

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 698**

51 Int. Cl.:

A61B 3/15 (2006.01)

A61B 3/103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2015 PCT/US2015/059529**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2016 WO16073887**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2015 E 15856408 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2022 EP 3214993**

54 Título: **Procedimientos y aparatos para tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental**

30 Prioridad:

07.11.2014 US 201462076804 P

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

20.05.2022

73 Titular/es:

**OHIO STATE INNOVATION FOUNDATION
(100.0%)
1524 North High Street
Columbus, OH 43201, US**

72 Inventor/es:

BAILEY, MELISSA D.

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 911 698 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

Procedimientos y aparatos para tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental

5 ANTECEDENTES

Hay muchos dispositivos existentes que se utilizan para detectar la calidad óptica del ojo u otros sistemas ópticos, incluidos: autorrefractores/refractómetros oftálmicos, aberrómetros, etc. Todos los dispositivos existentes funcionan utilizando una fuente de luz para iluminar el ojo. Muchos dispositivos, incluida la gran mayoría de los autorrefractores, utilizan una fuente de luz infrarroja, pero también se utilizan fuentes de luz visible. Cualquiera que haya usado una cámara estándar con flash sabrá que la luz del flash se reflejará en la retina durante la fotografía. Esta luz reflejada hará que la pupila aparezca roja en una fotografía de un ojo humano o verdosa en una fotografía de los ojos de muchos animales. La luz reflejada también tendrá un patrón particular que depende de las distorsiones ópticas del ojo. Muchos autorrefractores o aberrómetros existentes/anteriores se basan en este principio, es decir, proyectan una luz en el ojo y a continuación detectan el patrón de la luz reflejada después de que el ojo la distorsiona. Los dispositivos varían en la configuración o el tipo de fuente de luz o en cómo se detecta la luz reflejada (imágenes individuales, conjuntos de lentes, telescopio combinado con un conjunto de lentes, etc.). Sin embargo, en cada uno de esos casos, se ilumina el ojo con una luz y a continuación se determina la magnitud del error de refracción, y esto a menudo se basa en la pendiente de intensidad de la luz (más brillante en la parte superior o inferior de la pupila) que se refleja en la retina y vuelve a salir del ojo. El documento US 2006 0077581 A1 se refiere a sistemas ópticos de formación de imágenes, y más particularmente a un dispositivo, sistema y procedimiento de formación de imágenes oculares médicas multipropósito, tal como para formación de imágenes oculares. El documento US 5 632 282 A se refiere a dispositivos para detectar enfermedades oculares ópticas en el ojo humano, como las relacionadas con errores de refracción, opacidades de los ojos y alineación de los ejes visuales de los ojos, y en particular a un dispositivo portátil compacto del tipo indicado que desenfoca los ojos de un sujeto.

Por lo tanto, se desean procedimientos, aparatos y sistemas que mejoren la detección de una calidad óptica del ojo u otro sistema que superen los desafíos en la técnica, algunos de los cuales se han descrito anteriormente.

30 RESUMEN

En esta solicitud, se describen dispositivos y procedimientos para medir las distorsiones ópticas en el ojo mediante el control de la intensidad de un primer color de luz frente a la intensidad de un segundo color de luz dentro de la pupila de un sujeto en condiciones de iluminación ambiental, que es luz fácilmente disponible donde ningún emisor de luz brilla en el ojo. Por ejemplo, aunque puede haber lámparas y artefactos de iluminación en una habitación en la que se practican los dispositivos y procedimientos descritos en esta divulgación, estas fuentes o emisores de luz no se utilizan con el propósito de iluminar el ojo y la fuente de luz no se dirige al ojo. El sujeto puede ser un ser humano o un animal. Si bien la pupila puede parecer negra o muy oscura en una fotografía que no usa flash, los valores de los píxeles varían en magnitud según la potencia del ojo. En las imágenes que se obtienen para las realizaciones de esta invención, la información necesaria para medir las distorsiones ópticas del ojo está contenida dentro de los valores de píxel del primer y segundo color.

Los reflejos no pertinentes del cristalino y la superficie de la córnea están bloqueados; de lo contrario, estos reflejos oscurecerían la medición de la luz dentro de la pupila. Por ejemplo, la superficie más cercana al paciente del aparato que adquiere las imágenes puede ser mate y negra para que no cree reflejos en la córnea que oscurecerían la medición, o se puede utilizar un filtro polarizador.

Una vez obtenida esta imagen, se identifica la pupila y su borde. A continuación, se analiza la luz dentro de la pupila. No se proyecta luz en el ojo. La intensidad total de la pupila se usa en una fórmula que calcula el resultado de la autorrefracción y se requiere una intensidad mínima, pero las diferencias de intensidad en la pupila no se miden para la autorrefracción. La luz en un ojo con error de refracción esférico no tiene pendiente; es de intensidad uniforme dentro de la pupila. Incluso la diferencia entre los píxeles del primer color y el segundo color es uniforme a lo largo de la pupila para el error de refracción esférico (es decir, sin astigmatismo). Se mide la luz ambiental de la habitación que siempre se refleja en la retina. Se determina y compara una diferencia en la intensidad del primer color frente a los valores de los píxeles del segundo color; esta diferencia está relacionada con el error de refracción del ojo/prescripción de gafas. Por ejemplo, la diferencia entre los píxeles del primer color y del segundo color es un número mayor en hipermetropía (hipermétrope) y un número menor en miopía (miope). Además, la luz dentro de la pupila de los ojos con hipermetropía es algo más brillante que la de los ojos con miopía. En el caso del astigmatismo, la intensidad de los píxeles individuales a lo largo de la pupila tendrá una desviación estándar más alta que con la hipermetropía o la miopía solas. En la mayoría de los ojos, se sabe que el eje del astigmatismo es regular, lo que significa que los dos meridianos principales de energía están separados por 90 grados. En la presente descripción, la presencia de astigmatismo dentro de un sistema óptico provoca diferencias de intensidad dentro de la pupila. El meridiano más miope será más tenue y el meridiano más hipermétrope será más brillante.

En esta solicitud, se describe un procedimiento para tomar una determinación sobre un ojo. El procedimiento comprende detectar, utilizando un dispositivo informático, la luz ambiental reflejada desde un ojo de un sujeto desde una retina del ojo del sujeto; y tomar una determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Como se describe en esta solicitud, la luz reflejada se basa en la luz ambiental y no se requiere ningún emisor de luz adicional ni se dirige hacia el ojo para crear la luz reflejada. La determinación sobre el ojo se basa, al menos en parte, en un aspecto de la luz ambiental reflejada. Por ejemplo, el brillo general y la intensidad de uno o más colores de la luz ambiental reflejada pueden usarse para hacer la determinación sobre el ojo.

En un aspecto, la determinación realizada sobre el ojo comprende el error de refracción del ojo del sujeto basada al menos en parte a un aspecto de la luz ambiental reflejada.

