en procedimientos que son generalmente paralelos a los de las construcciones de placa de circuito impreso. Estas incluyen, por ejemplo, circuitos flexibles de una sola cara, circuitos flexibles de doble cara, circuitos flexibles de múltiples capas (que tienen tres o más capas conductoras), combinaciones de circuitos flexibles y

rígidos, y circuitos rígido-flexibles. Dado que el material laminar flexible es, en general, bien de una sola cara o bien material de doble cara revestido, cuando se fabrican circuitos flexibles de múltiples capas, se unen las capas del circuito mediante bondply o adhesivo laminar y se fabrican conexiones eléctricas entre las capas, en general, mediante interconexiones de agujeros pasantes chapados.

5 A continuación hay algunos ejemplos de materiales base del circuito flexible, también conocidos como dieléctricos flexibles revestidos de metal o materiales laminares flexibles, que pueden ser utilizados en la fabricación de una unidad de detección de la presente invención: poliamida revestida de cobre de doble cara sin adhesivo Pyralux AP 8535R (Kapton) de la empresa Dupont; poliamida revestida de cobre de doble cara sin adhesivo UPISEL-N BR 1120 de la empresa UBE; poliamida revestida de cobre de una única cara sin adhesivo Pyralux AC 181200R de la empresa Dupont; poliamida revestida de cobre de una única cara sin adhesivo UPISEL-N SR 1220 de la empresa UBE; poliamida revestida de cobre de doble cara Pyralux LF 7011R unida por adhesivo de la empresa Dupont; poliamida revestida de cobre de una única cara Pyralux LF 7041R unida por adhesivo de la empresa Dupont; revestimiento de poliamida Pyralux LF 0230 de la empresa Dupont; bondply de poliamida Pyralux FR 0131 de la empresa Dupont; adhesivo laminar Pyralux LF 0300 de la empresa Dupont. Se debería hacer notar que también se pueden utilizar otros materiales adecuados en la invención.

El requisito de flexibilidad de la estructura de transmisión de señales da lugar, o tiene como resultado, en general, la construcción de esta estructura, que incorpora el mínimo número de capas conductoras y una separación mínima entre estas capas conductoras. Este tipo de construcción impone restricciones sobre la configuración de las líneas de señales en el sensor, siendo integral el sensor con la estructura de transmisión de señales.

20 Dado que las señales de alta frecuencia son susceptibles a interferencias EM, es preferible aislar eléctricamente las líneas de señales asociadas con distintas células de detección entre sí para evitar una diafonía entre las distintas células. Aunque esto puede conseguirse, en general, haciendo pasar a la o las líneas de señales hacia una célula específica de detección, y alejándose de la misma, a lo largo de un recorrido fuera de las otras células, tal solución requeriría cierta separación mínima entre las células de detección para acomodar un recorrido para las líneas de señales, reduciendo, de esta manera, el factor de relleno de las regiones de detección (formadas por una pluralidad de las células de detección) en una superficie de detección de la sonda. Además, un aumento en el número de células de detección (por ejemplo, por área unitaria para proporcionar una mayor resolución espacial o para aumentar el área de detección), requiere, en general, pasar un mayor número de líneas de señales. Esto se consigue, en general, bien aumentando adicionalmente la separación entre las células de detección en una superficie de detección y reduciendo el factor de relleno de la unidad de detección, o bien aumentando el número de líneas de señales por área unitaria (densidad de líneas de señales), afectando, de esta manera, a la interferencia y a la diafonía entre las líneas.

30 Sin embargo, según algunas realizaciones de la presente invención, se implementa una unidad de detección que tiene un número elevado de células de detección (por ejemplo, dispuestas con una resolución espacial elevada) sin afectar ni restringir bien al factor de relleno del sensor o bien su relación señal-ruido (SNR). Esto se consigue, según se ejemplifica adicionalmente a continuación, permitiendo que las líneas de señales asociadas con las células de detección se atraviesen "por debajo" de las regiones de detección, y crucen las mismas, de otras células de detección mientras están blindadas electromagnéticamente de dichas regiones de detección. En otras palabras, se puede disponer la línea de señales, de forma que su proyección sobre la superficie de detección intersecte la región de detección. Esto permite mantener tanto la separación suficiente entre las líneas de señales (proporcionando, por ejemplo, un buen aislamiento electromagnético) y la mínima separación entre las regiones de detección de las células de detección, permitiendo un factor de relleno elevado. Por lo tanto, preferentemente, las múltiples líneas de señales asociadas con las células de detección están configuradas para aumentar la SNR de la unidad de detección reduciendo/minimizando interferencias provocadas, por ejemplo, por una diafonía entre las líneas de señales.

45 Una sonda de caracterización de tejido de la presente invención incluye una unidad de detección que incluye múltiples regiones separadas de detección ubicadas en una superficie de detección y asociadas, respectivamente, con un conjunto de múltiples células de detección. La superficie de detección puede contener un número relativamente elevado de regiones de detección, por ejemplo, más de 5 regiones de detección y, preferentemente, más de 35 regiones de detección. De forma adicional o alternativa, la superficie de detección puede caracterizarse por una resolución deseablemente elevada, por ejemplo más de 5 regiones de detección por área de 35 mm<sup>2</sup> y, preferentemente, más de 35 regiones de detección por área de 35 mm<sup>2</sup>. La superficie de detección puede caracterizarse por un factor de relleno elevado de las regiones de detección dispuestas en una relación separada, de forma que el área de los espacios entre las regiones de detección no supere el 50% del área de las regiones de detección, preferentemente no supere el 10% de dicha área. El tamaño de la superficie de detección varía desde aproximadamente 1 mm hasta 10 cm. El tamaño de la región de detección de la célula de detección (la proyección de la región de detección sobre la superficie de detección) oscila desde aproximadamente 0,5 mm hasta aproximadamente 5 mm. Este parámetro define el límite superior de un intervalo del mínimo tamaño de característica detectable por la unidad de detección.

60 Según un aspecto amplio de la invención, se proporciona una unidad de detección para ser utilizada en mediciones en un sujeto. La unidad de detección comprende un sensor electromagnético de campo cercano, y una estructura

flexible de transmisión de señales. El sensor comprende una superficie de detección mediante la cual el dispositivo está orientado hacia una región de interés del sujeto, y un conjunto de células de detección, estando cada una configurada para definir una región de detección rodeada por un material eléctricamente conductor, estando dispuesto un conjunto de regiones de detección en una relación separada dentro de dicha superficie de detección.

5 La estructura flexible de transmisión de señales es integral con el sensor electromagnético de campo cercano, de forma que la estructura de transmisión de señales y el sensor electromagnético de campo cercano tengan al menos una superficie continua. La estructura flexible de transmisión de señales comprende: una primera capa que incluye un conjunto de líneas de conexión de señales asociadas con las células de detección (por ejemplo, estando conectadas/acopladas eléctricamente, directamente o no, con elementos respectivos de las células de detección), y  
10 una segunda capa eléctricamente conductora acoplada eléctricamente con dicho material eléctricamente conductor del sensor.

La estructura de transmisión de señales y el sensor EM de campo cercano pueden estar configurados para proporcionar una transmisión de señales controlada por impedancia hacia las regiones de detección, y desde las mismas.

15 Preferentemente, cada una de las al menos algunas células de detección comprende un elemento conductor interno acoplado con el interior de la región respectiva de detección y acoplado eléctricamente con la respectiva de las líneas de conexión de señales. Por lo tanto, las líneas de conexión de señales están asociadas con las células de detección mediante un acoplamiento eléctrico o una conexión eléctrica de las líneas de transmisión de señales a los elementos conductores internos de las células de detección. Al menos algunas de las células de detección pueden  
20 estar configuradas como un sensor de tipo resistivo (que comprende el elemento conductor interno aislado eléctricamente del material eléctricamente conductor circundante, con o sin un material eléctricamente aislante que cubra la región de detección) o sensores de tipo inductivo (estando conectadas las células de detección con el material eléctricamente conductor que rodea la región respectiva de detección).

25 Preferentemente, la estructura flexible de transmisión de señales tiene al menos una banda flexible configurada para doblarse con respecto al sensor con un radio de curvatura menor que una dimensión característica de dicho sensor. Tal flexión y tal flexibilidad de la o las bandas permite la reducción de la superficie ocupada de la unidad de detección (es decir, el tamaño de su superficie mediante la cual se acopla con el tejido) y también para permitir un movimiento repetitivo de la unidad de detección con respecto a su alojamiento.

30 En algunas realizaciones de la invención, el sensor está configurado como una estructura de múltiples capas, por ejemplo, comprende capas primera y segunda de detección. La primera capa de detección comprende una pluralidad de líneas de señales, que están acopladas eléctricamente con las líneas de conexión de señales de la estructura de transmisión de señales (las líneas de conexión de señales están asociadas, por lo tanto, con las células correspondientes de detección). La segunda capa de detección comprende dicho material eléctricamente conductor y define la superficie de detección de la unidad de detección. La segunda capa de detección está  
35 acoplada eléctricamente con la segunda capa eléctricamente conductora de la estructura de transmisión de señales. Considerando la configuración de las células de detección con los elementos conductores internos, las líneas de conexión de señales de la estructura de transmisión de señales están acopladas eléctricamente con los elementos conductores internos de las células de detección por medio de las líneas de conexión de señales del sensor.

40 En algunas realizaciones, las líneas de señales (al menos algunas de ellas) están asociadas con las regiones respectivas de detección y se extienden en la primera capa de detección a lo largo de recorridos respectivos, de forma que una proyección de cada uno de estos recorridos sobre la superficie de detección esté ubicada fuera de todas las demás regiones de detección. En algunas otras realizaciones, las líneas de señales se extienden en la primera capa de detección a lo largo de recorridos respectivos, de forma que una proyección de cada uno de estos recorridos sobre dicha superficie de detección se intersecte con una o más de las otras regiones de detección.

45 La unidad de detección puede estar configurada con una capa eléctricamente conductora adicional de detección ubicada en el sensor entre las capas primera y segunda de detección. Esta capa conductora adicional de detección tiene regiones separadas de transmisión de señales configuradas como regiones sustancialmente no conductoras alineadas con al menos algunas de las regiones de detección. Las regiones de transmisión de señales son sustancialmente menores que las regiones correspondientes de detección, proporcionando, de ese modo, mediante  
50 dicha capa conductora adicional de detección, un blindaje eléctrico de al menos una porción de las líneas de señales con respecto a las regiones de detección.

La capa conductora adicional de detección puede estar configurada para proporcionar un blindaje eléctrico de las líneas de señales que se extienden a lo largo de recorridos, cuyas proyecciones sobre dicha superficie de detección intersectan una o más de las regiones de detección.

55 En algunas realizaciones, al menos algunas de las líneas de señales de la primera capa de detección terminan dentro de al menos algunas de las regiones de detección asociadas con las mismas. Las líneas de señales están conectadas, en su terminación dentro de las regiones de detección, sobresaliendo el elemento conductor interno de la primera capa de detección hacia la superficie de detección, de forma que los elementos eléctricamente

conductores induzcan un perfil de campo electromagnético que se extiende hacia fuera desde la superficie de detección a través de dichas regiones de detección.

5 Según se ha indicado anteriormente, la estructura de transmisión de señales comprende, preferentemente, una o más bandas flexibles capaces de doblarse con respecto al sensor. Tales una o más bandas pueden extenderse desde el sensor en una o más direcciones.

En algunas realizaciones, al menos una de las células de detección está configurada y es operable como una célula de referencia. Tal célula de referencia está configurada para ser sustancialmente insensible a los efectos de una región de interés del sujeto al que se acopla el sensor durante la operación.

10 Preferentemente, la estructura de transmisión de señales está configurada como una microcinta plana flexible que tiene una pluralidad de capas que incluyen las capas primera y segunda, que son capas planas flexibles. De forma alternativa o adicional, la estructura de transmisión de señales puede estar configurada como una cinta plana flexible que comprende una pluralidad de capas que incluyen las capas primera y segunda, y una capa eléctricamente conductora adicional, estando rodeada la primera capa entre las capas segunda y la adicional.

15 Según otro aspecto amplio de la invención, se proporciona una unidad de detección para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo la unidad de detección: un sensor electromagnético de campo cercano que comprende una superficie de detección mediante la cual el dispositivo está orientado hacia una región de interés del sujeto, un conjunto de células de detección, estando configurada cada una para definir una región de detección rodeada por un material eléctricamente conductor, estando dispuesto un conjunto de las regiones de detección en una relación separada dentro de dicha superficie de detección; y una estructura flexible de transmisión de señales integral con dicho sensor electromagnético de campo cercano, de forma que la estructura de transmisión de señales y el sensor electromagnético de campo cercano tengan al menos una superficie continua común, teniendo dicha estructura flexible de transmisión de señales al menos una banda flexible configurada para doblarse con respecto al sensor con un radio de curvatura menor que una dimensión característica de dicho sensor.

20 Según otro aspecto amplio más de la invención, se proporciona una unidad de detección para ser utilizada en mediciones en un sujeto, comprendiendo la unidad de detección:

- un sensor electromagnético de campo cercano que comprende un conjunto de células de detección, comprendiendo cada una una región de detección y un elemento conductor interno ubicado en dicha región de detección, estando dispuestas las regiones de detección de las células de detección en una relación separada en una superficie de detección; y
- 30 una estructura flexible de transmisión de señales integral con dicho sensor electromagnético de campo cercano, comprendiendo dicha estructura flexible de transmisión de señales una primera capa que incluye líneas de conexión de señales acopladas eléctricamente con los elementos conductores internos, respectivamente.

Según un ejemplo, se proporciona una unidad de detección para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo la unidad de detección:

- 35 un sensor electromagnético de campo cercano que comprende una superficie de detección mediante la cual el dispositivo está orientado hacia una región de interés del sujeto, definiendo cada una de un conjunto de células de detección una región de detección rodeada por un material eléctricamente conductor y que comprende un elemento conductor interno acoplado con el interior de la región de detección, estando dispuesto un conjunto de las regiones de detección en una relación separada en dicha superficie de detección; y
- 40 una microcinta flexible que es integral con dicho sensor electromagnético de campo cercano y que es capaz de doblarse con respecto al sensor, comprendiendo dicha microcinta flexible una primera capa conductora que es una extensión de dicho material eléctricamente conductor y una segunda capa conductora que tiene un conjunto de líneas de conexión de señales acopladas eléctricamente a dichos elementos conductores internos.

45 En otro aspecto amplio adicional de la invención, se proporciona una unidad de detección para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo la unidad de detección:

- un sensor electromagnético de campo cercano que comprende un conjunto de células de detección, comprendiendo cada una una región de detección y un elemento conductor interno ubicado en dicha región de detección, estando dispuestas las regiones de detección de las células de detección en una relación separada dentro de una superficie de detección; y
- 50 una estructura flexible de transmisión de señales integral con dicho sensor electromagnético de campo cercano, comprendiendo dicha estructura flexible de transmisión de señales una primera capa que incluye líneas de conexión de señales acopladas eléctricamente con los elementos conductores internos, respectivamente.

La invención también proporciona un dispositivo sensor que comprende una o más de las unidades de detección descritas anteriormente.

Además, la invención proporciona un dispositivo novedoso de medición para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo el dispositivo de medición: el dispositivo sensor mencionado anteriormente, y una unidad de calibración y de control de la sonda (CPC) que es integral con dicho dispositivo sensor y que está configurada para conectarse con un analizador de redes. La CPC comprende, preferentemente, un número de terminales asociados con una pluralidad de cargas de calibración de coeficientes conocidos de reflexión de RF, respectivamente, y comprende una funcionalidad de memoria que tiene datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF y datos registrados indicativos de coeficientes de transferencia de RF de la unidad de CPC, permitiendo, de ese modo, el cálculo de la respuesta de RF de cada una de las células de detección en la superficie de detección de la unidad de detección, mientras la unidad de detección se mantiene integral con la unidad de CPC.

### **Breve descripción de los dibujos**

Para comprender la invención y ver cómo puede ser llevada a cabo en la práctica, se describirán ahora realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo no limitante, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

Las **Figuras 1A y 1B** muestran una ilustración esquemática de un ejemplo de una unidad de detección, mostrada, respectivamente, antes y después de montar la unidad de detección en un soporte;

la **Fig. 2** es una ilustración esquemática de un dispositivo sensor según otro ejemplo de la invención, en la que el dispositivo sensor está formado por dos unidades de detección generalmente similares a la de las **Figuras 1A-1B**;

las **Figuras 3A a 3J** muestran ejemplos de la configuración de una célula de detección y de una disposición de células adecuada para su uso en la unidad de detección de la presente invención, las **Figuras 3A, 3C, 3E, 3F, 3H y 3J** ejemplifican células de detección que tienen una geometría hexagonal del contorno de la región de detección, las **Figuras 3B, 3G y 3I** ejemplifican células de detección que tienen una geometría rectangular de las regiones de detección, y la **Fig. 3D** ejemplifica células de detección que tienen una geometría triangular de las regiones de detección; las **Figuras 3A, 3E y 3F** ejemplifican células de detección que tienen elementos conductores internos de una sección transversal circular en el extremo distal, y las **Figuras 3G - 3J** muestran células de detección que tienen diversas geometrías adicionales de la sección transversal en el extremo distal de los elementos conductores internos; las **Figuras 3A, 3E-3G** muestran células de detección en las que el elemento conductor interno está aislado eléctricamente del contorno de la región respectiva de detección y las **Figuras 3H-3J** muestran células de detección que tienen su elemento conductor interno conectado a los contornos de las regiones respectivas de detección;

las **Figuras 4A a 4C** muestran distintas vistas en sección transversal de una unidad de detección según un ejemplo de la invención;

la **Fig. 4D** ejemplifica más específicamente una célula de detección de referencia adecuada para ser utilizada en la unidad de detección de la invención según la realización de las Figuras 4A-4C;

las **Figuras 4E y 4F** ejemplifican, mediante una ilustración esquemática, las unidades de detección que tienen, respectivamente, una configuración de una única banda y de cuatro bandas de la estructura de transmisión de bandas;

las **Figuras 5A y 5B** muestran ejemplos de la estructura de transmisión de señales controlada por impedancia adecuada para ser utilizada en la unidad de detección de la presente invención. La **Fig. 5A** muestra una estructura plana de cinta y la **Fig. 5B** muestra una estructura plana de microcinta;

las **Figuras 6A y 6B** muestran dos ejemplos de la configuración de bandas de transmisión de señales adecuadas para ser utilizadas en una estructura de transmisión de señales de la unidad de detección según la invención, teniendo el ejemplo de la **Fig. 6B** una capa adicional de conducción en comparación con el ejemplo de la **Fig. 6A**;

la **Fig. 7A** muestra gráficamente un diagrama típico de esfuerzo-deformación de una estructura de circuito flexible de múltiples capas.

