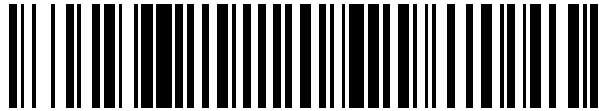


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 286**

21 Número de solicitud: 201131426

51 Int. Cl.:

A61B 5/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

30.08.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.04.2013

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA (100.0%)
Campus Universitario Avda. de Elvas, s/n
06071 Badajoz ES**

72 Inventor/es:

**AUSÍN SÁNCHEZ, José Luís;
RAMOS MAGANÉS, Javier y
DUQUE CARRILLO, Juan Francisco**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **UNIDAD, SISTEMA MODULAR Y PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN REMOTA DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA**

57 Resumen:

Unidad, sistema modular y procedimiento para la medición, procesamiento y monitorización remota de bioimpedancia eléctrica.

La unidad (20) de medición y procesamiento de la invención comprende una subunidad (9) de medición de bioimpedancia eléctrica y una subunidad (10) de procesamiento de mediciones de forma discreta que incluye una memoria para almacenar las mediciones. El sistema modular de medición, procesamiento y monitorización de bioimpedancia eléctrica comprende al menos una de las referidas unidades (20) de medición y procesamiento de bioimpedancia. El sistema modular permite la transmisión de mediciones hasta una unidad (30) externa, tal como un ordenador o una PDA, para su procesamiento y/o monitorización.

Desde la unidad (30) externa, los datos de la bioimpedancia pueden ser transmitidos a través de Internet o red GSM hasta una unidad remota, para su monitorización remota.

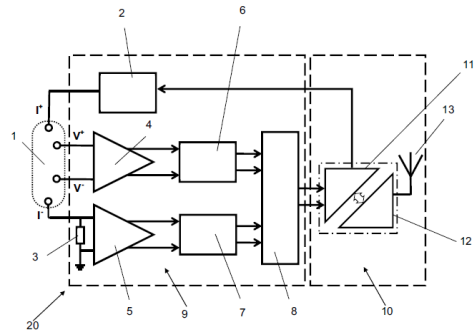


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

Unidad, sistema modular y procedimiento para la medición, procesamiento y monitorización remota de bioimpedancia eléctrica

OBJETO Y CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a la medición de la bioimpedancia o impedancia eléctrica de particularmente: un material biológico; un tejido animal o vegetal; una zona o la totalidad de un cuerpo humano o animal, de un organismo o de un producto elaborado de origen animal o vegetal.

La medición de bioimpedancia incluye la técnica de espectrometría de bioimpedancia, mediante la que se realiza un barrido de la corriente alterna de excitación en un determinado rango de frecuencia.

10 La invención tiene por objeto proporcionar una unidad de medición de bioimpedancia y procesamiento de mediciones. También tiene por objeto proporcionar un sistema de medición de bioimpedancia, procesamiento y monitorización de mediciones, que permita la integración de una pluralidad de las referidas unidades de forma modular, en cooperación con una unidad externa de monitorización de las mediciones, tal como en particular un ordenador o un asistente digital personal (PDA). Por último, la invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento que permita la monitorización remota de las mediciones mediante la transmisión de las mismas a través de Internet, red GSM o similar hasta una unidad de procesamiento remota.

15 La invención es de aplicación fundamentalmente a los campos de la medicina y de la tecnología de los alimentos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 El continuo incremento de la expectativa de vida de los ciudadanos en los países desarrollados está provocando un envejecimiento de la población. En consecuencia, el cada vez más numeroso segmento de la población de personas de edad avanzada requiere progresivamente mayores cuidados sanitarios, incluso de tipo preventivo y no solo en establecimientos hospitalarios, sino en sus propios hogares (monitorización domiciliaria), lo cual reduce sin embargo el número de visitas a los centros de salud.

25 Por otro lado, la mayor calidad de vida que demandan los ciudadanos en general, exige la realización de exploraciones preventivas encaminadas a la detección precoz de los problemas de salud, donde las posibilidades de éxito de las diferentes terapias aumentan espectacularmente al mismo tiempo que los costes se reducen.

30 Las consideraciones anteriores tienen una creciente repercusión en los recursos que precisan los sistemas públicos de salud de los países desarrollados que sin embargo, a menudo la realidad a la que se enfrentan es todo lo contrario, en el sentido de que estos deben hacer frente a mayores demandas con menores recursos.

35 En el campo de la tecnología de los alimentos existen procesos utilizados para la elaboración de productos de origen animal fundamentalmente, que suponen cambios en la estructura celular de los tejidos o material biológico, como es por ejemplo el proceso de curado o maduración de productos cárnicos. En muchos casos estos procesos conservan todavía una elevada componente artesanal, que no ha favorecido el avance en la estandarización de la calidad de los productos y en definitiva, la penetración de los mismos en mercados exigentes que a su vez resultan ser los de mayor poder adquisitivo.

40 Por otra parte, la mayoría de los métodos empleados en la industria para la determinación de propiedades (composición) de alimentos son destructivos, dejando inservible la pieza en estudio. El diseño de sistemas de medida no destructivos es un reto. Pero además de preservar la integridad de las muestras analizadas, las nuevas técnicas analíticas que se demandan deben tener un bajo coste y un funcionamiento sencillo, no dependiente de mano de obra cualificada o yendo aún más allá, la posibilidad de llevar a cabo ciertos controles por parte del propio consumidor es altamente interesante.

45 Los espectaculares avances experimentados en los últimos años por la industria microelectrónica y las telecomunicaciones, así como la reducción de los correspondientes costes asociados, están abriendo unas extraordinarias expectativas para proporcionar soluciones satisfactorias a problemas como los anteriores.

Bajo el término de bioimpedancia eléctrica el concepto que subyace es la oposición que presentan los organismos, tejidos y materiales biológicos en general, al paso de una corriente eléctrica alterna. La intensidad de la corriente inyectada a los tejidos es tan baja que no alcanza a estimular los tejidos excitables, lo que permite en el ámbito de la salud su uso en pacientes con diferentes afecciones e incluso hasta en neonatos.

