

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
03 de enero de 2019 (03.01.2019)



(10) Número de publicación internacional
WO 2019/004812 A1

(51) Clasificación internacional de patentes:

A61B 6/08 (2006.01) *G01N 21/3586* (2014.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/MX2018/000056

(22) Fecha de presentación internacional:

21 de junio de 2018 (21.06.2018)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(30) Datos relativos a la prioridad:

MX/a/2017/008794

30 de junio de 2017 (30.06.2017)

MX

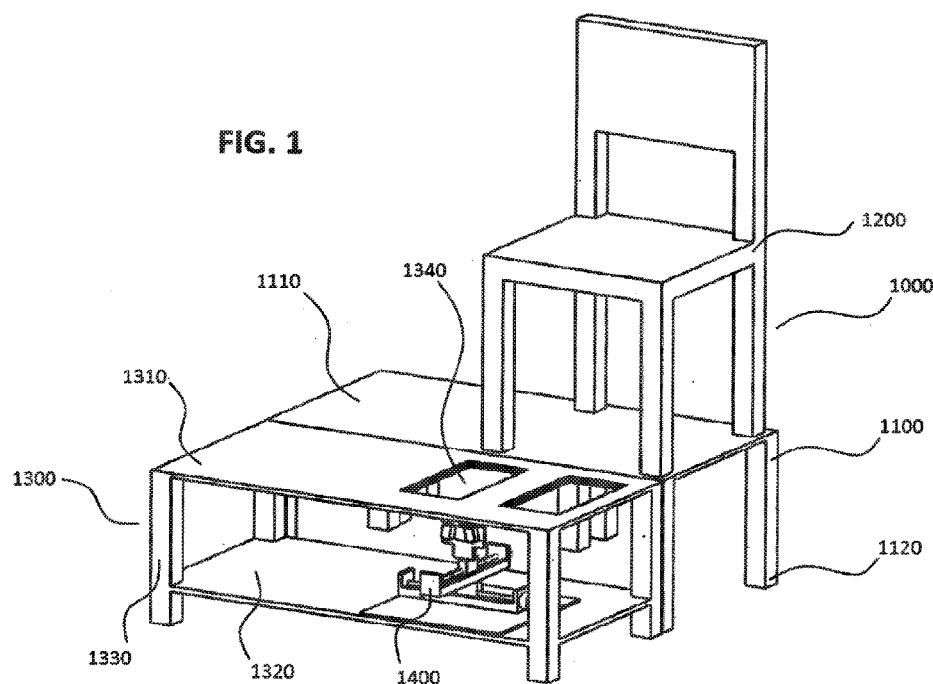
(71) Solicitante: **CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA, A.C.** [MX/MX]; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX).

(72) Inventores: **CASTRO CAMUS, Enrique**; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX). **ALFARO GÓMEZ, Mariana**; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX). **HERNÁNDEZ CARDOSO, Go-retti Guadalupe**; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX). **HERNÁNDEZ SERRANO, Arturo Ignacio**; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX). **ROJAS LANDEROS, Sandra Carolina**; Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX).

(54) Title: SYSTEM FOR EARLY DETECTION OF DIABETIC FOOT SYNDROME

(54) Título: SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DEL SÍNDROME DE PIE DIABÉTICO

FIG. 1



(57) Abstract: The invention relates to a system for early detection of diabetic foot syndrome, made up of: a raised platform with a seat on which the patient is placed; a base structure, which comprises an upper supporting plate and a lower supporting plate, wherein said upper supporting plate comprises a pair of windows, made of a transparent material, on which the patient places their feet; a terahertz (THz) image capturing system located on said lower supporting plate under the windows; and a PC, which communicates with said image capturing system in order to control same, and which comprises an algorithm for generating an image of the hydration of the foot; said THz image capturing system is made up of a pair of lenses placed at an angle; a photoconductive terahertz emitting means for emitting a THz signal towards the feet of the patient; a photoconductive terahertz detection means which receives the THz

[Continúa en la página siguiente]

(74) **Mandatario: DE LA ROSA CRUZ, Elder;** Loma del Bosque No. 115, Col. Lomas del Campestre, León, Guanajuato, 37150 (MX).

(81) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

signal reflected by the feet of the patient, wherein said reflected THz signal corresponds to a THz pulse measurement in the reflection time domain; a positioning system, which moves the lenses and the emitting and detecting means along the windows to capture the THz pulses along the entire sole of both feet; wherein said PC processes each measurement of said THz pulses via said algorithm and generates an image of the hydration of the foot and reports specific hydration values, by using a Fresnel coefficient.

(57) **Resumen:** La invención se refiere a un sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético, conformado por: una plataforma elevada con un asiento en donde será colocado el paciente; una estructura de base, la cual comprende una placa de apoyo superior; y una placa de soporte inferior; en donde dicha placa de apoyo superior comprende un par de ventanas hechas de un material transparente en donde el paciente coloca los pies; un sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) colocado en dicha placa de soporte inferior debajo de las ventanas; y una PC, la cual está en comunicación con dicho sistema de captación de imágenes para tener el control del mismo y que comprende un algoritmo para generar una imagen de hidratación del pie; dicho sistema de captación de imágenes de THz está conformado por un par de lentes colocados de manera angulada; un medio emisor fotoconductor de Terahertz para emitir una señal de THz hacia los pies del paciente; un medio detector fotoconductor de Terahertz el cual recibe la señal de THz reflejada por los pies del paciente, en donde dicha señal de THz reflejada corresponde a una medición de pulso de THz en el dominio del tiempo de reflexión; un sistema de posicionamiento, el cual traslada los lentes y medios emisor y detector a lo largo de las ventanas para captar los pulsos de THz a lo largo de toda la planta de ambos pies; en donde dicha PC realiza el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo y genera una imagen de hidratación del pie y reportando valores específicos de hidratación, mediante la utilización de un coeficiente de Fresnel.

SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DEL SÍNDROME DE PIE DIABÉTICO

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5

La presente invención dirigida al campo técnico de dispositivos de diagnóstico temprano. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético por imagen de Terahertz.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el estado de la técnica, es bien sabido que en el 2.5% de los casos de pacientes diabéticos, el pie sufre un deterioro que termina en una amputación, lo cual disminuye la calidad de vida de los pacientes y les produce un extraordinario costo así como a los sistemas públicos de salud, ya que actualmente, en el estado de la técnica no existe un método objetivo para la detección temprana de esta condición.

De conformidad con lo anterior, se tiene que el llamado "pie diabético" o "síndrome de pie diabético" es una consecuencia común de la Diabetes Mellitus (DM), en donde el pie de la persona diabética presenta, en muchos casos, una combinación de un deterioro microvascular y neurológico que resulta en una escasa irrigación y pérdida de sensibilidad en los pies. La combinación de estas dos condiciones tiene como consecuencia la deshidratación de la piel, que a su vez se vuelve más frágil, sumado a una su capacidad comprometida para sentir pequeñas lesiones. Esto resulta en un incremento del riesgo de los pacientes para desarrollar úlceras graves, que en muchos casos requiere de amputación parcial o total de la extremidad, siendo esta que es la causa más común de amputaciones no traumáticas.

