

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 558**

21 Número de solicitud: 202230830

51 Int. Cl.:

A41D 13/11 (2006.01)

A61B 5/08 (2006.01)

A61B 5/087 (2006.01)

C08J 5/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

27.09.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.03.2023

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

24.05.2023

Fecha de concesión:

01.09.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.09.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (40.0%)
Calle Ramiro de Maetzu, nº 7
28040 Madrid (Madrid) ES;
FUNDACIÓN IMDEA MATERIALES (40.0%) y
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS (20.0%)**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ DEL RÍO SÁEZ, José;
WANG, De-yi;
PATRIZI GARCÍA, David;
XIANG, Ao;
UREÑA FERNANDEZ, Alejandro;
DEL BOSQUE GARCÍA, Antonio;
SÁNCHEZ MARTÍNEZ, María y
FERNÁNDEZ SÁNCHEZ-ROMATE, Xoañ Xosé**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Dispositivo de monitorización de la respiración**

57 Resumen:

Dispositivo de monitorización de la respiración para monitorizar la respiración de un usuario, que comprende un elemento sensor de deformación configurado para producir una señal eléctrica ante las deformaciones producidas en el tejido (o material textil) de una mascarilla por la respiración del usuario. El dispositivo de monitorización está configurado para transmitir dicha señal eléctrica a un centro de monitorización remoto.

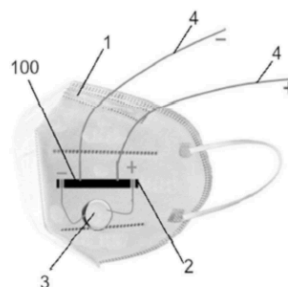


FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 935 558 B2

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de monitorización de la respiración

Objeto de la invención

5

La presente invención se refiere a un dispositivo de monitorización de la respiración, configurado para incorporarse en una mascarilla o ser acoplado a una mascarilla, donde el dispositivo está configurado para monitorizar la respiración de un usuario que porta dicha mascarilla. El dispositivo está dotado de sensores que permiten captar el ritmo respiratorio del usuario, y está capacitado para enviar, por medio de una conexión de radio con un dispositivo conectado a internet, un ritmo respiratorio del usuario a una plataforma de telemedicina.

10

Mediante el dispositivo de monitorización de la respiración de la invención, se puede monitorizar desde un centro de salud o una unidad de telemedicina remota localizada en un hospital, el ritmo respiratorio de un usuario que porta una mascarilla que incorpore el dispositivo de la invención, pudiendo enviar alertas a un dispositivo móvil en caso de detectar cualquier anomalía en el ritmo respiratorio del usuario.

15

El dispositivo de monitorización de la respiración de la invención permite, opcionalmente, monitorizar mediante sensores adicionales otro tipo de variables relacionadas con el estado de salud y/o capacidad respiratoria del usuario.

20

El dispositivo de monitorización de la respiración, objeto de la presente invención, es de particular aplicación en el ámbito de los dispositivos de telemedicina y de monitorización en remoto del estado de salud de un usuario.

25

Antecedentes de la invención y problema técnico a resolver

La pandemia producida por el Sars Cov 2 (Covid 19) ha hecho necesario el uso de mascarillas en multitud de situaciones.

5

Las mascarillas frecuentemente producen dificultad en la respiración y, en determinadas situaciones de ejercicio físico o de estados de nervios o ansiedad del usuario que porta la mascarilla, pueden resultar un impedimento importante para respirar.

10 Es frecuente que, en hospitales o residencias, haya personas que permanecen mucho tiempo portando la mascarilla. Estas personas, debido a su edad o a su situación de especial vulnerabilidad, deben ser supervisadas de manera constante, para comprobar su estado de salud y asegurarse que están respirando correctamente.

15 En el estado de la técnica se conocen algunas mascarillas que permiten llevar a cabo una supervisión remota de algunas variables relacionadas con la salud y/o respiración del usuario que porta la mascarilla.

Así pues, en el documento "*Towards data-driven pre-operative evaluation of lung cancer patients: the case of smart mask*" B. Myers, J.A. Nahal, C. Yang, L. Brown, S. Ghiasi, A. Knoesen, in: Proceedings of the 2016 IEEE Wireless Health (WH), 2016, pp. 1–6, se describe una mascarilla portátil diseñada para medir los niveles de oxígeno y dióxido de carbono en la respiración, así como los niveles de actividad vital del paciente. Los datos de oxígeno, dióxido de carbono y actividad se pueden medir continuamente durante un largo período de tiempo en el entorno de elección del paciente. La máscara es capaz de transferir datos inalámbricos a teléfonos inteligentes básicos. Esta mascarilla precisa de una pila o fuente de alimentación externa y no permite monitorizar el ritmo respiratorio del usuario. Adicionalmente, la mascarilla descrita en este documento ha de ser bastante robusta (mucho más rígida que, por ejemplo, una mascarilla quirúrgica o FFP2) pues ha de albergar dichos sensores.

20

25

Por otra parte, en el documento "*Lab-on-Mask for Remote Respiratory Monitoring*" [Pan, L., Wang, C., Jin, H., Li, J., Yang, L., Zheng, Y., Wen, Y., Tan, B. H., Loh, X. J., & Chen, X. (2020). ACS Materials Letters, 2(9), se describe una mascarilla inteligente, muy parecida a la divulgada en el documento anterior, que presenta diferentes sensores integrados en una PCB que permiten monitorizar en la nube diferentes parámetros físicos asociados a la neumonía como son el ritmo cardiaco, la presión sanguínea y la saturación de oxígeno en sangre. De nuevo, esta mascarilla ha de ser robusta, tiene bastante peso debido a los componentes integrados en una PCB que forma parte de la estructura de la mascarilla y no monitoriza la respiración.

Descripción de la invención

10

Con objeto de solucionar los inconvenientes anteriormente mencionados, la presente invención se refiere a un dispositivo de monitorización de la respiración.

15

El dispositivo de monitorización de la respiración, objeto de la presente invención, comprende un elemento sensor de deformación configurado para incorporarse a una mascarilla y para producir una señal eléctrica ante las deformaciones producidas en el tejido (o material textil) de la mascarilla por la respiración de un usuario portador de la mascarilla.

