

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 379**

51 Int. Cl.:

A61B 3/12 (2006.01)

A61B 3/14 (2006.01)

A61B 5/1455 (2006.01)

A61B 3/00 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2018 PCT/CA2018/051559**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019 WO19109186**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2018 E 18885321 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024 EP 3720337**

54 Título: **Sistema espectroreflectométrico proporcionado con un modo de puntero para la combinación de imágenes y análisis espectral**

30 Prioridad:

06.12.2017 US 201762595260 P

17.05.2018 US 201862672916 P

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

08.10.2024

73 Titular/es:

**ZILIA INC. (100.0%)
125 boul. Charest Est Bureau 400
Québec, QC G1K 3G5, CA**

72 Inventor/es:

**LAPOINTE, NICOLAS y
SAUVAGEAU, DOMINIC**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 981 379 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

Sistema espectroreflectométrico proporcionado con un modo de puntero para la combinación de imágenes y análisis espectral

5 Campo técnico

10 El campo técnico se relaciona generalmente con dispositivos para oximetría u otras mediciones relacionadas con los ojos y, más particularmente, se refiere a un sistema y método espectroreflectométrico que proporciona tanto un análisis espectral como una representación visual de un punto de análisis dentro del fondo del ojo de un paciente.

Antecedentes

15 La oximetría ocular, es decir, la medición del grado de saturación de oxígeno de la sangre en los tejidos del ojo es una herramienta útil no invasiva con amplias aplicaciones médicas y de monitoreo de salud. De hecho, la medición de la saturación de oxígeno en tejidos biológicos puede proporcionar información valiosa sobre el metabolismo, las respuestas al estrés, la fisiopatología de diferentes enfermedades y condiciones, o la eficacia de los tratamientos administrados.

20 Los sistemas espectroreflectométricos se pueden utilizar para proporcionar mediciones oximétricas u otra información del fondo del ojo de un paciente a través de un análisis espectral de la luz resultante de la interacción de la luz de iluminación con el medio del fondo del ojo o características en el fondo del ojo. Para un uso óptimo en el campo, los oxímetros u otros dispositivos y sistemas equivalentes deben ser preferiblemente eficientes, fáciles de usar y de fabricar, de bajo costo y con capacidad de miniaturización. Estos son también factores de interés. Un desafío en la provisión de tales características radica en el diseño adecuado del arreglo óptico para la adquisición de imágenes y datos, así como en la redirección de señales para su análisis. Un diseño de este tipo debería proporcionar un adecuado direccionamiento e identificación del punto de análisis cuya interacción con la luz está siendo analizada de forma espectral.

30 Por ejemplo, los documentos US6149589 y US5919132 describen la medición espectroreflectométrica en línea y en tiempo real de la oxigenación en el ojo de un paciente.

35 El documento US5919132, en particular, describe un sistema espectroreflectométrico según el preámbulo de la reivindicación 1.

Existe todavía la necesidad de un dispositivo mejorado que pueda ser utilizado para la oximetría ocular o el análisis de otros parámetros en el ojo de un paciente que proporcione al menos algunas de las ventajas mencionadas anteriormente.

40 Resumen

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un sistema espectroreflectométrico para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente, que comprende:

- 45
- un dispositivo de obtención de imágenes;
 - un analizador espectral;
 - un conjunto óptico que define una trayectoria de luz de imagen entre el ojo del paciente y el dispositivo de obtención de imágenes y una trayectoria de luz de análisis espectral entre el ojo del paciente y el analizador espectral; y
- 50
- una fuente de luz de puntero operable para generar un haz de luz de puntero y acoplada ópticamente a la trayectoria de luz de análisis espectral de manera que dicho haz de luz de puntero se pueda proyectar en el fondo del ojo del paciente en un punto de análisis de dicho analizador espectral.

55 El conjunto óptico incluye un divisor de haces posicionado a lo largo de la trayectoria de luz de imagen y configurado para dirigir una porción de luz de imagen que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen hacia el dispositivo de obtención de imágenes y una porción de análisis espectral de dicha luz hacia la trayectoria de luz de análisis espectral. El divisor de haces puede ser un divisor de haces dicróico. En un ejemplo, el divisor de haces dicróico puede tener un perfil espectral de transmisión que define:

- 60
- una o más regiones de alta transmitividad asociadas con un espectro de la porción de imagen de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen;
 - una región de baja transmitividad asociada con un espectro de la porción de análisis espectral de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen.
- 65
- una región de transmitividad parcial asociada con un espectro del haz de luz del puntero.

En otros ejemplos, el divisor de haces puede estar configurado para dividir la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen en la porción de imagen y la porción de análisis espectral de acuerdo con las relaciones de intensidad o las direcciones de polarización.

5 En algunas implementaciones, el conjunto óptico comprende:

- un primer enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y el analizador espectral;
- 10 – un segundo enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y la fuente de luz del puntero.
- un acoplador para tres clavijas de contacto que acopla ópticamente la trayectoria de luz de análisis espectral, el primer enlace de fibra óptica y el segundo enlace de fibra óptica.

15 El acoplador para tres clavijas de contacto puede comprender, por ejemplo, un circulador óptico multimodo, una fibra óptica de doble revestimiento o una configuración de división de haces en espacio libre.

En algunas implementaciones, el conjunto óptico comprende un subconjunto de iluminación configurado para proyectar luz de iluminación hacia el fondo del ojo del paciente. El sistema espectroreflectométrico puede incluir además una fuente de luz de iluminación que puede generar la luz de iluminación y está acoplada ópticamente al subconjunto de iluminación. En algunas implementaciones, el subconjunto de iluminación comprende:

- un espejo agujereado posicionado en un ángulo a lo largo de la trayectoria de luz de imagen entre el ojo del paciente y el divisor de haces, el espejo agujereado tiene un agujero central alineado con la trayectoria de luz de imagen.
- 25 – óptica de formación del haz que proyecta la luz de iluminación desde la fuente de luz de iluminación sobre el espejo perforado para reflejarla hacia el fondo del ojo del paciente.

30 Las ópticas de formación del haz del subconjunto de iluminación pueden comprender una pantalla que bloquea el centro del haz de iluminación y está alineada ópticamente con el agujero central del espejo perforado.

En algunas implementaciones, el sistema espectroreflectométrico puede además comprender un controlador configurado para operar en:

- 35 – un modo de adquisición en donde el controlador opera el dispositivo de obtención de imágenes y el analizador espectral para obtener simultáneamente una imagen del fondo del ojo del paciente y un análisis espectral del punto de análisis en dicho fondo; y
- un modo de puntero en el cual el controlador opera la fuente de luz del puntero y el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

40 En algunas implementaciones, el sistema espectroreflectométrico además comprende un mecanismo de desplazamiento de punto posicionado en la trayectoria de la luz de análisis espectral y configurado para desplazar una posición del punto de análisis sobre el fondo del ojo del paciente. El mecanismo de desplazamiento del punto puede comprender óptica de desplazamiento que incluye al menos un espejo orientable para cambiar el ángulo de incidencia entre la trayectoria de luz de imagen espectral y el divisor de haces.

45 De acuerdo con un aspecto, se proporciona un sistema espectroreflectométrico para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente.

50 El sistema espectroreflectométrico puede incluir un dispositivo de obtención de imágenes, un analizador espectral y una fuente de luz de iluminación controlable para generar luz de iluminación.

55 El sistema espectroreflectométrico además incluye un conjunto óptico que define una trayectoria de luz de imagen entre el ojo del paciente y el dispositivo de obtención de imágenes, y una trayectoria de luz de análisis espectral entre la trayectoria de luz de imagen y el analizador espectral. El conjunto óptico incluye un subconjunto de iluminación acoplado ópticamente a la fuente de luz de iluminación y configurado para proyectar la luz de iluminación desde dicha fuente de luz de iluminación hacia el fondo del ojo del paciente. El conjunto óptico además incluye un divisor de haces posicionado a lo largo de la trayectoria de luz de imagen y configurado para permitir que una porción de luz de imagen que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen llegue al dispositivo de obtención de imágenes, y desviar una porción de análisis espectral de dicha luz hacia la trayectoria de luz de análisis espectral.

60 El sistema espectroreflectométrico además incluye una fuente de luz de puntero acoplada ópticamente a la trayectoria de luz de análisis espectral y controlable para generar un haz de luz de puntero.

65 Finalmente, se proporciona un controlador. El controlador está configurado para operar en:

- un modo de adquisición en donde el controlador activa la fuente de luz de iluminación, el dispositivo de obtención de imágenes y el analizador espectral para obtener simultáneamente una imagen del fondo del ojo del paciente y un análisis espectral de un punto de análisis en dicho fondo; y
- un modo de puntero en el cual el controlador activa la fuente de luz del puntero y el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

En algunas implementaciones, el divisor de haces es un divisor de haces dicróico. El divisor de haces dicróico puede tener un perfil espectral de transmisión que define:

- una o más regiones de alta transmitividad asociadas con un espectro de la porción de imagen de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen;
- una región de baja transmitividad asociada con un espectro de la porción de análisis espectral de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen; y
- una región de transmitividad parcial asociada con un espectro del haz de luz del puntero.

El divisor de haces puede configurarse alternativamente para dividir la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen en la porción de imagen y la porción de análisis espectral según una de las relaciones de intensidad y direcciones de polarización.

En algunas implementaciones, el conjunto óptico comprende:

- un primer enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y el analizador espectral;
- un segundo enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y la fuente de luz del puntero.
- un acoplador para tres clavijas de contacto que acopla ópticamente la trayectoria de luz de análisis espectral, el primer enlace de fibra óptica y el segundo enlace de fibra óptica.

En algunas implementaciones, el sistema espectroreflectométrico puede además comprender un mecanismo de desplazamiento de punto posicionado en la trayectoria de la luz de análisis espectral y configurado para desplazar una posición del punto de análisis sobre el fondo del ojo del paciente. El mecanismo de desplazamiento del punto puede comprender óptica de desplazamiento que incluye al menos un espejo orientable para cambiar el ángulo de incidencia entre la trayectoria de luz de imagen espectral y el divisor de haces.

