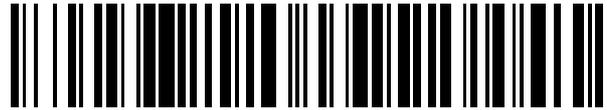


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 370**

51 Int. Cl.:

**G01F 23/292** (2006.01)

**A61B 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2007 E 07110590 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 1873501**

54 Título: **Sistema y procedimiento de detección de nivel continua y no invasiva**

30 Prioridad:

**28.06.2006 US 477032**

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

**22.05.2014**

73 Titular/es:

**NOVARTIS AG (100.0%)  
Lichtstrasse 35  
4056 Basel , CH**

72 Inventor/es:

**GAO, SHAWN**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 462 370 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 y procedimiento de detección de nivel continua y no invasiva.

**5 Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema y a procedimientos quirúrgicos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para detectar el nivel de fluidos en un casete quirúrgico utilizado en un sistema quirúrgico oftálmico.

10

**Antecedentes de la invención**

El ojo humano puede padecer varias enfermedades que producen de deterioro leve a pérdida completa de la visión. Aunque las lentes de contacto y las gafas pueden compensar algunas dolencias, se requiere cirugía oftálmica para otras. En general, la cirugía oftálmica se clasifica en procedimientos del segmento posterior, tales como cirugía vitreorretiniana, y procedimientos del segmento anterior, tales como cirugía de cataratas. Más recientemente, se han desarrollado procedimientos del segmento anterior y posterior combinados.

15

Los instrumentos quirúrgicos utilizados para la cirugía oftálmica pueden estar especializados para procedimientos del segmento anterior o procedimientos del segmento posterior o para soportar ambos. En cualquier caso, los instrumentos quirúrgicos a menudo requieren la utilización de consumibles asociados tales como casetes quirúrgicos, bolsas de fluido, tubos, puntas de pieza de mano y otros consumibles.

20

Un casete quirúrgico puede proporcionar una variedad de funciones dependiendo del procedimiento y de los instrumentos quirúrgicos. Por ejemplo, los casetes quirúrgicos para cirugía de cataratas (por ejemplo, procedimientos de facoemulsificación) ayudan a controlar los flujos de irrigación y aspiración al interior y al exterior de un sitio quirúrgico. Los casetes quirúrgicos también pueden proporcionar soporte para bolsas de fluido, un colector para dirigir vacío/presión a los instrumentos quirúrgicos y otra funcionalidad.

25

Los niveles de fluido en la cámara de infusión/irrigación y la cámara de aspiración de un casete quirúrgico se miden para determinar la cantidad de fluido restante para el procedimiento y las características de flujo de fluido. Los procedimientos de detección del nivel de fluido de la cámara anterior requieren colorear el fluido o utilizar un elemento flotante para marcar la interfaz de fluido-aire. Sin embargo, añadir color al fluido es indeseable ya que añade productos químicos adicionales a los fluidos que entran en el ojo. La utilización de elementos flotantes es indeseable ya que los elementos flotantes pueden quedar pegados en una cámara y son sensibles a la orientación de la cámara. Por tanto, existe la necesidad de un procedimiento y un sistema de detección de nivel, continua, no invasiva que pueda reducir o eliminar los problemas asociados con los sistemas y procedimientos de detección de nivel de la técnica anterior.

30

35

Un procedimiento y un sistema para determinar el nivel de un fluido en un casete quirúrgico se conocen del documento EP-A-0 777 111. Además, un procedimiento y un sistema para determinar el nivel de un fluido en un recipiente se conocen del documento WO-A-9920983.

40

**Sumario de la invención**

45

La invención proporciona un sistema y un procedimiento para la detección de nivel, continua, no invasiva, según las reivindicaciones 1 y 5 que siguen. Las formas de realización de la presente invención proporcionan un aparato y un procedimiento para detectar el nivel de fluido en una cámara quirúrgica. La presente invención incluye un sistema quirúrgico que comprende un casete quirúrgico formado por lo menos parcialmente de un material de casete que define una cámara y que comprende una primera pared y una segunda pared y una consola quirúrgica que comprende un receptor de casete para alojar el casete quirúrgico. La consola quirúrgica puede incluir además una pluralidad de fuentes de luz dispuestas verticalmente para proyectar luz en la primera pared del casete quirúrgico, en la que cada una de la pluralidad de fuentes de luz está colocada para proyectar un rayo de luz correspondiente a lo largo de una trayectoria de transmisión correspondiente que presenta un ángulo de incidencia con una superficie de cámara de modo que el rayo de luz correspondiente se refleja si una interfaz de material de casete/primer fluido (aire) corta la trayectoria de transmisión correspondiente y una mayor parte del rayo de luz correspondiente no se refleja si una interfaz de material de casete/segundo fluido (solución salina equilibrada, BSS) corta la trayectoria de transmisión correspondiente. Adicionalmente, la consola quirúrgica puede incluir una red de sensores que presenta una pluralidad de partes dispuestas verticalmente para recibir luz a través de la segunda pared del casete quirúrgico y generar una salida que indica una cantidad de iluminación de cada una de las partes dispuestas verticalmente.

50

55

60

La realización de la presente invención incluye un sistema que presenta una red lineal de luz y una red lineal de sensores. La red lineal de luz puede comprender una primera fuente de luz para proyectar un primer haz de luz en una primera pared de casete a lo largo de una primera trayectoria de transmisión, en la que la primera trayectoria de transmisión presenta un ángulo de incidencia con una superficie de cámara de modo que por lo menos una mayor parte del primer haz de luz se refracta si una interfaz de material de casete/primer fluido corta la primera trayectoria

65

5 de transmisión; y una segunda luz dispuesta a lo largo de un eje vertical con respecto a la primera fuente de luz para proyectar un segundo haz de luz en la primera pared de casete a lo largo de una segunda trayectoria de transmisión, en el que la segunda trayectoria de transmisión presenta un ángulo de incidencia con la superficie de cámara de modo que la totalidad del segundo haz de luz se refleja si la interfaz de material de casete/segundo fluido corta la segunda trayectoria de transmisión. La red lineal de sensores puede comprender una primera parte colocada para recibir el primer haz de luz y una segunda parte colocada para recibir el segundo haz de luz y produce una señal de salida para indicar si está iluminada cada una de las partes primera y segunda.

10 La presente invención incluye un procedimiento de determinación del nivel de fluido en un casete quirúrgico según la reivindicación 1.

La presente invención comprende un sistema que presenta un casete quirúrgico formado por lo menos parcialmente de un material de casete que define una cámara y que comprende las características según la reivindicación 5.

15 El sensor está colocado para recibir luz a través de la segunda pared del casete quirúrgico y generar una salida que indica la iluminación del sensor.

20 Las formas de realización de la presente invención proporcionan una ventaja porque la fuente de luz y la red lineal de sensores no entran en contacto directamente con el fluido quirúrgico. Además, no se requiere ningún dispositivo flotante dentro de la cámara ni coloración del fluido.

Las formas de realización de la presente invención proporcionan otra ventaja facilitando detección de nivel, continua, de alta resolución.

25 Las formas de realización de la presente invención proporcionan otra ventaja facilitando determinaciones de caudal de alta sensibilidad.

30 Las formas de realización de la presente invención proporcionan otra ventaja determinando el nivel basándose en la transición entre píxeles de una red de sensores definida en un estado "ON" (de conexión) y la definida en un estado Desconectado. Dichas formas de realización no son sensibles a la sensibilidad de la red lineal de sensores.

### Breve descripción de las figuras

35 Puede adquirirse una comprensión más completa de la presente invención y las ventajas de la misma haciendo referencia a la siguiente descripción, tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que los números de referencia iguales indican características iguales y en los que:

la figura 1 es una representación esquemática de una forma de realización de una consola quirúrgica;

40 la figura 2 es una representación esquemática de una forma de realización de un casete quirúrgico;

la figura 3 es una representación esquemática de una forma de realización de un receptor de casete;

45 la figura 4 es una representación esquemática de una forma de realización de una vista desde arriba de una cámara con una fuente lineal de luz y una red de sensores;

la figura 5 es una representación esquemática de una vista desde arriba de una cámara con una fuente lineal de luz y una red de sensores, que no forma parte de la presente invención;

50 la figura 6 es una representación esquemática de todavía otra vista desde arriba de una cámara con una fuente lineal de luz y una red de sensores, que no forma parte de la presente invención;

la figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra una forma de realización de un procedimiento para detectar el nivel; y

55 la figura 8 es una representación esquemática de un casete quirúrgico y una consola que emplean el sensor del nivel de fluido de la presente invención.