20

El dispositivo de monitorización de la respiración está configurado para transmitir dicha señal eléctrica a un centro de monitorización remoto.

25

Mediante el dispositivo de monitorización de la respiración descrito anteriormente se permite, mediante un elemento sensor de deformación, monitorizar la respiración del usuario de una mascarilla (gracias a la medición de las deformaciones en el elemento sensor de deformación, deformaciones que a su vez reflejan las deformaciones en el material de la mascarilla producidas por las inspiraciones y espiraciones del usuario).

30

De manera preferente, el elemento sensor de deformación comprende al menos una lámina configurada para ser intercalada en las capas que conforman el material de la mascarilla, o para ser adherida a una cara o superficie exterior de la mascarilla.

Lo anterior permite poder monitorizar la respiración del usuario, sin aumentar en exceso el peso y la consistencia de la mascarilla.

Según una primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor de deformación está formado por un primer material consistente en resina flexible epoxi poli(etilenglicol) diglicidil éter reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs) y endurecida con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS) (GNP/PEGDGE).

También según la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor de deformación puede estar conectado mediante conexión cableada a un primer emisor.

Según una segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor de deformación está formado por un segundo material consistente en un material triboeléctrico configurado para actuar como nanogenerador triboeléctrico de energía (TENG).

Este segundo material puede ser ignífugo y/o resistente a la humedad.

Según una primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor de deformación está conectado de manera inalámbrica, mediante una antena, a un primer emisor, a través de un primer receptor configurado para recibir señales desde el elemento sensor de deformación a través de la antena, donde el primer receptor está conectado a dicho primer emisor.

Según una segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor de deformación está conectado mediante conexión cableada a un primer emisor.

El primer emisor puede estar configurado para transmitir una señal con datos relativos a la respiración del usuario al centro de monitorización remoto, a través de una comunicación inalámbrica con un módulo de recepción, donde el módulo de recepción comprende una conexión a internet para la transmisión de los datos relativos a la respiración del usuario a una plataforma de internet (plataforma de telemedicina), accesible desde un equipo de monitorización (dispositivo electrónico con conexión a internet) situado en el centro de monitorización remoto.

La comunicación inalámbrica entre el primer emisor y el módulo de recepción puede estar configurada en una primera etapa de corto alcance y una segunda etapa de largo alcance, donde en la primera etapa de corto alcance el primer emisor está configurado para transmitir una señal de radiofrecuencia de corto alcance portadora de los datos relativos a la respiración del usuario a un módulo de comunicaciones, y donde en la segunda etapa de largo alcance el módulo de comunicaciones está configurado para transmitir una señal de radiofrecuencia de largo alcance portadora de los datos relativos a la respiración del usuario al módulo de recepción.

10 Según un aspecto de la invención, el primer emisor puede estar configurado para situarse en un brazalete (o prenda o elemento *wearable*) portado por el usuario. El primer emisor puede estar configurado para situarse en una tobillera o en una muñequera o pulsera.

El dispositivo permite monitorizar también otras constantes vitales como el pulso dentro del mismo dispositivo, mediante la incorporación de los correspondientes sensores tales como un pulsioxímetro.

La presente invención se refiere también a una mascarilla que incorpora un dispositivo de monitorización de la respiración según se ha descrito anteriormente.

20 La mascarilla puede estar fabricada en un material ignífugo y/o resistente a la humedad.

La mascarilla puede comprender un dispositivo de monitorización de la respiración según la segunda forma de realización descrita anteriormente en donde todo o parte del tejido o material textil de la mascarilla está formado por el segundo material.

La presente invención se refiere también a un material consistente en resina flexible epoxi poli(etilenglicol) diglicidil éter reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs) y endurecida con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS) (GNP/PEGDGE), apropiada para su uso como elemento sensor (100) de deformación).

Asimismo, la presente invención se refiere también al uso del material mencionado en el párrafo anterior como elemento sensor de deformación.

Así pues, la presente invención busca resolver uno de los problemas más importantes relacionados con la monitorización de parámetros biológicos y constantes vitales de una persona, como su respiración, algo que es fundamental en el campo de la medicina y más en situaciones de pandemias o epidemias dentro y fuera de hospitales. En la actualidad no se conocen sensores que sean muy ligeros, altamente sensibles a los movimientos, muy baratos, que en ciertos casos puedan generar su propia energía de funcionamiento y que envíen señales de voltaje de forma remota a una unidad de control o a un sistema receptor portátil como un móvil o un tablet. Mediante un material que es muy pequeño y ligero, altamente sensible al cambio de su resistencia eléctrica por deformación, podemos monitorizar la respiración de un paciente a través de los movimientos que sufre la mascarilla (FPP2, quirúrgica, etc.) que lleva puesta, durante los procesos de inspiración y espiración.

En el caso de que el material sea un sensor de energía triboeléctrica (TENG) (segunda forma de realización de la mascarilla), éste produce la propia energía de funcionamiento y envía señales por sí sólo a un sistema receptor mediante una antena que salga del mismo sensor o por un emisor radio que esté conectado al mismo y que envíe la señal inalámbrica a un Gateway o receptor conectado a internet, de tal forma que la señal de monitorización pueda verse en una plataforma de internet.

En el caso de la primera forma de realización de la mascarilla, el primer material altamente sensible a los cambios de resistencia eléctrica está conectado a una batería pequeña, por ejemplo, una pila plana de Li de 3 V, mediante dos electrodos que hacen de electrodos de fuerza y que generan la potencia eléctrica necesaria para que se pueda detectar el cambio de resistencia eléctrica del material al deformarse. Por otro lado, otros dos electrodos de monitorización o de medida y situados entre los otros dos electrodos de potencia, detectan la corriente que pasa por el circuito mediante la caída de potencial entre los puntos del material a los que están conectados y el cambio de conductividad de la muestra en esa longitud de material. Así, la diferencia de potencial, que es medida por un emisor de radio (tipo LoRa, Wi-Fi o similar), puede ser monitorizada en local o en remoto y mostrará un patrón en función del tipo de deformación que sufra el material.

El primer material altamente sensible a los cambios de conductividad eléctrica está constituido por una resina flexible epoxi de poli(etilenglicol) diglicidil éter (PEGDGE) reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs). El monómero de la resina epoxi de PEGDGE se endurece con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS). El sensor de deformación acoplado a la mascarilla puede

tener unas dimensiones de 50x15x3 mm³ aunque esta geometría y dimensiones puede cambiarse, ya que es fácilmente manipulable.