De acuerdo con otro aspecto, también se proporciona un método espectroreflectométrico para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente. El método incluye:

- proporcionando un sistema espectroreflectométrico operable en un modo de adquisición y un modo de puntero;
- en el modo de adquisición:
 - iluminando el fondo del ojo del paciente, obteniendo de esta manera luz de retorno de dicho fondo, la luz de retorno se propaga a lo largo de una trayectoria de luz de imagen;
 - separando, por ejemplo utilizando un divisor de haces, la luz de retorno en una porción de imagen que continúa a lo largo de la trayectoria de luz de imagen, y una porción de análisis espectral desviada hacia una trayectoria de luz de análisis espectral;
 - detectando la porción de imagen utilizando un dispositivo de obtención de imágenes para obtener una imagen del fondo del ojo del paciente;
 - detectando la porción de análisis espectral utilizando un analizador espectral para obtener un análisis espectral de un punto de análisis en dicho fondo; y
- en el modo de puntero:
 - acoplando un haz de luz de puntero al haz de luz de análisis espectral de manera que dicho haz de luz de puntero se proyecte hacia el fondo del ojo del paciente y su reflexión se propague a lo largo de la trayectoria de luz de imagen hasta el dispositivo de obtención de imágenes;
 - detectando el reflejo del haz de luz del puntero utilizando el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema para realizar un análisis espectral en un medio, que comprende:

- un dispositivo de obtención de imágenes
- un analizador espectral
- un conjunto óptico que define una trayectoria de luz de imagen entre el medio y el dispositivo de obtención de imágenes y una trayectoria de luz de análisis espectral entre el medio y el analizador espectral, el conjunto óptico

comprende un divisor de haces posicionado a lo largo de la trayectoria de luz de imagen y configurado para dirigir una porción de luz de imagen que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen hacia el dispositivo de obtención de imágenes y una porción de análisis espectral de dicha luz hacia la trayectoria de luz de análisis espectral;

- 5 – una fuente de luz de puntero acoplada ópticamente a la trayectoria de luz de análisis espectral y capaz de generar un haz de luz de puntero; y
 – un controlador configurado para operar en:

- 10 o un modo de adquisición en donde el controlador opera el dispositivo de obtención de imágenes y el analizador espectral para obtener simultáneamente una imagen del medio y un análisis espectral de un punto de análisis en dicho medio; y
 o un modo de puntero en el cual el controlador opera la fuente de luz del puntero y el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

15 En algunas implementaciones, el divisor de haces es un divisor de haces dicróico. El divisor de haces dicróico puede tener un perfil espectral de transmisión que define:

- una o más regiones de alta transmitividad asociadas con un espectro de la porción de imagen de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen;
 20 – una región de baja transmitividad asociada con un espectro de la porción de análisis espectral de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen; y
 – una región de transmitividad parcial asociada con un espectro del haz de luz del puntero.

25 En algunas implementaciones, el divisor de haces está configurado para dividir la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen en la porción de imagen y la porción de análisis espectral de acuerdo con una de las relaciones de intensidad y direcciones de polarización.

En algunas implementaciones, el conjunto óptico comprende:

- 30 – Un primer enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y el analizador espectral;
 – Un segundo enlace de fibra óptica que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral y la fuente de luz del puntero; y
 35 – un acoplador para tres clavijas de contacto que acopla ópticamente la trayectoria de luz de análisis espectral, el primer enlace de fibra óptica y el segundo enlace de fibra óptica.

40 En algunas implementaciones, el acoplador para tres clavijas de contacto comprende uno de los siguientes elementos: un circulador óptico multimodo, una fibra óptica de doble revestimiento y una configuración de división de haces en espacio libre.

En algunas implementaciones, el conjunto óptico comprende un subconjunto de iluminación configurado para proyectar luz de iluminación hacia el medio.

45 En algunas implementaciones, el sistema además comprende una fuente de luz de iluminación operable para generar la luz de iluminación y acoplada ópticamente al subconjunto de iluminación.

En algunas implementaciones, el subconjunto de iluminación comprende:

- 50 – un espejo agujereado posicionado en un ángulo a lo largo de la trayectoria de luz de imagen entre el ojo del paciente y el divisor de haces, el espejo agujereado tiene un agujero central alineado con la trayectoria de luz de imagen; y
 – óptica de formación del haz que proyecta la luz de iluminación desde la fuente de luz de iluminación sobre el espejo perforado para su reflexión hacia el medio.

55 En algunas implementaciones, la óptica de formación del haz del subconjunto de iluminación comprende una pantalla que bloquea el centro del haz de iluminación y está alineada ópticamente con el agujero central del espejo perforado.

60 En algunas implementaciones, el sistema además comprende un controlador configurado para operar en:

- un modo de adquisición en donde el controlador opera el dispositivo de obtención de imágenes y el analizador espectral para obtener simultáneamente una imagen del medio y un análisis espectral del punto de análisis en dicho medio; y
 65 – un modo de puntero en el cual el controlador opera la fuente de luz del puntero y el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

En algunas implementaciones, el sistema además comprende un mecanismo de desplazamiento de punto ubicado en la trayectoria de la luz de análisis espectral y configurado para desplazar la posición del punto de análisis sobre dicho medio. El mecanismo de desplazamiento del punto puede comprender óptica de desplazamiento que incluye al menos un espejo orientable para cambiar el ángulo de incidencia entre la trayectoria de luz de imagen espectral y el divisor de haces.

Otros aspectos y características se comprenderán mejor al leer las modalidades correspondientes con referencia a las figuras adjuntas.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una representación esquemática de un sistema espectroreflectométrico según una modalidad.

La Figura 2A es una representación detallada de un sistema espectroreflectométrico según un ejemplo de implementación, utilizado para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente; la Figura 2B es una representación detallada de un sistema espectroreflectométrico según un ejemplo de implementación, para realizar un análisis espectral de una muestra de sangre.

La Figura 3 es un gráfico del perfil de transmisión de un divisor de haces dicróico para su uso en un sistema según un ejemplo de implementación.

Las Figuras 4A a 4C muestran diferentes configuraciones de un acoplador para tres clavijas de contacto para su uso en un sistema según algunas modalidades.

Las Figuras 5A a 5C muestran respectivamente la representación visual del punto de análisis, la imagen y el análisis espectral correspondiente del fondo del ojo del paciente, y la representación visual superpuesta del punto de análisis sobre la imagen del fondo del ojo en un ejemplo de implementación.

La Figura 6 es un diagrama de temporización de la operación de un sistema según una implementación.

Las Figuras 7A y 7B son ejemplos de configuración para un mecanismo de desplazamiento de punto para su uso en un sistema espectroreflectométrico según una modalidad.

Descripción detallada

La presente descripción se refiere en general a sistemas espectroreflectométricos para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente.

En el contexto de la presente solicitud, la expresión "espectroreflectométrico" se utiliza generalmente como una contracción de los términos "espectral" y "reflectométrico" en referencia a técnicas relacionadas con la reflectometría espectral. Como se entiende fácilmente por aquellos expertos en el campo, la reflectometría se refiere al uso de la luz reflejada u otras ondas electromagnéticas para analizar las propiedades de un medio. La luz se proyecta típicamente hacia el medio y las interacciones de la frente de onda de luz con la interfaz del medio conducen a la generación de luz de retorno con propiedades ópticas afectadas por el medio. En la reflectometría espectral, se utiliza un análisis espectral de la luz de retorno, es decir, un análisis de las propiedades de la luz de retorno en función de su perfil de longitud de onda, para obtener o deducir información sobre el medio y su composición.

La reflectometría espectral se puede utilizar en contextos oftalmológicos para detectar los niveles de oxígeno en el fondo del ojo de un paciente. A modo de ejemplo, los niveles de oxígeno se evalúan a través de la presencia de oxihemoglobina que tiene un patrón característico de absorción de luz. De manera similar, la concentración de desoxihemoglobina y carboxihemoglobina (relacionada con los niveles de dióxido de carbono presente) se puede determinar en función de sus respectivos patrones de absorción de luz. Estos parámetros y su regulación son indicativos del metabolismo, respuestas al estrés y estímulos y, potencialmente, de las patofisiologías. Sin embargo, se entenderá que otras moléculas y fenómenos también pueden ser estudiados, como por ejemplo la fluorescencia, en la medida en que conducen a alteraciones en los perfiles espectrales de la luz reflejada. También se entenderá que el análisis espectral puede realizarse para diferentes regiones del fondo del ojo del paciente o en características presentes en el fondo del ojo. En otras implementaciones, el análisis espectral puede realizarse en otras partes del ojo, como la conjuntiva.

Sin embargo, se entenderá fácilmente que el sistema descrito aquí puede ser utilizado para aplicaciones diferentes a la del análisis espectroreflectométrico del ojo. Más ampliamente, el sistema a continuación puede ser útil en cualquier contexto donde se desee obtener información espectral de una porción de un medio con imágenes. Un experto en la materia comprenderá fácilmente que en algunas aplicaciones el sistema puede ser utilizado para analizar la luz transmitida o reflejada por un medio de interés. El medio bajo estudio puede ser distinto al ojo, como por ejemplo la piel, los tejidos de los órganos, los tejidos musculares expuestos y otros tejidos biológicos. En algunas modalidades, el medio en estudio puede ser una muestra ex vivo, como sangre, tejidos, etc., almacenada en un

recipiente transparente como una bolsa, un frasco, una jeringa o una cubeta, o sobre un sustrato adecuado.

Con referencia a la Figura 1, se muestra una representación esquemática de alto nivel de un sistema espectroreflectométrico 20 para realizar un análisis espectral en el fondo 30 del ojo 21 de un paciente, ilustrando un método espectroreflectométrico según una modalidad.

El sistema espectroreflectométrico 20 incluye un dispositivo de obtención de imágenes 50, un analizador espectral 52 y una fuente de luz de puntero 66. En esta configuración ilustrada, el sistema espectroreflectométrico 20 es operable en dos modos: un modo de adquisición y un modo de puntero.

