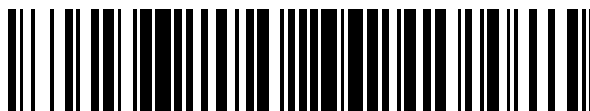


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 893**

51 Int. Cl.:

A61N 5/06 (2006.01)

A61G 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.01.2013 PCT/US2013/020179**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2013 WO13103743**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2013 E 13733883 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2800605**

54 Título: **Aparato fototerapéutico para radiación UVB dirigida y síntesis de vitamina D y sistemas asociados**

30 Prioridad:

03.01.2012 US 201261582778 P

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

28.02.2018

73 Titular/es:

**BENESOL, INC. (100.0%)
13954 Hidden Heights Lane NE
Bainbridge Island, WA 98110, US**

72 Inventor/es:

MOFFAT, WILLIAM A.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 656 893 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato fototerapéutico para radiación UVB dirigida y síntesis de vitamina D y sistemas asociados

Campo técnico

5 La presente tecnología se refiere a fototerapia para vitamina D y, más en particular, a aparatos fototerapéuticos para radiación UVB dirigida y síntesis de vitamina D y sistemas asociados.

Antecedentes

10 La vitamina D se refiere a un grupo de secosteroides solubles en grasa que el cuerpo humano puede sintetizar mediante una exposición a la luz solar adecuada. De forma más específica, la vitamina D₃ se genera en la piel cuando el 7-dehidrocolesterol reacciona con luz ultravioleta B ("UVB"). La vitamina D también puede absorberse desde varias fuentes dietéticas, tales como pescados grasos (por ejemplo, salmón y atún), alimentos enriquecidos en vitamina D (por ejemplo, productos lácteos y zumos), y suplementos de vitamina D. Una vez absorbida, la vitamina D avanza por el torrente sanguíneo al hígado, donde es convertida en la prohormona calcidiol. A su vez, el calcidiol es convertido en calcitriol (la forma hormonalmente activa de la vitamina D) por los riñones o monocito-macrófagos en el sistema inmune. Cuando es sintetizado por los monocito-macrófagos, el calcitriol actúa localmente como una citocina para defender el cuerpo contra invasores microbianos. El calcitriol sintetizado por los riñones circula por el cuerpo para regular la concentración de calcio y fosfato en el torrente sanguíneo, y favorece así la mineralización, un crecimiento, y una reconstrucción adecuados de los huesos. Por lo tanto, un nivel inadecuado de vitamina D, (generalmente caracterizado por una concentración de calcidiol en la sangre de menos de 20-40 ng/m²) puede ocasionar diversas enfermedades de ablandamiento óseo, tales como raquitismo en niños y osteomalacia en adultos. La deficiencia de vitamina D también se ha vinculado a otras muchas enfermedades y trastornos, tales como depresión, enfermedad cardíaca, gota, trastornos autoinmunes, y una variedad de cánceres diferentes.

25 Recientemente, la deficiencia de vitamina D se ha convertido en una afección importante debido, al menos en parte, a poblaciones metropolitanas cada vez mayores y a los estilos de vida en espacios interiores resultantes que inhiben una adecuada exposición diaria a la luz solar para la producción de vitamina D. El creciente énfasis en la concienciación del cáncer de piel y la protección solar, que bloquea los rayos UVB, también puede haber aumentado la proliferación de deficiencia de vitamina D. Además, varios factores medioambientales, tales como la latitud geográfica, las estaciones, y la contaminación atmosférica, impiden más una producción suficiente de vitamina D.

30 Los médicos han recomendado suplementos de vitamina D como medida preventiva para aumentar los niveles de vitamina D. El Instituto de Medicina estadounidense, por ejemplo, recomienda ingesta dietética de vitamina D diaria de 600 unidades internacionales (UI) para las personas con edades comprendidas entre 1-70 años, y 800 UI para personas con más de 71 años de edad. Otras instituciones han recomendado dosis diarias de vitamina D más elevadas y más reducidas. Las limitaciones en las dosis diarias también reflejan un esfuerzo por evitar ingerir demasiada vitamina D, que finalmente puede llegar a ser tóxica. Por el contrario, la fisiología humana se ha adaptado a dosis diarias de vitamina D procedente de la luz solar mucho mayores (por ejemplo, 4.000-20.000 UI/al día o más). La radiación UVB se ha identificado como una fuente más deseable de vitamina D por la facilidad con la que se produce vitamina D desde la exposición a la luz solar y la capacidad natural del cuerpo para inhibir una ingesta excesiva de vitamina D a través de la piel.

40 El documento WO2007/143863 desvela un aparato para prevenir o tratar la deficiencia de vitamina D de un niño que comprende una unidad de irradiación con al menos una lámpara de fototerapia y una unidad de soporte adecuada para soportar al niño encima de la unidad de irradiación y que funciona para permitir que la radiación de la al menos una lámpara de fototerapia pase a través, en el que al menos una de dicha al menos una lámpara es una lámpara adecuada para prevenir o tratar la deficiencia de vitamina D.

45 El documento EP1839703 desvela un dispositivo de fototerapia que suprime los efectos secundarios al menos hasta cierto punto mediante la irradiación de sitios enfermos con radiación terapéutica con un espectro en el rango de longitud de onda de radiación que es continuo al menos en el rango de longitud de onda de, como máximo, 303 nm con un valor de longitud de onda límite inferior de al menos 297 nm.

En un primer aspecto de la presente invención se proporciona un aparato fototerapéutico como se indica en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

50 Numerosos aspectos de la presente divulgación pueden entenderse mejor haciendo referencia a los siguientes dibujos. Los componentes en los dibujos no se presentan necesariamente a escala. En cambio, se hace hincapié en ilustrar los principios de la presente divulgación.

Las Figuras 1A y 1B son vistas isométricas de un aparato fototerapéutico para radiación UVB dirigida en una posición abierta y una posición cerrada, respectivamente, configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

La Figura 1C es una vista superior del aparato fototerapéutico de las Figuras 1A y 1B.

- 5 La Figura 1D es una vista lateral ampliada de un conjunto de radiación UVB dirigida del aparato fototerapéutico de las Figuras 1A-1C configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

Las Figuras 2A y 2B son representaciones gráficas ejemplares de potencias espectrales relativas de una fuente de UV antes y después de la filtración de UVB, respectivamente, de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

- 10 Las Figuras 3A-3C ilustran páginas de visualización para un aparato fototerapéutico para radiación UVB dirigida configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un método de proporcionar radiación UVB dirigida para síntesis de vitamina D de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

- 15 La Figura 5A es una vista isométrica de un aparato fototerapéutico para radiación UVB dirigida configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología.

La Figura 5B es una vista lateral esquemática parcialmente ampliada de un conjunto de radiación UVB dirigida del aparato fototerapéutico de la Figura 5A configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología.

La Figura 5C es una vista lateral esquemática parcialmente ampliada de un conjunto de radiación UVB dirigida para el aparato fototerapéutico de la Figura 5A configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología.

- 20 La Figura 6 es una representación gráfica ejemplar de la intensidad de radiación relativa de un conjunto de radiación UVB dirigida con una fuente de haluro metálico de UV configurado de acuerdo con la presente tecnología comparada con la intensidad de radiación relativa del sol.

La Figura 7 es una vista frontal en alzado de un conjunto de radiación UVB dirigida para un aparato fototerapéutico configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología.

- 25 La Figura 8 es una representación gráfica ejemplar de la intensidad de radiación relativa de un conjunto de radiación UVB dirigida con una fuente de xenón pulsado UV configurado de acuerdo con la presente tecnología comparada con la intensidad de radiación relativa del sol.

Descripción detallada

- 30 La presente tecnología está dirigida a aparatos, sistemas y métodos para proporcionar radiación UVB dirigida para la síntesis de vitamina D. A continuación se describen detalles específicos de varias realizaciones de la tecnología haciendo referencia a las Figuras 1A-8. Aunque muchas de las realizaciones se describen a continuación con respecto a sistemas, dispositivos, y métodos fototerapéuticos para favorecer la producción de vitamina D en la piel, otras aplicaciones (por ejemplo, el tratamiento fototerapéutico de enfermedades de la piel) y otras realizaciones además de las descritas en la presente memoria están dentro del alcance de la tecnología. Además, otras realizaciones de la tecnología pueden tener diferentes configuraciones, componentes o procedimientos a los descritos en la presente memoria. Una persona normalmente versada en la materia, por lo tanto, entenderá que la tecnología puede tener otras realizaciones con elementos adicionales, o la tecnología puede tener otras realizaciones sin varias de las características mostradas y descritas a continuación haciendo referencia a las Figuras 1A-8.

- 40 Las Figuras 1A y 1B son vistas isométricas de un aparato fototerapéutico 100 ("aparato 100") para radiación UVB dirigida en una posición abierta y una posición cerrada, respectivamente, de acuerdo con una realización de la presente tecnología, y la Figura 1C es una vista superior del aparato 100 de las Figuras 1A y 1B. Haciendo referencia a las Figuras 1A-1C juntas, el aparato 100 puede incluir un alojamiento 102 con una o más paredes laterales 104 y una puerta 108 que define una cámara o espacio interior 106 configurado para alojar a un usuario (por ejemplo, un paciente humano). El alojamiento 102 puede portar una pluralidad de conjuntos 110 de radiación UVB dirigida que dirigen la radiación UVB dirigida generalmente hacia el espacio interior 106 o una zona de irradiación en la que el usuario puede exponerse a radiación UVB dirigida. Los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida pueden generar radiación UVB dentro de un espectro predeterminado para favorecer la producción de vitamina D en la piel humana. Por ejemplo, el espectro predeterminado puede tener un ancho de banda de aproximadamente 8 nm dirigido a aproximadamente 297 nm (es decir, aproximadamente 293-301 nm), que se
- 45
- 50

considera generalmente la longitud de onda máxima para la síntesis de vitamina D. En otras realizaciones, el espectro predeterminado de radiación puede tener un ancho de banda más ancho o más estrecho (por ejemplo, aproximadamente 6-10 nm) y puede dirigirse alrededor de otras longitudes de onda (por ejemplo, 296 nm, 300 nm, 302 nm, etc.) adecuadas para la producción de vitamina D. La radiación UVB concentrada proporcionada por el aparato 100 puede administrar una gran dosis de vitamina D (por ejemplo, una dosis semanal, una dosis mensual, etc.) al usuario dentro de una sesión de fototerapia relativamente breve (por ejemplo, de menos de 10 minutos, de menos de 5 minutos, de menos de 2 minutos, de menos de 1 minuto, etc.) en comparación con la longitud de exposición solar necesaria para producir la misma cantidad de vitamina D. En otras realizaciones, los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida pueden dirigirse alrededor de otras longitudes de onda de UVB que proporcionan efectos terapéuticos para enfermedades de la piel (por ejemplo, psoriasis) u otros trastornos de la piel (por ejemplo, eczema).

El tamaño del alojamiento 102 puede ajustarse para permitir a los usuarios (por ejemplo, humanos adultos) permanecer de pie completamente dentro del espacio interior 106 durante una sesión de fototerapia. Por ejemplo, el usuario puede pivotar, deslizar, y/o abrir de otro modo la puerta 108 (por ejemplo, como se muestra en la Figura 1A) para entrar en el espacio interior 106 y cerrar la puerta 108 (por ejemplo, como se muestra en la Figura 1B) para meter al usuario al menos parcialmente dentro del alojamiento 102. En diversas realizaciones, el alojamiento 102 puede tener una altura de aproximadamente 90-100 pulgadas (228,6-254 cm) y un diámetro exterior de aproximadamente 40-50 pulgadas (101,6-127 cm), tal como las camas de bronceado Maxter V19 ER verticales que ofrece ISO Italia USA de Cleveland, Ohio. En otras realizaciones, el alojamiento 102 puede tener otras dimensiones y/u orientaciones adecuadas para alojar usuarios dentro del espacio interior 106. Por ejemplo, el alojamiento 102 puede configurarse de forma horizontal para permitir al usuario tumbarse durante la sesión de fototerapia. El espacio de cuerpo entero proporcionado por el alojamiento 102 puede exponer una gran parte de la piel del usuario a la radiación UVB dirigida generada en el espacio interior 106 y, por lo tanto, favorecer una cantidad importante de producción de vitamina D a través de la piel del usuario durante la sesión de fototerapia. En otras realizaciones, el alojamiento 102 puede ser más pequeño y/o configurarse para alojar solo una parte del cuerpo, tal como el rostro o la parte superior del cuerpo.

Como se muestra en las Figuras 1A y 1C, una pluralidad de los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida puede colocarse sobre o en la pared lateral 104 y/o la puerta 108 del alojamiento 102 detrás de cubiertas protectoras o paneles 111, y dirigirse hacia el espacio interior 106 de manera que los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida rodeen al menos parcialmente el espacio interior 106. En la realización ilustrada, los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida se disponen en cuatro columnas alrededor del perímetro del espacio interior 106. En otras realizaciones, los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida pueden disponerse en más o menos columnas, o colocarse de otro modo al menos parcialmente alrededor del espacio interior 106.

Como se muestra en la Figura 1C, el aparato 100 también puede incluir uno o más ventiladores 118 de refrigeración u otras características de refrigeración dirigidas generalmente hacia los conjuntos 110 de radiación UVB dirigida y/o el espacio interior 106 del alojamiento 102 para al menos reducir la temperatura de funcionamiento de los conjuntos 110 de radiación UVB. Los ventiladores 118 también pueden configurarse para refrigerar los conjuntos 110 de radiación UVB antes y/o después del funcionamiento. En realizaciones seleccionadas, puede configurarse el aparato 100 para accionar los ventiladores 118 después de que los conjuntos 110 de radiación UVB hayan sido encendidos para permitir que los conjuntos 110 suban rápidamente a una temperatura de funcionamiento (por ejemplo, una temperatura que permita a los conjuntos 110 de radiación UVB generar radiación UVB) sin interferencia de los ventiladores 118. La duración del retraso entre el accionamiento de los conjuntos 110 y la iniciación del ventilador puede ser, por ejemplo, menos de un minuto (por ejemplo, 10-15 segundos, 3-5 segundos, etc.). El retraso del ventilador puede disminuir el tiempo de fototerapia total (por ejemplo, 30 segundos, 2 minutos, 5 minutos, etc.) disminuyendo el tiempo que necesitan los conjuntos 110 de radiación UVB para empezar a producir radiación UVB dirigida. En otras realizaciones, los ventiladores 118 pueden ajustarse a una intensidad y/o velocidad relativamente baja (por ejemplo, en comparación con ventiladores de camas de bronceado habituales) para disminuir la interferencia con el tiempo de subida de los conjuntos 110 de radiación UVB. En otras realizaciones, el aparato 100 puede configurarse para impedir que el usuario entre en el espacio interior 106 hasta después de que los conjuntos 110 de radiación UVB estén a su temperatura de funcionamiento, o casi a la misma, de manera que el tiempo de subida no aumente el tiempo de fototerapia total.

La Figura 1D es una vista lateral ampliada de un conjunto 110 de UVB dirigida persona configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología. El conjunto 110 de UVB dirigida puede incluir una fuente de radiación 112 UV y un filtro 116 sobre o encima de la fuente de radiación 112 UV que al menos bloquee sustancialmente la radiación UV fuera de un espectro predeterminado que facilite la síntesis de vitamina D. En determinadas realizaciones, por ejemplo, el filtro 116 puede bloquear sustancialmente la radiación UV fuera de un espectro de 10 nm predeterminado que varíe entre aproximadamente 292 nm y aproximadamente 302 nm (es decir, centrado a aproximadamente 297 nm). En otras realizaciones, el filtro 116 puede configurarse para bloquear la radiación UV fuera de un espectro predeterminado que tenga un ancho de banda más ancho o más estrecho (por ejemplo, una dispersión de 5 nm, una dispersión de 6 nm, una dispersión de 8 nm, una dispersión de 20 nm) y/o centrado alrededor de una longitud de onda mayor o menor (por ejemplo, 296 nm, 300 nm, 302 nm, etc.).