Las **Figuras 7B y 7C** ilustran las características de flexibilidad de dos ejemplos de estructuras de circuito flexible, que tienen distintas disposiciones de capas;

las **Figuras 8A a 8C** muestran distintas vistas en sección transversal de una unidad de detección según otro ejemplo más de la invención;

la **Fig. 8D** ejemplifica más específicamente una célula de detección de referencia adecuada para ser utilizada en la unidad de detección de la invención según la realización de las Figuras 8A-8C;

las **Figuras 9A-9D** ejemplifican una relación entre las líneas de señales y las regiones de detección en la unidad de detección según la invención, mostrando la **Fig. 9A** una capa de señales del sensor, las **Figuras 9B y 9C** muestran dos ejemplos de distintas configuraciones de la capa de conducción que proporcionan un factor de relleno relativamente alto de las regiones de detección y una SNR elevada con una diafonía reducida; y la **Fig. 9D** muestra una vista ampliada de una porción de la configuración de la **Fig. 9B**;

la **Fig. 10A** muestra una vista lateral en sección transversal de una unidad de detección según otra realización de la presente invención, configurada para permitir una relación elevada de señal a ruido y una resolución espacial elevada y/o un factor de relleno elevado;

las **Figuras 10B y 10C** ilustran más específicamente dos ejemplos distintos de la estructura de las capas en la parte de detección de la unidad de detección;



la **Fig. 11** es un diagrama de bloques de un sistema de medición que comprende un dispositivo de medición que utiliza una o más unidades de detección de la presente invención integrales con una unidad de calibración y de control de sonda (CPC); y

las **Figuras 12A y 12B** ejemplifican más específicamente la configuración del dispositivo de medición de la Fig. 11.

#### **Descripción detallada de realizaciones ejemplares**

Se hace referencia a las **Figuras 1A y 1B** que ilustran de forma esquemática una unidad 100 de detección según una realización de la presente invención. En estas figuras, se muestra la unidad **100** de detección, respectivamente, antes y después de montar la unidad en un soporte **150**. La unidad **100** de detección incluye una estructura integral que incluye un sensor o una cabeza **110** de detección y una estructura flexible **120** de transmisión de señales. La configuración es tal que el sensor y la estructura de transmisión de señales tienen al menos una superficie continua común. Además, tanto el sensor como la estructura de transmisión de señales son sustancialmente planos. Según se ejemplifica también en las figuras, se proporciona una estructura apropiada **160** de conector de señales para conectar eléctricamente la estructura **120** de transmisión de señales con una unidad de control/un generador de señales/analizador de señales (no mostrado aquí).

En este ejemplo, la unidad **100** de detección está configurada para una caracterización del tejido, proporcionando datos indicativos del tipo de los tejidos inspeccionados y/o indicativos de límites y de transiciones entre distintos tipos de tejido a lo largo de la superficie **108** de detección. El sensor **110** incluye una pluralidad **111** de células **112** de detección dispuestas en una relación separada en una superficie **108** de detección. Las células de detección están distribuidas de forma apropiada en/esparcidas en la superficie de detección, por ejemplo, embalsando o cubriendo la superficie **108** de detección. Cada célula de detección es operable para inspeccionar/medir/caracterizar/examinar/sondear/interrogar/investigar al menos un parámetro/característica de un tejido al que está acoplada (bien mediante contacto directo o bien por proximidad al tejido) la región de detección.

Se debería hacer notar que la unidad de detección puede estar asociada con un sistema apropiado de calibración, incluyendo una unidad de calibración conectable a un analizador de redes. Esto se ilustra de forma esquemática en la **Fig. 11**, que muestra, por medio de un diagrama de bloques, un sistema de medición, designado **10**, en general. El sistema **10** incluye un dispositivo **12** de medición conectable con un analizador **16**. El dispositivo **12** de medición de la presente invención incluye una o más unidades **100** de detección y una unidad **12B** de calibración y de control de sonda (CPC). El analizador **16** incluye un analizador **14** de redes, y también una unidad adecuada (no mostrada) de comunicación para gestionar la comunicación digital y/o analógica con la unidad **12B** de CPC.

El analizador **14** de redes puede ser de cualquier tipo adecuado conocido y, por lo tanto, no necesita describirse en detalle, excepto para hacer notar que está configurado y es operable para transmitir y recibir señales de RF. El analizador **14** de redes puede estar configurado y ser operable como un analizador de redes vectoriales (VNA), para registrar tanto la amplitud relativa como la fase de las señales de RF. El analizador **14** de redes está configurado para llevar a cabo lo siguiente: transmitir y recibir señales de RF por medio de sus puertos de señales; analizar las señales recibidas para determinar la amplitud y, opcionalmente, la fase de las mismas, que son indicativas de la interacción de las señales con las cargas de calibración; y suministrar los parámetros de corrección de la calibración. El analizador **14** de redes también está configurado para medir una respuesta de RF del dispositivo **12** de medición utilizando los parámetros de corrección de la calibración. El analizador **16** puede tener características adicionales, por ejemplo puede ser responsable de problemas de seguridad para evitar la reutilización del dispositivo **12** de medición o la instalación de otro dispositivo no autorizado de medición en el sistema. El analizador **16** también puede proporcionar al menos una de las siguientes funcionalidades al dispositivo **12** de medición: alimentación de energía eléctrica, medios para gestionar las comunicaciones digitales y/o analógicas con el dispositivo **12** de medición, una comunicación **19** de vacío/presión, una línea de distribución de líquido, una comunicación de señales ópticas, una comunicación de señales ultrasónicas, al igual que proporcionar control y alimentación a un aparato/herramienta de ablación/de corte en el dispositivo **12** de medición, una entrada y/o una salida del usuario y/o de máquina, y un control de otros tipos de sondas que vayan a ser utilizados en el dispositivo **12** de medición.

Las **Figuras 12A y 12B** muestran ejemplos específicos pero no limitantes de la configuración del sistema **10** de medición. El dispositivo **12** de medición incluye una unidad **100** de detección y una CPC **12B** integral con la unidad **100** de detección, que se acomodan en un alojamiento común **12C**. La unidad **100** de detección está conectada con la CPC **12B** por medio de un cable con un conector apropiado. En el ejemplo de la **Fig. 2A**, solo hay una conexión de señal de RF (puerto de conexión de RF) entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. En el ejemplo de la **Fig. 2B**, hay dos conexiones de señales de RF (puerto de conexiones de RF) entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. Según se muestra en la figura, se puede utilizar una línea de comunicación de vacío/presión para proporcionar una comunicación **19** de vacío/presión a la unidad **100** de detección.

Se debería apreciar que se podrían utilizar más de dos conexiones de señales de RF entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. Puede haber, en general,  $n$  conexiones de señales de RF (puerto de conexiones de RF) entre la unidad analizadora y el dispositivo de medición, siendo  $n$  un número entero igual o mayor que 1.

La unidad **12B** de CPC está conectada con la unidad **100** de detección por medio de un conector **C<sub>5</sub>** de calidad de RF (por ejemplo, SMA). Con referencia de nuevo a las Figuras 1A y 1B, la estructura **160** de conector de señales puede estar configurada como el conector de calidad RF para proporcionar una interfaz que pueda definir un plano de calibración y proporcionar resultados de medición repetibles.

- 5 La unidad **12B** de CPC incluye un número de terminales asociados con una pluralidad de cargas de calibración de coeficientes conocidos de reflexión de RF, respectivamente, e incluye una funcionalidad de memoria. Esta tiene datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF y datos registrados indicativos de coeficientes de transferencia de RF de la unidad de CPC. Esta configuración permite el cálculo de la respuesta de RF de cada una de las células de detección en la superficie de detección de la unidad de detección, mientras la unidad de detección se mantiene integral con la unidad de CPC. Se debería comprender que también se puede utilizar la CPC para dirigir de forma selectiva señales EM a una o más células de detección.

10 Preferentemente, la unidad **12B** de CPC (implementada como una placa de circuito impreso) está encerrada en un alojamiento, que tiene una cubierta de RF, para proporcionar resistencia mecánica e inmunidad electromagnética a la unidad **12B** de CPC. La resistencia mecánica del alojamiento permite una calibración mejorada al eliminar la distorsión geométrica, que puede producirse, por ejemplo, debido a esfuerzos mecánicos o cambios medioambientales de la unidad de CPC. Esta distorsión puede tener como resultado cambios en la propagación de señales de RF en el interior de la unidad de CPC, dando lugar a la degradación en el rendimiento de la calibración. La inmunidad electromagnética del alojamiento permite una calibración mejorada al reducir la interferencia de RF de la unidad **12B** de CPC con la unidad **100** de detección, y al reducir la interferencia de RF de las fuentes externas de RF con la unidad **12B** de CPC. Los conectores de la unidad **12B** de CPC pueden estar integrados en el alojamiento. El alojamiento puede estar construido para permitir la operación del dispositivo **12** de medición en diversas condiciones medioambientales, y para permitir la esterilización del dispositivo de medición, mediante el uso de radiación y/o de gas.

15 La unidad **12B** de calibración puede tener, en general, cualquier configuración adecuada, preferentemente cualquiera de las divulgadas en la solicitud internacional PCT/IL2009/000611 en tramitación, como la presente, cedida al cesionario de la presente solicitud, y que se incorpora en la presente memoria por referencia.

20 Se debería comprender que múltiples células de detección permiten correlacionar espacialmente las propiedades de un medio o tejido orientado hacia la superficie de detección, con una cobertura espacial y una resolución según el número y el tamaño de las células de detección. Además, el tamaño de las células de detección determina el tamaño de detección de las características del sensor **110**, dado que cada célula de detección se integra sobre el valor de las propiedades del medio en la región (por ejemplo, debajo) de detección de la célula de detección. Por lo tanto, tal correlación espacial puede proporcionar una vista gráfica de la distribución espacial de valores de distintos parámetros de tejido medidos por las células de detección con cierto tamaño mínimo de característica correspondiente a las áreas de las regiones de detección de las células. Tal vista gráfica de un medio o tejido orientado hacia la superficie de detección también puede ser considerada una representación gráfica, una representación espacial, un detalle espacial resuelto/una presentación espacial resuelta/una descripción espacial resuelta/un gráfico espacial resuelto. Se debería comprender que las células de detección pueden ser del mismo tipo (por ejemplo, miden/inspeccionan los mismos parámetros del tejido) o de distintos tipos. Los tipos de célula de detección pueden incluir, entre otros, sensores de radiofrecuencia (RF) y/o de microondas (MW), al igual que uno o más de otros sensores eléctricos o magnéticos.

25 Más en particular, en el presente ejemplo, el sensor **110** está configurado y es operable como un sensor EM de campo cercano que incluye un conjunto **111** de células **112** de detección EM de campo cercano que está configurado para inducir, en regiones del tejido ubicadas próximas a la superficie de detección del sensor, campos EM cercanos correspondientes a señales transmitidas a esta región del tejido desde un generador de señales. La configuración y la intensidad de los campos inducidos, por estructura específica de sensor (dispositivo/configuración específica y tipos de células de detección), dependen de las propiedades dieléctricas de las regiones de tejido adyacentes/en proximidad estrecha a la superficie de detección del sensor. A continuación se describirán algunos ejemplos de la configuración de la célula de detección y de la disposición de múltiples células.

30 En el ejemplo de las Figuras 1A y 1B, la unidad integral **100** de detección está fabricada mediante lo que se denomina técnicas de circuito flexible o rígido-flexible, que permiten la conducción de múltiples líneas de señales hasta y desde el sensor **110** en una disposición sustancialmente plana y elástica, proporcionando, de esta manera, flexibilidad de ciertas partes/regiones de la unidad de detección. En particular, la flexibilidad de las regiones **102** de la estructura **120** de transmisión de señales cerca de su límite con el sensor **110** (cabeza del sensor) permite envolver la estructura **120** de transmisión de señales (por ejemplo, en torno al soporte **150**) con un radio de curvatura reducido (pequeño). Esto permite la reducción de la superficie ocupada de la unidad de detección. Además, la flexibilidad de algunas otras regiones de la unidad **100** de detección, tales como las regiones **104** de la estructura **120** de transmisión de señales, permite un movimiento repetitivo, repetible, elástico de la cabeza **110** del sensor con respecto a sus conectores **160**, permitiendo, por lo tanto, un movimiento relativo del sensor con respecto a un alojamiento o guía (no mostrado) en el que se podría acomodar el sensor. Se debería hacer notar que la técnica de la presente invención, aunque utiliza la flexibilidad de la estructura de transmisión del sensor sigue

permitiendo el paso a través de la misma de una pluralidad de líneas de transmisión de señales de alta frecuencia al sensor **110**.

Con referencia ahora a la **Fig. 2**, se ilustra de forma esquemática un dispositivo sensor que utiliza los principios de la invención. Aquí, el dispositivo está formado por dos unidades **100** y **100'** de detección configuradas de forma generalmente similar al sensor ilustrado en las **Figuras 1A y 1B**, pero teniendo distintas geometrías. Para facilitar la comprensión de la invención, se utilizan los mismos números de referencia para designar elementos comunes en todos los ejemplos de la invención. Las dos unidades **100** y **100'** de detección son similares, incluyendo cada una un sensor (**110**, **110'**) y una estructura flexible (**120**, **120'**) de transmisión de señales y son complementarios geoméricamente, definiendo conjuntamente una cabeza **110-110'** de detección de dos partes que tiene conjuntos de células de detección. Las unidades de detección están fabricadas como estructuras flexibles integradas (por ejemplo, utilizando técnicas de circuito flexible) que son entonces plegadas, formando cada una una forma semicilíndrica de su sensor, definiendo los dos sensores la cabeza cilíndrica de detección. Las células de detección están dispuestas en una circunferencia de la superficie cilíndrica de detección formada por las superficies **108** y **108'** de sensores **110** y **110'**, respectivamente. Esta geometría resulta especialmente adecuada para aplicaciones que requieren una unidad tubular de detección (por ejemplo, insertable en una luz) y con capacidad de detección lateral. Aquí también, la flexibilidad de las regiones **104** de la estructura **120** de transmisión de señales permite un movimiento elástico de la cabeza del sensor con respecto a la luz.

Se debería comprender que se pueden emplear otras configuraciones y geometrías de la unidad **100** de detección. Estas incluyen, sin limitación, sensores configurados para medir en la superficie de escisión, la superficie de corte, el tejido escindido, las luces bifurcadas, los contornos de un órgano corporal y la piel. Además, la unidad **100** de detección puede estar dotada, sin limitación, de sondas fijas, sondas portátiles, sondas endoscópicas, sondas laparoscópicas y sondas robóticas.

Se hace referencia a la **Fig. 3A** que muestra la configuración de una célula EM de campo cercano de detección según un ejemplo específico, pero no limitante. La figura muestra una vista en sección transversal de la célula **112** de detección. La célula **112** está configurada como una célula **112** de detección EM de campo cercano y define una región **114** de detección que funciona como una apertura/abertura o ventana con respecto a los campos EM (región en la que residen/existen los campos EM inducidos por la célula de detección), un elemento conductor interno **118** que tiene extremos opuestos, distales y proximales (con respecto al interior de la unidad de detección) acomodados de forma que el extremo distal esté ubicado en la región **114** de detección, y un material eléctricamente conductor **116** que rodea la región **114** de detección, por ejemplo, formando un contorno/límite eléctricamente conductor en el perímetro de la célula de detección. Se debería comprender que, en general, una *región 114 de detección* no está limitada a una región plana, sino que más bien es normalmente una región volumétrica. El extremo distal del elemento conductor interno **118** está ubicado en la región de detección, aunque no necesariamente en la superficie de detección, que, por ejemplo, está debajo de la superficie de detección. La porción distal del elemento conductor interno está rodeada por el contorno eléctricamente conductor. Se debería comprender que el conductor interno **118** está separado del contorno eléctricamente conductor por material/es dieléctrico/s del sensor **110** en la región **114** de detección. Según se describirá adicionalmente a continuación, el elemento conductor interno **118**, en su porción extrema (proximal) opuesta está acoplada eléctricamente (por ejemplo, conectada físicamente) con una línea de señales (no mostrada aquí).

El elemento conductor interno **118** puede tener, por ejemplo, la forma de un agujero pasante electrochapado que atraviesa algunas capas de un sensor de "circuito flexible" de múltiples capas. Cuando se opera la célula **112** de detección (es decir, cuando se transmiten señales EM al sensor), funciona como un sensor EM de campo cercano induciendo los campos EM de campo cercano en su región **114** de detección y, por lo tanto, en una región del tejido ubicada en el entorno de la región **114** de detección. El tipo, el grado y la magnitud de los campos EM inducidos en dicha región del tejido dependen de las características eléctricas del tejido y de la frecuencia de las señales de inducción. Por lo tanto, el análisis del tipo y de la magnitud de las señales EM inducidas en dicha región del tejido proporciona datos indicativos de las características del tejido en el entorno de la región de detección.

El contorno de la célula puede tener cualquier forma adecuada, por ejemplo hexagonal, según se muestra en la **Fig. 3A** y también en las **Figuras 3C, 3E, 3F, 3H y 3J**, al igual que rectangular, según se muestra en las **Figuras 3B, 3G y 3I**, y triangular, según se muestra en la **Fig. 3D**. Según se ejemplifica adicionalmente en las figuras (véanse, por ejemplo, las **Figuras 3B-3D**), las células pueden estar dispuestas de manera que las regiones de detección formen diversos conjuntos bidimensionales (embaldosado). Las células también pueden estar dispuestas como un conjunto unidimensional (no mostrado). El elemento conductor interno **118** también puede tener cualquier forma adecuada en sección transversal, por ejemplo circular (**Figuras 3A, 3E y 3F**) u otras formas (**Figuras 3G a 3J**).