La definición estricta de pie diabético que podemos encontrar es "un pie afectado por ulceración, que está asociado con neuropatía y/o enfermedad arterial periférica del miembro inferior en un paciente con

diabetes". Esta definición desafortunadamente no da mucho lugar para un diagnóstico temprano, y es la consecuencia de la falta de un método de detección objetiva y cuantitativa que permita realizar acciones preventivas. Por lo tanto, la falta de un método objetivo ha hecho que la evaluación de tratamientos preventivos sea difícil.

En este sentido, se conoce la evaluación podológica que es la más utilizada para pacientes diabéticos antes que se presenten úlceras, es una prueba subjetiva conocida como el monofilamento que evalúa el deterioro neurológico. Esta prueba consiste en picar el pie del paciente con una punta flexible y pedir al paciente que reporte cuando sienta presión, cuando el paciente falla en reportar un número de pinchazos, la prueba se considera positiva.

De igual forma se conoce una prueba indirecta conocida como el índice brazo-tobillo, que utiliza el ultrasonido doppler para comparar el flujo sanguíneo en el brazo y tobillo, lo cual es indicador de un deterioro vascular. También son utilizados estudios por imagen pero normalmente sólo son adecuados en etapas relativamente avanzadas.

Como ya se ha mencionado, la deshidratación de la piel debido a la enfermedad vascular periférica, es un elemento central en el proceso de deterioro del pie diabético, y por lo tanto, la imagen de terahertz de conformidad con la invención es una excelente herramienta de diagnóstico.

Por lo tanto, no existe en el estado de la técnica un sistema y método de detección temprana del síndrome del pie diabético por imagen de Terahertz, los cuales se refieren a una técnica no-invasiva, altamente sensible, y completamente inofensiva para los organismos, en donde el sistema realiza una imagen de la hidratación de la piel punto a punto, siendo capaz de detectar problemas de manera local antes de que se generen lesiones, lo que puede guiar tanto al médico como al paciente en el cuidado de los pies, además abre la posibilidad de evaluar tratamientos preventivos de manera objetiva. En este sentido, debido a que la mayoría de las úlceras de pie experimentadas por los pacientes diabéticos ocurren en la planta del pie, ya sea en el dedo gordo, o en el área metatarsal (la región donde los dedos del pie se encuentran con el resto

del pie) y en el área del talón, se requiere una imagen completa de la planta del pie, la cual es posible gracias a la configuración del sistema de la presente invención.

5

OBJETOS DE LA INVENCION

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proporcionar un sistema y método de detección temprana del síndrome del pie diabético el cual en donde la adaptación del sistema de imagen de Terahertz permite hacer
10 imágenes de la planta del pie de seres humanos vivos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema y método de detección temprana del síndrome del pie diabético que provea información cuantitativa y objetiva sobre el deterioro del pie para prevenir una lesión y la subsecuente amputación parcial o total de la extremidad.

15

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema y método de detección temprana del síndrome del pie diabético que realice una imagen completa de la planta del pie a partir de la hidratación de la piel punto a punto, para detectar problemas de manera local antes de que se generen lesiones.

20

Otro objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método de detección temprana del síndrome del pie diabético objetivo, cuantitativo, no invasivo.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

25

Estos y otros objetos se alcanzan mediante un sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético, el cual está conformado por: una plataforma elevada con un asiento en donde será colocado el paciente; una estructura de base alineada con dicha plataforma elevada, la cual
30 comprende una placa de apoyo superior; y una placa de soporte inferior; en donde dicha placa de apoyo superior comprende a su vez un par de ventanas hechas de un material transparente a radiación de Terahertz (THz), en donde el

paciente coloca los pies; un sistema de captación de imágenes de THz colocado en dicha placa de soporte inferior debajo de las ventanas; y una PC que tiene una interfaz gráfica de control, la cual está en comunicación con dicho sistema de captación de imágenes para tener el control del mismo y que

5 comprende un algoritmo para generar una imagen de hidratación del pie; dicho sistema de captación de imágenes de THz está conformado por un par de lentes colocados de manera angulada; un medio emisor fotoconductor de Terahertz alineado con el primer lente para emitir una señal de THz hacia los pies del paciente a través de las ventanas; un medio detector fotoconductor de

10 Terahertz alineado con el segundo lente el cual recibe la señal de THz reflejada por los pies del paciente, en donde dicha señal de THz reflejada corresponde a una medición de pulso de THz en el dominio del tiempo de reflexión; un sistema de posicionamiento, el cual traslada los lentes y medios emisor y detector a lo largo de las ventanas para captar los pulsos de THz a lo largo de toda la planta

15 de ambos pies; en donde dicha PC realiza el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo y genera una imagen de hidratación del pie y reportando valores específicos de hidratación.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un método no invasivo de diagnóstico temprano del síndrome del pie diabético, el

20 cual comprende los pasos de:

- i) sentar al paciente en la silla;
 - ii) colocar los pies del paciente en las ventanas de la placa de apoyo superior;
 - iii) realizar la medición de pulsos de terahertz en el dominio del
- 25 tiempo de la reflexión a lo largo de toda la planta del pie del paciente, mediante los pasos de:
- a) emitir una señal de THz hacia un primer punto de la planta del pie del paciente a través de las ventanas, mediante dicho medio emisor fotoconductor de Terahertz;
 - 30 b) recibir la señal de THz reflejada por dicho primer punto de la planta del pie del paciente;
 - c) repetir los pasos a) y b) a lo largo de toda la planta del pie,

5

para obtener la medición de todos los pulsos de terahertz de toda la planta del pie;

iv) realizar el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo; y

5 v) generar una imagen de hidratación del pie y reportar valores específicos de hidratación del pie.

Las características y ventajas adicionales de la invención deberían comprenderse más claramente mediante la descripción detallada de la realización preferida de la misma, dada por medio de un ejemplo no limitativo
10 con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista en perspectiva del sistema de detección temprana del síndrome de pie diabético de la presente invención.
15

La Figura 2 es una vista perspectiva de la plataforma elevada con asiento del sistema de detección temprana del síndrome de pie diabético de la presente invención.

La Figura 3 es una vista perspectiva de la estructura de base y el sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) del sistema de detección temprana del síndrome de pie diabético de la presente invención.
20

La Figura 4 es una vista perspectiva que muestra en detalle el sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) del sistema de detección temprana del síndrome de pie diabético de la presente invención.

25 La Figura 5 es una vista esquemática que muestra medición de pulsos de terahertz.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de una segunda modalidad del sistema de detección temprana del síndrome de pie diabético de la presente invención.

30 La Figura 7 muestra un ejemplo comparativo de una imagen de hidratación de un pie sano y de un pie diabético.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Con referencia a las Figuras 1-5 se muestra la modalidad preferida del sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético de la presente invención, numerado generalmente en 1000. Dicho sistema de detección 1000 está conformado de manera general por una plataforma elevada sustancialmente rectangular 1100; una silla o asiento 1200 en donde se sentará el paciente para ser diagnosticado; una estructura de base 1300 sustancialmente rectangular, alineada con dicha plataforma elevada; un sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) 1400; y una PC.

Con referencia a la Figura 2, se muestra que la plataforma elevada 1100 está formada por una placa de soporte 1110 unida a un marco con cuatro patas 1120, en donde dicha plataforma elevada 1100 está configurada para soportar dicha silla o asiento 1200 en donde se realizará la medición de la humedad de los pies del paciente. De igual forma, como se muestra en la Figura 3, dicha estructura de base 1300, está formada por una placa de apoyo superior 1310, y una placa de soporte inferior 1320 unidas entre sí por medio de un marco con patas 1330. Dicha placa de apoyo superior 1310 comprende además un par de aberturas o ventanas rectangulares 1340, las cuales comprenden cada una un panel hecho de un material transparente a radiación de Terahertz, tal como polietileno, poliestireno, topas, TPX, Bendlay o lo similar. Dichas ventanas 1340 están configuradas para que el paciente apoye las plantas de los pies, para realizar la medición de los pulsos de Terahertz.