En realizaciones seleccionadas, la fuente de radiación 112 UV incluye una o más lámparas de descarga de alta intensidad ("DAI"), tales como una lámpara de haluro metálico que genera luz produciendo un arco eléctrico a través de una mezcla gaseosa entre electrodos 113 en un tubo de arco 115. Como se describe con más detalle a continuación, en determinadas realizaciones, la fuente de radiación 112 de haluro metálico puede doparse con productos químicos para aumentar el contenido de UVB de la energía emitida por la fuente de radiación 112. En otras realizaciones, la fuente de radiación 112 UV puede incluir otros tipos de lámparas de DAI, lámparas con bombillas de mayor o menor potencia (por ejemplo, 160 W, 200 W, 500 W, 650 W, 700 W, 800 W, etc.), y/u otras fuentes de radiación UV adecuadas. Por ejemplo, la fuente de radiación 112 puede incluir una pluralidad de diodos de emisión de luz (LED) que pueden emitir luz a una o más longitudes de onda predeterminadas (por ejemplo, LED disponibles en Sensor Electronic Technology, Inc. de Columbus, Carolina del Sur), lámparas excímer que pueden emitir luz dentro de un rango espectral estrecho (por ejemplo, lámparas excímer disponibles en Ushio de Cypress, California), y/o lámparas de xenón pulsado (por ejemplo, como las descritas con más detalle a continuación con respecto a la Figura 7).

En diversas realizaciones, cada una de las fuentes de radiación UV 112 puede tener la misma intensidad para proporcionar una exposición UVB sustancialmente uniforme al usuario en la cámara interior 106. En otras realizaciones, las fuentes de radiación UV 112 pueden disponerse de acuerdo con diversos grados de potencia. Por ejemplo, pueden colocarse una o más fuentes de radiación UV 112 con lámparas de DAI de mayor potencia (por ejemplo, 650-800 W) en una parte superior del aparato 100 (Figuras 1A y 1C) próxima a la región facial y pueden colocarse una o más lámparas de DAI de menor potencia (por ejemplo, lámparas de 500-600 W) en la parte inferior del aparato 100. En otras realizaciones, las fuentes de radiación UV 112 pueden disponerse en otras configuraciones adecuadas para transmitir radiación UV hacia el espacio interior 106 del aparato 100.

En la realización ilustrada en la Figura 1D, el filtro 116 es un tubo cilíndrico recubierto o manguito 119 que se extiende a lo largo de la longitud (por ejemplo, 4 pulgadas) de la fuente de radiación 112 UV y se desplaza de la fuente de radiación 112 UV mediante una pluralidad de separadores 114 en cada parte de extremo del filtro 116. Los separadores 114, por ejemplo, pueden crear un espacio de 1 pulgada (25,4 mm) entre la fuente de radiación 112 UV y el filtro 116. El manguito 119 también puede proporcionar un espacio aislante sobre la fuente de radiación 112 UV que permita que la fuente de radiación 112 suba rápidamente a su temperatura de funcionamiento. En otras realizaciones, los separadores 114 pueden ser más largos o más cortos, y/o el filtro 116 puede separarse de la fuente de radiación 112 UV utilizando otros medios adecuados. En otras realizaciones, el filtro 116 puede tener otras formas adecuadas que cubran al menos una parte de la fuente de radiación 112 UV.

El manguito 119 puede fabricarse de un sustrato (por ejemplo, vidrio de cuarzo, Plexiglás, etc.) recubierto con materiales de filtrado de UV u óptico, tales como dióxido de hafnio, óxido de zinc, cesio, dióxido de titanio, y/u otros materiales diversos de filtrado óptico. Puede aplicarse uno o más recubrimientos al sustrato para filtrar radiación UV por debajo de un umbral inferior del espectro predeterminado (por ejemplo, longitudes de onda por debajo de 100 nm, 285 nm, 287 nm, 294 nm, etc.), y pueden aplicarse recubrimientos adicionales al sustrato para filtrar radiación UV por encima de un umbral superior del espectro predeterminado (por ejemplo, longitudes de onda por encima de 300 nm, 302 nm, 310 nm, etc.). Por ejemplo, el filtro 116 puede incluir un recubrimiento de dióxido de titanio para bloquear longitudes de onda de menos de 185 nm y evitar que se forme ozono, y puede incluir recubrimientos adicionales para bloquear otras longitudes de onda fuera del espectro predeterminado. En otras realizaciones, el sustrato puede incluir un único recubrimiento configurado para bloquear al menos sustancialmente la radiación UV fuera del espectro predeterminado. En otras realizaciones, el propio sustrato puede actuar como un filtro de absorción para bloquear al menos alguna energía con longitudes de onda por debajo de un espectro predeterminado, y puede aplicarse un recubrimiento de interferencia al sustrato para bloquear energía con longitudes de onda por encima del espectro predeterminado.

El/Los recubrimiento/s pueden aplicarse al manguito 119 usando deposición química en fase de vapor (CVD), deposición química en fase de vapor por método físico (PVD), otros procesos de deposición, y/u otros métodos de recubrimiento de filtro adecuados. En otras realizaciones, pueden aplicarse uno o más recubrimientos directamente encima de la fuente de radiación 112 UV para bloquear al menos parte de la radiación UV a medida que sale de la fuente 112. En otras realizaciones, el/os recubrimiento/s de filtro pueden aplicarse a otras partes del aparato 100 entre la fuente de radiación 112 UV y la cámara interior 106 del alojamiento 102. Por ejemplo, pueden aplicarse recubrimiento/s de filtro a las cubiertas protectoras 111 (Figuras 1A y 1C) delante de los conjuntos 110 de radiación UVB. En otras realizaciones más, el manguito 119 y/o una parte de la fuente de radiación 112 UV pueden doparse con materiales de filtrado en lugar de recubrirse.

En realizaciones seleccionadas, la fuente de radiación 112 UV puede incluir un filamento que genere radiación al menos parcialmente concentrada dentro del espectro predeterminado. Por ejemplo, las lámparas a base de mercurio pueden tener una concentración de radiación UVB relativamente fuerte de aproximadamente 297 nm y, por tanto, ser usadas junto con el filtro 116 o en lugar del mismo para transmitir radiación UVB dirigida adecuada para la síntesis de vitamina D. En otras realizaciones, la fuente de radiación 112 UV puede incluir otros filamentos y/o características adecuadas que reduzcan la radiación UV fuera del espectro predeterminado.

Las Figuras 2A y 2B son representaciones gráficas ejemplares de las potencias espectrales relativas de la fuente de radiación 112 UV antes y después de dirigir la radiación UVB con el filtro 116. Como se muestra en la Figura 2A, la fuente de radiación 112 UV puede generar luz UV en un amplio espectro de longitudes de onda (por ejemplo, entre aproximadamente 260-400 nm (es decir, luz visible)). Sin embargo, como se muestra en la Figura 2B, aplicar el filtro 116 (por ejemplo, el manguito 119 recubierto o dopado, un recubrimiento sobre la fuente de radiación 112 UV, etc.) a la fuente de radiación 112 UV puede bloquear al menos sustancialmente radiación UV de menos de aproximadamente 290 nm y de más de aproximadamente 310 nm. Por lo tanto, el filtro 116 puede concentrar la radiación UV emitida por la fuente de radiación 112 UV alrededor de las longitudes de onda asociadas con la producción de vitamina D (por ejemplo, 297 nm, 300 nm, 302 nm, etc.), y proporcionar así suficiente radiación UVB para iniciar niveles elevados de producción de vitamina D (por ejemplo, aproximadamente 40.000 UI, aproximadamente 70.000 UI, aproximadamente 100.000 UI, etc.) dentro de un periodo de tiempo relativamente corto (por ejemplo, menos de 1 minuto, menos de 5 minutos, etc.).

Durante una sesión de fototerapia, el aparato 100 puede exponer al usuario a radiación UVB dirigida dentro de un espectro de radiación predeterminado para administrar una dosis de vitamina D dentro de un tiempo de exposición relativamente corto. En una realización, por ejemplo, el aparato 100 puede proporcionar una dosis de vitamina D en menos de dos minutos. La dosis de vitamina D puede ser equivalente a la dosis semanal de vitamina D necesaria del usuario. Por ejemplo, si el usuario necesita una dosis diaria de vitamina D de aproximadamente 10.000 UI procedente de luz solar, el aparato 100 puede administrar aproximadamente 70.000 UI durante la sesión de fototerapia. En otras realizaciones, el aparato 100 puede configurarse para proporcionar dosis de vitamina D mayores o menores (por ejemplo, 6.000 UI/día, 20.000 UI/día, etc.), y/o la dosis de vitamina D puede corresponder a las necesidades de vitamina D para periodos de tiempo mayores o menores (por ejemplo, una dosis de dos días, una dosis de dos semanas, una dosis mensual, etc.).

La cantidad de vitamina D en la dosis de vitamina D puede variar dependiendo de características específicas del usuario, tales como el tipo de piel (por ejemplo, determinado mediante la escala Fitzpatrick o modificaciones de la misma), la edad, el peso, la exposición solar media, y/u otros parámetros que puedan afectar a la síntesis y las necesidades de vitamina D. Por ejemplo, los usuarios con tonos de piel más claros suelen necesitar tiempos de exposición UVB más cortos y/o intensidades UVB menores para recibir una dosis de vitamina D suficiente que los usuarios con tonos de piel más oscuros. Los usuarios de más edad producen menos vitamina D a partir de la misma cantidad de exposición a UVB que los usuarios más jóvenes y, por tanto, suelen necesitar tiempos de exposición más largos y/o una intensidad UVB mayor que los usuarios más jóvenes. Por lo tanto, el aparato 100 puede configurarse para proporcionar diversos niveles de vitamina D ajustando la duración de la sesión de fototerapia y/o la intensidad de la radiación UVB dirigida. En otras realizaciones, el aparato 100 no se ajusta a las características específicas del usuario, y efectúa una sesión de fototerapia estandarizada sobre todos los usuarios. Sin desear quedar ligados a ninguna teoría, se considera que el cuerpo humano evitará de forma inherente que se produzcan niveles tóxicos de vitamina D en la piel cuando el usuario se exponga a una radiación UVB superior a la necesaria. Por lo tanto, al menos el aparato 100 tiene menos probabilidades de producir niveles tóxicos de vitamina D que la vitamina D tomada en forma de suplementos dietéticos, que se saltan la protección inherente al cuerpo.

El aparato 100 puede ajustarse para realizar variaciones en la dosis de vitamina D usando un mando 121 local (Figuras 1A y 1B; mostrado de forma esquemática) y/o servidor remoto acoplado al mismo por medio de un enlace de comunicaciones (por ejemplo, Internet, una intranet, etc.) basado en varios parámetros operativos. Por ejemplo, el mando 121 puede subir la dosis de vitamina D proporcionada durante una sesión de fototerapia aumentando la longitud de la sesión de fototerapia (es decir, el tiempo de exposición) porque el usuario recibe más radiación UVB durante tiempos de exposición más largos. La dosis de vitamina D también puede subirse aumentando la concentración de rayos UVB filtrados asociados con la síntesis de vitamina D (por ejemplo, a través del filtro 116). En realizaciones seleccionadas, el aparato 100 puede emitir niveles de radiación UVB concentrados que proporcionen a los usuarios dosis semanales de vitamina D dentro de tiempos de exposición cortos, tales como menos de 5 minutos, 3 minutos, 2 minutos, 1 minuto, 30 segundos, etc.

En diversas realizaciones, el aparato 100 puede configurarse para limitar la dosis de vitamina D partiendo de una dosis eritematosa mínima ("DEM"), que es la dosis de radiación UVB umbral que produce eritema (es decir, enrojecimiento visible de la piel 24 horas después de la exposición). La DEM depende del tipo de piel del usuario, pero la medición ha sido estandarizada (usando un tipo de piel 2 sin protección y sin bronceado en la escala de tipos de piel de Fitzpatrick) para comparar y controlar la exposición UVB en las camas de bronceado. Por ejemplo, determinadas normativas prohíben que las camas de bronceado superen 4 DEM estandarizados por exposición. Propiamente dicho, el aparato 100 también puede configurarse para limitar las sesiones de fototerapia a 4 DEM estandarizados. En otras realizaciones, el aparato 100 puede limitar las sesiones de fototerapia a menos de 4 DEM estandarizados, mientras sigue proporcionando a los usuarios dosis relativamente elevadas de vitamina D porque el estrecho ancho de banda de radiación generado por los conjuntos 110 de radiación UVB limita la exposición UVB del usuario al espectro de radiación UVB dirigida asociado con la síntesis de vitamina D. En una realización, por ejemplo, el aparato 100 puede limitar las sesiones de fototerapia a aproximadamente 1 DEM estandarizado. En otras realizaciones, el aparato 100 puede ajustar la sesión de fototerapia en función del DEM asociado con el tipo de piel del usuario (por ejemplo, 75 % del DEM del usuario, 50 % del DEM del usuario, etc.). En consecuencia, el aparato

100 puede reducir al menos la probabilidad de enrojecimiento de la piel producido por la exposición UVB, mientras sigue proporcionando niveles suficientes de radiación UVB dirigida para inducir la producción de vitamina D durante la sesión de fototerapia. Por lo tanto, el aparato 100 puede configurarse para inhibir los efectos negativos (por ejemplo, quemaduras del sol y cáncer de piel) normalmente asociados con las camas de bronceado y/o una exposición solar excesiva.

Como se muestra además en las Figuras 1A y 1B, el aparato 100 también puede incluir una interfaz de usuario 120 que permite que el aparato 100 se conecte operativamente con personas que reciben fototerapia (por ejemplo, los usuarios) y/o personas que administran la fototerapia (por ejemplo, médicos o técnicos formados) a través de señales visuales y/o auditivas (por ejemplo, instrucciones textuales, órdenes auditivas, animaciones, etc.). Por ejemplo, la interfaz de usuario 120 puede incluir una pantalla táctil, monitor, teclado, ratón, deslizamiento de tarjeta, teclado de PIN, y/u otros dispositivos adecuados que puedan recibir información y/o comunicarse de otro modo con usuarios. En la realización ilustrada, la interfaz de usuario 120 está colocada sobre el exterior del alojamiento 102. Sin embargo, en otras realizaciones, la interfaz de usuario 120 puede colocarse en otro lugar sobre el aparato 100 (por ejemplo, dentro del espacio interior 106), o puede acoplarse de forma remota al aparato 100 (por ejemplo, por Internet, una intranet segura, y/u otra conexión adecuada).

La interfaz de usuario 120 puede proporcionar instrucciones al usuario relacionadas con el aparato 100 y/o preguntar al usuario sobre varias características específicas del usuario que pueden afectar a los parámetros de la exposición UVB facilitados por el aparato 100. Por ejemplo, la interfaz de usuario 120 puede pedir o solicitar al usuario que conteste preguntas relacionadas con su tipo de piel (por ejemplo, usando un test de piel Fitzpatrick y/o modificaciones del mismo), y el aparato 100 puede utilizar las respuestas para identificar el tipo de piel del usuario (por ejemplo, a través de un mando o un ordenador remoto acoplado de forma comunicativa al aparato 100). La interfaz de usuario 120 también puede configurarse para recibir información relacionada con la edad, el peso, la exposición solar reciente, la dieta y otros factores adecuados del usuario que puedan afectar a las necesidades de vitamina D del usuario. Esta información específica del usuario puede usarse para obtener parámetros para una sesión de fototerapia, tales como el tiempo de exposición.

En realizaciones seleccionadas, la interfaz de usuario 120 también puede configurarse para recibir *feedback* en relación con sesiones de fototerapia anteriores. Por ejemplo, el usuario puede indicar si ha experimentado cualquier enrojecimiento causado por una sesión de fototerapia anterior (es decir, la sesión de fototerapia superó la DEM del usuario), y el aparato 100 puede ajustar los parámetros de sesiones de fototerapia posteriores para reducir o prevenir un enrojecimiento futuro.

La interfaz de usuario 120 también puede configurarse para crear cuentas de usuario que asocien usuarios con sesiones de fototerapia efectuadas por el aparato 100 y/u otros aparatos fototerapéuticos vinculados de forma comunicativa con el aparato 100 en la misma red. Las Figuras 3A-3C, por ejemplo, ilustran páginas de visualización 350a-c, respectivamente, en la interfaz de usuario 120 que pueden utilizarse para registrarse e iniciar sesión en una cuenta de usuario. En otras realizaciones, las páginas de visualización 350a-c pueden aparecer en otras partes del aparato 100 (por ejemplo, una pantalla adicional) y/o dispositivos remotos acoplados de forma comunicativa a los mismos, tales como un ordenador doméstico o un teléfono móvil acoplado de forma comunicativa al aparato 100 por Internet u otro enlace de comunicaciones adecuado.

