

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 278**

51 Int. Cl.:

A61B 3/10 (2006.01)

A61B 3/107 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2007** **E 07855209 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2015** **EP 2101631**

54 Título: **Aparato de medición corneal y un método de utilización del mismo**

30 Prioridad:

21.12.2006 US 614518

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

02.10.2015

73 Titular/es:

**BAUSCH & LOMB INCORPORATED (100.0%)
ONE BAUSCH & LOMB PLACE
ROCHESTER, NY 14604-2701, US**

72 Inventor/es:

**BENTLEY, JOSEPH R. y
LAI, MING**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 547 278 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de medición corneal y un método de utilización del mismo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un aparato de medición corneal y a un método de medición corneal y, más particularmente, a un aparato y método para la proyección de una pluralidad de hendiduras de luz para realizar mediciones de la córnea.

10

Antecedentes de la invención

A los oftalmólogos y optometristas les gustaría tener una representación exacta de los ojos de los sujetos. Tales representaciones incluyen, por ejemplo, uno o más de una representación de la superficie anterior de la córnea de un sujeto, de la superficie posterior, y del espesor y densidad de la córnea, así como perfiles de la cámara anterior. Esta información se puede utilizar para prescribir lentes de contacto y gafas, y para remodelar la córnea mediante procedimientos quirúrgicos o para realizar otros procedimientos quirúrgicos. Dado que estos datos son incómodos de medir con el contacto físico, se utilizan preferentemente técnicas de teledetección para realizar las mediciones. Un dispositivo que mide solo la superficie delantera de una córnea se denomina comúnmente topógrafo corneal, un dispositivo que mide las superficies delantera y trasera de una córnea y el estroma del ojo se conoce como un generador de perfiles corneales, y un dispositivo que mide el perfil de la cámara anterior incluyendo la córnea se llama un analizador de cámara anterior.

15

20

25

Una técnica común para la obtención de información de medición corneal incluye la proyección de bandas estrechas de luz (comúnmente referidas como hendiduras o haces de hendiduras) sobre la córnea de un paciente en varias ubicaciones a través de una córnea. Para cada una de las hendiduras, después de que la luz en la hendidura ha sido dispersada por la córnea, se obtiene una imagen de la luz.

30

35

Para proyectar una hendidura de luz, por lo general, una abertura con la forma y tamaño adecuados, y una lente se colocan en la trayectoria de la luz procedente de una fuente de luz de tal manera que la luz que pasa a través de la abertura forma una hendidura de luz sobre la córnea de un sujeto. Normalmente, para proyectar hendiduras en cada una de las múltiples ubicaciones a través de la córnea, se traslada una sola abertura de tal manera que la luz que pasa a través de la abertura en momentos seleccionados forma las múltiples hendiduras. Un ejemplo de un aparato de medición corneal de este tipo se presenta en la Patente de Estados Unidos 5.512.966 de Snook. Un ejemplo adicional de un aparato de medición corneal se divulga en la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos US 2005/0 134 797 A1.

40

Un problema con tales dispositivos es que es difícil de situar con precisión una abertura para formar cada una de las hendiduras, y con el tiempo (después de muchos pacientes) es difícil conocer la posición de las hendiduras con precisión para que se pueda obtener una recreación exacta de una córnea.

Sumario

45

Los aspectos de la presente invención se refieren a un aparato de medición ocular que tiene una máscara de hendiduras que define una pluralidad de aberturas para la proyección de hendiduras de luz sobre un ojo.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un aparato de acuerdo con la reivindicación 1.

50

En algunas realizaciones, el subsistema de proyección de hendiduras comprende una segunda máscara de hendiduras que define una abertura de selección, estando el aparato de movimiento adaptado para mover la segunda máscara de hendiduras.

55

60

En algunos ejemplos, el aparato comprende además (F.) un segundo subsistema de proyección de que hendiduras comprende una segunda fuente de luz, (G.) un segundo subsistema de máscara dispuesto en una trayectoria de la segunda luz desde el segundo subsistema de proyección de hendiduras, que comprende una segunda máscara de hendiduras que define una segunda pluralidad de aberturas, (H.) un segundo aparato de movimiento adaptado para mover al menos una porción del segundo subsistema de proyección de hendiduras, el segundo aparato de movimiento configurado y dispuesto de tal manera que al mover la porción del segundo sistema de proyección de hendiduras, porciones de la segunda luz se puedan transmitir selectivamente a través de una abertura de la segunda pluralidad de aberturas hacia la córnea; y (I.) un segundo elemento de formación imágenes configurado y dispuesto para formar imágenes de la segunda pluralidad de aberturas en la córnea, el subsistema de captura de imágenes dispuesto para captar imágenes de las porciones de la segunda luz después de que la luz incida en la córnea.

65

En algunas realizaciones, la segunda máscara de hendiduras se dispone aguas arriba de la primera máscara de hendiduras. En algunos ejemplos, el subsistema de proyección de hendiduras se configura y dispone para proyectar

la luz de la fuente de luz a través de cada una de la pluralidad de aberturas definidas en primera máscara de hendiduras sin mover la fuente de luz.

5 En algunos ejemplos, la fuente de luz comprende al menos un LED dispuesto para proyectar luz en la trayectoria de la luz. En algunos ejemplos, el aparato comprende además una lente del condensador configurada y dispuesta para recoger la luz de la fuente de luz y proyectar luz en la trayectoria de la luz. En algunos ejemplos, el elemento de formación imágenes y la lente del condensador se configuran y disponen para operar como un sistema de condensador-proyector. En algunos ejemplos, el elemento de formación de imágenes y la primera máscara de hendiduras se disponen en una disposición de Scheimpflug para obtener un plano de imágenes de hendidura en la
10 córnea.

En algunas realizaciones, la pluralidad de aberturas se dispone en un único plano. En algunas realizaciones, se forma la pluralidad de aberturas en un único sustrato. En algunos ejemplos, la pluralidad de aberturas se define por las aberturas en una capa opaca depositada sobre el sustrato.

15 En algunas realizaciones, el aparato comprende un subsistema de procesamiento de imágenes acoplado al subsistema de captura de imágenes, estando el subsistema de procesamiento de imágenes se adapta para convertir las imágenes en una representación de la córnea. En algunos ejemplos, el aparato comprende además un aparato de situación del sujeto adaptado para mantener la córnea del sujeto en una ubicación.

20 En algunos ejemplos, la fuente de luz comprende al menos un LED de alta potencia. En algunos ejemplos, la fuente de luz consiste en un único LED.