Alternativa u opcionalmente, en referencia al procedimiento descrito anteriormente, detectar, usando el dispositivo informático, la luz ambiental reflejada por el ojo de un sujeto desde la retina del ojo del sujeto puede comprender además capturar, usando un dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo de un sujeto, donde la imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes del ojo del sujeto se manejan al capturar la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una intensidad total de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una primera intensidad de un primer color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una segunda intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; y comparar, mediante el dispositivo informático, una intensidad relativa del primer color y una intensidad relativa del segundo color, donde la comparación y la intensidad general se usan para hacer la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Tanto el primer como el segundo color pueden ser cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul.

En un aspecto, el procedimiento descrito anteriormente puede usarse para hacer determinaciones sobre el ojo que incluyen una medición de autorrefracción o fotorrefracción. Por ejemplo, capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo del sujeto puede comprender capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes a través de unas gafas o unas lentes de contacto mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y capturar una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes mientras el sujeto no usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y la primera imagen se compara con la segunda imagen y la determinación sobre el ojo del sujeto basada en el ambiente reflejado se basa en la comparación y comprende una prescripción estimada para las gafas o la lente de contacto.

Alternativa u opcionalmente, en referencia al procedimiento descrito anteriormente, cuando la primera intensidad del primer color es más brillante en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más brillante, la determinación sobre el ojo del sujeto basado en la luz ambiental reflejada comprende un valor positivo o hipermetropía. De manera similar, cuando la primera intensidad del primer color es más tenue en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más tenue, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía.

El procedimiento descrito anteriormente también se puede usar para hacer una determinación sobre el ojo, como el astigmatismo. Por ejemplo, el procedimiento puede comprender además hacer una primera determinación sobre el ojo del sujeto en función de la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; hacer una segunda determinación a partir de una segunda pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturada en la imagen, donde la segunda pluralidad de píxeles es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles; hacer una tercera determinación a partir de una tercera pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen, donde la tercera pluralidad de píxeles es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles y están separados de la segunda pluralidad de píxeles; y comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para hacer la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. La comparación de la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Como se indicó anteriormente, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede ser una presencia o una ausencia de astigmatismo. Además, cuando se detecta la presencia de astigmatismo, se puede determinar una cantidad de astigmatismo al comparar la intensidad general y la intensidad relativa del primer color o la intensidad relativa del segundo color de varias regiones de la pupila.

Como se indicó anteriormente, el procedimiento comprende la gestión de reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. Generalmente, esto comprende manejar los reflejos de una córnea o un cristalino del ojo del sujeto al capturar la imagen. Por ejemplo, manejar los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender colocar

un filtro polarizador sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes o entre el dispositivo de captura de imágenes y el ojo del sujeto. Alternativa u opcionalmente, el manejo de los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender el bloqueo de la luz que conduciría a reflejos de la superficie de la córnea del ojo o del cristalino del ojo. Por ejemplo, manejar los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender proporcionar una superficie que absorba la luz o evite los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. La superficie puede tener un acabado negro mate. En un aspecto, la superficie puede comprender una parte del dispositivo de captura de imágenes. Por ejemplo, la superficie puede comprender al menos una parte de una caja que alberga el dispositivo de captura de imágenes.

5
10 En referencia al procedimiento descrito anteriormente, el dispositivo de captura de imágenes puede comprender un teléfono inteligente u otro dispositivo informático móvil que tenga una cámara. Generalmente, el dispositivo de captura de imágenes puede capturar una imagen fija o un vídeo del ojo del sujeto.

15 El procedimiento descrito anteriormente se puede utilizar para hacer una determinación sobre el ojo de una persona que tiene una pupila más pequeña que la media. Por ejemplo, donde la pupila del sujeto tiene un diámetro de aproximadamente 2 mm o menos. Además, la pupila del sujeto puede ser una pupila natural o una pupila artificial. El ojo del sujeto puede ser el ojo izquierdo o el ojo derecho del sujeto, o el ojo izquierdo y el ojo derecho del sujeto. En un aspecto, el procedimiento puede comprender además detectar una intensidad para las condiciones de luz ambiental y proporcionar una indicación si las condiciones de luz ambiental son demasiado bajas para que el dispositivo de
20 captura de imágenes capture la imagen del ojo del sujeto.

También se describe en esta solicitud un procedimiento alternativo para tomar una determinación sobre un ojo. El procedimiento comprende capturar, usando un dispositivo de captura de imágenes, una imagen de un ojo de un sujeto, donde la imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde se manejan los reflejos no pertinentes de una córnea y una lente del ojo del sujeto al capturar la imagen; determinar, usando un dispositivo
25 informático, una intensidad total de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen, donde la pluralidad de píxeles comprende píxeles rojos, verdes y azules; determinar, usando el dispositivo informático, una intensidad roja promedio de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila capturada en la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una intensidad azul promedio de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen; y
30 determinar, mediante el dispositivo informático, utilizando la intensidad roja media, la intensidad azul media y la intensidad general determinada y la calidad óptica del ojo.

35 De manera similar a como se describió anteriormente, la calidad óptica determinada del ojo puede comprender una medición de autorrefracción o fotorrefracción de modo que el procedimiento pueda usarse para proporcionar una prescripción estimada para gafas o lentes de contacto. Además, el procedimiento puede usarse para determinar una calidad óptica del ojo tal como un valor positivo o hipermetropía, un valor negativo o miopía, la presencia o ausencia de astigmatismo y una cantidad de astigmatismo si se determina que está presente.

40 Otro aspecto de la divulgación es un aparato para realizar los procedimientos descritos anteriormente. En una realización, el aparato comprende un dispositivo de captura de imágenes; un recuerdo; y un procesador en comunicación con la memoria y el dispositivo de captura de imágenes, donde el procesador ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria que hacen que el procesador: capture, utilizando el dispositivo de
45 captura de imágenes, una imagen de un ojo de un sujeto, donde la imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes del ojo del sujeto se manejan al capturar la imagen; detectar, a partir de la imagen del ojo del sujeto, la luz ambiental reflejada desde el ojo de un sujeto desde una retina del ojo del sujeto; y tomar una determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada.

50 En un aspecto, la determinación realizada sobre el ojo comprende el error de refracción del ojo del sujeto basada al menos en parte en un aspecto de la luz ambiental reflejada.

Alternativa u opcionalmente, el aparato puede usarse para detectar la luz ambiental reflejada en un ojo del sujeto de una retina del ojo del sujeto al determinar una intensidad general de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila capturada en la imagen; determinar una primera intensidad de un primer color de
55 la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila del ojo del sujeto capturada en la imagen; determinar una segunda intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de la al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturada en la imagen; y comparar una intensidad relativa del primer color y una intensidad relativa del segundo color, donde la comparación y la intensidad general se usan para tomar la determinación acerca del ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Tanto el primer como el segundo color pueden ser cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul.

