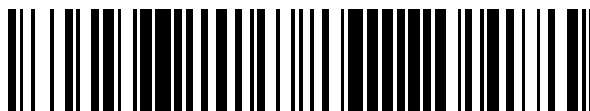


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 941 037**

51 Int. Cl.:

A61B 18/02 (2006.01)

A61B 18/20 (2006.01)

A61N 5/067 (2006.01)

A61B 18/00 (2006.01)

A61B 34/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.12.2018 PCT/US2018/068192**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2020 WO20142083**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2018 E 18945410 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2023 EP 3905977**

54 Título: **Sistemas para tratamiento de tejidos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2023

73 Titular/es:

**AVAVA, INC. (100.0%)
275 Second Avenue, 3rd Floor
Waltham, MA 02451, US**

72 Inventor/es:

**DRESSER, CHARLES HOLLAND;
BHAWALKAR, JAYANT y
TING, JOSEPH**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 941 037 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

Sistemas para tratamiento de tejidos

Antecedentes

5 Diversas afecciones pueden tratarse con la aplicación de luz o energía óptica de ciertas longitudes de onda. Existen muchos desafíos para suministrar energía a la estructura de destino apropiada (p. ej., tejido, como la piel) sin dañar las estructuras tisulares adyacentes a la estructura de destino. Estos desafíos incluyen el suministro de energía a una longitud de onda adecuada con suficiente fluencia, así como la capacidad de escanear de manera eficaz y eficiente la estructura de destino con la luz o la energía óptica.

10 El melasma es un ejemplo de un trastorno de la piel de etiología desconocida que causa una hiperpigmentación con manchas, a menudo en el área facial. Esta afección es más común en mujeres que en hombres. Aunque es posible que no se entiendan bien las causas específicas del melasma, la apariencia pigmentada del melasma puede verse agravada por ciertas condiciones, como el embarazo, la exposición al sol, ciertos medicamentos, como, por ejemplo, anticonceptivos orales, niveles hormonales, genética, etc. Ejemplos de síntomas de melasma incluyen parches o máculas oscuras de forma irregular, que se encuentran comúnmente en la parte superior de la mejilla, la nariz, el labio superior y la frente. Estos parches a menudo se desarrollan gradualmente con el tiempo. El melasma no parece causar ningún otro síntoma ni tener otros efectos perjudiciales, más allá de la decoloración cosmética.

15 A diferencia de muchas estructuras pigmentadas que normalmente están presentes en la región epidérmica de la piel (es decir, en o cerca de la superficie de tejido), el melasma dérmico (o profundo) a menudo se caracteriza por la presencia generalizada de melanina y melanófagos (incluidas, por ejemplo, células excesivamente pigmentadas) en partes o regiones de la dermis subyacente. En consecuencia, el tratamiento del melasma dérmico (p. ej., aclaramiento de la apariencia de regiones pigmentadas oscurecidas) puede ser particularmente desafiante debido a la presencia de una mayor dificultad para acceder y afectar dichas células y estructuras pigmentadas ubicadas más profundamente dentro de la piel. En consecuencia, los tratamientos convencionales de rejuvenecimiento de la piel tales como peelings faciales (láser o químicos), dermoabrasión, agentes tópicos y similares, que afectan principalmente a la epidermis suprayacente, pueden no ser eficaces en el tratamiento del melasma dérmico.

20 El documento US 2001/007068 A1 describe un aparato de tratamiento con láser que se usa para tratar una parte afectada de un paciente mediante la irradiación de un rayo láser de tratamiento a la parte afectada. El aparato incluye una unidad de irradiación láser provista de un sistema óptico de irradiación láser para enviar el rayo láser a la parte afectada; un miembro de contacto que incluye una cara de contacto que se pone en contacto con al menos una de las partes afectadas y una periferia de la misma; un refrigerador que refrigerará al menos la cara de contacto del elemento de contacto; un sensor que detecta al menos uno de la temperatura de una periferia de la cara de contacto en contacto con la parte afectada, una temperatura de una parte predeterminada de al menos uno de los miembros de contacto y el refrigerador, un estado de contacto de la cara de contacto con respecto a la parte afectada, y un movimiento relativo sustancialmente horizontal del elemento de contacto con respecto a la parte afectada; y un controlador de irradiación que controla la irradiación láser basándose en un resultado de detección por parte del sensor.

Compendio

40 Se ha observado que la aplicación de luz o energía óptica de ciertas longitudes de onda puede ser fuertemente absorbida por las células pigmentadas, dañándolas. Sin embargo, un tratamiento eficaz del melasma dérmico utilizando energía óptica presenta varios obstáculos. Por ejemplo, las células pigmentadas en la dermis deben ser abordadas con suficiente energía óptica de longitud de onda apropiada para romperlas o dañarlas, lo que puede liberar o destruir parte de la pigmentación y reducir la apariencia pigmentada. Sin embargo, dicha energía puede ser absorbida por pigmentos (p. ej., cromóforos) en el tejido cutáneo suprayacente, como la epidermis y la dermis superior. Esta absorción cercana a la superficie puede conducir a un daño excesivo de la parte exterior de la piel y un suministro insuficiente de energía a la dermis más profunda para afectar a las células pigmentadas de la misma. Además, la lesión térmica de los melanocitos situados en la capa basal de la epidermis puede desencadenar un aumento en la producción de melanina y, la lesión térmica que da lugar a la destrucción de los melanocitos puede causar hipopigmentación. Por lo tanto, es deseable refrigerar (es decir, transferir el calor lejos de) el tejido que no está siendo el objetivo y especialmente el tejido epidérmico pigmentado ubicado justo encima de una mácula de melasma dérmico. Idealmente, la refrigeración ocurrirá simultáneamente con la radiación de tratamiento y sobre la misma superficie de tejido que la radiación.

55 Se han desarrollado enfoques fraccionados que involucran la aplicación de energía óptica en ubicaciones de tratamiento pequeñas y discretas en la piel que están separadas por tejido sano para facilitar la curación. Abordar con precisión las ubicaciones de tratamiento (p. ej., ubicadas en la capa dérmica) con la especificidad deseable mientras se evita dañar el tejido sano alrededor de la ubicación del tratamiento (p. ej., en la capa epidérmica) puede ser un desafío. Esto requiere, por ejemplo, un sistema óptico con una gran apertura numérica (NA) para enfocar un rayo láser en una ubicación de tratamiento. Además, el sistema óptico debería poder escanear el haz enfocado sobre grandes regiones afectadas (por ejemplo, varios centímetros cuadrados). Por lo tanto, es deseable desarrollar un sistema óptico que pueda tener una gran apertura numérica y que sea capaz de escanear grandes regiones afectadas. También es

deseable que una interfaz establezca un contacto robusto con la región de tratamiento y establezca la región de tratamiento, de modo que se pueda mantener la profundidad del rayo láser enfocado dentro de la región de tratamiento. Además, puede ser ventajoso que la interfaz refrigere la región de tratamiento al mismo tiempo que la radiación de tratamiento para evitar lesiones térmicas no deseadas. Al menos por las razones descritas anteriormente, se proporcionan métodos, sistemas y dispositivos mejorados para el tratamiento de tejidos basado en REM (por ejemplo, basado en láser).

Según la invención, un sistema incluye un elemento óptico configurado para recibir una radiación electromagnética (REM) y enfocar la REM a lo largo de un eje óptico a una región focal en un tejido de destino. El sistema incluye un controlador configurado para dirigir el elemento óptico a lo largo de una primera ruta de escaneo, en donde se configura un movimiento del elemento óptico a lo largo de la primera ruta de escaneo para atravesar la región focal a lo largo de una ruta de tratamiento en el tejido de destino. El sistema también incluye un elemento de refrigeración que se extiende haz abajo desde el elemento óptico y se configura para unirse de manera retirable al sistema a través de tres o más lugares de referencia y para recibir la REM de enfoque. El elemento de refrigeración incluye una primera ventana que comprende una primera superficie proximal y una primera superficie distal. El elemento de refrigeración incluye además una segunda ventana haz abajo de la primera ventana. La segunda ventana incluye una segunda superficie proximal y una segunda superficie distal. La segunda ventana se configura para contactar con un tejido de destino o un tejido adyacente al tejido de destino a través de la segunda superficie distal. La primera ruta de escaneo es paralela a la segunda superficie distal dentro de 50 milirradianes. El elemento de refrigeración también incluye una cámara de refrigerante ubicada entre la primera superficie distal de la primera ventana y la segunda superficie proximal de la segunda ventana y configurada para recibir un refrigerante. La primera ventana, la segunda ventana y la cámara de refrigerante se configuran para recibir una radiación electromagnética (REM) y transmitir una parte de la REM recibida al tejido de destino.

En una implementación, el controlador se configura para variar una primera distancia entre la región focal y la segunda superficie distal de la segunda ventana a lo largo del eje óptico al variar una segunda distancia entre el elemento óptico y la segunda superficie distal de la segunda ventana a lo largo del eje óptico. En otra implementación, la primera distancia varía entre un primer valor predeterminado y un segundo valor predeterminado a medida que la región focal atraviesa la ruta de tratamiento en el tejido de destino. En otra implementación más, la diferencia entre el primer valor predeterminado y el segundo valor predeterminado es inferior a 0,25 mm. En otra implementación, el primer valor predeterminado es 0,001 mm y el segundo valor predeterminado es 10 mm.

En una implementación, el controlador se configura para variar una primera distancia entre la región focal y la segunda superficie distal de la segunda ventana a lo largo del eje óptico al variar una divergencia asociada con la REM. En otra implementación, el sistema incluye además un escáner. El escáner se configura para recibir una señal de control del controlador y mover el elemento óptico a lo largo de la primera ruta de escaneo en función de la señal de control. En otra implementación más, la primera ruta de escaneo es sustancialmente paralela a la segunda superficie distal de la segunda ventana.

En una implementación, el controlador se configura para variar la intensidad de la radiación REM. En otra implementación, el controlador se configura para variar el caudal del refrigerante en la cámara de refrigerante. En otra implementación más, el elemento óptico tiene una apertura numérica (NA) en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,0.

En una implementación, la REM tiene una potencia promedio en el intervalo de aproximadamente 1 W a aproximadamente 100 W. En otra implementación, la REM incluye un rayo láser pulsado que tiene una longitud de onda en un intervalo de aproximadamente 400 nm a aproximadamente 4000 nm. En otra implementación más, la REM se configura para generar plasma termoiónico en la región focal. En otra implementación, el elemento de refrigeración incluye además una fuente de gas configurada para dirigir un gas a la primera ventana, el gas configurado para evitar la condensación en la primera ventana.

Según la invención, un método para tratar afecciones de la piel con fines cosméticos incluye generar, mediante un elemento óptico de un sistema, una radiación electromagnética de enfoque (REM) configurada para enfocarse en una región focal en un tejido de destino, y transmitir la REM de enfoque a través de un elemento de refrigeración configurado para unirse de forma retirable al sistema a través de tres o más lugares de referencia. El elemento de refrigeración incluye una primera ventana que comprende una primera superficie proximal y una primera superficie distal. El elemento de refrigeración incluye además una segunda ventana haz abajo de la primera ventana. La segunda ventana incluye una segunda superficie proximal y una segunda superficie distal. La segunda ventana se configura para contactar con un tejido de destino o un tejido adyacente al tejido de destino a través de la segunda superficie distal. El elemento de refrigeración también incluye una cámara de refrigerante ubicada entre la primera superficie distal de la primera ventana y la segunda superficie proximal de la segunda ventana y configurada para recibir un refrigerante. El método incluye además dirigir el elemento óptico a lo largo de una primera ruta de escaneo, en donde un movimiento del elemento óptico a lo largo de la primera ruta de escaneo se configura para atravesar la región focal a lo largo de una ruta de tratamiento en el tejido de destino, en donde la primera ruta de escaneo es paralela a la segunda superficie distal dentro de 50 milirradianes.

En una implementación, generar la REM de enfoque incluye colocar una lente óptica a lo largo de un eje óptico de la

REM. En otra implementación, el método incluye además variar la profundidad de la región focal en el tejido de destino al variar la ubicación de la lente óptica a lo largo del eje óptico. En otra implementación más, la profundidad de la región focal oscila entre aproximadamente 0,001 mm y aproximadamente 10 mm.

5 En una implementación, el método incluye además escanear la REM de enfoque a lo largo de una ruta de tratamiento en el tejido de destino. En otra implementación, el haz de REM de enfoque se escanea a lo largo de una ruta de tratamiento moviendo el elemento óptico sustancialmente paralelo al segundo extremo distal de la segunda ventana.

10 En una implementación, el elemento de refrigeración incluye un marco que incluye uno o más lugares de referencia. La primera ventana se sella al marco. La segunda ventana se sella al marco. La segunda ventana incluye una segunda superficie proximal y una segunda superficie distal. La segunda ventana se configura para contactar con un tejido de destino o un tejido adyacente al tejido de destino a través de la segunda superficie distal. El elemento de refrigeración también incluye una cámara de refrigerante ubicada entre la primera superficie distal de la primera ventana y la segunda superficie proximal de la segunda ventana y configurada para recibir un refrigerante. La primera ventana, la segunda ventana y la cámara de refrigerante se configuran para recibir radiación electromagnética (REM) y transmitir una parte de la REM recibida al tejido de destino.

15 En una implementación, uno o más lugares de referencia se disponen en un plano de lugares de referencia. La segunda ventana se dispone en un primer ángulo con respecto al plano de lugares de referencia. El primer ángulo es menor que 1,0 mrad. En otra implementación, la cámara de refrigerante incluye una vía configurada para dirigir un refrigerante desde una fuente de flujo de refrigerante a la cámara de refrigerante. En otra implementación más, la primera ventana se sella al marco a través de un primer sello, y la segunda ventana se sella al marco a través de un
20 segundo sello. El primer sello incluye uno o más de un adhesivo, una soldadura, una soldadura blanda, una soldadura fuerte, un polímero y un elastómero.