Aunque en la modalidad preferida, las placas de soporte 1110 y de apoyo superior 1310 son lisas, en modalidades alternativas, dichas placas tienen un recubrimiento antiderrapante y/o térmico, para evitar que el usuario pise lo frío de dichas placas y esto pueda interferir en la medición de los pulsos de Terahertz.

Como se muestra en las Figuras 1 y 3, en dicha placa de soporte inferior 1320 se encuentra el sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) 1400, el cual está ubicado debajo de las ventanas 1340 para moverse a

lo largo de estas para realizar la medición de todos los pulsos de terahertz de toda la planta de cada pie. Como se muestra en la Figura 4, dicho sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) 1400 está conformado por una placa de base 1410, unida a dicha placa soporte inferior 1320, un sistema de posicionamiento formado por un primer medio de traslación longitudinal 1420, y un segundo medio de traslación transversal 1430. Cada uno de dichos medios de traslación 1420, 1430 comprende un alojamiento 1421, 1431 que tiene en su interior un bloque posicionador 1422, 1432, el cual se mueve de un extremo a otro de dicho alojamiento 1421, 1431 por medio de un tornillo sin fin 1423, 1433, accionado por un motor 1424, 1434. Dicho sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) 1400 comprende además un medio de captación de imágenes 1440 el cual está formado por una placa de soporte 1441 que tiene una forma sustancialmente de T, en donde en su parte superior, dicha placa de soporte 1441 comprende un par de lentes 1442, 1443 de polietileno de alta densidad u otro material transparente, los cuales están ligeramente angulados de manera encontrada entre sí, a un ángulo que está en un rango de entre 0° a 90° de tal manera que su punto focal coincidiera con la posición exacta donde cruzan los dos ejes ópticos, formando así una geometría "emisión-recepción" a un ángulo en la modalidad preferida de 12° a 15°, (ver Figura 5); un medio emisor fotoconductor de Terahertz 1444 alineado con el primer lente 1442 para emitir una señal de THz hacia los pies del paciente a través de las ventanas 1340, un medio detector fotoconductor de Terahertz 1445 alineado con el segundo lente 1443 el cual recibe la señal de THz reflejada por los pies del paciente tal y como se muestra en la Figura 5.

Como se puede apreciar igualmente en la Figura 4, el medio de captación de imágenes 1440, está unido al al bloque posicionador 1432 del segundo medio de traslación transversal 1430, y dicho segundo medio de traslación transversal 1430 está unido a su vez al bloque posicionador 1422 del primer medio de traslación longitudinal 1420, de tal forma que dicho primer medio de traslación longitudinal 1420 mueve traslacionalmente a dicho segundo medio de traslación transversal 1430, el cual a su vez mueve traslacionalmente a dicho medio de captación de imágenes 1440, para

posicionar a dicho medio de captación de imágenes 1440 a lo largo y ancho de cada ventana para realizar la medición de los pulsos de Terahertz en toda la planta de cada uno de los pies del paciente.

De conformidad con la presente invención, los sistemas de
5 Terahertz 1444 y 1445 utilizados son disparados por un láser ultrarrápido que en la modalidad preferida produce pulsos de 90 fs con una tasa de repetición de 100 MHz, con una potencia media de 120 mW y un longitud de onda central de 1550 nm. Los pulsos se dividen en dos partes, la primera se acopla a una fibra y se envía a un emisor fotoconductor de InGaAs 1444 con el fin de
10 producir pulsos terahertz. La segunda parte del pulso se envía a una línea de retraso controlada por la computadora y posteriormente se acopla a una fibra y finalmente es enviada a un detector fotoconductor de InGaAs 1445.

Aunque en la modalidad preferida, el láser ultrarrápido produce pulsos de 90 fs, será evidente para un técnico en la materia que se pueden
15 utilizar otro tipo de láseres ultrarrápidos con pulso y frecuencias diferentes sin apartarse del alcance de la presente invención. Asimismo, también será evidente para un técnico en la materia que se pueden utilizar otro tipo de emisores y detectores fotoconductivos que realicen la misma función, sin apartarse del alcance de la presente invención.

20 Dicho medio detector fotoconductor de Terahertz 1445 está conectado a un adquisidor de señales y este a su vez a dicha PC ya sea alámbrica o inalámbricamente (ver Figura 6 como referencia), para enviar las mediciones de los pulsos de Terahertz de toda la planta de cada uno de los pies del usuario, en donde dichas mediciones son realizadas al emitir señales
25 de THz hacia la planta del pie del paciente, mediante dicho medio emisor fotoconductor de Terahertz, y posteriormente recibir las señales de THz reflejadas por dichas plantas de los pies del paciente.

Dicha PC comprende una interfaz gráfica de control mediante la cual el usuario interactúa y controla el sistema, dicha PC está en comunicación
30 con dicho sistema de captación de imágenes a través de dicho medio detector fotoconductor de Terahertz 1445 para tener el control del mismo y mediante un algoritmo genera una imagen de hidratación del pie.

Dicho algoritmo realiza dicha imagen de hidratación del pie a partir de la radiación reflejada en terahertz mediante las siguientes operaciones:

- 5 a) *detectar los puntos con ausencia de pie (es decir donde la segunda cara es polietileno-aire) y reportarlos como "ceros" para la generación de la imagen de hidratación. Usando estos puntos se calcula un factor de calibración empírico.*
- 10 b) *separar la señal en el dominio del tiempo en la reflexión correspondiente a la primera cara de la ventana (aire-polietileno) y la segunda (polietileno-pie).*
- c) *realizar la transformada de Fourier de las dos mitades de la señal de los puntos correspondientes al pie por separado.*
- d) *calcular el coeficiente de Fresnel del pie usando la primera transformada de Fourier como referencia y la segunda como la*
15 *muestra y tomando en cuenta el factor de calibración empírico.*
- e) *usar un método de optimización tal como ajuste por mínimos cuadrados para hallar el contenido de agua a partir del coeficiente de Fresnel mencionado en el numeral anterior, ajustando la fracción volumétrica de agua y tejido seco en un*
20 *modelo de medio efectivo (como LLL o Maxwell-Garnet) combinado con las expresiones teóricas que relacionan la función dieléctrica, el índice de refracción y el coeficiente de Fresnel (Vease Fowles. Introduction to Modern Optics).*
- f) *Colocar los valores de hidratación obtenidos del ajuste en una*
25 *matriz de acuerdo a la posición en la que se haya obtenido cada medición, a partir de esta se genera la imagen de hidratación y se pueden calcular los otros valores que tengan relevancia diagnóstica.*
- g) *Calcular los valores numéricos tales como promedio de*
30 *hidratación, hidratación en el dedo gordo y en el talón.*

Un ejemplo de la imagen de hidratación generada por el algoritmo de la PC se muestra en la Figura 7, en donde la imagen de terahertz a) se refiere un pie sano y la imagen de terahertz (b) se refiere a un pie diabético.