En algunas realizaciones de la invención, las células (o al menos algunas de ellas) de detección están configuradas como un sensor de campo cercano EM de tipo resistivo. Cada uno de tales sensores de tipo resistivo incluye el elemento conductor interno **118** aislado eléctricamente del material circundante (contorno) eléctricamente conductor **116**. Esto se muestra en los ejemplos de las **Figuras 3A, 3E-3G**. La célula de detección de tipo resistivo también puede incluir un material eléctricamente aislante que cubre la región de detección, de forma que aisle la célula respectiva de detección del sujeto, como se describirá adicionalmente a continuación. De forma alternativa, la célula

de detección de tipo resistivo puede estar configurada para llevar a cabo mediciones, mientras que tanto el elemento conductor interno **118** como el material circundante eléctricamente conductor **116** hacen contacto directo con el sujeto, como se describirá a continuación con referencia a las **Figuras 4A-4C**.

5 Según otras realizaciones mostradas en las **Figuras 3H-3J**, al menos algunas de las células de detección están configuradas como sensores de tipo inductivo que tienen su elemento conductor interno **118** conectado con el material eléctricamente conductor **116** que rodea la región respectiva de detección.

Se hace referencia a las **Figuras 4A-4D** que ilustran más específicamente distintas vistas en sección transversal de una unidad **100** de detección según una realización de la presente invención. La sección transversal ilustrada en la **Figura 4C** se corresponde, en general con un corte tomado a lo largo de una línea **191** en la **Fig. 4A**.

10 Según se muestra, la unidad de detección incluye el sensor **110**, que define una superficie **108** de detección, y la estructura **120** de transmisión de señales. El sensor **110** está configurado como un sensor EM de campo cercano que tiene una superficie **108** de detección mediante la cual la unidad de detección está orientada hacia una región de interés del sujeto, y un conjunto de células **112** de detección dispuesto en una relación separada en la superficie de detección. Cada célula **112** de detección está configurada para definir una región **114** de detección rodeada por un material eléctricamente conductor **116**. La estructura **120** de transmisión de señales es flexible y es integral con el sensor **110**, de forma que tengan al menos una superficie (capa) continua común **127**. La estructura **120** de transmisión de señales tiene una primera capa **125** en la que está ubicado un conjunto de líneas **122** de conexión de señales que está asociado con células **112** (por ejemplo, estando conectado/acoplado eléctricamente con elementos respectivos de las células de detección, por ejemplo, los elementos conductores internos en la configuración de célula de detección del presente ejemplo), y una segunda capa eléctricamente conductora **126** acoplada eléctricamente con el material eléctricamente conductor **116** del sensor. En el ejemplo presentado en las Figuras 4A-4D, el sensor **110** y la estructura **120** de transmisión de señales tienen dos superficies continuas comunes: la capa **127** y la capa **126/117**.

25 La estructura **120** de transmisión de señales define una o más bandas conectadas eléctricamente con el sensor **110**, e integrales con el mismo. En el presente ejemplo, la estructura de transmisión de señales es una estructura **120** de una única banda. La estructura de transmisión de señales está configurada para proporcionar múltiples líneas **122** de conexión de señales, todas ubicadas en una capa común **125** y asociadas con la pluralidad de células de detección.

30 El sensor **110** incluye una disposición de líneas de señales acopladas eléctricamente con las líneas de conexión de señales de la estructura **120** de transmisión de señales. En la **Fig. 4B** se ilustra una disposición de tales líneas **128** de señales, que suministra señales EM al conjunto **111** de células **112** de detección. Además, el material eléctricamente conductor **116** (por ejemplo, el perímetro de las células) forma una capa eléctricamente conductora **117** del sensor **110** (visto en la **Fig. 4A**) que puede tener o no conexión a tierra cuando la unidad de detección se encuentra en operación. El sensor **110** es una estructura de múltiples capas que incluye al menos una primera capa **119** de detección (que incluye dichas líneas **128** de señales) y una segunda capa conductora **117**. Las capas **119** y **117** están aisladas eléctricamente entre sí (por ejemplo, utilizando un material laminar, adhesivo, revestimiento eléctricamente aislante o una capa adicional de aislamiento). En el presente ejemplo, el aislamiento eléctrico se obtiene mediante la provisión de una capa (dieléctrica) aislante **127** que sirve de capa de sustrato tanto para la capa **117** como para la capa **119** del sensor **110** y que también es común para la estructura **120** de transmisión de señales.

45 En algunas realizaciones de la presente invención, al menos una célula de detección sirve de célula de referencia, señal electromagnética que no se ve afectada sustancialmente por el tipo de tejido acoplado con la misma, es decir, cuando el sensor está acoplado con la región de interés del sujeto. Por ejemplo, según se muestra en la **Fig. 4D**, una de las células de detección es una célula **112'** de referencia (por ejemplo, de simulación), aislada electromagnéticamente del medio/tejido. Tal aislamiento puede conseguirse, por ejemplo, mediante una cobertura continua de material conductor que conecta el elemento conductor interno de la célula **112'** con su perímetro eléctricamente conductor o, de forma alternativa, según se ejemplifica en la **Fig. 4D**, desconectando la línea de transmisión de señales en la capa **119** del tejido/medio medido (eliminando el elemento conductor interno) y proporcionando, por lo tanto, el aislamiento eléctrico deseado entre ellos. Tal célula (por ejemplo, **112'**) de referencia, que está blindada contra un efecto de la porción de tejido, puede servir para fines de calibración, por ejemplo necesaria debido a cambios en la propagación de señales EM en la estructura flexible **120** de transmisión de señales, resultantes de cambios en la forma de la estructura **120** de transmisión de señales durante su movimiento.

55 Se debería comprender que la invención no está limitada a ningún número específico de bandas en la estructura de transmisión de señales. En general, hay al menos una banda tal. Según se muestra en la **Fig. 4E**, al igual que en los ejemplos descritos anteriormente de las **Figuras 4A y 4B**, la estructura **120** de transmisión de señales define la única banda. En el ejemplo de la **Fig. 4F**, las estructuras **120** de transmisión de señales adecuadas para ser utilizadas en la unidad de detección tiene una configuración de cuatro bandas. El número de tales bandas puede variar según una aplicación específica de la unidad de detección, al igual que ciertos factores tales como el número

de líneas requeridas de conexión de señales, la mínima relación de señal a ruido requerida y las dimensiones del sensor. Esto es para proporcionar un número suficiente de líneas de conexión de señales (por ejemplo, según el número de células de detección) mientras se conserva la separación requerida entre las líneas para mantener cierto aislamiento eléctrico deseado de las mismas y también se conserva la flexibilidad deseada (mínimo radio de flexión) en las regiones límite **102** entre la unidad de detección y de la estructura de transmisión de señales. Esto puede conseguirse utilizando múltiples bandas de transmisión de señales, imponiendo, por lo tanto, mínimas restricciones sobre la longitud del perímetro **130** del sensor y, por lo tanto, también sobre la superficie ocupada del sensor.

Según se ha hecho notar anteriormente, montar el conjunto **111** de múltiples células **112** de detección en la punta de una sonda (no mostrada) permite una correlación espacial de ciertas características del tejido cuando las células de detección son similares y, por otra parte, cuando se utilizan distintos tipos de células de detección permite medir distintas propiedades en regiones próximas del tejido. Sin embargo, se debería hacer notar que uno de los prerrequisitos de un sensor que comprende una multitud de células de detección es proporcionar un número de líneas **122** de conexión de señales (es decir, en la estructura **120** de transmisión de señales) acopladas eléctricamente con las células de detección y adaptadas para permitir la lectura de datos (por ejemplo, en forma de una señal EM) de las mismas. Proporcionar una estructura **120** de transmisión de señales que tiene una multitud de tales líneas de conexión de señales puede ser especialmente engorroso cuando se requiere que las líneas de conexión de señales propaguen señales EM a frecuencias elevadas, por ejemplo superiores a 1 MHz. A tales frecuencias elevadas, las señales EM se propagan como modos (u ondas) guiados por las líneas de conexión de señales (que funcionan, junto con la segunda capa eléctricamente conductora **126**, como guías de ondas) y, en consecuencia, tales señales pueden adolecer de diversas alteraciones a lo largo de su recorrido, alterando su precisión. Estas alteraciones pueden incluir, por ejemplo, la absorbancia y la reflectancia debido a diversos factores de las líneas de señales tales como un cambio de impedancia (por ejemplo, como consecuencia de cambios en el material y/o en las dimensiones geométricas a lo largo de su recorrido de propagación) o la interferencia y/o la diafonía con otras señales (por ejemplo, una diafonía entre distintas líneas de transmisión de señales) debidas, por ejemplo, a una falta de blindaje eléctrico de las líneas **122** de conexión de señales, o debidas a la proximidad de las líneas **122** de conexión de señales entre sí.

En consecuencia, para mantener una transmisión fiable y precisa de las señales, la estructura **120** de transmisión de señales que transporta las señales EM al conjunto **111** de células de detección está controlada por impedancia y, opcionalmente, también blindada eléctricamente. En general, tales estructuras de transmisión de señales incluyen al menos una línea de señales que está ubicada con una relación espacial fija bien definida con respecto a al menos una superficie eléctricamente conductora asociada con la misma y dispuesta en su entorno. La línea de señales y la superficie eléctricamente conductora están separadas por un separador de material dieléctrico no conductor. La relación espacial entre la línea de señales y la superficie conductora, al igual que las dimensiones de la línea de señales y el material del separador dieléctrico, determina la impedancia de la línea. En las Figuras **5A-5B** se ilustran algunos ejemplos de tales estructuras controladas por impedancia, en las que se ilustran, respectivamente, una estructura plana de suministro de cinta para una transmisión de señales, o una comunicación de señales, **300A** y una estructura plana de suministro de microcinta **300B**. Estas estructuras comprenden elementos funcionales similares que incluyen una línea **310** de conexión de señales y una o más superficies conductoras **320** con una relación espacial fija con la línea de señales. La línea de señales y la superficie eléctricamente conductora están separadas por un separador (no mostrado) de material dieléctrico no conductor. Las superficies conductoras **320** también pueden proporcionar un blindaje (protección eléctrica) eléctrico a las señales EM que se propagan por la línea **310** de señales. En general, la estructura de la cinta **300A** proporciona un blindaje eléctrico mejorado de la línea **310** de conexión de señales dado que incluye dos superficies conductoras **320** ubicadas desde ambos lados de la línea **310**. Sin embargo, por la misma razón, la estructura de la cinta es menos flexible, en general, que la estructura **300B** de microcinta (el mínimo radio de flexión por debajo del cual se rompe la estructura (o cede, o alcanza la fatiga), y el mínimo radio de flexión con el que se puede deformar elásticamente, o de forma reversible, la estructura, son mayores en la estructura de la cinta **300A**).

Según la presente invención, cada una de las células **112** de detección (o cada agrupación de las mismas) puede estar asociada con una línea dedicada de señales (una de las líneas **128**) que está conectada con una línea respectiva de conexión de señales (una de las líneas **122**) de la estructura **120** de transmisión de señales. Las líneas **128** y **122** están configuradas para propagar señales EM a través de las líneas y, por lo tanto, hacia la o las células correspondientes **112** de detección, y desde las mismas. Esto requiere que la estructura **120** de transmisión de señales sea capaz de transmitir múltiples señales EM (por ejemplo, al mismo tiempo) a las células **112** de detección y evitar una interferencia espacial y/o temporal entre estas señales. Al mismo tiempo, para proporcionar una superficie ocupada deseablemente pequeña del sensor **110** (o cabeza de detección), se requiere una gran flexión de la estructura **120** de transmisión de señales en el límite **102** entre la estructura **120** y el sensor **110**. Un radio de curvatura debería ser, preferentemente, menor (preferentemente, mucho menor) que la dimensión de la superficie **108** de detección, para permitir, de ese modo, una superficie ocupada pequeña del sensor, es decir, de forma que la superficie de detección sea sustancialmente igual a un área de contacto entre la unidad de detección y el tejido durante las mediciones.

De forma alternativa (como, por ejemplo, en la realización de la Fig. 2), o adicional, se requiere la flexibilidad de la estructura de transmisión de señales para proporcionar un movimiento relativo del sensor con respecto al

alojamiento de la unidad de detección o con respecto a la estructura de conector de señales (por ejemplo, **160** en las **Figuras 1A y 1B**). Por ejemplo, puede ser específicamente importante cuando el alojamiento del sensor tiene una forma tubular (por ejemplo, para ser insertado en una luz) y cuando se necesitan movimientos hacia atrás y hacia delante de la unidad de detección con respecto al alojamiento.

- 5 Los anteriores dos requisitos de la transmisión de señales controlada por impedancia y de flexibilidad se consiguen en la presente invención utilizando una estructura planaria (es decir, plana) de transmisión de señales. Se debería comprender que los términos “plano” y “planario” utilizados para los fines de la presente solicitud significan en realidad una estructura relativamente delgada al menos en una región de la misma en la que se puede doblar, por lo tanto, la estructura. Además, la unidad de detección de la invención tiene una configuración coplanaria en el sentido de que la parte del sensor y la parte de transmisión de señales son integrales entre sí, presentando una superficie continua común.

Tal unidad plana/planaria de detección podría tener una estructura de transmisión de señales configurada como estructuras de microcinta **300B** o de cinta **300A**, según se muestra en las **Figuras 5A y 5B**, que tienen una impedancia controlada y fija, por ejemplo 50 ohmios o 200 ohmios.

- 15 También se debería hacer notar que en algunos casos y para algunos tipos/configuraciones de las células de detección de caracterización de tejido, unas mediciones precisas del tejido requieren suficiente acoplamiento, y preferentemente uno continuo, entre la multitud de células **112** de detección y el tejido. En este caso, es preferible que el sensor **110** también sea flexible y, por lo tanto, también esté configurado como una estructura flexible de cinta o de microcinta de circuito flexible. Sin embargo, en otros casos, es preferible que el sensor **110** sea rígido y, en estos casos, se puede obtener una combinación de sensor rígido **110** y de estructura flexible **120** de transmisión de señales utilizando la tecnología de circuito rígido-flexible, según se ha descrito anteriormente.

- La estructura **120** de transmisión de señales en los ejemplos descritos anteriormente incluye una capa **125** de señales en la que se forman líneas **122** de señales que están dispuestas en una relación separada (que tiene una separación mínima entre líneas para minimizar/evitar la diafonía), e incluye al menos una capa **126** de conducción asociada con la capa **125** de señales. Según se ha hecho notar anteriormente, para proporcionar una elevada flexibilidad mecánica de la estructura **120** de transmisión de señales, es preferible minimizar el número de capas en la estructura **120**, especialmente el número de capas conductoras que incluyen material o materiales eléctricamente conductores, normalmente metales, que son normalmente menos estirables que las capas de materiales aislantes. En consecuencia, en las realizaciones preferentes de la presente invención, la estructura **120** de transmisión de señales incluye una única capa **125** de señales y una o dos capas de conducción (solo se utiliza una capa **126** de conducción en la realización de las **Figuras 4A-4D**) asociadas con dicha capa **125** de señales que proporciona una transmisión de señales controlada por impedancia y proporciona, opcionalmente, cierto blindaje eléctrico (protección eléctrica) a las líneas **122** de señales.

- Las **Figuras 6A y 6B** ilustran de forma esquemática dos ejemplos de bandas **400A** y **400B** de transmisión de señales de una estructura de transmisión de señales según algunas otras realizaciones de la presente invención. La banda **400A** de transmisión de señales mostrada en la **Fig. 6A** incluye una primera capa **405** de señales que incluye dos líneas separadas **411** y **412** de señales, y una segunda capa **406** de conducción que está aislada eléctricamente de la primera capa **405** de señales. La capa **405** de señales y la segunda capa **406** de conducción están separadas por un separador de material dieléctrico no conductor (no mostrado). Las líneas **411** y **412** de señales y la capa **406** de conducción forman en realidad una disposición coplanaria de dos estructuras **401A** y **402A** de suministro de microcinta, en las que una separación  $d_{1A}$  entre las líneas de señales es para evitar la diafonía entre las líneas **411** y **412** de señales. La separación  $d_{2A}$  entre la capa de conducción y la capa de señales, el tipo de separadores dieléctricos (no mostrados), y la anchura de las líneas de señales determina la impedancia de la estructura de transmisión de señales. Se debería comprender que, aunque en los ejemplos de las **Figuras 6A y 6B** solo se muestran dos líneas **411** y **412** de señales, normalmente se disponen más de dos líneas de señales tales en cada banda de transmisión de señales.

- La banda **400B** de transmisión de señales mostrada en la **Figura 6B** es generalmente similar a la banda **400A** descrita anteriormente y se distingue de la misma porque incluye una capa adicional **407** de conducción. Las líneas **411** y **412** de señales y las capas **406** y **407** de conducción están dispuestas, en este ejemplo, para formar una disposición coplanaria de dos estructuras **401B** y **402B** de suministro de cinta. También aquí, la separación  $d_{1B}$  entre las líneas de señales es para evitar la diafonía entre las líneas **411** y **412** de señales, y la separación  $d_{2B}$  es entre las capas de conducción y la capa de señales, el tipo de separadores dieléctricos (no mostrados) y la anchura de las líneas de señales determinan la impedancia de la estructura de transmisión de señales. También se debería hacer notar que el uso de una configuración de cinta según se muestra en la **Fig. 6B** permite mantener el mismo grado de diafonía entre líneas de señales con una separación un tanto reducida  $d_{1B}$  entre las mismas, con respecto a la separación  $d_{1A}$  requerida por la microcinta de la **Fig. 6A**, permitiendo, de esta manera, incluir un mayor número de líneas de señales en una banda de transmisión de señales de la misma anchura. Por otra parte, según se ha descrito anteriormente, una capa adicional **407** de conducción y separadores dieléctricos adicionales (no mostrados) afectan y reducen la flexibilidad de la banda **400B** de transmisión de señales. Además, cuando se compara entre una configuración de microcinta y de línea de cinta, teniendo ambas una impedancia y una anchura de línea

similares, la configuración de cinta requiere un sustrato dieléctrico más grueso, reduciendo también, de ese modo, la flexibilidad de la banda **400B** de transmisión de señales.