Alternativamente, el segundo material que va unido a la mascarilla o incluso que puede hacer de recubrimiento entero de la misma, puede ser un nanogenerador de energía triboeléctrica (TENG) cuya fricción y contacto entre capas de diferente electronegatividad produce una muy alta electrificación y como consecuencia una elevada autogeneración de potencia eléctrica que es transmitida a través de unos electrodos que salen de las partes conductoras de las capas del TENG y que terminan en un sensor de emisor de radio. Este emisor de radio puede emitir de forma inalámbrica la señal de voltaje generada por el TENG o permite monitorizarla en local a través de una unidad de procesamiento, es decir, un ordenador, Tablet, o similar.

El TENG puede estar hecho de diferentes materiales triboeléctricos. Por ejemplo: materiales retardantes de llama con diferente porcentaje de PPA-PEI y con concentraciones de PVA/1, 5, 10 and 100 wt% PPA-PEI: PVDF. También otros pueden ser los que llevan HFP, como son los Paper@50PA:PVDF-HFP y otros de bajo coste y más fáciles de fabricar como son los que tienen PDMS: Al-paper:PDMS-Al.

El TENG puede tener una antena que emita a unos pocos metros la señal generada durante el proceso de respiración. De esta forma, no es necesario ningún emisor de señal siempre que a una distancia cercana se sitúe un receptor de radio que hace de Gateway y permite monitorizar en internet a través de cualquier plataforma IoT la señal generada por el TENG, correspondiente a la inspiración y espiración del sujeto.

Siempre que hay un emisor de radio, debe haber un receptor que reciba la señal y la envíe por Wi-Fi a cualquier portal de internet IoT o a través de un cable de Ethernet conectado a la red. El emisor también puede recibir la señal y monitorizarla en local, en un ordenador situado al lado del paciente.

Los emisores de radio pueden ser de diferentes tipos y siguiendo varios protocolos. En el caso de que se use LoRa (Long Range), la distancia del emisor al receptor puede ser muy grande, hasta 20 km en zonas interurbanas y cientos de kms en zonas de campo abierto sin interferencias. Mediante una red LoRa pueden conseguirse envíos de patrones de respiración de forma continuada con frecuencias de adquisición de hasta 111 ms utilizando ciertos emisores LoRa y un código de subida y bajada de información especializado. De esta forma, la respiración del paciente puede ser monitorizada en unidades de control localizadas a

distancias muy grandes del emisor de radiofrecuencia. Este sistema es de gran utilidad para los casos en que haya personas mayores viviendo solas y que tengan que utilizar mascarillas, ya sea en situaciones pandémicas como en situaciones en las que el paciente la necesite para la monitorización de su estado vital.

5

El RAK de LoRA o Gateway puede tener diferentes frecuencias de funcionamiento: en el rango de subGHz (868/914, MHz) o en el rango de 2.4 GHz.

10 El primer emisor de radiofrecuencia está unido al primer material altamente sensible en cambios de resistencia eléctrica o al segundo material TENG correspondiente. Por ello, este primer emisor es pequeño y fácilmente integrable en la misma mascarilla o en un brazalete, tobillera, muñequera o pulsera que lleva el usuario.

15 En el caso de que se utilice sólo una antena para transmisión de la señal de respiración, no habrá emisor de radiofrecuencia sino simplemente un receptor que transmita por radio o por cable dicha señal a internet. Además, se puede utilizar junto al receptor un ADC (conversor analógico digital) para el cual por encima de cierto umbral la señal pase de estado bajo a alto.

20 En el mismo emisor pueden enviarse mensajes de texto indicativos del estado de respiración del sujeto, de la misma forma que otros valores de alarma cuando el ritmo de respiración sea indicativo de apnea o problemas de salud.

25 En la misma mascarilla pueden incorporarse otros sensores tales como medidores de concentración de O₂, de CO₂, de NO al igual que de temperatura, humedad, presión, etc. Medirán dichas magnitudes físicas tanto debidas al aire expulsado en la mascarilla como debidas a las condiciones ambientales externas. Algunos de estos sensores, como son los de monitorización de condiciones ambientales, pueden ir integrados en el emisor de radiofrecuencia y se complementan con el ritmo de respiración detectado por el primer material altamente sensible a cambios de resistencia eléctrica como por la señal
30 autogenerada por el segundo material TENG, incorporados en su caso a la mascarilla.

Breve descripción de las figuras

Se describe aquí de forma breve una figura a modo de ejemplo no limitativo, que ayuda a comprender mejor la invención:

5

Figura 1: muestra de manera esquemática una primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención.

Figura 2: muestra de manera esquemática la conexión del dispositivo de monitorización de la respiración a un brazalete con emisor de radio, según la primera o la segunda formas de realización del dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención.

Figura 3: muestra de manera esquemática una primera variante de una segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención, en donde los elementos sensores de deformación están configurados para la conexión cableada con un emisor de radiofrecuencia de corto alcance.

Figura 4: muestra de manera esquemática una segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención, en donde los elementos sensores de deformación están configurados para la conexión inalámbrica mediante una antena, con un receptor de radiofrecuencia.

Figura 5: muestra de manera esquemática la conexión cableada de los elementos sensores de deformación al emisor de radiofrecuencia de corto alcance, en la primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración.

Figura 6: muestra de manera esquemática la conexión inalámbrica mediante una antena de los elementos sensores de deformación al receptor de radiofrecuencia y la conexión cableada de dicho receptor de radiofrecuencia con el emisor de radiofrecuencia de corto alcance, en la

segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración.

5 Figura 7: muestra esquemáticamente los elementos que intervienen en la monitorización de la respiración de un usuario que porta una mascarilla según la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración de la presente invención.

10 Figura 8: muestra, análogamente a la Figura 7, los elementos que intervienen en la monitorización de la respiración de un usuario que porta una mascarilla, según la primera variante o la segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración de la presente invención.

15 Figura 9: muestra un conjunto de gráficas de monitorización, en una plataforma IoT, tanto para emisiones radio de alta como de bajo rango, de la respiración de una persona en modo relajado, menos relajado y más excitado.