El sistema espectroreflectométrico 20 además incluye un conjunto óptico que define una trayectoria de luz de imagen 34 entre el ojo del paciente 21 y el dispositivo de obtención de imágenes 50, y una trayectoria de luz de análisis espectral 36 entre el ojo del paciente 21 y el analizador espectral 52. En modo de adquisición, se ilumina el fondo 30 del ojo 21 del paciente, obteniendo de esta manera luz de retorno 32 del fondo 30 que se propaga a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34. La luz de retorno 32 se divide preferiblemente en una porción de imagen 54 que se propaga a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 32, y una porción de análisis espectral 56 desviada hacia la trayectoria de luz de análisis espectral 36. La porción de imagen 54 se detecta a través del dispositivo de obtención de imágenes 50 para obtener una imagen del fondo 30 del ojo 21 del paciente. La porción de análisis espectral desviada 56 se detecta utilizando el analizador espectral 52 para obtener un análisis espectral de un punto de análisis en el fondo de ojo 30.

En el modo de puntero, la fuente de luz del puntero 66 genera un haz de luz del puntero 68 que se acopla a la trayectoria de luz de análisis espectral 36 de manera que el haz de luz del puntero 68 se proyecta en el fondo del ojo del paciente 21 en el punto de análisis del analizador espectral.

Se entenderá fácilmente que la expresión "punto de análisis" se refiere a una región o área en el fondo del ojo del paciente u otro medio bajo análisis, desde donde se origina la porción de la luz de retorno que llega al analizador espectral. El punto de análisis puede tener diferentes tamaños y/o formas, principalmente determinados por la geometría y configuración del sistema espectroreflectométrico.

Haciendo referencia a la Figura 2A, se ilustra una representación esquematizada de una configuración que comprende un sistema espectroreflectométrico 20 según un ejemplo.

Como se mencionó anteriormente, el sistema espectroreflectométrico 20 incluye un dispositivo de obtención de imágenes 50. En algunas implementaciones, el dispositivo de obtención de imágenes 50 puede incorporarse en un sensor CCD o CMOS, o cualquier superficie que sea sensible y convierta la intensidad de luz o energía en una señal útil. El dispositivo de obtención de imágenes 50 puede incluir o estar en comunicación con un procesador, computadora, circuito o cualquier otro componente de hardware o conjunto de componentes de hardware programado con instrucciones para construir, almacenar y mostrar las imágenes adquiridas por el dispositivo de obtención de imágenes 50. Se puede proporcionar una pantalla integrada o separada para permitir la visualización de las imágenes resultantes por parte de un operador o usuario del sistema espectroreflectométrico 20.

El analizador espectral 52 puede ser caracterizado por cualquier dispositivo adecuado que permita un análisis de la luz en función de la longitud de onda. El analizador espectral 52 puede, por ejemplo, incorporarse mediante un espectrómetro óptico. Como se sabe en el campo, los espectrómetros ópticos típicamente descomponen la luz entrante de acuerdo a su espectro, generalmente utilizando refracción de la luz (por ejemplo, en un prisma) o difracción de la luz (en una rejilla de difracción), e incluyen un detector que mide la intensidad distribuida de la luz descompuesta. El analizador espectral 52 puede incluir una computadora o procesador programado con instrucciones para analizar el espectro de luz detectado de acuerdo con parámetros predeterminados, como se explicó anteriormente. En algunas modalidades, el analizador espectral 52 puede ser basado en rejilla, como se ilustra a modo de ejemplo en la Figura 2. Sin embargo, se entenderá fácilmente que se pueden utilizar una variedad de otras configuraciones y componentes estructurales sin salir del alcance de la presente descripción. A modo de ejemplo, el analizador espectral 52 puede incluir al menos un elemento dispersivo como una rejilla en reflexión o transmisión o un prisma.

El sistema espectroreflectométrico 20 puede incluir además una fuente de luz de iluminación 22 operable para generar una luz de iluminación 24, que puede proyectarse hacia el fondo 30 del ojo del paciente 21 en el modo de adquisición. La fuente de luz de iluminación 22 puede incluir uno o más emisores de LED (Diodo Emisor de Luz). Los emisores LED de una fuente de luz de iluminación dada 22 pueden tener propiedades ópticas similares o diferentes propiedades ópticas complementarias seleccionadas para obtener las propiedades ópticas deseadas de la luz de iluminación 24 una vez combinadas. Se entenderá fácilmente que numerosas otras variantes de fuentes de luz, como láseres, OLED, fluorescentes, incandescentes, tungsteno y otras bombillas, pueden ser utilizadas en modalidades alternativas. La expresión "luz de iluminación" se utiliza aquí para referirse a radiación electromagnética adecuada para proyectarse en el ojo 21 de un paciente y para inducir, producir o generar de alguna otra manera luz de retorno 32 que pueda proporcionar información de interés sobre el fondo 30 del ojo del paciente 21 mediante un análisis adecuado. Se entenderá fácilmente que el término "luz" no se considera limitado a la porción visible del

espectro electromagnético. La luz de iluminación 24 preferiblemente tiene un perfil espectral de banda ancha que abarca todas las longitudes de onda de interés para el análisis espectral que el sistema está configurado para realizar. En algunas variantes, la luz de iluminación puede ser luz blanca. En otras variantes, la luz de iluminación 24 puede tener un perfil espectral diseñado en función del campo de uso del sistema espectroreflectométrico 20. En otro conjunto de variantes, la luz de iluminación puede tener cualquier otro perfil espectral adecuado según lo dicten uno o más factores, como las propiedades ópticas del ojo del paciente, la disponibilidad de fuentes de luz, la naturaleza y características del análisis espectral a realizar, etc.

Como se mencionó anteriormente, el sistema espectroreflectométrico 20 incluye un conjunto óptico 26 que define, por un lado, la trayectoria de la luz de imagen 34 entre el ojo del paciente 21 y el dispositivo de obtención de imágenes 50 y, por otro lado, la trayectoria de la luz de análisis espectral 36 entre el ojo del paciente 21 y el analizador espectral 52.

Se comprenderá fácilmente que el conjunto óptico 26 puede ser caracterizado por una variedad de configuraciones adecuadas para el propósito de iluminar el ojo de un paciente y recoger la luz de retorno resultante. El conjunto óptico 26 puede incluir uno o más componentes ópticos configurados para transferir la imagen del fondo de ojo 30 a un plano de imagen 46. Los componentes ópticos pueden incluir lentes, espejos, polarizadores, filtros, etc. Los componentes ópticos pueden ser dispuestos de cualquier manera adecuada, como generalmente se conoce por aquellos expertos en el arte. El conjunto óptico 26 puede incluir además otros componentes no ópticos, como componentes mecánicos o eléctricos que proporcionan soporte estructural y/o funcional a los componentes ópticos, como monturas fijas o desplazables, pantallas, agujeros de alfiler, motores paso a paso, etc.

El conjunto óptico 26 puede incluir un subconjunto de iluminación 28 acoplado ópticamente a la fuente de luz de iluminación 22 y configurado para proyectar la luz de iluminación 24 desde la fuente de luz de iluminación 22 hacia el fondo 30 del ojo del paciente 21.

En la configuración ilustrada, el subconjunto de iluminación 28 incluye un espejo perforado 38 posicionado en un ángulo a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34. El espejo perforado 38 tiene un agujero central 39 alineado con la trayectoria de la luz de imagen 34. Preferiblemente, la fuente de luz de iluminación 22 se posiciona de forma ortogonal al ojo del paciente 21, y el espejo perforado forma un ángulo de 45° con respecto al eje óptico de la luz de iluminación 24. En modalidades alternativas, el subconjunto de iluminación 28 puede incluir uno o más componentes ópticos con propiedades variables de transmisión y reflexión, por ejemplo, un espejo diseñado para tener una baja reflectividad en el centro y una alta reflectividad alrededor de este centro.

El subconjunto de iluminación 28 además incluye óptica de formación del haz que proyecta la luz de iluminación 24 desde la fuente de luz de iluminación 22 sobre el espejo perforado 38 para su reflexión hacia el fondo del ojo del paciente. La óptica de formación del haz incluye uno o más componentes ópticos que interactúan con la luz de iluminación 24. En la modalidad ilustrada, la óptica de formación del haz incluye una primera lente 40a, una segunda lente 40b y una tercera lente 40c dispuestas sucesivamente a lo largo de la trayectoria óptica entre la fuente de luz de iluminación 22 y el espejo perforado 38. Se posiciona una máscara 42 entre la segunda lente 40b y la tercera lente 40c. La máscara 42 está alineada ópticamente con el agujero central 39 del espejo perforado 38 y tiene un tamaño para bloquear el centro del haz de iluminación 24. Esta configuración proporciona a la luz de iluminación 24 una forma de anillo para que se refleje en el espejo perforado 38. Se puede proporcionar adicionalmente una pantalla 44 entre las primeras y segundas lentes 40a y 40b para evitar que la luz retroreflejada de la máscara 42 llegue a la fuente de luz de iluminación 22. Se puede proporcionar una lente de salida 41 y cualquier otra óptica relevante entre el espejo perforado 38 y el ojo del paciente 21.

En algunas implementaciones, opcionalmente se puede proporcionar una fuente de luz de alineación 43 acoplada ópticamente al conjunto de iluminación 28 de manera que un haz de luz de alineación generado desde allí pueda ser lanzado en la misma trayectoria óptica que la luz de iluminación. En algunas implementaciones, la fuente de luz de alineación 43 puede generar luz en el rango espectral del infrarrojo cercano para evitar molestias al paciente.

Se entenderá fácilmente que el subconjunto de iluminación 28 puede incorporarse en cualquier colección adecuada de componentes ópticos y características estructurales, mecánicas, eléctricas u otras que colaboren para llevar la luz de iluminación desde la fuente de luz de iluminación al ojo del paciente con las características ópticas deseadas. Los componentes del subconjunto de iluminación pueden redirigir, enfocar, colimar, filtrar u actuar de otra manera sobre la luz de diversas formas. Una persona experta en la materia comprenderá fácilmente que una multitud de diseños pueden proporcionar dicho resultado. Por ejemplo, en algunas variantes, una o más fibras ópticas pueden ser utilizadas para llevar la luz de iluminación 24 al menos parcialmente desde la fuente de luz de iluminación 22 hacia el fondo 30. Se entenderá además que la fuente de luz de iluminación 22 puede ser proporcionada tanto de forma separada como integrada al conjunto óptico 26. En un ejemplo, el conjunto óptico 26 puede incluir un puerto de luz configurado para recibir la luz de iluminación directa o indirectamente desde la fuente de luz de iluminación.