50 Como es bien conocido, la impedancia eléctrica en general es una cantidad compleja y en el caso particular de la bioimpedancia, la parte real representa la resistencia que oponen la fluidos intra y extra celulares, y la fase en cambio refleja la retención temporal de carga en las membranas celulares, de manera similar a como lo hacen los condensadores. En consecuencia y dependiendo de su composición, los tejidos biológicos se comportan en mayor o

menor grado como conductores o dieléctricos y a partir de la caracterización eléctrica (bioimpedancia) dicha composición puede ser derivada.

5 Con relación a la frecuencia de la corriente alterna de excitación, la técnica de bioimpedancia puede aplicarse utilizando una única frecuencia, generalmente de 50 KHz, que es una frecuencia a la cual la corriente fluye ponderadamente por los fluidos intra y extra celulares. En contraste con lo anterior, la técnica de espectrometría de bioimpedancia realiza un barrido de la señal en un determinado rango de frecuencia de la corriente de excitación con una determinada resolución.

La bioimpedancia eléctrica, por tanto, no es una variable fisiológica, sino una técnica que permite la caracterización de los tejidos y materiales biológicos a través de su comportamiento eléctrico.

10 Actualmente, es bien conocida la aplicación de la técnica de bioimpedancia eléctrica a la determinación de la composición global del cuerpo humano, al diagnóstico de algunas enfermedades y en general, al control de procesos de la industria alimentaria o para la determinación de composiciones de alimentos.

15 Convencionalmente, la técnica de bioimpedancia eléctrica presenta fortalezas y debilidades. Entre los aspectos positivos se puede destacar el hecho de que se trata de una técnica sencilla, no invasiva, no destructiva, no ionizante y relativamente económica. Con respecto a los aspectos negativos, la técnica no resulta muy precisa, fundamentalmente en sus aplicaciones destinadas al diagnóstico médico y si se compara con otras alternativas existentes (rayos X, tomografía axial computarizada, resonancia magnética nuclear, etc.), si bien éstas son técnicas invasivas, costosas y no se pueden utilizar de forma muy repetitiva). Además, la técnica de bioimpedancia eléctrica carece de procedimientos estandarizados y de control de calidad.

20 Las primeras aplicaciones del análisis de bioimpedancia han estado dirigidas a la determinación de la composición global del cuerpo (masa libre de grasa, contenido de agua intra y extra celular, etc.). Se conocen numerosos aparatos comercialmente disponibles que llevan a cabo este tipo de análisis general de la composición del cuerpo, si bien, todos ellos recurren a métodos indirectos de ajuste para la determinación de dichos parámetros a partir de las mediciones de bioimpedancia. Estos métodos indirectos de ajuste se basan en derivar los contenidos de por ejemplo grasa, músculo y agua a partir de los resultados de las mediciones de bioimpedancia, en función de parámetros antropométricos tales como peso, altura, género, edad, etc.

25 Otras aplicaciones de la técnica de bioimpedancia dirigidas al diagnóstico médico conocidas son por ejemplo: determinación de la grasa abdominal oculta, detección de diversos tipos de cáncer, alteraciones hepáticas, caries, estados nutricionales, osteoartritis, inflamación de tendones, etc. El análisis de bioimpedancia en estos casos se lleva a cabo en zonas del cuerpo bien localizados.

30 En general, los aparatos de medida de la bioimpedancia eléctrica, fundamentalmente los que se aplican al diagnóstico médico, se basan en arquitecturas más o menos complejas. Esta complejidad hace que habitualmente sean aparatos cuyo ámbito de utilización se restrinja a instalaciones hospitalarias y centros de atención, pudiendo ser manipulados únicamente por personal especializado.

35 La técnica de bioimpedancia resulta también de gran utilidad en el campo de la tecnología de los alimentos. En particular, la bioimpedancia se presenta como una técnica de interés en el control de aquellos procesos de elaboración de alimentos que llevan asociados cambios estructurales a nivel celular y en el control de calidad de la composición de alimentos. En este sector industrial otro objetivo que se persigue por su interés comercial, es el desarrollo de dispositivos económicos, portátiles, de fácil utilización y con procedimientos asociados no destructivos, capaces de evaluar la composición de los alimentos.

40 A la vista de todo lo anteriormente expuesto en relación con el estado de la técnica conocido, sería deseable por tanto disponer de una unidad, sistema, aparato o equipo de medición, procesamiento y monitorización de bioimpedancia que reuniera las ventajas de simplicidad, sencillez de funcionamiento y portabilidad con muy reducidas dimensiones, de manera que permita ser manipulado por el propio paciente o persona no necesariamente especializada. Asimismo, sería también deseable que un mismo sistema sirviera para aplicaciones diversas, tanto para el campo médico como de tecnología de alimentos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

45 Con objeto de resolver el problema técnico señalado y lograr mejoras en las unidades y sistemas de medición, procesamiento y monitorización de bioimpedancia conocidos, la invención propuesta proporciona las características y efectos técnicos que se describen a continuación.

50 La unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia eléctrica de acuerdo con la invención se caracteriza porque comprende una subunidad de medición de bioimpedancia y una subunidad de procesamiento que incluye una memoria para almacenar mediciones. Las mediciones de bioimpedancia se realizan sobre un cuerpo, tal como en particular materia biológica, tejido animal o vegetal, una zona o la totalidad de un cuerpo humano o animal, de un organismo o de un producto elaborado de origen animal o vegetal, etc., siendo de aplicación a campos diversos.

La memoria se dispone en la subunidad de procesamiento de manera que se capacita a la subunidad para suministrar las mediciones de forma discreta. A los efectos de la presente memoria se entiende por "suministro de mediciones de forma discreta" a que las mediciones permanecen almacenadas, en la memoria de la unidad, hasta su suministro, por ejemplo hasta el instante en el que son transmitidas a una unidad externa o remota de procesamiento o monitorización, como se explicará más adelante. Esta característica y funcionalidad de la invención para suministrar mediciones de forma discreta permite proporcionar un sistema de medición de impedancia considerablemente más simple y sencillo de utilizar que los conocidos, así como de gran portabilidad, al poder prescindir de los componentes y dispositivos necesarios convencionalmente para asegurar un suministro de mediciones de forma continua.