Figura 10a: muestra una gráfica con la monitorización en el tiempo del cambio de la resistencia normalizada, tanto en la respiración normal como en la sofocada.

20 Figura 10b: muestra un detalle de gráfica con la forma de la onda de tensión detectada en los modos de inspiración y espiración.

25 Figura 11: muestra una gráfica con el cambio de la resistencia normalizada dividida por la deformación sufrida $(R-R_0)/R_0\epsilon$ que experimenta el elemento sensor de deformación, según la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, ante el esfuerzo al que está sometido para concentraciones de GNP de 8 y 10%.

Descripción detallada

La presente invención se refiere, como se ha mencionado anteriormente, a un dispositivo de monitorización de la respiración.

5

El dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención está configurado para incorporarse en una mascarilla (1). La mascarilla (1) puede, por ejemplo, tratarse de una mascarilla de tipo FFP2 o similar.

10 El dispositivo de monitorización de la respiración comprende uno o varios elementos sensores (100) de deformaciones dispuestos entre sus capas o adheridos a una de las caras de la mascarilla (1) (por ejemplo, el/los elementos sensor/es (100) de deformaciones puede/n estar adherido/s a la cara exterior o superficie exterior de la mascarilla (1)).

15 Cada elemento sensor (100) de deformación está compuesto por un material altamente sensible a las deformaciones.

Según la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración objeto de la presente invención (mostrada en la Figura 1), el dispositivo de monitorización de la respiración comprende al menos un elemento sensor (100) de deformación que se caracteriza por variar su resistencia eléctrica ante una deformación.

20

En la presente invención, se ha diseñado un primer material (2) específico y novedoso para conformar el/los elemento/s sensor/es (100) de deformación de la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración de la invención.

25

Este novedoso primer material (2) es resina flexible epoxi poli(etilenglicol) diglicidil éter reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs) y endurecida con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS). Este novedoso primer material (2) resulta altamente sensible al cambio de su conductividad eléctrica ante su deformación.

30

Según la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, una batería o fuente de alimentación (3) que ocupa muy poco espacio actúa como fuente de potencia suministrando una diferencia de potencial al elemento sensor (100) de deformación, mediante dos electrodos que salen de ella dicha fuente de alimentación (3).

En esta primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el elemento sensor (100) de deformación está conectado a otros dos electrodos llamados electrodos de medida (4), que permiten medir el cambio de resistencia del primer material (2) mediante la detección del cambio de voltaje que está relacionado con el cambio de resistencia eléctrica para una corriente eléctrica determinada.

Este cambio de voltaje es debido a los cambios de deformación que presenta la mascarilla (1) ante la inspiración y espiración del usuario que la lleva, que son transmitidos al novedoso primer material (2).

Los electrodos de medida (4) portan esta señal con información acerca de la deformación del primer material (2) y son conectados a un primer emisor (11) de radiofrecuencia que puede ir acoplado (ver Figura 2) a un brazalete (5) en el antebrazo (o posición similar) del usuario en cuestión.

La Figura 7 muestra un esquema de los elementos que intervienen en la monitorización de la respiración de un usuario que porta una mascarilla (1) según esta primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración.

El primer emisor (11) envía una señal inalámbrica de corto alcance a un módulo de comunicaciones (13). El módulo de comunicaciones (13) está configurado para recibir la señal de corto alcance que proviene del primer emisor (11) y reenviar la información acerca del ritmo respiratorio del usuario (junto con otra información adicional captada por otros posibles sensores que puedan estar instalados en la mascarilla (1)) a través de una señal de largo alcance a un módulo de recepción (14).

El módulo de comunicaciones (13) puede estar configurado para una emisión LoRa (del inglés Long Range o largo alcance) con alcances de hasta 20 km en zonas interurbanas.

- 5 El módulo de recepción (14) está conectado a internet, bien por vía inalámbrica (WiFi) o bien por vía cableada a través de un cable Ethernet. Así pues, el módulo de recepción (14) está configurado para actuar de puerta de entrada o Gateway (que puede ser una raspberry pi con un RAK acoplado).
- 10 El módulo de recepción (14) recibe la señal de largo alcance que proviene del módulo de comunicaciones (13) y envía la información acerca del ritmo respiratorio del usuario (junto con otra información adicional captada por otros posibles sensores que puedan estar instalados en la mascarilla (1)) a través de internet a un centro de monitorización (17) (por ejemplo, un hospital o un centro de salud) con una unidad de telemedicina para supervisión de pacientes
- 15 localizados en lugares alejados del centro de monitorización (17).

Desde el centro de monitorización (17), el personal médico o sanitario, por medio de un equipo de monitorización (15) (un ordenador, smartphone, Tablet, etc), puede supervisar en la pantalla (6) de dicho equipo de monitorización (15), la información acerca del ritmo respiratorio

20 del usuario (junto con otra información adicional captada por otros posibles sensores del dispositivo de monitorización de la respiración que puedan estar instalados en la mascarilla (1)), información que se ha volcado desde el módulo de recepción (14) a una plataforma (16) de internet.

- 25 La pantalla (6) del equipo de monitorización (15) o una unidad de procesamiento (ordenador, móvil, etc.) permite visualizar en internet la monitorización de la respiración, a través de una plataforma (16) característica de Internet de las cosas (IoT).

Desde el módulo de recepción (14), en caso de estar configurado mediante tecnología

30 LoRaWAN, se pueden utilizar plataformas como TTS (The Things of Stack). Por otro lado, mediante programas de monitorización y representación de datos, la señal de voltaje puede

verse monitorizada en dichas plataformas (16). Un ejemplo de programa utilizado en LoRaWAN es UbiDOTS. Además, en el caso de utilizar transferencias remotas de datos a distancias grandes, que se suelen caracterizar por frecuencias de adquisición bajas, mediante programas de adquisición se pueden obtener frecuencias de adquisición de 0.1 s, que son
5 frecuencias suficientes para la monitorización de la respiración. Todos los datos pueden ir a centros de monitorización (17) o unidades de control en ciudades y más concretamente hospitales donde se analizarán los datos recibidos.

De acuerdo con una segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el al menos un elemento sensor (100) de deformación es una (o dos) lámina/s de
10 un segundo material (7) triboeléctrico.