25 En una implementación, una primera efusividad térmica asociada con la primera ventana es menor que una segunda efusividad térmica asociada con la segunda ventana. En otra implementación, un primer grosor asociado a la primera ventana es mayor que un segundo grosor asociado a la segunda ventana. En otra implementación más, el elemento de refrigeración incluye además una fuente de gas configurada para dirigir un gas a la primera ventana. El gas se configura para evitar la condensación en la primera ventana.

30 En una implementación, la segunda superficie distal de la segunda ventana tiene una o más formas planas, convexas y cóncavas. En otra implementación, el elemento de refrigeración incluye además un sujetador. El sujetador se configura para fijar la segunda superficie distal de la segunda ventana al marco. En aún otra implementación, el sujetador comprende al menos uno de un tornillo, una abrazadera, un resorte, un anillo de retención y una lengüeta.

35 En una implementación, la segunda ventana comprende al menos uno de: zafiro, cuarzo o diamante. En otra implementación, la primera ventana se dispone en un segundo ángulo con respecto a la segunda ventana, siendo el segundo ángulo inferior a 10 mrad. En otra implementación más, la segunda ventana está haz abajo de la primera ventana. En otra implementación, la parte de la REM recibida se transmite a una región focal en el tejido de destino.

35 **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones de la divulgación se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 representa esquemáticamente un sistema para irradiar y refrigerar un tejido;

40 La FIG. 2A representa esquemáticamente un sistema para variar una distancia de trabajo de un enfoque de un haz de radiación electromagnética;

La FIG. 2B representa esquemáticamente otro sistema para variar una distancia de trabajo de un enfoque de un haz de radiación electromagnética;

La FIG. 3 representa esquemáticamente un sistema para escanear un haz de radiación electromagnética sobre al menos un eje;

45 Las FIGS. 4A-4D representan esquemáticamente un sistema para refrigerar un tejido que coincide con una irradiación en numerosas vistas;

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que representa un método para irradiar y refrigerar un tejido;

La FIG. 6 es una ilustración esquemática de un rayo láser enfocado en una región pigmentada de una capa dérmica en la piel;

50 La FIG. 7A es un gráfico de espectro de absorbancia ejemplar para melanina;

La FIG. 7B es un gráfico de espectro de absorbancia ejemplar para hemoglobina;

La FIG. 8 ilustra un trazado de los coeficientes de absorción de melanina y sangre venosa, y los coeficientes de dispersión de la luz en la piel frente a la longitud de onda;

La FIG. 9A ilustra un gráfico que representa el rendimiento de refrigeración de múltiples ejemplos de elementos de refrigeración; y

5 Las FIGS. 9B-9D ilustran esquemas de elementos de refrigeración ejemplares.

Se observa que los dibujos no están necesariamente a escala. Los dibujos pretenden representar solo aspectos típicos del tema divulgado en esta memoria y, por lo tanto, no deben considerarse como limitantes del alcance de la divulgación. Los expertos en la técnica comprenderán que los sistemas, dispositivos y métodos específicamente descritos en esta memoria e ilustrados en los dibujos adjuntos son realizaciones ejemplares no limitativas y que el alcance de las presentes realizaciones se define únicamente por las reivindicaciones.

Descripción detallada

Ciertas realizaciones ejemplares se describirán ahora para proporcionar una comprensión general de los principios de la estructura, función, fabricación y uso de los dispositivos y métodos descritos en esta memoria. Uno o más ejemplos de estas realizaciones se ilustran en los dibujos adjuntos. Las características ilustradas o descritas en relación con una realización ejemplar pueden combinarse con las características de otras realizaciones.

Algunas realizaciones de la divulgación se analizan en detalle a continuación con respecto al tratamiento de afecciones pigmentarias de la piel con fines cosméticos, como el melasma, para mejorar la apariencia de tal afección pigmentaria. Sin embargo, las realizaciones divulgadas pueden emplearse para el tratamiento de otras afecciones pigmentarias y no pigmentarias y otros objetivos de tejidos y no tejidos. Ejemplos de afecciones pigmentarias pueden incluir, entre otros, hiperpigmentación posinflamatoria, piel oscura alrededor de los ojos, ojos oscuros, manchas café con leche, nevo de Becker, nevo de Ota, nevo melanocítico congénito, pecas/lentigo, estructuras ricas en hemosiderina, pigmentación cálculos biliares, luteína, zeaxantina, rodopsina, carotenoide, biliverdina, estructuras ricas en bilirrubina y hemoglobina, y tejido que contiene tatuajes. Ejemplos de afecciones no pigmentarias pueden incluir, entre otros, folículos pilosos, tallo piloso, lesiones vasculares, afecciones infecciosas, glándulas sebáceas, acné y similares. Ejemplos de tejidos no cutáneos pueden incluir, entre otros, tejidos blandos, como cartílago, mucosa y serosa, y tejidos duros, como hueso y esmalte dental.

Además, en la presente divulgación, los componentes con nombres similares de las realizaciones generalmente tienen características similares y, por lo tanto, dentro de una realización particular, cada característica de cada componente con nombres similares no se elabora necesariamente en su totalidad. Además, en la medida en que se utilicen dimensiones lineales o circulares en la descripción de los sistemas, dispositivos y métodos divulgados, dichas dimensiones no pretenden limitar los tipos de formas que se pueden utilizar junto con dichos sistemas, dispositivos y métodos. Un experto en la técnica reconocerá que se puede determinar fácilmente un equivalente a tales dimensiones lineales y circulares para cualquier forma geométrica. Los tamaños y formas de los sistemas y dispositivos, y los componentes de los mismos, pueden depender al menos de la anatomía del sujeto en el que se utilizarán los sistemas y dispositivos, el tamaño y la forma de los componentes con los que se utilizarán los sistemas y dispositivos, y los métodos y procedimientos en los que se utilizarán los sistemas y dispositivos.

En general, se describen algunos sistemas de tratamiento óptico de alta apertura numérica (NA) que pueden enfocar la radiación electromagnética (REM) (por ejemplo, un rayo láser) en una región de tratamiento en un tejido. El rayo láser enfocado puede entregar energía óptica a la región de tratamiento sin dañar el tejido circundante. La energía óptica suministrada puede, por ejemplo, alterar los cromóforos pigmentados y/o los objetivos en una región de tratamiento de la capa dérmica de la piel, sin afectar las regiones circundantes (por ejemplo, la capa epidérmica suprayacente, otras partes de la capa dérmica y similares) o dentro de otras áreas de destino pigmentadas de la piel o tejido rodeadas por áreas no afectadas y no de destino. En otras implementaciones, la energía óptica suministrada puede provocar la eliminación o alteración de tatuajes, o un tratamiento relacionado con la hemoglobina. Durante un tratamiento típico, se puede administrar al tejido una gran cantidad de radiación (por ejemplo, más de 1 W, 5 W, 10 W, 20 W o 30 W de potencia promedio dependiendo de la longitud de onda). En última instancia, estos niveles de radiación pueden dar como resultado un calentamiento masivo del tejido y potencialmente causar daños térmicos. Para evitar el calentamiento masivo del tejido, se debe realizar la refrigeración del tejido. Para que la refrigeración sea más eficaz, la refrigeración se realiza en el mismo lugar y al mismo tiempo que la irradiación. Los métodos anteriores de refrigeración han realizado la refrigeración en el mismo lugar, pero no al mismo tiempo (por ejemplo, refrigeración criogénica). Todavía se han realizado otros métodos de refrigeración, que refrigeran al mismo tiempo, pero no sobre la misma área que la irradiación.

Métodos y dispositivos ejemplares para tratar afecciones de la piel con luz o energía óptica se describen en la Publicación de solicitud de patente de EE. UU. N.º 2016/0199132, titulada "Method and Apparatus for Treating Dermal Melasma", y la solicitud provisional de EE. UU. N.º 62/438.818, titulada "Method and Apparatus for Selective Treatment of Dermal Melasma".

La FIG. 1 ilustra una realización ejemplar de un sistema de tratamiento 100 que puede irradiar y refrigerar un tejido 101. Una fuente de radiación electromagnética (REM) 102, como un láser, genera un haz de REM 104. Según algunas

realizaciones, el haz de REM 104 tiene una longitud de onda en un intervalo de entre 100 nanómetros (nm) y 15000 nm (por ejemplo, entre 400 nm y 4000 nm). Una fuente de REM 102 ejemplar puede ser un Q-Smart 450 de Quantel de Les Ulis, Francia. El Q-Smart 450 puede generar un haz de REM 104 (por ejemplo, un haz pulsado) con una longitud de onda de 1064 nm, una duración de pulso entre 6 nanosegundos (nS) y 20 nS, una tasa de repetición de hasta 40 Hz y una energía de pulso hasta 450 mJ. Otra fuente de REM ejemplar 102 es el láser de fibra Coherent Diamond FLQ de Coherent de Santa Clara, California. El haz de REM 104 generado por el láser de fibra Diamond FLQ puede tener una potencia promedio hasta 10 W, 20 W, 50 W o 100 W, una duración de pulso de aproximadamente 100 nS, una energía de pulso de hasta 1 mJ y una tasa de repetición de pulso entre 20 kHz y 100 kHz. El haz de REM 104 puede ser enfocado por un elemento óptico 106 que hace que el haz de REM 104 converja a un enfoque 108 (o una "región focal") a medida que se propaga a lo largo de un eje óptico 110. Según algunas realizaciones, el haz de REM 104 converge a un enfoque 108 con una apertura numérica entre 0,1 y 1,0 (por ejemplo, 0,5).

El sistema de tratamiento 100 incluye un elemento de refrigeración 150 que comprende una primera ventana 112, una cámara 114 configurada para recibir/contener un flujo de refrigerante 116 (por ejemplo, refrigerante fluido) y una segunda ventana 118. El elemento de refrigeración se ubica haz abajo del elemento óptico 106. El término "haz abajo" indica que el haz de REM 104 primero incide sobre el elemento óptico 106 y luego incide sobre el elemento de refrigeración 150. Dicho de otra manera, el elemento óptico 106 se ubica haz arriba de elemento de refrigeración 150.

El haz de REM 104 se puede transmitir a través de un elemento de refrigeración 150 que comprende una primera ventana 112, una cámara 114 configurada para recibir/contener un flujo de refrigerante 116 y una segunda ventana 118. Por ejemplo, la primera ventana 112, el refrigerante 116 y la segunda ventana 118 pueden transmitir sustancialmente el haz de REM 104. Según algunas realizaciones, el haz de REM puede ser convergente (por ejemplo, enfocado) a medida que se transmite a través de la primera ventana 112, la cámara 114, el flujo de refrigerante 116 y la segunda ventana 118. El haz de REM 104 puede llegar a un enfoque 108 después de propagarse a través de una superficie distal 120 de la segunda ventana 118. Entre el enfoque 108 y la superficie distal 120 de la segunda ventana 118 hay una distancia de trabajo 122. Según algunas realizaciones, la distancia de trabajo 122 puede tener valores que oscilan entre 0,001 milímetros (mm) y 100 mm (por ejemplo, 0,5 mm, 1,0 mm y 10 mm).

Según algunas realizaciones, una fuente de flujo de refrigerante 124 puede inducir el flujo de refrigerante 116, que puede ser contenido/recibido por la cámara 114 ubicada entre la primera ventana 112 y la segunda ventana 118 (por ejemplo, entre una superficie distal de la primera ventana 112 y la superficie proximal de la segunda ventana 118). Una fuente ejemplar de flujo de refrigerante es un refrigerador compacto (N.º de pieza UC160-190) de Steady State Cooling Systems de Wappingers Falls, Nueva York. El UC160-190 es capaz de generar un flujo de refrigerante 124 con un caudal de 500 ml/min \pm 50 ml/min a 9 psig, una presión máxima de 30 psig y una temperatura del refrigerante entre 2 °C y 45 °C. Un refrigerante puede ser generalmente transmisivo (p. ej., más del 50 % de transmisividad) a la longitud de onda del haz de REM 104. Por ejemplo, una mezcla de propilenglicol y agua generalmente es transmisiva en un intervalo de longitud de onda que abarca el espectro visible y 1064 nm.

El sistema de tratamiento 100 comprende además un controlador 126. El controlador se configura para controlar la fuente de REM 102 y la fuente de flujo de refrigerante 124, la dirección de transmisión del haz de REM 104, la ubicación/movimiento del elemento óptico 106 (por ejemplo, la ruta del elemento óptico 106 con respecto al elemento de refrigeración 150), etc. Según algunas realizaciones, la temperatura del refrigerante 116 se controla dentro de unos pocos grados Celsius de un punto de consigna. Puntos de consigna de temperatura de refrigerante ejemplares incluyen temperaturas inferiores a -10 °C, 0 °C, 5 °C y temperaturas superiores a 10 °C. Según algunas implementaciones, el controlador 126 controla uno o más parámetros de la fuente de flujo de refrigerante 124, que incluyen una temperatura de punto de consigna dl refrigerante y un caudal de refrigerante. Según algunas implementaciones, el controlador 126 controla uno o más parámetros de la fuente de REM 102 que incluyen: una duración de pulso, una tasa de repetición, una señal de enclavamiento o puerta de REM, una energía de pulso, una potencia promedio, etc.