En una realización de la subunidad de medición de bioimpedancia eléctrica de acuerdo con la invención, ésta comprende un dispositivo de medición de bioimpedancia que incluye los siguientes elementos: un generador de corriente alterna, un circuito medidor de tensión de bioimpedancia, un circuito medidor de tensión de referencia y un circuito detector de magnitud y fase. El generador de corriente alterna se acopla eléctricamente a un electrodo de corriente (I^+) por donde se inyecta la corriente eléctrica y a un electrodo de corriente (I^-) por donde se recoge la corriente, sirviendo para proporcionar una corriente de excitación entre los electrodos de corriente en contacto con el cuerpo. Esta corriente es forzada igualmente a que fluya por una impedancia de referencia. El circuito medidor de tensión de bioimpedancia se acopla eléctricamente a un electrodo positivo de bioimpedancia (V^+) y a un electrodo negativo de bioimpedancia (V^-), sirviendo para obtener la caída de tensión de la corriente de excitación entre los electrodos de bioimpedancia en contacto con el cuerpo. El circuito medidor de tensión de referencia sirve para obtener la caída de tensión de la corriente de excitación en la impedancia de referencia. Por último, el circuito detector de magnitud y fase sirve para obtener la relación de módulo y la diferencia de fase entre la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de referencia, permitiendo obtener las mediciones para ser procesadas.

La medida de la bioimpedancia se efectúa disponiendo los cuatro electrodos de manera que uno de los electrodos de corriente inyecta (I^+) y el otro recoge (I^-) la corriente alterna de excitación en el cuerpo, respectivamente, y los dos restantes, los electrodos de bioimpedancia (V^+ y V^-), se fijan a los puntos entre los que se mide la diferencia de tensión, también respectivamente.

Preferentemente, el generador de corriente alterna se configura para generar una corriente alterna de aproximadamente $10 \mu\text{A}$ de amplitud y en el rango de frecuencias comprendido entre 1 KHz y 1 MHz, con una resolución que puede ser ajustada. La intensidad de la corriente inyectada a los tejidos es suficientemente baja como para no estimular los tejidos excitables, permitiendo en el ámbito de la salud su uso en pacientes con diferentes afecciones e incluso hasta en neonatos. Por otra parte, frecuencias relativamente altas permiten una mayor propagación de la señal en el interior del cuerpo, haciendo posible obtener información acerca de la composición de zonas más profundas del interior del cuerpo.

En una variante de subunidad de medición de bioimpedancia eléctrica, el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y el circuito medidor de tensión de referencia del dispositivo de medición de bioimpedancia pueden comprender respectivamente un amplificador de instrumentación de tensión de bioimpedancia y un amplificador de instrumentación de tensión de referencia, nominalmente idénticos.

El circuito detector, encargado de obtener dos niveles de voltaje en continua a partir de los cuales determina el módulo y la fase de la bioimpedancia eléctrica compleja, efectúa el cálculo de acuerdo con la diferencia de fase y la relación entre las magnitudes de dos señales eléctricas.

Cada amplificador de instrumentación puede constituirse como un circuito amplificador que comprenda una cascada de etapas de conversión de tensión a corriente y de corriente a tensión. Así, puede lograrse independizar la tensión de modo común entre los terminales de entrada y salida del amplificador, reduciendo el consumo de potencia eléctrica y mejorando adicionalmente la relación señal/ruido. Particularmente, cada amplificador puede ser de dos etapas, con una primera etapa de conversión de tensión a corriente y una segunda etapa de conversión de corriente a tensión.

Complementariamente, el dispositivo de medición de bioimpedancia puede comprender un circuito rectificador de tensión de bioimpedancia y un circuito rectificador de tensión de referencia. Un circuito rectificador de tensión de bioimpedancia puede acoplarse entre el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y el circuito detector, de manera que permita transformar la tensión obtenida por dicho circuito medidor en señales eléctricas a partir de las cuales pueda extraerse directamente el valor del módulo y de la fase de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor. Puede emplearse análogamente un circuito rectificador de tensión de referencia acoplado entre el circuito medidor de tensión de referencia y el circuito detector. Preferiblemente, el dispositivo de medición de bioimpedancia comprende un circuito rectificador de tensión de bioimpedancia, acoplado entre el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y el circuito detector, y un circuito rectificador de tensión de referencia, acoplado entre el circuito medidor de tensión de referencia y el circuito detector. El circuito rectificador de tensión de bioimpedancia permite transformar la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de bioimpedancia en una primera señal eléctrica cuadrada, que tiene una fase equivalente a la fase de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor, y en una segunda señal eléctrica que tiene un nivel de voltaje en continua equivalente al módulo de dicha tensión

obtenida por dicho circuito medidor. Por otra parte, el circuito rectificador de tensión de referencia permite transformar la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de referencia en una tercera señal eléctrica cuadrada, que tiene una fase equivalente a la fase de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor, y en una cuarta señal eléctrica que tiene un nivel de voltaje en continua equivalente al módulo de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor. A estos efectos el término "equivalente" significa que la amplitud y fase de las señales eléctricas se definen y determinan en función de la magnitud y fase de las correspondientes señales de tensión, siendo dicha función nominalmente idéntica para el caso del circuito rectificador de tensión de bioimpedancia que para el caso del circuito rectificador de tensión de referencia. Por ejemplo, una señal eléctrica equivalente puede constituirse por una señal en continua de voltaje proporcional al módulo o fase de la tensión obtenida por el circuito medidor.

Dicho circuito rectificador de tensión de bioimpedancia y circuito rectificador de tensión de referencia pueden constituirse respectivamente mediante un amplificador logarítmico de tensión de bioimpedancia y un amplificador logarítmico de tensión de referencia, nominalmente idénticos.

También se contempla que la subunidad de procesamiento incluya adicionalmente un dispositivo de control acoplado a la memoria, el dispositivo de control comprendiendo un circuito de selección del tipo de medición de bioimpedancia. Por "tipo de medición de bioimpedancia" se entiende la selección de la amplitud y frecuencia de la corriente de excitación, o bien la amplitud y el rango de frecuencia si se trata de un análisis de espectrometría de bioimpedancia.