60 En un aspecto, el aparato descrito anteriormente puede usarse para realizar determinaciones sobre el ojo que incluyen una medición de autorrefracción o fotorrefracción. Por ejemplo, al capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo del sujeto, el procesador puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria para capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes a través de unas gafas o una lente de contacto sobre el ojo y capturar una

segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes mientras que el sujeto no está usando las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y la primera imagen se compara con la segunda imagen y la determinación sobre el ojo del sujeto basada en el ambiente reflejado se basa en la comparación y comprende una prescripción estimada para las gafas o la lente de contacto.

5 Alternativa u opcionalmente, el procesador del aparato puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador de manera tal que cuando la primera intensidad del primer color es más brillante en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más brillante, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor positivo o hipermetropía. De manera similar, cuando la primera
10 intensidad del primer color es más tenue en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más tenue, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía.

15 El aparato descrito anteriormente también se puede usar para tomar una determinación sobre el ojo, como el astigmatismo. Por ejemplo, el procesador del aparato puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador para tomar una primera determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; tomar una segunda determinación a partir de una segunda pluralidad de píxeles ubicados dentro de la al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturada en la imagen, donde la segunda pluralidad de píxeles es un subconjunto de la
20 primera pluralidad de píxeles; tomar una tercera determinación a partir de una tercera pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen, donde la tercera pluralidad de píxeles es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles y están separados de la segunda pluralidad de píxeles; y comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. La comparación de la primera determinación, la segunda
25 determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Como se indicó anteriormente, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede ser una presencia o una ausencia de astigmatismo. Además, cuando se detecta la presencia de astigmatismo, se puede determinar una cantidad de astigmatismo al comparar la intensidad general y la intensidad relativa del primer color o la intensidad relativa del segundo color de varias regiones de la pupila.

35 Como se indicó anteriormente, el aparato puede manejar reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. Generalmente, esto comprende manejar los reflejos de una córnea o un cristalino del ojo del sujeto al capturar la imagen. Por ejemplo, manejar los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender colocar un filtro polarizador sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes o entre el dispositivo de captura de imágenes y el ojo del sujeto. Alternativa u opcionalmente, el manejo de los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen
40 puede comprender el bloqueo de la luz que conduciría a reflejos de la superficie de la córnea del ojo o del cristalino del ojo. Por ejemplo, manejar los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender proporcionar una superficie que absorba la luz o evite los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. La superficie puede tener un acabado negro mate. En un aspecto, la superficie puede comprender una parte del dispositivo de captura de imágenes. Por ejemplo, la superficie puede comprender al menos una parte de una caja que alberga el dispositivo de
45 captura de imágenes.

En referencia al aparato anterior, el dispositivo de captura de imágenes puede comprender un teléfono inteligente u otro dispositivo informático móvil que tenga una cámara. Generalmente, el dispositivo de captura de imágenes puede capturar una imagen fija o un vídeo del ojo del sujeto.

50 El aparato descrito anteriormente se puede utilizar para tomar una determinación sobre el ojo de una persona que tiene una pupila más pequeña que la media. Por ejemplo, donde la pupila del sujeto tiene un diámetro de aproximadamente 2 mm o menos. Además, la pupila del sujeto puede ser una pupila natural o una pupila artificial. El ojo del sujeto puede ser el ojo izquierdo o el ojo derecho del sujeto, o el ojo izquierdo y el ojo derecho del sujeto. En un aspecto, el aparato puede comprender además comprender un medidor de luz para detectar una intensidad para las condiciones de luz ambiental y proporcionar una indicación si las condiciones de luz ambiental son demasiado bajas para que el dispositivo de captura de imágenes capture la imagen del ojo del sujeto.

60 Debería entenderse que el objeto descrito anteriormente también puede implementarse como un aparato controlado por ordenador, un procedimiento informático, un sistema informático, o un artículo de fabricación, tal como un medio de almacenamiento legible por ordenador.

Otros sistemas, procedimientos, características y/o ventajas serán o pueden llegar a ser evidentes para un experto en la técnica tras el examen de los siguientes dibujos y la descripción detallada. Se pretende que todos esos sistemas
65 adicionales, procedimientos, características y/o ventajas sean incluidos dentro de esta descripción y estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Los componentes en los dibujos no necesariamente son a escala entre sí. Los números de referencia similares designan partes correspondientes en las distintas vistas.

La Figura 1 ilustra un aparato de vista general ejemplar para hacer una determinación sobre el ojo de un sujeto en condiciones de iluminación ambiental;

10 La Figura 2A ilustra un ejemplo de un aparato para capturar una imagen del ojo y tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental;

La Figura 2B ilustra una imagen del ojo capturado por un aparato para capturar una imagen del ojo y tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental;

La Figura 2C ilustra un ejemplo de un aparato para capturar una imagen del ojo y tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental;

15 La Figura 2D ilustra una imagen de un ojo que se puede usar para tomar una determinación sobre el ojo, como el astigmatismo;

La Figura 2E ilustra un ejemplo de un aparato para capturar una imagen del ojo usando filtros polarizadores y tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental;

20 La Figura 2F ilustra un ejemplo de un aparato para capturar una imagen del ojo usando una superficie y tomar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental;

La Figura 3 ilustra un dispositivo informático ejemplar sobre el que se pueden implementar realizaciones de la invención.

La Figura 4 ilustra un procedimiento ejemplar para tomar una determinación sobre un ojo de un sujeto basada en la luz ambiental reflejada en el ojo; y

25 La Figura 5 ilustra un procedimiento ejemplar alternativo para tomar una determinación sobre un ojo de un sujeto basada en la luz ambiental reflejada en el ojo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en esta solicitud tienen el mismo significado que entendería comúnmente un experto en la técnica. Los procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en esta solicitud se pueden usar en la práctica o prueba de la presente descripción.

35 Como se usa en esta memoria descriptiva y las reivindicaciones anexas, las formas singulares de «una», «un» y «el/la» incluyen los referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Los intervalos se pueden expresar en esta solicitud como de «aproximadamente» un valor particular y/o hasta «aproximadamente» otro valor particular. Cuando se expresa tal intervalo, otra realización incluye desde un valor particular y/o hasta el otro valor particular. De forma similar, cuando los valores se expresan como aproximaciones, mediante el uso del antecedente «aproximadamente», se entenderá que el valor particular constituye otra realización. Se entenderá además que los valores extremos de cada uno de los intervalos son significativos en relación con el otro valor extremo, e independientemente del otro valor extremo.

40 «Opcional» u «opcionalmente» significan que el evento o circunstancia descritos a continuación puede producirse o no, y que la descripción incluye casos donde dicho evento o circunstancia ocurre y casos donde no.

45 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta memoria descriptiva, la palabra «comprenden» y variaciones de la palabra, por ejemplo «que comprende» y «comprende», significan «que incluye, de modo no taxativo», y no pretenden excluir, por ejemplo, otros aditivos, componentes, enteros o etapas. «Ejemplar» significa «un ejemplo de» y no pretende transmitir una indicación de una realización preferida o ideal. «Tales como» no se usa en un sentido restrictivo, sino con fines explicativos.