Haciendo referencia primero a la Figura 3A, la página de visualización 350a puede incluir varios botones o iconos que permiten al usuario introducir información de identificación del usuario para registrar o crear una cuenta de usuario. En la realización ilustrada, la página de visualización 350a incluye un recuadro 352 que pide al usuario que introduzca su número de teléfono utilizando un teclado 354 mostrado en la página de visualización 350a. La página de visualización 350a también incluye un botón de "borrar" 356 para editar los números introducidos en el recuadro 352 y botones para navegar entre páginas de visualización, tales como un botón "negro" 358 para volver a la página anterior, un botón "principal" 360 para volver a una página de inicio, y/u otros botones adecuados. En otras realizaciones, la página de visualización 350a puede configurarse para recibir otras formas de información de identificación del usuario para crear la cuenta de usuario, incluyendo una dirección de correo electrónico e información sobre una tarjeta de crédito (por ejemplo, introducida deslizando la tarjeta).

Una vez que el usuario ha introducido su información de identificación, el usuario puede seleccionar un botón "siguiente" 362 para dirigir a la página de visualización 350b ilustrada en la Figura 3B. La página de visualización 350b permite a un usuario acceder a su cuenta de usuario. Un nuevo usuario puede escanear su huella digital por medio de un recuadro de escaneo de huella digital 364 en la página de visualización 364 durante la fase de registro inicial, y el aparato 100 puede guardar esta información localmente o de forma remota en una base de datos para permitir al usuario acceder a su cuenta de usuario durante sesiones de fototerapia posteriores mediante identificación de huella digital. En otras realizaciones, un dispositivo colocado en otro lugar en el aparato 100 puede realizar el escaneo de la huella digital. Si el usuario no quiere iniciar sesión utilizando su huella digital, el usuario puede seleccionar un botón de "acceso manual" 366 para acceder manualmente a la cuenta del usuario escribiendo un nombre de usuario, clave, y/u otra información que asocie al usuario con su cuenta de usuario. En otras realizaciones, la interfaz de usuario 120 puede incluir software de reconocimiento facial que permite al aparato 100

reconocer al usuario escaneando su rostro. Este escaneado de reconocimiento facial también puede configurarse para permitir que la interfaz de usuario 120 determine el tipo de piel del usuario y ajuste los parámetros de la sesión de fototerapia en consecuencia. En otras realizaciones más, la interfaz de usuario 120 y/u otra parte del aparato 100 puede incluir otras formas adecuadas de reconocimiento biométrico para identificar usuarios.

- 5 Una vez que el usuario ha accedido a su cuenta, la interfaz de usuario 120 puede dirigir a la página de visualización 350c mostrada en la Figura 3C que puede actuar como la página de inicio del usuario. La página de visualización 350c puede incluir una pluralidad de botones 368 de selección que dirigen la interfaz de usuario 120 a varias otras páginas de visualización. Por ejemplo, seleccionar un botón de "control del temporizador" 368 puede dirigir la interfaz de usuario 120 a una página de visualización que permite al usuario seleccionar o introducir la duración de su sesión de fototerapia. El usuario puede seleccionar el botón de "tu cuenta" 368 para visualizar y/o editar información relacionada con su cuenta de usuario (por ejemplo, la dirección del usuario, la historia clínica, la tarjeta de crédito asociada con la cuenta de usuario, etc.), y el usuario puede seleccionar el botón de "configuración" 368 para dirigir la interfaz de usuario 120 a una página de visualización donde el usuario puede visualizar y/o editar la configuración asociada con el aparato 100, las preferencias del usuario, y/u otra configuración específica del usuario (por ejemplo, el tipo de piel, la edad, etc.). En diversas realizaciones, el usuario puede seleccionar el botón de "configuración" 368 y/u otros botones en la página de visualización 350c para introducir *feedback* relacionado con sesiones de fototerapia anteriores, y el aparato 100 pueda modificar sesiones de fototerapia posteriores en consecuencia. El botón "informes" 368 puede seleccionarse para ilustrar datos relacionados con las sesiones de fototerapia anteriores del usuario. Por ejemplo, las dosis de vitamina D anteriores pueden mostrarse para el usuario en forma de gráficos y/o diagramas. El botón "informes" 368 también puede configurarse para mostrar otros tipos de resúmenes relacionados con el usuario y sesiones de fototerapia anteriores. En diversas realizaciones, el usuario puede seleccionar el botón "comprar" 368 para adquirir un paquete de sesiones de fototerapia (por ejemplo, por minutos y/o por sesiones) y/o productos relacionados. El botón "información" 368 puede seleccionarse para mostrar información relacionada con el aparato 100 en general (por ejemplo, especificaciones técnicas), información relacionada con la vitamina D (por ejemplo, recomendaciones de dosis diarias, efectos de la deficiencia de vitamina D, artículos relacionados con la vitamina D, etc.), y/u otra información adecuada. El botón "información" también se puede utilizar para acceder a recursos online (por ejemplo, publicaciones médicas) cuando el aparato 100 se conecta a Internet y/o a una intranet segura. Cuando el aparato 100 se conecta a Internet o a una intranet, pueden seleccionarse los botones 368 de selección para acceder a recursos online (por ejemplo, publicaciones médicas).
- 30 Como se muestra además en la Figura 3C, la página de visualización 350c también puede incluir un botón de accionamiento 370 (etiquetado "usar Dshot") que permite al usuario empezar una sesión de fototerapia. En diversas realizaciones, el botón de accionamiento 370 puede dirigir la página de visualización 350c a una pantalla que pide al usuario que añada información que puede afectar a los parámetros de la sesión de fototerapia. En otra realización, el botón de accionamiento 370 puede comenzar una cuenta atrás hasta el inicio de la sesión de fototerapia. Esta realización puede adaptarse para el tiempo de subida de la fuente de radiación 112 UVB y/u otras características del aparato 100. Además, como se muestra en la Figura 3C, la página de visualización 350c puede incluir un botón "salir" 372 en cualquier momento para salir de su cuenta de usuario.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un método 400 de generar radiación UVB dirigida para la síntesis de vitamina D de acuerdo con una realización de la presente tecnología. En diversas realizaciones, el método 400 puede ser realizado por un aparato fototerapéutico que incluya características generalmente similares a las características del aparato 100 descritas anteriormente haciendo referencia a las Figuras 1A-3C. El método 400 puede incluir opcionalmente recibir información específica del usuario antes de una sesión de fototerapia para vitamina D (bloque 410). La información específica del usuario puede incluir el tipo de piel (por ejemplo, de acuerdo con las características de la escala Fitzpatrick), la edad, el peso, el nivel actual de vitamina D, *feedback* relacionado con sesiones de fototerapia para vitamina D anteriores, y/u otra información que pueda afectar a la dosis de vitamina D del usuario y/o parámetros operativos del aparato fototerapéutico. En realizaciones seleccionadas, la persona que se somete a la fototerapia para vitamina D (es decir, el usuario) puede introducir su información específica del usuario a través de una interfaz de usuario y/u otro dispositivo adecuado acoplado de forma comunicativa al aparato fototerapéutico (por ejemplo, a través de un sitio web y/o una aplicación de teléfono inteligente). En otras realizaciones, la persona que administra la sesión de fototerapia (por ejemplo, un médico, un enfermero, etc.) puede introducir la información específica del usuario a través de una interfaz de usuario, un ordenador remoto acoplado de forma comunicativa al aparato fototerapéutico, y/u otros dispositivos de entrada adecuados. Esta realización permite que la fototerapia sea controlada por un profesional y evita un uso indebido por parte de un usuario inexperto.

El método 400 puede continuar determinando parámetros de funcionamiento de la sesión de fototerapia por medio de un mando local y/o un servidor remoto acoplado al mismo (bloque 420). Por ejemplo, un algoritmo puede usar la información específica del usuario para determinar la dosis de vitamina D apropiada proporcionada por el aparato, la duración de la sesión de fototerapia, y/o la intensidad de la exposición UVB dirigida para la sesión de fototerapia. En otras realizaciones, el usuario puede seleccionar parámetros operativos de la sesión de fototerapia (por ejemplo, tiempo de exposición) sin introducir información específica del usuario, y/o ignorar los parámetros recomendados facilitados por el algoritmo. En otras realizaciones, el método puede saltarse el bloque 420, y usar parámetros de exposición no específicos del usuario para la sesión de fototerapia. En una realización, por ejemplo, cada sesión de

fototerapia puede administrar aproximadamente 50.000 UI de vitamina D a un usuario típico dentro de menos de un minuto de exposición UVB dirigida. En otras realizaciones, los parámetros de la sesión de fototerapia pueden ser diferentes.

5 Como se muestra además en la Figura 4, el método 400 puede incluir generar rayos UVB dirigidos dentro de un espectro predeterminado (bloque 430). Por ejemplo, un filtro y/o una fuente de radiación UV adecuada pueden emitir radiación UVB dentro de un ancho de banda estrecho (por ejemplo, un ancho de banda de aproximadamente 6-10 nm) generalmente centrado en una longitud de onda (por ejemplo, 297 nm, 302 nm, etc.) que facilite una producción de vitamina D eficiente a través de la piel. En una realización, el espectro predeterminado varía entre aproximadamente 290 nm y aproximadamente 310 nm. En otras realizaciones, el espectro predeterminado puede ser más ancho o más estrecho.

15 Filtrar y/o generar de otro modo los rayos UVB dirigidos puede administrar una dosis de vitamina D al usuario en una cantidad de tiempo relativamente corta (bloque 440). Por ejemplo, el método 400 puede administrar una dosis semanal de vitamina D (por ejemplo, 700.000 UI) en 2 minutos. La dosis de vitamina D proporcionada por el aparato puede aproximarse mediante las características específicas del usuario proporcionadas anteriormente y los parámetros operativos del aparato. Para obtener diferentes dosis de vitamina D, por ejemplo, el método 400 puede incluir aumentar la intensidad de los rayos UVB dentro del espectro predeterminado y/o dirigir el espectro predeterminado más cerca hacia la longitud de onda asociada con la síntesis de vitamina D. El tiempo de exposición también puede ajustarse para cambiar la dosis de vitamina D. En otras realizaciones, el método 400 también puede incluir ajustar los parámetros de la sesión de fototerapia para limitar la DEM a la que está expuesto el usuario y/o otras etapas adecuadas asociadas a proporcionar fototerapia para vitamina D.

25 La Figura 5A es una vista isométrica de un aparato fototerapéutico 500 ("aparato 500") para radiación UVB dirigida configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. El aparato 500 incluye varias características generalmente similares a las características del aparato descritas anteriormente con respecto a las Figuras 1A-1D. Por ejemplo, el aparato incluye una pluralidad de elementos o conjuntos de radiación 510a UVB dirigida ("conjuntos de radiación 510a") que emiten energía dentro de un espectro de longitud de onda predeterminado (por ejemplo, aproximadamente 293-301 nm, 298-306 nm, etc.). En la realización ilustrada, los conjuntos de radiación 510a son portados por dos alojamientos, brazos o columnas (identificados individualmente como una primera columna 530a y una segunda columna 530b, y denominados conjuntamente columnas 530) que se montan sobre, o se fijan de otro modo a un pedestal o una base 532, y los conjuntos de radiación 510a se dirigen generalmente hacia dentro hacia una parte central 534 de la base 532. La base 532 y las columnas 530 definen juntas una zona de irradiación en la que un paciente humano puede exponerse a energía UVB dirigida emitida por los conjuntos de radiación 510a. Cuando un usuario (por ejemplo, un paciente humano) permanece de pie o se coloca de otro modo en la parte central 534 de la base 532, los conjuntos de radiación 510a pueden irradiar la piel del usuario para estimular la producción de vitamina D en la piel durante una sesión de fototerapia. En diversas realizaciones, la parte central 534 de la base 532 y/o las columnas 530 pueden girar entre sí (por ejemplo, las columnas 530 pueden girar alrededor de la parte central 534) para exponer todos los lados del cuerpo del usuario a la energía emitida por los conjuntos de radiación 510a.

40 En la realización ilustrada en la Figura 5A, el aparato 500 incluye ocho conjuntos de radiación 510a en cada columna 530 que emiten energía a longitudes de onda sustancialmente similares e intensidades similares. En determinadas realizaciones, los conjuntos de radiación 510a en la primera columna 530a pueden desplazarse verticalmente de los conjuntos de radiación 510a en la segunda columna 530b para evitar que la irradiación de los conjuntos de radiación 510a de la primera columna 530a coincida directamente con la irradiación procedente de los conjuntos de radiación 510a de la segunda columna 530b. Por ejemplo, los conjuntos de radiación 510a en la primera columna 530a pueden desplazarse de los conjuntos de radiación 510a en la segunda columna 510ab aproximadamente un radio desde un conjunto de radiación 510a individual. Este desplazamiento de los conjuntos de radiación 510a puede proporcionar una intensidad de irradiación más uniforme a lo largo de la longitud de las columnas 530 y evitar que determinadas áreas de la piel de un usuario se espongan a más irradiación que otras. En otras realizaciones, el aparato 500 puede incluir columnas 530 con menos o más de ocho conjuntos de radiación 510a, una única columna 530 de conjuntos de radiación 510a, más de dos columnas 530 de conjuntos de radiación 510a (por ejemplo, cuatro columnas, seis columnas, etc.), y/o los conjuntos de radiación 510a pueden disponerse en otras configuraciones adecuadas. Por ejemplo, los conjuntos de radiación 510a pueden ser portados por un alojamiento (por ejemplo, el alojamiento 102 de las Figuras 1A-1C) y dirigidos generalmente hacia dentro hacia un espacio cerrado definido por el alojamiento.

55 De manera similar al aparato 500 analizado anteriormente haciendo referencia a las Figuras 1A-1D, el aparato 500 de la Figura 5A can emitir radiación UVB dirigida de alta intensidad para facilitar la producción de vitamina D en la piel durante sesiones de fototerapia relativamente breves. Por ejemplo, el aparato 500 puede proporcionar una cantidad de irradiación suficiente durante una sesión de fototerapia de un minuto para estimular la producción de una dosis semanal o mensual de vitamina D. El tiempo de exposición de cada sesión de fototerapia puede seleccionarse en función del tipo de piel del usuario (por ejemplo, como se define en la escala Fitzpatrick) y la intensidad de los conjuntos de radiación 510a. Por ejemplo, cuanto más claro sea el tono de piel del usuario, menor

será el tiempo de exposición necesario para obtener el nivel deseado de síntesis de vitamina D en la piel del usuario. Como otro ejemplo, cuanto mayor sea la intensidad de la irradiación proporcionada por el aparato 500, menor será el tiempo de exposición necesario para obtener la irradiación deseada para la producción de vitamina D. En diversas realizaciones, también puede seleccionarse la duración de las sesiones de fototerapia para al menos reducir la probabilidad de que los usuarios sufran quemaduras después de la sesión de fototerapia. Por ejemplo, el tiempo de exposición a irradiación UVB puede limitarse a una DEM específica del usuario de 1,0 o menos (por ejemplo, una DEM de 0,75). En otras realizaciones, el tiempo de exposición del aparato 500 puede determinarse usando otros parámetros adecuados para irradiación UVB y/o síntesis de vitamina D.

Como se muestra en la Figura 5A, cada conjunto de radiación 510a puede incluir una fuente de radiación 512, un reflector 536 que rodee parcialmente la fuente de radiación 512, y un filtro óptico 538 delante de la fuente de radiación 512. La Figura 5B es una vista lateral esquemática parcialmente ampliada de un conjunto de radiación 510a de la Figura 5A configurado de acuerdo con una realización de la presente tecnología. Como se muestra en la Figura 5B, la fuente de radiación 512 puede emitir energía (por ejemplo, luz UV; indicada mediante las líneas continuas), y al menos parte de la energía puede contactar con el reflector 536 (por ejemplo, un sustrato o recubrimiento reflejado) antes de salir del conjunto de radiación 510a. El reflector 536 puede desviar o dirigir de otro modo la luz hacia delante (por ejemplo, como indican las líneas continuas) hacia el filtro 538 donde la luz dentro de un ancho de banda predeterminado (por ejemplo, aproximadamente 292-302 nm) puede salir del conjunto de radiación 510a (por ejemplo, como indican las líneas discontinuas). En la realización ilustrada, el reflector 536 se curva alrededor de la fuente de radiación 512 de manera que la luz emitida por la fuente de radiación 512 colima en contacto con el reflector 536. El haz de luz colimado puede desplazarse entonces hacia delante hacia el filtro 538, y atravesar el filtro 538 en el mismo ángulo de incidencia (por ejemplo, 0°) para proporcionar un filtrado sustancialmente uniforme de la luz.