Según algunas realizaciones, el sistema de tratamiento 100 se configura para generar un plasma en el tejido 101 en o cerca de la ubicación del enfoque 108. El plasma, en algunas realizaciones, puede generarse a través de medios ópticos, como fotoionización. Para producir plasma a través de la fotoionización, se puede requerir una gran densidad de energía (por ejemplo, para un pulso de REM que tenga una duración de pulso en el intervalo de nanosegundos). Por ejemplo, un umbral de irradiancia para la fotoionización del agua puede ser tan alto como 10^{13} W/cm² (por ejemplo, entre 10^5 W/cm² a 10^{13} W/cm²). En otras realizaciones, el plasma se puede generar mediante emisión termoiónica de electrones. La generación termoiónica de plasma puede tener lugar en presencia de un cromóforo (por ejemplo, un material configurado para absorber el haz de REM 104) ubicado en o cerca del enfoque 108 del haz de REM 104. Una alta densidad de energía en el enfoque puede resultar en la ionización del cromóforo y el daño térmico selectivo al cromóforo y, en algunos casos, a los materiales cercanos al cromóforo. Por ejemplo, un umbral de irradiancia para la ionización termoiónica en un medio absorbente de un pulso de REM que tiene una duración de pulso en el intervalo de nanosegundos puede ser tan bajo como 10^9 W/cm², aunque la naturaleza selectiva del haz de REM convergente 104 y el enfoque 108 puede evitar el calentamiento inmediato de tejido no de destino, el calentamiento masivo aún puede ocurrir en muchos pulsos de REM por encima o cerca de una o más ubicaciones de enfoque 108.

Según algunas implementaciones, el elemento de refrigeración 150 puede refrigerar el tejido 101 mientras está siendo irradiado por el haz de REM 104. En algunas implementaciones, un camino térmico puede discurrir desde el enfoque

108 (por ejemplo, paralelo/colineal con el eje óptico 110) y a través del tejido 101, una superficie exterior del tejido 101, la superficie distal 120 de la segunda ventana 118, la segunda ventana 118 y finalmente el flujo de refrigerante 116. Este camino térmico puede ser el camino más corto desde el enfoque 108 fuera del tejido 101 y hacia la superficie distal 120 de la segunda ventana 118 (por ejemplo, el camino más corto a través del tejido 101). Por esta razón, el calor masivo del tejido 101 puede transferirse eficientemente (por ejemplo, desde la ubicación del enfoque 108) al refrigerante 116. Debido a que el refrigerante y las ventanas son transmisivos a la longitud de onda del haz de REM, la refrigeración puede ser realizada simultáneamente junto con la irradiación. Algunos tratamientos pueden requerir que la ubicación del enfoque 108 dentro del tejido se controle cuidadosamente y, en ocasiones, se varíe. En estos casos, puede ser deseable que la ubicación de la superficie distal 120 de la segunda ventana 118 con respecto al enfoque 108 sea conocida y/o controlada. Por ejemplo, los sensores (por ejemplo, acelerómetros, detectores de posición, etc.) pueden detectar la ubicación y/o el movimiento de la segunda ventana 118 (o el elemento de refrigeración 150) y pueden transmitir esta información al controlador 126. Esto puede permitir rastrear la ubicación y/o el movimiento de la segunda ventana 118 (o elemento de refrigeración 150).

El melasma dérmico se puede tratar mediante plasma termoiónico selectivo en la dermis que contiene pigmento. Para realizar este tratamiento, puede ser deseable tener el enfoque 108 de un haz de REM 104 en o cerca (por ejemplo, un alcance de Rayleigh 2X) de la profundidad del pigmento dentro de la dermis (por ejemplo, de 100 μm a 1 mm por debajo de la superficie de tejido 101). Con referencia ahora a las FIGS. 2A-2B, se muestra una variación 200 de la profundidad de la ubicación del enfoque 108. La FIG. 2A muestra esquemáticamente la variación 200 de la profundidad del enfoque 108 según algunas realizaciones. La traslación 210 del elemento óptico 106 con respecto a la segunda ventana 118 a lo largo del eje óptico 110 (por ejemplo, el eje z) produce una variación correspondiente 200 de profundidad del enfoque 108. Según algunas realizaciones, la traslación óptica 210 puede generarse mediante una etapa y controlada por el controlador. Un escenario ejemplar es un módulo de enfoque M3-FS de NewScale Technologies de Victor New York. En algunas versiones, el controlador 126 controla uno o más parámetros de la etapa, que incluyen: aceleración, velocidad y posición.

Según algunas realizaciones, la profundidad del enfoque 108 se puede variar (p. ej., por variación 200) mediante un cambio correspondiente en la divergencia 220 de un haz de REM 222 divergente. Con referencia a la FIG. 2B, la profundidad se puede variar 200 desde una primera ubicación de enfoque 224 a una segunda ubicación de enfoque 226. La primera ubicación de enfoque 224 se produce mediante un cambio de frente de onda introducido por el elemento óptico 106 en un primer haz de REM 228 que tiene una divergencia despreciable. La segunda ubicación de enfoque 226 es producida por el mismo elemento óptico 106, pero se ubica en una ubicación diferente de la primera ubicación de enfoque 224, debido a la divergencia añadida 220. Según algunas implementaciones, el cambio en la divergencia 220 se proporciona desde una óptica adaptativa, como una lente de enfoque variable. Una lente variable de enfoque ejemplar es una Optotune N.º de pieza EL-10-42-OF de Optotune Switzerland AG. Debido a la extrema selectividad lateral (por ejemplo, eje x y eje y) (por ejemplo, estrechez) del enfoque 108, puede ser deseable escanear el enfoque 108 sobre múltiples ubicaciones en el tejido 101. En algunas implementaciones, el controlador 126 puede controlar uno o más parámetros de la óptica adaptativa (por ejemplo, para variar la divergencia del haz de REM).

Con referencia ahora a la FIG. 3, se representa esquemáticamente una realización de un sistema que incluye un escáner de haz 300. Un escaneo 301 del haz óptico/REM puede resultar en una traslación (o rotación) de la ubicación de enfoque sobre un ancho de escaneo 302. Un ancho de escaneo 302 es una distancia sobre la que la ubicación de enfoque cambia lateralmente (es decir, el eje x y/o eje y). En algunas implementaciones, el escáner de haz 300 puede escanear (por ejemplo, mover) 301 el enfoque de REM, la óptica y el eje óptico (o haz de REM). La FIG. 3 muestra un escaneo 301 a una segunda ubicación de haz de REM 304, una segunda ubicación óptica 306 y una segunda ubicación de enfoque 308 (a lo largo del eje óptico 310) desde una primera ubicación de haz de REM 314, una primera ubicación óptica 316 y una primera ubicación de enfoque 318 (a lo largo del eje óptico 320). Según algunas implementaciones, el haz de REM y el eje óptico permanecen incidiendo sobre la primera ventana 112, la cámara 114 y la segunda ventana 118 en todo el ancho de escaneo. En algunas realizaciones, se puede controlar la profundidad del enfoque dentro de un tejido. Por ejemplo, puede ser deseable que una dirección o plano de escaneo 301 sea paralelo a una superficie distal 120 de la segunda ventana 118 dentro de una especificación conocida. Esto se debe a que, como se ha descrito anteriormente, un cambio en la distancia a lo largo del eje óptico entre la óptica y la superficie distal 120 de la segunda ventana puede resultar en un cambio en la distancia de trabajo 122 y la profundidad del enfoque dentro del tejido. Según algunas realizaciones, la segunda ventana 118 se mantiene paralela al movimiento de escaneo dentro de un ángulo especificado (por ejemplo, 10 mrad, 1 mrad, 0,5 mrad o 0,1 mrad). Alternativamente, en algunas implementaciones, un cambio en la distancia de trabajo 122 sobre un ancho de escaneo 302 puede limitarse a un intervalo aceptable (por ejemplo, 0,25 mm de cambio de distancia de trabajo 122 sobre un ancho de escaneo de 10 mm). El escáner de haz 300 puede ser controlado por un controlador (por ejemplo, el controlador 126). En algunas implementaciones, el controlador puede controlar uno o más parámetros del escáner de haz, incluidos: velocidad de salto, aceleración, posición, tiempo de permanencia, etc.

Un ejemplo de elemento de refrigeración 400 se representa esquemáticamente en diversas vistas en las FIGS. 4A-4D. La FIG. 4A ilustra una vista isométrica superior del elemento de refrigeración 400 (por ejemplo, la parte del elemento de refrigeración 400 que mira hacia la fuente de REM/mira hacia el lado contrario al tejido de destino). La FIG. 4B muestra una vista isométrica desde abajo del elemento de refrigeración 400 (por ejemplo, la parte del elemento de refrigeración 400 que mira hacia el tejido de destino/mira hacia el lado contrario de la fuente de REM). La FIG. 4C muestra una vista desde abajo del elemento de refrigeración 400. La FIG. 4D muestra una vista en sección del

elemento de refrigeración 400, a lo largo de las líneas de sección que se muestran en la FIG. 4C. El elemento de refrigeración ejemplar 400 comprende un marco 402. Haciendo referencia a las FIGS. 4A y 4C, el marco 402 tiene tres lugares de referencia 404. Los lugares de referencia 404 corresponden a un montaje en un dispositivo basado en energía, que puede generar una irradiación, lo que permite que el elemento de refrigeración 400 se adhiera y reemplace de forma retirable en el dispositivo basado en energía. Según algunas realizaciones, los lugares de referencia 404 pueden aproximarse a una o más formas geométricas, por ejemplo, un plano, una línea y un punto. Según algunas versiones, los lugares de referencia 404 forman parte del montaje cinemático (por ejemplo, montaje Maxwelliano). Los tres lugares de referencia 404 del elemento de refrigeración ejemplar 400 pueden ubicarse en un plano. El elemento de refrigeración ejemplar 400 incluye además una primera ventana 406 sellada al marco 402 por un primer sello 408 y una segunda ventana 410 sellada al marco 402 por un segundo sello 412. Según algunas realizaciones, el primer sello 408 y el segundo el sello 412 comprenden un adhesivo. Ejemplos de adhesivos pueden incluir adhesivos de curado por luz, siliconas y epoxis. Según otras realizaciones, el primer sello 408 y/o el segundo sello 412 incluyen una soldadura, una soldadura fuerte o una soldadura blanda y los bordes de la primera ventana 406 y/o la segunda ventana 410 correspondientes pueden ser metalizados, pulverizados o revestidos con un material (p. ej., metal) que permita este tipo de sello. Además, la segunda ventana 410 se fija al marco 402 con uno o más sujetadores 414. Puede verse en las FIGS. 4C y 4D, el sujetador 414 del elemento de refrigeración 400 ejemplar incluye una placa de abrazadera sostenida en su lugar por 3 tornillos de máquina. Ejemplos adicionales de un sujetador pueden incluir un tornillo, una abrazadera, un resorte, en salto elástico, un anillo de retención, una lengüeta o cualquier combinación de los mismos. La fijación de la segunda ventana 410 al marco permite que la superficie distal 416 de la segunda ventana 410 se coloque firmemente en contacto con el tejido, sin introducir tensión adicional en el segundo sello 412, lo que puede provocar la flexión o el movimiento de la superficie distal de la segunda ventana.

Como se ha descrito anteriormente, un cambio en la distancia entre la superficie distal 416 y un elemento óptico 106 que enfoca un haz de REM 104 afecta la distancia de trabajo 122 del haz y la ubicación de un enfoque resultante 108 dentro de un tejido 101. Según algunas realizaciones, en la superficie distal 416 de la segunda ventana 410 se puede ubicar en una geometría predeterminada (p. ej., orientación, ubicación, etc.) relativa al lugar de referencia 404. Por ejemplo, en algunas versiones, la segunda ventana 410 se ubica paralela a un plano aproximado por uno o más lugares de referencia 404 dentro de una tolerancia deseada (por ejemplo, 0,5 mrad). Además, la segunda ventana 410 se puede ubicar a una distancia precisa a lo largo del eje óptico (por ejemplo, el eje z) dentro de una tolerancia deseada (por ejemplo, 0,05 mm). Además, según algunas realizaciones, tanto la primera ventana 406 como la segunda ventana 410 se ubican en paralelo y la distancia prescrita entre ellas puede estar dentro de las tolerancias deseadas (por ejemplo, 0,5 mrad y 0,05 mm). En algunas implementaciones, la primera ventana 406 y la segunda ventana 410 se pueden disponer en ángulo entre sí (por ejemplo, en un ángulo inferior a 10 mrad). Por diversas razones, la superficie distal 416 de la segunda ventana en algunas realizaciones comprende una forma no plana (por ejemplo, convexa o cóncava). Por ejemplo, una superficie distal de forma convexa 416 puede ser ventajosa para comprimir un tejido cuando se coloca en contacto con el tejido.

La FIG. 4D representa una cámara 418 dentro del elemento de refrigeración 400. La cámara 418 está delimitada por el marco 402, la primera ventana 406 y la segunda ventana 410. La cámara 418 puede sellarse con el primer sello 408 y el segundo sello 412. La cámara 418 se configura para contener un refrigerante. Según algunas realizaciones, se suministra un flujo de refrigerante a la cámara 418 a través de una o más vías 420 en comunicación fluidica con la cámara 418. Según algunas realizaciones, la vía 420 puede proporcionar el flujo de refrigerante desde una fuente de flujo de refrigerante, que está en comunicación fluidica con la vía 420. En algunas implementaciones, la fuente de flujo de refrigerante puede estar en comunicación fluidica con la vía 420 por medio de uno o más acoples 422. Las FIGS. 4A y 4B ilustran un acople de suministro de refrigerante 422a y un acople de retorno de refrigerante 422b, para suministrar refrigerante y devolver refrigerante desde la cámara 418.

Según algunas realizaciones, la segunda ventana comprende un material que tiene una alta efusividad térmica (por ejemplo, cuarzo, zafiro, diamante, etc.). Una mayor efusividad térmica puede permitir que se transfiera más calor desde la superficie de tejido al flujo de refrigerante. Asimismo, según algunas realizaciones, la primera ventana 406 comprende un material que tiene una menor efusividad térmica (por ejemplo, un vidrio o un polímero). Las implementaciones que tienen una primera ventana 406 con un material de menor efusividad térmica pueden transferir menos calor a través de la primera ventana y al flujo de refrigerante. Como resultado, puede ocurrir condensación más lentamente que en las versiones donde la primera ventana 406 comprende un material de alta efusividad térmica. Además, en algunas realizaciones, la primera ventana tiene un grosor (p. ej., 1 mm), que es mayor que el de la segunda ventana (p. ej., 0,5 mm), lo que permite que la transferencia de energía térmica se produzca más libremente a través de la segunda ventana. Según algunas versiones, un gas sin condensación, como aire limpio y seco, nitrógeno, dióxido de carbono o argón, puede soplarse contra la primera ventana para evitar aún más la condensación.