Por lo tanto, se debe diseñar el tipo de bandas de transmisión de señales de la estructura de transmisión de señales, entre otros, según el valor deseado de tales parámetros como el grado de diafonía permisible, la anchura requerida de la banda y el número de líneas de señales que deben pasar a través de la misma y la flexibilidad requerida de la banda (por ejemplo, el mínimo radio posible de flexión de la banda de transmisión que no inflija daños estructurales a la banda). Además, en algunas realizaciones, se requiere la flexibilidad de la estructura **120** de transmisión de señales para permitir un movimiento continuo y repetitivo del sensor con respecto al alojamiento de la sonda (por ejemplo, la flexión de la estructura de transmisión de señales es operado en las regiones elástica o a veces en la elastoplástica de la curva de esfuerzo-deformación ilustrada a continuación).

Se hace referencia ahora a las **Figuras 7A-7C** que ejemplifican los principios de selección de las configuraciones apropiadas de capa para la unidad de detección según una flexión mínima/una flexibilidad deseada que ha de obtenerse. La **Fig. 7A** muestra un diagrama de esfuerzo-deformación de un circuito flexible típico. El diagrama ilustra una deformación típica  $\epsilon$  (es decir, el cambio de longitud  $l$ , en%) de la estructura de circuito flexible como una función del esfuerzo  $\sigma$  (es decir, fuerza/área) aplicado sobre la estructura, por ejemplo cuando se dobla la estructura. Según se muestra en la figura, la respuesta de la estructura, es decir, la deformación  $\epsilon$ , con respecto a la fuerza aplicada, esfuerzo  $\sigma$ , puede dividirse, en general, en tres regímenes: el régimen elástico caracterizado por una deformación lineal y reversible de la estructura en respuesta a la fuerza aplicada, en la que el material de la estructura devuelve a la estructura de nuevo a su longitud original después de que se libera la aplicación de fuerza; el régimen elastoplástico, que se caracteriza por una deformación no lineal de la estructura (después de que se libera la fuerza, el material de la estructura no devuelve a la estructura completamente de nuevo a su forma original); y la región plástica se caracteriza por una deformación irreversible lineal. Por lo tanto, es evidente que en las regiones de la unidad de detección en las que se previsto una flexión repetitiva de la unidad de detección (por ejemplo, las regiones **104** en las **Figuras 1A, 1B y 2**) se debería restringir un mínimo radio de flexión a los regímenes elástico y/o elastoplástico (preferentemente al régimen elástico), mientras que en la o las regiones en las que se ha de utilizar una flexión permanente (por ejemplo, las regiones límite **102** en las **Figuras 1A y 1B**) se puede utilizar un radio mínimo constante/fijo de flexión en el régimen plástico.

Sin embargo, se debería hacer notar que estos regímenes pueden variar según el diseño de la estructura de la unidad de detección (es decir, los materiales y los grosores de las capas). Esta dependencia se ejemplifica en las **Figuras 7B y 7C** que muestran dos ejemplos de circuitos flexibles, que tienen distintas estructuras de capa que incluyen una o dos capas conductoras de cobre, respectivamente. Estos ejemplos ilustran la dependencia del mínimo radio posible de flexión, del tipo de material y de los grosores de las capas en la estructura dentro de la región que ha de ser doblada.

La **Fig. 7B** ilustra una estructura de circuito flexible según un ejemplo específico pero no limitante. La estructura incluye una única capa **S** de sustrato que tiene un grosor  $D = 50 \mu\text{m}$ , una única capa conductora **C** de cobre que tiene un grosor de  $t = 35 \mu\text{m}$  y una capa **V** de cubierta de un grosor  $d = 50 \mu\text{m}$ . El máximo alargamiento (deformación lineal)  $E$  de tal estructura está dado por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\frac{t}{2}}{D + \frac{t}{2} + R} \leq E_B$$

en la que  $E_B$  es un 10% para evitar la rotura, y  $E_B$  es un 0,3% cuando se considera la flexión dinámica.

En consecuencia, el mínimo radio de flexión posible es:

$$R \geq \frac{t}{2} \cdot \frac{1-E}{E} - D$$

Por lo tanto, para los anteriores parámetros, la máxima deformación posible en el régimen de flexión dinámica (elástico) se consigue con el mínimo radio de flexión  $R \geq 5,766 \text{ mm}$ , mientras que el radio de flexión con el cual no se producirá una rotura es  $R \geq 0,108 \text{ mm}$ .

La **Fig. 7C** ilustra una estructura de circuito flexible según un ejemplo específico pero no limitante. La estructura incluye una única capa **S** de sustrato que tiene un grosor  $D = 50 \mu\text{m}$  y dos capas conductoras **C** de cobre que tienen un grosor de  $t = 35 \mu\text{m}$  y dos capas **V** de cubierta con un grosor  $d = 50 \mu\text{m}$  dispuestas según se muestra en la figura de una forma autoexplicativa. En general, las capas adicionales (una estructura generalmente más gruesa y/o una multitud de capas conductoras que son menos flexibles) limitan el radio de curvatura y, por lo tanto, los mínimos

radios de flexión (para una flexión dinámica y no dinámica) son mayores en este ejemplo en comparación con el de la Fig. 7B.

Aquí, el alargamiento máximo (deformación lineal) E de tal estructura antes de la rotura está dado por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\frac{D}{2} + t}{R + d + t + \frac{D}{2}} \leq E_B;$$

en la que E<sub>B</sub> es un 10% para evitar la rotura y E<sub>B</sub> es 0,3% cuando se considera una flexión dinámica.

En consecuencia, el mínimo radio posible de curvatura es:

$$R \geq \left( \frac{D}{2} + t \right) \cdot \frac{1 - E}{E} - d$$

Por lo tanto, para los anteriores parámetros, la máxima deformación posible en el régimen (elástico) de flexión dinámica se consigue con el mínimo radio de flexión  $R \geq 20,056$  mm, mientras que el radio de flexión para el cual no se producirá una rotura es  $R \geq 0,495$  mm.

Se debería hacer notar que cuando se selecciona que al menos uno de los grosores **d**, **D** y **t** sea inferior a los presentados en el anterior ejemplo, se pueda hacer menor el mínimo radio de curvatura que el valor obtenido en el anterior ejemplo. Para un tamaño de superficie de detección de aproximadamente 1-100 mm, el mínimo radio de curvatura obtenible E<sub>B</sub> es significativamente menor que el tamaño de la superficie de detección. De esta manera, se puede conseguir la superficie ocupada deseablemente pequeña de la unidad de detección.

Con referencia de nuevo a las **Figuras 1A y 1B**, se debería comprender que el radio obtenido para la condición de rotura/fallo establece el límite para la curvatura de las regiones límite **102**, y el radio obtenido para el régimen elástico establece el límite para las regiones **104**.

Con referencia de nuevo a la **Fig. 4C**, la unidad **100** de detección se implementa como una estructura integrada que incluye una pila de tres capas que incluyen una capa aislante **127** de sustrato desde ambos lados de la cual están dispuestas, respectivamente, la primera capa **119** de detección y la capa conductora **117**. Se debería comprender que la capa aislante **127** de sustrato sirve de sustrato también para la capa **125** de transmisión de señales de la estructura **120** de transmisión de señales que es integral con la primera capa **119** de detección y como un sustrato para la capa conductora **126** de la estructura **120** de transmisión de señales que es integral con la capa conductora **117** de detección. En consecuencia, las líneas de conexión de señales de la capa **125** de transmisión de señales son integrales con las líneas **128** de señales del sensor. Más en general, las capas respectivas del sensor **110** y la estructura **120** de transmisión de señales están dispuestas con una o más superficies continuas comunes.

Se debería hacer notar que, en el presente ejemplo, la capa **127** de sustrato comprende material de poliimida y que se utiliza cobre como material conductor para las capas conductoras **117**, **126** y para las líneas de señales y las líneas de conexión de señales de las capas **119** y **125**, respectivamente.

Se hace referencia a las **Figuras 8A-8D** que ilustran un ejemplo de una unidad **100** de detección según otra realización de la presente invención. En este ejemplo, la unidad de detección incluye incluso un mayor número de células de detección que en el ejemplo de las **Figuras 4A-4D**, permitiendo, por lo tanto, una mayor resolución de medición y permitiendo un menor tamaño mínimo de característica detectable. En consecuencia, se propaga un mayor número de líneas de señales por la estructura **120** de transmisión de señales. Con este fin, la estructura **120** de transmisión de señales tiene dos bandas **120A** y **120B** de transmisión de señales en las que múltiples líneas de señales van a distintas células de detección. La división de la estructura **120** de transmisión de señales en varias bandas de transmisión de señales (en este caso dos bandas tales de transmisión) se realiza para acomodar más líneas de señales en la estructura **120** de transmisión de señales sin reducir la separación entre las líneas de señales (sin afectar, por lo tanto, al aislamiento EM de las líneas) y sin aumentar también la superficie ocupada del sensor **110**.

En la realización mostrada en las **Figuras 8A-8D**, la unidad de detección es generalmente similar a la de las **Figuras 4A-4D**. Sin embargo, aunque en el ejemplo de las **Figuras 4A-4D** las células de detección están configuradas para operar en contacto directo con el tejido/medio, en esta realización las células **112** de detección están diseñadas para operar mientras están aisladas eléctricamente del medio inspeccionado. En consecuencia, se proporciona un revestimiento (o capa) dieléctrico adicional **132**, separando y aislando eléctricamente los elementos conductores **116** y **118** de las células **112** del medio inspeccionado. También en este ejemplo, hay un



revestimiento/capa dieléctrico adicional **134** que cubre tanto la primera capa **119** de detección como la capa **125** de señales de la estructura **120** de transmisión de señales.

De forma similar a la realización de las **Figuras 4A-4D**, en el presente ejemplo al menos una célula de detección puede servir de célula de referencia que está configurada según se muestra en la **Fig. 8D**. Según se ha hecho notar anteriormente, en la presente realización las células activas de detección operan sin un contacto eléctrico directo con el tejido medido y, en consecuencia, se muestra que la capa **132** cubre las células de detección (las células activas **112** mostradas en la figura, pero se debería comprender que la capa **132** también cubre la célula **112'** de simulación, aunque en este ejemplo es menos significativo). Además, en la presente realización la insensibilidad de la célula **112'** de referencia a las características del medio medido se obtiene extendiendo el extremo distal de **119'** para que cubra toda el área **114'** de detección y acoplado eléctricamente el elemento conductor interno **118'** de la célula **112'** con su perímetro eléctricamente conductor **116'**.

La **Fig. 8C** también ilustra un ejemplo del uso de una técnica de circuito rígido-flexible en la fabricación de una unidad de detección según la presente invención. La estructura de capas de la estructura **160** de conector de señales incluye una multitud de capas integrales con las capas, y sustancialmente similares a las mismas, de la estructura flexible **120** de transmisión de señales. La rigidez de la estructura **160** de conector de señales es proporcionada por una capa rigidizadora adicional **193** que está conectada con la estructura de capas (por ejemplo, mediante un adhesivo adecuado). Se debería hacer notar que se podrían utilizar técnicas similares para rigidizar otras partes de la unidad de detección, tal como la cabeza del sensor o partes de la misma y/o algunas regiones de la estructura de transmisión de señales.

Las células de detección ilustradas en los ejemplos de las **Figuras 4A-4D** y **8A-8D** están configuradas como sensores EM de campo cercano. Para proporcionar a tales sensores una buena precisión de medición, es preferible que el elemento conductor interno **118** ubicado en las regiones **114** de detección de la célula de detección y el material eléctricamente conductor **116** que rodea las regiones **114** de detección estén ubicados ambos en la misma superficie **108** de detección (la línea **108** que designa la superficie de detección solo sirve de guía para el ojo y no como elemento estructura del sensor) que está orientada hacia el medio/tejido durante las mediciones. Con este fin, el elemento conductor interno **118** está conectado con una línea de señales respectiva en la primera capa **119** de detección y sobresale del lado delantero del sensor hacia la superficie **108** de detección. Cuando se opera la célula de detección, la configuración de los elementos conductores que comprende el extremo distal del elemento conductor interno **118** y el material conductor **116** en el perímetro de la célula de detección (que se encuentra en la superficie **108** de detección) operan conjuntamente para inducir el campo EM en el entorno del tejido/medio cerca de la región **114** de detección. Normalmente, el elemento conductor interno **118**, que está conectado eléctricamente con una línea de señales respectiva **128**, transporta una señal EM (por ejemplo, una tensión constante o una tensión alternante a algunas frecuencias), y el material conductor se mantiene en el potencial a tierra. Esto afecta a una inducción del campo EM en el tejido en proximidad estrecha a la región respectiva de detección de la célula **112** de detección que es la región rodeada por un perímetro del material eléctricamente conductor **116**. La profundidad de penetración del campo EM en el tejido es normalmente del orden del tamaño de la región **114** de detección o del orden del tamaño de la característica del extremo distal del conductor interno **118**. La dimensión de la región de detección o del tamaño de la característica del extremo distal del conductor interno **118** define/establece, por lo tanto, la profundidad hasta la que penetran los campos EM en el medio. La selección de una disposición apropiada de las células de detección en la superficie de detección, por ejemplo su estructura, número, tamaño y factor de relleno, permite la inspección de una región de interés que tiene un cierto tamaño dado y ubicada a una cierta profundidad dada en el tejido.

Se debería comprender que todas las anteriores consideraciones, cuando están encaminadas a proporcionar una estructura flexible de transmisión de señales integral con el sensor **110**, crean limitaciones, o restricciones, de diseño sobre el encaminamiento/disposición de las líneas de señales en la primera capa **119** de detección.

Se debería comprender que, en general, no solo el extremo distal (por ejemplo, la punta) del elemento conductor interno **118** (por ejemplo, la sección del elemento conductor interno **118** que es distal con respecto a la primera capa **119** de detección) induce el campo EM en la porción de tejido ubicada por delante de la región **114** de detección, sino que también se inducen campos EM adicionales en la misma porción de tejido por secciones de las líneas de señales que pasan al interior de la región respectiva **114** de detección. Se debería comprender que, en la presente divulgación, con referencia a las líneas de señales que pasan al interior de la región de detección designa las líneas de señales que pasan al interior de la primera capa **119** (señal del sensor) y que cuando son proyectadas sobre la superficie **108** de detección pasan al interior de la región de detección. En las **Figuras 4A y 4B** se ilustra un ejemplo de tal sección. En este ejemplo, la sección **195** de una línea de señales pasa, en el sentido descrito anteriormente, al interior de una abertura/región **196** de detección de la célula **197** de detección. En este caso, la sección **195** es una parte de una línea de señales que está asociada (por ejemplo, conectada con el elemento conductor interno de la célula) con la célula **197** de detección; sin embargo, se debería comprender que, en algunos casos, las líneas de señales que pasan al interior de la abertura (o la atraviesan) también pueden asociarse con otras células.

Estos campos EM adicionales, que son inducidos, según se ha descrito anteriormente, por líneas de señales que pasan al interior de la región de detección, introducen una cantidad de ruido en la medición. Este ruido puede ser

provocado por una diafonía entre la región (abertura) **114** de detección y las líneas de señales asociadas con otras células de detección que pasan por dicha región **114** de detección o por los campos EM adicionales de campo cercano generados en la región **114** de detección por secciones de la línea **119** de señales asociadas con la misma región **114** de detección. Esto da lugar a una adición de ruido (reduciendo la SNR) debido a la adición no idéntica (entre células) de estos campos a los campos inducidos por las porciones distales de conectores internos **118** (que son idénticos entre células).

Con referencia ahora a las **Figuras 9A-9D**, se muestran más específicamente ejemplos de una relación entre las líneas de señales y regiones de detección. La **Fig. 9A** muestra la primera capa **119** (señal del sensor) del sensor **110** en una configuración según se ilustra en las **Figuras 8A-8C**, las **Figuras 9B y 9C** muestran dos ejemplos de distintas configuraciones de la capa **117** de conducción de esta configuración del sensor que tienen un factor de relleno elevado (**Fig. 9B**) y ruido y diafonía reducidos (**Fig. 9C**).

La **Fig. 9A** muestra que la capa **119** incluye múltiples líneas **128** de señales que están asociadas con distintas células de detección (líneas **128** de señales dispuestas para terminar dentro de la ubicación de sus células respectivas de detección). Además, se muestra que las líneas **128** de señales son integrales con las líneas **122** de conexión de señales de la estructura de transmisión de señales y están dispuestas para mantener al menos una cierta distancia mínima entre las líneas en las regiones tanto del sensor **110** como de la estructura **120** de transmisión de señales.

La **Fig. 9B** ilustra un ejemplo del sensor **110** que incluye una capa **117** de conducción colocada encima de la primera capa **119** de detección de la **Fig. 9A**. En este ejemplo, la capa **117** incluye regiones (ventanas) relativamente grandes **114** de detección que tienen una separación  $d_s$  de tamaño relativamente pequeño (estrecho) entre las mismas. En consecuencia, las regiones **114** de detección ocupan un área sustancial dentro de la superficie **108** de detección del sensor, proporcionando, de ese modo, un factor de relleno elevado de las regiones de detección dentro de la superficie **108** de detección. La **Fig. 9D** muestra más específicamente células **112**, **112'** y **112''** y sus líneas asociadas de transmisión de señales.