Refiriéndonos aún a la Figura 2A, el conjunto óptico 26 incluye además un divisor de haces 48, posicionado a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34 y configurado para dirigir una porción de imagen 54 de la luz de retorno 32 hacia la trayectoria de luz de imagen 34, y una porción de análisis espectral 56 de la luz de retorno 32 hacia la

trayectoria de luz de análisis espectral 36. Se entenderá fácilmente que aunque en la variante ilustrada el divisor de haces 48 está configurado y dispuesto para transmitir a través de la porción de imagen 54 de la luz de retorno 32 y reflejar la porción de análisis espectral 56 de la luz de retorno 32, en otras variantes puede estar configurado y dispuesto para reflejar la porción de imagen 54 hacia el dispositivo de obtención de imágenes 50 y transmitir a través de la porción de análisis espectral 56 hacia el analizador espectral 52.

En algunas implementaciones, una lente de enfoque puede estar posicionada entre el espejo perforado 38 y el divisor de haces 48. En algunas modalidades, la lente de enfoque puede estar montada en un actuador de traducción adecuado que permite su desplazamiento a lo largo del camino de luz de imagen 34. Un movimiento de este tipo desplaza el plano de imagen 46 para compensar las variaciones del índice de refracción en el ojo de diferentes pacientes. En otras variantes, la lente de enfoque puede tener un enfoque variable y puede ser ajustable mediante diferentes medios.

La porción de imagen 54 de la luz de retorno 32 viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34 hasta que llega al dispositivo de obtención de imágenes 50 para su detección. Por supuesto, se podrían proporcionar numerosos componentes ópticos a lo largo de la trayectoria de la luz de imagen para colimar, enfocar, filtrar, redirigir o afectar de alguna otra manera la porción de imagen 54 antes de llegar al dispositivo de obtención de imágenes 50. Las ópticas de formación del haz 51 se indican como una representación de caja negra de dichos componentes en la configuración ilustrada de la Figura 2A.

La porción de análisis espectral 56 de la luz de retorno 32 se desvía hacia la trayectoria de luz de análisis espectral 36 y finalmente es detectada por el analizador espectral 52.

La trayectoria de análisis espectral de la luz 36 también está acoplada ópticamente a la fuente de luz del puntero 66, de modo que el haz de luz del puntero 68 puede contrapropagarse a lo largo de la trayectoria de análisis espectral de la luz 36 hacia el divisor de haces 48. Se explicará con más detalle a continuación el funcionamiento de la fuente de luz del puntero 66 y otras características que puedan proporcionarse a lo largo de la trayectoria de luz de análisis espectral 36.

El divisor de haces 48 puede operar según uno de varios principios para separar la luz que incide en él en diferentes partes. En una modalidad, el divisor de haces 48 es un divisor de haces dicróico. Como es bien conocido en el campo, los componentes ópticos dicróicos afectan la luz según sus características espectrales. El divisor de haces dicróico 48 puede tener un perfil de transmisión espectral adaptado al funcionamiento del sistema espectroreflectométrico 20. Con referencia adicional a la Figura 3, en un ejemplo, el divisor de haces dicróico 48 tiene un perfil espectral de transmisión que define:

- dos regiones de alta transmitividad 60a, 60b, cada una con una relación de transmitividad del 100 %, que están asociadas con un espectro para la porción de imagen 54 de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen. En otras palabras, la porción de la luz de retorno que tiene una longitud de onda dentro de estas regiones se permitirá pasar a través del divisor de haces sin desviación. En el ejemplo ilustrado, las regiones de alta transmitividad son inferiores a 500 nm y superiores a 620 nm, respectivamente;
- una región de baja transmitividad 62 asociada con el espectro de la porción de análisis espectral 56 de la luz 32 que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34. En el ejemplo ilustrado, el análisis espectral se realiza preferentemente en la luz en el rango de 500 nm a 620 nm y la transmitancia del divisor de haces 48 es nula o insignificante dentro de este rango, asegurando una reflexión completa de este componente espectral de la luz de retorno 32 hacia la trayectoria de luz de análisis espectral 36; y
- una región de transmitividad parcial 64 asociada con un espectro del haz de luz del puntero 68. En la variante ilustrada, el haz de luz del puntero 68 tiene una longitud de onda en el rango de color rojo, por ejemplo, en o cerca de 635 nm. La luz en el rango espectral se transmite parcialmente y se refleja parcialmente por el divisor de haces, por ejemplo, en una relación de 50/50.

Como un experto en la técnica comprenderá fácilmente, la Figura 3 muestra un perfil espectral ideal y las implementaciones prácticas pueden solo aproximarse a una variación ideal como esta.

En otras modalidades, el divisor de haces 48 puede separar la luz según características distintas a su contenido espectral. El divisor de haces 48 puede, por ejemplo, estar configurado para dividir la luz de retorno 32 que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34 en la porción de imagen y la porción de análisis espectral de acuerdo con las relaciones de intensidad de forma independiente de la longitud de onda o el estado de polarización de la luz. En otras variantes, el divisor de haces 48 puede estar configurado para dividir la luz de retorno 32 que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen 34 en la porción de imagen y la porción de análisis espectral según las direcciones de polarización.

Haciendo referencia a la Figura 2A, en algunas implementaciones, el conjunto óptico 26 incluye primeros y segundos enlaces de fibra óptica 70 y 72. El primer enlace de fibra óptica 70 se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral 34 y el analizador espectral 52. El segundo enlace de fibra óptica 72 se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral 34 y la fuente de luz del puntero 66. El conjunto óptico 26 además incluye un acoplador para

tres clavijas de contacto 74 que acopla ópticamente la trayectoria de luz de análisis espectral 34, el primer enlace de fibra óptica 70 y el segundo enlace de fibra óptica 72.

5 El acoplador para tres clavijas de contacto 74 puede ser caracterizado por varios dispositivos y/o configuraciones que permiten la circulación de luz desde la trayectoria de luz de análisis espectral 36 hacia el primer enlace de fibra óptica 70, permitiendo que la porción de análisis espectral 56 de la luz de retorno 32 llegue al analizador espectral 52, y desde el segundo enlace de fibra óptica 72 hacia la trayectoria de análisis espectral 36, permitiendo que el haz de luz de puntero 68 sea lanzado en el sistema hacia el ojo del paciente 21. Haciendo referencia a las Figuras 4A a 4C, se ilustran diferentes variantes del acoplador para tres clavijas de contacto 74. En el ejemplo de la Figura 4A, el acoplador para tres clavijas de contacto 74 incluye un circulador óptico multimodo. La Figura 4B muestra otra variante en la que el acoplador para tres clavijas de contacto 74 comprende una fibra óptica de doble revestimiento, que puede soportar la propagación del haz de luz del puntero en el núcleo, y la recolección de luz para el análisis espectral a través del revestimiento enviada al analizador espectral. En este caso, el modo núcleo está acoplado ópticamente al primer enlace de fibra óptica, y el modo revestimiento está acoplado ópticamente al segundo enlace de fibra óptica (o viceversa). En otra variante, el acoplador para tres clavijas de contacto 74 puede ser una configuración de espacio libre, por ejemplo, basada en una configuración de división de haces de espacio libre 76.

20 Por supuesto, se podrían proporcionar numerosos componentes ópticos a lo largo de la trayectoria de la luz de análisis espectral para colimar, enfocar, filtrar, redirigir u afectar de alguna otra manera la porción de imagen 54 antes de llegar al acoplador para tres clavijas de contacto 74. Las ópticas de formación del haz 78 se indican como una representación de caja negra de dichos componentes en la configuración ilustrada de la Figura 2A. A modo de ejemplo, también se ilustra una lente 79 que enfoca la luz sobre el acoplador para tres clavijas de contacto.

25 La fuente de luz del puntero 66 puede ser caracterizada por cualquier fuente de luz que genere un haz de luz del puntero 68 adecuado para funcionalidades de señalización. En un ejemplo, la fuente de luz del puntero 66 puede ser un diodo láser. El haz de luz del puntero 68 puede tener cualquier longitud de onda o contenido espectral seguro para el ojo del paciente y dentro del rango de detección del dispositivo de obtención de imágenes. La fuente de luz del puntero puede, por ejemplo, emitir en los rangos espectrales visibles o cercanos al infrarrojo.

30 De acuerdo con algunas implementaciones, el sistema espectroreflectométrico 20 incluye un controlador 80. El controlador 80 está configurado para operar en el modo de adquisición y en el modo de puntero. En algunas implementaciones, el modo de adquisición y el modo de puntero pueden operarse de manera alternativa, mientras que en otras implementaciones pueden operarse de manera concurrente. En el modo de adquisición, el controlador 80 opera la fuente de luz de iluminación 22, el dispositivo de obtención de imágenes 50 y el analizador espectral 52 para obtener simultáneamente una imagen del fondo 30 del ojo del paciente 21 y un análisis espectral de un punto de análisis en este fondo 30. En el modo de puntero, el controlador 80 opera la fuente de luz del puntero 66 y el dispositivo de obtención de imágenes 50 para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de la imagen obtenida en el modo de adquisición.