En una realización preferente de la invención, la subunidad de procesamiento comprende un dispositivo de transmisión/recepción acoplado al dispositivo de control para transmitir las mediciones, almacenadas en la memoria, a una unidad externa, tal como en particular un ordenador o una PDA. Así mismo, la subunidad de procesamiento puede configurarse para la recepción y procesamiento de datos y/o órdenes sobre el tipo de medición a efectuar desde la unidad externa. A tal efecto, el dispositivo de transmisión/recepción de unidad de medición puede basarse en un protocolo de comunicación inalámbrico, incorporando para ello un circuito de comunicación por radiofrecuencia y una antena. Complementariamente, asociado a la unidad externa puede existir un dispositivo de transmisión/recepción de unidad externa, por ejemplo retirable y conectable a la misma a través de USB, que actúe como interface para la transmisión de las órdenes sobre el tipo de medición y recepción de mediciones entre la unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia y la unidad externa.

Alternativamente o complementariamente, la subunidad de procesamiento de mediciones puede incluir una pantalla LCD acoplada al dispositivo de control y configurada para mostrar mediciones y/o mostrar información sobre el tipo de medición, etc.

El dispositivo de medición de bioimpedancia puede fabricarse con un circuito integrado de aplicación específica en tecnología metal-óxido-semiconductor complementaria (CMOS). Las actuales técnicas de fabricación ofrecen longitudes de $0.35 \mu\text{m}$ e inferiores. A su vez, la mejora en las tecnologías de fabricación ha incrementado el rendimiento de su producción, permitiendo fabricar circuitos integrados, donde se incluyen varios bloques funcionales, a un precio cada vez más económico. De este modo, las dimensiones físicas de la unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia pueden llegar a ser extremadamente reducidas, presentando un consumo de potencia también extremadamente reducido que garantiza una larga operación utilizando una microbatería. Al mismo tiempo, la integración de todos los bloques funcionales que constituyen la unidad de medición y procesamiento en un único circuito integrado favorece la fabricación de bloques nominalmente idénticos. Esto se logra utilizando técnicas de diseño microelectrónico que reducen el impacto de las variaciones en los parámetros de fabricación de los dispositivos CMOS.

Por otra parte, la presente invención se refiere a un sistema modular de medición, procesamiento y monitorización de bioimpedancia, caracterizado porque comprende al menos una unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia del tipo que se ha descrito anteriormente de acuerdo con la invención.

Cuando la aplicación específica comprende varias unidades de bioimpedancia, una de ellas puede actuar de coordinadora (unidad de coordinación) de una red inalámbrica para la transmisión de las mediciones hasta una unidad externa, para su procesamiento y/o monitorización en dicha unidad externa. Las funciones de la unidad de coordinación incluyen las siguientes: recepción de mediciones de las unidades de medición y procesamiento, transmisión de mediciones a la unidad externa, y/o recepción de la selección del tipo de medición desde la unidad externa y transmisión a las unidades de medición y procesamiento. Se contempla tanto el caso de que la unidad de coordinación integra una unidad de medición y procesamiento, como el caso de que la unidad de coordinación únicamente se configure para realizar las referidas funciones de coordinación. Los resultados de las mediciones permanecen almacenados en la memoria de las unidades de medición o procesamiento, y/o de la correspondiente unidad de coordinación del sistema en el caso de que la aplicación incluya más de una. Preferiblemente, las mediciones no son transmitidas a la unidad externa hasta que la propia unidad externa y la unidad de coordinación no se detectan mutuamente. Desde la unidad externa, los datos de la bioimpedancia pueden posteriormente ser transmitidos a través de Internet o red GSM hasta una unidad remota que procese y almacene los mismos remotamente, fundamentalmente si se trata de aplicaciones relacionadas con la salud, o bien procesados y/o

monitorizados directamente en la unidad externa, que puede resultar suficiente para otras aplicaciones del sistema propuesto. La unidad remota de procesamiento puede ser también en particular un ordenador o una PDA.

5 Por último, una posible realización del sistema modular para aplicaciones al diagnóstico médico de acuerdo con la invención comprende una banda de medición de bioimpedancia que se dispone en contacto con el cuerpo humano para realizar la medición de bioimpedancia. Dicha banda puede ser por ejemplo un cinturón (alrededor de la cintura) o un brazalete (alrededor de una extremidad brazo o pierna), en cuya cara de contacto con el cuerpo se disponen los electrodos de corriente y los electrodos de impedancia. Esta realización de sistema modular se caracteriza porque los electrodos de corriente (I^+ e I^-) de cada unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia, así como los respectivos electrodos de bioimpedancia (V^+ y V^-), se disponen distanciados entre sí 10 suficientemente para que la medición de bioimpedancia refleje adecuadamente la contribución de una zona interior del cuerpo respecto a la contribución de una zona superficial del mismo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 Para complementar la explicación de la invención y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de sus características técnicas, se hace referencia en el resto de esta memoria descriptiva a los dibujos que la acompañan, en los que se ha representado, a modo de ejemplo práctico no limitativo, una realización del dispositivo de la invención.

En dichos dibujos:

20 La Figura 1 muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de una unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia de acuerdo con la invención.

La Figura 2 representa un sistema modular de medición y procesamiento de bioimpedancia de acuerdo con la invención, que consta de tres unidades de medición y procesamiento de bioimpedancia. En la Figura 2 también se representa una unidad externa (ordenador) asociada al sistema modular de medición y procesamiento de bioimpedancia, para la monitorización de las mediciones realizadas por el mismo.

25 La Figura 3 muestra, a modo de ejemplo de realización para una aplicación específica dentro del campo médico como es la medida de la grasa visceral, un cinturón de medición de bioimpedancia, que se dispone alrededor de la cintura de un cuerpo humano. El cinturón de medición de bioimpedancia mostrado consta de dos unidades de medición y procesamiento de bioimpedancia.