En la realización ilustrada en la Figura 5B, la fuente de radiación 512 es una lámpara de haluro metálico, que es un tipo de lámpara de descarga de gas de alta intensidad que genera luz produciendo un arco eléctrico mediante una mezcla gaseosa entre dos electrodos 513 en un tubo de arco 515 o envoltura. La longitud de arco (es decir, aproximadamente la distancia entre los electrodos 513) de la lámpara de haluro metálico puede ser relativamente pequeña con respecto al conjunto de radiación 510a en conjunto para que la lámpara de haluro metálico actúe de forma similar a una fuente puntual para facilitar la colimación de la luz. En determinadas realizaciones, por ejemplo, los electrodos 513 pueden separarse unos de otros para que la lámpara de haluro metálico tenga una longitud de arco de aproximadamente 10-12 mm (por ejemplo, aproximadamente 11 mm, aproximadamente 11,5 mm, etc.). En otras realizaciones, la lámpara de haluro metálico puede tener longitudes de arco mayores o menores dependiendo de la configuración de la lámpara de haluro metálico y del tamaño de los otros componentes del conjunto de radiación 510a (por ejemplo, el reflector 536). Las lámparas de haluro metálico suelen tener un periodo de subida para calentarse hasta una temperatura de funcionamiento. Por lo tanto, en determinadas realizaciones, el conjunto de radiación 510a puede incluir obturadores u otras cubiertas (no mostrados) que encierren o aislen temporalmente la fuente de radiación 512 durante un periodo de tiempo (por ejemplo, aproximadamente 2 minutos, aproximadamente 1 minuto, etc.) para permitir que la lámpara de haluro metálico suba rápidamente a su temperatura de funcionamiento.

En diversas realizaciones, puede seleccionarse la mezcla de gas en el tubo de arco 515 para aumentar el contenido de UVB de las emisiones de la lámpara de haluro metálico. Por ejemplo, la mezcla de gas puede doparse para generar aproximadamente un 6 % de las emisiones totales en el rango UVB (por ejemplo, aproximadamente 280-315 nm) en comparación con lámparas de camas de bronceado normales que tengan aproximadamente el 1 % de sus emisiones en el rango UVB. Heraeus Nobelight de Plainview, Nueva York, tiene disponibles mezclas de gas adecuadas para un mayor contenido UVB. El mayor contenido UVB de las emisiones puede aumentar la intensidad de la UVB emitida por el conjunto de radiación 510a y, por tanto, puede disminuir el tiempo de exposición total necesario para alcanzar una dosis deseada de vitamina D.

Como se muestra en la Figura 5B, el conjunto de radiación 510a también puede incluir una cubierta o protección 540 opcional entre la fuente de radiación 512 y el filtro 538 para al menos evitar sustancialmente que la luz salga del conjunto de radiación 510a sin propagarse primero fuera del reflector 538. En la realización ilustrada, por ejemplo, la protección 540 es un cuerpo tubular separado de la fuente de radiación 512 (por ejemplo, usando separadores similares a los separadores 114 de la Figura 1D) y colocada alrededor de una parte de la fuente de radiación 512 delante del tubo de arco 515. La protección 540 puede bloquear la luz que se propague hacia delante desde el tubo de arco 513 de manera que la luz contacte primero el reflector 538 antes de salir del conjunto de radiación 510a. De esta manera, la protección 540 puede favorecer la colimación de luz por parte del reflector 536 antes de que la luz contacte el filtro 538. En otras realizaciones, la protección 540 puede tener otras formas o configuraciones adecuadas que eviten que la luz se propague directamente hacia delante a través del filtro 538.

El filtro 538 puede ser un filtro de paso estrecho que evite que la radiación UVB fuera de un ancho de banda predeterminado atraviese el filtro 538. Por ejemplo, el filtro 538 puede bloquear al menos sustancialmente la radiación UVB fuera de un espectro de 10 nm centrado en aproximadamente 297 nm (es decir, aproximadamente 292-302 nm). En otras realizaciones, el filtro 538 puede bloquear al menos sustancialmente la radiación UVB fuera

de un ancho de banda más estrecho (por ejemplo, un espectro de 6 nm, un espectro de 8 nm, etc.), un ancho de banda más ancho (por ejemplo, un espectro de 12 nm), y/o el espectro puede centrarse alrededor de otra longitud de onda UVB adecuada (por ejemplo, 298 nm, 300 nm, 302 nm, etc.).

5 Como se muestra en la Figura 5B, el filtro 538 puede incluir un sustrato 542 (por ejemplo, vidrio, plástico, etc.) y al menos un recubrimiento 544 de interferencia aplicado al sustrato 542. Por ejemplo, el recubrimiento 544 puede pulverizarse sobre el sustrato 542 y/o disponerse de otro modo sobre el sustrato 542 usando métodos conocidos por los expertos en la materia. En determinadas realizaciones, el sustrato 542 puede fabricarse de un material (por ejemplo, vidrio) que bloquee al menos parte de la luz UV emitida por la fuente de radiación 512. Por ejemplo, el sustrato 542 puede fabricarse de un vidrio de absorción que bloquee la radiación UV, por ejemplo, por debajo de 10 aproximadamente 290 nm. El recubrimiento 544 (por ejemplo, uno o más recubrimientos ópticos) puede aplicarse al sustrato 542 para proporcionar un filtrado adicional de energía fuera del ancho de banda predeterminado. Por ejemplo, el recubrimiento 544 puede proporcionar un mayor grado de precisión al filtrar la energía fuera de un espectro predeterminado que el proporcionado por el sustrato 542 de manera que el sustrato 542 y el recubrimiento 544 formen juntos un filtro de paso estrecho. En determinadas realizaciones, por ejemplo, puede aplicarse un primer 15 recubrimiento al sustrato 542 para bloquear luz con longitudes de onda menores que la longitud de onda mínima del espectro predeterminado, y puede aplicarse un segundo recubrimiento al sustrato 542 para bloquear luz con longitudes de onda mayores que la longitud de onda máxima del espectro predeterminado. En otras realizaciones, el sustrato 542 o el recubrimiento 544 pueden proporcionar solos un filtrado adecuado de luz fuera del espectro predeterminado. Schott de Elmsford, Nueva York, tiene disponibles sustratos 542 y recubrimientos 544 que 20 proporcionan al menos algún filtrado de radiación UV fuera de un espectro predeterminado.

En diversas realizaciones, otras partes del conjunto de radiación 510a pueden incluir un recubrimiento de interferencia que bloquee al menos alguna radiación fuera del espectro de longitud de onda deseado. Por ejemplo, una bombilla externa 517 de la lámpara de haluro metálico puede incluir un recubrimiento de interferencia que impida que al menos alguna radiación UV fuera del espectro UVB salga de la lámpara de haluro metálico. Un 25 recubrimiento, por ejemplo, puede aplicarse a la bombilla externa 517 para bloquear algunas de las emisiones en el rango UVC (por ejemplo, aproximadamente 100-280 nm) e impedir que se forme ozono. En esta realización, la fuente de radiación 512 estrecha el espectro de luz expuesta al filtro 538 y, por tanto, solo hace falta ocuparse del filtro 538 con un estrechamiento adicional del ancho de banda de luz que se permite pasar a través del filtro 538.

La Figura 5C es una vista lateral esquemática parcialmente ampliada de un conjunto de radiación 510b UVB dirigida 30 ("conjunto de radiación 510b") configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. El conjunto de radiación 510b puede incluir características generalmente similares a las características del conjunto de radiación 500a descrito anteriormente con respecto a la Figura 5B. Por ejemplo, el conjunto de radiación 510b incluye la fuente de radiación 512 UV, el reflector 536 que rodea al menos parcialmente la fuente de radiación 512, el filtro 538, y la protección 540 entre la fuente de radiación 512 y el filtro 538. La fuente de radiación 512 puede ser una lámpara 35 de haluro metálico que funcione sustancialmente como una fuente puntual relativa al conjunto de radiación 510b, y emita energía radialmente hacia fuera (por ejemplo, como indican las líneas continuas de la Figura 5C). La protección 540 puede desviar o redirigir de otro modo energía emitida desde la fuente de radiación 512 de vuelta hacia el reflector 536 de manera que el reflector 536 pueda al menos sustancialmente colimar la luz antes de que pase a través del filtro 538. En la realización ilustrada en la Figura 5C, la protección 540 tiene una forma 40 sustancialmente hemisférica y está conectada a una parte de base 546 de la lámpara de haluro metálico con un separador 548 (por ejemplo, una varilla, una barra, etc.) que se extiende desde la parte de base 546 hasta la protección 540. En otras realizaciones, la protección 540 puede tener otras configuraciones adecuadas para impedir que la energía salga del conjunto de radiación 510b sin contactar primero con el reflector de colimación 536.

La Figura 6 es una representación gráfica ejemplar de la intensidad de radiación relativa de un conjunto de radiación UVB dirigida con una fuente de haluro metálico de UV (por ejemplo, los conjuntos de radiación 510a y 510b 45 descritos anteriormente con respecto a las Figuras 5A-5C) en comparación con la intensidad de radiación relativa del sol. De forma más específica, la curva 601 (mostrada como una línea discontinua) representa la intensidad del conjunto de radiación de haluro metálico, la curva 603 (mostrada como una línea continua) representa la intensidad del sol medida alrededor de mediodía durante el verano en Melbourne, Australia, y la curva 605 representa el espectro de acción de la radiación UV conocido para favorecer la producción de vitamina D en la piel. Como se 50 ilustra en la Figura 6, el conjunto de radiación de haluro metálico emite luz UV principalmente entre aproximadamente 292-302 nm (por ejemplo, dirigida a aproximadamente 297 nm) y, por tanto, la mayoría de las emisiones están dentro del espectro de acción 605 para la producción de vitamina D. Por el contrario, a pesar de ser medida en uno de los momentos y lugares de energía máxima del sol, la energía solar tiene una intensidad de luz UV relativamente baja dentro del espectro UVB (es decir, aproximadamente 280-315 nm), y tiene una intensidad de luz UV relativamente elevada en el espectro UVA (es decir, aproximadamente 315-400 nm). Por ejemplo, el 99,7 % de las emisiones UV procedentes del conjunto de radiación de haluro metálico pueden estar dentro del rango de UVB dirigida, mientras que solo aproximadamente el 3,4 % de las emisiones solares están dentro del rango de UVB dirigida. En consecuencia, los aparatos fototerapéuticos que incluyen los conjuntos de radiación de haluro metálico 55 representados en la Figura 6 pueden emitir energía UV con un contenido e intensidad UVB mucho mayor que la exposición solar normal. Esta radiación UVB concentrada puede usarse para favorecer la producción de vitamina D 60

en la piel, y hacerlo en un tiempo de exposición mucho más breve que el que puede proporcionar el sol. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, la irradiación UVB que es proporcionada por aproximadamente 38 minutos de exposición solar (en horas punta) puede ser proporcionada por menos de un minuto (por ejemplo, 58 segundos) de exposición al conjunto de radiación de haluro metálico. Además, la elevada intensidad de la radiación UVB proporcionada por el conjunto de radiación de haluro metálico puede facilitar mucha más síntesis de vitamina D en la piel que la radiación UVB de menor intensidad proporcionada por el sol. En determinadas realizaciones, por ejemplo, el conjunto de radiación de haluro metálico puede proporcionar al menos tres veces la producción de vitamina D en la piel que la que puede obtenerse del sol (por ejemplo, 74.500 UI mediante radiación UVB dirigida en comparación con 20.000 UI equivalentes mediante energía solar). Además, a pesar de la elevada concentración de radiación UVB, el conjunto de radiación UVB dirigida expone a un sujeto (por ejemplo, un paciente humano) a menos energía UV total durante una sesión de fototerapia que la exposición solar (por ejemplo, 62 veces menos de energía UV que el sol) porque gran parte de la radiación UV fuera del espectro predeterminado es filtrada por el conjunto de radiación UVB dirigida (por ejemplo, mediante el filtro 538 de las Figuras 5A-5C). En consecuencia, el conjunto de radiación UVB dirigida proporciona un medio sustancialmente más eficiente para producir vitamina D en la piel que el sol, y lo hace sin los comienzos de exposición solar que dependen de la geografía y del clima.

La Figura 7 es una vista frontal en alzado de un conjunto de radiación UVB dirigida 710 ("conjunto de radiación 710") para un aparato fototerapéutico configurado de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. El conjunto de radiación 710 puede incluir diversas características generalmente similares a las características de los conjuntos de radiación 110, 510a y 510b descritos anteriormente con respecto a las Figuras 1D, 5B y 5C. Por ejemplo, el conjunto de radiación 710 puede incluir una fuente de radiación 712 UV, un reflector 736 colocado detrás y parcialmente alrededor de la fuente de radiación 712, y un filtro 738 delante de la fuente de radiación 712. En la realización ilustrada, la fuente de radiación 712 es una lámpara de xenón 750, que produce un haz de luz 752 pulsado o continuo en un tubo pasando electricidad a través de gas xenón ionizado a gran presión. La lámpara de xenón 750 puede acoplarse a una fuente de alimentación (por ejemplo, una fuente de alimentación de 16 kW; no mostrada), y puede administrarse aire forzado desde uno o ambos extremos del conjunto de radiación 710 para la refrigeración. Las lámparas de xenón emiten energía de forma inherente con un elevado contenido UVB y, por tanto, facilitan la irradiación UVB dirigida proporcionada por el conjunto de radiación 710. Heraeus Nobelight GmbH de Hanau, Alemania, dispone de lámparas de xenón adecuadas (por ejemplo, lámparas de xenón lineales de pulsos) para el conjunto de radiación 710.

Como se muestra en la Figura 7, la lámpara de xenón 750 puede ser una estructura alargada que emita un rayo de luz lineal UV 752. Por ejemplo, la lámpara de xenón 750 puede tener un diámetro de aproximadamente 8 mm y una longitud de aproximadamente 165 mm de manera que pueda extenderse a lo largo de la altura o longitud de un aparato fototerapéutico (por ejemplo, los aparatos fototerapéuticos 100 y 500 de las Figuras 1A y 5A). En otras realizaciones, la lámpara de xenón puede tener una longitud más larga o más corta y/o tener diámetros más grandes o más pequeños. El reflector 736 (por ejemplo, un reflector en barril) también puede ser una estructura alargada que se extienda a lo largo de la longitud de la lámpara de xenón 750 para dirigir luz hacia delante hacia el filtro 738 donde la luz UVB filtrada salga del conjunto de radiación. El filtro 738 puede incluir un vidrio de absorción u otro tipo de sustrato que bloquee energía por debajo de una determinada longitud de onda (por ejemplo, por debajo de aproximadamente 290 nm) y un recubrimiento de interferencia puede bloquear energía con longitudes de onda mayores (por ejemplo, por encima de aproximadamente 306 nm).

El conjunto de radiación 710 con la lámpara de xenón 750 puede utilizarse junto con, o en lugar de, las lámparas de haluro metálico en los aparatos fototerapéuticos 100 y 500 descritos anteriormente. Por ejemplo, una columna puede portar el conjunto de radiación 710 (por ejemplo, una de las columnas 530 del aparato fototerapéutico de la Figura 5A), y la lámpara de xenón 750 puede configurarse para generar un haz de luz que se extienda sustancialmente a lo largo de la longitud de la columna. Durante el funcionamiento, uno o más de los conjuntos de radiación 710 puede hacerse girar alrededor de una base (por ejemplo, la parte central 534 de la base 532 de la Figura 5A) para proporcionar radiación UVB dirigida a un sujeto (por ejemplo, un paciente humano) que permanezca de pie sobre la base. En otras realizaciones, uno o más conjuntos de radiación 710 pueden incorporarse dentro de un alojamiento (por ejemplo, el alojamiento 102 de la Figura 1A) y configurarse para dirigir emisiones hacia un espacio cerrado proporcionado por el alojamiento.