50 Se divulgan los componentes que se pueden usar para realizar los procedimientos y sistemas divulgados. En esta solicitud, se describen estos y otros componentes, y se entiende que cuando se divulgan combinaciones, subconjuntos, interacciones, grupos, etc. de estos componentes, si bien puede no divulgarse explícitamente una referencia específica de cada una de las numerosas combinaciones y permutaciones individuales y colectivas de estos, cada una está específicamente contemplada y descrita en esta solicitud, para todos los procedimientos y sistemas. Esto se aplica a todos los aspectos de esta solicitud que incluyen, de modo no taxativo, las etapas en los procedimientos divulgados. Por lo tanto, si hay una variedad de etapas adicionales que se pueden realizar, se entiende que cada una de estas etapas adicionales se puede realizar con cualquier realización específica o combinación de realizaciones de los procedimientos divulgados.

55 Los presentes procedimientos y sistemas se pueden entender más fácilmente por referencia a la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas y los ejemplos incluidos allí y a las figuras y su descripción anterior y siguiente.

65 La Figura 1 ilustra un aparato de vista general ejemplar para tomar una determinación sobre el ojo de un sujeto en condiciones de iluminación ambiental. Como se muestra en la Figura 1, una realización del aparato 100 comprende

un mecanismo de captura de imágenes 102. En un aspecto, el mecanismo de captura de imágenes 102 puede ser una cámara. El mecanismo de captura de imágenes 102 puede tomar imágenes fijas y/o de vídeo. Generalmente, el mecanismo de captura de imágenes 102 será una cámara digital, pero puede ser un dispositivo analógico equipado con o en comunicación con un convertidor analógico/digital apropiado. El mecanismo de captura de imágenes 102 también puede ser una cámara web, un escáner, una grabadora o cualquier otro dispositivo capaz de capturar una imagen fija o un vídeo.

En un aspecto, el mecanismo de captura de imágenes 102 está en comunicación directa con un dispositivo informático 110 a través de, por ejemplo, de una red (cableada (incluida la fibra óptica), inalámbrica o una combinación de cableada e inalámbrica) o un cable de conexión directa (por ejemplo, mediante una conexión de bus serie universal (USB), conexiones IEEE 1394 "Firewire" y similares). En otros aspectos, el mecanismo de captura de imágenes 102 se puede ubicar de forma remota desde el dispositivo informático 110, pero capaz de capturar una imagen y almacenarla en un dispositivo de memoria de modo que la imagen se pueda descargar o transferir al dispositivo informático 110 usando, por ejemplo, un dispositivo de memoria portátil y similares. En un aspecto, el dispositivo informático 110 y el mecanismo de captura de imágenes 102 pueden comprender o ser parte de un dispositivo como un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil o cualquier otro dispositivo informático móvil.

En una configuración básica, el dispositivo informático 110 puede estar compuesto por un procesador 104 y una memoria 108. El procesador 104 puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador que se almacenan en la memoria 108. Además, las imágenes capturadas por el dispositivo de captura de imágenes 102, ya sean imágenes fijas o vídeo, pueden almacenarse en la memoria 108 y procesarse mediante el procesador 104 usando instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108.

El procesador 104 está en comunicación con el dispositivo de captura de imágenes 102 y la memoria 108. El procesador 104 puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 para capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes 102, una imagen de un ojo 106 de un sujeto. No se requiere ninguna fuente de luz, aparte de la iluminación ambiental, para capturar la imagen. La imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y no requiere que se dirija una fuente de luz adicional al ojo 106. Mientras se captura la imagen del ojo 106, se manejan los reflejos no pertinentes del ojo 106 del sujeto.

El procesador 104 puede además ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 para detectar, desde la imagen del ojo 106 del sujeto, la luz ambiental reflejada fuera del ojo 106 del sujeto desde la retina del ojo 106 del sujeto y para tomar una determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada. Generalmente, el procesador 104 del aparato 100 ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 que hacen que el procesador 104 tome una determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada al menos en parte en un aspecto de la luz ambiental reflejada. Tales aspectos pueden incluir, por ejemplo, un brillo o intensidad general de la luz ambiental reflejada determinada en una pluralidad de píxeles de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes 102. Los aspectos también pueden incluir uno o más colores de la luz ambiental reflejada también como se determina a partir de la pluralidad de píxeles de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes 102. Por ejemplo, el procesador 104 que ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 puede hacer que el procesador 104 tome una determinación sobre el ojo 106 basada al menos en parte en el brillo general o la intensidad de los píxeles rojos, verdes y azules que componen la luz ambiental reflejada determinada a partir de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes. El brillo general se puede determinar, como ejemplo no limitativo, utilizando procedimientos y software desarrollados por Allan Hanbury (consulte, por ejemplo, «A 3D-Polar Coordinate Color Representation Well Adapted to Image Analysis», Hanbury, Allan; Vienna University of Technology, Viena, Austria, 2003). El procesador 104 también usa la intensidad relativa de rojo, verde o azul encontrada en la pluralidad de píxeles de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes 102 para tomar la determinación sobre el ojo 106. Por ejemplo, utilizando al menos en parte un aspecto de la luz ambiental reflejada determinada a partir de una imagen del ojo 106 capturada por el dispositivo de captura de imágenes 102, el procesador 104 que ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 puede tomar determinaciones sobre el ojo 106 que comprende un error de refracción para el ojo 106 del sujeto. En otras palabras, al usar al menos en parte un brillo o intensidad general de la luz ambiental reflejada determinada en una pluralidad de píxeles de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes 102 y la intensidad relativa de uno o más colores de la luz ambiental reflejada también determinada a partir de la pluralidad de píxeles de la imagen adquirida por el dispositivo de captura de imágenes 102, el procesador 104 que ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 puede tomar determinaciones sobre el ojo 106, incluido un error de refracción para el ojo 106 del sujeto.

Como se muestra en la figura 2A, el dispositivo de captura de imágenes 102 del aparato 100 captura una imagen (Figura 2B) 208 del ojo 106. El procesador 104 del aparato 100 puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 que hacen que el procesador 104 detecte, a partir de la imagen 208 del ojo, la luz ambiental 202 reflejada 204 en un ojo 106 del sujeto desde la retina 206 del ojo 106 del sujeto y determine la intensidad general de la pluralidad de píxeles (los píxeles ejemplares se muestran en la Figura 2B como una "x" blanca en la pupila 210 de la imagen 208 del ojo) dentro de la pupila 210 o una parte de la pupila 210; determine una intensidad de un primer color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de la pupila 210 o al menos una parte de una pupila 210 del ojo del sujeto capturado en la imagen 208; determine la intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles

ubicados dentro de la pupila 201 o al menos una parte de la pupila 210 del ojo del sujeto capturado en la imagen 208; y calcule el error de refracción o la prescripción de gafas según el análisis de regresión. El análisis de regresión incluye al menos uno de los siguientes elementos (1) la intensidad o el brillo general de los píxeles dentro de la pupila 210 o una parte de la pupila 210; y (2) la intensidad relativa de un primer color de uno o más píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila 210 del ojo del sujeto capturado en la imagen 208 en comparación con un segundo color de un segundo o más píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila 210 del ojo del sujeto capturado en la imagen 208. Opcionalmente, el análisis de regresión también puede incluir (3) el color del iris del sujeto capturado en la imagen 208; y (4) la intensidad general de la iluminación ambiental en el momento en que se captura la imagen con el dispositivo de captura de imágenes 100. De manera similar, cuando la intensidad del primer color es más brillante en relación con la intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más brillante, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía. Alternativamente, cuando la intensidad del primer color es más tenue en relación con la intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más tenue, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía.