5 Aunque en la modalidad preferida, el algoritmo utilizado realiza la imagen de hidratación del pie mediante un coeficiente de Fresnel, será evidente para un técnico en la materia que se pueden utilizar otro tipo de algoritmo que a su vez utilice un modelo de medio efectivo sin apartarse del alcance de la presente invención

El funcionamiento del sistema se describe a continuación:

10 Primeramente, se enciende la PC y el sistema de captación 1400, posteriormente se sienta al paciente en la silla 1200 y se le indica que coloque los pies en las ventanas de la placa de apoyo superior y no los mueva;

Posteriormente se procede a realizar la medición de pulsos de terahertz en el dominio del tiempo de la reflexión a lo largo de toda la planta de
15 cada pie del paciente, mediante las operaciones de:

- emitir una señal de THz hacia un primer punto de la planta del pie del paciente a través de dichas ventanas 1310, mediante dicho medio emisor fotoconductor de Terahertz 1444;
- 20 • recibir la señal de THz reflejada por dicho primer punto de la planta del pie del paciente;
- repetir los pasos a) y b) a lo largo de toda la planta del pie, para obtener la medición de todos los pulsos de terahertz de toda la planta del pie;

25 Una vez obtenidas dichas mediciones, éstas son enviadas a la PC, para realizar el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo, para finalmente generar una imagen de hidratación del pie y reportar valores específicos de hidratación del pie, tal y como se muestra en la Figura 7.

30 Con referencia a la Figura 6, se muestra una segunda modalidad del sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético de la presente invención numerada como 2000, en donde la plataforma elevada y la

estructura de base están integradas en una sola placa de apoyo superior 2100 soportada por un solo marco 2200 con seis patas, en donde la parte posterior de dicho marco tiene una sección sin placa de apoyo superior 2100, en la cual el asiento 2300 en donde es colocado el paciente está unido directamente a dicho marco 2200. Asimismo, en la parte frontal de dicho marco 2200 se encuentra la placa de soporte inferior 2400 unida a las patas frontales y centrales de dicho marco 2200, en donde es colocado el sistema de captación 2500.

La parte frontal de la placa de apoyo superior 2100 comprende las ventanas 2110 en donde se colocan los pies del paciente.

Dicho sistema de detección temprana 2000 comprende además un barandal de seguridad 2600, el cual ayuda a que el paciente se desplace de manera segura sobre la placa de apoyo superior 2100 para sentarse en el asiento, y un escalón removible 2600, el cual facilita que el paciente se suba a la placa de apoyo superior 2100. Asimismo, la placa de apoyo superior 2100 comprende un recubrimiento de material antiderrapante para evitar que el paciente se resbale.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, será evidente para un técnico en la materia que las modalidades del sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético y sus componentes respectivos arriba descritos se presentan con fines únicamente ilustrativos, pues un técnico en la materia puede realizar numerosas variaciones al mismo, siempre y cuando se diseñen de conformidad con los principios de la presente invención. Por consecuencia de lo anterior, la presente invención incluye todas las modalidades que un técnico en la materia puede plantear a partir de los conceptos contenidos en la presente descripción, de conformidad con las siguientes reivindicaciones.

NOVEDAD DE LA INVENCION

REIVINDICACIONES

5 1.- Sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético, **caracterizado porque** comprende: una plataforma elevada con un asiento en donde será colocado el paciente; una estructura de base alineada con dicha plataforma elevada, la cual comprende una placa de apoyo superior, y una placa de soporte inferior; en donde dicha placa de apoyo superior comprende
10 un par de ventanas hechas de un material transparente a radiación de Terahertz (THz) en donde el paciente coloca los pies; un sistema de captación de imágenes de THz colocado en dicha placa de soporte inferior debajo de las ventanas; y una PC que tiene una interfaz gráfica de control, la cual está en comunicación con dicho sistema de captación de imágenes para tener el
15 control del mismo y que incorpora un algoritmo para generar una imagen de hidratación del pie; dicho sistema de captación de imágenes de THz está conformado por un par de lentes colocados de manera angulada; un medio emisor fotoconductor de Terahertz alineado con el primer lente para emitir una señal de THz hacia los pies del paciente a través de las ventanas; un medio
20 detector fotoconductor de Terahertz alineado con el segundo lente el cual recibe la señal de THz reflejada por los pies del paciente, en donde dicha señal de THz reflejada corresponde a una medición de pulso de THz en el dominio del tiempo de reflexión; un sistema de posicionamiento, el cual traslada los lentes y medios emisor y detector a lo largo de las ventanas para captar los pulsos de
25 THz a lo largo de toda la planta de ambos pies; en donde dicha PC realiza el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo y genera una imagen de hidratación del pie, reportando valores específicos de hidratación.

30 2.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además dichas ventanas comprenden cada una un panel hecho de un material transparente a radiación de THz, seleccionado del grupo que consiste de polietileno, poliestireno, topas, TPX, Bendlay o lo

similar.

3.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque dichas placas de soporte y de apoyo superior comprenden un recubrimiento antiderrapante y/o térmico.

5 4.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque el ángulo entre los lentes está en un rango de entre 0° a 90° de tal manera que su punto focal coincida con la posición exacta donde cruzan los dos ejes ópticos, formando así una geometría "emisión-recepción" a un ángulo de entre 0° a 90.

10 5.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque el medio emisor y el medio detector corresponden a sistemas de Terahertz basados en un láser ultrarrápido.

15 6.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque dicho medio detector fotoconductor de Terahertz está conectado a dicha PC de manera alámbrica o inalámbricamente.

20 7.- Sistema de detección temprana del síndrome del pie diabético, **caracterizado porque** comprende: una placa de apoyo superior, colocada sobre un marco con una pluralidad de patas; en donde la parte posterior de dicho marco comprende una sección sin dicha placa de apoyo superior, en la cual está unido un asiento en donde es colocado el paciente; y en la parte frontal de dicho marco se encuentra una placa de soporte inferior unida a las patas frontales y centrales de dicho marco; la parte frontal de dicha placa de
25 apoyo superior comprende un par de ventanas hechas de un material transparente en donde el paciente coloca los pies; un sistema de captación de imágenes de Terahertz (THz) colocado en dicha placa de soporte inferior debajo de las ventanas; y una PC que tiene una interfaz gráfica de control, la cual está en comunicación con dicho sistema de captación de imágenes para tener el
30 control del mismo y que incorpora un algoritmo para generar una imagen de hidratación del pie; dicho sistema de captación de imágenes de THz está conformado por un par de lentes colocados de manera angulada; un medio

emisor fotoconductor de Terahertz alineado con el primer lente para emitir una señal de THz hacia los pies del paciente a través de las ventanas; un medio detector fotoconductor de Terahertz alineado con el segundo lente el cual recibe la señal de THz reflejada por los pies del paciente, en donde dicha señal de THz reflejada corresponde a una medición de pulso de THz en el dominio del tiempo de reflexión; un sistema de posicionamiento, el cual traslada los lentes y medios emisor y detector a lo largo de las ventanas para captar los pulsos de THz a lo largo de toda la planta de ambos pies; en donde dicha PC realiza el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo y genera una imagen de hidratación del pie y reporta valores específicos de hidratación; en donde dicho marco comprende además un barandal de seguridad, el cual ayuda a que el paciente se desplace de manera segura sobre la placa de apoyo superior para sentarse en el asiento.