La Figura 8 es una representación gráfica ejemplar de la intensidad de radiación relativa de un conjunto de radiación UVB dirigida con una fuente de xenón pulsado UV (por ejemplo, el conjunto de radiación 710 de la Figura 7) en comparación con la intensidad de la radiación relativa del sol. La curva 801 (mostrada como una línea discontinua) representa la intensidad del conjunto de radiación de la lámpara de xenón, la curva 803 (mostrada como una línea continua) representa la intensidad solar (medida aproximadamente a mediodía durante el verano en Melbourne, Australia), y la curva 805 representa el espectro de acción para la producción de vitamina D en la piel. Como se muestra en la Figura 8, el espectro solar (definido por el área bajo la curva 803) tiene muy poca emisión (por ejemplo, aproximadamente el 3,4 %) dentro del espectro de acción 805 de la vitamina D. Por el contrario, casi toda la emisión (por ejemplo, más del 98 %) del conjunto de radiación de la lámpara de xenón está dentro del espectro de acción 805 de la vitamina D. Además, la intensidad de radiación UVB proporcionada por el conjunto de radiación de la lámpara de xenón es mucho mayor que la que proporciona la energía solar. En consecuencia, el conjunto de

radiación de la lámpara de xenón puede proporcionar radiación UVB dirigida dentro del espectro de acción 805 de la vitamina D que facilite la síntesis de vitamina D en la piel en tiempos de exposición muchos menores que la energía solar. Por ejemplo, la radiación UVB proporcionada por un conjunto de radiación de la lámpara de xenón en menos de un minuto (por ejemplo, 57 segundos) es equivalente a más de 30 minutos (por ejemplo, 38 minutos) de exposición solar.

En diversas realizaciones, los aparatos fototerapéuticos 100 y 500 descritos anteriormente pueden incluir otros tipos de fuentes de radiación UV (por ejemplo, las fuentes de radiación 112, 512 y 712 de las Figuras 1D, 5B, 5C y 7) que, en combinación con filtros opcionales, pueden proporcionar irradiación UVB dirigida dentro de un espectro predeterminado. Por ejemplo, la fuente de radiación UV puede constar de una pluralidad de LEDs (por ejemplo, miles de LEDs) que emitan luz a una longitud de onda particular (por ejemplo, 295 nm, 297 nm, 300 nm, etc.). Sensor Electronic Technology, Inc. de Columbus, South Carolina, por ejemplo, tiene disponibles LEDs adecuados. En determinadas realizaciones, pueden disponerse uno o más LEDs en conjuntos de radiación individuales (por ejemplo, similares a las lámparas de haluro metálico de las Figuras 5A-5C). En otras realizaciones, los LEDs pueden disponerse en filas y/o columnas alargadas que se extiendan a lo largo de la longitud del aparato fototerapéutico (por ejemplo, similares a la lámpara de xenón de la Figura 7). La emisión sustancialmente monocromática de los LEDs puede limitar la cantidad de filtrado necesario para proporcionar radiación UVB dentro de un espectro predeterminado. Además, los LEDs tienen un consumo de potencia relativamente bajo (por ejemplo, en comparación con las lámparas de DAI) y, por tanto, proporcionan ahorros de potencia de manera inherente. En otras realizaciones, la fuente de radiación UV puede constar de lámparas excímer que pueden emitir luz dentro de un rango espectral estrecho (por ejemplo, las lámparas excímer que vende Ushio de Cypress, California) y/u otras fuentes de radiación UV adecuadas que pueden manipularse para una radiación UVB dirigida.

Ejemplos

Los siguientes Ejemplos son ilustrativos de la presente tecnología.

1. Un aparato fototerapéutico, que comprende:

un alojamiento que define al menos parcialmente una zona de irradiación, en el que la zona de irradiación se configura para alojar al menos una parte de un paciente humano;

una fuente de radiación ultravioleta (UV) portada por el alojamiento; y

un filtro entre la fuente de radiación UV y la zona de irradiación, estando el filtro configurado para extraer al menos sustancialmente radiación UV fuera de un espectro predeterminado, en el que el espectro predeterminado tiene un ancho de banda de, como máximo, 10 nm y se centra en aproximadamente 297 nm.

2. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que:

el alojamiento incluye una pared lateral que encierra al menos parcialmente la zona de irradiación;

la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de lámparas de descarga de alta intensidad;

el filtro comprende una pluralidad de tubos de vidrio de cuarzo recubierto que cubren al menos parcialmente la correspondiente pluralidad de lámparas de descarga de alta intensidad;

el espectro predeterminado del filtro es de aproximadamente 292-302 nm; y

el aparato fototerapéutico se configura para estimular la producción de vitamina D a través de la piel del paciente humano.

3. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que:

el alojamiento comprende al menos una columna dirigida hacia la zona de irradiación;

la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de lámparas de haluro metálico; y

el aparato fototerapéutico comprende además una pluralidad de reflectores que rodean parcialmente la correspondiente pluralidad de lámparas de haluro metálico, en el que el reflector se configura para dirigir energía UV emitida por las lámparas de haluro metálico individuales hacia el filtro.

4. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que el espectro predeterminado del filtro tiene un ancho de

banda de, como máximo, 8 nm.

5. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que la fuente de radiación UV y el filtro se configuran para administrar menos de 1 DEM ajustada al tipo de piel durante un periodo de exposición de 2 minutos o menos.
- 5 6. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de lámparas de haluro metálico.
7. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que la fuente de radiación UV comprende una lámpara de xenón.
8. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de LEDs con una longitud de onda de aproximadamente 295-302 nm.
- 10 9. El aparato fototerapéutico del ejemplo 1 en el que la fuente de radiación UV y el filtro definen un conjunto de radiación UVB dirigida, y en el que el conjunto de radiación UVB dirigida comprende además un reflector que rodea al menos parcialmente la fuente de radiación UV y configurado para dirigir energía UV emitida por la fuente de radiación UV hacia el filtro.
- 15 10. El aparato fototerapéutico del ejemplo 9 en el que el reflector se configura para colimar al menos sustancialmente energía UV emitida por la fuente de radiación UV antes de que la fuente de radiación UV contacte con el filtro.
- 20 11. El aparato fototerapéutico del ejemplo 10 en el que el conjunto de radiación UVB dirigida comprende además una protección entre la fuente de radiación UV y el filtro, y en el que la protección se configura para dirigir al menos parte de la energía UV emitida por la fuente de radiación UV hacia el reflector antes de contactar con el filtro.
12. El aparato fototerapéutico de 1 en el que el filtro comprende un sustrato de vidrio recubierto.
13. El aparato fototerapéutico del ejemplo 12 en el que el sustrato de vidrio recubierto es un manguito sobre la fuente de radiación UV.
- 25 14. El aparato fototerapéutico de 1, que comprende además una interfaz de usuario configurada para recibir entradas del usuario relacionadas con parámetros que afectan a la síntesis de vitamina D en el paciente humano.
15. El aparato fototerapéutico de 14 en el que la interfaz de usuario se configura para recibir *feedback* de un usuario relacionado con una sesión de fototerapia anterior proporcionada por el aparato fototerapéutico o un aparato fototerapéutico remoto acoplado de forma comunicativa al mismo.
16. Un aparato fototerapéutico, que comprende:
- 30 un alojamiento que encierra al menos parcialmente un espacio, en el que el espacio se configura para alojar al menos una parte de un cuerpo humano; y
- 35 un conjunto de radiación ultravioleta-B (UVB) dirigida generalmente dirigida hacia el espacio, en el que el conjunto de radiación UVB dirigida se configura para administrar radiación UVB dirigida generalmente a aproximadamente 297 nm, y en el que el conjunto de radiación UVB se configura para estimular al menos 20.000 UI de producción de vitamina D en la piel humana durante un periodo de exposición de menos de 2 minutos.
17. El aparato fototerapéutico del ejemplo 16 en el que el conjunto de radiación UVB dirigida incluye un medio para bloquear al menos sustancialmente radiación UV fuera de un espectro predeterminado, en el que el espectro predeterminado está dentro de aproximadamente 292-302 nm.
- 40 18. El aparato fototerapéutico del ejemplo 16, en el que el conjunto de radiación UVB dirigida comprende:
- una pluralidad de lámparas de haluro metálico; y
- una pluralidad de filtros espaciados entre las lámparas de haluro metálico y el espacio.
19. El aparato fototerapéutico del ejemplo 18 en el que el filtro se configura para extraer al menos sustancialmente radiación UV fuera de un espectro dirigido de aproximadamente 292-302 nm.

20. El aparato fototerapéutico del ejemplo 19 en el que el conjunto de radiación UVB comprende además una pluralidad de reflectores de colimación que rodean al menos parcialmente la pluralidad de lámparas de haluro metálico.
- 5 21. El aparato fototerapéutico del ejemplo 16 en el que el conjunto de radiación UV dirigida se configura para exponer el cuerpo humano a, como máximo, el 90 % de 1 DEM, en el que la DEM se ajusta al tipo de piel del cuerpo humano.
22. El aparato fototerapéutico del ejemplo 16, que comprende además una interfaz de usuario configurada para recibir entradas del usuario relacionadas con al menos uno del tipo de piel o la necesidad de vitamina D.
- 10 23. Un método de administrar radiación ultravioleta dirigida con un aparato fototerapéutico, comprendiendo el método:
- transmitir rayos ultravioleta generalmente hacia una zona de irradiación definida por un alojamiento;
- filtrar al menos sustancialmente los rayos ultravioleta fuera de un espectro predeterminado, en el que el espectro predeterminado se centra en aproximadamente 297 nm; y
- terminar la transmisión de los rayos ultravioleta después de 5 minutos o menos.
- 15 24. El método del ejemplo 23, que comprende además:
- recibir una entrada del usuario a través de una interfaz de usuario, en el que la entrada del usuario está relacionada con al menos uno del tipo de piel o la dosis de vitamina D; y
- administrar una dosis de vitamina D a un usuario al menos parcialmente dentro de la zona de irradiación, en el que la dosis de vitamina D está relacionada con la entrada del usuario.
- 20 25. El método del ejemplo 24, que comprende además recibir *feedback* del usuario relacionado con una de vitamina D anterior administrada por el aparato fototerapéutico o un aparato fototerapéutico remoto acoplado al mismo.
26. Un método de proporcionar fototerapia para vitamina D, comprendiendo el método:
- 25 proporcionar un aparato fototerapéutico que tiene una zona de irradiación con un conjunto de radiación ultravioleta-B (UVB) dirigida dirigida hacia la zona de irradiación;
- generar rayos UV dirigidos al menos sustancialmente dentro de un espectro predeterminado a través del conjunto de radiación UVB dirigida, en el que el espectro predeterminado está dentro de aproximadamente 290-306 nm; y
- 30 administrar una dosis de vitamina D a un paciente humano en la zona de irradiación dentro de un tiempo de exposición predeterminado, en el que la vitamina D se produce en partes de piel del paciente humano.
27. El método del ejemplo 26 en el que generar rayos UV dirigidos al menos sustancialmente dentro del espectro predeterminado comprende:
- transmitir radiación UV desde al menos una lámpara de descarga de alta intensidad; y
- 35 filtrar al menos sustancialmente la radiación UV fuera del espectro predeterminado utilizando un sustrato recubierto entre la al menos una lámpara de descarga de alta intensidad y la cámara interna.
28. El método del ejemplo 26 en el que generar rayos UV dirigidos al menos sustancialmente dentro del espectro predeterminado comprende generar rayos UV con una longitud de onda dirigida al menos sustancialmente dentro de, como máximo, un espectro de 10 nm centrado en aproximadamente 297 nm.
- 40 29. El método del ejemplo 26 en el que administrar la dosis de vitamina D al usuario comprende terminar la radiación UVB dentro de, como máximo, 3 minutos.
30. El método del ejemplo 26 en el que administrar la dosis de vitamina D al usuario comprende exponer al usuario a menos de 1 DEM ajustada al tipo de piel.

31. El método del ejemplo 26, que comprende además terminar automáticamente los rayos UV después de, como máximo, 3 minutos.

32. El método del ejemplo 26, que comprende además:

recibir una entrada del usuario relacionada con al menos uno de la dosis de vitamina D o el tipo de piel; y

5 seleccionar el periodo de tiempo predeterminado de la dosis de vitamina D en función de la entrada del usuario.

33. Un soporte informático de lectura para controlar un aparato fototerapéutico, teniendo el soporte informático de lectura instrucciones para hacer que el aparato fototerapéutico realice un método que comprende:

10 generar rayos ultravioleta (UV) dirigidos al menos sustancialmente dentro de un espectro predeterminado a través de una fuente de radiación UV dirigida hacia una zona de irradiación del aparato fototerapéutico, en el que el espectro predeterminado está dirigido generalmente a aproximadamente 297 nm; y

administrar una dosis de vitamina D a un usuario en la cámara dentro de un periodo de tiempo predeterminado.

15 34. El soporte informático de lectura del ejemplo 33 en el que las instrucciones para generar rayos UV dirigidos al menos sustancialmente dentro del espectro predeterminado comprende generar energía UV con longitudes de onda entre aproximadamente 290 nm y aproximadamente 305 nm.

35. El soporte informático de lectura del ejemplo 33 en el que las instrucciones también incluyen terminar la radiación UV cuando el usuario se expone a, como máximo, 2 DEM estandarizadas.

20 36. El soporte informático de lectura del ejemplo 33 en el que las instrucciones que administran la dosis de vitamina D al usuario dentro del periodo de tiempo predeterminado incluyen terminar la radiación UV después de, como máximo, 3 minutos.

Conclusión

A partir de lo anterior, se entenderá que las realizaciones específicas de la tecnología se han descrito en la presente memoria con fines de ilustración, pero que pueden realizarse diversas modificaciones sin apartarse de la divulgación. Por ejemplo, diversas realizaciones desveladas en la presente memoria incluyen filtros que dirigen radiación UVB a aproximadamente 297 nm. Sin embargo, en otras realizaciones, los filtros pueden dirigir radiación UVB alrededor de otras longitudes de onda que permitan la producción de vitamina D en la piel y/o proporcionen efectos terapéuticos para otras enfermedades o trastornos tratados a través de la piel (por ejemplo, psoriasis, eczema, etc.). Algunos aspectos de la nueva tecnología descritos en el contexto de realizaciones particulares pueden combinarse o eliminarse en otras realizaciones. Por ejemplo, se puede utilizar la fuente de haluro metálico de UV descrita en las Figuras 5A-5C y/o la fuente de xenón UV descrita en la Figura 7 en lugar de, o junto con, la fuente de radiación UV para el aparato fototerapéutico de las Figuras 1A-1C. Además, aunque se han descrito ventajas asociadas con determinadas realizaciones de la nueva tecnología en el contexto de dichas realizaciones, otras realizaciones también pueden mostrar dichas ventajas y no todas realizaciones tienen que presentar necesariamente dichas ventajas para entrar dentro del alcance de la tecnología. En consecuencia, la divulgación y la tecnología asociada pueden abarcar otras realizaciones no mostradas o descritas expresamente en la presente memoria.