Las referencias empleadas en las Figuras son las siguientes:

- 30 1: cuerpo
2: generador de corriente alterna
3: impedancia de referencia
4: amplificador de instrumentación de tensión de bioimpedancia
5: amplificador de instrumentación de tensión de referencia
6: amplificador logarítmico de tensión de bioimpedancia
35 7: amplificador logarítmico de tensión de referencia
8: circuito detector de magnitud y fase
9: subunidad de medición de bioimpedancia
10: subunidad de procesamiento de mediciones
11: dispositivo de control
40 12: dispositivo de transmisión/recepción
13: antena
20: unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia
21: unidad de coordinación
30: unidad externa
45 31: dispositivo de transmisión/recepción de unidad externa

40: cinturón de medición de bioimpedancia para la medida de la grasa visceral

Los símbolos empleados en las Figuras son los siguientes:

I^+ : electrodo de inyección de corriente

I^- : electrodo de recogida de corriente

5 V^+ : electrodo positivo de bioimpedancia

V^- : electrodo negativo de bioimpedancia

R: resistencia de referencia

Z: bioimpedancia eléctrica

V_m : voltaje proporcional a la relación de módulos

10 V_p : voltaje proporcional a la diferencia de fase (desfase)

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN

A continuación se describe en detalle una realización de la invención con referencia a las Figuras.

15 La Figura 1 corresponde a un diagrama de bloques simplificado de la unidad (20) de medición y procesamiento que lleva a cabo la medición de bioimpedancia, en particular la espectrometría de bioimpedancia, alimentada por una microbatería (no representada) encapsulada en la unidad. Consta de dos partes bien diferenciadas (9, 10). La primera subunidad (9), de medición de bioimpedancia, está encargada de realizar las mediciones del módulo y la fase de la bioimpedancia de un cuerpo (1), sobre el que, como se puede observar, contactan los cuatro electrodos (I^+ , V^+ , I^- , V^-) de la unidad (20). Dicha subunidad (9) de medición se ha diseñado específicamente para la aplicación y fabricado en tecnología CMOS. La segunda subunidad (10), de procesamiento de mediciones, es la encargada de la comunicación con una unidad externa u otra unidad de medición o procesamiento. Una variante de la realización de la unidad (20) de medición y procesamiento puede consistir en sustituir el dispositivo (12) de transmisión/recepción por una pantalla LCD, útil para aquellas aplicaciones donde no se requiere la transmisión de los resultados de las mediciones y simplemente se precise la visualización de dichos resultados.

25 En la realización ilustrada, la subunidad (9) de medición comprende los contactos de cuatro electrodos (I^+ , V^+ , I^- , V^-). La corriente alterna encargada de estimular el cuerpo (1) cuya impedancia compleja Z se desea conocer, existente entre los puntos de contacto de los electrodos de bioimpedancia (V^+ , V^-), se inyecta entre los electrodos (I^+ , I^-). Esta corriente es forzada igualmente a que fluya por una impedancia de referencia resistiva o resistencia (3) de referencia de valor conocido R. Paralelamente, se recoge la caída de tensión entre los dos puntos del cuerpo (1) donde contactan los electrodos (V^+ , V^-).

30 Un generador (2) de corriente alterna es el encargado de inyectar la pequeña corriente de excitación haciéndola circular entre los electrodos (I^+ , I^-) de corriente con una amplitud de 10 μ A. Para efectuar un análisis de espectrometría, el generador (2) de corriente se configura para ser capaz de realizar un barrido en un rango de frecuencia comprendido entre 1 kHz y 1 MHz. No obstante, la variación de la frecuencia de la corriente de excitación puede ser programada dentro de otro rango diferente.

35 Las señales eléctricas recogidas por los electrodos (V^+ , V^-) son a su vez señales de entrada a un primer amplificador (4) de instrumentación, de tensión de bioimpedancia, que extrae y amplifica la tensión en el cuerpo. Paralelamente, un segundo amplificador (5) de instrumentación, de tensión de referencia, recoge la tensión eléctrica entre los extremos de la resistencia (3) de referencia y amplifica esta señal por el mismo factor que el amplificador de instrumentación.

40 Los amplificadores (4, 5) de instrumentación son nominalmente idénticos y pueden diseñarse para operar en modo completamente diferencial, de manera que entregan la señal codificada como diferencia de dos señales en contra fase existentes en cada uno de los terminales de salida, respectivamente, mejorando de esa forma la relación señal/ruido. Su estructura consta de dos etapas. La primera etapa amplifica y convierte las señales eléctricas de tensión alterna a la entrada en señales eléctricas de corriente alterna. La segunda etapa convierte éstas señales eléctricas de corriente, de nuevo a señales eléctricas de tensión alterna. Con ello se consigue independizar la tensión de modo común en los terminales de entrada y salida del amplificador de instrumentación, lo que favorece la reducción de tensión mínima de alimentación de esta celda y por consiguiente, un reducción considerable en el consumo de potencia eléctrica. Además, utilizando ambas etapas se logra un alto rechazo a la componente de modo común de las señales de entrada para limitar la influencia de impedancias parásitas presentes en la superficie de contacto entre los electrodos y el cuerpo.

Las señales diferenciales de salida de los amplificadores (4, 5) de instrumentación constituyen a su vez las señales de entrada de dos amplificadores (8, 9) logarítmicos, de tensión de bioimpedancia y de tensión de referencia, respectivamente, también nominalmente idénticos entre sí. Ambos amplificadores logarítmicos operan sobre la señal de entrada en configuración diferencial y cada uno de ellos proporciona una salida simple de tensión continua que es una función logarítmica de la señal de entrada. Así mismo, proporcionan una señal de tensión alterna con forma de onda cuadrada y de la misma frecuencia que la señal de tensión presente en sus terminales de entrada.

Con el objetivo de obtener dos señales de tensión continua que representen la magnitud y la fase de la bioimpedancia asociada al cuerpo (1) entre los electrodos (V^+ y V^-), y a la frecuencia determinada por la frecuencia de la corriente de excitación generada en el generador (2), las señales de salida de los amplificadores (6, 7) logarítmicos son a su vez las entradas de un circuito (8) detector de magnitud y fase. El circuito (8) detector consta a su vez de dos circuitos. Uno de ellos está dedicado a generar una señal proporcional a la diferencia de fase, V_p , entre las señales de tensión alterna proporcionadas por los amplificadores (6, 7) logarítmicos. El segundo circuito en cambio, hace lo propio con el logaritmo de la relación entre los módulos, V_m , de las señales de tensión proporcionadas por los amplificadores (4, 5) de instrumentación. De esta forma, y utilizando notación fasorial, el valor de la bioimpedancia Z coincide con la siguiente expresión:

$$Z = |Z| \cdot e^{j\phi} = R \cdot 10^{V_m} \cdot e^{jV_p}$$

donde R es el valor de la resistencia (3) de referencia y ϕ la fase de la bioimpedancia eléctrica.