### Descripción detallada

60 Las formas de realización preferidas de la invención se ilustran en las figuras, utilizándose números iguales para referirse a partes iguales y correspondientes de los diversos dibujos.

65 Las formas de realización de la presente invención proporcionan un sistema y un procedimiento para detectar el nivel de un fluido en un casete quirúrgico proyectando luz procedente de una fuente lineal de luz en una pared de un casete. Dependiendo de la cantidad de una luz reflejada o refractada en el casete (por ejemplo, debido a la interfaz

de material de casete/líquido o la interfaz de material de casete/aire), diversas partes de una red lineal de sensores se iluminarán más o menos. Mediante el examen de la iluminación de la red lineal de sensores, puede determinarse el nivel de fluido en la cámara.

5 La figura 1 es una representación esquemática de una forma de realización de una consola quirúrgica oftálmica 100. La consola quirúrgica 100 puede incluir un monitor 110 basculante que presenta una pantalla 115 táctil. El monitor 110 basculante puede colocarse en una variedad de orientaciones para quienquiera que necesite ver la pantalla 115 táctil. El monitor 110 basculante puede bascular de lado a lado, así como girar e inclinarse. La pantalla 115 táctil proporciona una interfaz de usuario gráfica ("GUI") que permite que un usuario interactúe con la consola 100.

10 La consola quirúrgica 100 también incluye un panel de conexión 120 utilizado para conectar diversas herramientas y consumibles a la consola quirúrgica 100. El panel de conexión 120 puede incluir, por ejemplo, un conector de coagulación, conectores para diversas piezas de mano y un receptor 125 de casete. La consola quirúrgica 100 también puede incluir una variedad de características fáciles de utilizar, tales como un control de pedal (por ejemplo, 15 el panel almacenado detrás 130) y otras características.

En funcionamiento, un casete (no mostrado) puede colocarse en el receptor 125 de casete. Un elemento de sujeción en la consola quirúrgica 100 sujeta el casete en su sitio para minimizar el movimiento del casete durante su utilización. El elemento de sujeción puede sujetar la parte superior y la inferior del casete, los lados del casete o 20 sujetar de otro modo el casete.

La figura 2 es una representación esquemática de una forma de realización de un casete quirúrgico 150. El casete 150 puede proporcionar un dispositivo de fluido de sistema cerrado que puede desecharse tras un procedimiento quirúrgico. El casete 150 puede incluir un cuerpo 155 de casete y partes que interconectan el elemento de sujeción 25 (por ejemplo, indicadas en general en las zonas de sujeción 160 y 165) que sobresalen del cuerpo 155 de casete. El casete 150 puede estar formado de plástico de ABS u otro material adecuado. En la forma de realización mostrada, el casete 150 está formado a partir de tres secciones principales: una sección interior o de interfaz de consola quirúrgica 170 que está orientada hacia la consola quirúrgica cuando el casete 150 se inserta en la consola 30 quirúrgica 100, una sección media 175 y una placa 179 de cubierta. Las diversas secciones de casete 150 pueden estar acopladas entre sí a través de un ajuste a presión, lengüetas de interbloqueo, unión química, unión térmica, elementos de fijación mecánicos u otro mecanismo de unión conocido en la técnica. En otras formas de realización, el casete 150 puede estar formado de una única pieza o de múltiples piezas.

La sección de interfaz de consola quirúrgica 170 puede estar orientada hacia la consola durante su utilización y 35 proporcionar una interfaz para canales de flujo de fluido (por ejemplo, el canal 177 de flujo para la bomba peristáltica proporcionada por una membrana de bomba elastomérica), válvulas (por ejemplo, válvulas de infusión/aspiración) y otras características para controlar el flujo de fluido. El casete 150 también puede unirse a una bolsa de fluido (no mostrada) para recoger fluidos durante un procedimiento.

40 El casete quirúrgico 150, según diversas formas de realización de la presente invención, incluye cámaras para contener fluidos por aspiración e infusión. Por ejemplo, el cartucho 180 de cámara puede incluir dos cámaras de infusión 181/182. Una tercera cámara 185 puede ser interna al casete 150 en el lado opuesto del casete 150 desde el cartucho 180 de cámara (por ejemplo, en el lado del casete 150 indicado por 190). Según una forma de 45 realización, el nivel de fluido en las cámaras puede determinarse de una manera no invasiva. Tal como se describe más adelante, puede proyectarse luz en las paredes de cámara utilizando una fuente de luz vertical. Dependiendo de la reflexión o refracción de la luz en la cámara, una red de sensores vertical detectará o no detectará luz en diversos puntos a lo largo del eje vertical de la red. Basándose en la transición entre las partes iluminadas y no iluminadas de la red de sensores, puede detectarse el nivel del fluido en la cámara.

50 La figura 3 es una representación esquemática de una forma de realización de receptor 125 de casete sin un casete. El receptor 125 de casete puede presentar diversos orificios neumáticos de entrada y salida para interconectar con el casete quirúrgico. El receptor 125 de casete puede incluir además una abertura para permitir que rodillos 191 de 55 bomba peristáltica entren en contacto con el casete quirúrgico durante el funcionamiento. Una forma de realización de una bomba peristáltica y casete complementario se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos n.º 6.293.926 concedida a Sorensen.

El casete quirúrgico, en la forma de realización de la figura 3, se mantiene en su sitio mediante un elemento de sujeción que presenta un carril 192 inferior y un carril superior (no mostrado). Cada carril puede presentar dedos de 60 sujeción exteriores (por ejemplo, el dedo 194 de sujeción) para entrar en contacto con el casete en zonas de sujeción correspondientes y dedos de sujeción interiores para ubicar el casete durante la inserción y empujar el casete fuera del receptor de casete durante la liberación. Se presiona un botón 196 de liberación para iniciar la liberación del casete del elemento de sujeción. El receptor 125 de casete puede incluir fuentes lineales de luz para proyectar luz en las paredes de las cámaras de casete y las redes de sensores para detectar la luz refractada a 65 través de la cámara (o reflejada desde la pared de cámara). Cada fuente lineal de luz puede incluir una pluralidad de fuentes de luz dispuestas verticalmente (es decir, para proyectar luz a lo largo de trayectorias de transmisión separadas verticalmente) y colocadas para proyectar luz en una pared del casete. Por ejemplo, la fuente lineal de luz

200 puede proyectar luz en las cámaras 181/182. La fuente lineal de luz 200 puede contener un primer conjunto de fuentes de luz alineadas para proyectar luz en la cámara 181 y un segundo conjunto de fuentes de luz dispuesto formando un ángulo de 90 grados (u otro ángulo) con respecto al primer conjunto de fuentes de luz para proyectar luz en la cámara 182. De manera similar, la fuente lineal de luz 202 puede proyectar luz en las paredes de la cámara 185. Redes lineales de sensores respectivas pueden recibir luz refractada a través de la cámara o reflejada en la superficie de cámara. En este ejemplo, la red de sensores 206 (mostrada en la figura 4) puede recibir luz de la fuente de luz 200 proyectada en la cámara 181, una red de sensores ubicada en la pared 208 puede recibir luz de la fuente de luz 200 proyectada en la cámara 182 y una red de sensores en la pared 210 puede recibir luz de la fuente de luz 202. Cada red de sensores puede incluir partes dispuestas verticalmente para recibir luz a través de la pared de la cámara de casete. Las partes dispuestas verticalmente pueden ser, por ejemplo, píxeles, sensores separados u otros mecanismos para detectar iluminación.

La configuración de la figura 3 se proporciona a modo de ejemplo. El factor de forma del receptor 125 de casete, la colocación y el número de orificios de entrada/salida y otras características del receptor 125 de casete pueden depender de la consola quirúrgica 100, del procedimiento quirúrgico que esté realizándose o de otros factores.