8.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además dichas ventanas comprenden cada una un panel hecho de un material transparente, seleccionado del grupo que consiste de polietileno, poliestireno, topas, TPX, Bendlay o lo similar.

9.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además porque dicha placa de apoyo superior comprende un recubrimiento antiderrapante y/o térmico.

10.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además porque el ángulo entre los lentes está en un rango de entre 0° a 90° de tal manera que su punto focal coincida con la posición exacta donde cruzan los dos ejes ópticos, formando así una geometría "emisión-recepción" a un ángulo de entre 0° a 90.

11.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además porque el medio emisor y el medio detector corresponden a sistemas de Terahertz basados en un láser ultrarrápido.

12.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además porque dicho medio detector fotoconductor de Terahertz está conectado a dicha PC de manera alámbrica o

inalámbricamente.

13.- El sistema de detección temprana de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado además porque dicho marco comprende adicionalmente un escalón, el cual facilita que el paciente se suba a la placa de apoyo superior.

14.- Un método no invasivo de diagnóstico temprano del síndrome del pie diabético, que utiliza en sistema de detección de conformidad con las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** comprende los pasos de:

- i) sentar al paciente en la silla;
- 10 ii) colocar los pies del paciente en las ventanas de la placa de apoyo superior;
- iii) realizar la medición de pulsos de Terahertz (THz) en el dominio del tiempo al medir la reflexión de radiaciones de THz a lo largo de toda la planta del pie del paciente, mediante los pasos de:
 - 15 a) emitir una señal de THz hacia un primer punto de la planta del pie del paciente a través de las ventanas, mediante dicho medio emisor fotoconductor de Terahertz;
 - b) recibir la señal de THz reflejada por dicho primer punto de la planta del pie del paciente;
 - 20 c) repetir los pasos a) y b) a lo largo de toda la planta del pie, para obtener la medición de todos los pulsos de terahertz de toda la planta del pie;
 - iv) realizar el procesamiento de cada medición de dichos pulsos de THz a través de dicho algoritmo; y
 - 25 v) generar una imagen de hidratación del pie y reportar valores específicos de hidratación del pie.