Por ejemplo, el primer color puede comprender uno o cualquier combinación de rojo, verde y azul y el segundo color puede comprender uno o una combinación de rojo, verde y azul que no se usa como primer color.

Al realizar las etapas descritas anteriormente, el procesador 104 del aparato 100 puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 que hacen que el procesador 104 realice una medición de autorrefracción o fotorrefracción. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2C, el aparato 100 puede capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes 102, una imagen 208 del ojo 106 del sujeto usando solo condiciones de iluminación ambiental 202 a través de gafas o una lente de contacto (ambos mostrados como 212 en la Figura 2C) mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto 212 sobre el ojo 106. El dispositivo de captura de imágenes 102 del aparato 100 a continuación captura una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental 202 mientras el sujeto no está usando las gafas o la lente de contacto 212 sobre el ojo (véase, por ejemplo, la Figura 2A) y el procesador 104 ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 que hacen que el procesador 104 compare la primera imagen con la segunda imagen y la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada 204 se basa en la comparación y comprende una prescripción estimada de las gafas o la lente de contacto 212.

Con referencia ahora a la Figura 2D, en aún otro aspecto, el procesador 104 puede ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria 108 que hacen que el procesador 104 tome una primera determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles 220 ubicados dentro de la al menos una parte de la pupila 210 del ojo 106 del sujeto capturado en la imagen 208; tomar una segunda determinación de una pluralidad de píxeles 222 ubicados dentro de al menos una parte de la pupila 210 del ojo 106 del sujeto capturados en la imagen 208, donde la segunda pluralidad de píxeles 222 es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles 210; tomar una tercera determinación de una tercera pluralidad de píxeles 224 ubicados dentro de la al menos una parte de la pupila 210 del ojo 106 del sujeto capturado en la imagen 208, donde la tercera pluralidad de píxeles 224 son un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles 210 y están separados de la segunda pluralidad de píxeles 222; y comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Por ejemplo, la comparación de la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. La determinación tomada sobre el ojo 106 del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede ser la presencia o ausencia de astigmatismo. Una vez detectado, se puede determinar la cantidad de astigmatismo al comparar la intensidad general y la intensidad relativa del primer color o la intensidad relativa del segundo color de varias regiones de la pupila. Por ejemplo, la medición de uno o más de hipermetropía o miopía en las diversas regiones de la pupila usando el aparato 100, como se describe en esta solicitud, se puede usar para determinar la cantidad de astigmatismo presente en el ojo 106.

Considere el siguiente ejemplo, nuevamente con referencia a la Figura 2D. Si una determinación de los ojos usando los procedimientos y aparatos descritos en esta solicitud en la región central de la pupila (círculo blanco discontinuo completo) 220 para alguien con miopía (Ej: -2,00) y sin astigmatismo, también se obtendría un valor de -2,00 en las subregiones a 90 grados (cuadrado sólido) 222 y 0 grados (cuadrado discontinuo) 224. Si alguien tiene astigmatismo, se puede obtener un error de refracción de -2,00 si toda la región central de la pupila (círculo blanco discontinuo completo) 210 se analiza utilizando los procedimientos y aparatos descritos en esta solicitud, pero si la subregión que está a 90 grados (cuadrado sólido) 222 se analiza y se determina que tiene un error de refracción de -1,00 y la subregión a 0 grados (cuadrado discontinuo) 224 se analiza y se determina que tiene un error de refracción de -3,00, la desviación estándar sería mayor en el caso de astigmatismo donde las subregiones 222, 224 serían -1,00 y -3,00, respectivamente. Por lo tanto, una prescripción para lentes correctivos también debe ser de -1,00 y -3,00 en esas dos subregiones 222, 224, en lugar de un total de -2,00 para la región de la pupila central 220. Estos números también son solo ejemplos. Pueden ser positivos, negativos o ambos (uno de cada uno). Además, se pueden evaluar muchas

subregiones para tomar una determinación sobre el ojo. En este ejemplo, las dos subregiones están a 90 grados y 0 grados, pero podrían estar en cualquier ubicación a lo largo de la pupila 210.

5 Como se describe en esta solicitud, el aparato 100 o el dispositivo de captura de imágenes 102 pueden manejar reflejos no pertinentes de una córnea y una lente del ojo 106 del sujeto mientras capturan la imagen 208. Tales reflejos no pertinentes pueden afectar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. El manejo de los reflejos no pertinentes puede incluir, por ejemplo y como se muestra en la Figura 2E, el uso de un filtro polarizador 214, donde los reflejos no pertinentes 216 del ojo 106 se manejan al capturar la imagen 208 colocando el filtro polarizador 214 sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes 102 o entre el dispositivo de captura de imágenes 102 y el ojo 106 del sujeto al capturar la imagen 208.

15 En aún otro aspecto, como se muestra en la Figura 2F, el aparato 100 puede comprender además una superficie 218, donde los reflejos no pertinentes 216 del ojo 106 que se manejan al capturar la imagen 208 comprenden la superficie 218 que absorbe luz o evita los reflejos no pertinentes 216 del ojo 106 al capturar la imagen 208. Por ejemplo, cuando se adquiere la imagen 208, el aparato 100 que incluye el dispositivo de captura de imágenes 102 se puede colocar cerca del ojo 106 de modo que se minimicen los reflejos no pertinentes 216 y los que se produzcan sean absorbidos o evitados por la superficie 218. Por ejemplo, el aparato 100 que incluye el dispositivo de captura de imágenes 102 se puede colocar a aproximadamente 4 a 10 cm del ojo 106 al capturar la imagen 208, o el aparato 100 que incluye el dispositivo de captura de imágenes 102 se puede colocar a aproximadamente 8 a 9 cm del ojo 106 al capturar la imagen 208. La superficie 218 puede comprender, por ejemplo, una superficie que tenga un acabado negro mate para facilitar la absorción de la luz ambiental y evitar reflejos no pertinentes. La superficie 218 puede comprender una parte del dispositivo de captura de imágenes 102 o del aparato 100, incluida una caja que puede albergar al menos una parte del dispositivo de captura de imágenes 102 o del aparato 100. Por ejemplo, el dispositivo de captura de imágenes 102 puede comprender al menos una parte de un teléfono inteligente u otro dispositivo informático móvil que tenga una cámara y la superficie 218 puede ser al menos una parte de una caja que albergue el teléfono inteligente u otro dispositivo informático móvil que tenga una cámara.