La invención es como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato fototerapéutico (100), que comprende:
- un alojamiento (102) que define al menos parcialmente una zona de irradiación, en el que la zona de irradiación (106) está configurada para alojar al menos una parte de un paciente humano;
- 5 una fuente de radiación (112, 510a, 512, 712) ultravioleta (UV) portada por el alojamiento (102); y
- un filtro (116, 538, 738) entre la fuente de radiación UV (112) y la zona de irradiación (106),
- en el que el filtro comprende un recubrimiento de interferencia y está configurado para extraer al menos sustancialmente radiación UV fuera de un espectro predeterminado, en el que el espectro predeterminado tiene un ancho de banda de, como máximo, 10 nm y está centrado en una longitud de onda entre 297 nm y 302 nm;
- 10 en el que la fuente de radiación UV y el filtro definen un conjunto de radiación UVB dirigida, y en el que el conjunto de radiación UVB dirigida comprende además un reflector (536, 736) que rodea al menos parcialmente la fuente de radiación UV y configurado para dirigir energía UV emitida por la fuente de radiación UV hacia el filtro, y
- en el que el reflector está configurado para colimar al menos sustancialmente energía UV emitida por la fuente de radiación UV antes de que la radiación UV contacte con el filtro.
- 15 2. El aparato fototerapéutico (100) de la reivindicación 1 en el que:
- el alojamiento (102) incluye una pared lateral (104) que encierra al menos parcialmente la zona de irradiación (106);
- la fuente de radiación UV (112) comprende una pluralidad de lámparas de descarga de alta intensidad;
- el filtro (116) comprende una pluralidad de tubos de vidrio de cuarzo recubierto que cubren al menos parcialmente la correspondiente pluralidad de lámparas de descarga de alta intensidad;
- 20 el espectro predeterminado del filtro (116) es de aproximadamente 292-302 nm; y
- el aparato fototerapéutico está configurado para estimular la producción de vitamina D a través de la piel del paciente humano.
3. El aparato fototerapéutico de la reivindicación 1 o 2 en el que:
- el alojamiento (102) comprende al menos una columna dirigida hacia la zona de irradiación;
- 25 la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de lámparas de haluro metálico; y
- el aparato fototerapéutico comprende además una pluralidad de reflectores que rodean parcialmente la correspondiente pluralidad de lámparas de haluro metálico, en el que el reflector está configurado para dirigir energía UV emitida por las lámparas de haluro metálico individuales hacia el filtro.
- 30 4. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3 en el que el espectro predeterminado del filtro tiene un ancho de banda de, como máximo, 8 nm.
5. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 en el que el periodo de exposición es de 2 minutos o menos.
6. El aparato fototerapéutico de la reivindicación 1 en el que la fuente de radiación UV comprende una lámpara de xenón.
- 35 7. El aparato fototerapéutico de la reivindicación 1 en el que la fuente de radiación UV comprende una pluralidad de LEDs que tienen una longitud de onda de aproximadamente 295-302 nm.
8. El aparato fototerapéutico de cualquiera de las reivindicaciones 1-7 en el que el conjunto de radiación UVB dirigida comprende además una protección entre la fuente de radiación UV y el filtro, y en el que la protección está configurada para dirigir al menos parte de la energía UV emitida por la fuente de radiación UV hacia el reflector antes de contactar con el filtro.
- 40

9. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8 en el que el filtro comprende un sustrato de vidrio recubierto.
10. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además una interfaz de usuario configurada para recibir entradas del usuario relacionadas con parámetros que afectan a la síntesis de vitamina D en el paciente humano.
- 5
11. El aparato fototerapéutico de la reivindicación 10 en el que la interfaz de usuario está configurada para recibir *feedback* de un usuario relacionado con una sesión de fototerapia anterior proporcionada por el aparato fototerapéutico o un aparato fototerapéutico remoto acoplado de forma comunicativa al mismo.
- 10
12. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11 en el que la fuente de radiación UV y el filtro definen un conjunto de radiación UVB que está configurado para estimular al menos 20.000 UI de producción de vitamina D en la piel humana durante un periodo de exposición de menos de 2 minutos.
13. El aparato fototerapéutico de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12 en el que:
- la fuente de radiación UV (512) es una lámpara de haluro metálico que tiene una longitud de arco de menos de 12 mm, y
- 15
- en el que el aparato fototerapéutico comprende además:
- un reflector (526) curvado alrededor de la lámpara de haluro metálico de manera que la lámpara de haluro metálico funcione sustancialmente como una fuente puntual relativa al reflector y el reflector colime al menos sustancialmente antes de que la luz pase a través del filtro.