En algunas realizaciones, el aparato de movimiento se adapta para trasladar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras. En algunas realizaciones, la fuente de luz se adapta para proyectar una hendidura de luz y el aparato de movimiento se adapta para trasladar la fuente de luz. En algunas realizaciones, el aparato de movimiento se adapta para trasladar la segunda máscara de hendiduras. En algunas realizaciones, el aparato de movimiento se adapta para girar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

30 Otro aspecto de la presente invención se refiere a un método para facilitar la medición corneal de un sujeto, que comprende: (A.) proporcionar una pluralidad de aberturas, (B.) proyectar luz hacia la pluralidad de aberturas, (C) mover al menos una porción de un subsistema de proyección de hendiduras manteniendo al mismo tiempo la pluralidad de aberturas en ubicaciones fijas para transmitir selectivamente una porción de la luz hacia la córnea, la porción de la luz pasando a través de una abertura seleccionada de la pluralidad de aberturas; y, (D.) formar imágenes de las porciones de luz después de que la luz incida en la córnea.
35

En algunas realizaciones, la etapa de traslación comprende mover al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras. En algunas realizaciones, la etapa de mover comprende hacer girar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

40 En algunas realizaciones, la etapa de mover comprende mover una hendidura de selección. En algunos ejemplos, la etapa de mover comprende mover al menos una fuente.

En algunos ejemplos, la luz pasa a través de la abertura de selección antes de pasar a través de cualquiera de la pluralidad de aberturas. En algunos ejemplos, la etapa de proyectar luz comprende la proyección de la luz a partir de al menos un LED. En algunas realizaciones, la etapa de formación de imágenes produce imágenes, y el método comprende además el procesamiento de las imágenes para convertir las imágenes en una representación de la córnea.

50 **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones ilustrativas, no limitativas de la presente invención se describirán a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se utiliza el mismo número de referencia para designar los mismos componentes o similares en las diferentes figuras, y en los que:

55 La Figura 1 es una vista esquemática de un ejemplo de un aparato de medición corneal de acuerdo con los aspectos de la presente invención;

La Figura 2 es una vista ampliada que muestra detalles adicionales de un brazo del aparato de medición corneal de la Figura 1;

60 La Figura 3 es una ilustración de un ejemplo de una realización de una primera máscara de hendiduras que define una pluralidad de aberturas observadas a largo de la línea 3 - 3 de la Figura 2;

La Figura 4 es una ilustración de un ejemplo de una realización de una segunda máscara de hendiduras que define una abertura de selección observada a lo largo de la línea 4 - 4 de la Figura 2;

65 La Figura 5 ilustra detalles adicionales de otro ejemplo de una realización de un brazo del aparato de medición corneal que se muestra en la Figura 1;

La Figura 6 es una ilustración esquemática de otros detalles de un ejemplo de fuentes de luz incluidas en un

subsistema de proyección de hendiduras;

La Figura 7 es una vista esquemática de otro ejemplo de un aparato de medición corneal de acuerdo con los aspectos de la presente invención;

La Figura 8 es una ilustración de un ejemplo de una realización de una segunda máscara de hendiduras que define una abertura de selección observada a lo largo de la línea 8 - 8 de la Figura 7; y

La Figura 9 es una ilustración de más detalles de un ejemplo de una realización de la primera máscara de hendiduras que define una pluralidad de aberturas observadas a lo largo de la línea 9 - 9 de la Figura 7.

Descripción detallada

La Figura 1 es una vista esquemática de una realización de un aparato de medición corneal 10 de acuerdo con los aspectos de la presente invención. El aparato de medición corneal se adapta para medir la córnea C de un sujeto. El aparato de medición corneal comprende dos sistemas de proyección de hendiduras 13a, 13b (que incluyen las fuentes de luz 12a y 12b, respectivamente), dos subsistemas de máscara 100a, 100b, y un subsistema de captura de imágenes 50. Los subsistemas de máscara 100a y 100b se disponen en las trayectorias de luz procedentes de los sistemas de proyección de hendiduras 13a y 13b, respectivamente.

El sistema de proyección de hendiduras 13a y el subsistema de máscara 100a se encuentran en un primer brazo 75a del aparato de medición corneal y el sistema de proyección de hendiduras 13b y el subsistema de máscara 100b se encuentran en un segundo brazo 75b del aparato de medición corneal. En la realización ilustrada, el primer brazo proyecta hendiduras de luz sobre una mitad de la córnea, y el segundo brazo proyecta hendiduras de luz sobre la otra mitad de la córnea. Por ejemplo, la trayectoria de cada una de las hendiduras de luz proyectadas puede tener un ángulo de aproximadamente cuarenta y cinco grados con respecto al eje visual del ojo del sujeto. Aunque la realización ilustrada de un aparato de medición tiene dos brazos, en otras realizaciones, un aparato de medición puede tener solamente un único brazo.

Haciendo referencia a la Figura 2, se muestran más detalles de una realización ejemplar de un brazo del aparato de medición corneal 10. El brazo comprende un subsistema de máscara que comprende una primera máscara de hendiduras 130 que define una pluralidad de aberturas 132_i y un subsistema de proyección de hendiduras 12a que comprende una fuente de luz y una segunda máscara de hendiduras 120 que define una abertura de selección 122.

El brazo comprende también un aparato de movimiento 110 adaptado para trasladar la segunda máscara. La segunda máscara de hendiduras 120 se configura y dispone de tal manera que, mediante la colocación apropiada de la segunda máscara de hendiduras utilizando el aparato de movimiento para mover la segunda máscara de hendiduras con relación a la primera máscara de hendiduras, la abertura de selección 122 transmite selectivamente porciones de la luz de la fuente 12a de tal manera que la luz que viaja a través de una abertura de la pluralidad de aberturas 132_i incide en la córnea C. Se apreciará que, aunque en la realización ilustrada, el aparato de movimiento traslada la segunda máscara, el aparato de movimiento puede mover la abertura de selección en cualquier manera adecuada para situar de forma adecuada la abertura de selección. Además, el aparato de movimiento puede mover cualquier porción adecuada del subsistema de proyección de hendiduras para proyectar de manera adecuada una hendidura de luz sobre una córnea C. Por ejemplo, como se establece a continuación, la fuente de luz se puede mover.

El rayo R demuestra que la abertura de selección 122 transmite la luz a la córnea C desde una seleccionada 132_i de la pluralidad de aberturas, cuando la abertura de selección 122 se alinea apropiadamente con la seleccionada 132_i de la pluralidad de aberturas. Posteriormente, mediante la traslación de segunda máscara de hendiduras 120, la abertura de selección se puede situar de tal manera que la luz de otra de la pluralidad de aberturas 132_n se puede transmitir a la córnea C. Tal situación de la abertura de selección se puede repetir de tal manera que la luz procedente de cada una de los pluralidad de aberturas o la luz procedente de cualquiera adecuada de la pluralidad de aberturas 132 se puede transmitir a la córnea C. Se apreciará que, en las porciones de la primera máscara de hendiduras y d la segunda máscara de hendiduras que están fuera de las aberturas dispuestas sobre las mismas, la máscaras de hendidura son opacas o sustancialmente opacas a la luz de la fuente 12a.