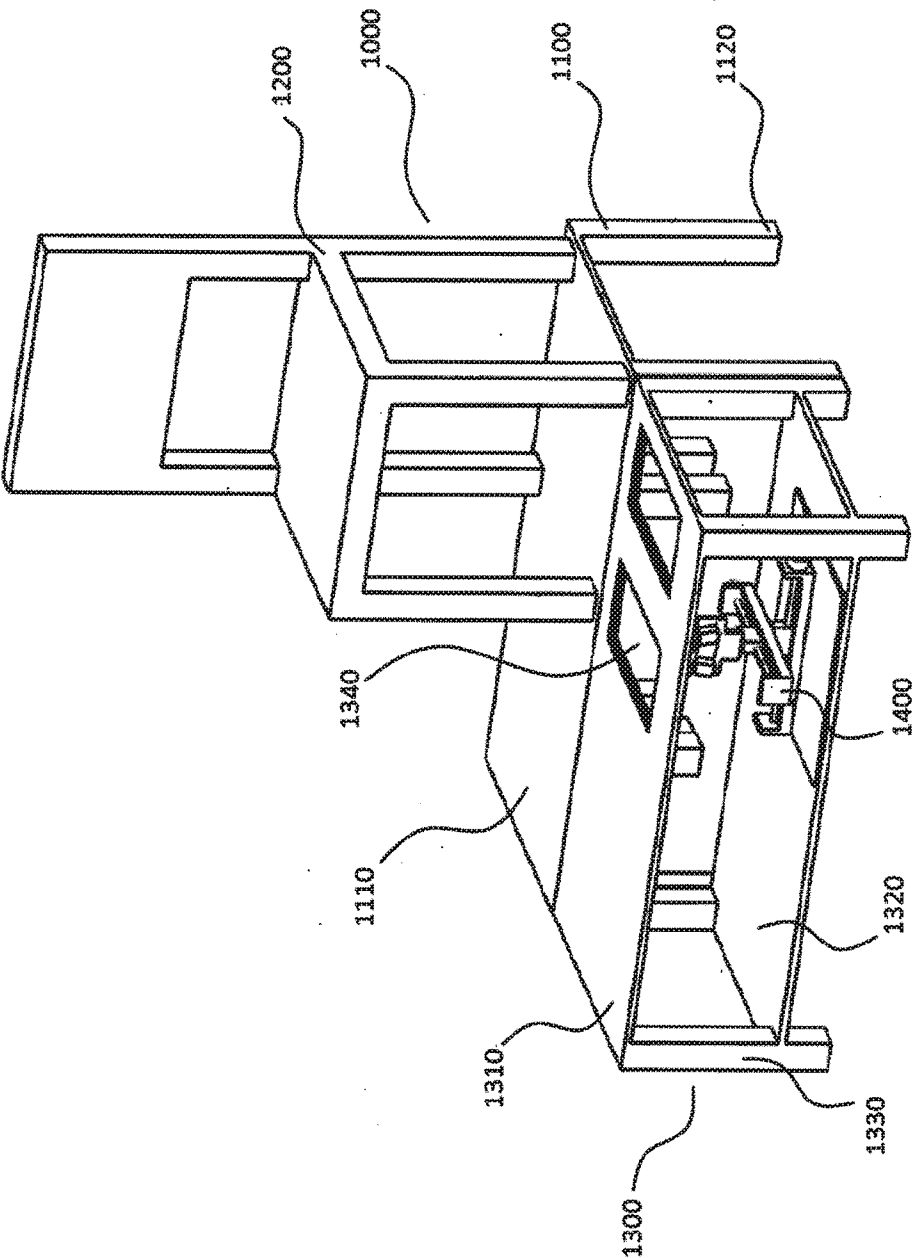


FIG. 1

2/7

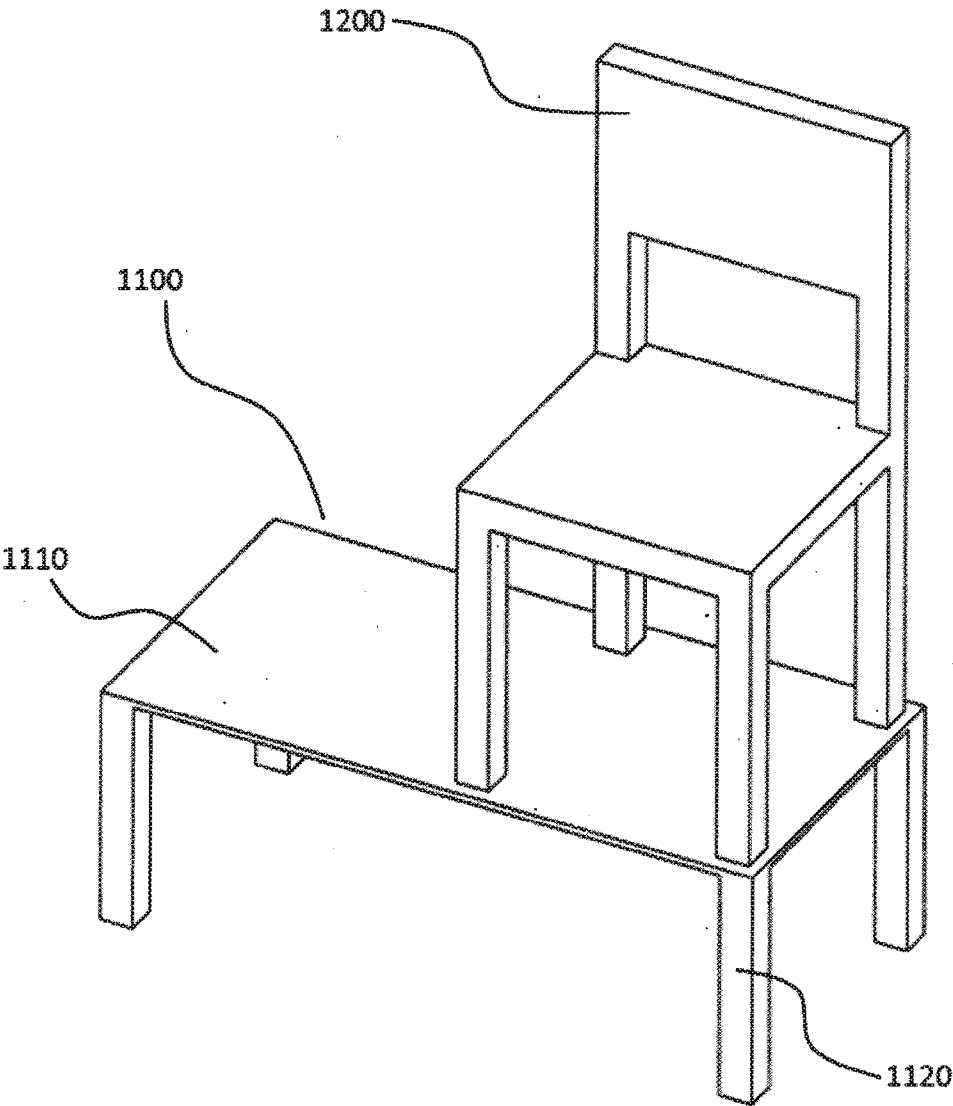


FIG. 2

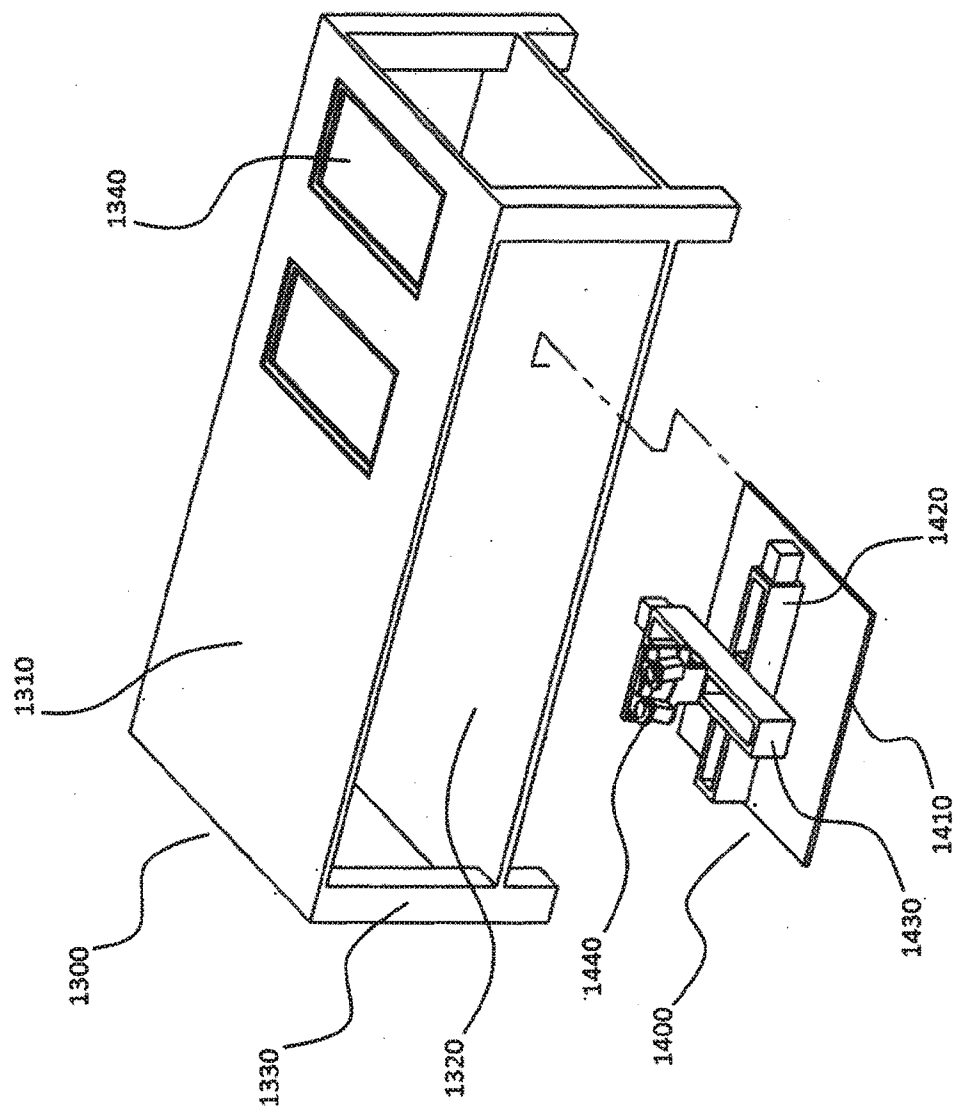


FIG. 3

4/7

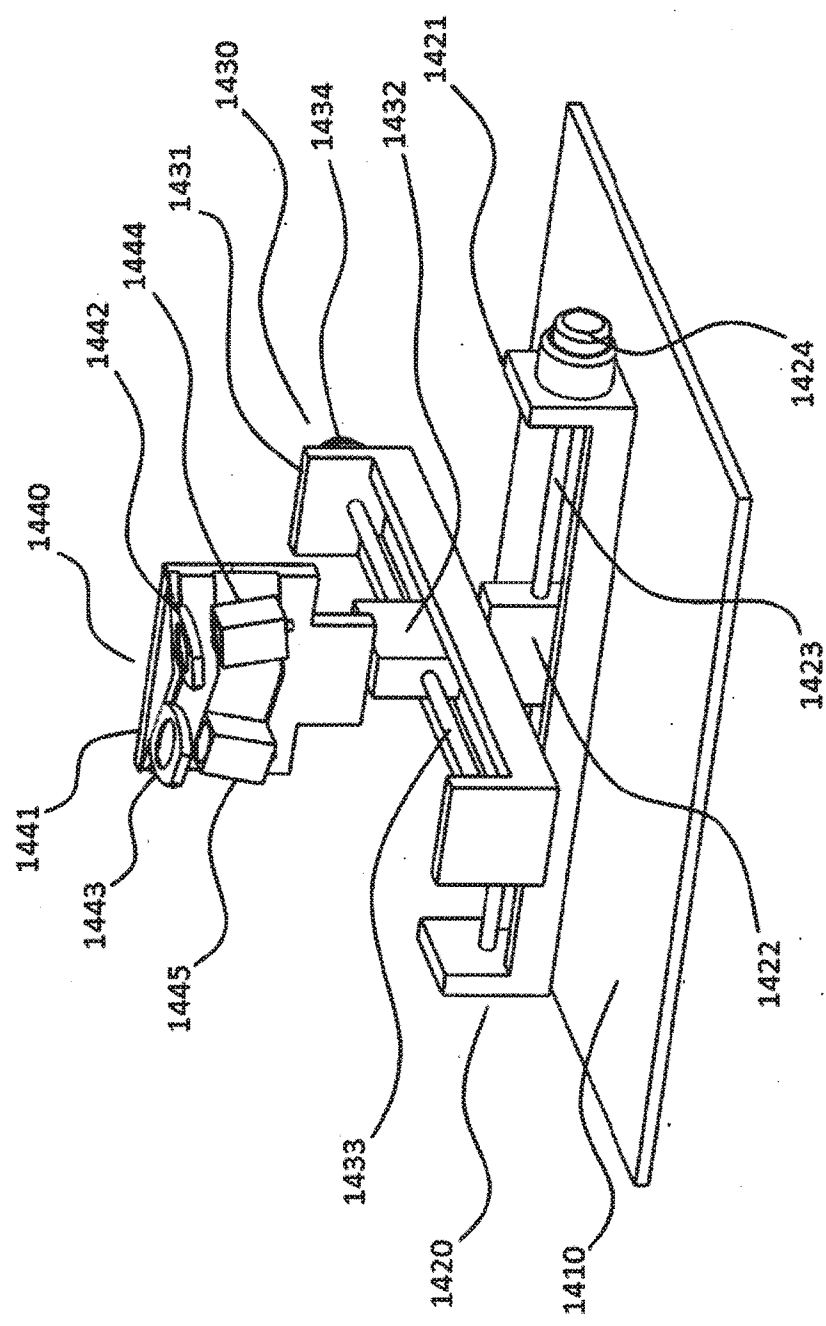


FIG. 4

5/7

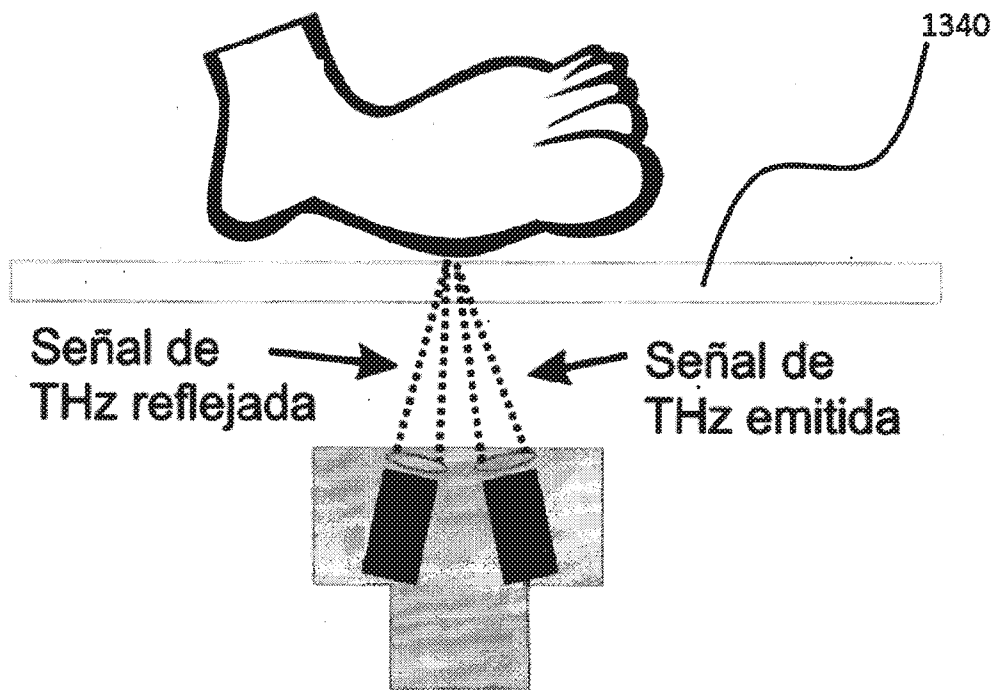


FIG. 5

6/7

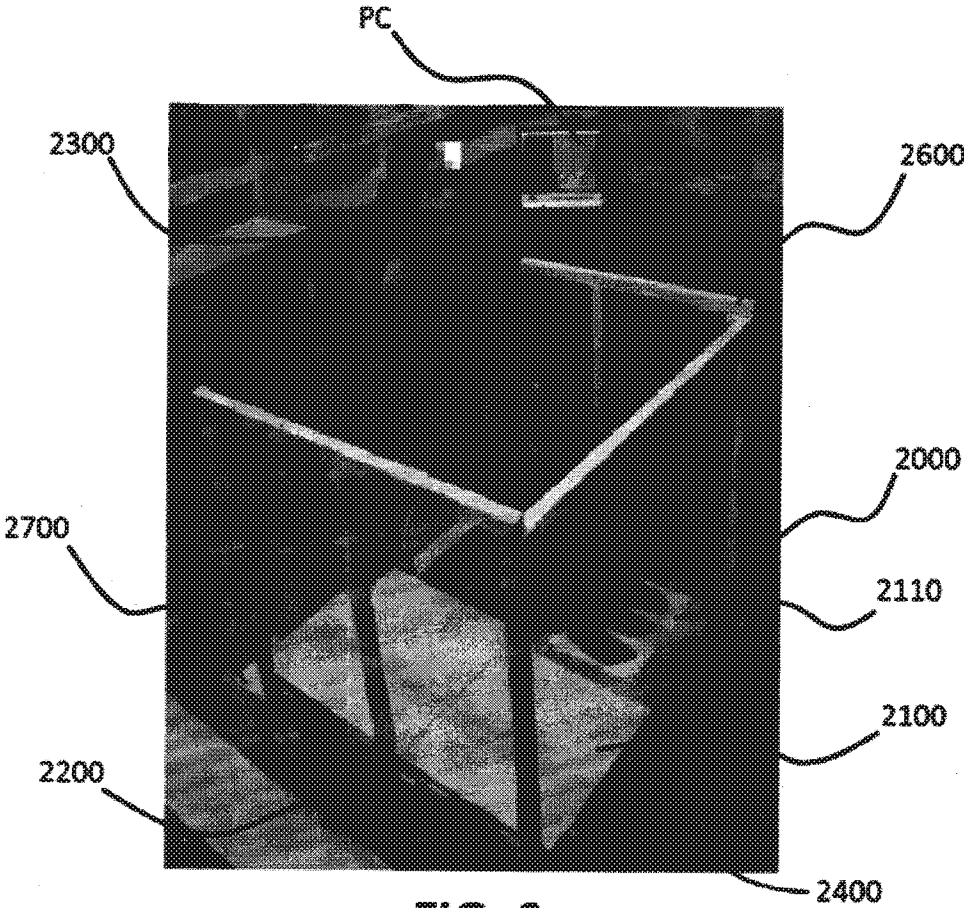


FIG. 6

7/7

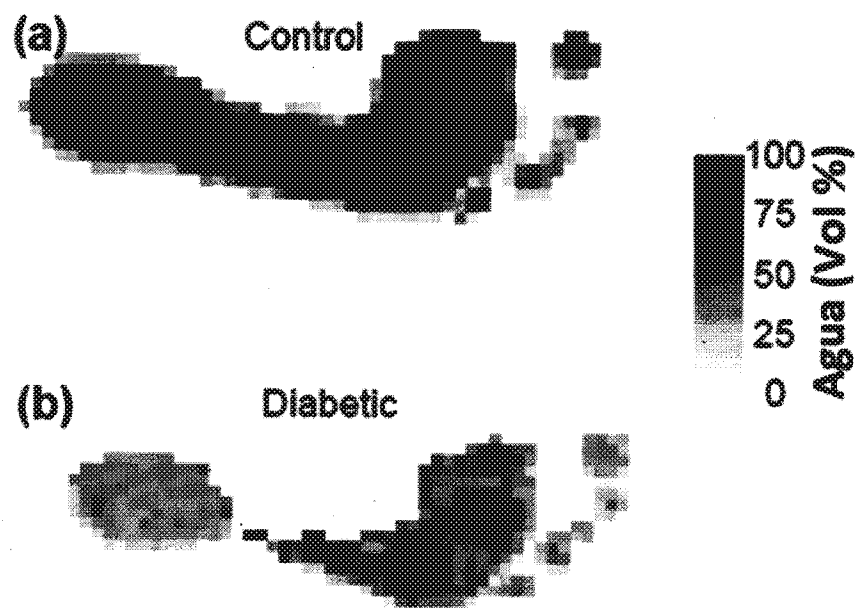


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/MX2018/000056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/08 (2006.01)

G01N21/3586 (2014.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B, G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI, INTERNET

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HERNANDEZ-CARDOSO G G et al.. Terahertz imaging for early screening of diabetic foot syndrome: a proof of concept. Scientific Reports 3 Feb. 2017 Nature Publishing Group UK. 03/02/2017, Vol. 7, Pages 42124 (9 pp.) [on line][retrieved the 1/10/2018]. Retrieved from Internet <URL: https://www.nature.com/articles/srep42124 >, ISSN 2045-2322 (print), <DOI: doi:10.1038/srep42124> pages 1 - 7;	1-2, 4-8, 10-13
Y		3, 9, 14
Y	EP 2990195 A1 (PROFOL KUNSTSTOFFE GMBH) 02/03/2016, paragraph [1]; paragraph [8]; paragraph [19]; paragraph [22]; paragraphs [26 - 28]; paragraphs [30 - 32]; claim 1, claims 11-16; figures 1 - 4.	3, 9, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10/10/2018

Date of mailing of the international search report
(11/10/2018)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
J. Vazquez Burgos

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495513

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/MX2018/000056

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008039718 A1 (DRINAN DARREL D ET AL.) 14/02/2008, paragraph [3]; paragraph [26]; paragraph [30]; paragraphs [35 - 46]; paragraphs [59 - 60]; paragraph [75]; claim 14, figures 1 - 3.	1, 6-7, 14
A	E. V. FEDULOVA et al.. Studying of dielectric properties of polymers in the terahertz frequency range. Proceedings of the SPIE, 28/02/2012, Vol. 8337, 8337OI, Pages 1-9 [on line][retrieved the 04/10/2018]. Retrieved from Internet <URL: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/8337/8337OI/Studying-of-dielectric-properties-of-polymers-in-the-terahertz-frequency/10.1117/12.923855.short >, ISSN 1605-7422 (print), <DOI: doi:10.1117/12.923855> paragraph 5, table 2	2, 8