Con referencia ahora a la FIG. 5, se representa un diagrama de flujo que describe un método 500 para irradiar y refrigerar un tejido según algunas realizaciones. En 502, se genera un haz de radiación electromagnética (REM) usando una fuente de REM. En 504, se introduce un cambio de frente de onda en el haz de REM que hace que el haz de REM converja a medida que se propaga a lo largo de un eje óptico. En 506, el haz de REM convergente se transmite a través de una primera ventana, un refrigerante adyacente a la primera ventana y una segunda ventana 510 adyacente al refrigerante. Finalmente, el haz de REM convergente se dirige incidente a un área superficial de un tejido 512. Al mismo tiempo, se transfiere calor 514 desde el área superficial del tejido al refrigerante a través de la segunda ventana.

5 Según algunas realizaciones del método 500, el haz de REM convergente finalmente se enfoca dentro del tejido a una profundidad por debajo del área superficial del tejido. En otra versión, la profundidad del enfoque varía con el tiempo. Como se ha descrito anteriormente, la variación de la profundidad del enfoque dentro del tejido permite tratamientos que requieren que se suministre energía en un intervalo de profundidades, por ejemplo, en tratamientos de melasma dérmico. En algunas versiones, la profundidad varía en un intervalo de 0,001 mm a 10 mm. En algunas versiones, el haz de REM en el enfoque tiene una densidad de energía suficiente para provocar la ionización termoiónica en el tejido pigmentado (p. ej., una densidad de energía superior a aproximadamente 10 J/cm² para una duración de pulso de 100 nanosegundos y una longitud de onda de 1064 nm).

10 Según algunas realizaciones, el método 500 comprende además escanear el haz de REM convergente sobre un ancho de escaneo en uno o más ejes y hacer que el haz de REM se dirija 512 a una segunda área superficial del tejido. Por lo general, el haz de REM es una fuente de energía pulsada y cada pulso hace que el haz de REM se dirija a una nueva área de superficie a medida que se escanea. En algunas versiones, el escaneo del haz se realiza en uno o más ejes que generalmente son paralelos a la superficie distal de la segunda ventana (a lo largo del plano x-y paralelo a la segunda/primera ventana), de modo que la profundidad del enfoque varía no más de una tolerancia deseada sobre el ancho de escaneado (por ejemplo, 0,25 mm o 0,05 mm).

15 Según algunas realizaciones, en 502, el haz de REM se genera a una potencia promedio de al menos 1 W, 5 W, 10 W o 30 W. Según algunas realizaciones, el haz de REM se genera a una longitud de onda en un intervalo entre 400 nm y 4000 nm. Según algunas realizaciones, el cambio de frente de onda se introduce en el haz de REM 504 para dar como resultado una convergencia del haz de REM de una tasa según una apertura numérica (NA) de al menos 0,3.

20 A continuación se proporciona una tabla para resumir parámetros ejemplares e intervalos de parámetros, según algunas realizaciones.

PARÁMETRO	MÍN.	NOM.	MÁX.	UNIDADES
Longitud de onda REM	100	1064	15×10 ⁹	Nanómetros
Duración del pulso de REM	1×10 ⁻⁵	100	10×10 ⁷	Nanosegundos
Tasa de repetición de REM	1	20×10 ³	100×10 ³	Hercios
Potencia media REM	0,1	30	100	Vatios
Apertura numérica (NA) de enfoque	0,01	0,5	1,0	N.D.
Densidad de energía en el enfoque	<0,1	100	>10 000	J/cm ²
Densidad de potencia máxima en el enfoque	<10 ⁹	10 ¹¹	>10 ¹³	W/cm ²
Distancia de trabajo de enfoque	0,001	0,3	100	Milímetros
Temperatura de refrigerante	-20	5	20	°C
Caudal de refrigerante	5	500	50000	Mililitros por minuto
Presión de refrigerante	0,1	10	150	Libras por pulgada cuadrada, calibre
Paralelismo entre la segunda ventana y uno o más ejes de escaneo	100	0,1	0,001	Milirradian
Grosor de ventanas	0,1	1	10	Milímetros
Grosor de la cámara de refrigerante	0,05	0,5	10	Milímetros
Ancho de ventanas	1	10	100	Milímetros
Ancho de escaneo del haz de REM escaneado	0,001	10	100	Milímetros
Tolerancia de distancia de trabajo sobre un ancho de escaneo	0,001	0,01	1	Milímetros
Ejemplo de material de marco	Metales, como acero inoxidable (p. ej., 316L), aluminio, titanio, etc.; y polímeros, como nailon, policarbonato, Ultem, Radel, etc.			
Ejemplo de material de ventana	Materiales cristalinos transparentes, como cuarzo, zafiro y diamante; y materiales amorfos transparentes, como polímeros y vidrio.			

PARÁMETRO	MÍN.	NOM.	MÁX.	UNIDADES
Ejemplos de materiales de sellado	Adhesivos, como siliconas, epoxis, etc.; y materiales de soldadura fuerte, soldadura blanda y blanda, tales como estaño, níquel, etc.			

Propiedades de la radiación de tratamiento

La FIG. 6 es una vista esquemática de una ilustración de un rayo láser enfocado en una región pigmentada de una capa dérmica en un tejido de piel. El tejido de piel incluye una superficie de piel 600 y una capa epidérmica superior 610, o epidermis, que puede tener, por ejemplo, un grosor de aproximadamente 30-120 μm en la región facial. La dermis puede ser ligeramente más gruesa en otras partes del cuerpo. Por ejemplo, en general, el grosor de la epidermis puede oscilar entre aproximadamente 30 μm (por ejemplo, en los párpados) y aproximadamente 1500 μm (por ejemplo, en la palma de la mano o las plantas de los pies). Tal epidermis puede ser más delgada o más gruesa que los ejemplos anteriores en ciertas condiciones de la piel, por ejemplo, la psoriasis. La capa dérmica subyacente 620, o dermis, se extiende desde debajo de la epidermis 610 hasta la capa de grasa subcutánea más profunda (no mostrada). La piel que presenta melasma profundo o dérmico puede incluir una población de células pigmentadas o regiones 630 que contienen cantidades excesivas de melanina. La radiación electromagnética (REM) 650 (por ejemplo, un rayo láser) se puede enfocar en una o más regiones focales 660 que se pueden ubicar dentro de la dermis 620 o la epidermis 610. La REM 650 se puede proporcionar en una o más longitudes de onda apropiadas que puede ser absorbida por la melanina. Las longitudes de onda de REM se pueden seleccionar en función de uno o más criterios que se describen a continuación.

La determinación de la longitud de onda deseable para el tratamiento de ciertas afecciones de la piel, como las afecciones pigmentarias y las no pigmentarias, puede depender, por ejemplo, del coeficiente de absorción dependiente de la longitud de onda de los diversos cromóforos competidores (por ejemplo, cromóforo, hemoglobina, tinta para tatuajes, etc.) presentes en la piel. La FIG. 7A es un gráfico de espectro de absorbancia ejemplar para melanina. Se observa que la absorción de REM por la melanina alcanza un valor máximo a una longitud de onda de aproximadamente 350 nm y luego disminuye al aumentar la longitud de onda. Aunque la absorción de la REM por la melanina facilita el calentamiento y/o la alteración de las regiones que contienen melanina 630, una absorbancia de melanina muy alta puede resultar en una alta absorción por parte del pigmento en la epidermis 610 y una penetración reducida de la REM en la dermis 620, o la epidermis 610. Como se ilustra en la FIG. 7A, la absorción de melanina en longitudes de onda de REM inferiores a aproximadamente 500 nm es relativamente alta, de modo que las longitudes de onda inferiores a aproximadamente 500 nm pueden no ser adecuadas para penetrar lo suficiente en la dermis 620 para calentar y dañar o alterar las regiones pigmentadas 630 de la misma. Tal absorción mejorada en longitudes de onda más pequeñas puede resultar en daños no deseados a la epidermis 610 y la parte superior (superficial) de la dermis 620, con relativamente poca REM no absorbida pasando a través del tejido hacia las partes más profundas de la dermis 620.

La FIG. 7B es un gráfico de espectro de absorbancia ejemplar para hemoglobina oxigenada o desoxigenada. La hemoglobina está presente en los vasos sanguíneos del tejido de piel y puede ser oxigenada (HbO_2) o desoxigenada (Hb). Cada forma de hemoglobina puede exhibir propiedades de absorción REM ligeramente diferentes. Como se ilustra en la FIG. 7B, espectros de absorción ejemplares para Hb y HbO_2 indican un alto coeficiente de absorción tanto para la Hb como para la HbO_2 a longitudes de onda de REM inferiores a aproximadamente 600 nm, con una disminución significativa de la absorbancia a longitudes de onda más altas. La fuerte absorción de REM dirigida al tejido de piel por la hemoglobina (Hb y/o HbO_2) puede resultar en el calentamiento de los vasos sanguíneos que contienen hemoglobina, lo que resulta en un daño no deseado a estas estructuras vasculares y menos REM disponibles para ser absorbidos por la melanina.

La elección de una longitud de onda adecuada para la REM también puede depender del perfil de dispersión dependiente de la longitud de onda de los tejidos que interactúan con la REM. La FIG. 8 ilustra un trazado del coeficiente de absorción de melanina y sangre venosa frente a la longitud de onda. La FIG. 8 también ilustra un trazado del coeficiente de dispersión de la luz en la piel frente a la longitud de onda. La absorción de melanina disminuye monótonamente con la longitud de onda. Si la melanina es el objetivo de un tratamiento de afección pigmentaria, es deseable una longitud de onda que tenga una alta absorción en la melanina. Esto sugeriría que cuanto más corta sea la longitud de onda de la luz, más eficiente será el tratamiento. Sin embargo, la absorción por la sangre aumenta a longitudes de onda inferiores a 800 nm, lo que aumenta el riesgo de que se ataquen involuntariamente los vasos sanguíneos. Además, dado que el objetivo deseado se puede ubicar debajo de la superficie de la piel, el papel de la dispersión por la piel (por ejemplo, la capa dérmica) puede ser significativo. La dispersión reduce la cantidad de luz que llega al objetivo deseado. El coeficiente de dispersión disminuye monótonamente al aumentar la longitud de onda. Por lo tanto, mientras que una longitud de onda más corta puede favorecer la absorción por la melanina, una longitud de onda más larga puede favorecer una penetración más profunda debido a la reducción de la dispersión. De manera similar, las longitudes de onda más largas son mejores para proteger los vasos sanguíneos debido a una menor absorción por parte de la sangre en longitudes de onda más largas.

Con las consideraciones anteriores en mente, las longitudes de onda pueden oscilar entre aproximadamente 300 nm y aproximadamente 3000 nm y, más particularmente, entre aproximadamente 800 nm y aproximadamente 1064 nm,

se pueden usar para dirigirse selectivamente a ciertas estructuras (p. ej., melanina) en la dermis. En particular, las longitudes de onda de aproximadamente 800 nm y aproximadamente 1064 nm pueden ser útiles para tales tratamientos. La longitud de onda de 800 nm puede ser atractiva porque los diodos láser en esta longitud de onda son menos costosos y fácilmente disponibles. Sin embargo, 1064 nm puede ser particularmente útil para atacar lesiones más profundas debido a la menor dispersión en esta longitud de onda. Una longitud de onda de 1064 nm también puede ser más adecuada para pieles más oscuras en las que hay una gran cantidad de melanina epidérmica. En tales individuos, la mayor absorción de REM de menor longitud de onda (p. ej., aproximadamente 800 nm) por parte de la melanina en la epidermis aumenta las posibilidades de lesiones térmicas en la piel. Por lo tanto, 1064 nm puede ser una longitud de onda más adecuada de la radiación de tratamiento para ciertos tratamientos para algunas personas.

Se pueden utilizar diversas fuentes de láser para la generación de REM. Por ejemplo, las fuentes de láser que contienen neodimio (Nd) están fácilmente disponibles y proporcionan REM de 1064 nm. Estas fuentes de láser pueden operar en modo pulsado con tasas de repetición en un intervalo de aproximadamente 1 Hz a 100 kHz. Las fuentes de láseres Nd Q-Switched pueden proporcionar pulsos de láser que tienen una duración de pulso de menos de un nanosegundo. Otras fuentes de láser de Nd pueden proporcionar pulsos que tienen duraciones de pulso de más de un milisegundo. Una fuente de láser ejemplar que proporciona REM de longitud de onda de 1060 nm es un láser de fibra NuQ de 20 W de Nufern de East Granby, CT, EE. UU. El láser de fibra NuQ de 20 W proporciona pulsos que tienen una duración de pulso de aproximadamente 100 ns a una tasa de repetición en el intervalo entre aproximadamente 20 kHz y aproximadamente 100 kHz. Otra fuente de láser es un Nd:YAG Q-smart 850 de Quantel de Les Ulis, Francia. El Q-smart 850 proporciona pulsos que tienen una energía de pulso hasta aproximadamente 850 mJ y una duración de pulso de aproximadamente 6 ns a una tasa de repetición hasta aproximadamente 10 Hz.