Se debe apreciar que aunque, en la realización ilustrada, la segunda máscara de hendiduras 120 (es decir, la máscara que incluye la abertura de la selección) se dispone aguas arriba (es decir, más cerca de la fuente 12a a lo largo de la trayectoria óptica) desde la primera máscara de hendiduras 130, en otras realizaciones, la primera máscara de hendiduras (es decir, la máscara que incluye la pluralidad de aberturas) se puede disponer aguas arriba desde la segunda máscara de hendiduras.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, las fuentes de luz 12a y 12b generan la luz en la que se dispone un subsistema de máscara correspondiente. En algunos ejemplos, la fuente proyecta luz de las fuentes de luz en un cono de luz CN para permitir que la luz se proyecte a través de cada una de las aberturas definidas en la primera máscara de hendiduras 130 sin mover la fuente. Es decir que, en algunos ejemplos, solo la segunda máscara hendidura 120 se mueve. El movimiento se produce para exponer una determinada de la pluralidad de aberturas en la primera máscara 130 para su iluminación procedente de una fuente luminosa. Se apreciará que, en tales ejemplos, la pluralidad de aberturas 132 que proporcionan las hendiduras de luz puede permanecer fijas en un lugar

determinado durante la adquisición de la pluralidad de imágenes de hendiduras que se utilizan para producir una representación del ojo de un sujeto. Una ventaja adicional del aparato de medición de la técnica anterior, en el que una sola abertura se mueve para producir hendiduras de luz, es que las hendiduras de luz se producen con posiciones que se conocen con más precisión, proporcionando de este modo representaciones más exactas de los ojos de los sujetos.

En algunos ejemplos, es ventajoso si la fuente es monocromática y convenientemente brillante. Por ejemplo, un LED o una pluralidad de LED se pueden utilizar para generar la luz. En algunos ejemplos, un LED de alta potencia se ha encontrado útil. En algunos ejemplos, se utiliza un LED superluminiscente. Un aspecto no reivindicado de la invención se dirige a un único LED de alta potencia configurado y dispuesto para poder iluminar la pluralidad de aberturas 132 a medida que se mueve la abertura de selección.

En algunos ejemplos, es ventajoso que el subsistema de proyección incluya un sistema de condensador-proyector convencional. En la Figura 1, lentes del condensador 14a, 14b recogen la luz procedente de las fuentes 12a y 12b respectivamente, y lentes del proyector 18a, 18b se configuran y disponen de tal manera que la lentes del condensador forman imágenes de las fuentes 12a y 12b sobre las lentes del proyector 18a, 18b, respectivamente. Las lentes de proyector se configuran y disponen también para formar imágenes de las aberturas 132 en la córnea C. Es normalmente preferible que las hendiduras de luz no sean convergentes o divergentes entre la primera máscara de hendiduras y la córnea. Sin embargo, alguna convergencia o divergencia puede estar presente. Aunque en la realización ilustrada, las lentes del proyector 18a, 18b son lentes refractivas convencionales, cualquier elemento de formación de imágenes adecuado se puede utilizar (por ejemplo, un espejo, elemento holográfico). En un brazo dado, una sola lente se puede fijar en una posición para formar imágenes de todas las aberturas en la córnea. Como alternativa, más de una lente se puede colocar en el brazo o una sola lente se puede mover para proyectar las aberturas.

Aunque en la realización ilustrada, las lentes del condensador 14a, 14b se ilustran como lentes refractivas convencionales, cualquier elemento de formación de imágenes adecuado se puede utilizar (por ejemplo, un espejo, elemento holográfico). En algunos ejemplos, la lente del condensador se puede omitir. Los componentes del sistema de proyección y la primera máscara de hendiduras 130 se pueden disponer en una disposición Scheimpflug para obtener un plano de imágenes de hendidura en la córnea C. Además, uno o más espejos de plegado 16a y 16b se pueden incluir para dirigir la luz sobre la córnea, y para lograr una forma de paquete adecuado para encajar en un alojamiento (no mostrado) del aparato.

Otros detalles de la primera máscara de hendiduras 130 se proporcionan a continuación con referencia a la Figura 3. La máscara de hendiduras 130 incluye una pluralidad de aberturas $132_1 - 132_n$. Normalmente, las hendiduras tienen la misma anchura W y longitud L y están uniformemente separadas entre sí; sin embargo, los aspectos de la invención no se limitan a esto.

Por ejemplo, se pueden proporcionar veinte aberturas en la máscara de hendiduras en el primer brazo 75a (que se muestra en la Figura 1) de modo que veinte hendiduras de luz se proyectan sobre la córnea de un sujeto y veinte imágenes se obtienen utilizando la luz del primer brazo 75a del aparato de medición 10 (mostrado en la Figura 1). En consecuencia, cuando se combina con veinte imágenes del segundo brazo 75b (que se muestra en la Figura 1) se obtienen un total de 40 imágenes de hendidura del ojo de un sujeto. Se apreciará que cualquier número adecuado de aberturas se puede proporcionar en la primera máscara de hendiduras en cada uno de los subsistemas de máscara 100a, 100b (que se muestran en la Figura 1).

Por ejemplo, la primera máscara de hendiduras 130 se puede formar sobre un sustrato 135 de vidrio de sosa y cal o vidrio BK7. Una capa opaca se puede depositar sobre una superficie del sustrato. Por ejemplo, una capa de metal opaco se puede depositar sobre el sustrato, y las aberturas se pueden formar posteriormente atacando químicamente una porción de la capa de metal para exponer el sustrato. Cada una de las aberturas se dimensiona y conforma de tal manera que, en un aparato de medición dado, una hendidura de luz se proyecta sobre una córnea de manera convencional. Normalmente, las aberturas tienen forma rectangular. Sin embargo, cualquier forma adecuada se puede emplear. En algunos ejemplos, puede ser deseable aplicar un revestimiento antirreflectante a una o ambas de las superficies de un sustrato. Aunque la pluralidad de aberturas 132 se muestra como estando formada en un único sustrato (y en un solo plano), se puede utilizar cualquier construcción adecuada en la que las aberturas se formen en ubicaciones fijas respecto a la otra.

Otros detalles de la segunda máscara de hendiduras 120 se proporcionan a continuación con referencia a la Figura 4. La máscara de hendiduras 120 incluye una sola abertura de selección formada sobre un sustrato 125. La abertura de selección se dimensiona para permitir que la luz pase de una de la pluralidad de aberturas a la córnea C (que se muestra en la Figura 1). Normalmente, el tamaño de la abertura de selección es más grande en anchura y longitud que cualquiera de la pluralidad de aberturas. La abertura de selección también es normalmente lo suficientemente pequeña de tal manera que se permite el paso de luz a través de solo una de la pluralidad de aberturas y sobre la córnea C.