A	BUSCH S F et al.. Optical Properties of 3D Printable Plastics in the THz Regime and their Application for 3D Printed THz Optics. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves 20141218 Springer New York LLC usa. 18/12/2014, Vol. 35, N° 12, Pages 993 - 997 [on line][retrieved the 04/10/2018]. Retrieved from Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/278182972_Optical_Properties_of_3D_Printable_Plastics_in_the_THz_Regime_and_their_Application_for_3D_Printed_THz_Optics >, ISSN 1866-6892 (print) ISSN 1866-6906 (electronic), <DOI: doi:10.1007/s10762-014-0113-9> figure 1,	2, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/MX2018/000056

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP2990195 A1	02.03.2016	JP2017532222 A	02.11.2017
		KR20170048403 A	08.05.2017
		US2017217121 A1	03.08.2017
		CN106660300 A	10.05.2017
		DE202014010984U	02.03.2017
		U1	03.03.2016
-----	-----	WO2016030215 A1	-----
US2008039718 A1	14.02.2008	-----	23.12.2010
		US2010324415 A1	21.02.2008
-----	-----	WO2008021226 A1	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/MX2018/000056

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

A61B6/08 (2006.01)

G01N21/3586 (2014.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A61B, G01N

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, WPI, INTERNET

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	HERNANDEZ-CARDOSO G G et al.. Terahertz imaging for early screening of diabetic foot syndrome: a proof of concept. Scientific Reports 3 Feb. 2017 Nature Publishing Group UK. 03/02/2017, Vol. 7, Páginas 42124 (9 pp.) [en línea][recuperado el 1/10/2018]. Recuperado de Internet	1-2, 4-8, 10-13
Y	<URL: https://www.nature.com/articles/srep42124 >, ISSN 2045-2322 (print), <DOI: doi:10.1038/srep42124> páginas 1 - 7;	3, 9, 14
Y	EP 2990195 A1 (PROFOL KUNSTSTOFFE GMBH) 02/03/2016, párrafo [1]; párrafo [8]; párrafo [19]; párrafo [22]; párrafos [26 - 28]; párrafos [30 - 32]; reivindicación 1, reivindicaciones 11-16; figuras 1 - 4.	3, 9, 14