La subunidad (10) de procesamiento tiene por objeto, como se ha explicado anteriormente, controlar la subunidad de medición, procesar las mediciones y transmitir/recibir los datos asociados con el modulo y fase de la bioimpedancia para cada una de las frecuencias de la corriente alterna de excitación generada en (2), utilizando un protocolo de comunicación inalámbrico. Dicha subunidad (10) consta a su vez de: un dispositivo (11) de control y un dispositivo (12) de transmisión/recepción de unidad de medición, que incluye una antena (13).

El dispositivo (11) de control realiza las siguientes funciones:

- Selecciona la frecuencia de la señal de corriente alterna dentro del intervalo 1 kHz – 1 MHz proporcionada por el generador (2).
- Controla el modo de conversión analógico/digital de acuerdo con el protocolo de comunicación elegido.
- Almacena en un bloque de memoria los datos asociados al modulo y fase de la bioimpedancia. Así, por ejemplo, estos valores pueden ser almacenados hasta que una unidad externa requiera las mediciones.

Para una realización práctica de la subunidad (10) de procesamiento, puede seleccionarse como dispositivo (11) de control un microcontrolador ATmega128, que incorpora una etapa de conversión analógico/digital y una memoria; como dispositivo (12) de transmisión/recepción de unidad de medición puede emplearse un módulo comercial CC2420 que opera utilizando el protocolo ZigBee en la banda de 2.4 GHz.

Con referencia a la Figura 2, en esta Figura se muestra un esquema conceptual del sistema modular de medición, procesamiento y monitorización de bioimpedancia de acuerdo con la invención. En el mismo se ha dispuesto una red formada por tres unidades (20) de medición y procesamiento de bioimpedancia, donde una de ellas es una unidad (21) de coordinación, sobre la superficie de un cuerpo, en este caso un cuerpo humano, todos con la misma estructura circuital mostrada en la Figura 1. Cada unidad (20) está provista de cuatro electrodos que, por simplicidad del gráfico, se suponen dispuestos en la cara que contacta con la piel del cuerpo, y realiza la medida de la bioimpedancia en la zona donde efectúan el contacto, respectivamente. Las mediciones de bioimpedancia obtenidas por las unidades (20) de medición y procesamiento se transmiten a la unidad (21) de coordinación a través de un protocolo de comunicación inalámbrico. Dichas mediciones, junto con las realizadas por la propia unidad (21) de coordinación, permanecen almacenadas en la memoria de ésta hasta que se detecta el dispositivo (31) de transmisión/recepción de unidad externa conectado a un puerto serie universal (USB) a la unidad (30) externa. En este momento se transmiten los resultados de las mediciones de bioimpedancia registradas por todas las unidades (20, 21) que configuran la red, junto con la identificación de cada uno de ellas con los correspondientes datos. Dichos datos se almacenan y/o procesan en la unidad (30) externa o bien, simplemente se transmiten hasta otro servidor remoto a través de Internet o red GSM. La comunicación de la unidad (21) de coordinación también se puede realizar con una PDA y la transmisión de los datos de ésta hasta la unidad de procesamiento remota a través de Internet o red GSM.

Finalmente, como ejemplo de una aplicación del sistema modular propuesto, la Figura 3 ilustra la posible disposición de una red de unidades de medición y procesamiento de bioimpedancia en el contexto de su aplicación a la evaluación de la grasa oculta o visceral de una persona. El objetivo de la aplicación en el ámbito de la salud del sistema modular de acuerdo con la realización es permitir una evaluación precisa de la grasa visceral que rodea los órganos internos mediante el empleo de más de un camino eléctrico. En este caso se incluye un cinturón (40) de

5 medición de bioimpedancia que se dispone alrededor de la cintura de una persona a la altura de su ombligo. Dicho cinturón (40) en este caso particular consta de dos unidades de bioimpedancia (20). Cada una de las unidades (20) comprende los contactos de cuatro electrodos (I^+ , V^+ , I^- , V^-). Los electrodos encargados de inyectar la corriente de excitación (I^+ , I^-) se disponen a una distancia suficiente para que la medida de bioimpedancia refleje en mayor contribución la grasa oculta y no la subcutánea.

10 No se considera necesario hacer más extensa esta descripción para que cualquier experto en la materia comprenda el alcance de la invención y las ventajas que de la misma se derivan. Particularmente, para la fabricación de los distintos componentes los procesos de fabricación y materiales necesarios son conocidos en el campo técnico y plenamente accesibles. En general, la forma, tamaño y disposición de los elementos serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga una alteración a la esencialidad de la invención.

REIVINDICACIONES

1.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, de un cuerpo tal como en particular materia biológica, tejido animal o vegetal, una zona o la totalidad de un cuerpo humano o animal, de un organismo o de un producto elaborado de origen animal o vegetal; caracterizada porque comprende:

5 una subunidad de medición de bioimpedancia del cuerpo; y

una subunidad de procesamiento de mediciones de forma discreta que comprende una memoria para almacenar las mediciones.

2.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 1, caracterizada porque:

10 la subunidad de medición de bioimpedancia comprende un dispositivo de medición de bioimpedancia que incluye:

- un generador de corriente alterna, acoplado eléctricamente a un electrodo de inyección de corriente (I^+), a un electrodo de recogida de corriente (I^-) y a una impedancia de referencia, para generar una corriente de excitación que circula entre los electrodos de corriente en contacto con el cuerpo y a través de la impedancia de referencia;

- 15 - un circuito medidor de tensión de bioimpedancia, acoplado eléctricamente a un electrodo positivo de bioimpedancia (V^+) y a un electrodo negativo de bioimpedancia (V^-), para obtener la caída de tensión de la corriente de excitación entre los electrodos de bioimpedancia en contacto con el cuerpo;

- un circuito medidor de tensión de referencia, para obtener la caída de tensión de la corriente de excitación en la impedancia de referencia; y

- 20 - un circuito detector de magnitud y fase, para obtener la relación de módulos (V_m) y diferencia de fase (V_p) entre la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y la tensión obtenida por el circuito medidor de tensión de referencia.