- En la realización ilustrada de la segunda máscara de hendiduras, se proporciona también una porción de abertura 124 (por lo general la mitad de la longitud de la abertura de selección). La porción de abertura se utiliza para la alineación del aparato de medición en relación con la córnea de un sujeto a quien se le va a realizar una medición corneal. La porción de abertura está alineada con una de la pluralidad de aberturas en la primera máscara de hendiduras, de tal manera que la luz se proyecta aunque solo una porción de una de la pluralidad de aberturas y una porción de una hendidura de luz se proyecta sobre el centro del ojo de un sujeto por el primer brazo 75a (que se muestra en la Figura 1) (por ejemplo, una mitad superior de una hendidura se forma en el centro del ojo del sujeto por el primer brazo).
- Otra segunda máscara de hendidura 120 que tiene también una porción de abertura se dispone en el otro brazo 75b (que se muestra en la Figura 1). La posición de la porción de abertura 124' en una segunda máscara de hendiduras (en el segundo brazo 75b) se muestra con líneas discontinuas. Similar, a la porción de abertura en el primer brazo, la porción de abertura en el segundo brazo se alinea con una de la pluralidad de aberturas en la primera máscara de hendiduras del segundo brazo. Una vez más, la abertura se dispone para proyectar luz sobre el centro de la córnea del sujeto (por ejemplo, una mitad inferior de una abertura se forma en el centro del ojo del sujeto). De manera convencional, la córnea del sujeto se alinea con el aparato de medición, situando al sujeto o la máquina de tal manera que las dos porciones de las hendiduras de luz se alineen para formar una sola hendidura de luz de longitud completa (por ejemplo, la mitad superior de la hendidura de luz del primer brazo se alinea con la mitad inferior de la hendidura de luz del segundo brazo) para formar una sola hendidura de luz completa. Las segundas máscaras de hendiduras 120 (en el primer y segundo brazos) se pueden formar de una manera similar a aquellas descritas anteriormente para la primera máscara de hendiduras 130.
- Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, el subsistema de captura de imágenes 50 se dispone para poder capturar una imagen de la luz proyectada para cada una de la pluralidad de aberturas después de que la luz incida sobre la córnea. Se apreciará que, para capturar de las imágenes para obtener una representación de una córnea, cada una de la pluralidad de aberturas se selecciona de forma secuencial mediante la alineación apropiada de cada abertura con la abertura de selección como se ha descrito anteriormente. El subsistema de captura de imágenes 50 puede ser cualquier dispositivo de formación de imágenes convencional adecuado, tal como una cámara CCD.
- El aparato de movimiento 110 puede comprender cualquier mecanismo adecuado para mover (por ejemplo, trasladar) la segunda máscara 120 para proyectar hendiduras de luz de la pluralidad de aberturas 132 en la primera máscara de hendiduras 130 a la córnea C. Por ejemplo, el aparato de movimiento puede comprender un motor de traslación lineal capaz de mover (es decir, trasladar) la segunda máscara de hendiduras en una dirección perpendicular a la longitud L de la pluralidad de aberturas 132.
- El aparato de medición corneal 10 incluye también un subsistema de procesamiento de imágenes para convertir las imágenes en una sola representación de la córnea. Las técnicas para reconstruir una representación de la córnea de un sujeto una vez que se obtienen las imágenes de hendidura son bien conocidas y no se describen adicionalmente en la presente memoria. Los sistemas de proyección tal como se describen en la presente memoria se pueden utilizar con topógrafos corneales, aparato perfilador corneal y analizadores de cámara anterior.
- El aparato de medición corneal 10 incluye un aparato de situación del sujeto 60 adaptado para mantener la córnea de un sujeto en una ubicación. Por ejemplo, el aparato puede estar provisto de una mentonera y/o descansa frente que fijará la ubicación de la cabeza del sujeto.
- La Figura 5 ilustra detalles adicionales de otro ejemplo de una realización de un brazo 200 del aparato de medición corneal 10 (que se muestra en la Figura 1). El brazo comprende un subsistema de máscara que comprende primera máscara de hendiduras 130 que define una pluralidad de aberturas 132_i y un subsistema de proyección de hendiduras 220 que comprende una pluralidad de fuentes de luz 212_{1-n} (que se muestran en la Figura 6). Se apreciará que, en contraste con la realización mostrada en la Figura 2, el subsistema 220 se dispone para proyectar una hendidura de luz sin el uso de una máscara que tiene una abertura de selección (por ejemplo, la máscara 120 con la abertura de selección 122 en la Figura 2). En algunos ejemplos, el subsistema de proyección comprende una lente cilíndrica 222 para recoger la luz de las fuentes de luz y enfocarla en una seleccionada de las aberturas 132_i . Disposiciones alternativas para la proyección de una hendidura de luz que se divulgan en las Patentes de Estados Unidos 6.409.346 (emitida el 25 de junio de 2002) y 6.286.958 (emitida el 11 de septiembre de 2001), ambas de Koest. Adicionalmente, un prisma 223 se puede situar en la trayectoria de la hendidura de luz para mejorar la homogeneidad de la luz, el prisma haciéndose girar u oscilar como se enseña en la Patente de Estados Unidos 7.040.765 (emitida el 09 de mayo de 2006). La materia de dichas tres (3) patentes se incorpora por referencia.
- El brazo comprende también un aparato de movimiento 210 adaptado para mover (por ejemplo, trasladar) el subsistema de proyección de hendiduras 220, con el fin de situar adecuadamente la pluralidad de fuentes de luz de tal manera que la luz viaje a través de una seleccionada de la pluralidad de aberturas 132_i y se enfoque sobre la córnea C (por ejemplo, por la lente 218).
- La Figura 6 es una ilustración esquemática de los detalles adicionales de las fuentes de luz 212_{1-n} incluidas en el subsistema de proyección de hendiduras de iluminación. Las fuentes pueden, por ejemplo, comprender LED

dispuestos sobre una placa de circuito para proyectar una larga banda de luz estrecha. Cualquier número adecuado de LED se puede utilizar. Aunque, se muestra una pluralidad de fuentes en la realización ilustrada, se puede utilizar una sola fuente alargada.

5 La Figura 7 es una vista esquemática de otro ejemplo de un aparato de medición corneal 700 de acuerdo con los aspectos de la presente invención. El aparato de medición corneal comprende un sistema de proyección de hendiduras 713 (que incluye una fuente de luz 712), un subsistema de máscara de máscara 731, y un subsistema de captura de imágenes 750. El subsistema de máscara se dispone en la trayectoria de la luz procedente del sistema de proyección de hendiduras 713. El subsistema de máscara comprende una primera máscara de hendiduras 730 que define una pluralidad de aberturas 732_{1-n} (que se muestran en la Figura 9).

15 El sistema de proyección de hendiduras 713 comprende una fuente de luz 712, una segunda máscara de hendiduras 720 que define una abertura de selección 722 (que se muestra en la Figura 8), y una lente de proyección de imágenes de hendiduras 740 (por ejemplo, una lente cilíndrica que tiene una longitud alineada con la longitud de la abertura de selección). El sistema de proyección de hendiduras 713 comprende también un aparato de movimiento 710 adaptado para girar la fuente 712 y la segunda máscara 720. Mediante la colocación apropiada de la segunda máscara de hendiduras con el aparato de movimiento, la abertura de selección 722 transmite selectivamente porciones de la luz desde la fuente 712 de tal manera que la luz que viaja a través de una seleccionada de la pluralidad de aberturas 732_i incide en la córnea C. Como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones, la fuente puede proyectar un cono de luz de tal manera que el movimiento de la fuente no es necesario para proyectar una pluralidad de hendiduras de luz.