Así pues, según esta segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración (ver Figura 3), el dispositivo de monitorización de la respiración comprende
15 (dispuesto entre las capas o adherido, por ejemplo, a una cara exterior de la mascarilla (1)) al menos un elemento sensor (100) de deformación, que comprende un segundo material (7) (material triboeléctrico), que se comporta como un nanogenerador triboeléctrico de energía (TENG).

20 El segundo material (7) (material triboeléctrico o material TENG) puede estar hecho de diferentes materiales triboeléctricos. Por ejemplo: materiales retardantes de llama con diferente porcentaje de PPA-PEI y con concentraciones de PVA/1, 5, 10 and 100 wt% PPA-PEI: PVDF. También otros pueden ser los que llevan HFP, como son los Paper@50PA:PVDF-HFP y otros de bajo coste y más fáciles de fabricar como son los que tienen PDMS: Al-
25 paper:PDMS-Al.

Así pues, en el dispositivo de monitorización de la respiración de acuerdo con la segunda forma de realización, el elemento sensor (100) de deformación puede comprender dos láminas de electrodo (8, 9) (una lámina de electrodo positivo (8) y una lámina de electrodo
30 negativo (9)) o una sola lámina de electrodo (el negativo conectado a tierra) de tal forma que el movimiento de la mascarilla (1) debido a la respiración del usuario produce fricción y contacto entre las capas electropositiva y electronegativa del segundo material (7)

triboeléctrico, generando una señal de voltaje que representa el ritmo de respiración del paciente o usuario.

5 La Figura 4 muestra una primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración. Según esta primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el al menos un elemento sensor (100) de deformación está conectado a una antena (10). Mediante esta antena (10), el elemento sensor (100) de deformación envía la información acerca del ritmo respiratorio del usuario a un primer receptor (12), el cual está a su vez conectado con el primer emisor (11) (ver Figura 6).

15 El primer receptor (12) puede comportarse también como un conversor analógico digital (ADC), transformando la señal recibida en un estado de voltaje bajo (0V) o alto (5V) dependiendo si la señal alcanza un umbral o no.

20 La antena (10) puede acoplarse a la capa de material conductora de una de las dos capas triboeléctricas del elemento sensor (100) de deformación del dispositivo de monitorización de la respiración, de tal forma que la señal de voltaje asociada a la respiración puede transmitirse de a distancias cercanas de la misma.

25 La Figura 5 muestra una segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración. Según esta segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, el al menos un elemento sensor (100) de deformación está directamente conectado al primer emisor (12) mediante conexión cableada.

30 Tanto en la primera variante como en la segunda variante de la segunda forma de realización, el elemento sensor (100) de deformación genera la suficiente energía (debido al efecto triboeléctrico) como para no necesitar una batería o fuente de alimentación conectada a dicho elemento sensor (100) de deformación.

La Figura 8 muestra un esquema de los elementos que intervienen en la monitorización de la respiración de un usuario que porta una mascarilla (1) según la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración (ya sea en su primer variante o en su segunda variante).

5

De modo análogo a como ocurría con la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, también en la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, una vez se ha enviado la información acerca de la respiración del usuario al primer emisor (11), el esquema de comunicaciones es el mismo que el de la Figura 7 con la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración.

10

En caso de detectarse, desde el centro de monitorización (17), algún tipo de anomalía en los datos recibidos de respiración del usuario, se pueden enviar mensajes de alarma al móvil o a otro dispositivo del usuario o de una residencia en el caso de que la respiración del sujeto no siga un comportamiento normal.

15

No obstante, se pueden enviar también al móvil o a otro dispositivo del usuario o de una residencia los datos relativos a la respiración del usuario en condiciones normales de respiración, y no sólo cuando se detecta algún tipo de anomalía.

20

Como ya se ha comentado, el dispositivo de monitorización puede incorporar otros posibles sensores configurados para instalarse en la mascarilla (1), adicionalmente al elemento sensor (100) de deformación dedicado a la medición del ritmo respiratorio. Así pues, el dispositivo de monitorización puede incorporar medidores de T, pulsioxímetros para complementar con la respiración del paciente, etc.

25

Tanto con la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración (con el elemento sensor (100) de deformación formado por el primer material (2) (GNP/PEGDGE)) como con la segunda forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración (con el elemento sensor (100) de deformación formado por el segundo material (7) (TENG)), se puede monitorizar la respiración cuando el sujeto está en modo

30

relajado (18) como cuando está en modo excitado (19). De hecho, debido a la alta sensibilidad de los materiales usados, se pueden distinguir fácilmente los diferentes estados de tranquilidad/excitación en los que se presenta el sujeto.

- 5 En la Figura 9 se muestra un conjunto de gráficas de monitorización de la respiración de una persona en modo relajado (12), menos relajado y modo excitado (19).

En el caso de la primera forma de realización del dispositivo de monitorización de la respiración, la monitorización de la respiración con el primer material (2) (GNP/PEGDGE) es debido al cambio de la resistencia eléctrica nominal (20) con la deformación (ver Figura 10a). De la misma forma que el voltaje, este cambio en la resistencia nominal será diferente si el sujeto está respirando en modo normal o en modo excitado. Es más, el proceso de inspiración genera una forma de voltaje diferente al de la espiración (ver Figura 10b) y eso es debido al tipo de deformación que sufre la superficie de la mascarilla (1) y como consecuencia, el primer material (2).

Como dato adicional, el porcentaje de GNP en el primer material (2) (GNP/PEGDGE) puede afectar bastante al factor de galga (22) respecto a la tensión mecánica. Dicho factor de galga (22) es la relación entre el cambio de resistencia normalizada ($G=\Delta R/R_0$) y la deformación (ϵ) ($G=\Delta R/R_0\epsilon$), pudiendo llegar a valores de 80 para tensiones de fuerza de 0,2 N (ver Figura 11).