La figura 4 es una representación esquemática de una vista desde arriba de la forma de realización de una cámara 181 con la fuente de luz 200 y el sensor 206. Las paredes 216/218 de la cámara 181 que están orientadas hacia la fuente de luz 200 y el sensor 206, según una forma de realización, son transparentes u opacas. Según la forma de realización de la presente invención, la fuente de luz 200 puede ser una fuente lineal de luz (es decir, una fuente continua de luz), tal como una fuente lineal de luz LED, que produce luz en diversos puntos verticales y el sensor 206 puede ser una red lineal de sensores (es decir, una red continua de sensores), tal como un fotodiodo lineal, que detecta la luz emitida por la fuente de luz 200 en diversas ubicaciones verticales. Un ejemplo de una red lineal de sensores 206 es la red lineal de sensores TAOS TSL208R de Texas Advanced Optoelectronic Systems de Plano, Texas, que presenta una resolución de 200 puntos por pulgada (DPI). La fuente lineal de luz 200 y la red lineal de sensores 206 están conectadas a un circuito (no mostrado). Según una forma de realización, la fuente lineal de luz también puede incluir luces para proyectar luz en otra cámara (por ejemplo, la cámara 182 de la figura 2). Preferentemente, la luz producida por la fuente de luz 200 proporciona haces de luz paralelos uniformes que presentan una trayectoria de transmisión principalmente horizontal.

En funcionamiento, la fuente lineal de luz 200 actúa como un emisor para emitir luz mientras que el sensor lineal 206 actúa como receptor. El ángulo de incidencia  $\alpha$  de la luz con respecto a la pared de cámara 216 puede seleccionarse de modo que los rayos de luz iluminan el sensor 206 cuando pasan a través de aire en la cámara, pero proporcionan menos que una cantidad umbral de luz cuando pasan a través de fluido de BSS en la cámara. Como ejemplo, la figura 4 ilustra el comportamiento de un rayo de luz 220 que pasa a través de aire en la cámara 181 y 220' que pasa a través de fluido de BSS en la cámara 181. En el primer caso, el haz de luz 220 penetra a través de la pared 216, pasa a través del aire en la parte superior de la cámara 181, a través de la pared de cámara 218 e ilumina partes de la red lineal de sensores 206. Por otra parte, el haz de luz 220' se refracta en la superficie 230 cuando entra en el fluido de BSS (por ejemplo, en la interfaz de ABS/BSS). El haz de luz refractado 220' se refleja además en la superficie 232 cuando alcanza la pared adyacente 218 para no alcanzar los píxeles de la red de sensores 206. Con un  $\alpha$  apropiado, la reflexión en la superficie 232 puede convertirse en la reflexión total debido a que el índice de refracción del material de casete (por ejemplo plástico de ABS, acrílico u otro plástico) es mayor que el del aire. En este caso, la luz se refleja completamente, evitando que el haz de luz alcance las partes de la red lineal de sensores 206 alineadas con el fluido de BSS en la cámara. Por tanto, los píxeles alineados con el fluido de BSS estarán oscuros. Por tanto, la mayor parte de la luz no se refleja cuando la trayectoria de transmisión de la luz se corta por la interfaz de ABS/aire, pero una mayor parte del haz (si no todo) se refleja cuando la trayectoria de transmisión se corta por la interfaz de ABS/BSS.

El circuito electrónico puede comparar la salida de diferentes partes de la red lineal de sensores 206 (por ejemplo, píxeles u otros elementos de sensor) con un umbral para determinar si esa parte de la red lineal de sensores 206 está conectada (asociada con aire) o desconectada (asociada con el líquido). La transición entre la parte conectada y las partes desconectadas de la red lineal de sensores 206 marca el nivel de fluido. Debe observarse, sin embargo, que pueden emplearse otros mecanismos de detección de borde, tal como interpolación lineal.

El ángulo incidente apropiado  $\alpha$  de la luz se determina por el índice de refracción del primer fluido (por ejemplo, aire u otro fluido) y el segundo fluido (por ejemplo, fluido de BSS u otro fluido) y el material de casete (por ejemplo, plástico de ABS u otro material). Preferentemente,  $\alpha$  se elige de modo que el haz de luz pueda pasar a través del primer fluido para alcanzar la red de sensores 206 pero se refleje completamente cuando se desplaza a través del segundo fluido. En otras formas de realización en las que el haz de luz no se refleja totalmente, puede fijarse el umbral predeterminado para compensar la cantidad de luz que no alcanza la red de sensores 206 a través del segundo fluido. El umbral predeterminado también puede ajustarse para compensar fuentes de luz ambiental, luz extraída de otras fuentes y otros factores que pueden hacer que una parte de la red de sensores 206 produzca una señal en el estado desconectado.

La figura 5 es una representación esquemática de otra cámara 310 (que no forma parte de la presente invención) con la fuente de luz 312 y el sensor 314. Las paredes 316/318 de la cámara 310 que están orientadas hacia la

fuelle de luz 312 y el sensor 314, son transparentes u opacas. La fuente de luz 312 puede ser una fuente lineal de luz (es decir, una fuente continua de luz), tal como una fuente línea de luz LED, que produce luz a lo largo de un eje vertical y el sensor 314 puede ser una red lineal de sensores (es decir, una red continua de sensores), tal como un fotodiodo lineal, que detecta la luz emitida por la fuente de luz 312 a lo largo de un eje vertical. La fuente lineal de luz 312 y la red lineal de sensores 314 están conectadas a un circuito (no mostrado).

La fuente lineal de luz 312 está montada en un lado de la cámara que ilumina la cámara 310 perpendicular a la pared 316. La red lineal de sensores 314 está montada verticalmente en la pared de lado adyacente 318 de la cámara. La cámara 310 presenta una esquina 320 con forma de prisma en la intersección de la pared 316 y 318. El ángulo de incidencia  $\alpha$  puede seleccionarse de modo que los haces de luz procedentes de la fuente de luz 312 se reflejen totalmente desde la superficie 322 para incidir en la red lineal de sensores 314 cuando el haz de luz incide en la superficie 322 en un punto que presenta un primer fluido en el otro lado (el índice de refracción del ABS es de aproximadamente 1,5, el índice de refracción del aire es de aproximadamente 1,0). Pero la mayor parte de los haces de luz se refractan en la superficie 322 para no alcanzar la red lineal de sensores 314 cuando el haz de luz incide en la superficie 322 en un punto que presenta un segundo fluido en el otro lado (el índice de refracción del ABS es de aproximadamente 1,5, el índice de refracción de la BSS es de aproximadamente 1,3). Dicho de otro modo, una gran parte o toda la luz se refleja en la superficie 322 cuando la trayectoria de transmisión de la luz se corta por la interfaz del material de casete/primer fluido, pero una pequeña parte de los haces de luz se reflejan si la trayectoria de transmisión se corta por la interfaz de material de casete/segundo fluido.

Como ejemplo, la figura 5 ilustra el comportamiento de un rayo de luz 330 que se refleja principalmente en la interfaz de aire/plástico en la superficie 322 de la cámara 310 y el rayo de luz 330' que se refracta principalmente en la cámara 310 en la superficie 322. En el primer caso, el haz de luz 330 penetra a través de la pared 316, pasa a través del plástico en la esquina 320 y se refleja en la interfaz de plástico/aire de la superficie 322. Por otra parte, una mayor parte del haz de luz 330' se refracta en la superficie 322 en la interfaz de material casete/fluido de BSS, aunque parte del haz de luz 330' también puede reflejarse. En este ejemplo, la luz fuertemente reflejada (por ejemplo, el haz 330) ilumina la red lineal de sensores 314 indicando la presencia de aire en ese nivel.

La figura 6 ilustra la detección del nivel de haz de reflexión (que no forma parte de la presente invención). La figura 6 es una representación esquemática de una cámara 350 con la fuente de luz 352 y el sensor 354. Las paredes 356/358 del casete que están orientadas hacia la fuente de luz 352 y el sensor 354, son transparentes u opacas. La fuente de luz 352 puede ser una fuente lineal de luz (es decir, una fuente continua de luz), tal como una fuente lineal de luz LED, que produce luz a lo largo de un eje vertical y el sensor 354 puede ser una red lineal de sensores (es decir, una red continua de sensores), tal como un fotodiodo lineal, que detecta la luz emitida por la fuente de luz 352 a lo largo de un eje vertical. La fuente lineal de luz 352 y la red lineal de sensores 354 están conectadas a un circuito (no mostrado).