En general, es deseable un factor de relleno elevado de las regiones de detección en la superficie de detección para aumentar la sensibilidad de la célula de detección a la presencia de propiedades de tamaño pequeño de característica del medio que está siendo monitorizado. Sin embargo, la configuración del sensor según se ejemplifica en la presente memoria con un factor de relleno elevado de las regiones de detección en la superficie de detección podría bien afectar a la precisión del sensor o bien permitir el uso de únicamente un número pequeño de células de detección, reduciendo, de esta manera, la solución aplicable del sensor. Esto es debido a que los espacios estrechos  $d_s$  solo permiten que se cruce un número pequeño de líneas de señales entre las regiones de detección mientras están blindadas eléctricamente de las mismas. Esto también es debido a que se tiene que mantener una separación mínima entre las líneas de señales según un grado deseado de aislamiento eléctrico entre líneas de señales adyacentes (por ejemplo, para evitar la diafonía), de forma que no se pueda hacer que todas las líneas de señales acomoden únicamente las regiones  $d_s$ . Por lo tanto, en el caso de un requisito de resolución espacial elevada que, a su vez, requiere un mayor número de líneas de señales, las líneas de señales de distintas células de detección pasarían inevitablemente a través de las regiones de detección de otras células de detección. Por ejemplo, las porciones de líneas **141'** y **141''** de señales asociadas con las células **112'** y **112''** pasan a través de la abertura **114** de detección de otra célula **112** de detección. Según se ha descrito anteriormente, estas líneas de señales inducen campos EM adicionales en la porción de tejido en la que está acoplada la región **114** de detección y, por lo tanto, afectan a la precisión de las mediciones y afectan a la diafonía entre las distintas células de detección. Además, dado que el tamaño de la región de detección en este ejemplo es relativamente grande, la porción de la línea de señales que está asociada con una célula respectiva de detección y que pasa a través de la región **114** de detección de la célula también es bastante larga, afectando también, por lo tanto, a la precisión de la medición de la célula de detección.

Además, según se ha hecho notar, durante la operación la célula de detección integra en realidad la respuesta EM de una región de tejido ubicada por delante de su abertura respectiva de detección. La respuesta EM de dichas regiones de tejido se corresponde con la distribución espacial de los campos EM generados en la abertura de detección de las células de detección. Distintos tipos de células de detección (por ejemplo, tales como los ilustrados en las **Figuras 3E-3J**) están diseñados para inducir distintas configuraciones espaciales de campos EM que tienen, por ejemplo, simetrías circulares, rectangulares, hexagonales. El análisis de las características del tejido depende en gran medida de la configuración espacial de los campos inducidos que, a su vez, podrían ser susceptibles a interferencias eléctricas, tales como las inducidas por las secciones de las líneas de señales que pasan al interior de la región de detección, por ejemplo, según se ha descrito anteriormente, las secciones **141'**, **141''** (véase también la **Fig. 9D**). Por lo tanto, evitar/reducir tales efectos de interferencias eléctricas blindando eléctricamente las secciones de las líneas de señales que pasan al interior de la abertura y la sección del elemento conductor interno, salvo su extremo distal, desde las regiones de detección de las células de detección, proporciona mediciones de caracterización del tejido con una mayor precisión.

La **Fig. 9C** ilustra otro ejemplo del sensor **110** que incluye la capa **117** de conducción colocada encima de la primera capa **119** de detección de la **Fig. 9A**. Aquí, la capa **117** incluye regiones **114** de detección relativamente pequeñas

dispuestas con una separación  $d_s$  relativamente grande (amplia) entre ellas y, en consecuencia, las porciones de las líneas de señales que atraviesan las regiones de detección, o pasan al interior de las mismas, son pequeñas y se minimiza la diafonía entre las células de detección. En este ejemplo, las regiones **114** de detección ocupan un área relativamente pequeña de la superficie **108** de detección del sensor, proporcionando, de esta manera, un menor factor de relleno de las regiones de detección.

La invención permite proporcionar una unidad de detección con una resolución espacial elevada que tiene una relación relativamente elevada de señal a ruido (por ejemplo, se suprime la diafonía entre las distintas células de detección) y tiene un factor de relleno relativamente elevado de las regiones de detección. En este sentido, se hace referencia a la **Fig. 10A** que muestra una vista lateral en sección transversal de una unidad de detección según otra realización de la presente invención. La unidad de detección está configurada de forma generalmente similar a la de las Figuras **4A-4C** y **8A-8C**. Más específicamente, la unidad de detección incluye un sensor **110** y una estructura **120** de transmisión de señales integral con el sensor **110**, teniendo ambos una superficie continua común **127**. El sensor **110** incluye un conjunto **111** de células de detección (por ejemplo, **112**) que definen un conjunto respectivo de regiones de detección (por ejemplo, **114**) rodeado por material eléctricamente conductor **116**. El sensor **110** incluye una primera capa **119** de detección que contiene líneas **128** de señales y una segunda capa **117** de conducción en la que se crean (por ejemplo, en forma de ventanas o perforaciones eléctricamente aislantes) las regiones de detección y que incluyen el material eléctricamente conductor **116** circundante de las regiones de detección. La célula de detección también incluye un elemento conductor interno **118** que sobresale de la primera capa **119** de detección hacia la superficie **108** de detección. Para obtener una relación elevada de señal a ruido, al igual que una resolución espacial elevada y/o un factor de relleno elevado, las porciones de las líneas de señales que pasan al interior de las regiones de detección deberían estar protegidas eléctricamente (blindadas) de las propias regiones **114** de detección. En el presente ejemplo de la **Fig. 10A**, esto se consigue utilizando una capa conductora adicional **140** ubicada entre la primera capa **119** de detección que tiene las líneas de señales y la segunda capa conductora **117** en la que se crean las regiones de detección. La capa conductora adicional **140** actúa como una protección eléctrica, blindando las líneas de señales que atraviesan en la primera capa **119** de detección, pasando al interior de las regiones de detección, desde las regiones de detección y, por lo tanto, desde la superficie **108** de detección.

En la **Fig. 10B** se muestra más específicamente un ejemplo de la configuración de la capa adicional **140**. La capa **140** es una capa conductora que incluye un conjunto **144** de regiones **145** de transmisión de señales (por ejemplo, en forma de perforaciones en la capa **140**), que son regiones sustancialmente no conductoras y están dispuestas en una relación separada en la capa **140** alineadas con al menos algunas de las regiones de detección. En otras palabras, el conjunto **144** de regiones **145** de transmisión de señales se corresponde con el conjunto de las regiones de detección asociado con el conjunto **111** de células de detección. Se debería hacer notar que las regiones **145** de transmisión pueden ser concéntricas con las regiones **114** de detección y ser generalmente menores que las regiones **114** de detección, proporcionando, de ese modo, mediante dicha capa adicional conductora de detección un blindaje eléctrico de al menos una porción de las líneas de señales desde las regiones de detección. Aquí, la capa adicional es integral con la capa conductora **126** de la estructura **120** de transmisión de señales (de la cual solo se muestra una porción pequeña).

La **Fig. 10C** ilustra de forma esquemática la capa **117** de conducción que incluye un conjunto **130** de regiones **114** de detección. Se debería comprender que en la configuración de sensor montado la capa **117** de conducción está ubicada encima de la capa adicional **140** y está orientada hacia el tejido/medio que ha de caracterizarse. Las regiones **145** de transmisión proporcionan acceso a los elementos conductores internos de las células de detección mientras que se blindan electromagnéticamente otras porciones de la capa de transmisión de señales, pasando a las de dentro de las regiones **114** de detección.

La disposición presentada en las **Figuras 10A-10C** da lugar a que la estructura del campo cercano EM inducido en la región **114** de detección de cada una de las células **112** de detección no se vea afectada por secciones de las líneas de señales que pasan al interior de las regiones **114** de detección. Esto da lugar a un aumento en la SNR de las mediciones y, por lo tanto, a un aumento en las prestaciones de caracterización del sensor **110**.

Se debería hacer notar que en este ejemplo también se implementa la unidad de detección como una estructura integrada que incluye una pila de capas. Sin embargo, al contrario que en los anteriores ejemplos presentados, aquí la capa conductora **126** de la estructura **120** de transmisión de señales es integral con la capa adicional **140** de detección. En este sentido se debería hacer notar que, en este ejemplo, para proporcionar una flexibilidad elevada del límite **102** entre el sensor **110** y la estructura de transmisión de señales, la capa adicional se extiende únicamente dentro de la región del sensor **110** (por ejemplo, sin extenderse a través del límite **102** a la estructura **120** de transmisión de señales).

Los expertos en la técnica apreciarán inmediatamente que se pueden aplicar diversos cambios y modificaciones a las realizaciones de la invención según se ha descrito anteriormente en la presente memoria sin alejarse del alcance definido en las reivindicaciones adjuntas, y por las mismas.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo plano (100) sensor para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo el dispositivo plano sensor un conjunto de células electromagnéticas (112) de campo cercano de detección, comprendiendo el dispositivo sensor:
- 5 una unidad electromagnética (110) de campo cercano de detección que comprende
- una superficie (108) de detección mediante la cual el dispositivo está adaptado para estar orientado hacia una región de interés del sujeto, comprendiendo dicha superficie de detección una capa (117) de conducción que comprende una pluralidad de células (112) de detección configuradas para definir un conjunto de regiones (114) de detección en una relación separada dentro de dicha superficie de detección, y
- 10 el conjunto de células electromagnéticas de campo cercano de detección, estando asociada cada una con una de dichas regiones de detección, estando rodeadas las regiones de detección por un material eléctricamente conductor (116) de dicha capa de conducción; y
- una estructura flexible (120) de transmisión de señales integrada con dicha unidad electromagnética de campo cercano de detección en una configuración coplanaria, de forma que la estructura de transmisión de señales y la unidad electromagnética de campo cercano de detección tengan al menos una superficie continua común, comprendiendo dicha estructura flexible de transmisión de señales una primera capa (125) que incluye un conjunto de líneas de conexión de señales asociadas con dichas células de detección y una segunda capa eléctricamente conductora (126) que está acoplada eléctricamente con dicha capa de conducción de la superficie de detección.
- 15
- 20
2. El dispositivo sensor de la reivindicación 1, que tiene al menos una de las siguientes configuraciones: (i) la estructura de transmisión de señales y la unidad electromagnética de campo cercano de detección están configuradas para proporcionar una transmisión de señales controlada por impedancia dirigida hacia y procedente de las regiones de detección; (ii) dicha estructura flexible de transmisión de señales tiene al menos una banda flexible configurada para doblarse con respecto a la unidad de detección con un radio de curvatura menor que una dimensión característica de dicha unidad de detección; (iii) dicha estructura de transmisión de señales comprende una o más bandas flexibles capaces de doblarse con respecto a la unidad de detección y contiene las líneas de conexión de señales, extendiéndose dichas una o más bandas desde la unidad de detección en una o más direcciones; (iv) dicha estructura de transmisión de señales está configurada como una microcinta plana flexible que tiene una pluralidad de capas que incluyen dichas capas primera y segunda, que son capas planas flexibles; (v) dicha estructura de transmisión de señales está configurada como una cinta plana flexible que comprende una pluralidad de capas que incluyen las capas primera y segunda, y una capa adicional eléctricamente conductora, estando ubicadas las capas segunda y adicional en ambos lados de dicha primera capa; (vi) al menos una de las células de detección está configurada y es operable como una célula de referencia que es sustancialmente insensible a los efectos de una región de interés del sujeto con la que está acoplada la unidad de detección durante la operación.
- 25
- 30
- 35
3. El dispositivo sensor de la reivindicación 1 o 2, en el que cada una de al menos algunas de dichas células de detección comprende un elemento conductor interno acoplado con el interior de la región respectiva de detección y acoplado eléctricamente con la respectiva de dichas líneas de conexión de señales.
- 40
4. El dispositivo sensor de la reivindicación 3, que tiene al menos una de las siguientes configuraciones:
- al menos algunas de las células de detección están configuradas como un sensor de tipo resistivo, comprendiendo cada uno de dichos sensores de tipo resistivo el elemento conductor interno del mismo aislado eléctricamente del material eléctricamente conductor circundante, teniendo la célula de detección de tipo resistivo al menos una de las siguientes configuraciones: comprende un material aislante eléctrico que cubre la región de detección que aísla del sujeto a dicha célula de detección; o está configurado para llevar a cabo una medición, mientras se ponen en contacto directo el elemento conductor interno y el material eléctricamente conductor circundante con el sujeto; y
- 45 al menos algunas de las células de detección están configuradas como sensores de tipo inductivo, estando conectado el elemento conductor interno de cada una de las células de detección de tipo inductivo con el material eléctricamente conductor circundante la región respectiva de detección.
- 50
5. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad electromagnética de campo cercano de detección comprende: una primera capa de detección que comprende una pluralidad de líneas de señales, que están acopladas eléctricamente con dichas líneas de conexión de señales de la estructura de transmisión de señales y que están asociadas, por lo tanto, con las células correspondientes de detección; y una segunda capa de detección que comprende dicho material eléctricamente conductor y que define dicha superficie de detección, estando acoplada eléctricamente dicha segunda capa de detección con la segunda capa eléctricamente conductora de la estructura de transmisión de señales.
- 55

- 5
6. El dispositivo sensor de la reivindicación 3 o 4, en el que la unidad electromagnética de campo cercano de detección comprende: una primera capa de detección que comprende una pluralidad de líneas de señales, que están acopladas eléctricamente con dichas líneas de conexión de señales de la estructura de transmisión de señales y con los elementos conductores internos de las células de detección; y una segunda capa de detección que comprende dicho material eléctricamente conductor y que define dicha superficie de detección, estando acoplada eléctricamente dicha segunda capa de detección a la segunda capa eléctricamente conductora de la estructura de transmisión de señales.
- 10
7. El dispositivo sensor de la reivindicación 5 o 6, en el que al menos algunas de las líneas de señales están asociadas con las regiones respectivas de detección y se extienden en dicha primera capa de detección a lo largo de recorridos respectivos, encontrándose una proyección de cada uno de dichos recorridos sobre dicha superficie de detección fuera de todas las demás regiones de detección.
- 15
8. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que la estructura de transmisión de señales y la unidad electromagnética de campo cercano de detección están configuradas para proporcionar una transmisión de señales controlada por impedancia dirigida y hacia y procedente de las regiones de detección, estando asociadas al menos algunas de las líneas de señales con las regiones respectivas de detección y extendiéndose en dicha primera capa de detección a lo largo de recorridos respectivos, intersectándose una proyección de cada uno de dichos recorridos sobre dicha superficie de detección con una o más de las otras regiones de detección.
- 20
9. El dispositivo sensor de la reivindicación 7 u 8, en el que dicha unidad electromagnética de campo cercano de detección comprende una capa eléctricamente conductora adicional de detección ubicada entre dichas capas primera y segunda de detección; teniendo dicha capa conductora adicional de detección regiones separadas de transmisión de señales configuradas como regiones sustancialmente no conductoras alineadas con al menos algunas de las regiones de detección, siendo dichas regiones de transmisión de señales sustancialmente menores que las regiones correspondientes de detección, proporcionando, de ese modo, mediante dicha capa conductora adicional de detección, un blindaje eléctrico de al menos una porción de las líneas de señales con respecto a las regiones de detección.
- 25
10. El dispositivo sensor de la reivindicación 9, en el que dicha capa conductora adicional de detección está configurada para proporcionar un blindaje eléctrico de las líneas de señales que se extienden a lo largo de recorridos, cuyas proyecciones sobre dicha superficie de detección intersectan una o más de las regiones de detección.
- 30
11. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que dicha segunda capa de detección es integral con dicha segunda capa eléctricamente conductora de la estructura de transmisión de señales.
- 35
12. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que dicha primera capa de detección que comprende dichas líneas de señales es integral con dicha primera capa de la estructura de transmisión de señales que comprende dichas líneas de conexión de señales.
- 40
13. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en el que al menos algunas de las líneas de señales de la primera capa de detección terminan dentro de al menos algunas de dichas regiones de detección asociadas con las mismas; estando conectadas dichas líneas de señales, en su terminación dentro de las regiones de detección, con el elemento conductor interno que sobresale de dicha primera capa de detección hacia la superficie de detección, de forma que dichos elementos eléctricamente conductores induzcan un perfil de campo electromagnético que se extiende hacia fuera desde la superficie de detección a través de dichas regiones de detección.
- 45
14. El dispositivo sensor de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha superficie de detección de la unidad electromagnética de campo cercano de detección es flexible.
15. Un dispositivo sensor que comprende uno o más de los dispositivos sensores de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 50
16. Un dispositivo de medición para su uso en mediciones en un sujeto, comprendiendo el dispositivo de medición: un dispositivo sensor de la reivindicación 15, y una unidad de calibración y de control de sonda (CPC) que es integral con dicho dispositivo sensor y que está configurada para conectarse con un analizador de redes.
- 55
17. El dispositivo de medición de la reivindicación 16, en el que la CPC comprende un número de terminales asociados con una pluralidad de cargas de calibración de coeficientes conocidos de reflexión de RF, respectivamente, y comprende una funcionalidad de memoria que contiene datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF y datos registrados indicativos de coeficientes de transferencia de RF de la unidad de CPC, permitiendo, de ese modo, el cálculo de la respuesta de RF de cada una de las células de

detección dentro de la superficie de detección del dispositivo sensor, mientras el dispositivo sensor se mantiene integral con la unidad de CPC.