Los sistemas descritos en esta memoria se pueden configurar para enfocar la REM en un haz altamente convergente. Por ejemplo, el sistema puede incluir una disposición de lentes convergentes o de enfoque que tiene una apertura numérica (NA) seleccionada entre aproximadamente 0,3 y 0,9 (por ejemplo, entre aproximadamente 0,4 y 0,9). El ángulo de convergencia correspondientemente grande de la REM puede proporcionar una alta fluencia e intensidad en la región focal de la lente (que puede ubicarse dentro de la dermis) con una menor fluencia en el tejido suprayacente por encima de la región focal. Dicha geometría focal puede ayudar a reducir el calentamiento no deseado y el daño térmico en el tejido suprayacente por encima de las regiones dérmicas pigmentadas. La disposición óptica ejemplar puede incluir además una disposición de lentes de colimación configurada para dirigir la REM desde la disposición de emisión a la disposición de lentes de enfoque.

Los sistemas de tratamiento óptico ejemplares pueden configurarse para enfocar la REM en una región focal que tiene un ancho o un tamaño de punto inferior a aproximadamente 200 μm , por ejemplo, inferior a aproximadamente 100 μm , o incluso inferior a aproximadamente 50 μm , por ejemplo, como pequeño como aproximadamente 1 μm . Por ejemplo, el tamaño del punto puede tener intervalos de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 50 μm , de aproximadamente 50 μm a aproximadamente 100 μm y de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 200 μm . El tamaño de punto de la región focal se puede determinar, por ejemplo, en el aire. Dicho tamaño de punto se puede seleccionar como un equilibrio entre ser lo suficientemente pequeño para proporcionar una alta fluencia o intensidad de REM en la región focal (para irradiar eficazmente las estructuras pigmentadas en la dermis) y ser lo suficientemente grande para facilitar la irradiación de grandes regiones/volúmenes del tejido de piel en un tiempo de tratamiento razonable.

La disposición óptica ejemplar también se puede configurar para dirigir la región focal de la REM a una ubicación dentro del tejido dérmico que se encuentra a una profundidad por debajo de la superficie de la piel, como en el intervalo de aproximadamente 30 μm a aproximadamente 2000 μm , por ejemplo, entre aproximadamente 150 μm a aproximadamente 500 μm . Tales intervalos de profundidad ejemplares pueden corresponder a profundidades típicas observadas de regiones pigmentadas en la piel que presenta melasma dérmico u otros objetivos de interés. Esta profundidad focal puede corresponder a una distancia desde una superficie inferior del aparato configurado para contactar con la superficie de la piel y la ubicación de la región focal. Además, algunas realizaciones se pueden configurar para tratar objetivos dentro de la epidermis. Por ejemplo, se puede configurar una disposición óptica para dirigir una región focal de la REM a una ubicación dentro del tejido de la epidermis, por ejemplo en un intervalo de aproximadamente 5 μm a 2000 μm por debajo de la superficie de la piel. Aún se pueden configurar otras realizaciones para tratar un objetivo de profundidad de la dermis. Por ejemplo, un artista del tatuaje normalmente calibra su pistola de tatuaje para penetrar en la piel a una profundidad de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2 mm por debajo de la superficie de la piel. En consecuencia, en algunas realizaciones se puede configurar una disposición óptica para dirigir una región focal de la REM a una ubicación dentro del tejido de la dermis en un intervalo de aproximadamente 0,4 mm a 2 mm por debajo de la superficie de la piel.

55 Ejemplo

La FIG. 9A ilustra múltiples trazados que representan el rendimiento de refrigeración de múltiples ejemplos de elementos de refrigeración (por ejemplo, elementos de refrigeración en las FIGS. 9B-9D). Los datos mostrados en la FIG. 9A se recopilaron durante un experimento realizado con los elementos de refrigeración 920, 930 y 940. El gráfico 900 muestra la temperatura en grados Celsius a lo largo de un eje vertical 910 y el tiempo (en minutos y segundos) a lo largo de un eje horizontal 912.

Cada elemento de refrigeración se colocó en un bloque de dispositivo de prueba y se colocó un termopar en el medio de una primera superficie del elemento de refrigeración. Se utilizó pasta térmica para asegurar la conducción térmica entre la primera superficie del elemento de refrigeración y el termopar. El elemento refrigerante se colocó con la primera superficie en contacto con un baño seco. El baño seco se ajustó a 37 °C y se permitió que cada elemento de refrigeración alcanzara el equilibrio térmico con el baño seco. Finalmente, se suministró un fluido refrigerado a 5 °C al elemento de refrigeración, y el termopar capturó las mediciones de temperatura de la primera superficie de la ventana a medida que se refrigeraba.

Las FIGS. 9B-9D ilustran esquemas de elementos de refrigeración ejemplares que se probaron como parte del experimento discutido anteriormente. Ejemplos de realización del elemento de refrigeración son un primer elemento de refrigeración 920 de tipo única ventana, un segundo elemento de refrigeración 930 de tipo única ventana y un elemento de refrigeración 940 de tipo doble ventana. La FIG. 9B ilustra el elemento de refrigeración de tipo única ventana 920 que incluye una única ventana de zafiro 922 en contacto (por ejemplo, a lo largo de los bordes de la ventana de zafiro) con un intercambiador de calor de aluminio 924 dentro del que fluye el refrigerante 926. El calor fluye desde el baño seco 928 hasta la mitad de la primera superficie de la ventana de zafiro 922 (por ejemplo, la superficie adyacente al baño seco 928), horizontalmente a través de la ventana de zafiro 922 hasta los bordes de la ventana de zafiro 922, a través del intercambiador de calor de aluminio 924 y en el refrigerante 926. La temperatura de la primera superficie de la ventana 922 se mide mediante un termopar 929.

La FIG. 9C ilustra el elemento de refrigeración 930 de tipo única ventana que comprende una ventana de zafiro única 932 que se sella a un colector 934 dentro del que fluye el refrigerante 936. El elemento de refrigeración 930 de tipo única ventana se configura para permitir que el refrigerante 936 entre en contacto directo con la única ventana de zafiro 932 alrededor de los bordes de la ventana 932. El calor fluye desde el baño seco 938 hasta el centro de la primera superficie de la ventana 932 (por ejemplo, la superficie adyacente al baño seco 938), los bordes de la ventana 932 y directamente en el refrigerante 936. La temperatura de la primera superficie de la ventana 932 se mide mediante un termopar 939.

La FIG. 9D ilustra el elemento de refrigeración de tipo doble ventana 940 que comprende una primera ventana 942, una segunda ventana 943, un marco 944 y un refrigerante 946 que fluye entre las ventanas primera y segunda 942, 943. El calor fluye desde el baño seco 948 al centro de la primera superficie de la primera ventana 942 (por ejemplo, la superficie adyacente al baño seco 948), verticalmente a través de la primera ventana 942 y al refrigerante 946. La temperatura de la primera superficie de la primera ventana 942 se mide mediante un termopar 949.

Volviendo a la FIG. 9A, se muestran los datos de refrigeración para los elementos de refrigeración 920, 930 y 940. El primer conjunto de trazados 920A-D representa datos de refrigeración para el primer elemento de refrigeración 920 de tipo única ventana, el segundo conjunto de trazados 930A-B representa datos de refrigeración para el segundo elemento de refrigeración 930 de tipo única ventana, y el tercer trazado 940A representa datos de refrigeración para el elemento de refrigeración de tipo doble ventana 940. Los trazados indican una mejora en la refrigeración para el segundo elemento de refrigeración de tipo única ventana 930 sobre el primer conjunto de tipo de única ventana 920. Sin embargo, el elemento de refrigeración de tipo doble ventana 940 muestra una gran mejora sobre los conjuntos primero y segundo de tipo única ventana. Los datos del elemento de refrigeración 940 de tipo doble ventana muestran que la refrigeración se aproxima a una temperatura de estado estable de aproximadamente 13,4 °C. Una temperatura superficial de ventana medida más baja para el segundo elemento de refrigeración 930 de tipo única ventana, que se aproxima a una temperatura de estado estable de aproximadamente 25,9 °C. El elemento de refrigeración de tipo doble ventana 940 puede refrigerarse a una temperatura de 12,5 °C que puede ser más fría que el conjunto de tipo única ventana de mejor rendimiento. El gráfico 900 también muestra que la refrigeración ocurre más rápido con el elemento de refrigeración 940 de tipo doble ventana. Una constante de tiempo térmico (por ejemplo, el tiempo para que la ventana se refrigere aproximadamente el 63,2 % de una temperatura inicial) para los conjuntos de tipo única ventana y primera se estima en aproximadamente 4 segundos según los datos. Y, una constante de tiempo térmico para el conjunto de tipo de doble ventana se estima en aproximadamente 2 segundos o la mitad de los conjuntos de tipo de única ventana.

Pueden llevarse a cabo métodos para tratar diversas afecciones de la piel con fines cosméticos usando los sistemas descritos en el presente documento. Se entiende que aunque dichos métodos pueden ser realizados por un facultativo, personas que no sean facultativos, como esteticistas y otro personal debidamente capacitado, pueden usar los sistemas descritos en esta memoria para tratar diversas afecciones de la piel con y sin la supervisión de un facultativo.

Un experto en la técnica apreciará otras características y ventajas de la invención en función de las realizaciones descritas anteriormente.

La materia de asunto descrita en esta memoria puede implementarse en circuitos electrónicos digitales, o en software, firmware o hardware de ordenador, incluidos los medios estructurales descritos en esta memoria descriptiva y sus equivalentes estructurales, o en combinaciones de ellos. El tema descrito en esta memoria puede implementarse como uno o más productos de programas informáticos, como uno o más programas informáticos incorporados tangiblemente en un soporte de información (por ejemplo, en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina), o incorporados en una señal propagada, para su ejecución por o para controlar el funcionamiento de un aparato de procesamiento de datos (por ejemplo, un procesador programable, un ordenador o varios ordenadores). Un programa informático

(también conocido como programa, software, aplicación de software o código) se puede escribir en cualquier forma de lenguaje de programación, incluidos los lenguajes compilados o interpretados, y se puede implementar en cualquier forma, incluso como un programa independiente o como módulo, componente, subrutina u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa informático no se corresponde necesariamente con un archivo. Un programa se puede almacenar en una parte de un archivo que contiene otros programas o datos, en un solo archivo dedicado al programa en cuestión o en múltiples archivos coordinados (por ejemplo, archivos que almacenan uno o más módulos, subprogramas o partes de código). Un programa informático puede implementarse para ejecutarse en un ordenador o en varios ordenadores en un sitio o distribuirse en varios sitios e interconectarse mediante una red de comunicación.

Los procesos y flujos lógicos descritos en esta memoria descriptiva, incluidos las etapas de método de la materia de asunto descrita en esta memoria, pueden ser realizados por uno o más procesadores programables que ejecutan uno o más programas de ordenador para realizar funciones de la materia de asunto descrita en esta memoria operando con datos de entrada y generando salida. Los procesos y flujos lógicos también pueden ser realizados por, y el aparato del tema descrito en esta memoria puede implementarse como un circuito lógico de propósito especial, por ejemplo, un FPGA (matriz de puertas programables en campo) o un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación).

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa informático incluyen, a modo de ejemplo, microprocesadores tanto de propósito general como especial, y uno o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital. Generalmente, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria de solo lectura o de una memoria de acceso aleatorio o de ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. Generalmente, un ordenador también incluirá, o se acoplará operativamente para recibir datos o transferir datos a, o ambos, uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos, por ejemplo, discos magnéticos, magnetoópticos o discos ópticos. Los soportes de información adecuados para incorporar instrucciones y datos de programas informáticos incluyen todas las formas de memoria no volátil, incluidos, a modo de ejemplo, dispositivos de memoria semiconductores (por ejemplo, EPROM, EEPROM y dispositivos de memoria flash); discos magnéticos (por ejemplo, discos duros internos o discos retirables); discos magnetoópticos; y discos ópticos (por ejemplo, discos CD y DVD). El procesador y la memoria pueden complementarse o incorporarse a un circuito lógico de propósito especial.

Para permitir la interacción con un usuario, la materia de asunto descrita en esta memoria puede implementarse en un ordenador que tenga un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor CRT (tubo de rayos catódicos) o LCD (pantalla de cristal líquido), para mostrar información al usuario y un teclado y un dispositivo señalador (por ejemplo, un mouse o una bola de seguimiento), mediante los que el usuario puede proporcionar información al ordenador. También se pueden usar otros tipos de dispositivos para permitir la interacción con un usuario. Por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de retroalimentación sensorial (p. ej., retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil), y la información del usuario se puede recibir de cualquier forma, incluida la entrada acústica, verbal o táctil.

Las técnicas descritas en esta memoria se pueden implementar usando uno o más módulos. Como se usa en esta memoria, el término "módulo" se refiere a software, firmware, hardware informáticos y/o diversas combinaciones de los mismos. Sin embargo, como mínimo, los módulos no deben interpretarse como software que no se implementa en hardware, firmware o se graba en un medio de almacenamiento grabable no transitorio legible por procesador (es decir, los módulos no son software per se). De hecho, debe interpretarse que "módulo" siempre incluye al menos algún hardware físico no transitorio, como una parte de un procesador o un ordenador. Dos módulos diferentes pueden compartir el mismo hardware físico (por ejemplo, dos módulos diferentes pueden usar el mismo procesador y la misma interfaz de red). Los módulos descritos en esta memoria se pueden combinar, integrar, separar y/o duplicar para admitir diversas aplicaciones. Además, una función descrita en esta memoria como realizada en un módulo particular puede realizarse en uno o más módulos y/o por uno o más dispositivos en lugar de o además de la función realizada en el módulo particular. Además, los módulos se pueden implementar en múltiples dispositivos y/u otros componentes locales o remotos entre sí. Además, los módulos se pueden mover de un dispositivo y agregar a otro dispositivo, y/o se pueden incluir en ambos dispositivos.