3.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 2, caracterizada porque el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y el circuito medidor de tensión de referencia del dispositivo de medición de bioimpedancia comprenden respectivamente un amplificador de instrumentación de tensión de bioimpedancia y un amplificador de instrumentación de tensión de referencia, nominalmente idénticos.

4.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizada porque cada amplificador de instrumentación se constituye por una cascada de etapas de conversión de tensión a corriente y de corriente a tensión; de manera que se consigue independizar la tensión de modo común entre los terminales de entrada y salida del amplificador, reduciendo el consumo de potencia eléctrica y mejorando la relación señal/ruido.

5.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según una de las reivindicaciones 2-4, caracterizada porque el dispositivo de medición de bioimpedancia comprende adicionalmente:

- 35 - un circuito rectificador de tensión de bioimpedancia acoplado entre el circuito medidor de tensión de bioimpedancia y el circuito detector, para transformar la tensión obtenida por dicho circuito medidor en una primera señal eléctrica cuadrada, que tiene una fase equivalente a la fase de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor, y en una segunda señal eléctrica que tiene un nivel de voltaje en continua equivalente al módulo de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor;

- 40 - un circuito rectificador de tensión de referencia acoplado entre el circuito medidor de tensión de referencia y el circuito detector, para transformar la tensión obtenida por dicho circuito medidor en una tercera señal eléctrica cuadrada, que tiene una fase equivalente a la fase de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor, y en una cuarta señal eléctrica que tiene un nivel de voltaje en continua equivalente al módulo de dicha tensión obtenida por dicho circuito medidor.

6.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizada porque la subunidad de procesamiento incluye adicionalmente un dispositivo de control acoplado a la memoria, el dispositivo de control comprendiendo un circuito de selección del tipo de medición de bioimpedancia.

7.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 6, caracterizada porque la subunidad de procesamiento incluye una pantalla LCD acoplada al

dispositivo de control, la pantalla LCD configurada para realizar una función seleccionada del grupo que consiste en: mostrar mediciones, mostrar información sobre el tipo de medición y una combinación de las funciones anteriores.

5 8.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según una cualquiera de las reivindicaciones 6-7, caracterizada porque la subunidad de procesamiento comprende un dispositivo de transmisión/recepción acoplado al dispositivo de control y configurado para realizar una función seleccionada del grupo que consiste en: transmisión de mediciones a una unidad externa, tal como en particular un ordenador o una PDA; recepción y procesamiento de órdenes sobre el tipo de medición desde la unidad externa; y una combinación de las funciones anteriores.

10 9.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 8, caracterizada porque el dispositivo de transmisión/recepción comprende un circuito de comunicación por radiofrecuencia y una antena.

10.- UNIDAD DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, caracterizada porque el dispositivo de medición de bioimpedancia se conforma con tecnología CMOS.

15 11.- SISTEMA MODULAR DE MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, caracterizado porque comprende al menos una unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia definida en una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.

20 12.- SISTEMA MODULAR DE MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, que comprende al menos una unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia según una cualquiera de las reivindicaciones 10-11, caracterizado porque comprende una unidad de coordinación que se configura para realizar una función seleccionada del grupo que consiste en: recepción de mediciones de las unidades de medición y procesamiento, transmisión de mediciones a la unidad externa, recepción de la selección del tipo de medición desde la unidad externa y transmisión a las unidades de medición y procesamiento, y una combinación de las funciones anteriores.

25 13.- SISTEMA MODULAR DE MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según la reivindicación 12, caracterizado porque la unidad de coordinación se integra en una de las unidades de medición y procesamiento de bioimpedancia.

30 14.- SISTEMA MODULAR DE MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, según una de las reivindicaciones 11-13, que comprende una banda de medición de bioimpedancia que se dispone en contacto con el cuerpo para realizar la medición de bioimpedancia, estando la banda constituida en particular con un cinturón o un brazalete, en cuya cara de contacto con el cuerpo se disponen los electrodos de corriente y los electrodos de impedancia; caracterizado porque los electrodos de corriente positivo y negativo de cada unidad de medición y procesamiento de bioimpedancia, así como los respectivos electrodos de bioimpedancia positivo y negativo, se disponen distanciados entre sí suficientemente para que la medición de bioimpedancia refleje adecuadamente la contribución de una zona interior del cuerpo respecto a la contribución de una zona superficial del mismo.

35 15.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN REMOTA DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

40 - obtención de mediciones de bioimpedancia con un sistema modular de medición, procesamiento y monitorización definido en una cualquiera de las reivindicaciones 11-14; y

- transmisión de las mediciones a través de Internet, red GSM o similar hasta una unidad de procesamiento remota, tal como en particular un ordenador o una PDA.