40 Haciendo referencia a las Figuras 5A a 5C, se describe ejemplos de los resultados obtenidos a través de una implementación del método y sistema descrito aquí. La Figura 5A muestra la representación visual de un punto de análisis 82 obtenido en el modo de puntero, donde el haz de luz del puntero proveniente de la fuente de luz del puntero es guiado ópticamente a través del sistema para llegar al fondo del ojo del paciente. La representación visual obtenida es una imagen de esta fuente puntual en el sensor del dispositivo de obtención de imágenes. Esta imagen puede ser utilizada como un "puntero láser" para definir el área en la cual se realiza el análisis espectral, ya que tanto los enlaces de fibra óptica 70 y 72 comparten la misma salida en el acoplador para tres clavijas de contacto 74. La Figura 5B muestra la imagen 84 del fondo de ojo y el análisis espectral 85 del punto de análisis definido por el puntero obtenido conjuntamente en modo de adquisición. Preferiblemente, el controlador incluye una sincronización precisa electrónicamente que permite la operación sucesiva del sistema en el modo de puntero y el modo de adquisición. En algunas modalidades, la información de análisis de imagen y espectral mostrada en la Figura 5B puede obtenerse antes de la representación visual del punto de análisis mostrado en la Figura 5A. Opcionalmente, la posición del punto de análisis obtenido en modo de puntero puede superponerse en la imagen de la retina obtenida en modo de adquisición, como se muestra en la Figura 5C. Una concentración de oxígeno de la región correspondiente puede ser proporcionada conjuntamente en aplicaciones de oximetría. La Figura 6 muestra un diagrama de tiempos para las señales de control proporcionadas desde el controlador a la fuente de luz de iluminación 22, el dispositivo de obtención de imágenes 50, el analizador espectral 52 y la fuente de luz del puntero 66, respectivamente.

60 El sistema espectroreflectométrico 20 puede incluir componentes y funcionalidades adicionales.

65 En algunas implementaciones, el sistema espectroreflectométrico 20 puede incluir un mecanismo de desplazamiento de punto 86 posicionado en la trayectoria de análisis espectral 36 y configurado para desplazar la posición del punto de análisis sobre el fondo 30 del ojo del paciente sin afectar la porción de imagen 21. El mecanismo de desplazamiento del punto 86 puede incluir ópticas de desplazamiento, como uno o más espejos direccionables. Un pivoteo de los espejos direccionables se puede utilizar para cambiar el ángulo de incidencia entre el haz de luz del puntero 68 que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen espectral 36 y el divisor de haces 48. Haciendo

referencia a las Figuras 7A y 7B, se muestran dos ejemplos de configuraciones del mecanismo de desplazamiento del punto. En la Figura 7A, se utilizan primer y segundo espejos 88a, 88b con desplazamiento tanto en dirección phi como en dirección theta para cambiar el ángulo de incidencia del haz de luz del puntero 68 sobre el divisor de haces 48. La dirección de desplazamiento del primer espejo 88a debe ser opuesta a la del segundo espejo 88b para mantener la posición del haz de luz del puntero 68 en el divisor de haces 48 y solo cambiar el ángulo de incidencia. En la Figura 7B, se utiliza un espejo de cardán 89 en lugar del segundo espejo 88b. Este esquema, utilizado en conjunto con dos lentes 90a y 90b utilizadas en una configuración 4f, permite variar el ángulo de incidencia del haz de luz del puntero 68 sobre el divisor de haces 48 sin cambiar la posición en la que el haz de luz del puntero 68 golpea el divisor de haces.

Haciendo referencia a la Figura 2B, se muestra una variante del sistema espectroreflectométrico 20 similar al descrito anteriormente, para su uso en realizar un análisis espectral en un medio distinto al fondo del ojo. A modo de ejemplo, en la ilustración de la Figura 2B, el medio en estudio es un bolsillo de líquido 23 (por ejemplo, que contiene sangre o plasma).

El sistema espectroreflectométrico de la Figura 2B incluye todos los mismos componentes que el sistema mostrado en la Figura 2A, incluyendo el conjunto óptico 26 y el subconjunto de iluminación 28. En esta variante, el subconjunto de iluminación 28 incluye además una lente de salida adicional 41'. La lente adicional de salida 41' se puede agregar a la configuración de la Figura 2A para proporcionar focalización y formar una imagen del medio que se está examinando en el dispositivo de obtención de imágenes 50. Como un experto en la técnica entenderá fácilmente, este enfoque puede proporcionar una adaptación sencilla de un sistema inicialmente concebido para explorar el fondo del ojo, ya que dicha concepción considera la focalización natural de la luz realizada por el cristalino del ojo, el cual es esencialmente reemplazado por la lente de salida adicional 41'. En otras variantes, la lente de salida 41 y la lente de salida adicional 41' pueden ser reemplazadas por una sola lente o una disposición óptica diferente.

Por supuesto, se podrían realizar numerosas modificaciones a las modalidades descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la invención tal como se describe en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5
1. Un sistema espectroreflectométrico (20) para realizar un análisis espectral en el fondo (30) del ojo (21) de un paciente, que comprende:
- 10
- un dispositivo de obtención de imágenes (50);
 - un analizador espectral (52);
 - un conjunto óptico (26) que define una trayectoria de luz de imagen (34) entre el ojo del paciente (21) y el dispositivo de obtención de imágenes (50) y una trayectoria de luz de análisis espectral (36) entre el ojo del paciente (21) y el analizador espectral (52), el conjunto óptico comprende un divisor de haces (48) posicionado a lo largo de la trayectoria de luz de imagen (34) y configurado para dirigir una porción de imagen (54) de la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen (34) hacia el dispositivo de obtención de imágenes (50) y una porción de análisis espectral (56) de dicha luz hacia la trayectoria de luz de análisis espectral (36);
- 15
- caracterizado porque además comprende una fuente de luz de puntero (66) operable para generar un haz de luz de puntero (68) y acoplada ópticamente a la trayectoria de luz de análisis espectral (36) de manera que el haz de luz de puntero (68) pueda contrapropagarse a lo largo de la trayectoria de luz de análisis espectral (36) hacia el divisor de haces de manera que dicho haz de luz de puntero (68) pueda proyectarse en el fondo (30) del ojo del paciente (21) en un punto de análisis (82) de dicho analizador espectral (52).
- 20
2. Un sistema espectroreflectométrico (20) según la reivindicación 1, en donde el divisor de haces (48) es un divisor de haces dicróico.
- 25
3. El sistema espectroreflectométrico (20) según la reivindicación 2, en donde el divisor de haces (48) está configurado para dividir la luz que viaja a lo largo de la trayectoria de luz de imagen (34) en la porción de imagen (54) y la porción de análisis espectral (56) según las relaciones de intensidad o las direcciones de polarización.
- 30
4. El sistema espectroreflectométrico (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el conjunto óptico (26) comprende:
- Un primer enlace de fibra óptica (70) que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral (36) y el analizador espectral (52);
 - Un segundo enlace de fibra óptica (72) que se extiende entre la trayectoria de luz de análisis espectral (36) y la fuente de luz del puntero (66); y
 - un acoplador para tres clavijas de contacto (74) que acopla ópticamente la trayectoria de luz de análisis espectral (36), el primer enlace de fibra óptica (70) y el segundo enlace de fibra óptica (72), dicho acoplador para tres clavijas de contacto (74) que comprende preferiblemente uno de un circulador óptico multimodo, una fibra óptica de doble revestimiento o una configuración de división de haces en espacio libre.
- 35
- 40
5. El sistema espectroreflectométrico (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el conjunto óptico (26) comprende un subconjunto de iluminación (28) configurado para proyectar luz de iluminación (24) hacia el fondo (30) del ojo del paciente (21), y opcionalmente comprende una fuente de luz de iluminación (22) operable para generar la luz de iluminación (24) y acoplada ópticamente al subconjunto de iluminación (28).
- 45
6. El sistema espectroreflectométrico (20) según la reivindicación 5, en donde el subconjunto de iluminación (28) comprende:
- un espejo perforado (38) posicionado en un ángulo a lo largo de la trayectoria de luz de imagen (34) entre el ojo del paciente (21) y el divisor de haces (48), el espejo perforado (38) que tiene un agujero central (39) alineado con la trayectoria de luz de imagen (34); y
 - óptica de formación del haz (40a, 40b, 40c, 42, 44) que proyecta la luz de iluminación (24) desde la fuente de luz de iluminación (22) sobre el espejo perforado (38) para su reflexión hacia el fondo del ojo del paciente.
- 50
- 55
7. El sistema espectroreflectométrico (20) según la reivindicación 6, en donde la óptica de formación del haz del subconjunto de iluminación (28) comprende una pantalla (44) que bloquea el centro de la luz de iluminación (24) y está alineada ópticamente con el agujero central (39) del espejo perforado (38).
- 60
8. El sistema espectroreflectométrico (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende un controlador (80) configurado para operar en:
- un modo de adquisición en donde el controlador (80) opera el dispositivo de obtención de imágenes (50) y el analizador espectral (52) para obtener simultáneamente una imagen (84) del fondo (30) del ojo del paciente (21) y un análisis espectral (85) del punto de análisis (82) en dicho fondo (30); y
 - un modo de puntero en donde el controlador (80) opera la fuente de luz del puntero (66) y el dispositivo de
- 65

obtención de imágenes (50) para obtener una representación visual del punto de análisis (82) dentro de dicha imagen (84).

- 5 9. El sistema espectroreflectométrico (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que además comprende un mecanismo de desplazamiento de punto (86) posicionado en la trayectoria de la luz de análisis espectral (36) y configurado para desplazar una posición del punto de análisis (82) sobre dicho fondo (30) del ojo del paciente (21), dicho mecanismo de desplazamiento de punto (86) opcionalmente comprende óptica de desplazamiento (86) que comprende al menos un espejo orientable (88) para cambiar el ángulo de incidencia entre la trayectoria de la luz de análisis espectral (36) y el divisor de haces (48).
- 10 10. Un método espectroreflectométrico para realizar un análisis espectral en el fondo del ojo de un paciente, que comprende:
- 15 – proporcionar un sistema espectroreflectométrico operable en un modo de adquisición y en un modo de puntero;
- en el modo de adquisición:
- 20 ○ iluminar el fondo del ojo del paciente, obteniendo de esta manera luz de retorno de dicho fondo, la luz de retorno se propaga a lo largo de una trayectoria de luz de imagen;
- separar la luz de retorno en una porción de imagen que continúa a lo largo de la trayectoria de luz de imagen, y una porción de análisis espectral desviada hacia una trayectoria de luz de análisis espectral;
- detectar la porción de imagen utilizando un dispositivo de obtención de imágenes para obtener una imagen del fondo del ojo del paciente;
- 25 ○ detectar la porción de análisis espectral utilizando un analizador espectral para obtener y analizar el espectro de un punto de análisis en dicho fondo; y
- en el modo de puntero:
- 30 ○ acoplar un haz de luz de puntero a la trayectoria de luz de análisis espectral de manera que dicho haz de luz de puntero se proyecte hacia el fondo del ojo del paciente y se propague una reflexión del mismo a lo largo de la trayectoria de luz de imagen hasta el dispositivo de obtención de imágenes;
- detectar el reflejo del haz de luz del puntero utilizando el dispositivo de obtención de imágenes para obtener una representación visual del punto de análisis dentro de dicha imagen.