El tema descrito en esta memoria se puede implementar en un sistema informático que incluye un componente de *back-end* (p. ej., un servidor de datos), un componente de *middleware* (p. ej., un servidor de aplicaciones) o un componente de *front-end* (p. ej., un ordenador cliente que tiene una interfaz gráfica de usuario o un navegador web a través del que un usuario puede interactuar con una implementación de la materia de asunto descrita en esta memoria), o cualquier combinación de tales componentes de *back-end*, *middleware* y *front-end*. Los componentes del sistema se pueden interconectar por cualquier forma o medio de comunicación de datos digitales, por ejemplo, una red de comunicación. Ejemplos de redes de comunicación incluyen una red de área local ("LAN") y una red de área amplia ("WAN"), por ejemplo, internet.

El lenguaje aproximado, tal como se usa en esta memoria a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, se puede aplicar para modificar cualquier representación cuantitativa que pueda variar permisiblemente sin que resulte en un cambio en la función básica con la que está relacionada. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, como "sobre" y "sustancialmente", no debe limitarse al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje de aproximación puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) que comprende:
 - un elemento óptico (106) configurado para recibir una radiación electromagnética, REM, (104) y enfocar la REM a lo largo de un eje óptico (110) a una región focal (108) en un tejido de destino (101);
- 5 un controlador (126) configurado para dirigir el elemento óptico (106) a lo largo de una primera ruta de escaneo, en donde un movimiento del elemento óptico a lo largo de la primera ruta de escaneo se configura para atravesar la región focal (108) a lo largo de una ruta de tratamiento en el tejido de destino (101); y
 - un elemento de refrigeración (150, 400) haz abajo desde el elemento óptico (106) y configurado para unirse de manera retirable al sistema (100) a través de tres o más lugares de referencia (404) y para recibir la REM de enfoque, el
- 10 elemento de refrigeración (150, 400) comprende:
 - una primera ventana (112, 406) que comprende una primera superficie proximal y una primera superficie distal;
 - una segunda ventana (118, 410) haz abajo desde la primera ventana (112, 406), comprendiendo la segunda ventana (118, 410) una segunda superficie proximal y una segunda superficie distal (120, 416), en donde la segunda ventana (118, 410) se configura para ponerse en contacto con el tejido de destino (101) o un tejido adyacente al tejido de
 - 15 destino (101) a través de la segunda superficie distal (120, 416), y en donde la primera ruta de escaneo es paralela a la segunda superficie distal (120, 416) dentro de 50 milirradiantes; y
 - una cámara de refrigerante (114, 418) ubicada entre la primera superficie distal de la primera ventana (112, 406) y la segunda superficie proximal de la segunda ventana (118, 410) y configurada para recibir un refrigerante (116).
- 20 2. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador (126) se configura para variar una primera distancia entre la región focal (108) y la segunda superficie distal (120, 416) de la segunda ventana (118, 410) a lo largo del eje óptico (110) al variar una segunda distancia entre el elemento óptico (106) y la segunda superficie distal (120, 416) de la segunda ventana (118, 410) a lo largo del eje óptico (110).
3. El sistema (100) de la reivindicación 2, en donde la primera distancia varía entre un primer valor predeterminado y un segundo valor predeterminado a medida que la región focal (108) atraviesa la ruta de tratamiento en el tejido de
- 25 destino (101), en donde una diferencia entre el primer valor predeterminado y el segundo valor predeterminado es inferior a 0,25 mm, o en donde el primer valor predeterminado es 0,001 mm y el segundo valor predeterminado es 10 mm.
4. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador (126) se configura para variar una primera
- 30 distancia entre la región focal (108) y la segunda superficie distal (120, 416) de la segunda ventana (118, 410) a lo largo del eje óptico (110) al variar una divergencia (220) asociada con la REM.
5. El sistema (100) de la reivindicación 1, que comprende además un escáner (300), en donde el escáner (300) se configura para recibir una señal de control del controlador (126) y mover el elemento óptico (106) a lo largo de la primera ruta de escaneo perpendicular al eje óptico (110) en función de la señal de control.
- 35 6. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador (126) se configura para ejecutar una de las siguientes funciones:
 - variar la intensidad de la REM; o
 - variar el caudal del refrigerante en la cámara de refrigerante (114, 418).
7. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el elemento óptico (106) tiene una apertura numérica (NA) en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,0.
- 40 8. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde la REM tiene una potencia promedio en el intervalo de aproximadamente 1 W a aproximadamente 100 W o en donde la REM incluye un rayo láser pulsado que tiene una longitud de onda en un intervalo de aproximadamente 400 nm a aproximadamente 4000 nm, o donde la REM se configura para generar plasma termoiónico en la región focal (108).
9. El sistema (100) de la reivindicación 1, que comprende además una fuente de gas configurada para dirigir un gas
- 45 a la primera ventana (112, 406), el gas configurado para evitar la condensación en la primera ventana (112, 406).
10. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde la primera ventana (112, 406) tiene una primera efusividad térmica y la segunda ventana (118, 410) tiene una segunda efusividad térmica que es mayor que la primera efusividad térmica.
- 50 11. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde la primera ventana (112, 406) y la segunda ventana (118, 410) se sellan a un marco (402) del elemento de refrigeración (150, 400) a través de un primer sello (408) y un segundo sello (412), respectivamente, en donde los sellos primero y segundo (408, 412) incluyen uno o más de una soldadura, una soldadura fuerte y una soldadura blanda.