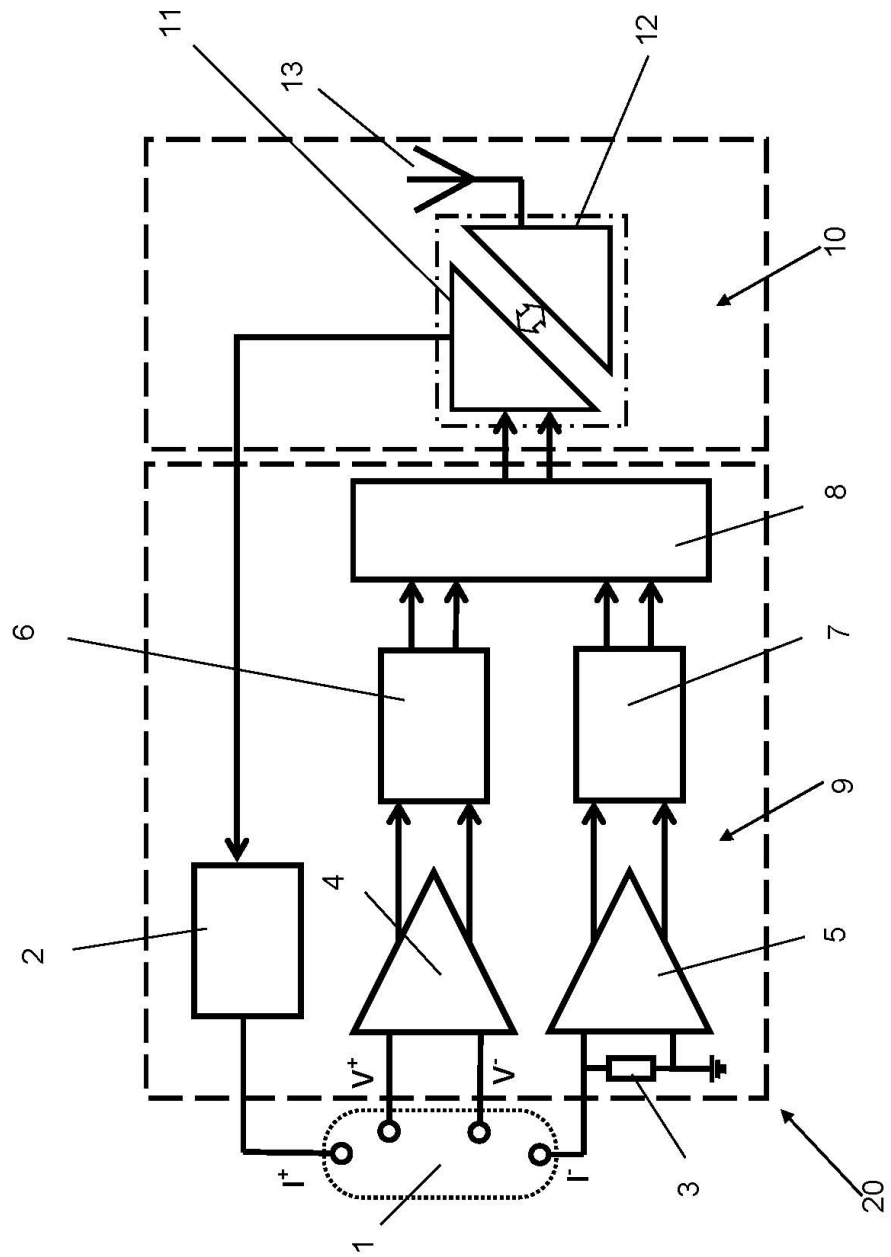
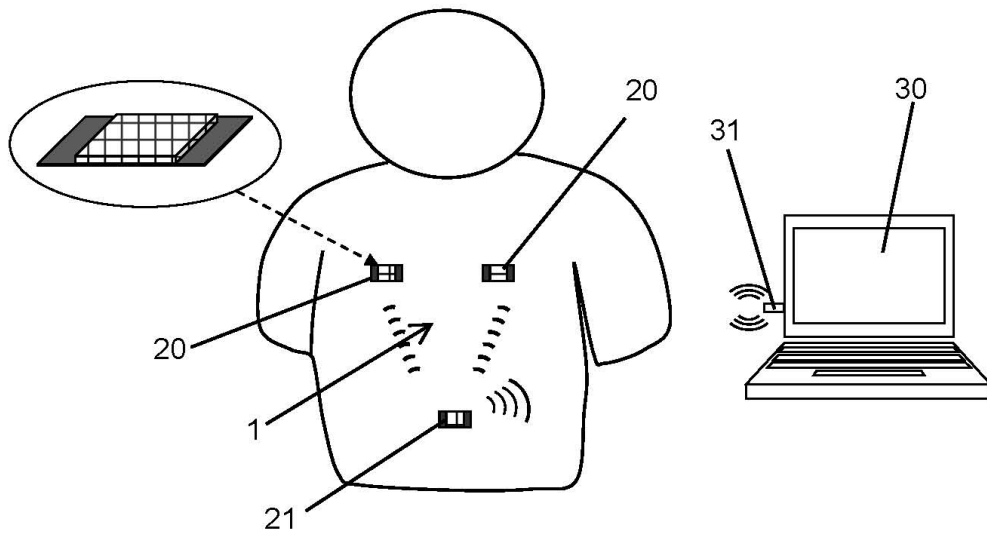


FIG. 1



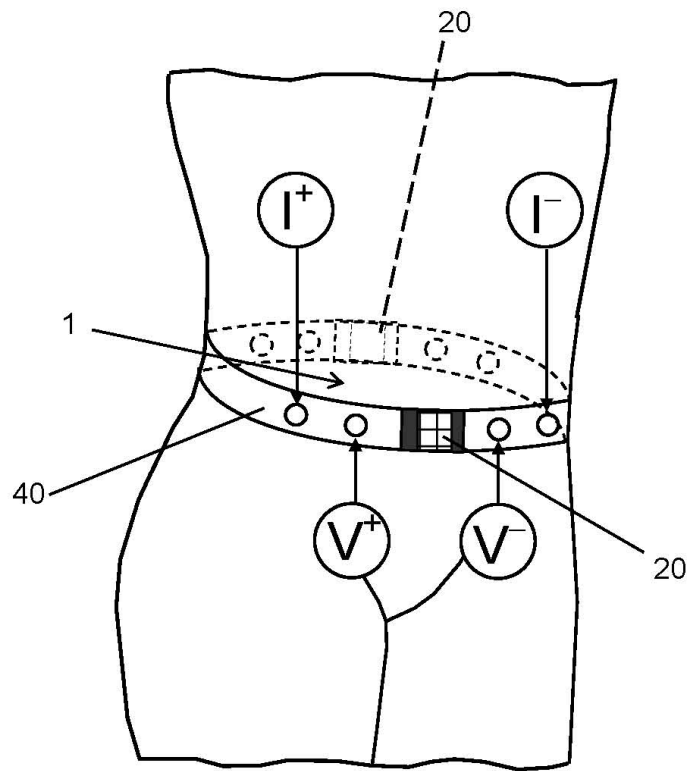


FIG. 3