25 En algunas realizaciones, la lente de formación de imágenes 740 se hace girar por el aparato de movimiento junto con la fuente 712 y la segunda máscara 720; como alternativa, una pluralidad de lentes de formación de imágenes se puede disponer de tal manera que una se alinea con cada una de la pluralidad de aberturas de la primera máscara de hendiduras 730. Se apreciará que, en realizaciones tal como se ilustra en la Figura 7, la pluralidad de aberturas 732 que proporcionan las hendiduras de luz puede permanecer fijas en una ubicación determinada durante la adquisición de la pluralidad de imágenes de hendiduras que se utilizan para producir una representación del ojo de un sujeto. Una ventaja adicional del aparato de medición de la técnica anterior es que las hendiduras de luz se producen con posiciones que se conocen con más precisión que con el aparato convencional, proporcionando de este modo representaciones más exactas de los ojos de los sujetos.

35 La Figura 8 es una ilustración de un ejemplo de una realización de una segunda máscara de hendiduras 720 que define una abertura de selección 722 observada a lo largo de la línea 8-8 de la Figura 7. La Figura 9 es una ilustración de detalles adicionales de un ejemplo de una realización de la primera máscara de hendiduras 730 que define una pluralidad de aberturas 732_i observadas a lo largo de línea 9-9 de la Figura 7. Se apreciará que, en algunas realizaciones, el sistema de proyección de hendiduras 713 comprende una fuente como en la Figura 2; y en otras realizaciones, el sistema de proyección de hendiduras 713 se construye como sistema de proyección de hendiduras 220 (que se muestra en la Figura 6) y como tal comprende una fuente o fuentes configuradas para proyectar una hendidura de luz sin el uso de una abertura de selección.

45 Habiendo descrito los conceptos inventivos y un número de realizaciones ejemplares, será evidente para los expertos en la materia que la invención se puede implementar de diversas maneras, y que las modificaciones y mejoras se les ocurrirán fácilmente a dichas personas. Por lo tanto, las realizaciones no pretenden ser limitantes y se presentan a modo de ejemplo solamente. La invención solo está limitada como es requerido por las siguientes reivindicaciones y equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la medición corneal de un sujeto, que comprende:
 - 5 (A.) un subsistema de proyección de hendiduras que comprende una fuente de luz (12a);
 - (B.) un subsistema de máscara (100a) dispuesto en una trayectoria de luz procedente de la fuente de luz (12a), que comprende una primera máscara de hendiduras (130) que define una pluralidad de aberturas (132i), la pluralidad de aberturas (132i) adaptada para permanecer fija en una ubicación durante la medición corneal del sujeto;
 - 10 (C.) un aparato de movimiento (110) adaptado para mover al menos una porción del subsistema de proyección de hendiduras, el aparato de movimiento (110) configurado y dispuesto de tal manera que, al mover la porción del subsistema de proyección de hendiduras, las porciones de luz se pueden transmitir selectivamente a través de una abertura de la pluralidad de aberturas (132i) hacia la córnea;
 - (D.) un elemento de formación imágenes (14a, 14b, 18a, 18b) configurado y dispuesto para formar imágenes de al menos una de la pluralidad de aberturas (132i) sobre la córnea; y
 - 15 (E.) un subsistema de captura de imágenes (50) dispuesto para capturar imágenes de las porciones de luz después de que la luz incida sobre la córnea.

2. El aparato de la reivindicación 1, donde el subsistema de proyección de hendiduras comprende una segunda máscara de hendiduras (120) que define la abertura de selección (122), estando el aparato de movimiento (110) adaptado para mover la segunda máscara de hendiduras (120).

3. El aparato en la reivindicación 2, donde la segunda máscara de hendiduras (120) se dispone aguas arriba de la máscara primera hendidura (120).

- 25 4. El aparato de la reivindicación 1, donde la pluralidad de aberturas (132i) se dispone en un solo plano.

5. El aparato de la reivindicación 1, donde la pluralidad de aberturas (132i) se forma sobre un único sustrato.

- 30 6. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un subsistema de procesamiento de imágenes acoplado al subsistema de captura de imágenes (50), estando el subsistema de procesamiento de imágenes adaptado para convertir las imágenes en una representación de la córnea.

7. El aparato de la reivindicación 1, donde el dispositivo de movimiento (110) se adapta para trasladar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

- 35 8. El aparato de la reivindicación 7, donde la fuente de luz (12a) se adapta para proyectar una hendidura de luz y el aparato de movimiento (110) se adapta para trasladar la fuente de luz (12a).

- 40 9. El aparato de la reivindicación 2, donde el dispositivo de movimiento (110) se adapta para trasladar la segunda máscara de hendiduras (120).

10. El aparato de la reivindicación 1, donde el dispositivo de movimiento (110) se adapta para hacer girar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

- 45 11. Un método para facilitar la medición corneal de un sujeto, que comprende:
 - (A.) proporcionar una pluralidad de aberturas (132i);
 - (B.) proyectar luz hacia la pluralidad de aberturas (132i);
 - 50 (C.) mover al menos una porción de un subsistema de proyección de hendiduras mientras se mantiene la pluralidad de aberturas (132i) en una ubicación para hacer transitar selectivamente una porción de la luz hacia la córnea, pasando la porción de la luz a través de una abertura seleccionada de la pluralidad de aberturas (132i); y
 - (D.) formar imágenes de las porciones de luz después de que la luz incida en la córnea.

- 55 12. El método de la reivindicación 11, donde la etapa de mover comprende trasladar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

13. El método de la reivindicación 11, donde la etapa de mover comprende girar al menos la porción del subsistema de proyección de hendiduras.

- 60 14. El método de la reivindicación 11, donde la etapa de mover comprende mover una hendidura de selección (122).

15. El método de la reivindicación 11, donde la etapa de formación de imágenes produce imágenes, y el método comprende además el procesamiento de las imágenes para convertir las imágenes en una representación de la córnea.