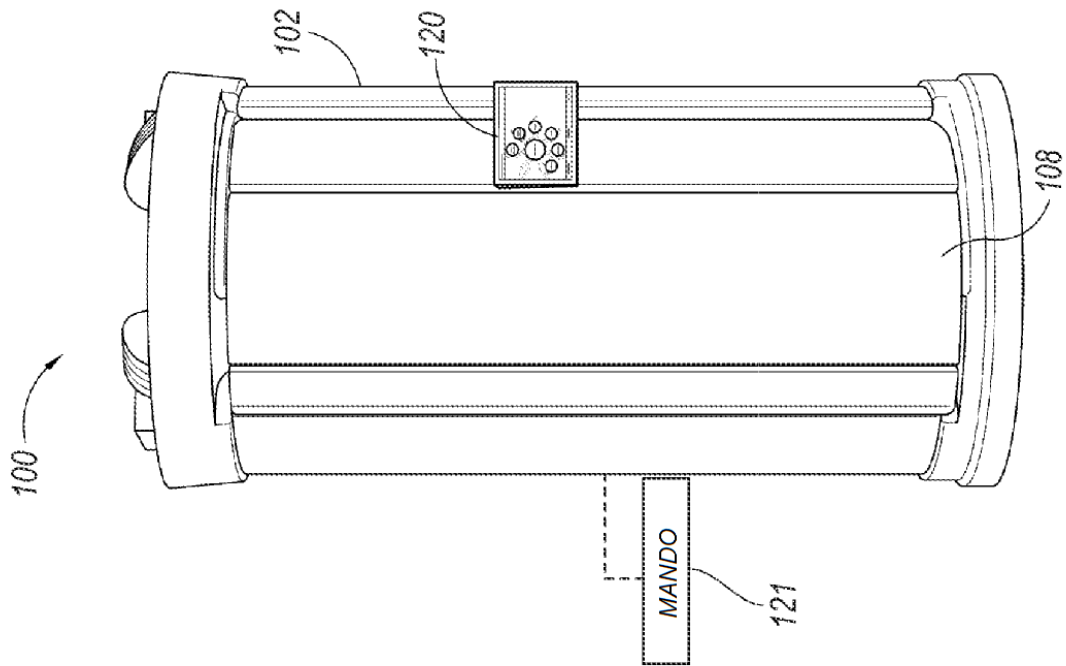


Fig. 1B

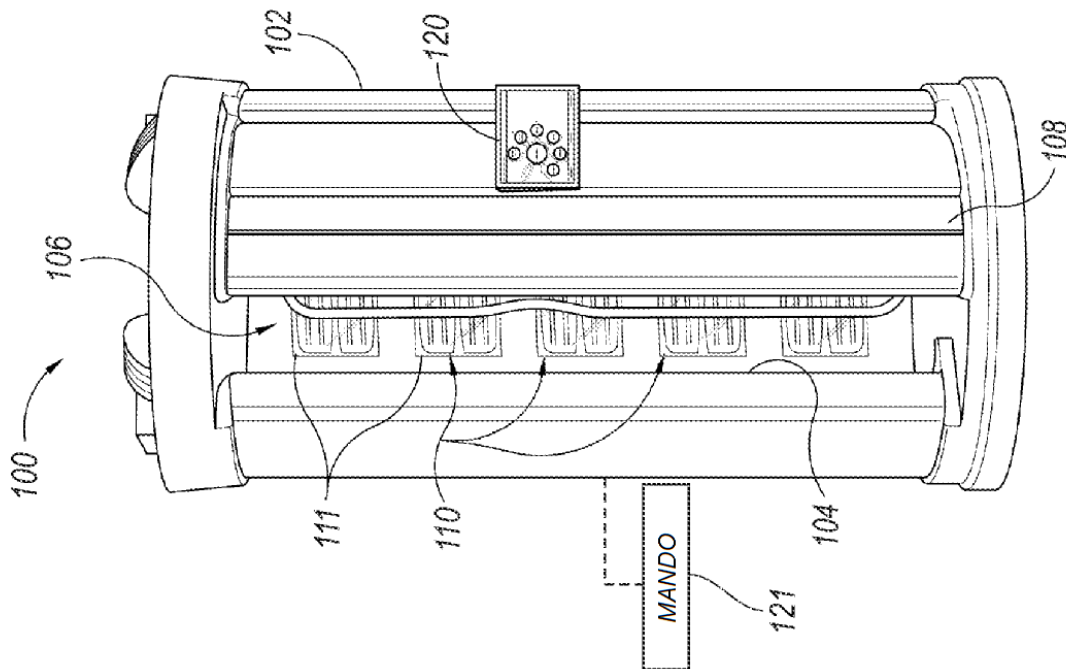


Fig. 1A

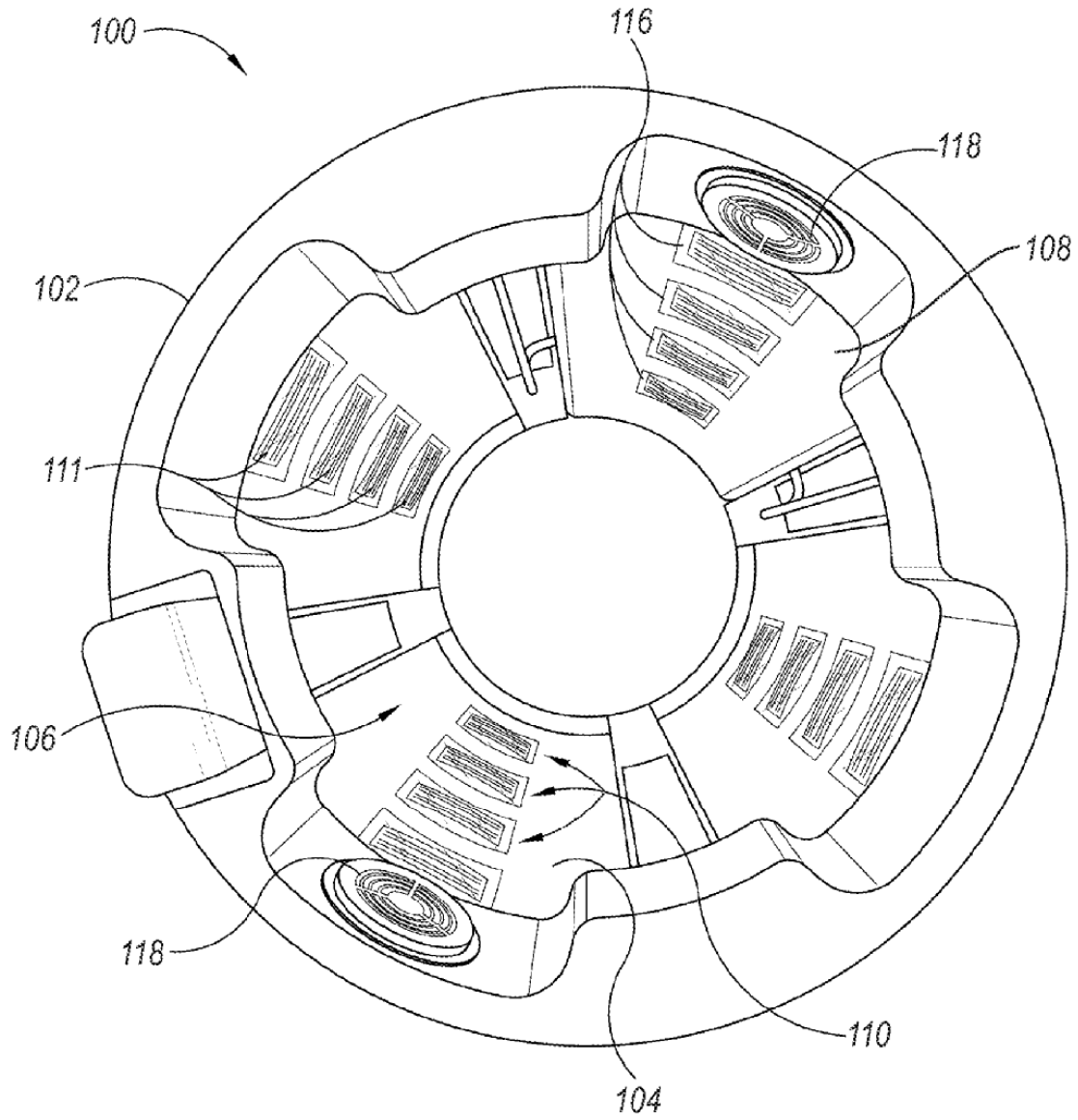


Fig. 1C

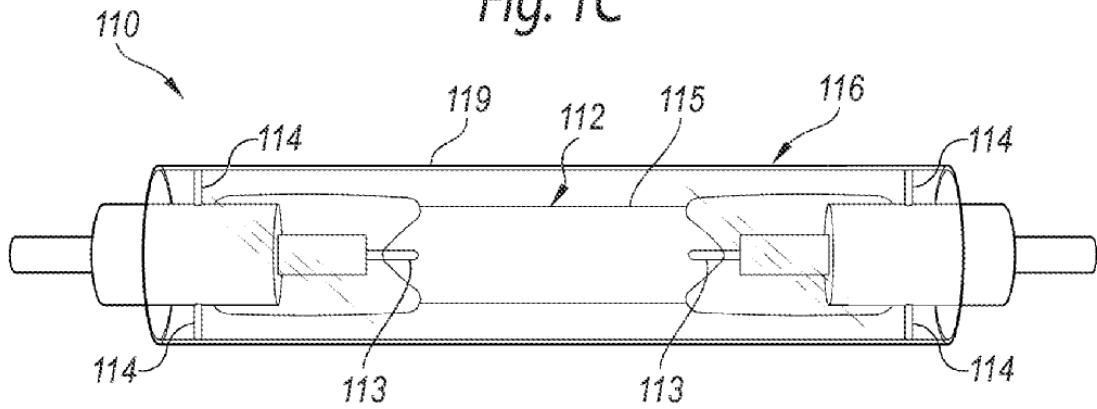


Fig. 1D

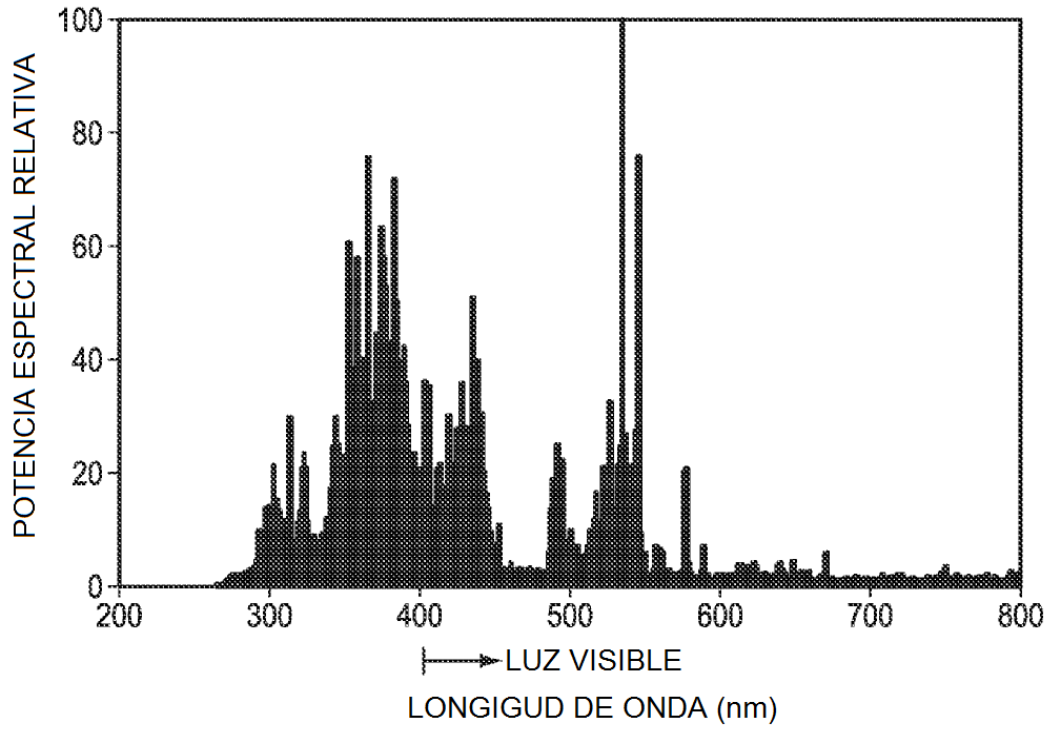


Fig. 2A

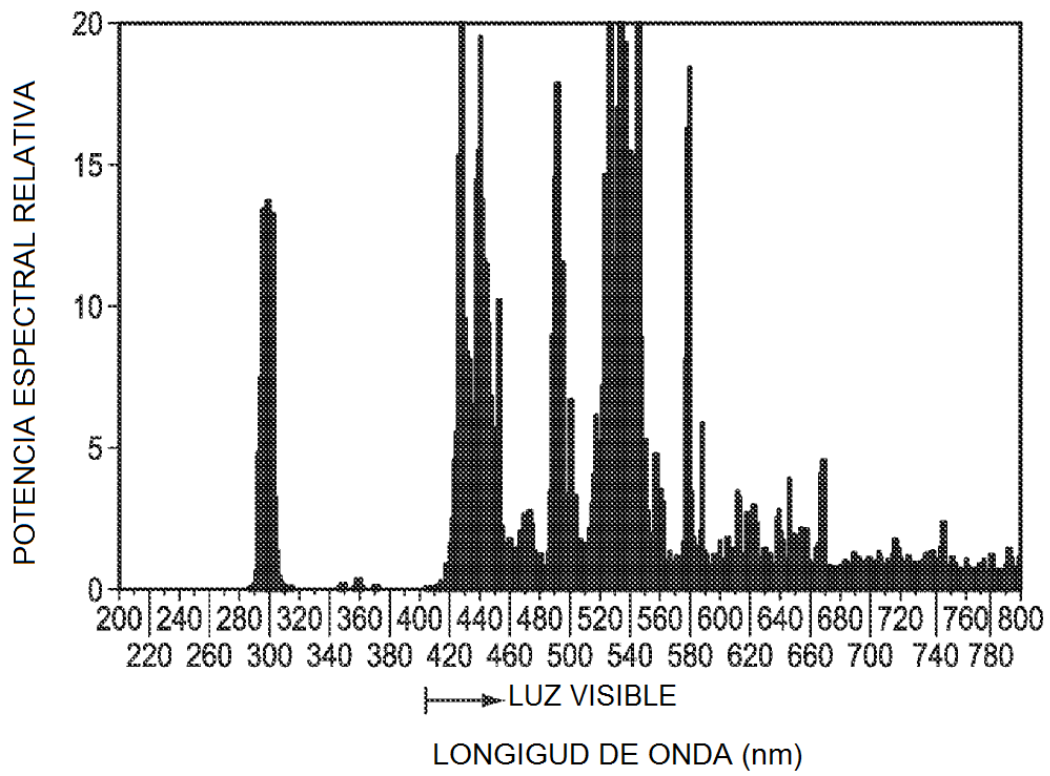


Fig. 2B

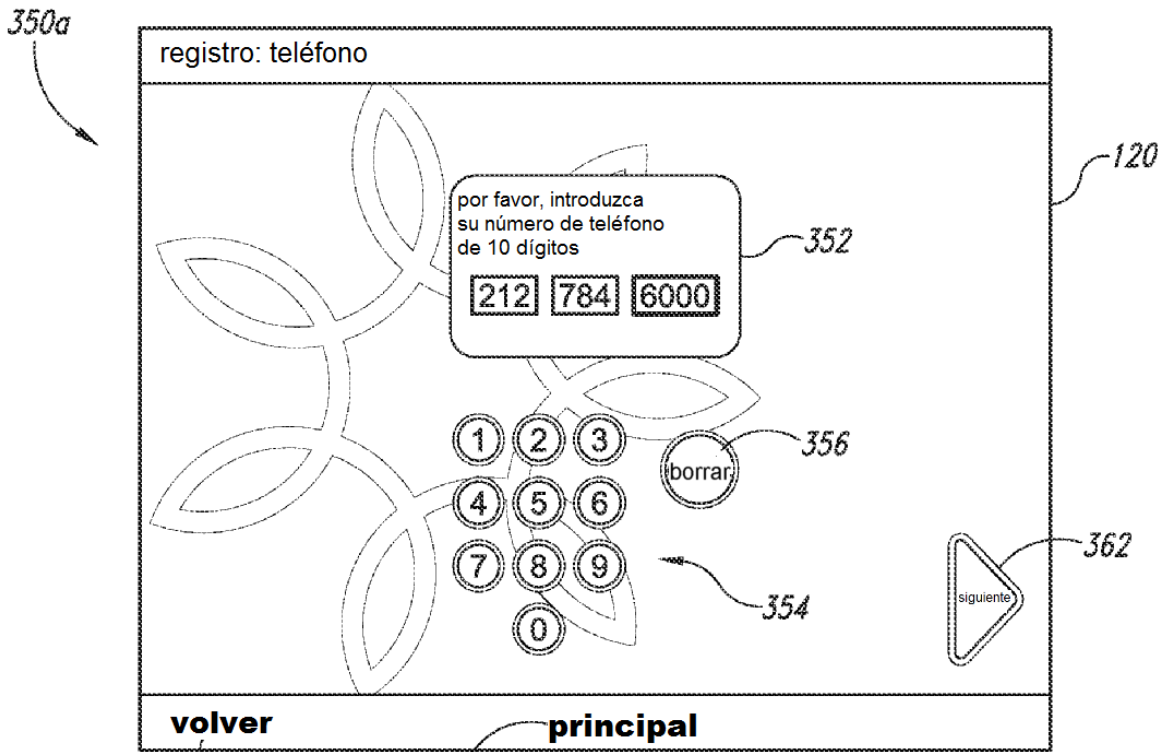


Fig. 3A

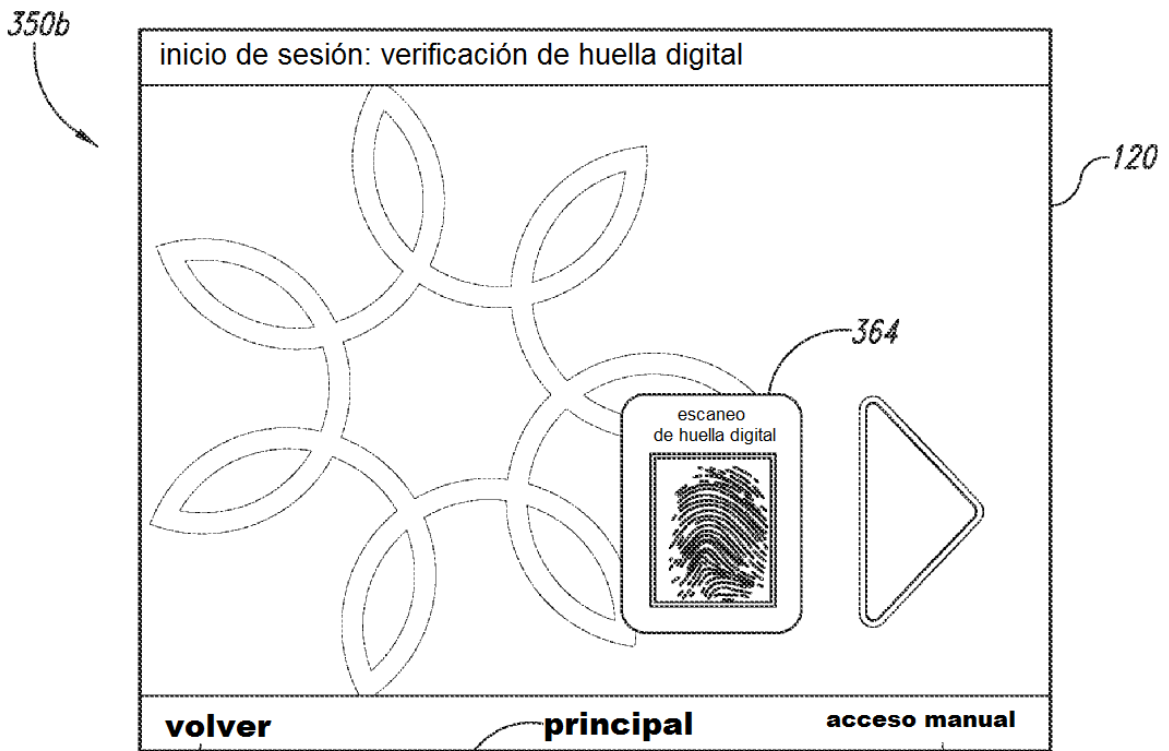


Fig. 3B