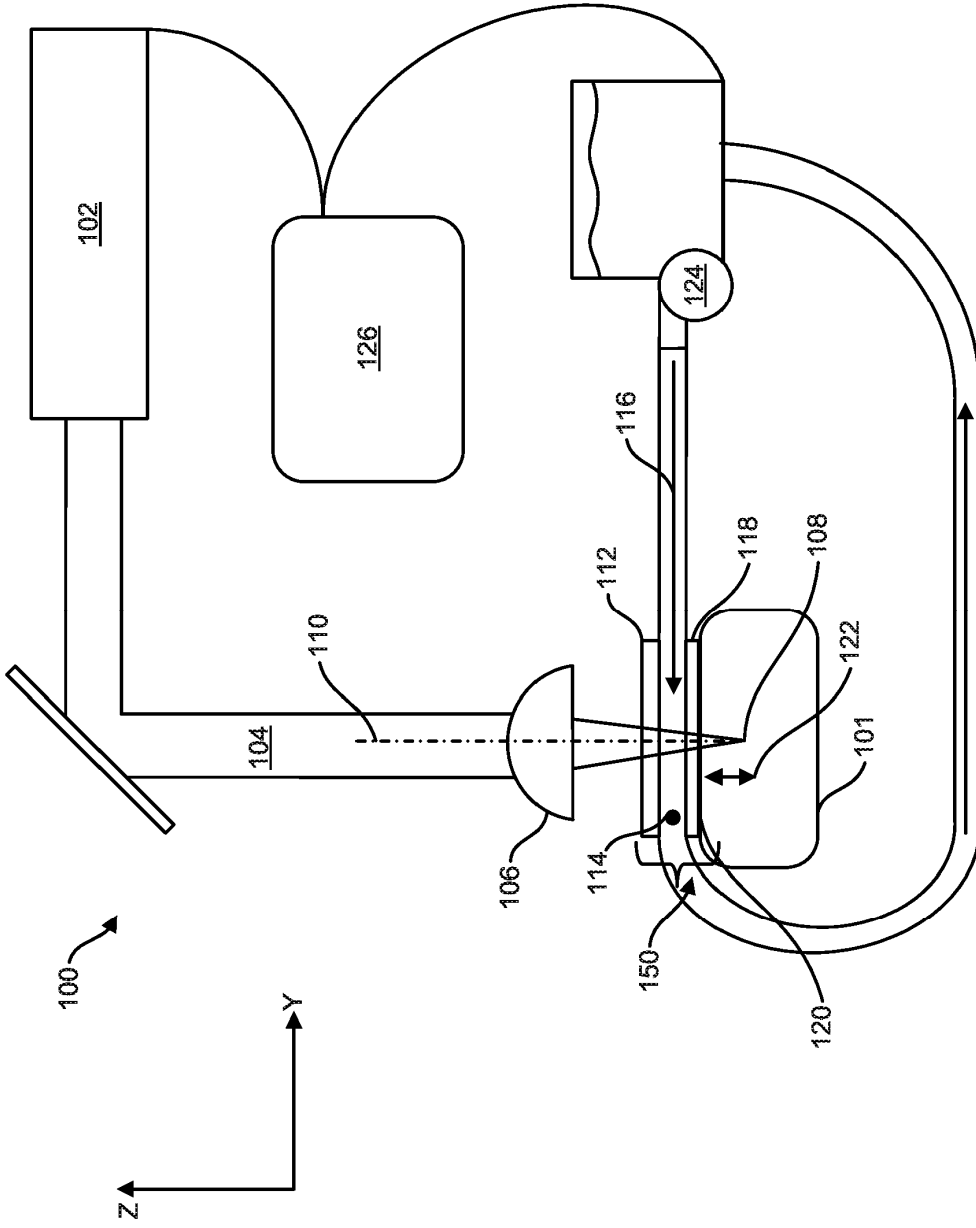


FIG. 1

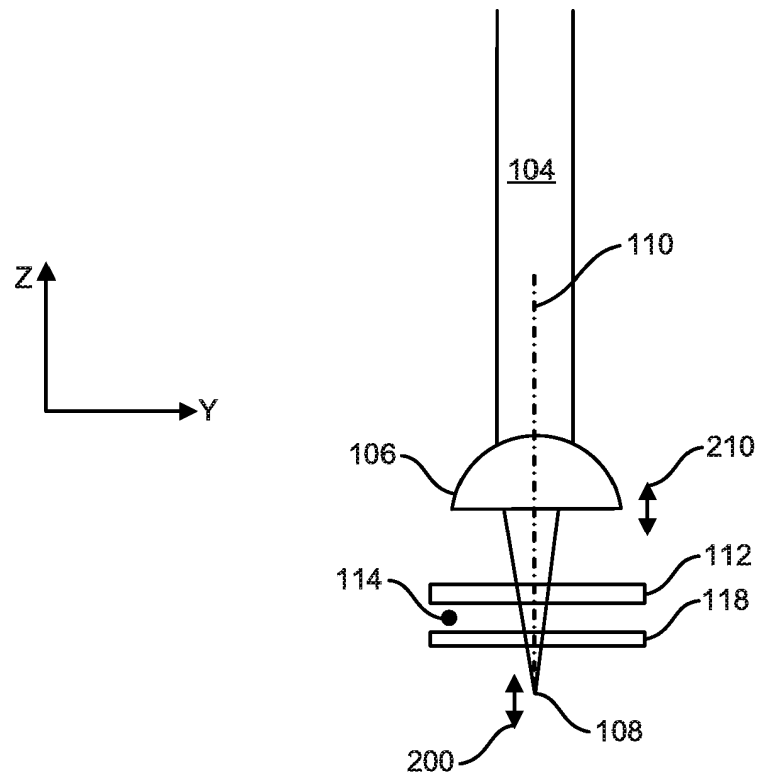


FIG. 2A

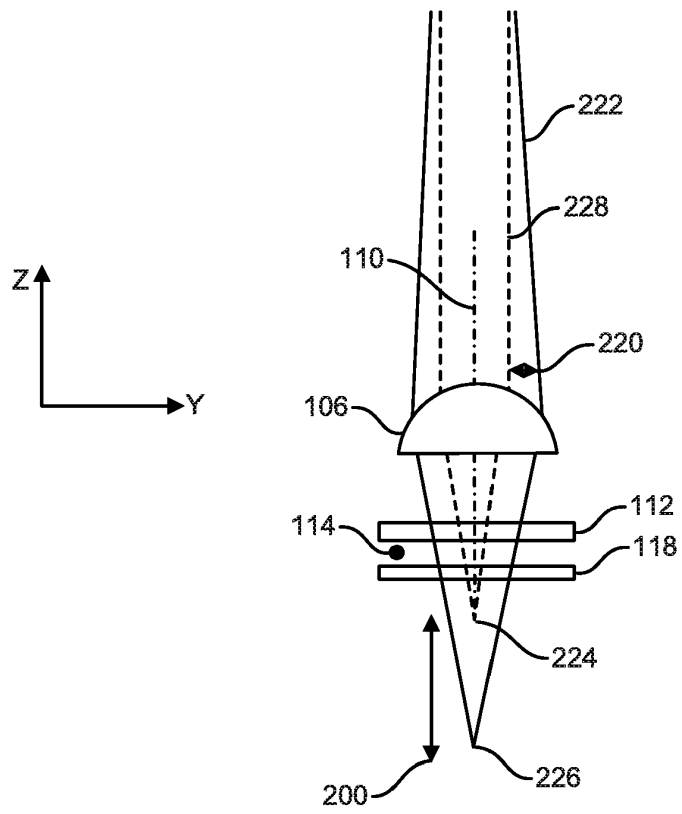


FIG. 2B

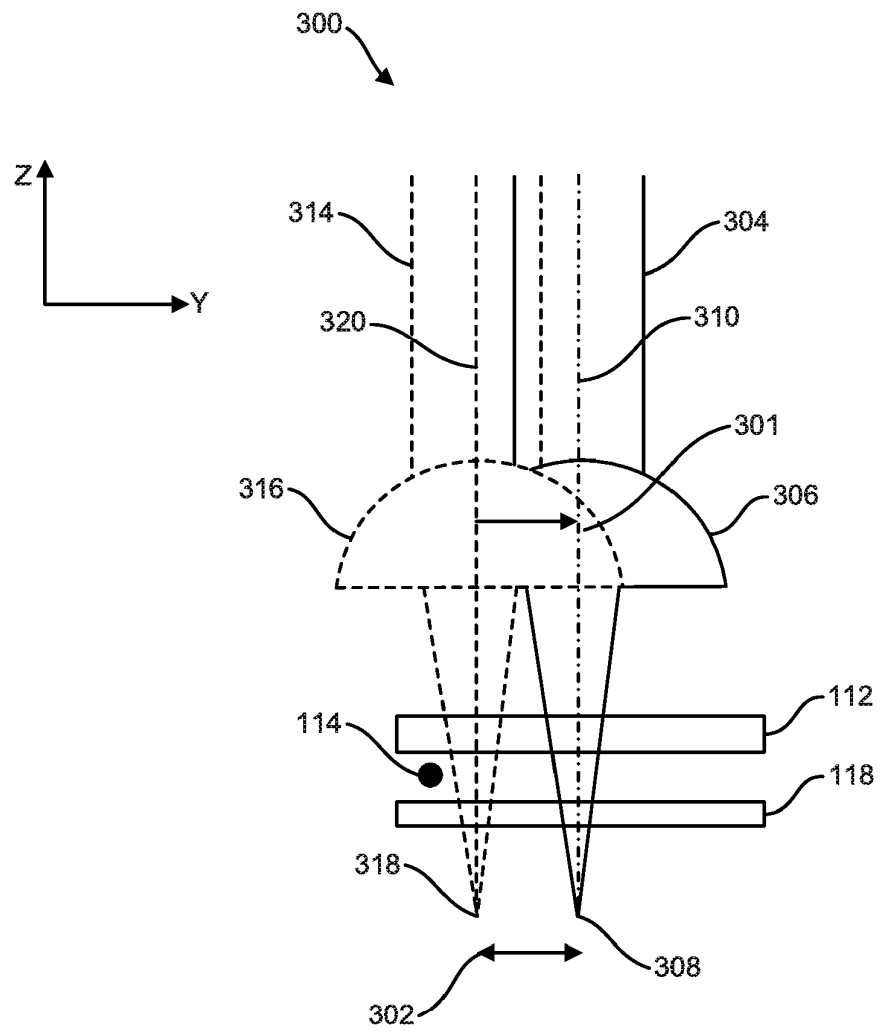


FIG. 3

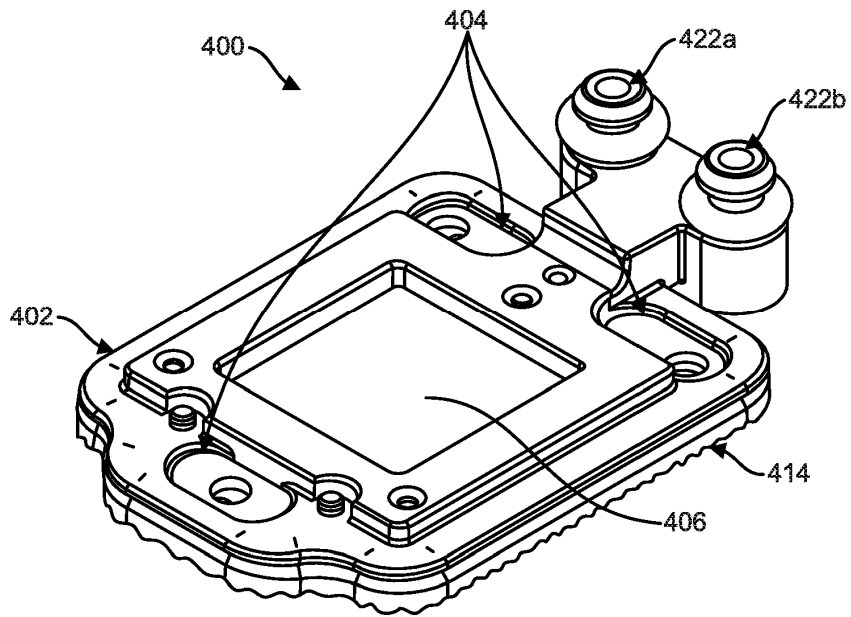


FIG. 4A

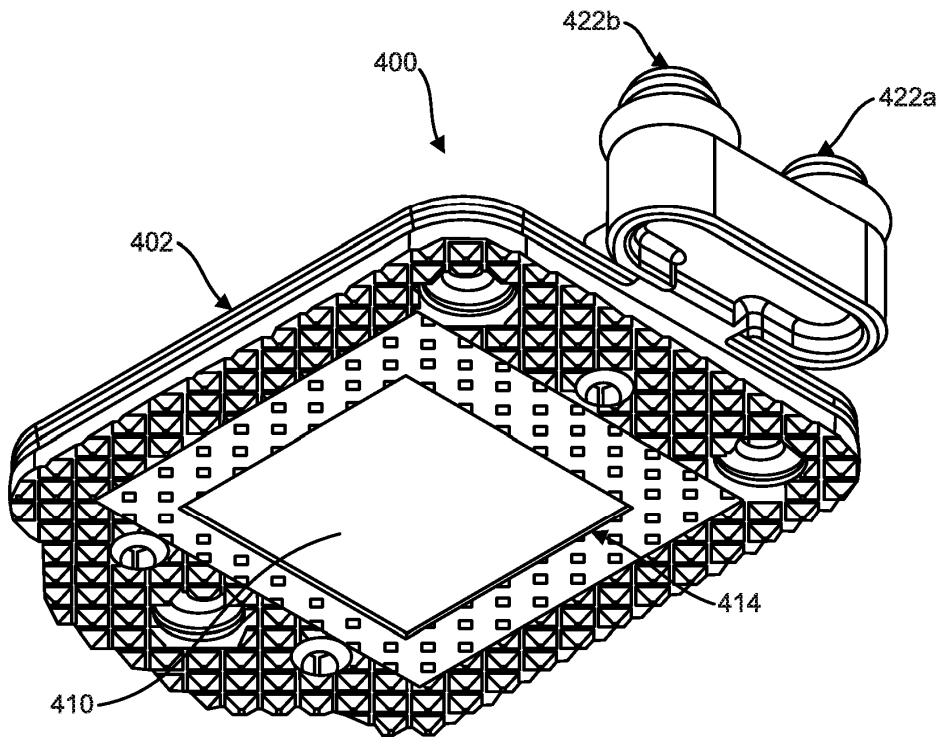


FIG. 4B

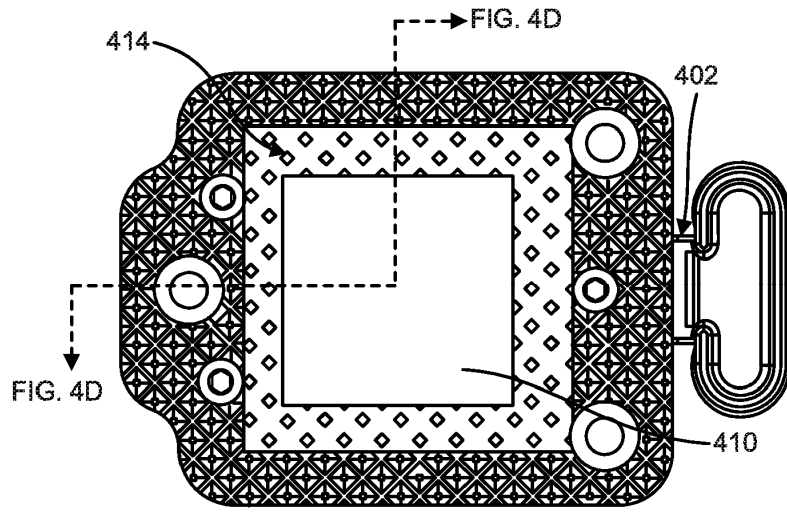


FIG. 4C

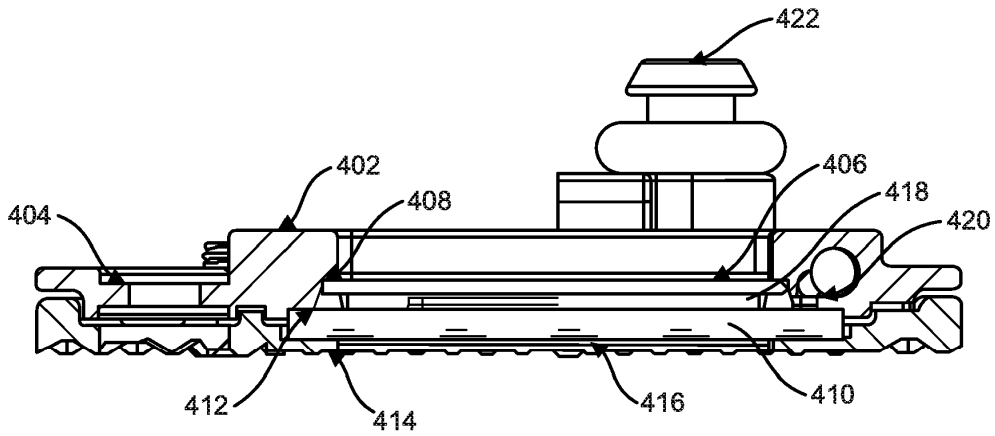


FIG. 4D

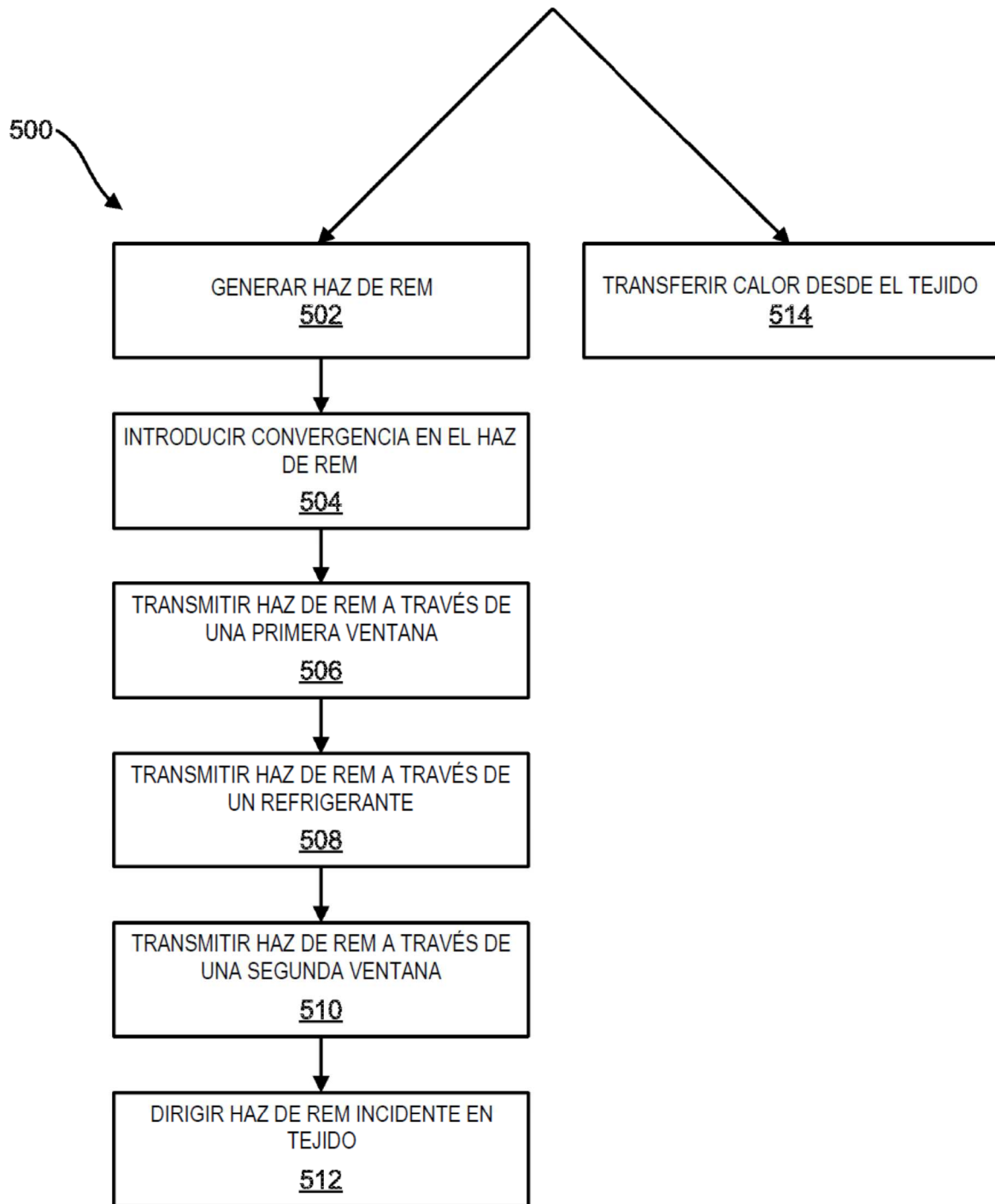