La fuente lineal de luz 352 está montada en la pared 356. La red lineal de sensores 354 está montada verticalmente en la pared 358. El ángulo de incidencia  $\alpha$  puede seleccionarse de modo que los haces de luz procedentes de la fuente de luz 352 se reflejen totalmente desde la superficie 362 para incidir en la red lineal de sensores 354 cuando el haz de luz incide en la superficie 362 en un punto que presenta un primer fluido en el otro lado, pero se refractan en la superficie 362 para no alcanzar la red lineal de sensores 354 cuando el haz de luz incide en la superficie 362 en un punto que presenta un segundo fluido en el otro lado debido al hecho de que el ABS presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,5, la BSS presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,3 y el aire presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,0.

Volviendo al ejemplo de un casete de ABS que presenta la cámara 350 que contiene aire y fluido de BSS, puesto que la parte superior de la cámara contendrá aire, la parte superior de la superficie 362 será una interfaz de ABS/aire, mientras que la parte inferior de la superficie 362 será una interfaz de ABS/BSS. Por tanto, en la superficie 362, hay dos interfaces ópticas diferentes. Los haces de luz procedentes de la fuente lineal de luz 352 llegan a la superficie 362 en un ángulo de incidencia  $\alpha$ . Parte del haz puede reflejarse en la superficie 362 y recibirse por la red lineal de sensores 354, mientras que parte puede refractarse en la cámara 350.

Como ejemplo, la figura 6 ilustra el comportamiento de un rayo de luz 360 que se refleja principalmente en la interfaz de aire/plástico en la superficie 362 de cámara 340 y el rayo de luz 360' que se refracta principalmente en la cámara 350 en la superficie 362. En el primer caso, el haz de luz 360 penetra a través de la pared 356, pasa a través del plástico y se refleja en la interfaz de plástico/aire de la superficie 362. Por otra parte, el haz de luz 360' se refracta en la superficie 362.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra una forma de realización de un procedimiento para determinar el nivel de fluido en una cámara. Una pluralidad de fuentes de luz (por ejemplo, LED u otras fuentes de luz) proyectan luz en la pared de una cámara (etapa 412) a lo largo de trayectorias de transmisión. Si la trayectoria de transmisión de un rayo de luz se corta por una interfaz de material de casete/primer fluido, una mayor parte de, si no todo, el rayo de luz puede reflejarse, mientras que si la trayectoria de transmisión se corta por la interfaz de material de casete/segundo fluido, la luz no se refleja. Utilizando el ejemplo de la figura 4, si un rayo de luz se corta por la interfaz de ABS/BSS (por ejemplo, en la superficie 230), una mayor parte de, si no todo, el rayo de luz se refleja en

la superficie 232. Utilizando el ejemplo de las figuras 5 y 6, por otra parte, si un rayo de luz se corta por la interfaz de ABS/aire, una mayor parte de, si no todo, el rayo de luz se refleja.

5 Una red lineal de sensores recibe alguna parte de la luz proyectada por las fuentes de luz (etapa 414) y produce una señal que indica la cantidad de luz recibida en diversas partes de la red de sensores (por ejemplo, en diversos píxeles de la red) (etapa 416). En la etapa 418, se aplica un esquema de detección de borde a la salida de la red lineal de sensores para determinar qué partes de la red lineal de sensores están suficientemente iluminadas para indicar la presencia/ausencia de fluido en el nivel correspondiente en la cámara. Según una forma de realización, la salida de diferentes partes del sensor lineal se compara con un umbral para determinar si esa parte del sensor lineal  
10 está en un primer estado (por ejemplo, asociado con aire) o en un segundo estado (por ejemplo, asociado con el fluido). La transición entre la parte de primer estado y de segundo estado de la red lineal de sensores marca el nivel de fluido. Debe observarse sin embargo, que pueden emplearse otros mecanismos de detección de borde, tal como interpolación lineal.

15 Pueden repetirse las etapas de la figura 7 según sea necesario o se desee y puede actualizarse la información de nivel de manera continua (por ejemplo, en cada ciclo de procesador, ciclo de bucle de instrucciones u otro periodo de tiempo). Los cambios en la información de nivel pueden indicar el flujo de fluido desde la cámara. Más específicamente, el caudal es proporcional a  $A \cdot dL/dt$ , donde A es el área de sección transversal de la cámara y  $dL/dt$  es el cambio en el nivel a lo largo del tiempo. Puesto que sólo es necesario utilizar una esquina de una cámara, puede minimizarse el área de sección transversal de la cámara A de la cámara. Por tanto, se mejora la sensibilidad de la determinación de caudal. Una sección transversal reducida también puede reducir los efectos de desplazamiento oscilatorio del fluido en la cámara debido a las sacudidas del casete.

25 La figura 8 es una representación esquemática de una vista desde arriba de un casete quirúrgico y una consola que emplean el sensor de nivel de fluido según una forma de realización de la presente invención. El casete 500 está instalado en la consola 502. La cámara 504 es parte del casete 500. La fuente lineal de luz 506 y la red lineal de sensores 508 son parte de la consola. La fuente de luz 506 proyecta haces de luz 521 en la pared del casete 500 con un ángulo de incidencia apropiado. La red lineal de sensores 508 está colocada para recibir el haz de luz procedente de la fuente de luz. Tanto la fuente de luz como la red lineal de sensores están unidas a un controlador  
30 510.

El controlador 510 puede ser cualquier controlador adecuado conocido en la técnica incluyendo controladores basados en DSP, ASIC, RISK o CPU. El controlador 510 puede incluir un convertidor analógico-digital (A/D) 512 para convertir señales analógicas de la red lineal de sensores 508 en señales digitales. Adicionalmente, el controlador 510 puede incluir un convertidor digital-analógico (D/A) 614 para convertir señales de control digitales en señales analógicas para controlar la intensidad de las luces en la fuente de luz 506. Un procesador 516, tal como un DSP, ASIC, RISK, microcontrolador o CPU u otro procesador adecuado puede acceder a un conjunto de instrucciones 520 y una memoria 518 legible por ordenador. La memoria legible por ordenador puede ser RAM, ROM, almacenamiento magnético, almacenamiento óptico u otra memoria adecuada y puede estar incorporada o  
40 puede ser accesible por el procesador 516. El procesador 516 puede ejecutar las instrucciones 520 para procesar entradas digitales para determinar el nivel de fluido en una cámara tal como se comentó anteriormente. El controlador 510 puede comunicarse opcionalmente con otros componentes de la consola 502 que proporcionan funcionalidad adicional. Otras formas de realización de la presente invención pueden utilizar cualquier controlador adecuado para determinar el nivel de fluido en una cámara.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar el nivel de fluido en un casete quirúrgico (150, 500) formado por lo menos parcialmente por un material de casete con un índice de refracción mayor que el del aire que define una cámara (181, 182, 185, 504) y que comprende una primera pared (216) y una segunda pared (218), en el que la segunda pared (218) es adyacente a la primera pared (216), en el que la primera pared y la segunda pared forman una esquina de la cámara que define sustancialmente un ángulo recto entre ellas; que comprende:
- emitir una pluralidad de rayos de luz paralelos uniformes que presentan una trayectoria de transmisión principalmente horizontal, proyectados a lo largo de unas trayectorias de transmisión separadas verticalmente procedentes de una pluralidad de fuentes de luz que están dispuestas verticalmente con respecto a dichas paredes de cámara (216, 218) y colocadas de modo que el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) de los rayos de luz con respecto a la primera pared de cámara (216) se seleccione de modo que los rayos de luz iluminen una red lineal de sensores (206) que están dispuestos verticalmente con respecto a dichas paredes de cámara (216, 218) y colocados para recibir los rayos de luz transmitidos a través de la segunda pared (218) del casete quirúrgico, cuando pasan a través del aire en la cámara, pero se evita que alcancen la red lineal de sensores cuando pasan a través de un líquido en la cámara, en el que el ángulo de incidencia apropiado se selecciona de modo que i) un rayo de luz (220) que penetra a través de la primera pared (216), que pasa a través del aire en la cámara (181), se refracte a través de la segunda pared de cámara (218) para iluminar unas partes de la red lineal de sensores (206), y de modo que ii) la luz (220') que penetra a través de la primera pared (216), que pasa a través de líquido en la cámara (181), sea completamente reflejada por la segunda pared de cámara (218) para evitar que alcance la red lineal de sensores debido a la reflexión total en una interfaz (232) de material de casete/aire en la segunda pared de cámara (218),
- seleccionar el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) apropiado de los rayos de luz con respecto a la primera pared de cámara (216) basándose en una determinación de las diferencias relativas en el índice de refracción del aire, del líquido en la cámara y del material de casete;
- generar con la red lineal de sensores (206, 508) una salida que detecta la cantidad de iluminación de diversas partes dispuestas verticalmente de una red lineal de sensores (206, 508) colocados para recibir la pluralidad de rayos de luz; y
- determinar un nivel de fluido basándose en la salida de la red lineal de sensores (508) determinando la presencia o ausencia de un líquido en un nivel particular en la cámara de casete.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material de casete es acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el líquido en la cámara de casete es una solución salina equilibrada (BSS).
4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- aplicar un umbral a la salida del sensor (206, 508, 314, 352) para determinar si el sensor está en un primer estado o en un segundo estado; y
- determinar la presencia del fluido en el nivel particular basándose en si el sensor está en el primer estado o en el segundo estado.
5. Sistema, que comprende
- un casete quirúrgico (150, 500) que define una cámara (181, 182, 185, 504) y que comprende una primera pared (216) y una segunda pared (218), en el que la segunda pared (218) es adyacente a la primera pared (216), en el que la primera pared y la segunda pared forman una esquina de la cámara que define sustancialmente un ángulo recto entre ellas;
- una consola quirúrgica (100, 502), que comprende:
- un receptor (125) de casete para alojar el casete quirúrgico; y
- una pluralidad de fuentes de luz dispuestas verticalmente (200, 202, 506) adaptadas para emitir una pluralidad de rayos de luz paralelos uniformes que presentan una trayectoria de transmisión principalmente horizontal, proyectados a lo largo de unas trayectorias de transmisión separadas verticalmente, que están dispuestas verticalmente con respecto a dichas paredes de cámara (216, 218), y que están colocadas de modo que el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) de los rayos de luz con respecto a la primera pared de cámara (216) se seleccione de modo que los rayos de luz iluminen una red lineal de sensores dispuestos verticalmente (206), que están dispuestos verticalmente con respecto a dichas paredes de cámara (216, 218) y que están