- 65

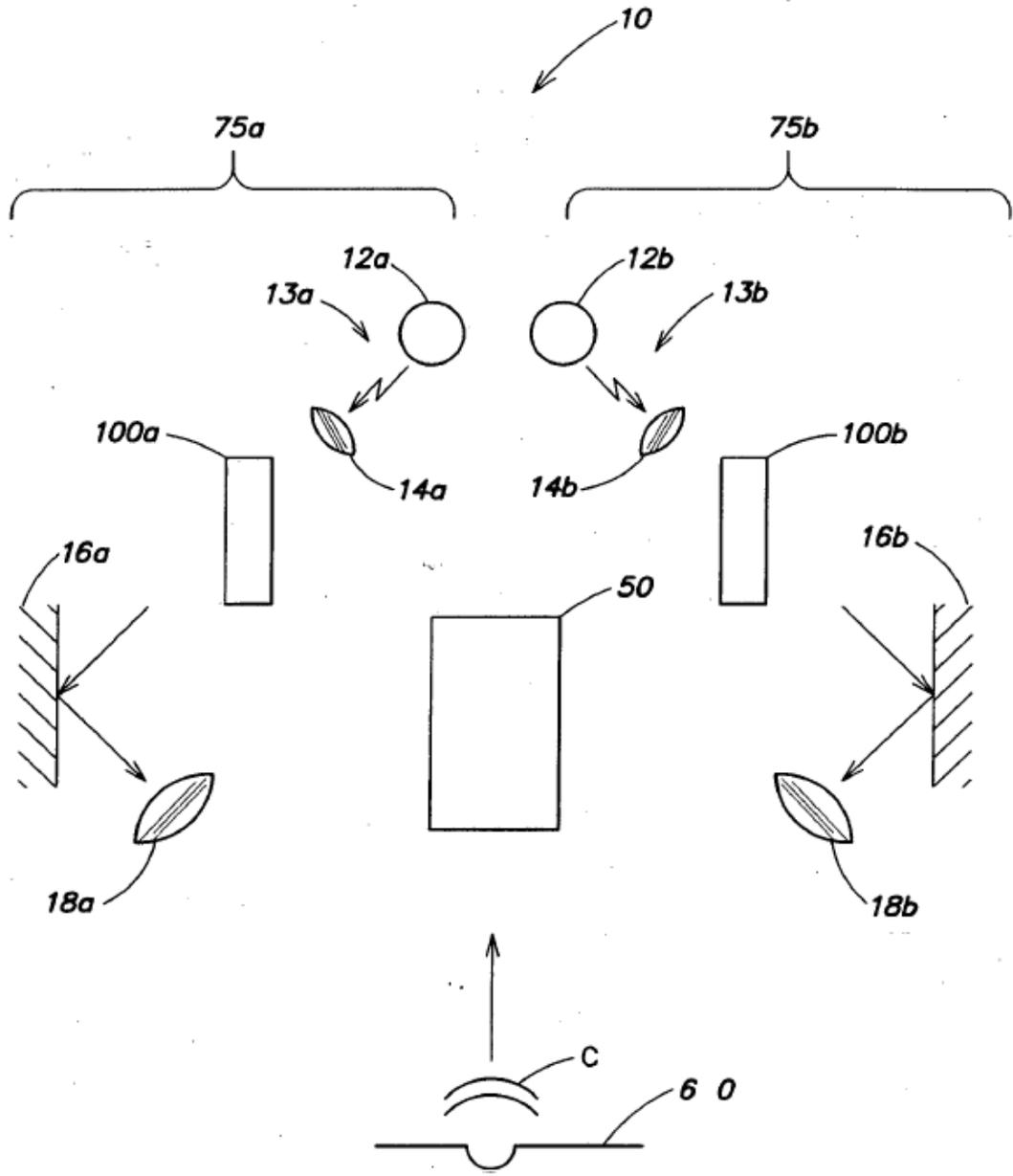


FIG. 1

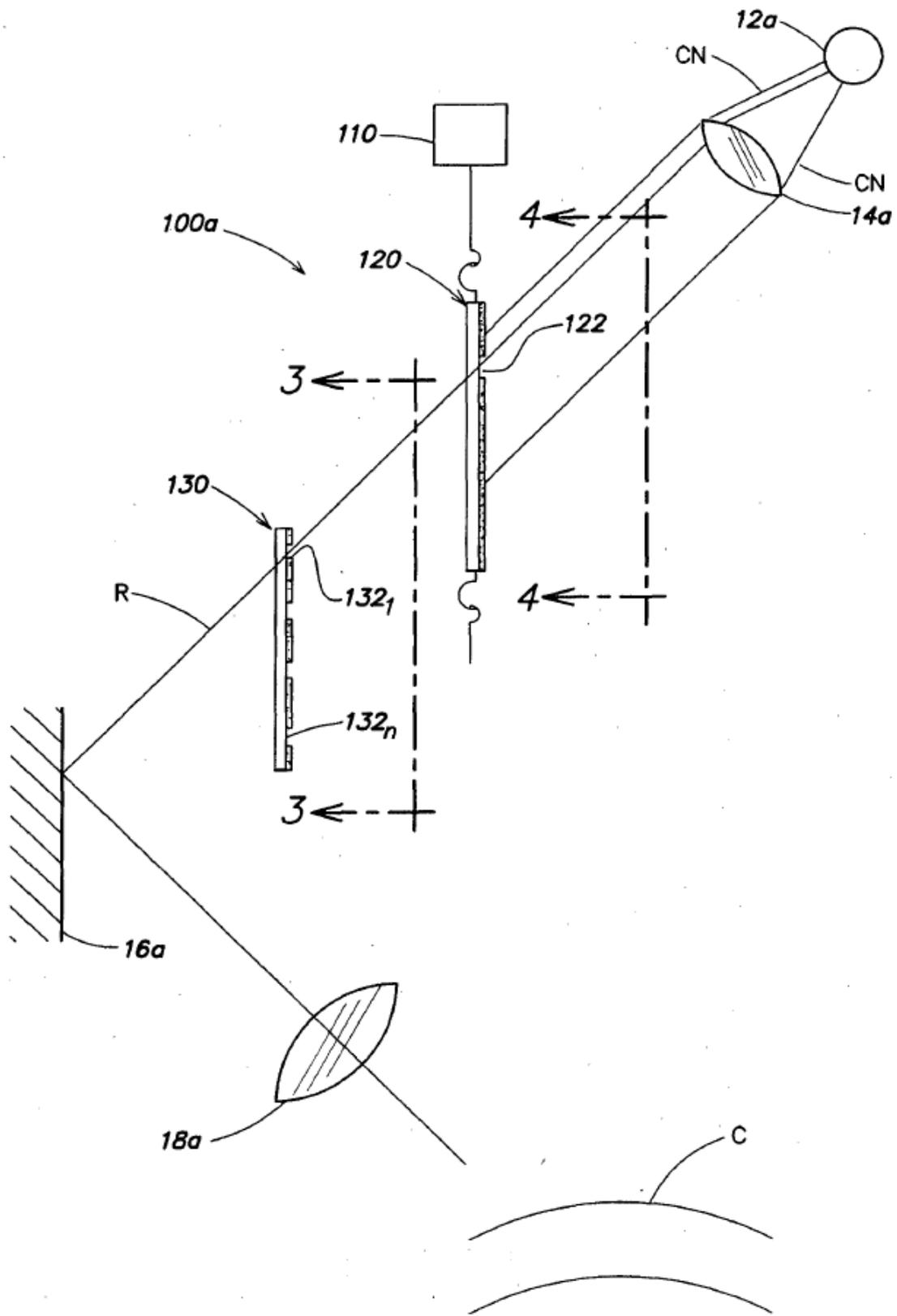


FIG. 2

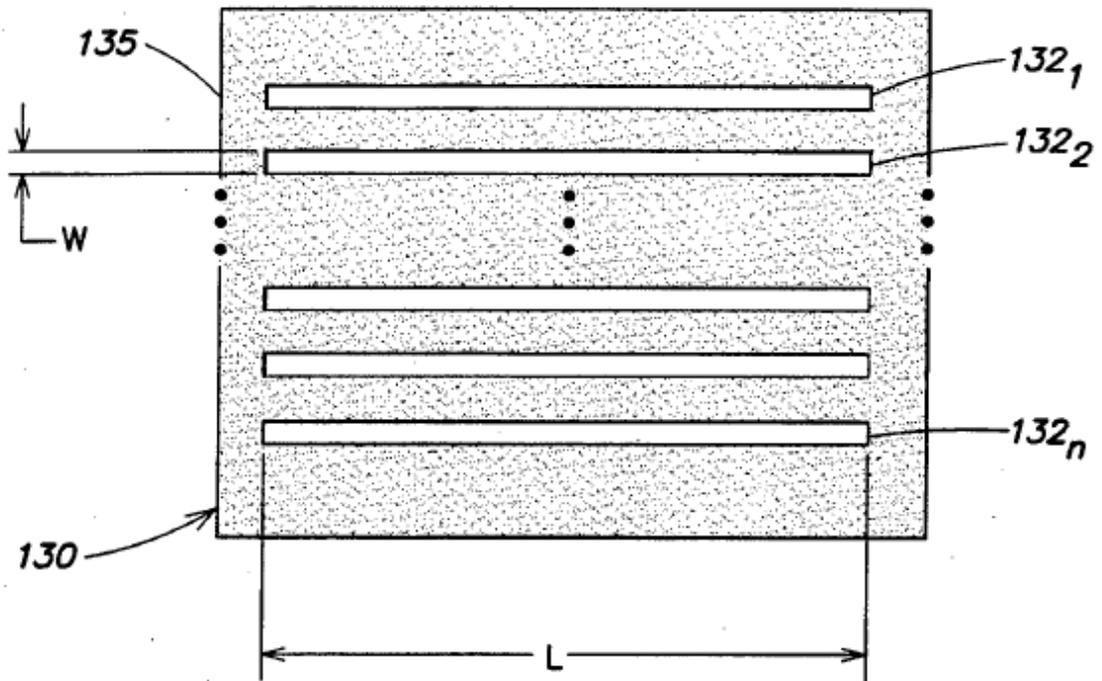