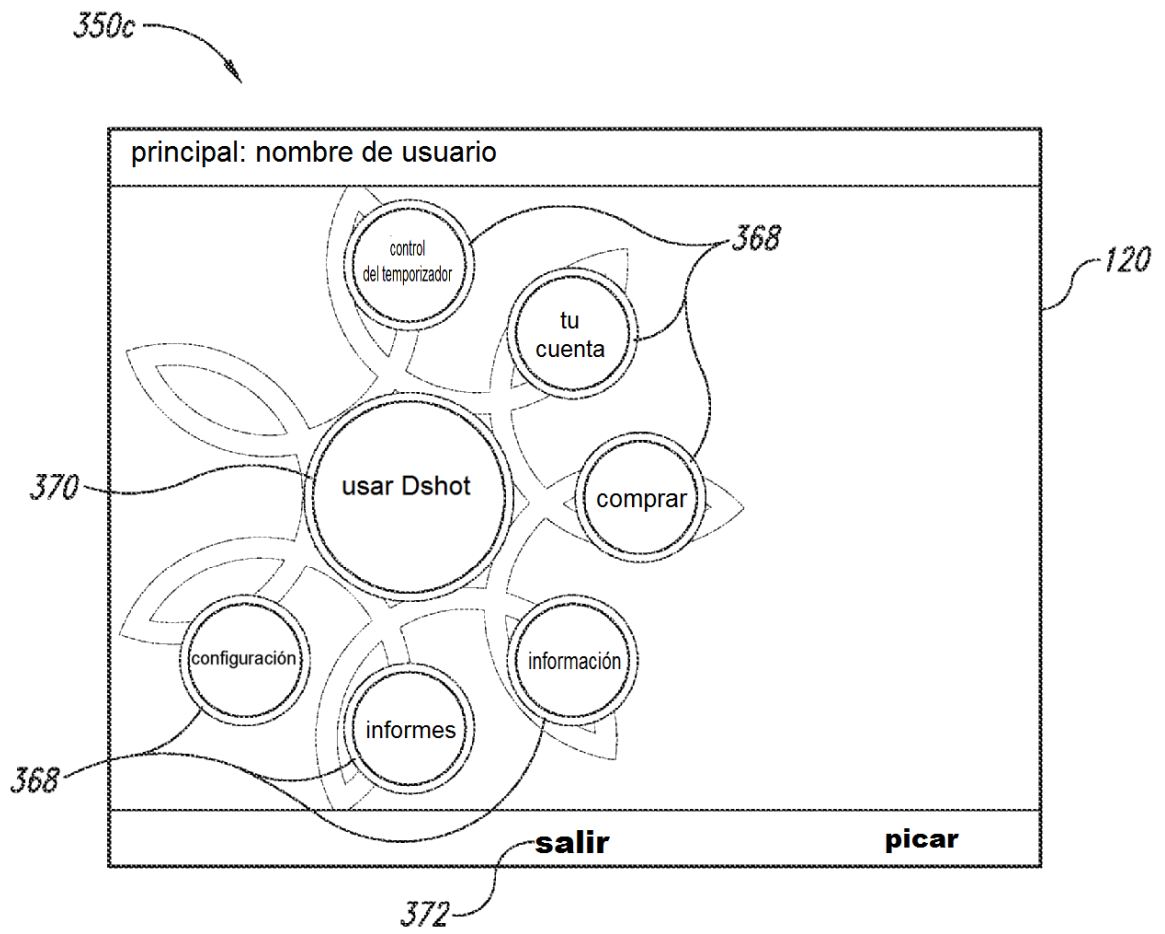


Fig. 3C

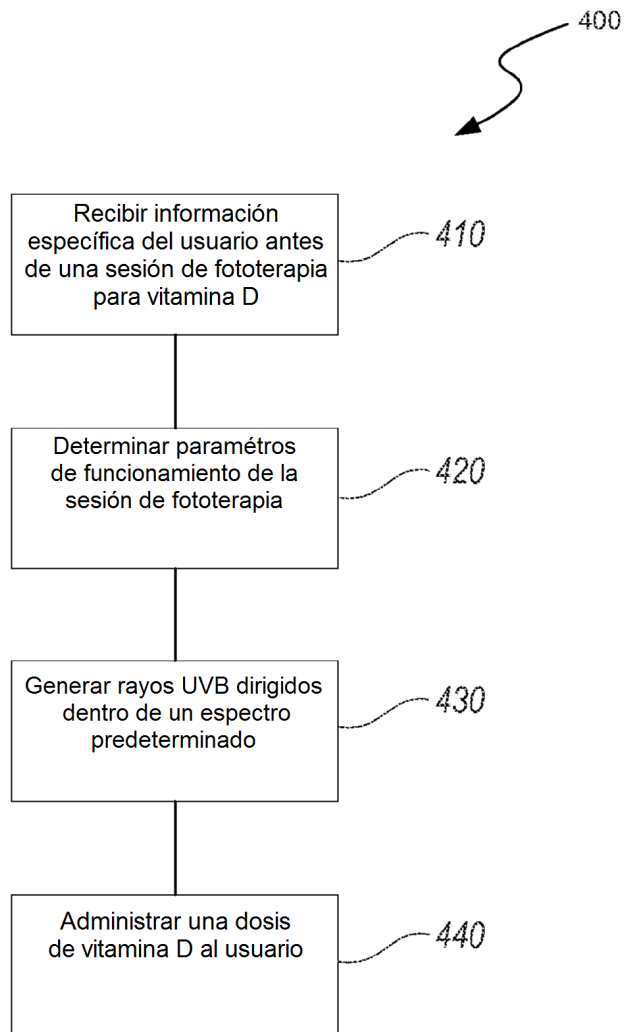


Fig. 4

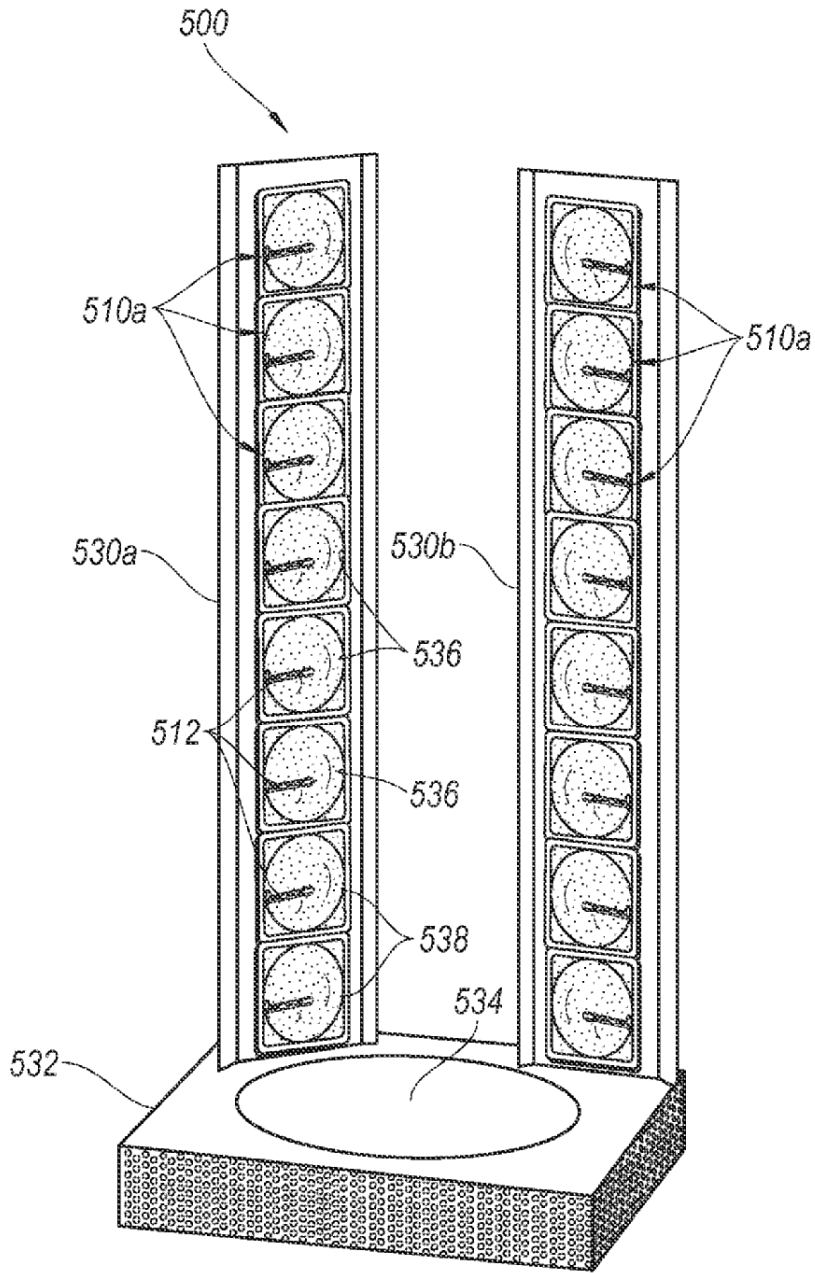


Fig. 5A

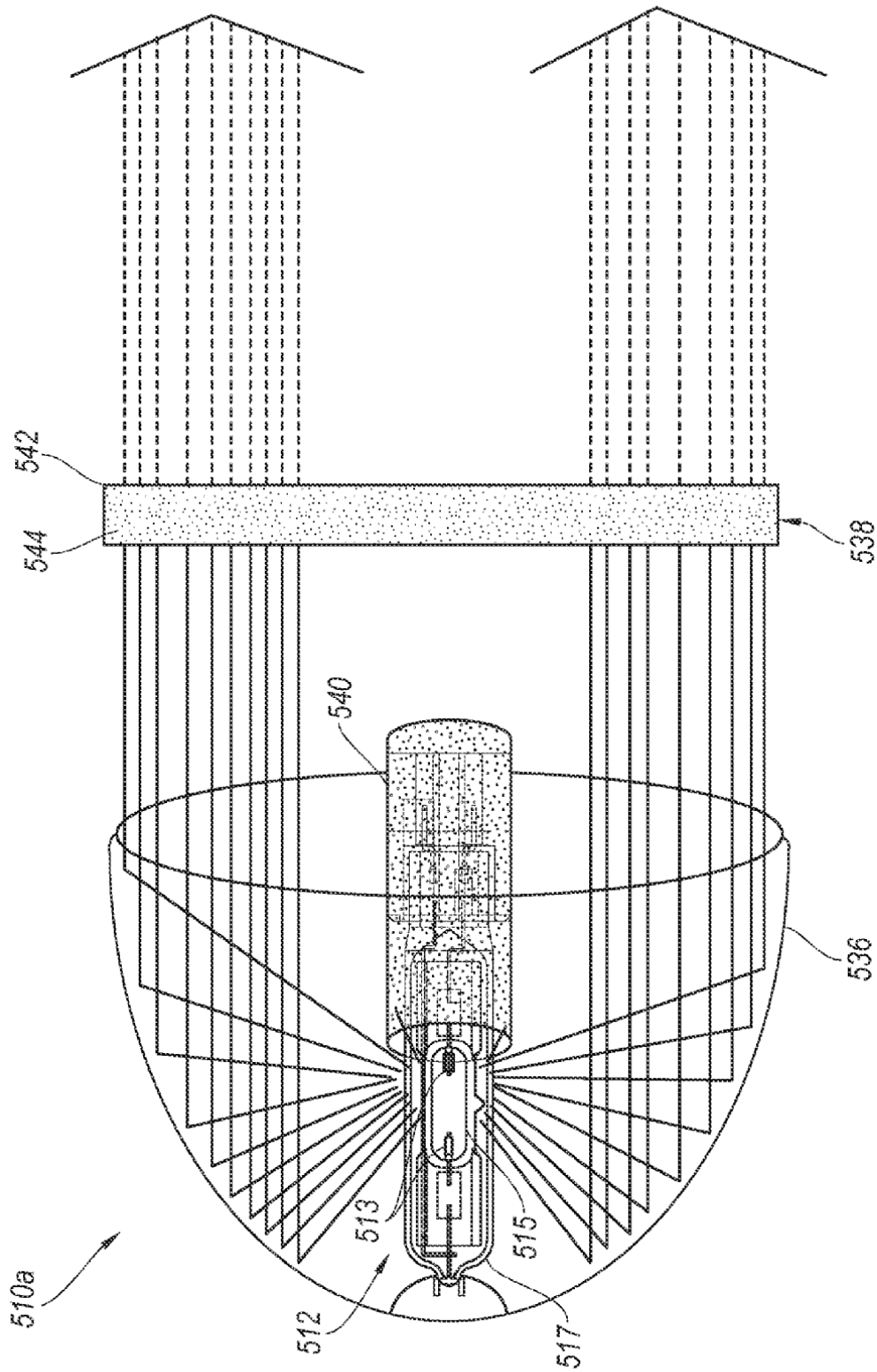


Fig. 5B

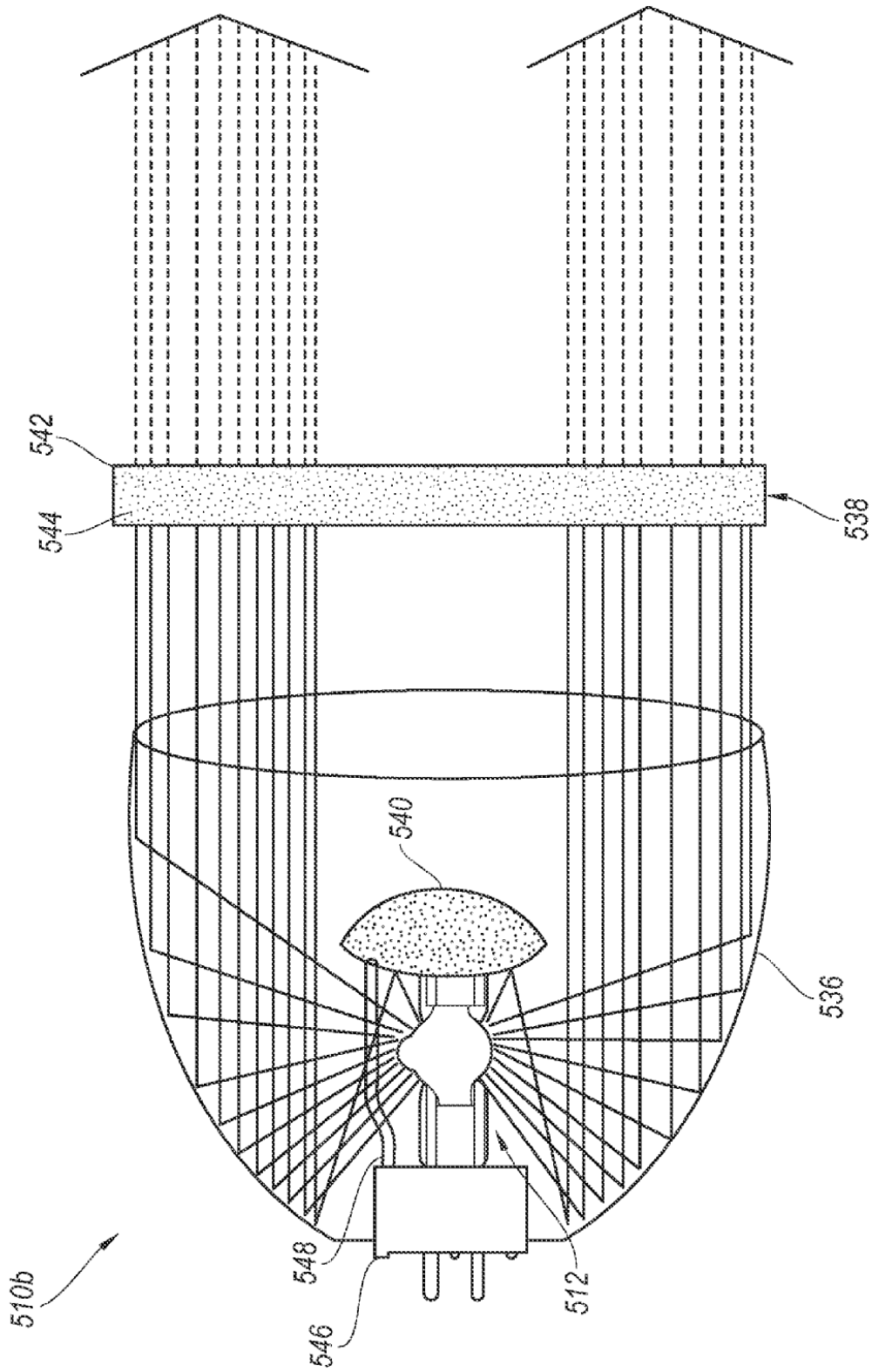


Fig. 5C

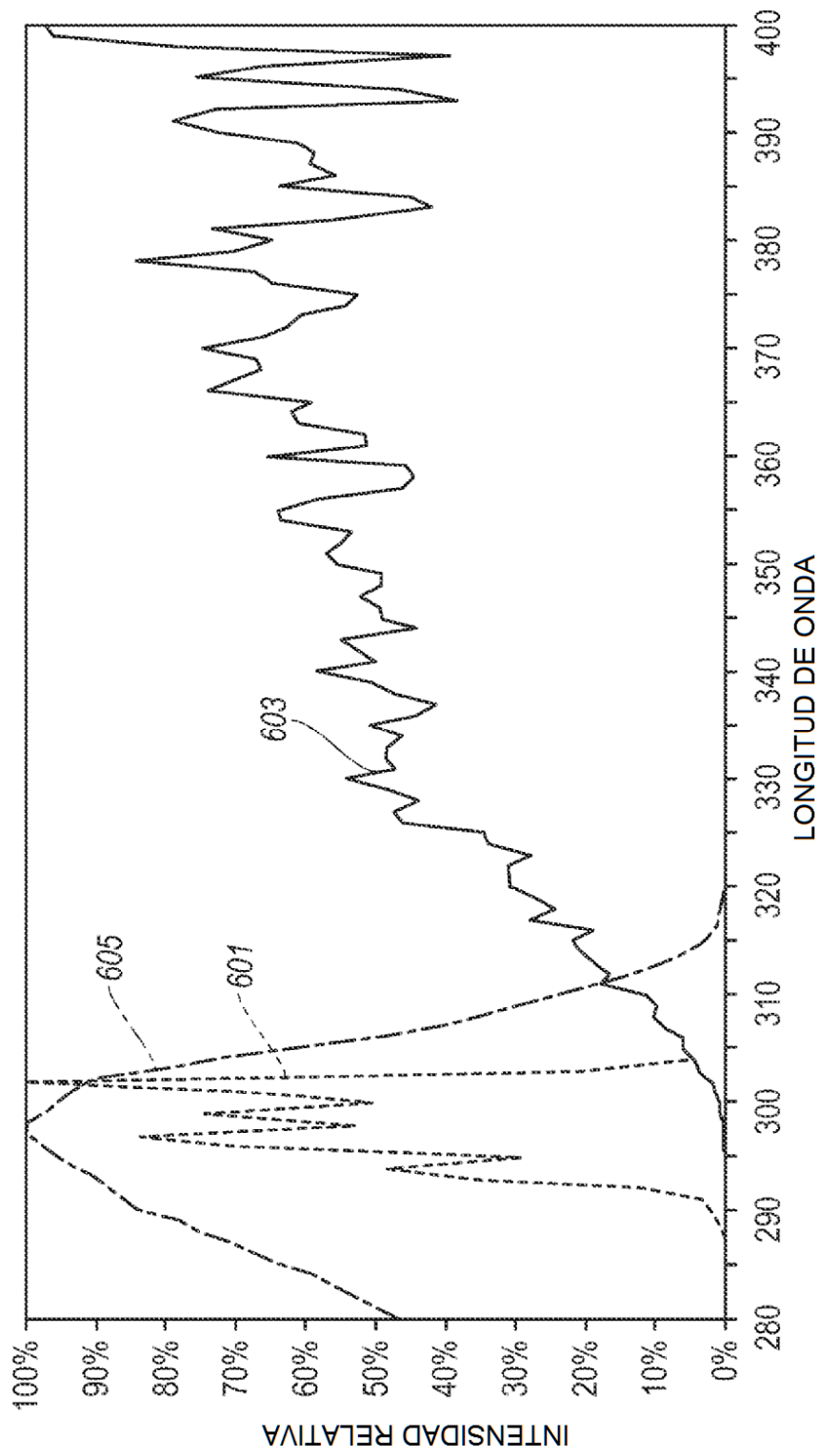


Fig. 6

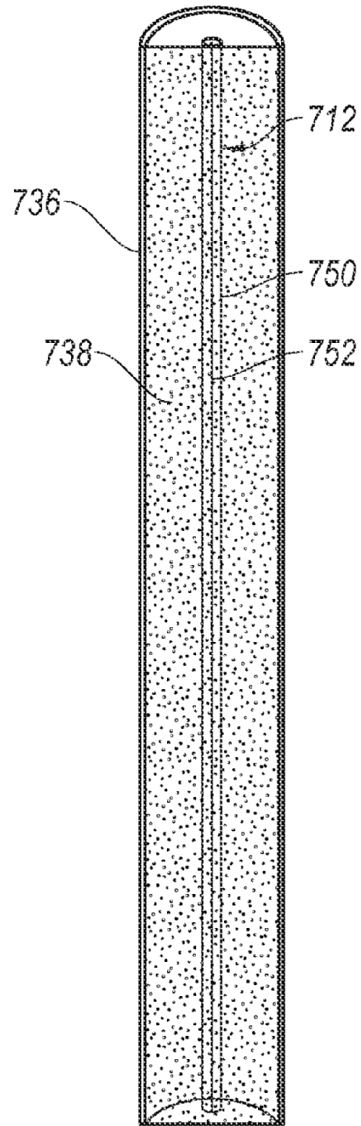


Fig. 7

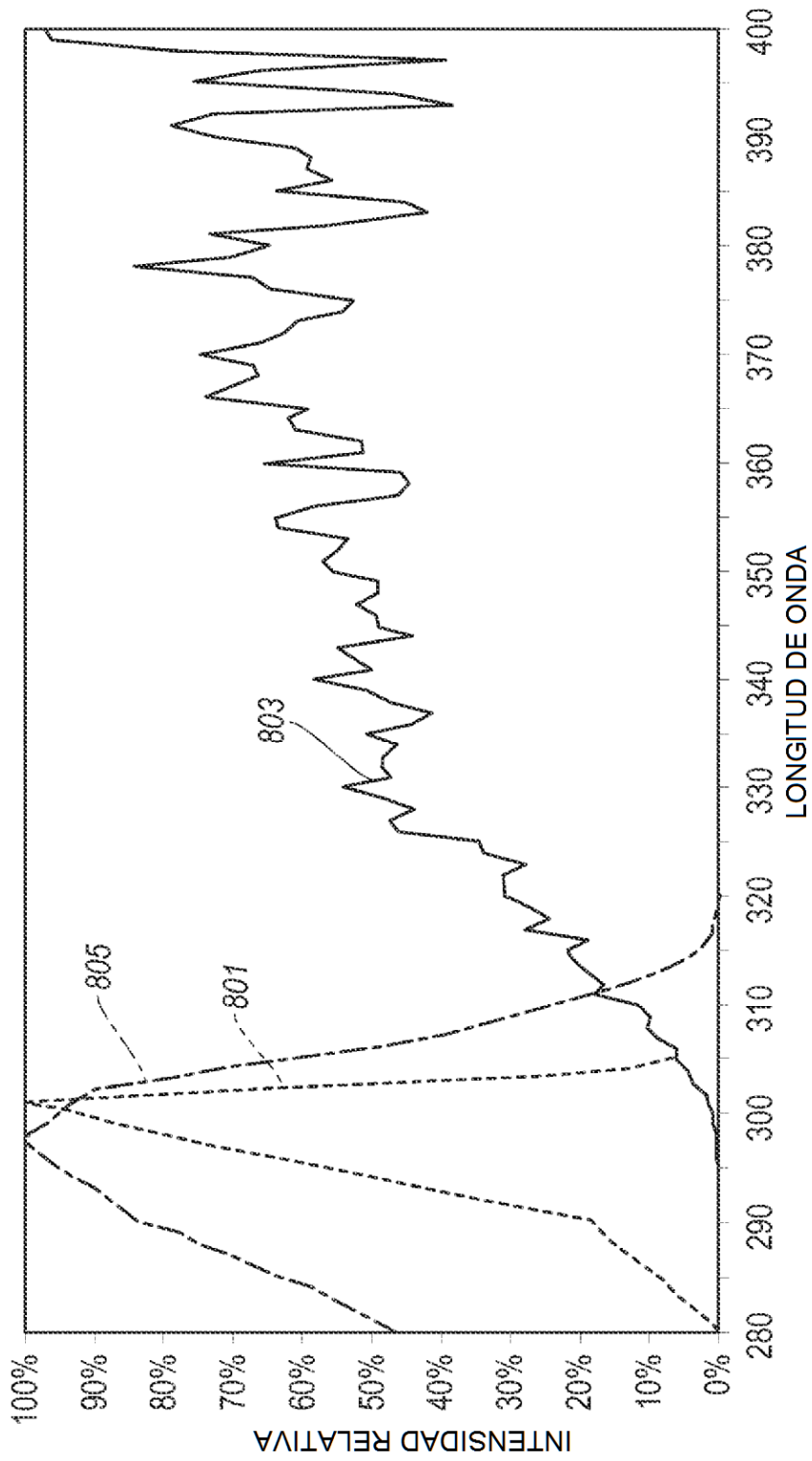


Fig. 8