25 Esta divulgación contempla un aparato que se puede usar para tomar determinaciones sobre el ojo 106 en ojos que tienen diámetros de pupila más pequeños que el promedio, como, por ejemplo, aproximadamente 2 mm o menos. Actualmente, esto es un desafío para muchos fotorrefradores que requieren evaluar la pendiente de la luz reflejada sobre un diámetro de pupila amplio, lo que hace que sea menos útil en habitaciones más iluminadas o en pacientes mayores que tienen pupilas más pequeñas. Además, las realizaciones del aparato descrito en esta solicitud pueden controlar la luz reflejada solo en la región central de la pupila en esta medición, lo que permite una medición precisa de la pupila más pequeña.

35 Además, las realizaciones del aparato descrito en esta solicitud pueden controlar la luz reflejada en una pupila natural o una pupila artificial. Se puede crear ópticamente una segunda pupila artificial para un ojo combinando lentes y aberturas, sin colocar nada dentro del ojo. Los científicos de la visión crean regularmente lo que se llama una visión Maxwelliana durante los experimentos donde quieren dar a todos los sujetos el mismo tamaño de pupila mediante la creación de una pupila artificial. Una pupila artificial podría crearse ópticamente o crearse físicamente al colocar una abertura frente al ojo.

45 Como alternativa u opcionalmente, el aparato 100 como se describe en esta solicitud se puede usar para tomar una determinación en relación con el ojo izquierdo o el ojo derecho del sujeto. De manera similar, se puede usar para tomar una determinación sobre el ojo izquierdo y el derecho del sujeto.

Aunque no se muestra en la Figura 1, el aparato 100 puede incluir opcionalmente un medidor de luz o cualquier otro mecanismo para medir los niveles de iluminación ambiental. El medidor de luz puede detectar una intensidad para las condiciones de luz ambiental y proporcionar una indicación si las condiciones de luz ambiental son demasiado bajas para que el aparato 100 capture una imagen del ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. En otro aspecto, el medidor de luz puede medir las condiciones de iluminación ambiental y tal medición puede usarse para ajustar la imagen o el cálculo del error de refracción usando el análisis de regresión correspondientemente.

55 Cuando las operaciones lógicas descritas en esta solicitud se implementan en software, el procedimiento puede ejecutarse en cualquier tipo de arquitectura o plataforma informática. Tal dispositivo informático 300 como se muestra en la Figura 3 puede ser el mismo que el dispositivo informático 110, descrito anteriormente, o usarse alternativamente para el dispositivo informático 110. Por ejemplo, con referencia a la Figura 3, se ilustra un dispositivo informático 300 ejemplar sobre el que se pueden implementar realizaciones de la invención. El dispositivo informático (300) puede ser opcionalmente un dispositivo informático móvil, como un ordenador portátil, una tableta, un teléfono móvil o similares. El dispositivo informático 300 puede incluir un bus u otro mecanismo de comunicación para comunicar información entre diversos componentes del dispositivo informático 300. En su configuración más básica, el dispositivo informático 300 generalmente incluye al menos una unidad de procesamiento 306 y una memoria de sistema 304. Dependiendo de la configuración exacta y el tipo de dispositivo informático, la memoria de sistema 304 puede ser volátil (como una memoria de acceso aleatorio (RAM)), no volátil (como una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, etc.) o alguna combinación de las dos. Esta configuración más básica se ilustra en la Figura 3 mediante la línea discontinua 302. La unidad de procesamiento 306 puede ser un procesador programable estándar que realiza operaciones

aritméticas y lógicas necesarias para el funcionamiento del dispositivo informático 300.

El dispositivo informático 300 puede tener características/funcionalidad adicionales. Por ejemplo, el dispositivo informático 300 puede incluir almacenamiento adicional tal como almacenamiento extraíble 308 y almacenamiento no extraíble 310 incluidos, de modo no taxativo, discos magnéticos u ópticos o cintas. El dispositivo informático 300 también puede contener una o más conexiones de red 316 que permiten que el dispositivo se comunique con otros dispositivos. El dispositivo informático 300 también puede tener uno o más dispositivos de entrada 314 tal como un teclado, ratón, pantalla táctil, etc. También se pueden incluir uno o más dispositivos de salida 312 tales como una pantalla, altavoces, impresora, etc. Los dispositivos adicionales pueden estar conectados al bus para facilitar la comunicación de datos entre los componentes del dispositivo informático 300. Todos estos dispositivos son bien conocidos en la técnica y no necesitan ser descritos detalladamente en esta solicitud.

La unidad de procesamiento 306 puede configurarse para ejecutar código de programa codificado en medios tangibles legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador se refieren a cualquier medio que sea capaz de proporcionar datos que hacen que el dispositivo informático (300) (es decir, una máquina) funcione de una manera particular. Se pueden utilizar diversos medios legibles por ordenador para proporcionar instrucciones a la unidad de procesamiento 306 para su ejecución. Las formas comunes de medios legibles por ordenador incluyen, por ejemplo, medios magnéticos, medios ópticos, medios físicos, chips o cartuchos de memoria o cualquier otro medio no transitorio desde el cual pueda leer un ordenador. Los medios legibles por ordenador ejemplares pueden incluir, de modo no taxativo, medios volátiles, medios no volátiles y medios de transmisión. Los medios volátiles y no volátiles pueden implementarse en cualquier procedimiento o tecnología para el almacenamiento de información tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos y las formas comunes se describen en detalle a continuación. Los medios de transmisión pueden incluir cables coaxiales, hilos de cobre y/o cables de fibra óptica, así como ondas acústicas o de luz, como las generadas durante la comunicación de datos por ondas de radio e infrarrojos. Ejemplos de medios de grabación tangibles legibles por ordenador incluyen, de modo no taxativo, un circuito integrado (por ejemplo, disposición de puertas programables desde el campo o 1C específico de aplicación), un disco duro, un disco óptico, un disco magneto-óptico, un disquete, una cinta magnética, un medio de almacenamiento holográfico, un dispositivo de estado sólido, RAM, ROM, memoria de solo lectura programable eléctricamente borrrable (EEPROM), memoria flash u otra tecnología de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético.

En una implementación ejemplar, la unidad de procesamiento 306 puede ejecutar código de programa almacenado en la memoria de sistema 304. Por ejemplo, el bus puede transportar datos a la memoria de sistema 304, desde la cual la unidad de procesamiento 306 recibe y ejecuta instrucciones. Los datos recibidos por la memoria de sistema 304 pueden almacenarse opcionalmente en el almacenamiento extraíble 308 o en el almacenamiento no extraíble 310 antes o después de la ejecución por la unidad de procesamiento 306.