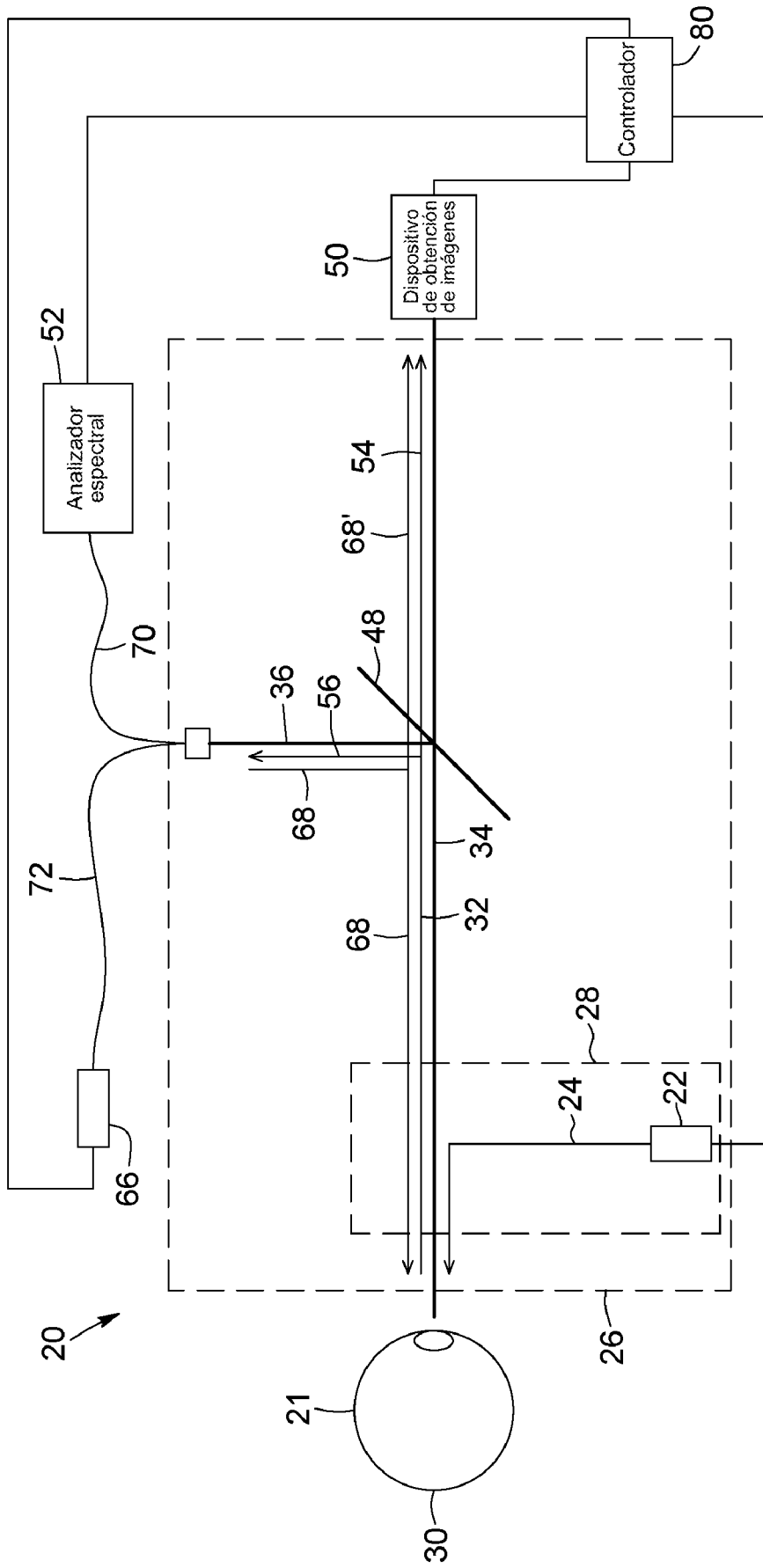


FIGURA 1

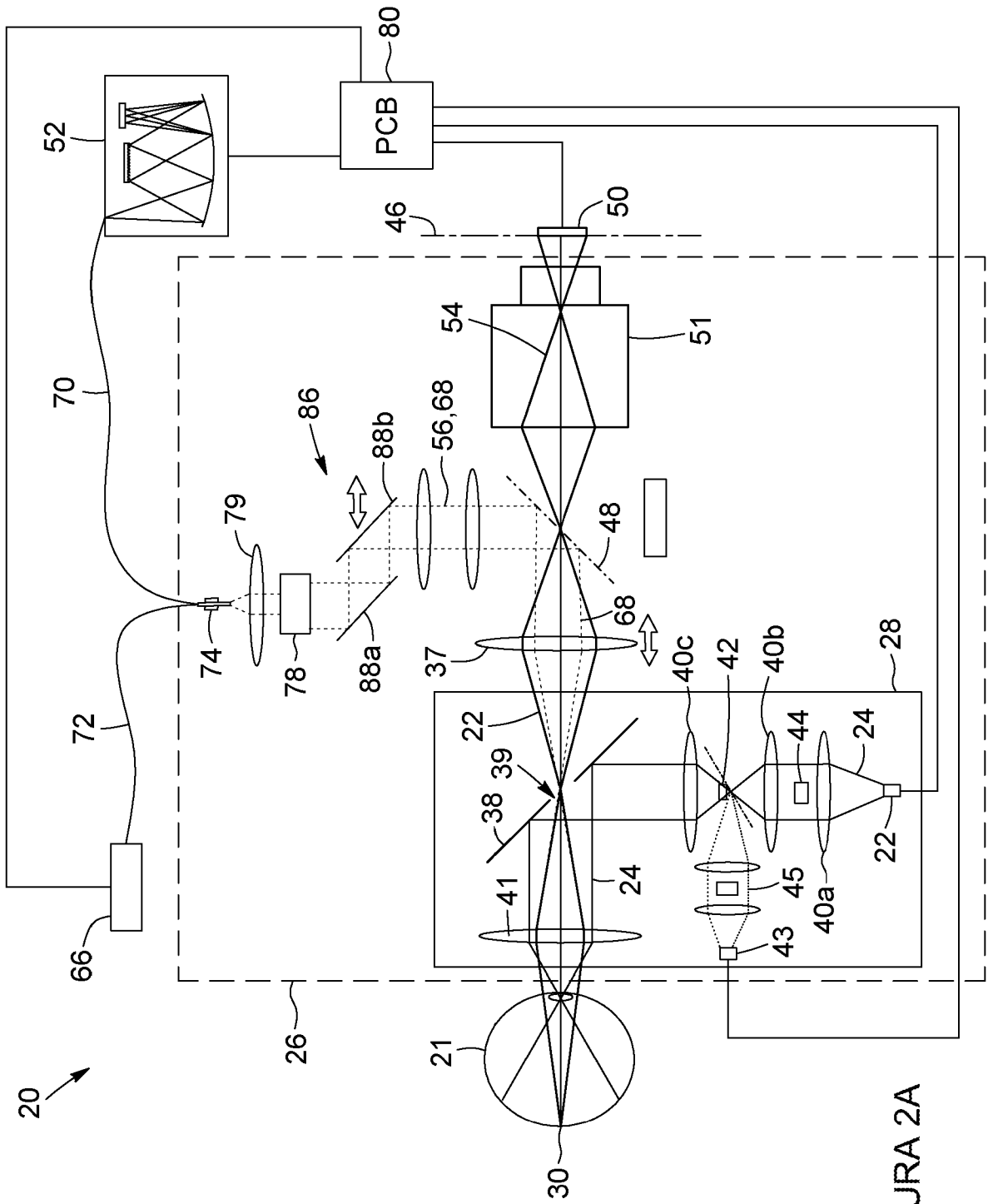


FIGURA 2A

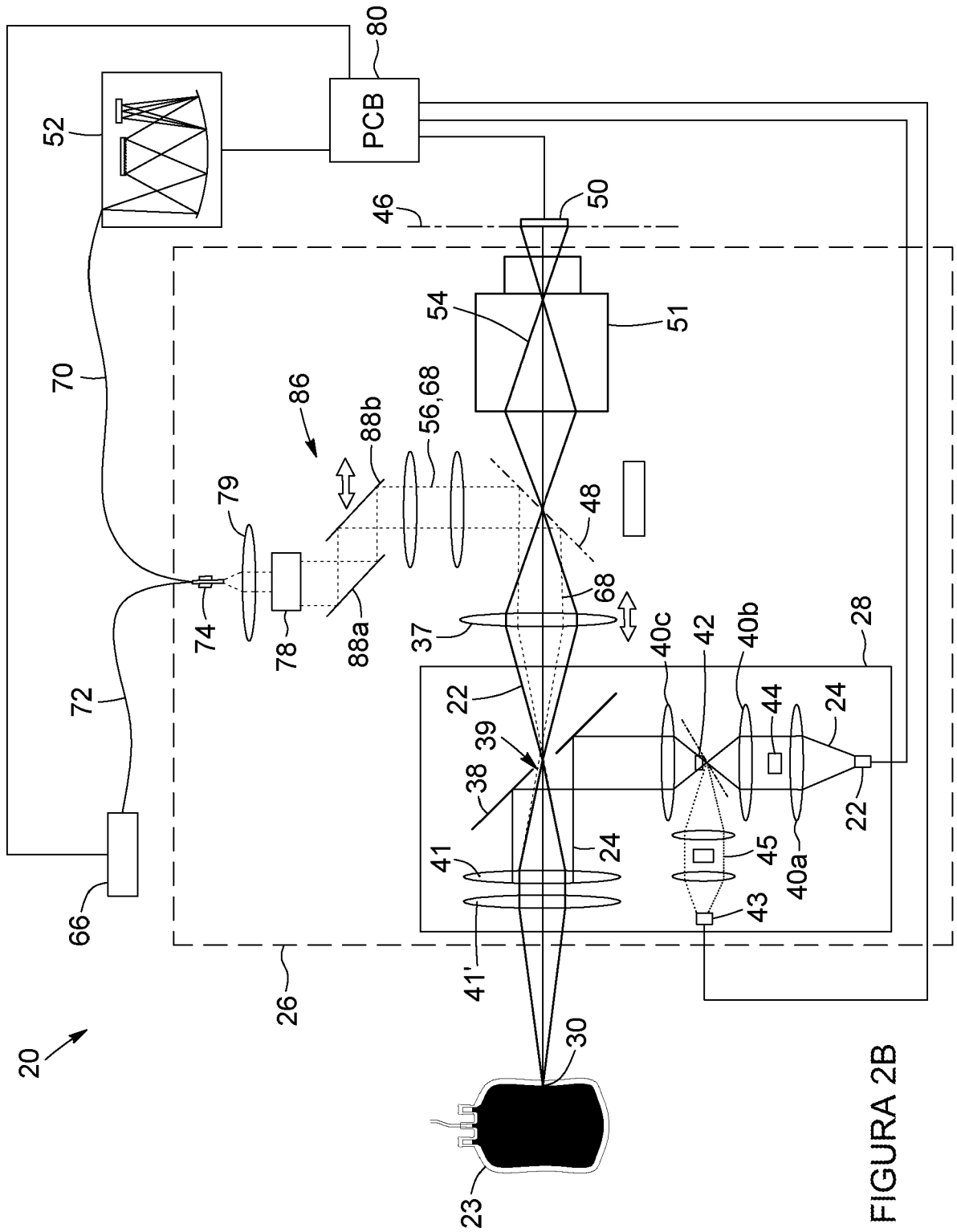


FIGURA 2B

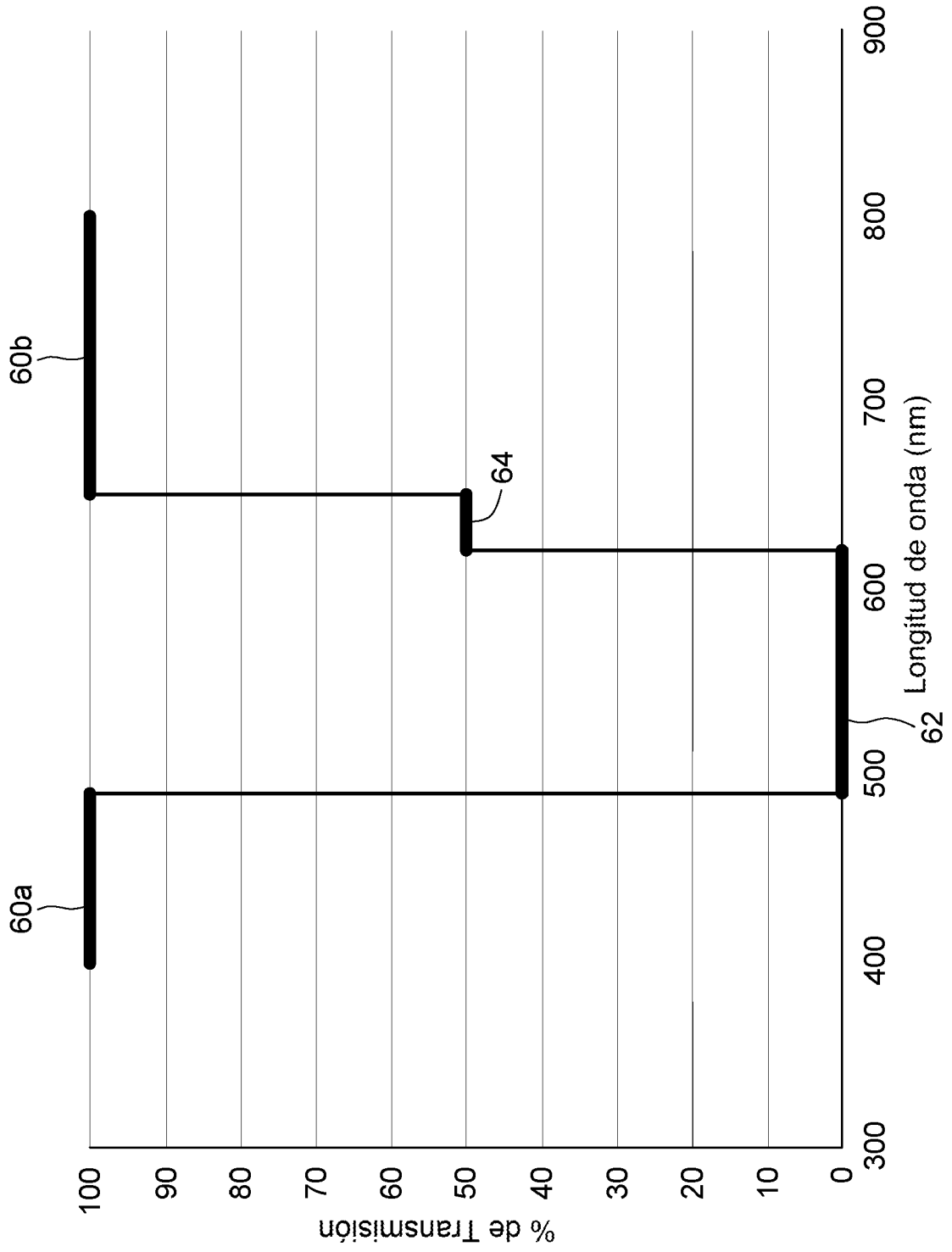