colocados para recibir los rayos de luz transmitidos a través de la segunda pared (218) del casete quirúrgico, cuando pasan a través del aire en la cámara, pero se evita que alcancen la red lineal de sensores cuando pasan a través de un líquido en la cámara, en el que el ángulo de incidencia apropiado se selecciona, de modo que i) un rayo de luz (220) que penetra a través de la primera pared (216), que pasa a través del aire en la cámara (181), se refracte a través de la segunda pared de cámara (218) para iluminar unas partes de la red lineal de sensores (206), y de modo que ii) la luz (220') que penetra a través de la primera pared (216), que pasa a través de líquido en la cámara (181), sea completamente reflejada por la segunda pared de cámara (218) para evitar que alcance la red lineal de sensores debido a la reflexión total en una interfaz (232) de material de casete/aire en la segunda pared de cámara (218),

en el que la selección del ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) apropiado de los rayos de luz con respecto a la primera pared de cámara (216) es determinado por el índice de refracción del aire, de un líquido en la cámara que es una solución salina equilibrada que presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,3, y del material de casete que es acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) que presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,5;

estando adaptada la red lineal de sensores (206, 508) para generar una salida que detecta la cantidad de iluminación de diversas partes dispuestas verticalmente de una red lineal de sensores (206, 508) colocados para recibir la pluralidad de rayos de luz; y

un controlador (510) que puede hacerse funcionar para determinar un nivel de fluido basándose en la salida de la red lineal de sensores (508) determinando la presencia o ausencia de un líquido en un nivel particular en la cámara de casete.

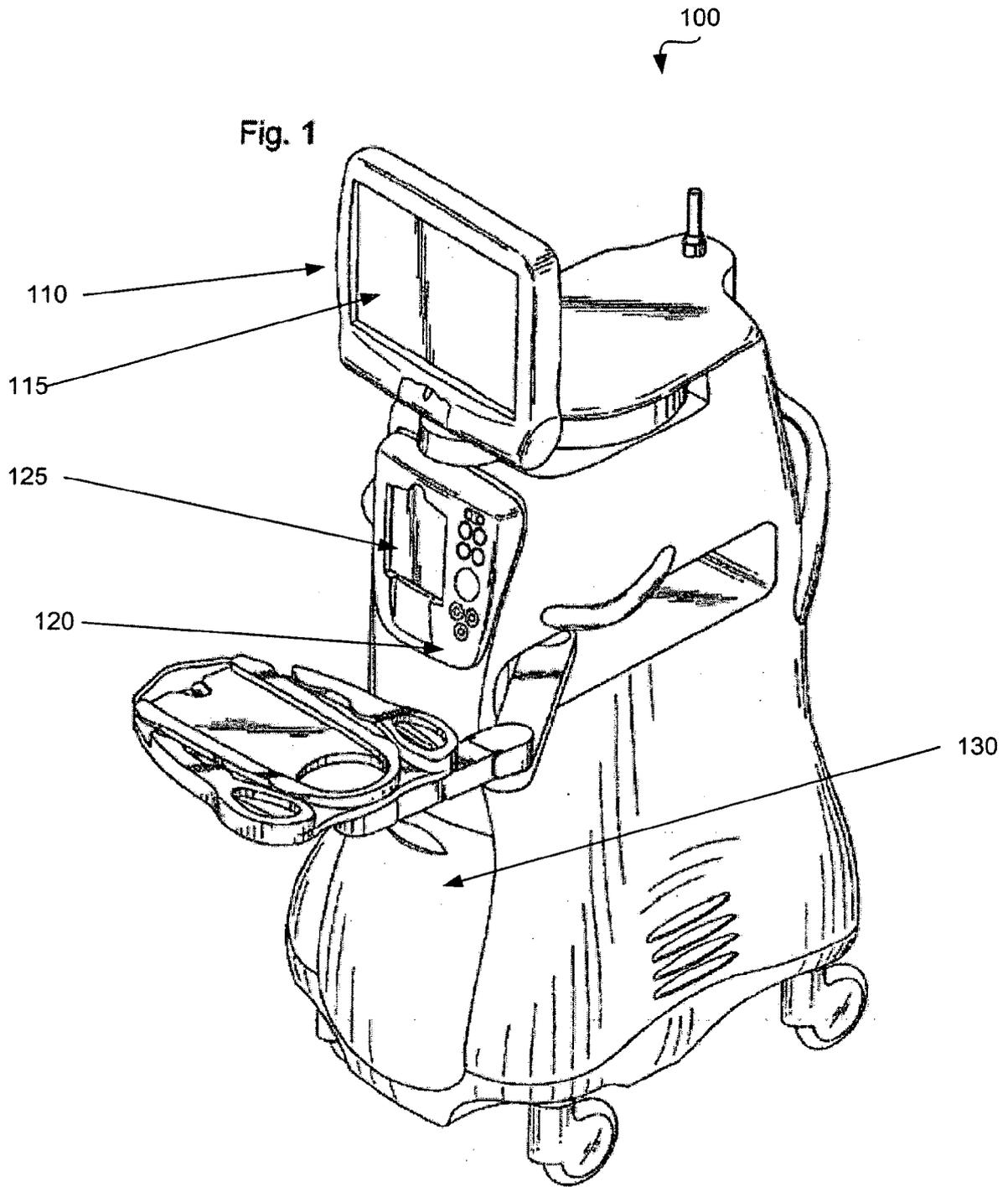
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el controlador (510) puede hacerse funcionar adicionalmente para:

aplicar un umbral a la salida de la red lineal de sensores (508) para determinar qué partes de la red lineal de sensores están en un primer estado y qué partes están en un segundo estado; y

determinar el nivel de fluido basándose en la transición entre las partes en el primer estado y las partes en el segundo estado.

7. Sistema según la reivindicación 6, en el que el primer estado es un estado Encendido y el segundo estado es un estado Apagado.

8. Sistema según la reivindicación 5, en el que el controlador (510) puede hacerse funcionar adicionalmente para determinar un caudal basándose en un cambio en el nivel de fluido a lo largo del tiempo.