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
10/10/2018

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
11 de octubre de 2018 (11/10/2018)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
J. Vazquez Burgos
Nº de teléfono 91 3495513

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°
PCT/MX2018/000056

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	US 2008039718 A1 (DRINAN DARREL D ET AL.) 14/02/2008, párrafo [3]; párrafo [26]; párrafo [30]; párrafos [35 - 46]; párrafos [59 - 60]; párrafo [75]; reivindicación 14, figuras 1 - 3.	1, 6-7, 14
A	E. V. FEDULOVA et al.. Studying of dielectric properties of polymers in the terahertz frequency range. Proceedings of the SPIE, 28/02/2012, Vol. 8337, 8337OI, Páginas 1-9 [en línea][recuperado el 04/10/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/8337/8337OI/Studying-of-dielectric-properties-of-polymers-in-the-terahertz-frequency/10.1117/12.923855.short >, ISSN 1605-7422 (print), <DOI: doi:10.1117/12.923855> apartado 5, tabla 2	2, 8
A	BUSCH S F et al.. Optical Properties of 3D Printable Plastics in the THz Regime and their Application for 3D Printed THz Optics. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves 20141218 Springer New York LLC usa. 18/12/2014, Vol. 35, N° 12, Páginas 993 - 997 [en línea][recuperado el 04/10/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/278182972_Optical_Properties_of_3D_Printable_Plastics_in_the_THz_Regime_and_their_Application_for_3D_Printed_THz_Optics >, ISSN 1866-6892 (print) ISSN 1866-6906 (electronic), <DOI: doi:10.1007/s10762-014-0113-9> figura 1,	2, 8

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/MX2018/000056

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
EP2990195 A1	02.03.2016	JP2017532222 A	02.11.2017
		KR20170048403 A	08.05.2017
		US2017217121 A1	03.08.2017
		CN106660300 A	10.05.2017
		DE202014010984U	02.03.2017
		U1	03.03.2016
-----	-----	WO2016030215 A1	-----
US2008039718 A1	14.02.2008	-----	23.12.2010
		US2010324415 A1	21.02.2008
-----	-----	WO2008021226 A1	-----