FIGURA 3

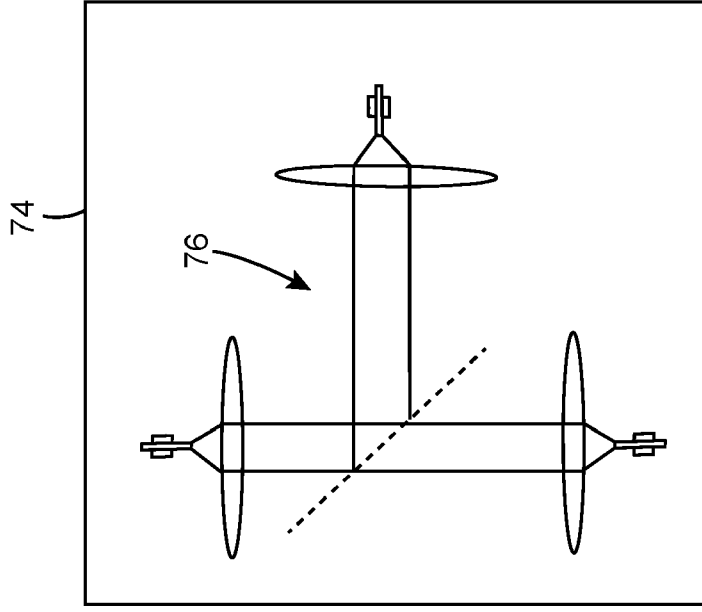


FIGURA 4C

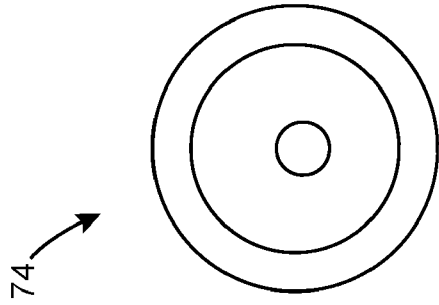


FIGURA 4B

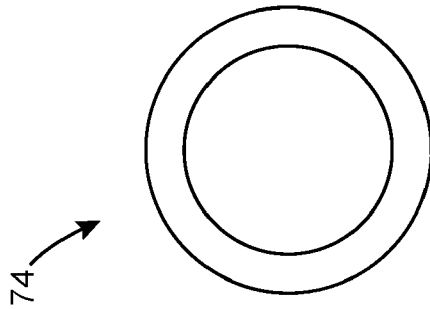


FIGURA 4A

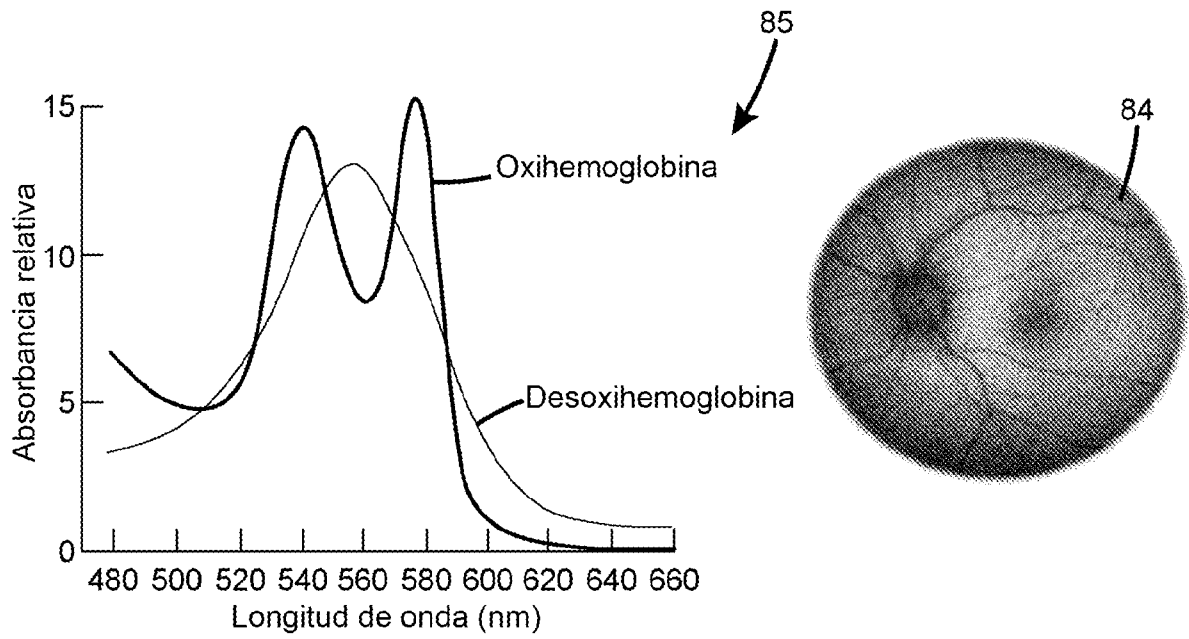