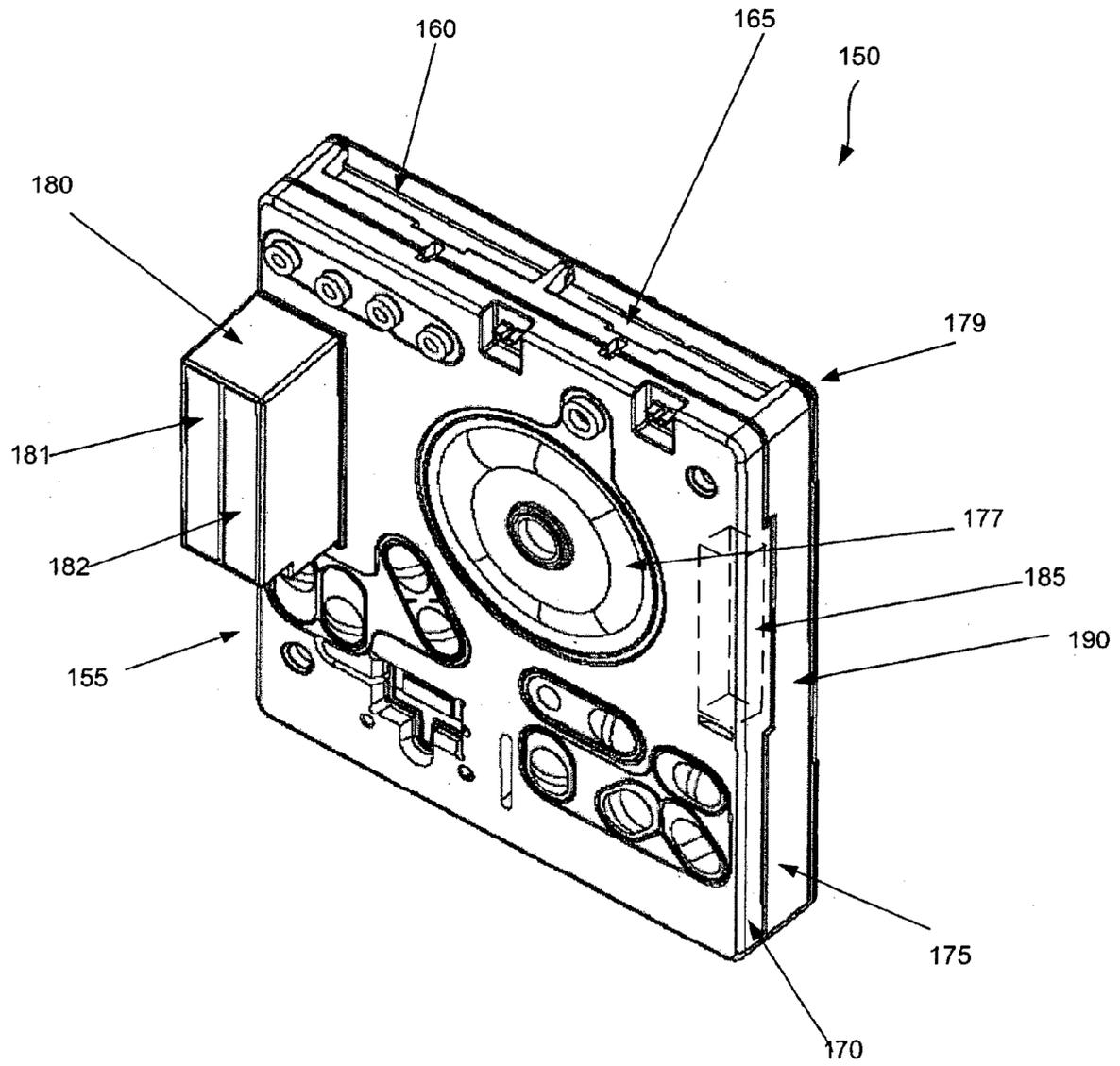


FIGURA 2

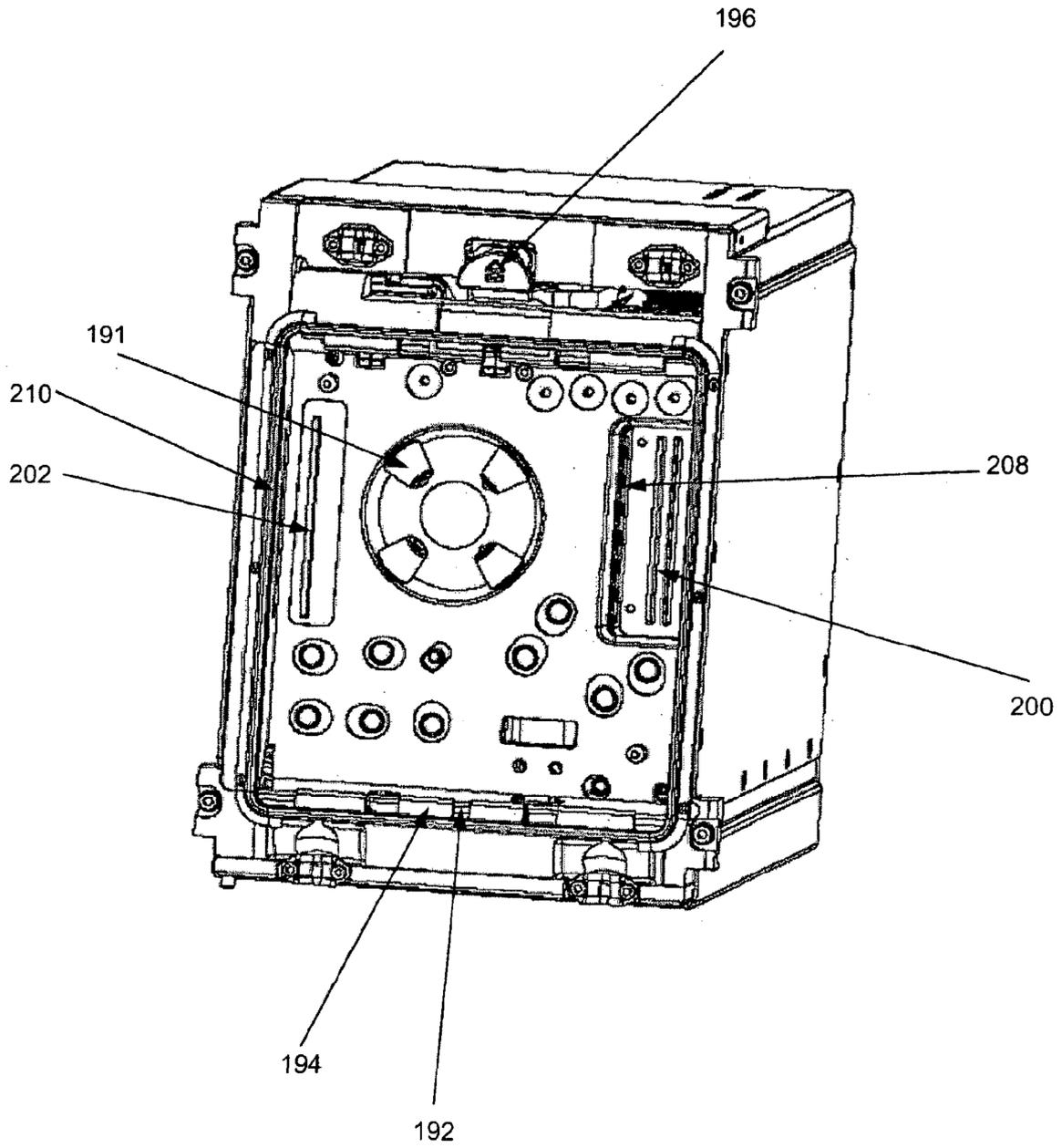


FIGURA 3