FIG. 5

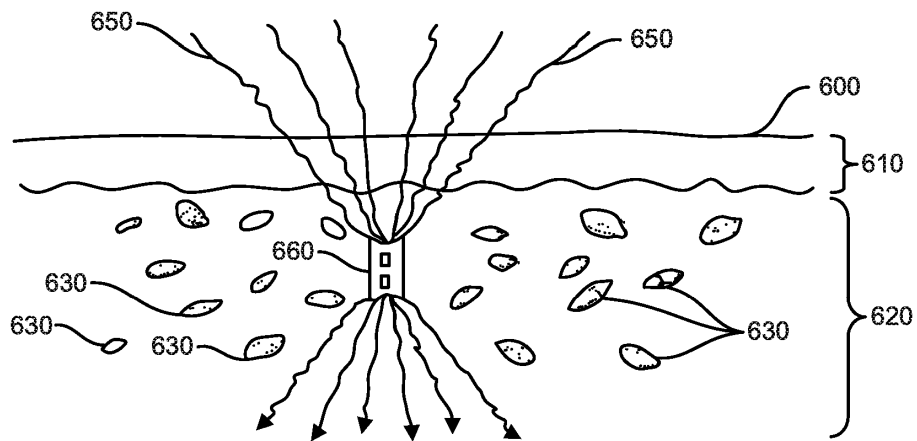


FIG. 6

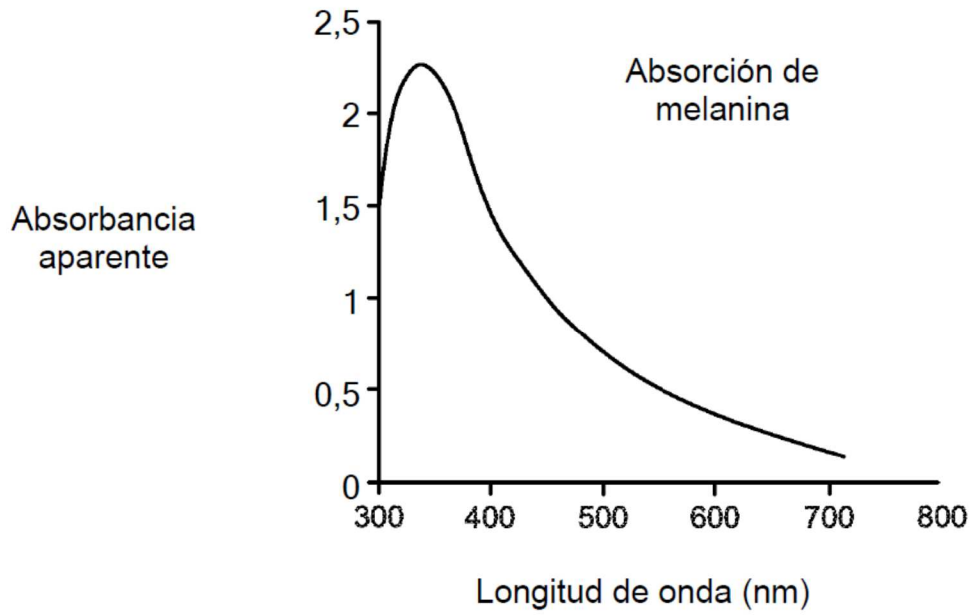


FIG. 7A

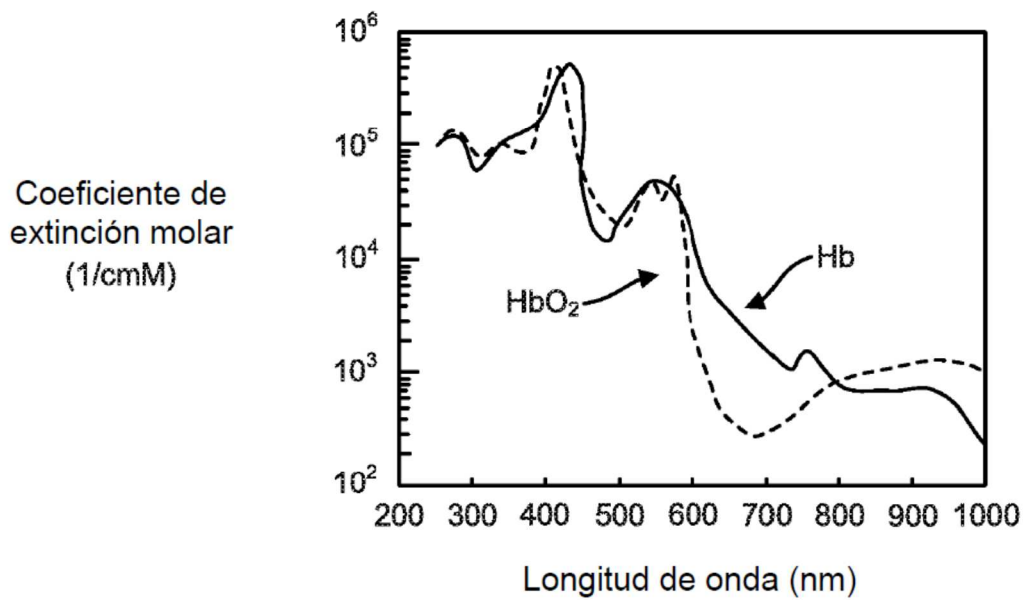


FIG. 7B

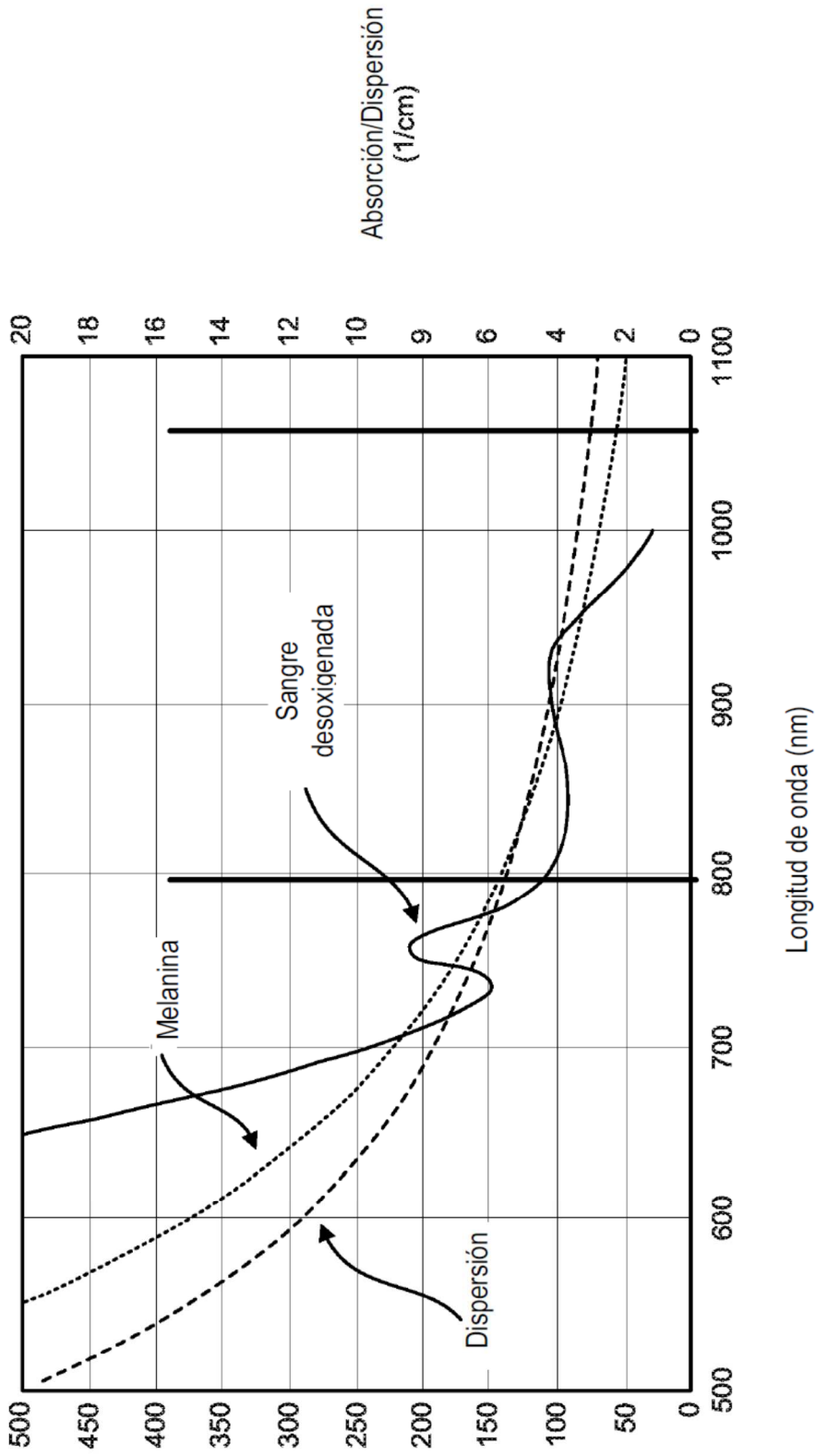


FIG. 8

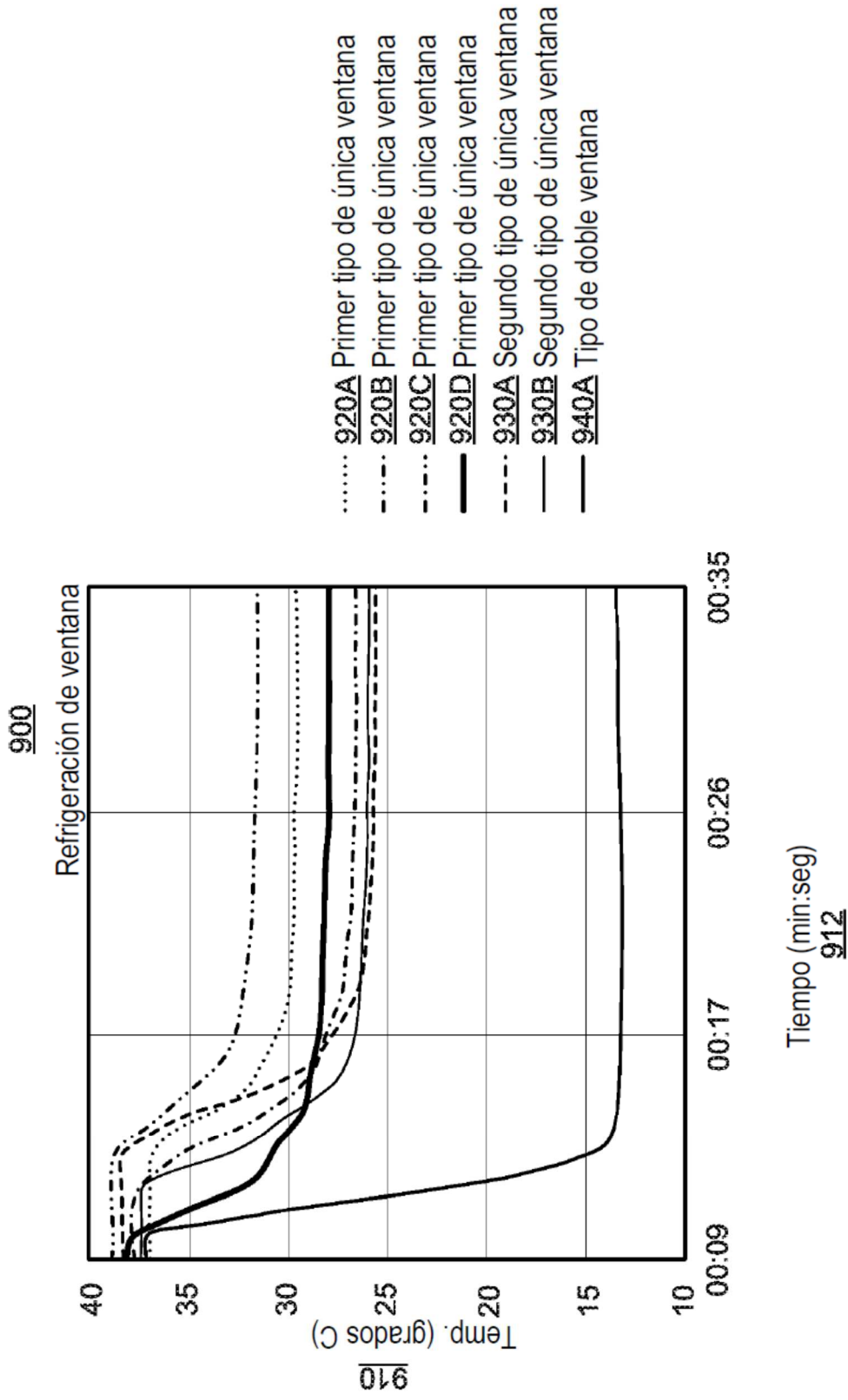


FIG. 9A

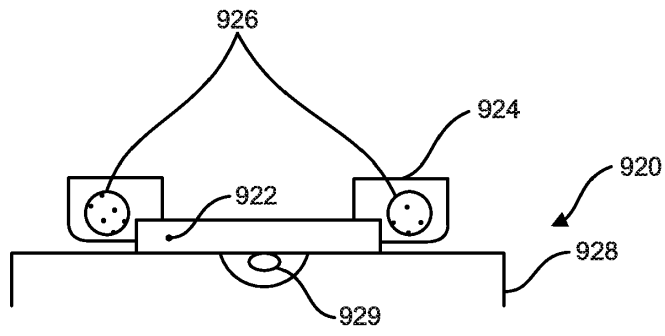


FIG. 9B

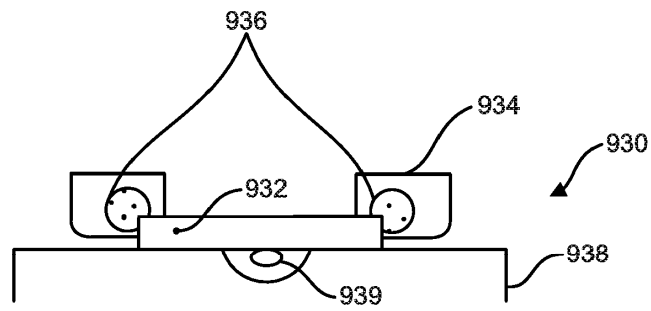


FIG. 9C

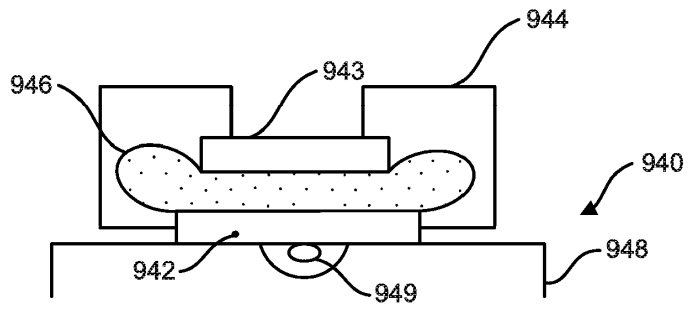


FIG. 9D