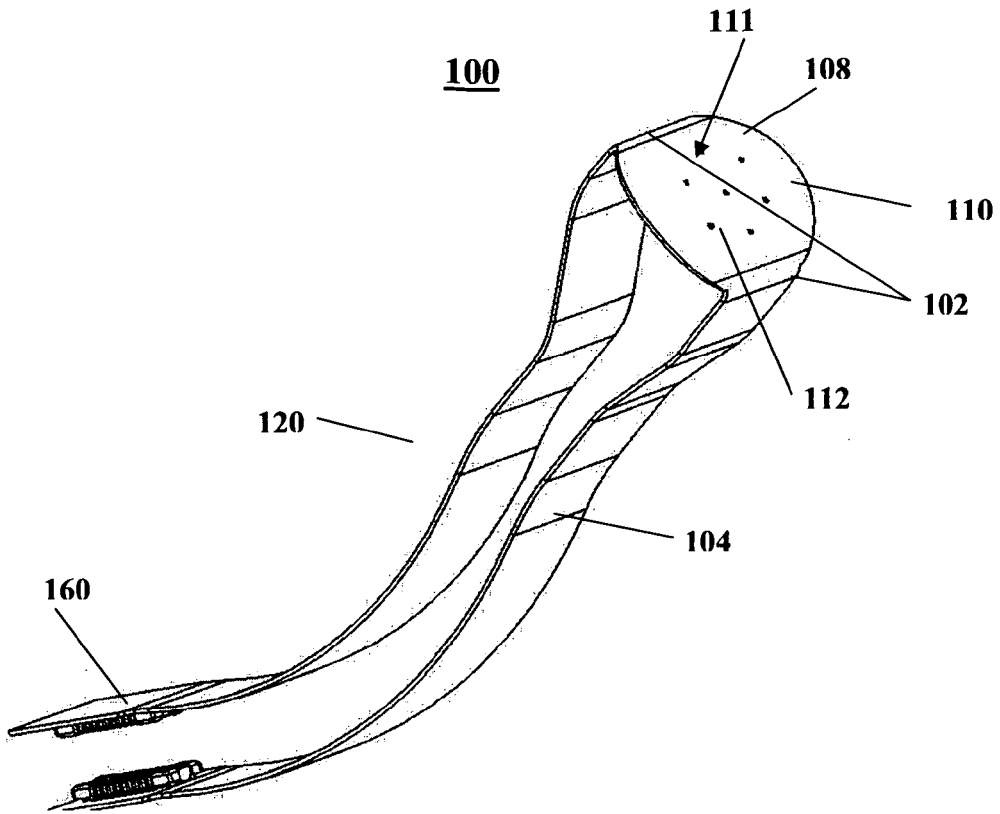


Fig. 1A

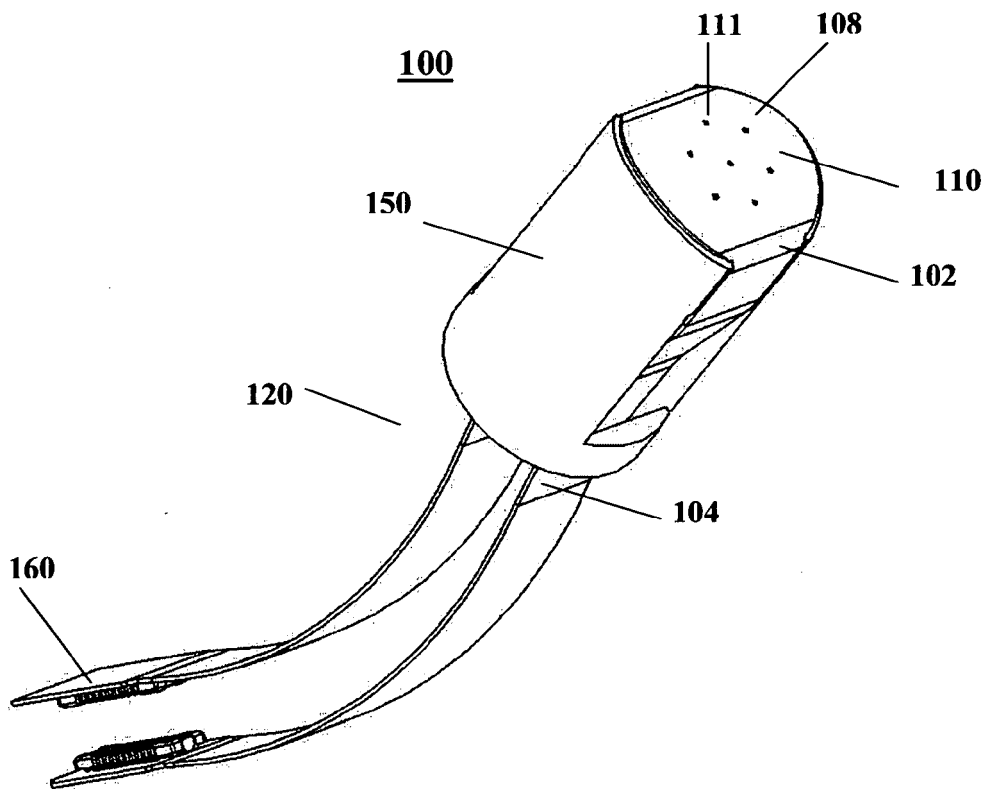
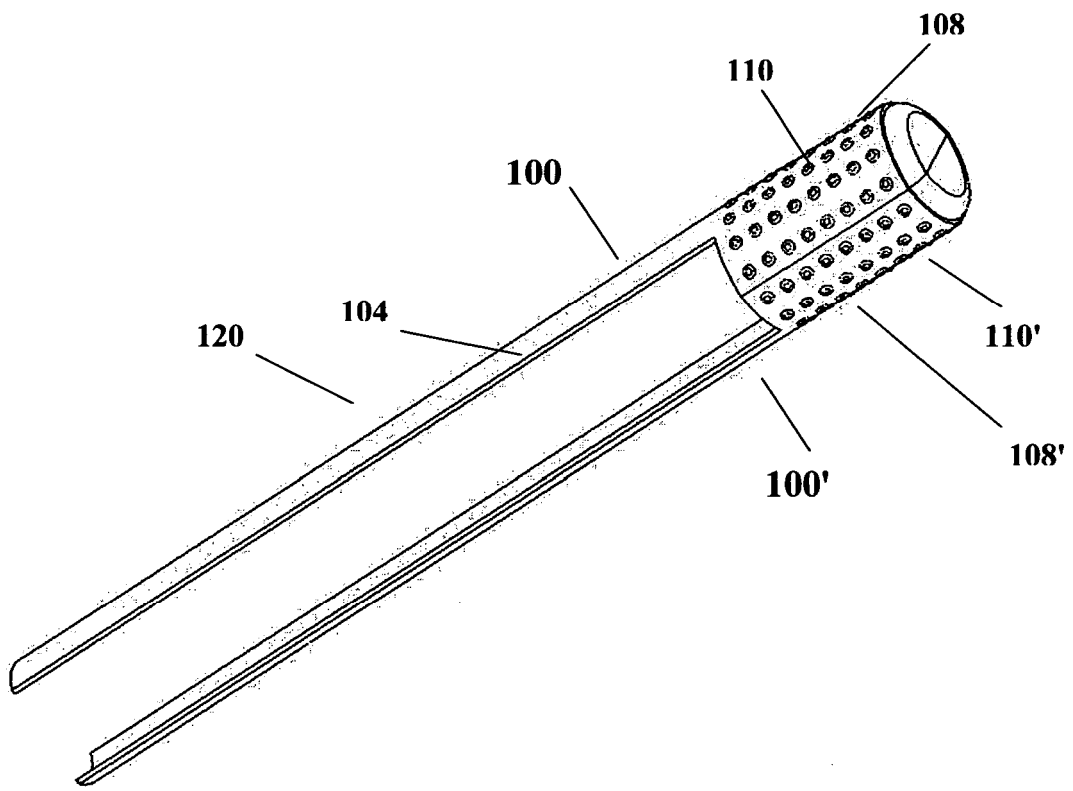
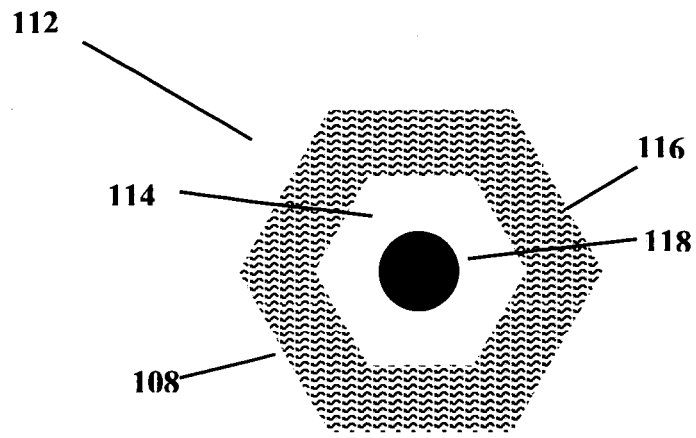