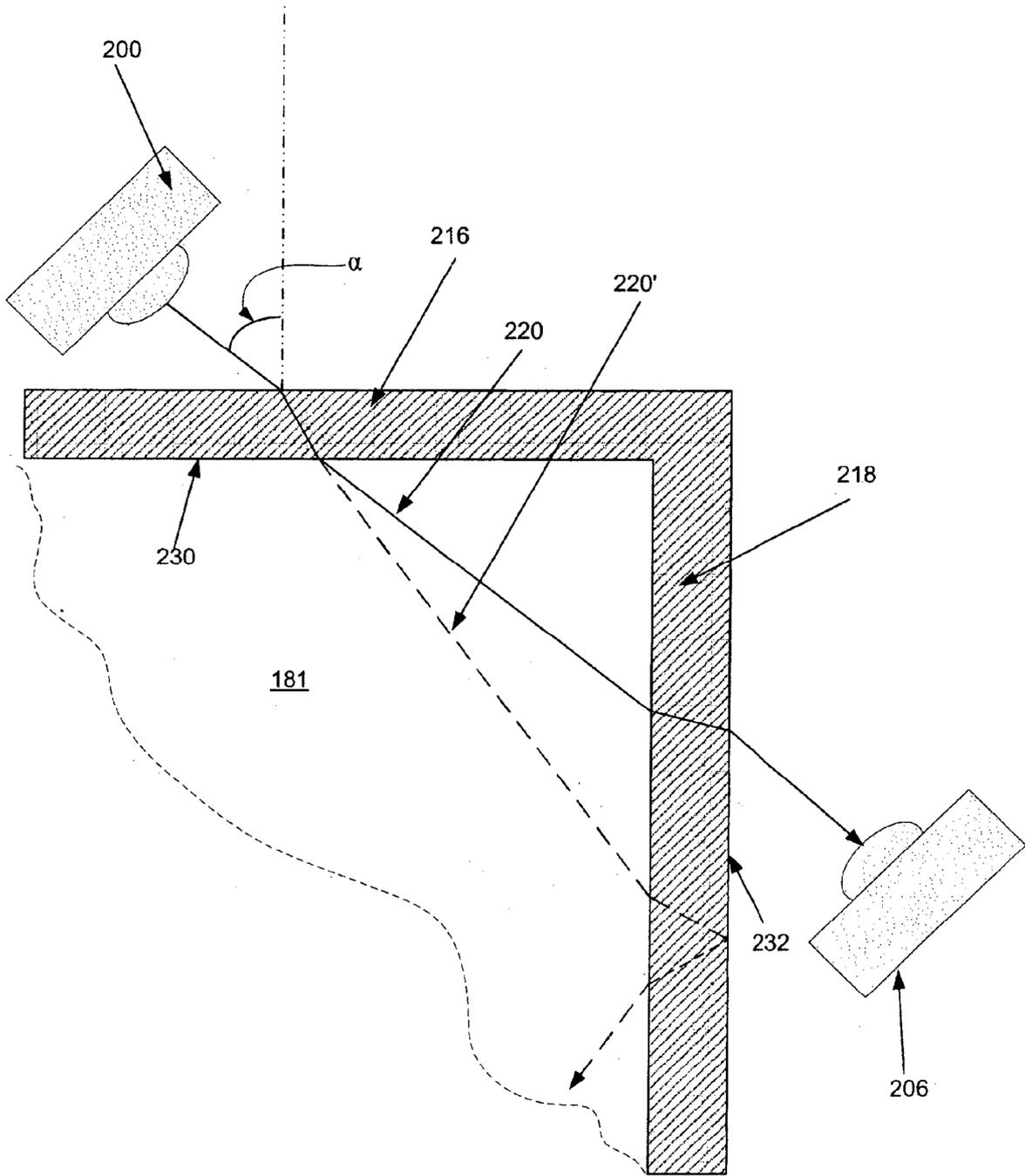


FIGURA 4

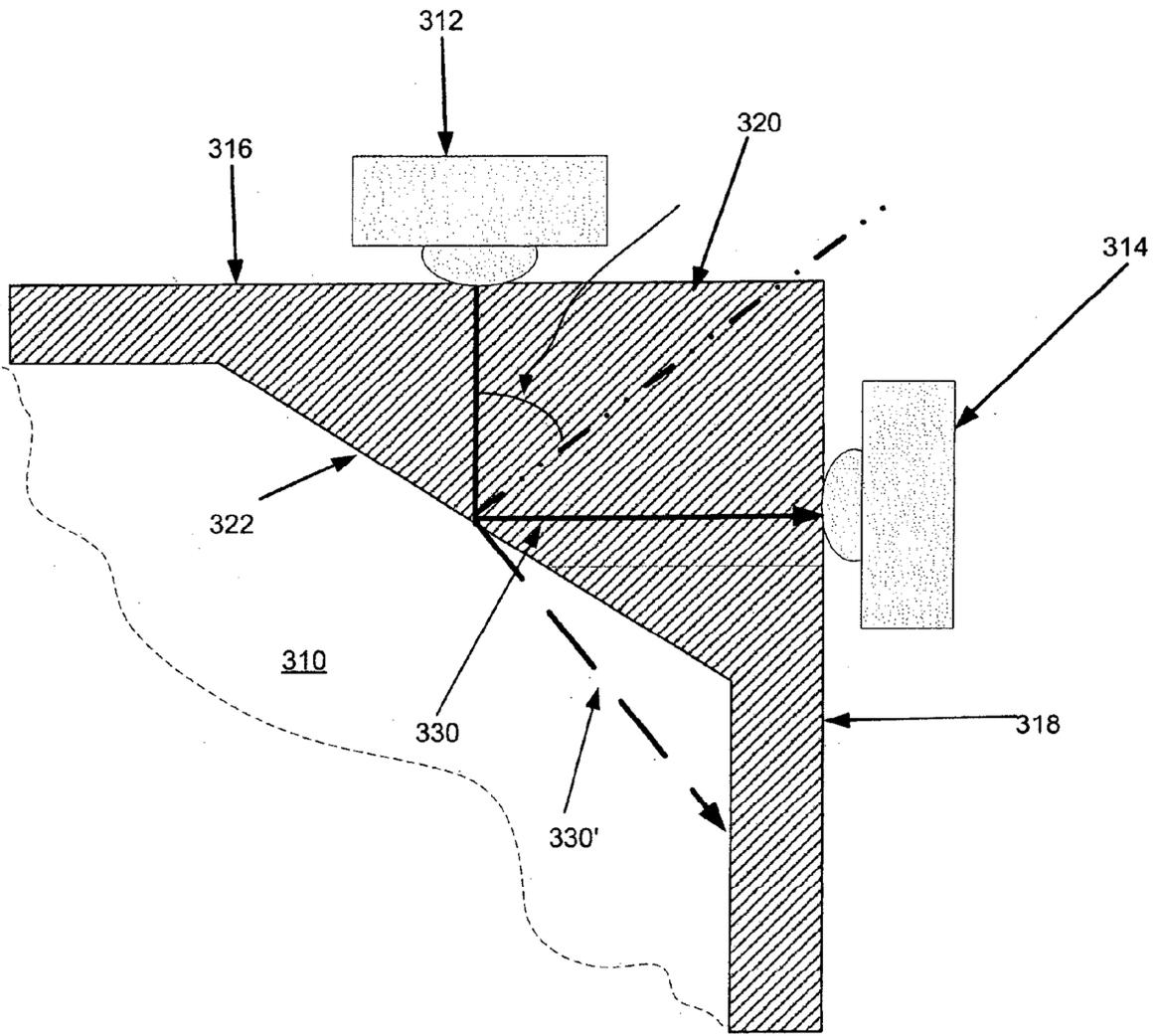


FIGURA 5

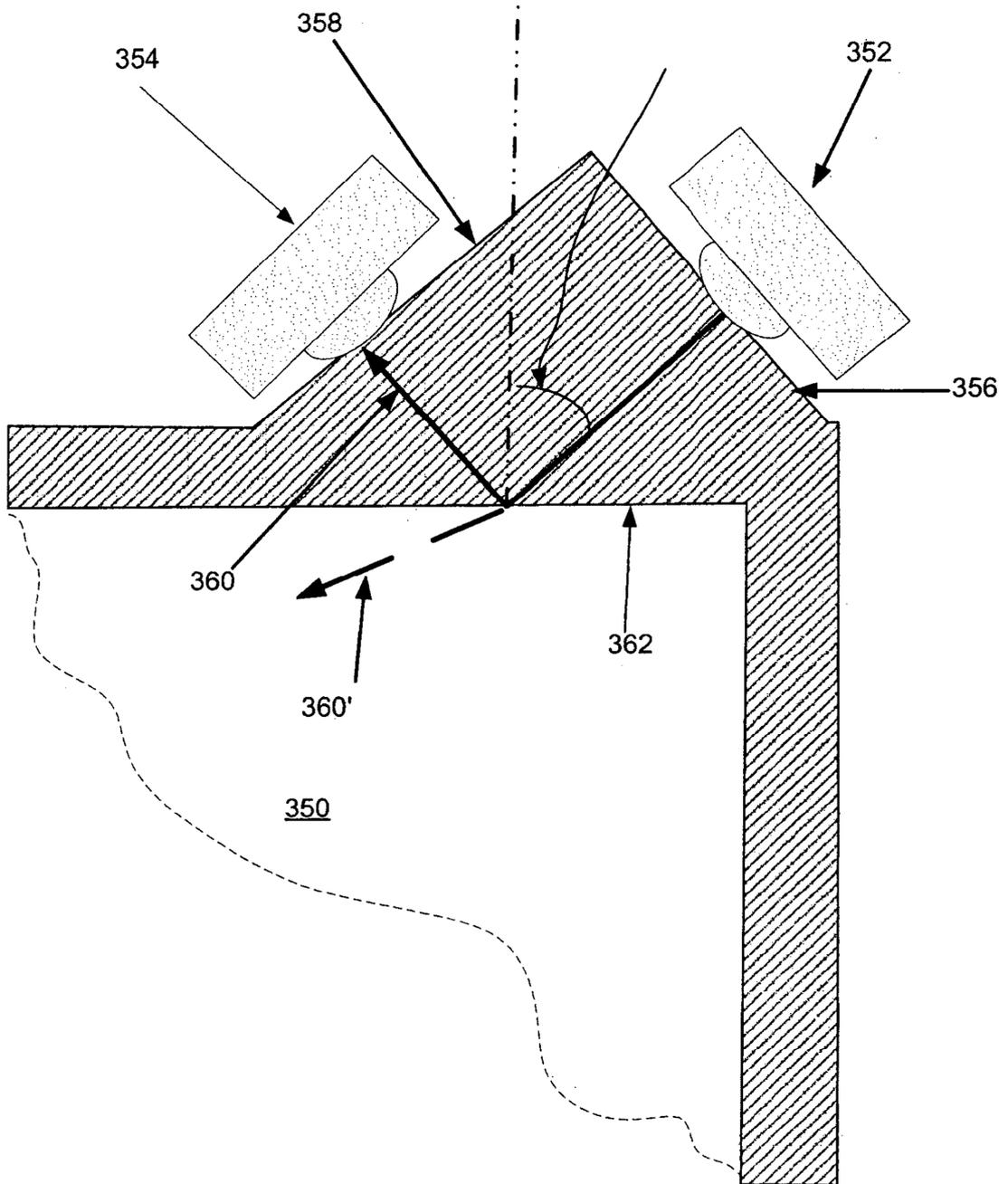