FIG. 3

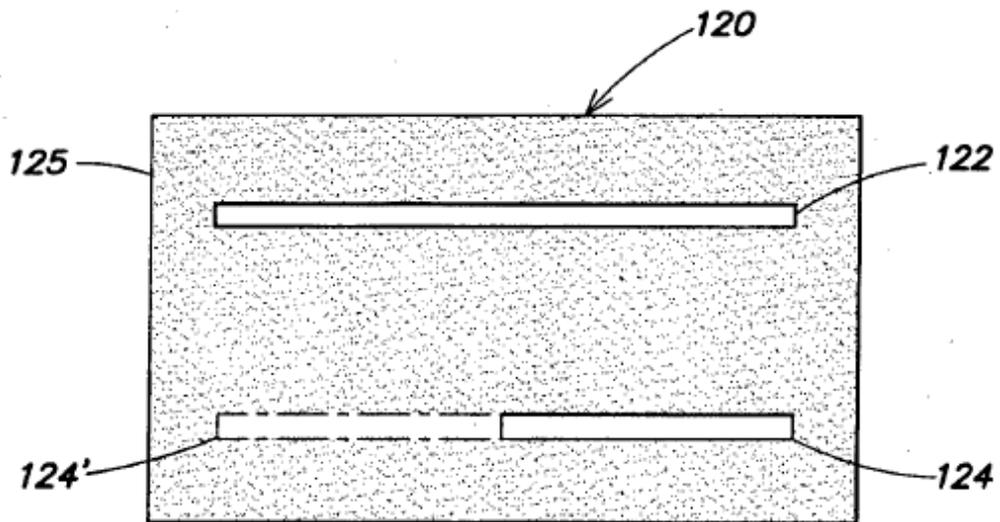


FIG. 4

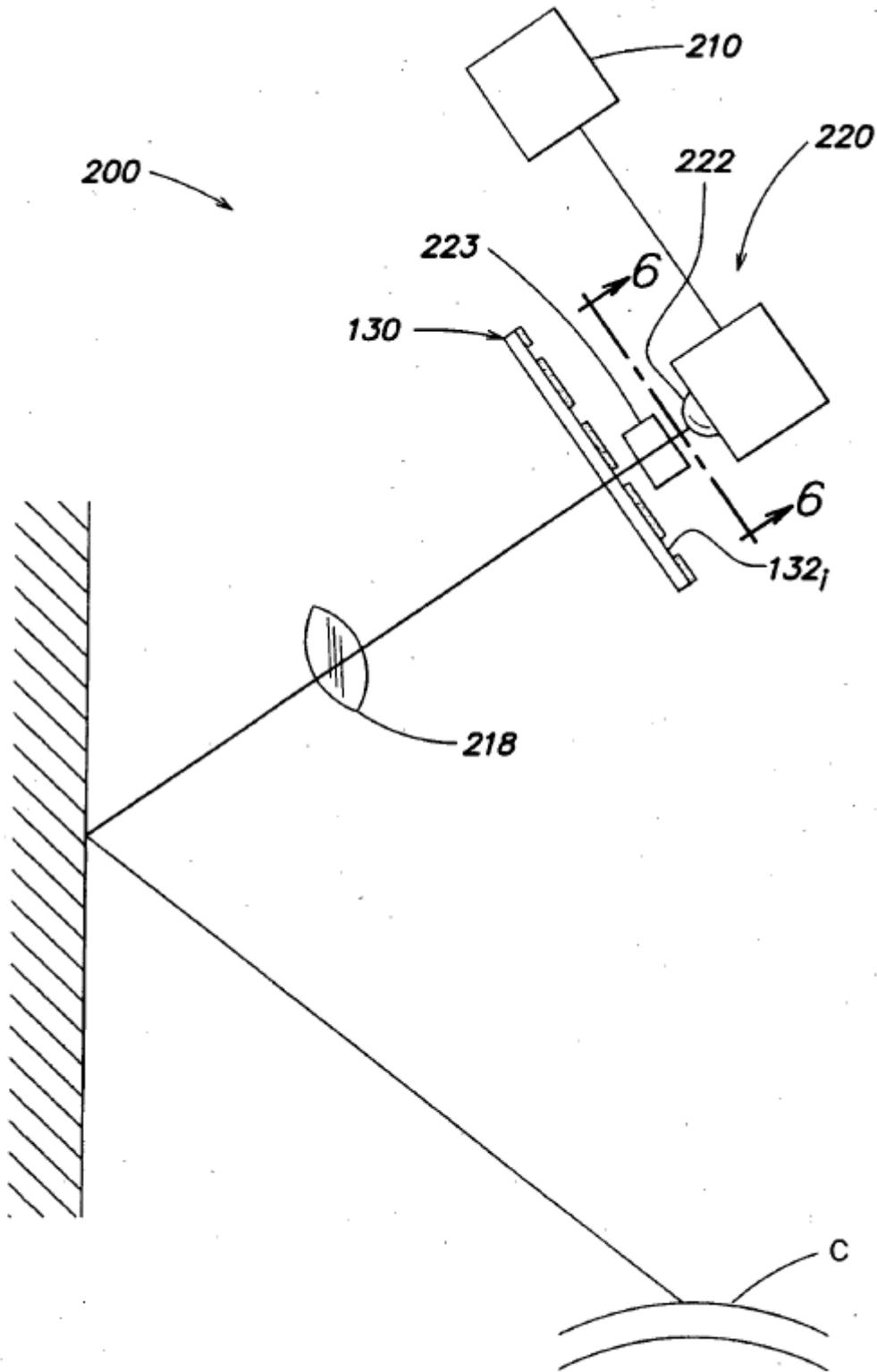
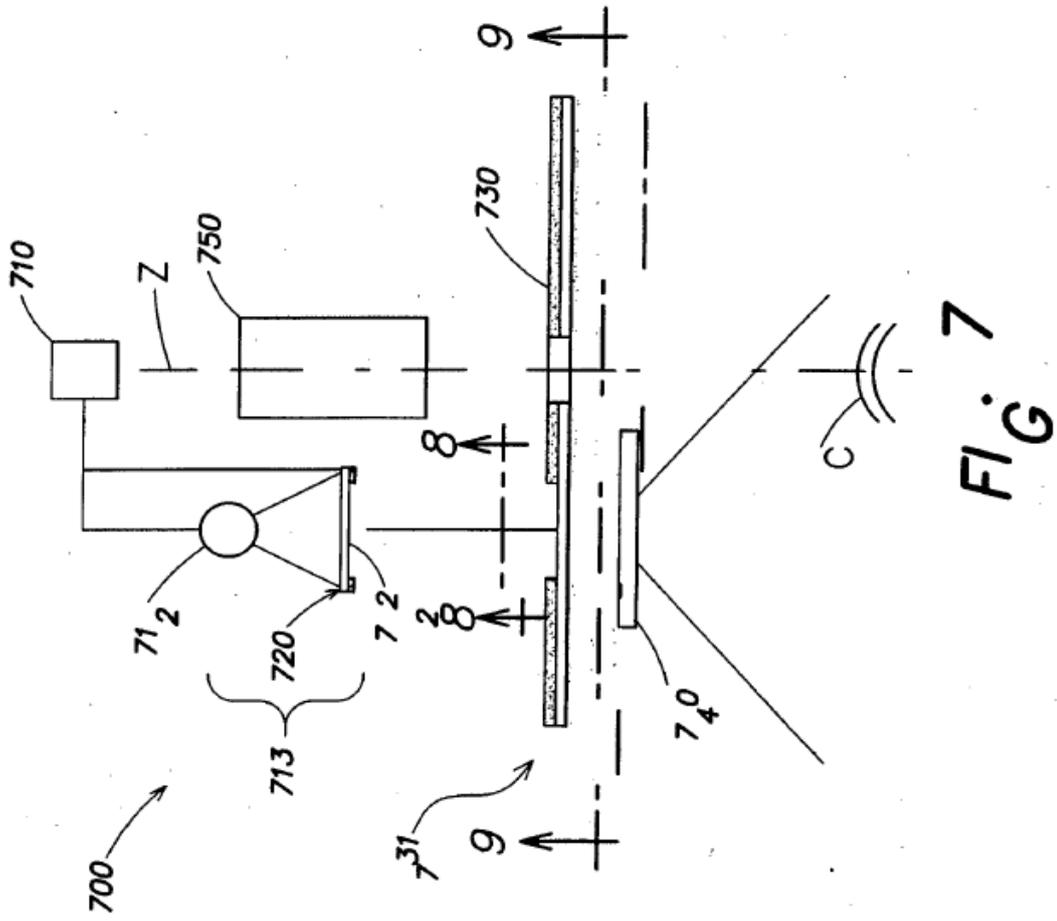


FIG. 5