Fig. 1B

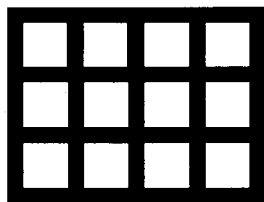


**Fig. 2**

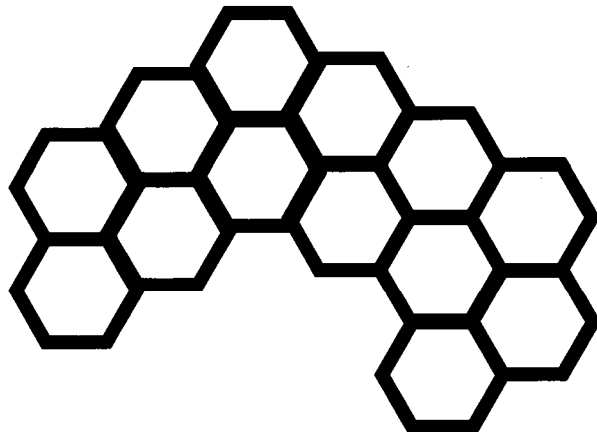




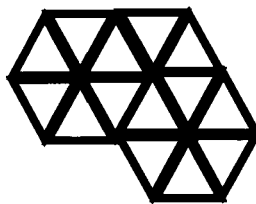
**Fig. 3A**



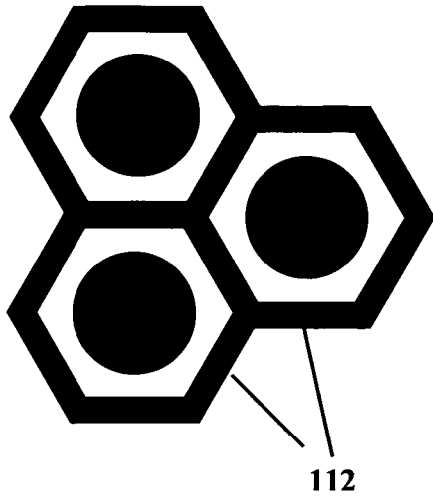
**Fig. 3B**



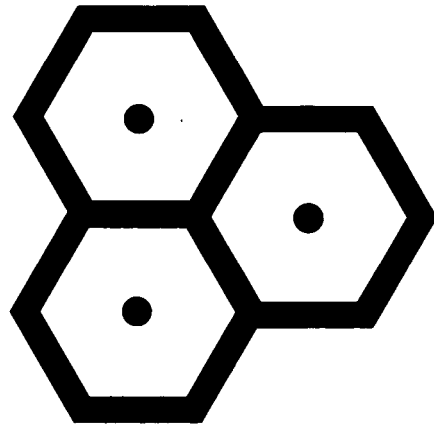
**Fig. 3C**



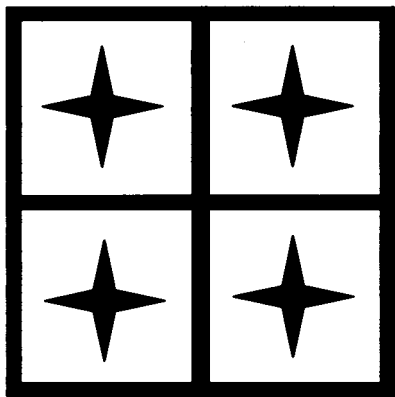
**Fig. 3D**



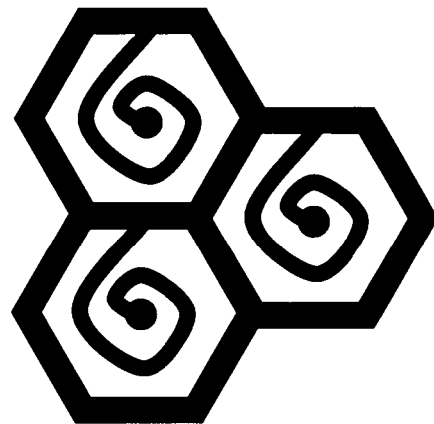
**Fig. 3E**



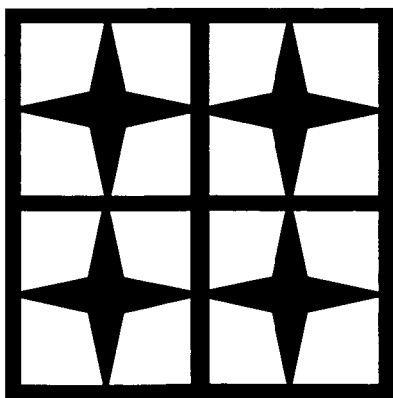
**Fig. 3F**



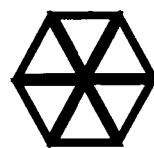
**Fig. 3G**



**Fig. 3H**



**Fig. 3I**



**Fig. 3J**

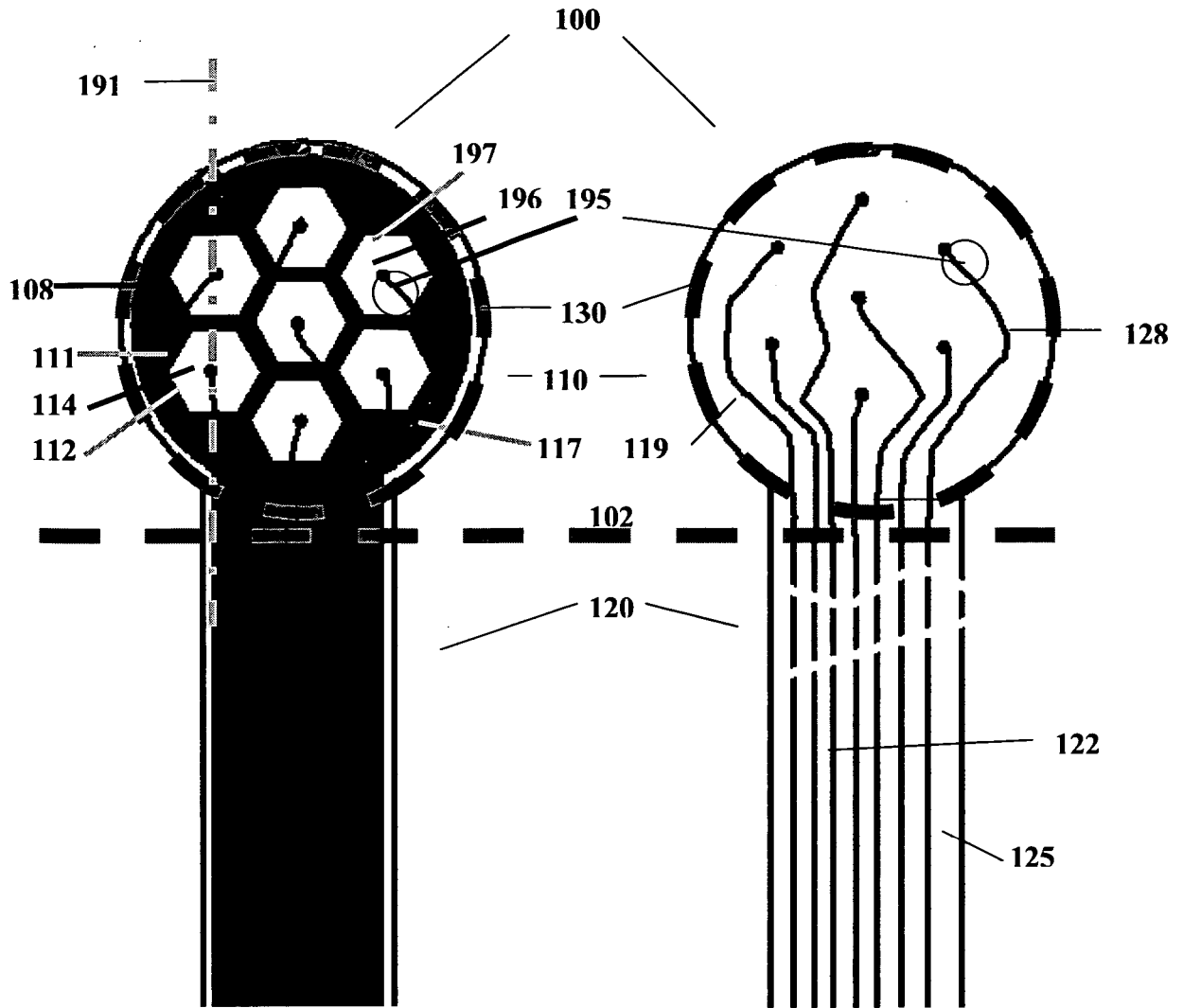


Fig. 4A

Fig. 4B

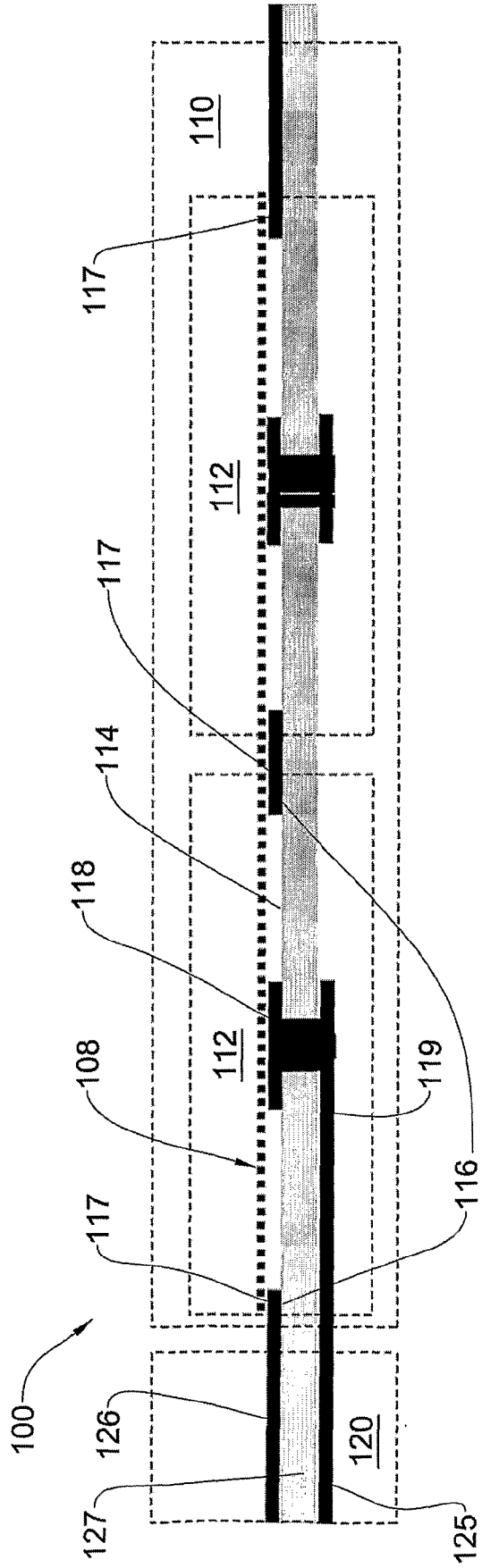


Fig. 4C

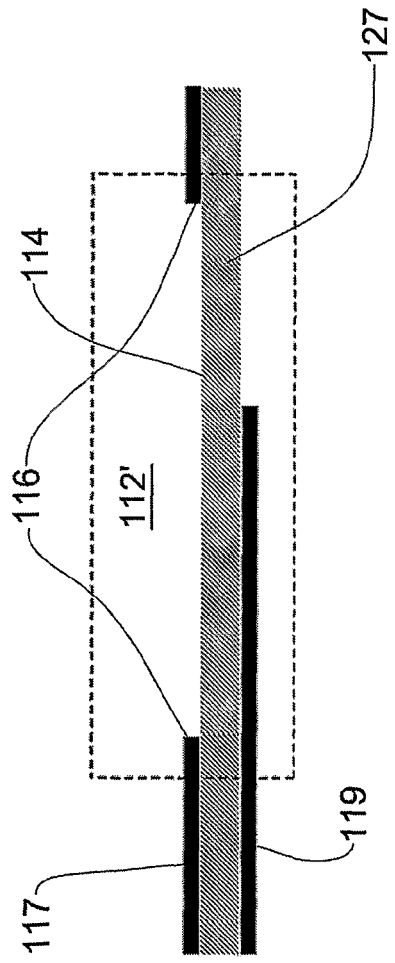
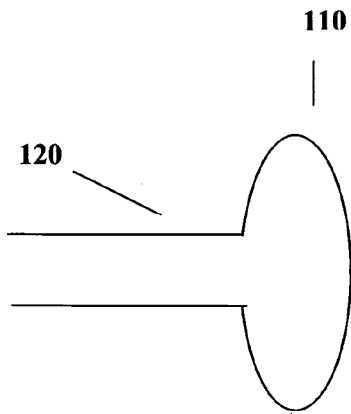
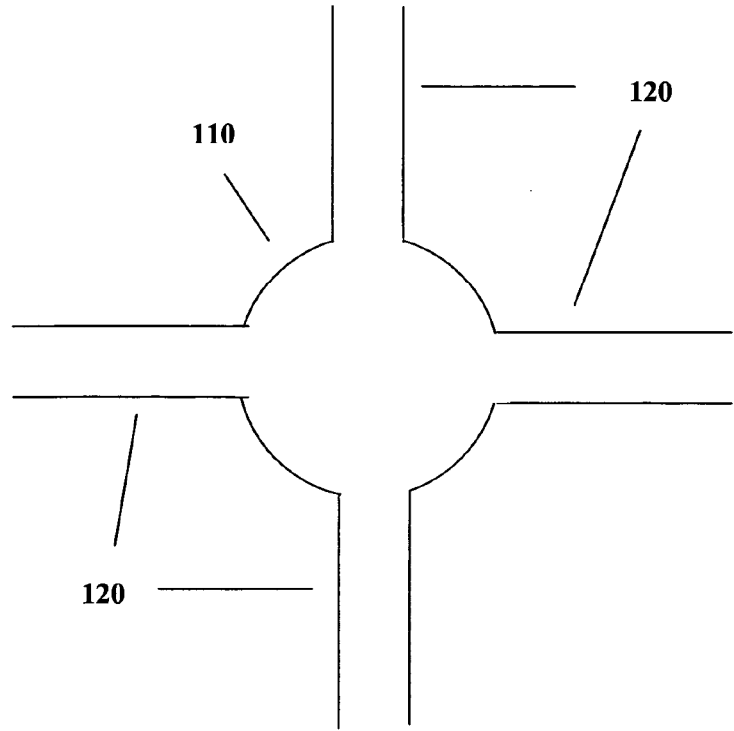


Fig. 4D

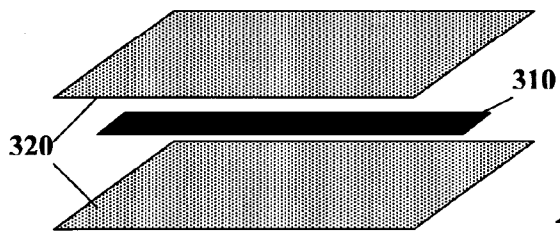


**Fig. 4E**



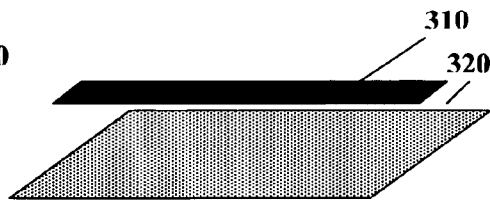
**Fig. 4F**

**300A — Cinta**



**Fig. 5A**

**300B — Microcinta**



**Fig. 5B**

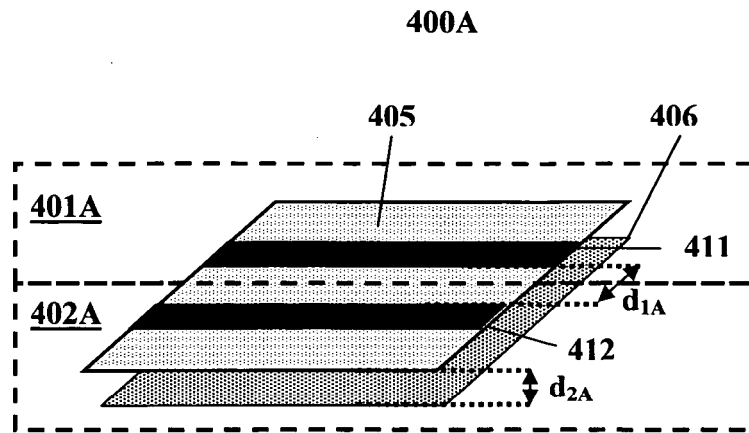


Fig. 6A

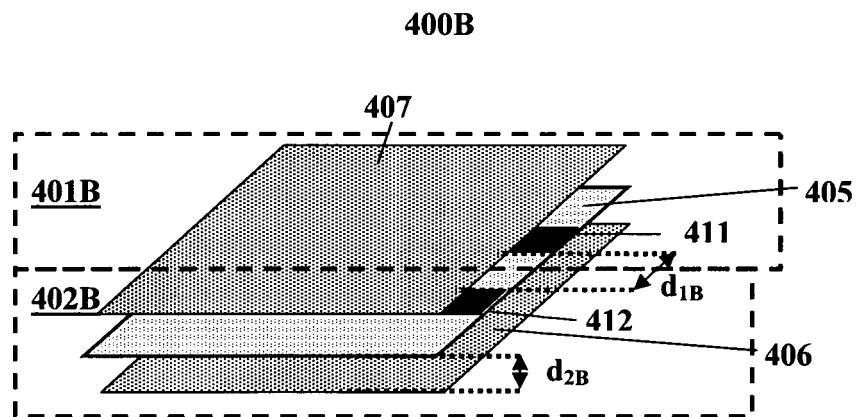
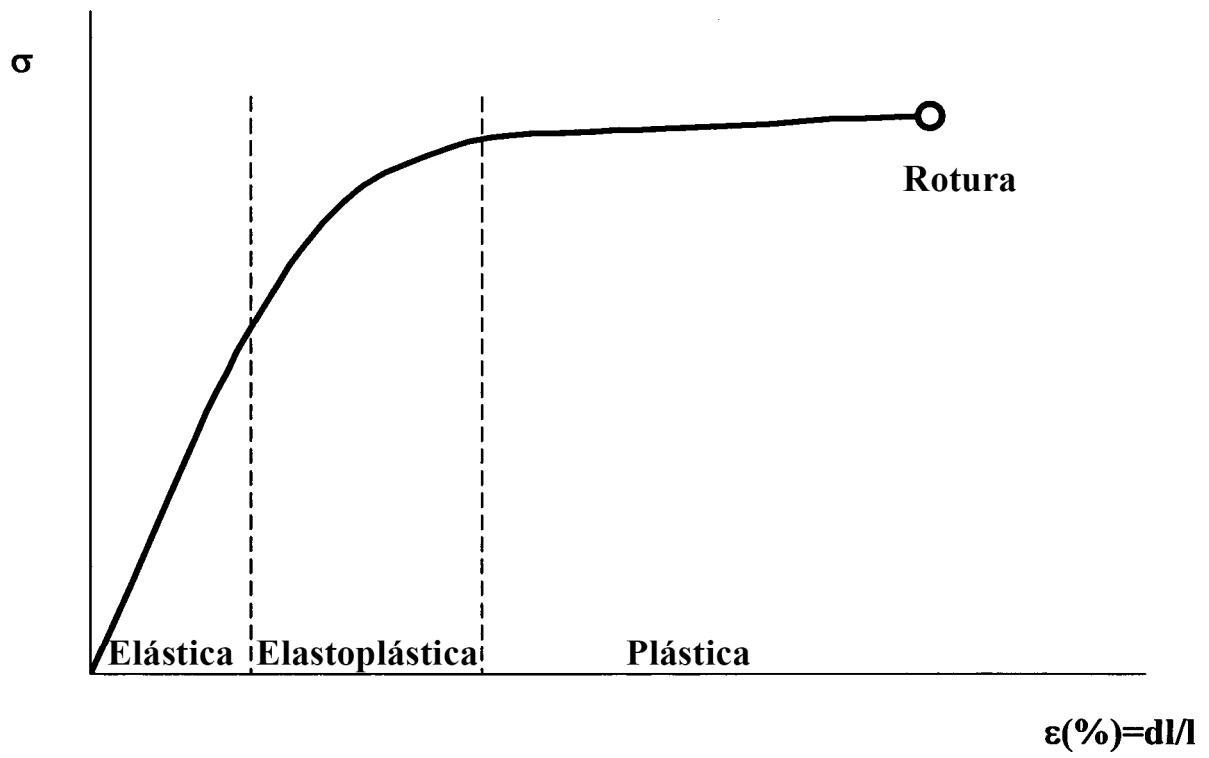