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de monitorización de la respiración **caracterizado** por que comprende un elemento sensor (100) de deformación configurado para incorporarse a una mascarilla (1) y para producir una señal eléctrica ante las deformaciones producidas en el tejido o material textil de la mascarilla (1) por la respiración de un usuario de la mascarilla (1), donde el dispositivo de monitorización de la respiración está configurado para transmitir dicha señal eléctrica a un centro de monitorización (17) remoto; donde el elemento sensor (100) de deformación está formado por un primer material (2) consistente en resina flexible epoxi poli(etilenglicol) diglicidil éter reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs) y endurecida con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS) (GNP/PEGDGE).
5
2. Dispositivo de monitorización de la respiración según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el elemento sensor (100) de deformación comprende al menos una lámina configurada para ser intercalada en las capas que conforman el tejido o material textil de la mascarilla (1), o para ser adherida a una cara o superficie exterior de la mascarilla (1).
15
3. Dispositivo de monitorización de la respiración según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** por que el elemento sensor (100) de deformación está conectado mediante conexión cableada a un primer emisor (11).
20
4. Dispositivo de monitorización de la respiración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que el primer emisor (11) está configurado para transmitir una señal con datos relativos a la respiración del usuario al centro de monitorización (17) remoto, a través de una comunicación inalámbrica con un módulo de recepción (14), donde el módulo de recepción (14) comprende una conexión a internet para la transmisión de los datos relativos a la respiración del usuario a una plataforma (16) de internet, accesible desde un equipo de monitorización (15) situado en el centro de monitorización (17) remoto.
25
30
5. Dispositivo de monitorización de la respiración según la reivindicación 4, **caracterizada** por que la comunicación inalámbrica entre el primer emisor (11) y el módulo de recepción (14) está configurada en una primera etapa de corto alcance y
35

- 5 una segunda etapa de largo alcance, donde en la primera etapa de corto alcance el primer emisor (11) está configurado para transmitir una señal de radiofrecuencia de corto alcance portadora de los datos relativos a la respiración del usuario a un módulo de comunicaciones (13), y donde en la segunda etapa de largo alcance el módulo de comunicaciones (13) está configurado para transmitir una señal de radiofrecuencia de largo alcance portadora de los datos relativos a la respiración del usuario al módulo de recepción (14).
- 10 6. Dispositivo de monitorización de la respiración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que el primer emisor (11) está configurado para acoplarse a un brazalete (5) o muñequera o tobillera que puede ser portado por el usuario.
- 15 7. Mascarilla (1) **caracterizada** por que comprende un dispositivo de monitorización de la respiración según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Mascarilla (1) según la reivindicación 7, **caracterizada** por estar fabricada en un material ignífugo y/o resistente a la humedad.
- 20 9. Material consistente en resina flexible epoxi poli(etilenglicol) diglicidil éter reforzada con nanoplaquetas de grafeno (GNPs) y endurecida con 4,4-diaminodifenilsulfona (DDS) (GNP/PEGDGE), apropiada para su uso como elemento sensor (100) de deformación).
- 25 10. Uso del material de la reivindicación 9 como elemento sensor (100) de deformación.