El dispositivo informático 300 generalmente incluye una variedad de medios legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio disponible al que pueda acceder el dispositivo 300 e incluyen medios tanto volátiles como no volátiles, medios extraíbles y no extraíbles. Los medios de almacenamiento del ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier procedimiento o tecnología para el almacenamiento de información tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. La memoria de sistema 304, el almacenamiento extraíble 308 y el almacenamiento no extraíble 310 son todos ejemplos de medios de almacenamiento informáticos. Los medios de almacenamiento informáticos incluyen, pero no se limitan a, RAM, ROM, memoria de solo lectura programable eléctricamente borrrable (EEPROM), memoria flash u otra tecnología de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético o cualquier otro medio que se pueda utilizar para almacenar la información deseada y al que pueda acceder el dispositivo informático 300. Cualquiera de tales medios de almacenamiento informático puede formar parte del dispositivo informático 300.

Debería entenderse que las diversas técnicas descritas en esta solicitud pueden implementarse en conexión con un hardware o software, o, cuando sea apropiado, con una combinación de los mismos. Por lo tanto, los procedimientos y aparatos del objeto descrito actualmente o ciertos aspectos o partes del mismo, pueden adoptar la forma de código de programa (es decir, instrucciones) incorporado en medios tangibles, tales como disquetes, CD-ROM, discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento legible por máquina donde, cuando el código de programa es cargado en una máquina y ejecutado por esta, tal como un dispositivo informático, la máquina se convierte en un aparato para practicar el objeto descrito actualmente. En el caso de la ejecución de código de programa en ordenadores programables, el dispositivo informático generalmente incluye un procesador, un medio de almacenamiento legible por el procesador (incluyendo memoria volátil y no volátil y/o elementos de almacenamiento), al menos un dispositivo de entrada y al menos un dispositivo de salida. Uno o más programas pueden implementar o utilizar los procedimientos descritos en relación con el objeto descrito actualmente, por ejemplo, mediante el uso de una interfaz de programación de aplicaciones (API), controles reutilizables o similares. Tales programas pueden implementarse en un lenguaje de programación por procedimientos u orientado a objetos de alto nivel para la comunicación con un sistema informático. Sin embargo, el (los) programa(s) puede(n) implementarse en lenguaje ensamblador o de máquina, si se desea. En

todo caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado y puede combinarse con implementaciones de hardware.

5 Las técnicas para realizar una determinación sobre un ojo en condiciones de iluminación ambiental descritas en esta solicitud pueden implementarse opcionalmente con un dispositivo informático móvil, tal como un ordenador portátil, una tableta o un teléfono móvil. En consecuencia, el dispositivo informático móvil es extremadamente pequeño en comparación con los dispositivos convencionales y es muy portátil, lo que permite que el dispositivo informático móvil se utilice cuando sea necesario. Muchos dispositivos convencionales tienen una mentonera que requiere que los sujetos solo miren directamente hacia adelante durante estas pruebas. A diferencia de los dispositivos convencionales, 10 el dispositivo informático móvil se puede situar en cualquier posición con respecto a la cabeza del sujeto donde se puedan seguir viendo los ojos y puedan hacerse mediciones.

Debería apreciarse que las operaciones lógicas descritas en esta solicitud con respecto a las diversas figuras pueden implementarse (1) como una secuencia de actos o módulos de programa implementados por ordenador (es decir, software) que se ejecutan en un dispositivo informático, (2) como circuitos lógicos o módulos de circuitos de máquina interconectados (es decir, hardware) dentro del dispositivo informático y/o (3) una combinación de software y hardware del dispositivo informático. Por lo tanto, las operaciones lógicas analizadas en esta solicitud no se limitan a ninguna combinación específica de hardware y software. La implementación es una cuestión de elección que depende del rendimiento y otros requisitos del dispositivo informático. En consecuencia, las operaciones lógicas descritas en esta solicitud se denominan de diversas formas como operaciones, dispositivos estructurales, actos o módulos. Estas operaciones, dispositivos estructurales, actos y módulos pueden implementarse en software, en firmware, en lógica digital de propósito especial y en cualquier combinación de los mismos. También debería apreciarse que se pueden realizar más o menos operaciones que las mostradas en las figuras y descritas en esta solicitud. Estas operaciones también se pueden realizar en un orden diferente al descrito en esta solicitud.

25 La Figura 4 ilustra un procedimiento ejemplar para tomar una determinación sobre un ojo de un sujeto basada en la luz ambiental reflejada en el ojo. El procedimiento comprende la etapa 402, detectar, utilizando un dispositivo informático, la luz ambiental reflejada en un ojo de un sujeto desde una retina del ojo del sujeto; y la etapa 404, tomar una determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada.

30 Tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende tomar una determinación basada al menos en parte en un aspecto de la luz ambiental reflejada. Los aspectos pueden incluir tomar una determinación basada al menos en parte en un brillo general (luminiscencia) de una imagen del ojo y la intensidad de uno o más colores de la luz ambiental reflejada. Considérese un ejemplo no limitante en el que la determinación sobre el ojo del sujeto comprende el error de refracción y el error de refracción se determina mediante una fórmula desarrollada mediante análisis de regresión. La fórmula ejemplar considera el brillo general («LuminancePupil») de la pupila de la captura de imágenes usando solo luz ambiental y la intensidad del azul de uno o más píxeles de la pupila en la imagen («BluePixel»), la intensidad del rojo en uno o más píxeles de la pupila en la imagen («RedPixel»), y la intensidad del verde en uno o más píxeles de la pupila en la imagen («GreenPixel») mientras se controlan los niveles de luz ambiental («LuminanceAmbient»). La fórmula ejemplar comprende: Error de refracción = $-36,47 + (-638,37 * \text{RedPixel}) + (-1807,2 * \text{GreenPixel}) + (-333,64 * \text{BluePixel}) + (2156,5 * \text{LuminancePupil}) + (183,0 * \text{LuminanceAmbient}) + (890,2 * \text{GreenPixel} * \text{LuminanceAmbient}) + (-4895,0 * \text{RedPixel} * \text{RedPixel}) + (-8457,1 * \text{GreenPixel} * \text{GreenPixel}) + (-1711,4 * \text{BluePixel} * \text{BluePixel}) + (1592,8 * \text{LuminancePupil} * \text{LuminancePupil}) + (-178,7 * \text{LuminanceAmbient} * \text{LuminanceAmbient})$, y tiene un R^2 de aproximadamente 0,78 para ajustar la medición al error de refracción previsto del ojo. Debe apreciarse que este es solo un ejemplo de una fórmula para tomar una determinación sobre el ojo y se contemplan otras fórmulas dentro del alcance de esta divulgación.