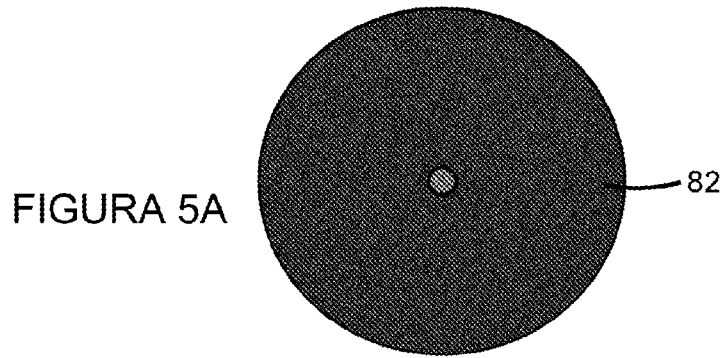
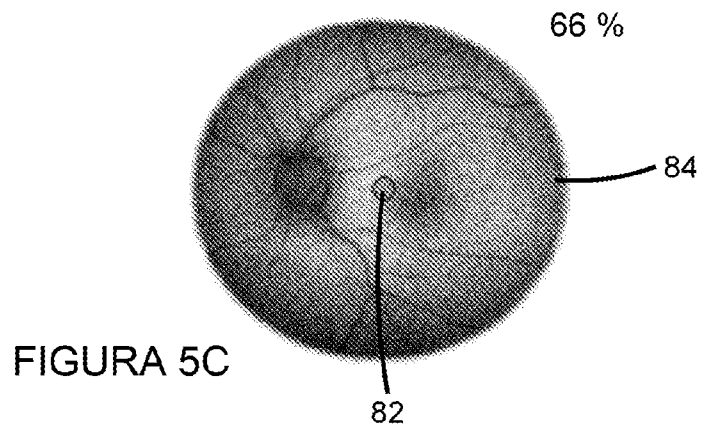


FIGURA 5B



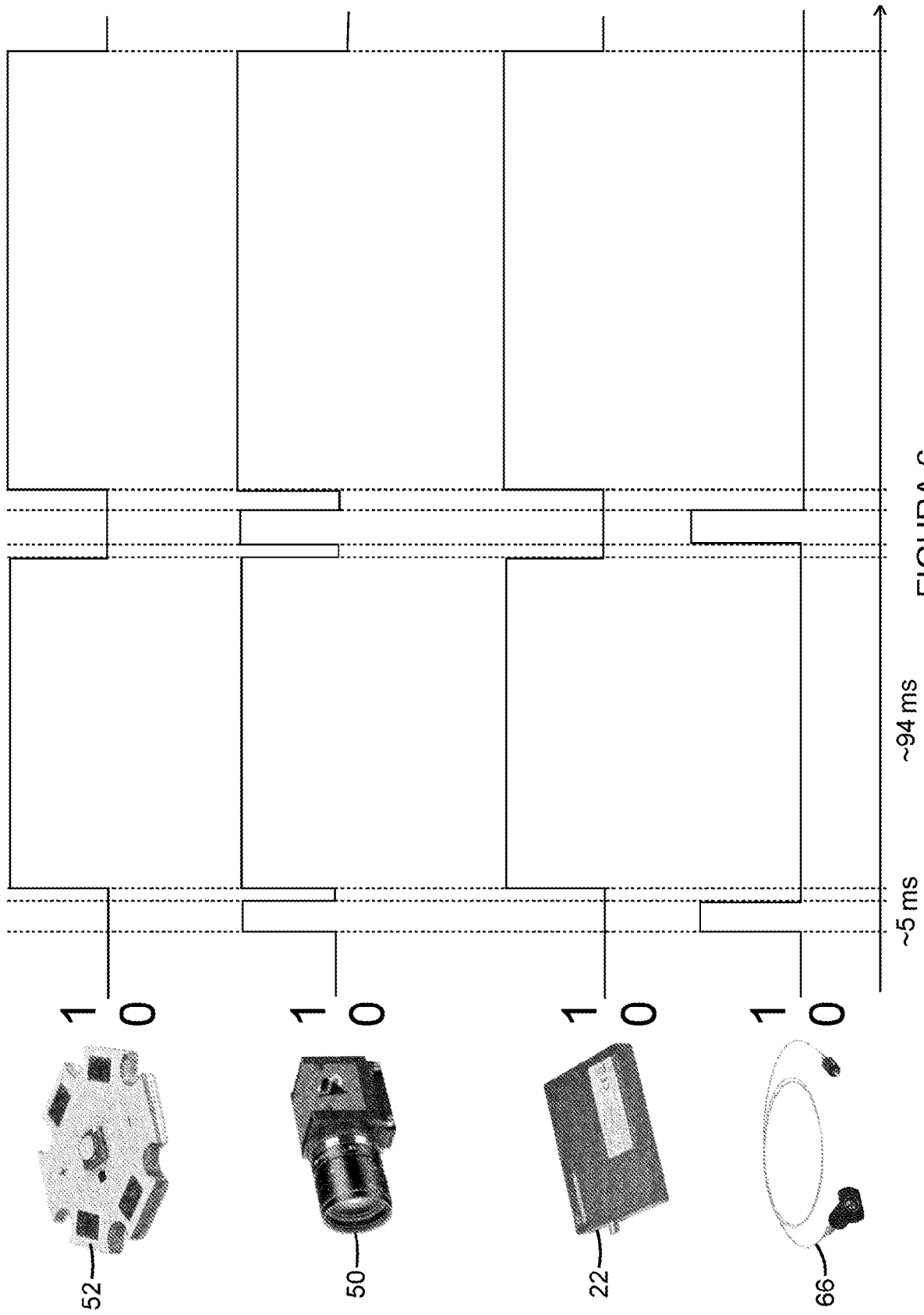


FIGURA 6

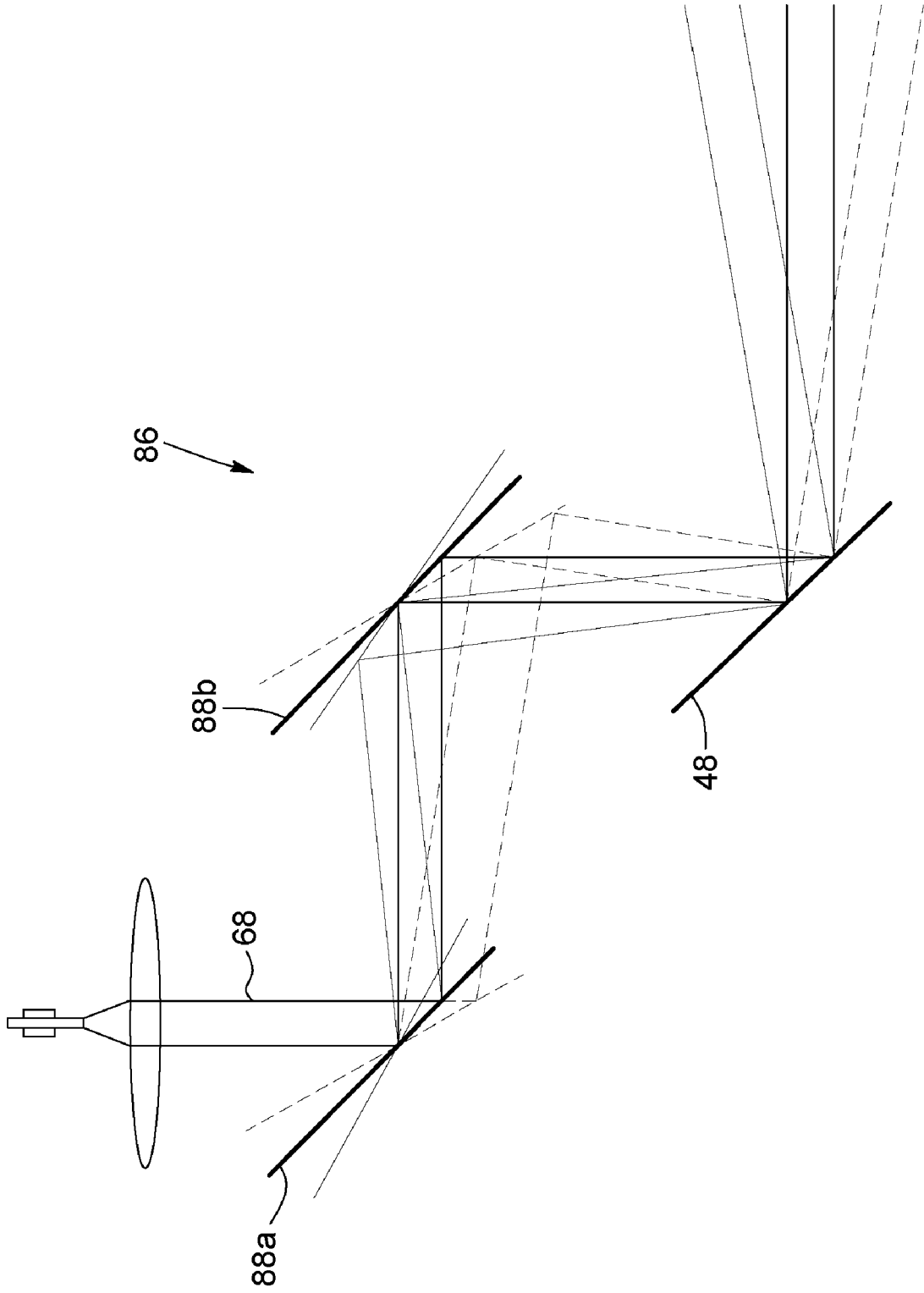


FIGURA 7A