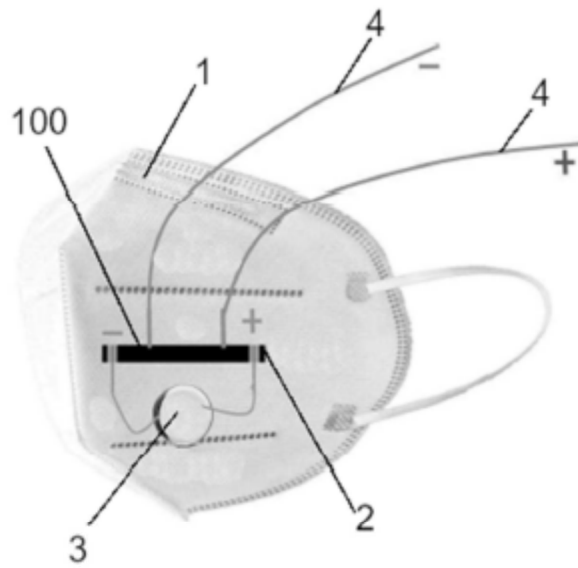


FIG. 1

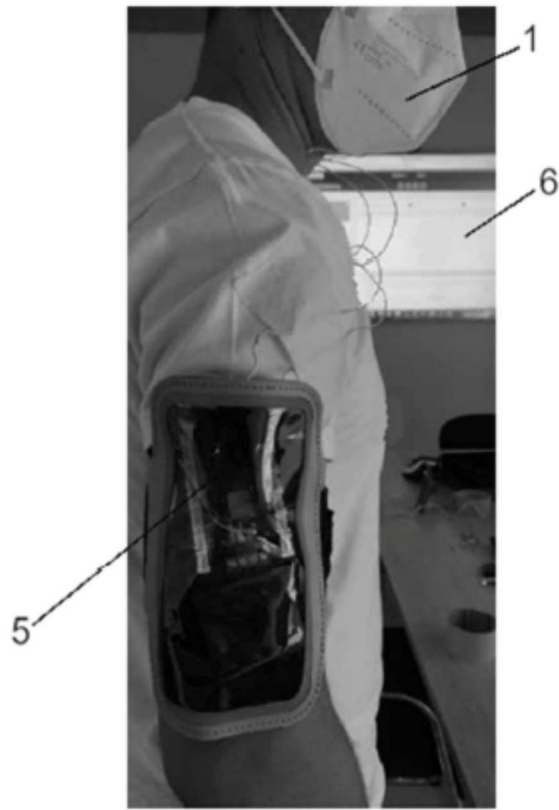


FIG. 2

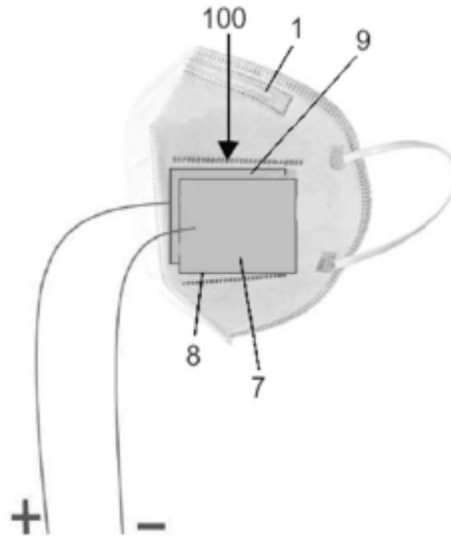


FIG. 3

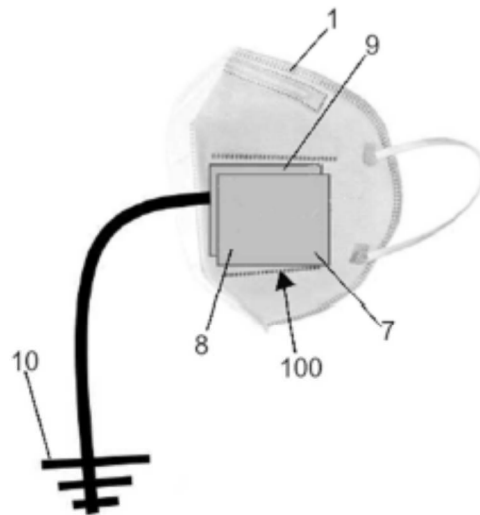


FIG. 4

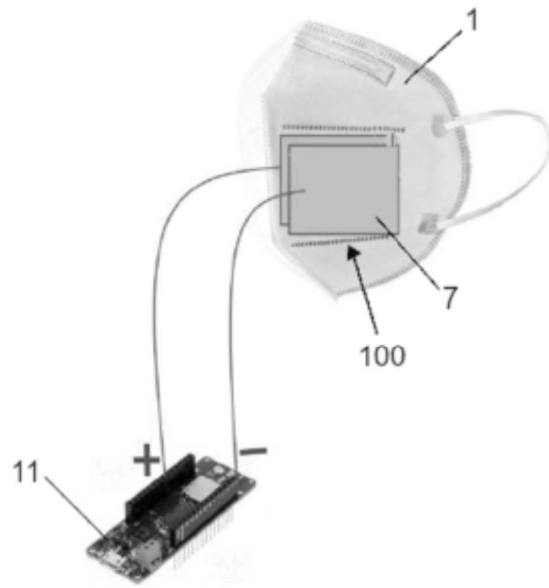


FIG. 5

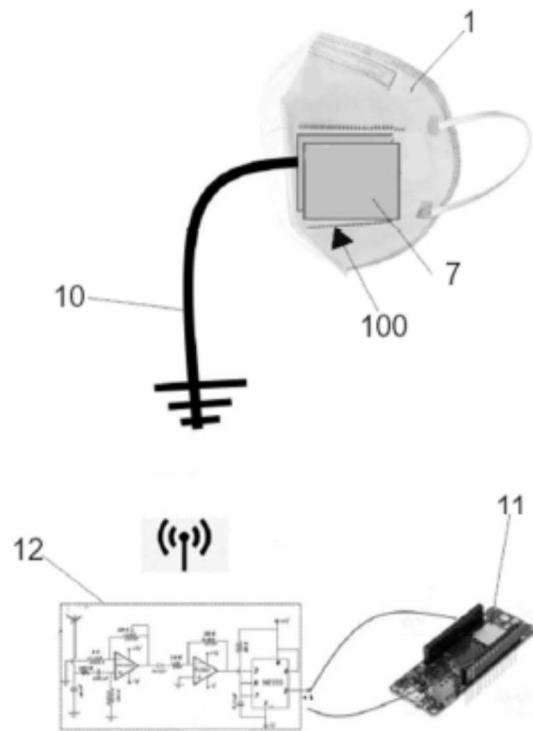


FIG. 6