Fig. 6B



**Fig. 7A**

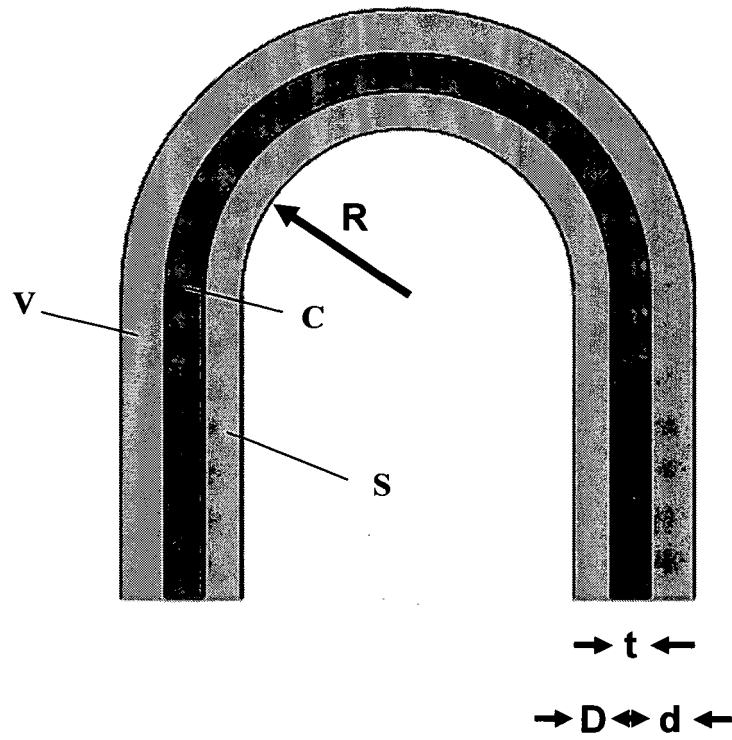


Fig. 7B

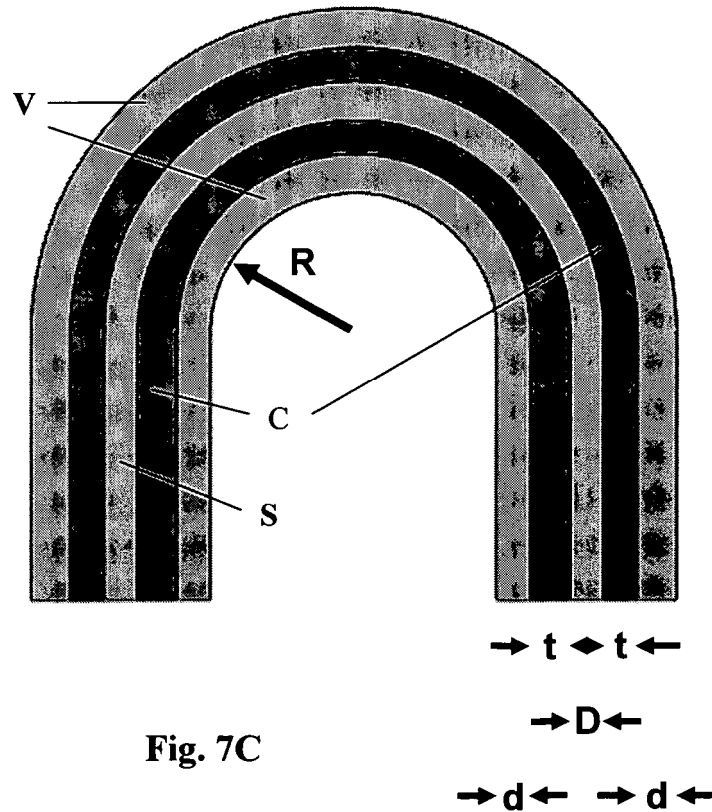


Fig. 7C



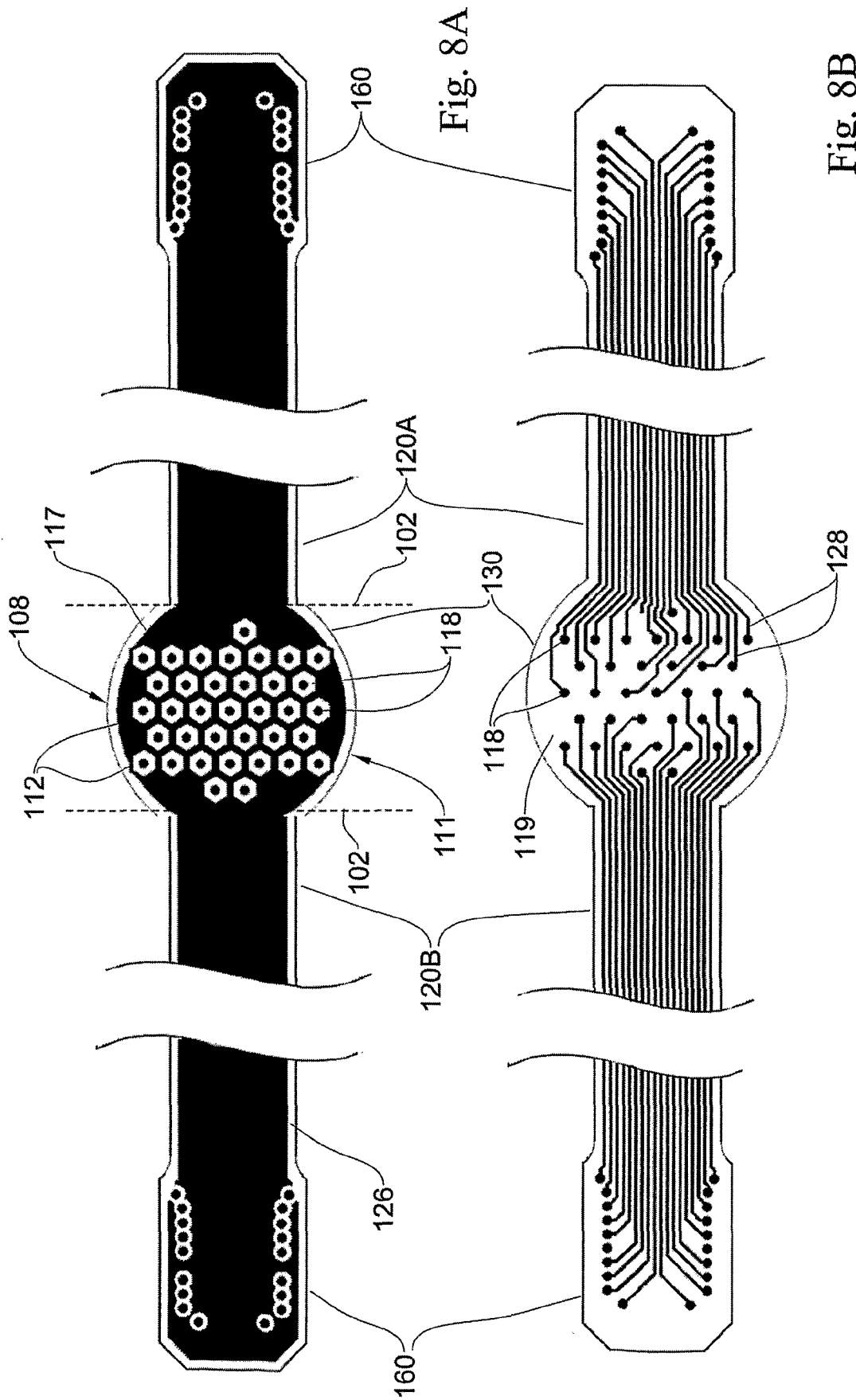


Fig. 8B

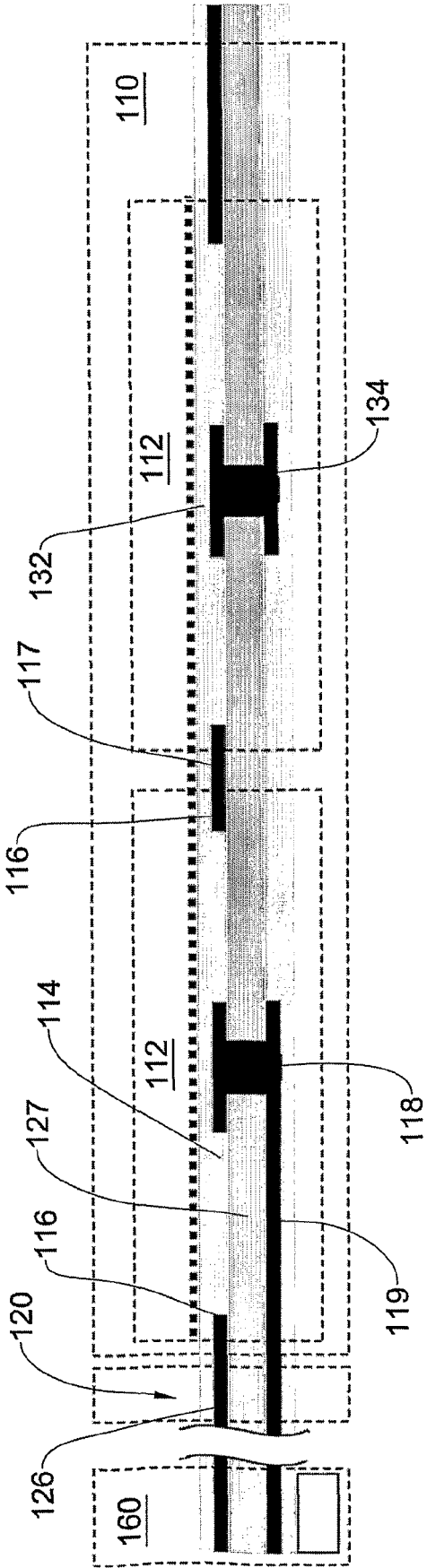


Fig. 8C

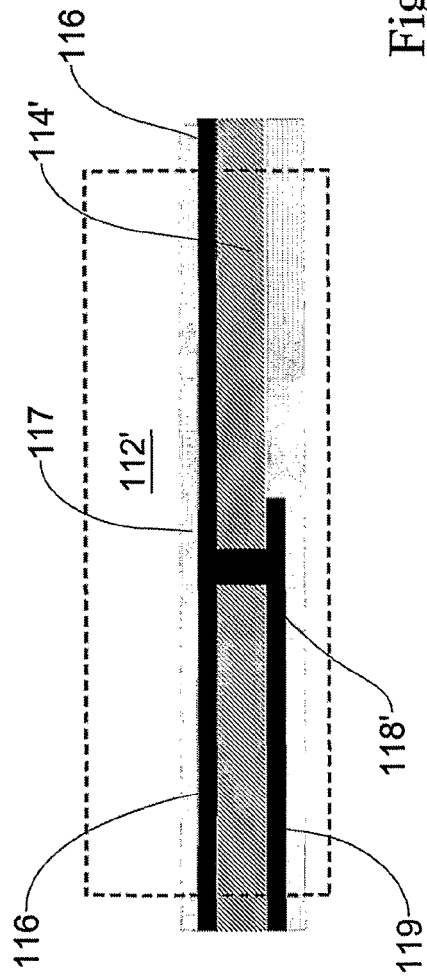


Fig. 8D

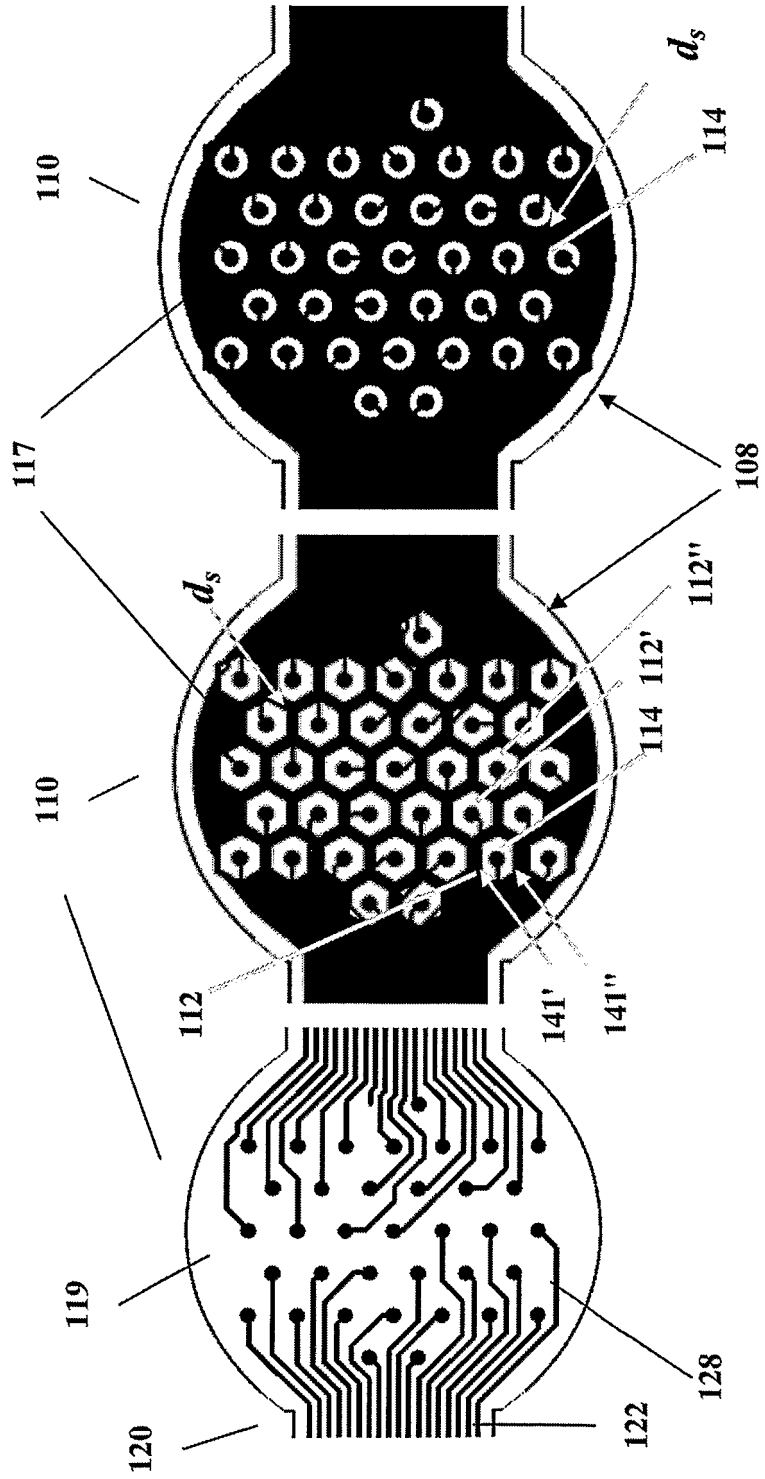


Fig. 9C

Fig. 9B

Fig. 9A

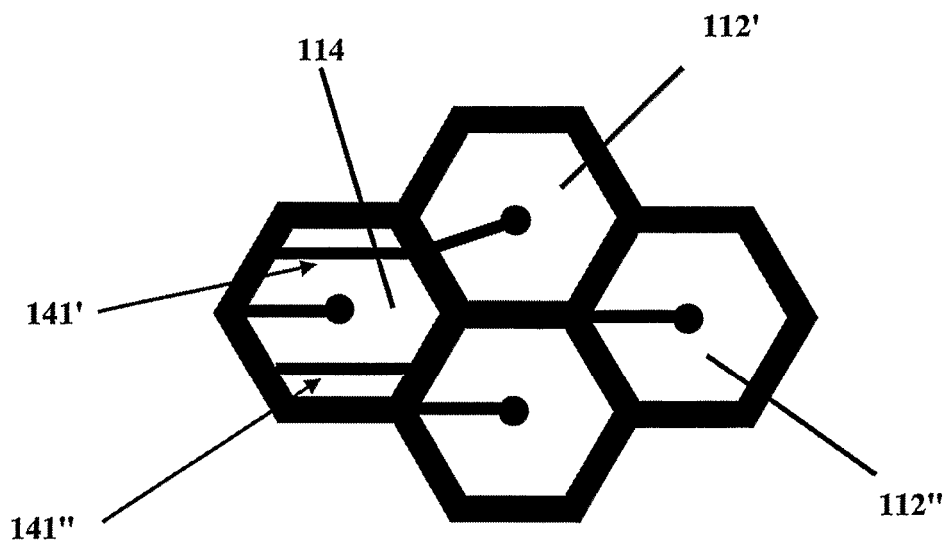


Fig. 9D

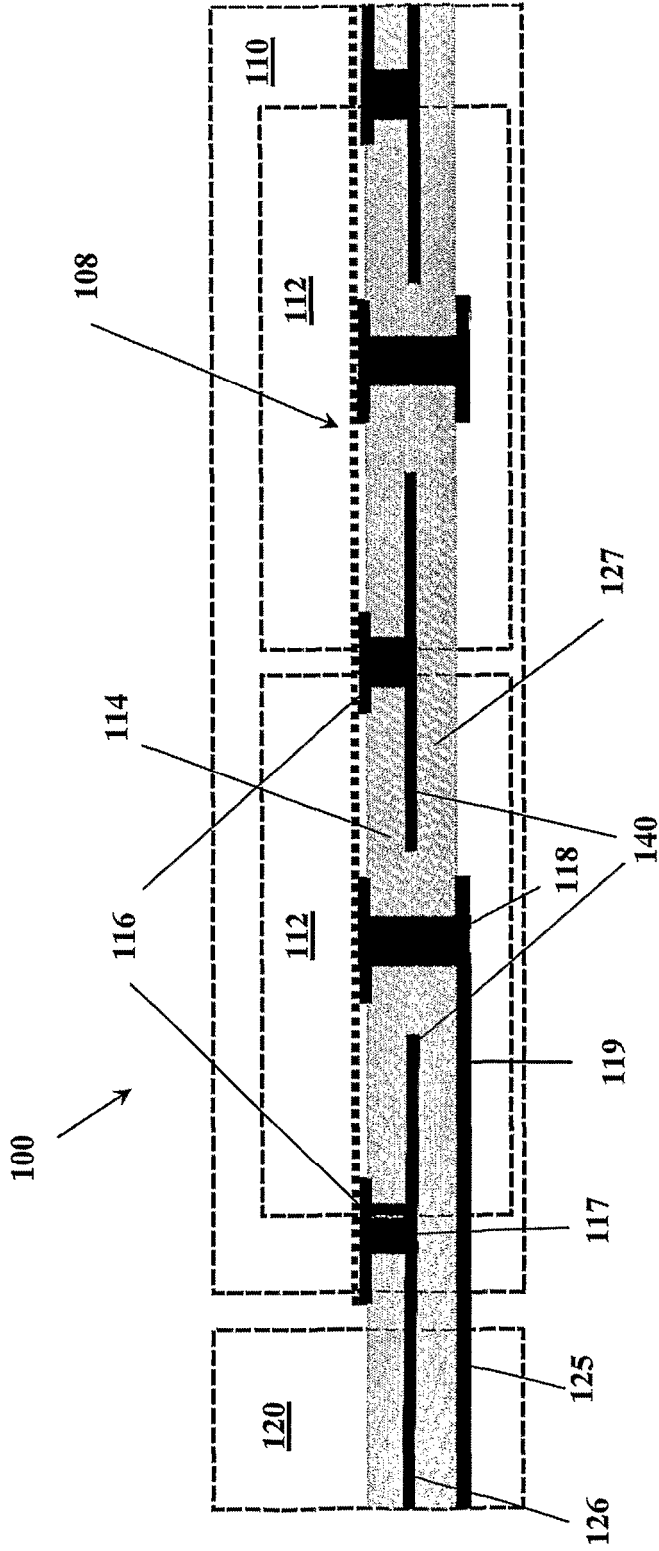


Fig. 10A

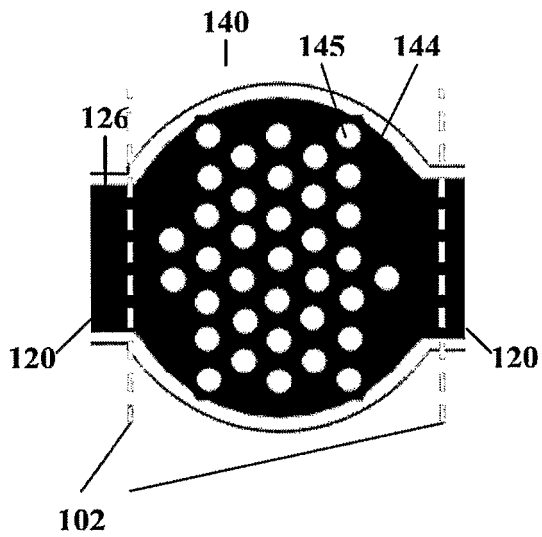


Fig. 10B

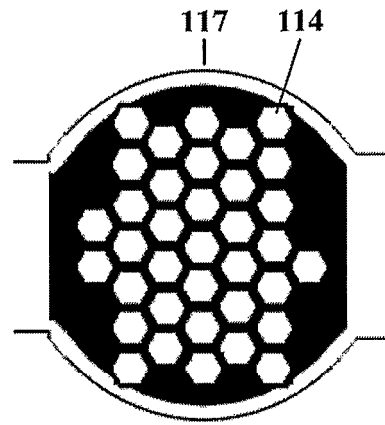


Fig. 10C

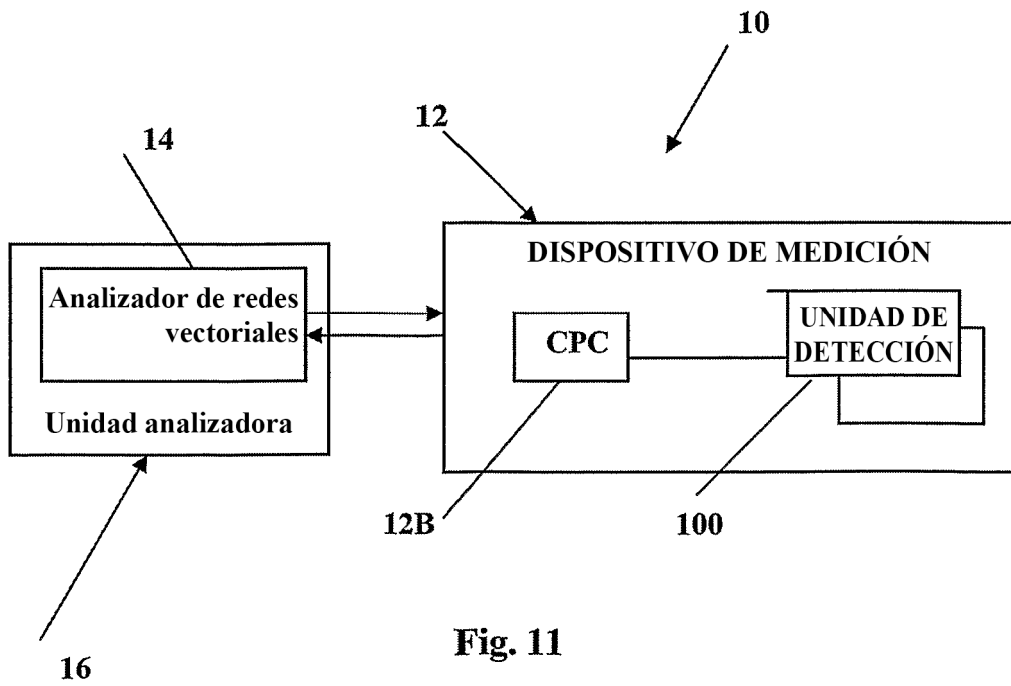


Fig. 11

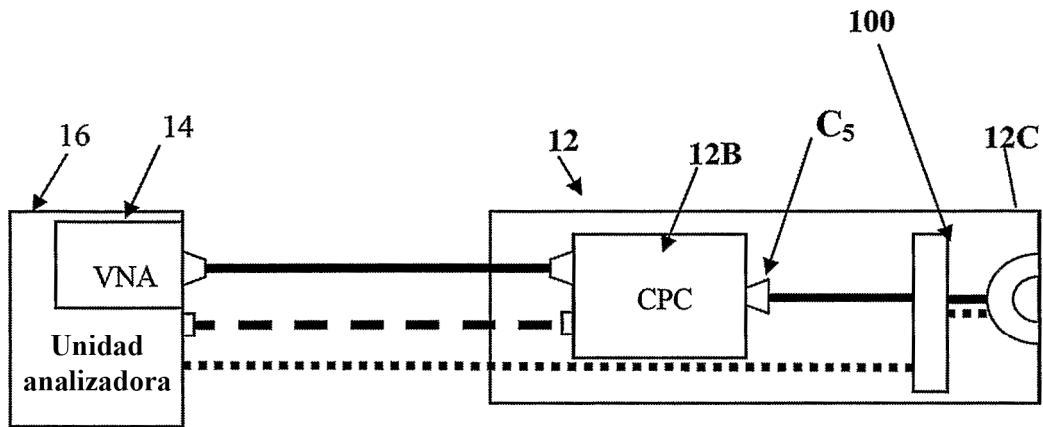


Fig. 12A

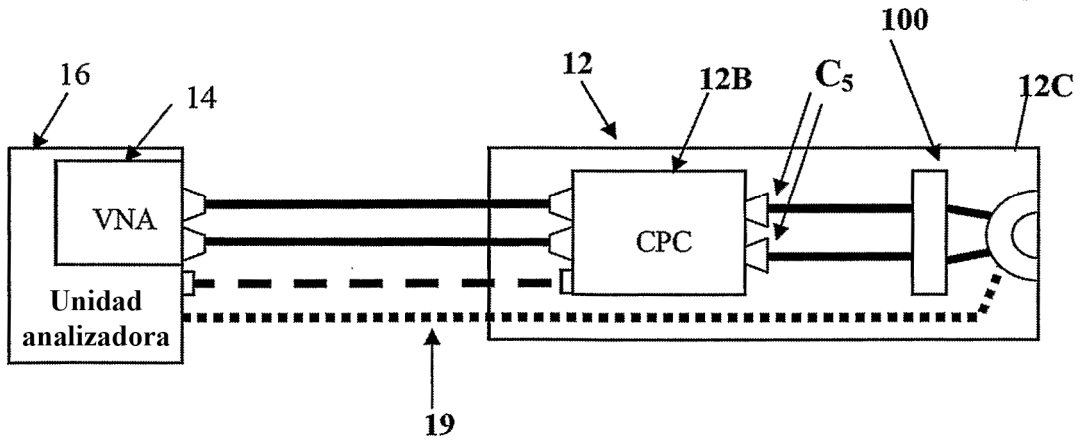


Fig. 12B