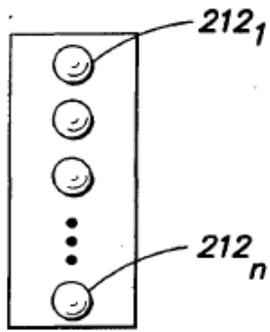


FIG. 6

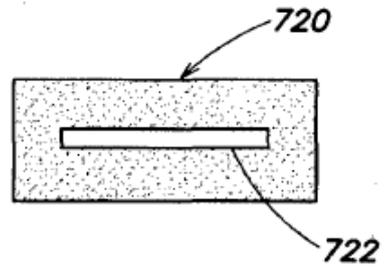


FIG. 8

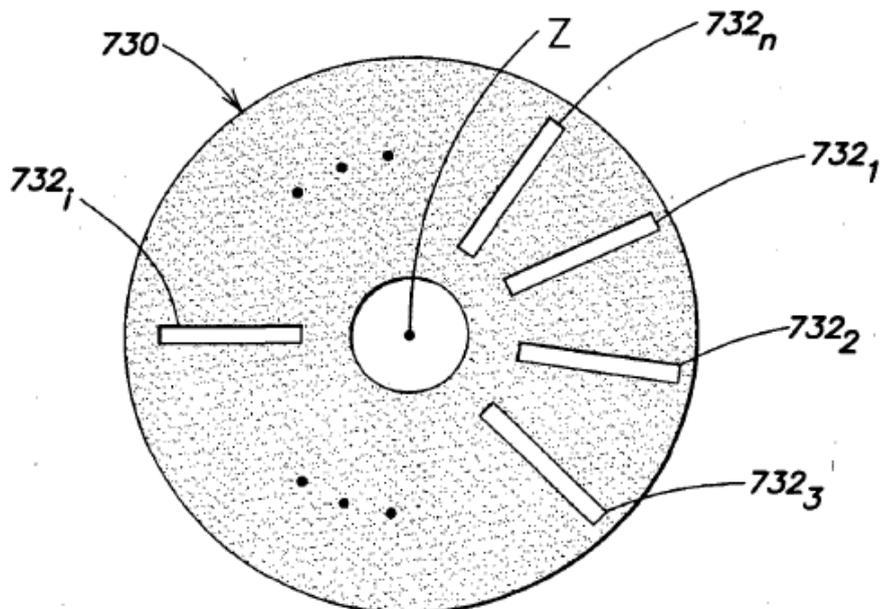


FIG. 9