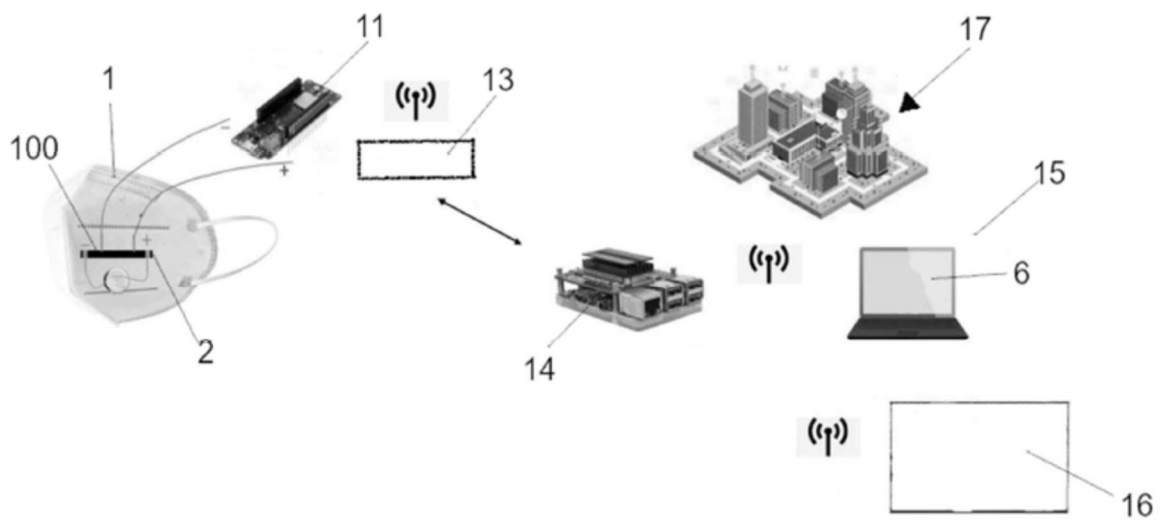


FIG. 7

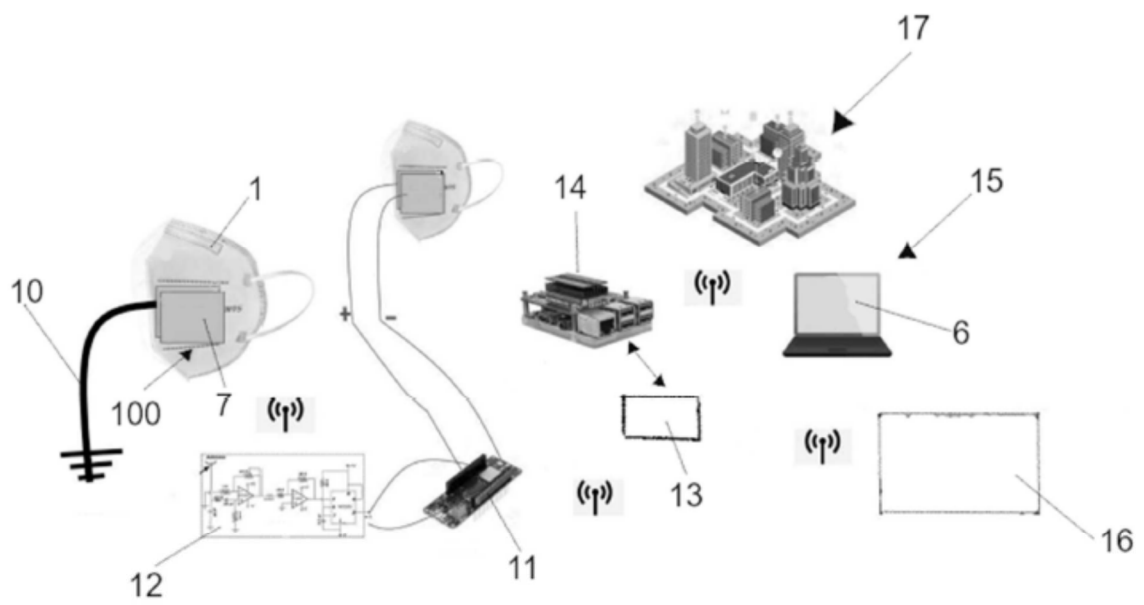


FIG. 8

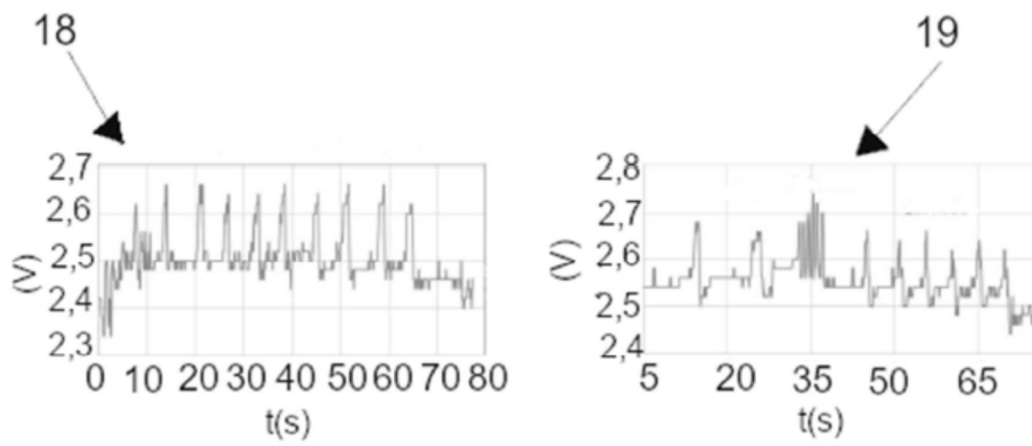


FIG. 9

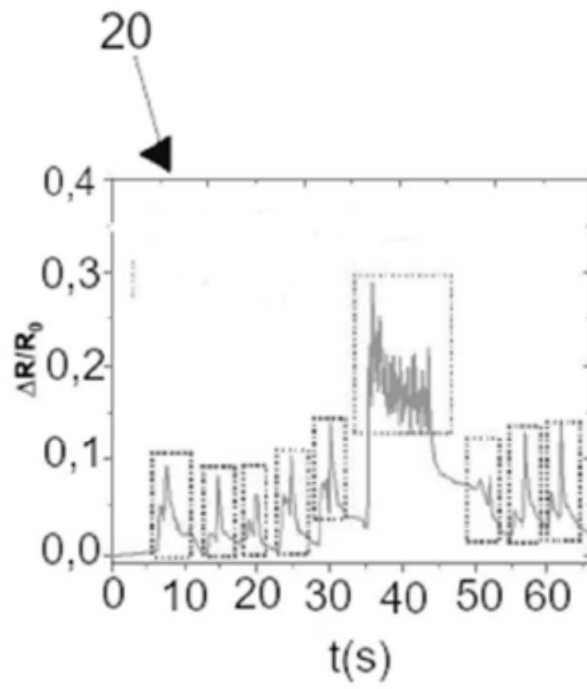


FIG. 10a

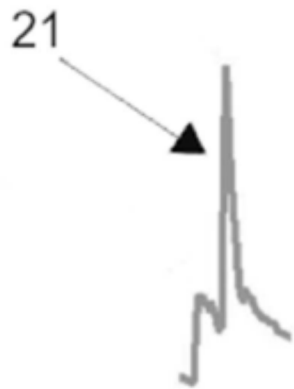


FIG. 10b

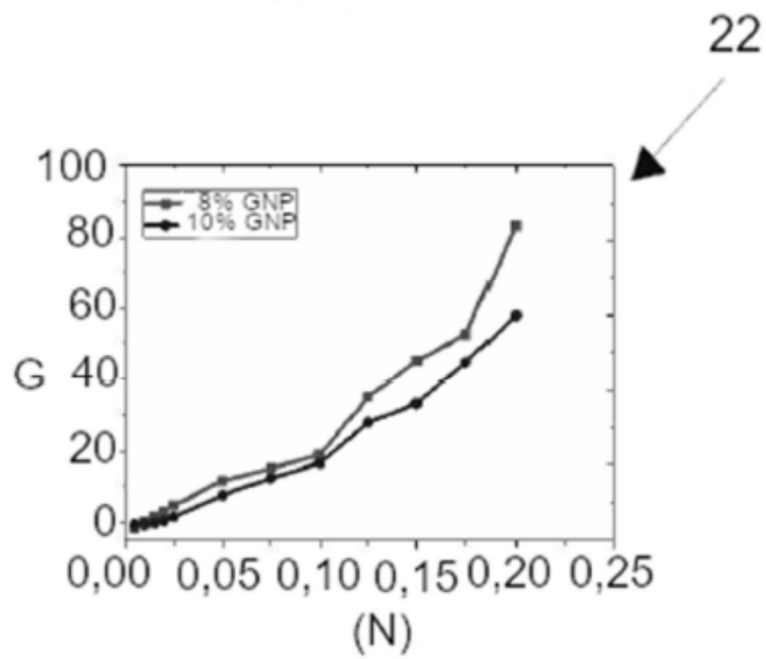


FIG. 11