FIGURA 6

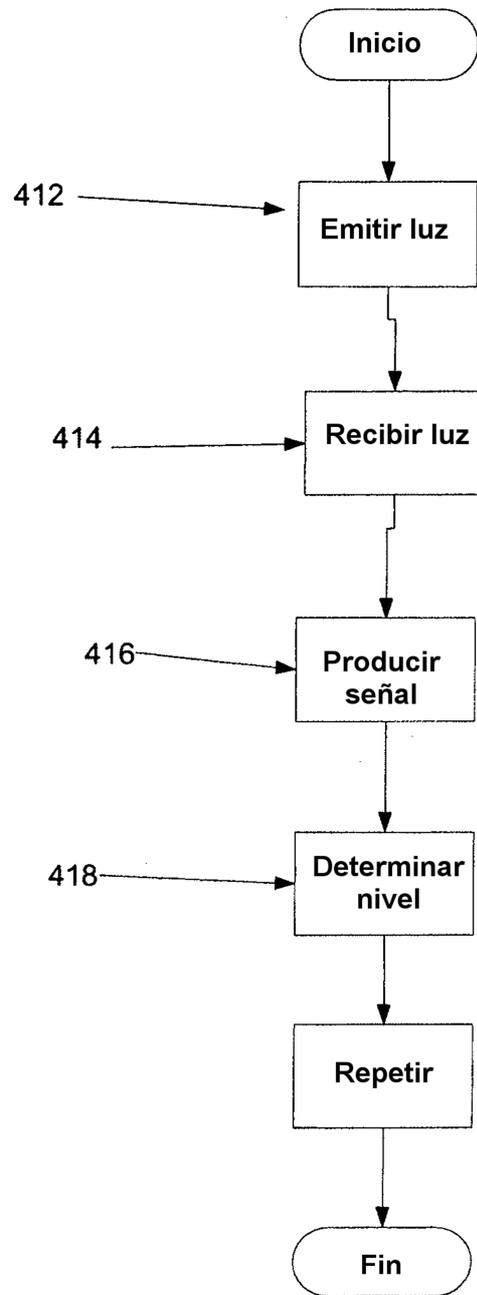


FIGURA 7

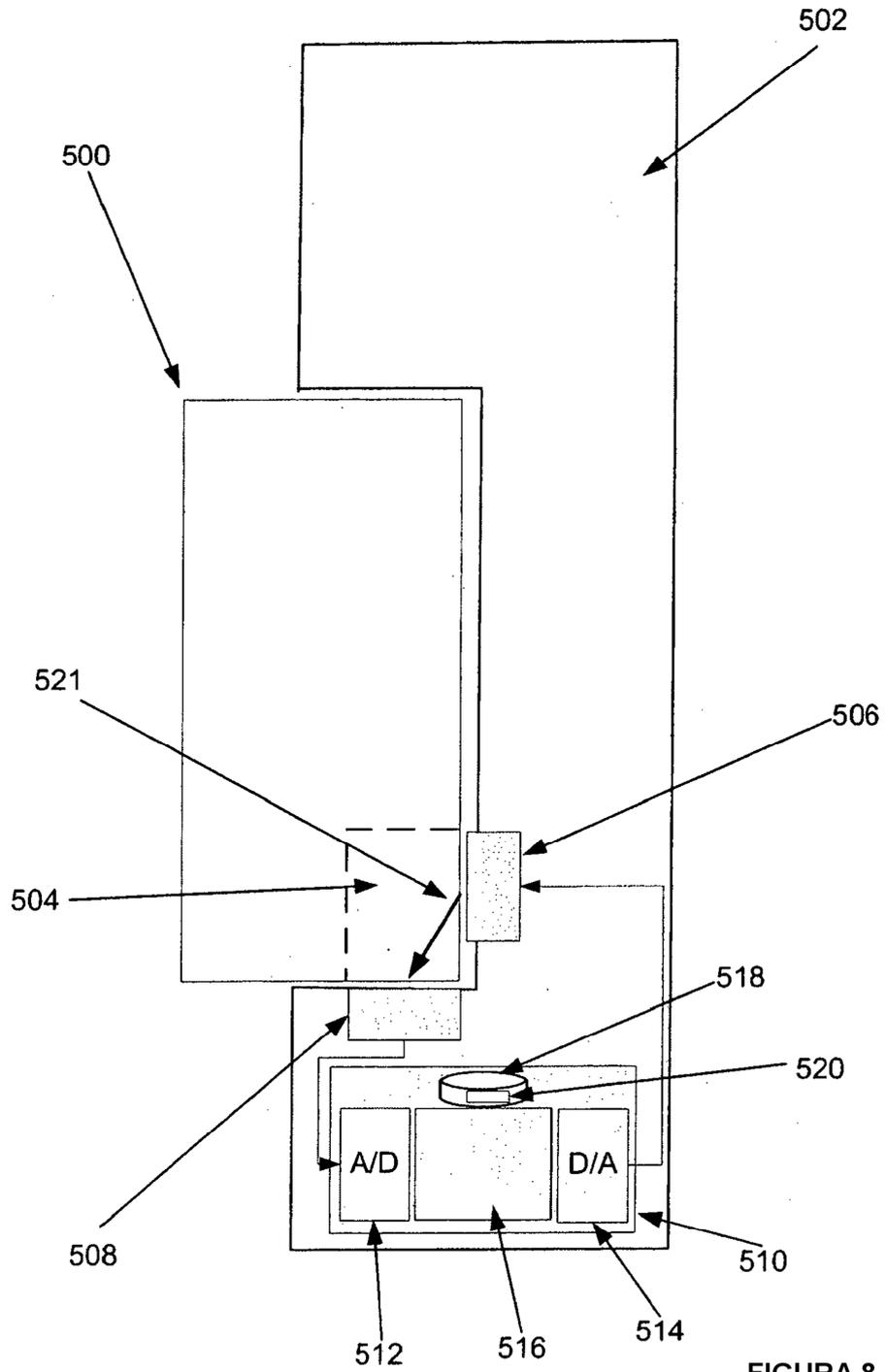


FIGURA 8