En referencia nuevamente al procedimiento descrito en la Figura 4, detectar la luz ambiental reflejada por el ojo de un sujeto desde una retina del ojo del sujeto puede comprender además capturar, usando un dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo de un sujeto, donde la imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes del ojo del sujeto se gestionan al capturar la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una intensidad total de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una primera intensidad de un primer color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; determinar, usando el dispositivo informático, una segunda intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; y comparar, mediante el dispositivo informático, una intensidad relativa del primer color y una intensidad relativa del segundo color, donde la comparación y la intensidad general se usan para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Por ejemplo, cuando la intensidad del primer color es más brillante en relación con la intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más brillante, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía. Por el contrario, cuando la intensidad del primer color es más tenue en relación con la intensidad del segundo color y una intensidad general es relativamente más tenue, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía. El primer color puede comprender cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul y el segundo color puede comprender cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul.

En el procedimiento de la figura 4, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender alternativa u opcionalmente una medición de autorrefracción o fotorrefracción. Capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo del sujeto puede comprender capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes a través de unas gafas o una lente de contacto mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y capturar una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes mientras el sujeto no usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y los aspectos de la luz ambiental reflejada en la primera imagen pueden compararse con los aspectos de la luz ambiental reflejada en la segunda imagen y la determinación sobre el ojo del sujeto en la comparación y comprenden una prescripción estimada de las gafas o la lente de contacto.

El procedimiento mostrado en la Figura 4 puede comprender además hacer una primera determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen; tomar una segunda determinación a partir de una segunda pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de la pupila del ojo del sujeto capturada en la imagen, donde la segunda pluralidad de píxeles es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles; tomar una tercera determinación a partir de una tercera pluralidad de píxeles ubicados dentro de la parte de la pupila del ojo del sujeto capturado en la imagen, donde la tercera pluralidad de píxeles es un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles y están separados de la segunda pluralidad de píxeles; y comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. La comparación de la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada. Por ejemplo, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede ser la presencia o la ausencia de astigmatismo. Cuando se detecta la presencia de astigmatismo, se puede determinar una cantidad de astigmatismo al comparar la intensidad general y la intensidad relativa del primer color o la intensidad relativa del segundo color de varias regiones de la pupila. Tales mediciones de varias regiones de la pupila pueden comprender medir uno o más de hipermetropía o miopía en las diversas regiones de la pupila.

Como se indicó anteriormente, el procedimiento de la Figura 4 puede incluir el manejo de reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen, lo que puede comprender manejar los reflejos de una córnea o una lente del ojo del sujeto al capturar la imagen. Por ejemplo, se puede colocar un filtro polarizador sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes o entre el dispositivo de captura de imágenes y el ojo del sujeto. El manejo de los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender además el bloqueo de la luz que conduciría a reflejos de una superficie de la córnea del ojo o un cristalino del ojo. Por ejemplo, se puede proporcionar una superficie que absorba la luz o evite los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. En un aspecto, la superficie puede tener un acabado negro mate. En varios aspectos, la superficie puede comprender una parte del dispositivo de captura de imágenes o al menos una parte de una caja que alberga el dispositivo de captura de imágenes.

La Figura 5 ilustra un procedimiento ejemplar alternativo para tomar una determinación sobre un ojo de un sujeto basada en la luz ambiental reflejada en el ojo. El procedimiento comprende la etapa 502, capturar, usando un dispositivo de captura de imágenes, una imagen de un ojo de un sujeto, donde dicha imagen se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes de una córnea y una lente del ojo del sujeto se manejan al capturar la imagen. En la etapa 504, se puede determinar una intensidad roja promedio a partir de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen. En la etapa 506, se puede determinar una intensidad azul promedio a partir de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen. En el paso 508, se determina una intensidad general de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila capturada en la imagen; y, en la etapa 510, comparar la intensidad roja promedio y la intensidad azul promedio, donde la comparación y la intensidad total determinada se usan para determinar una calidad óptica del ojo.

En el procedimiento de la Figura 5, la determinación sobre el ojo del sujeto basada en la luz ambiental reflejada puede comprender alternativa u opcionalmente una medición de autorrefracción o fotorrefracción. Capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes, una imagen del ojo del sujeto puede comprender capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes a través de unas gafas o una lente de contacto mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y capturar una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes mientras el sujeto no usa las gafas o la lente de contacto sobre el ojo y los aspectos de la luz ambiental reflejada en la primera imagen pueden compararse con los aspectos de la luz ambiental reflejada en la segunda imagen y la determinación sobre el ojo del sujeto basada en el ambiente reflejado se basa en la comparación y comprende una prescripción estimada de las gafas o la lente de contacto.

El procedimiento mostrado en la Figura 5 puede comprender además la determinación de una presencia o una ausencia de astigmatismo. Si se indica la presencia de astigmatismo, se puede determinar la cantidad de astigmatismo

comparando las mediciones de calidad óptica de varias regiones de la pupila. Tales mediciones de calidad óptica de varias regiones de la pupila pueden comprender medir uno o más de hipermetropía o miopía en las diversas regiones de la pupila.

- 5 Como se indicó anteriormente, el procedimiento de la Figura 5 puede incluir el manejo de reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen, lo que puede comprender manejar los reflejos de una córnea o una lente del ojo del sujeto al capturar la imagen. Por ejemplo, se puede colocar un filtro polarizador sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes o entre el dispositivo de captura de imágenes y el ojo del sujeto. El manejo de los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen puede comprender además el bloqueo de la luz que conduciría a reflejos de una superficie de la córnea del ojo o un cristalino del ojo. Por ejemplo, se puede proporcionar una superficie que absorba la luz o evite los reflejos no pertinentes del ojo al capturar la imagen. En un aspecto, la superficie puede tener un acabado negro mate. En varios aspectos, la superficie puede comprender una parte del dispositivo de captura de imágenes o al menos una parte de una caja que alberga el dispositivo de captura de imágenes.
- 10
- 15 Como se usa en esta solicitud, al menos uno de los ojos del sujeto puede ser el ojo izquierdo o el ojo derecho del sujeto. Alternativamente, al menos uno de los ojos del sujeto puede ser el ojo izquierdo o el ojo derecho del sujeto. Esta descripción contempla que las calidades ópticas basadas en el ojo izquierdo y el ojo derecho del sujeto pueden ser iguales o diferentes.
- 20 Si bien el objeto se ha descrito mediante un lenguaje específico de las características estructurales y/o los actos metodológicos, se debe comprender que el objeto definido en las reivindicaciones adjuntas no está limitado necesariamente a las características o los actos específicos descritos anteriormente. Por el contrario, los elementos y actos específicos descritos anteriormente se describen como ejemplos de formas de implementación de las reivindicaciones.

25

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:

5 detectar, utilizando un dispositivo informático (110, 300), la luz ambiental (202) reflejada (204) en un ojo (106) de un sujeto desde una retina (206) del ojo (106) del sujeto; y
 tomar una determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada, donde tomar una determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende tomar una determinación basada al menos en parte en un brillo y uno o más colores de la luz ambiental reflejada y donde
 10 detectar, usando el dispositivo informático (110, 300), la luz ambiental (202) reflejada (204) de un ojo (106) de un sujeto de una retina (206) del ojo (106) del sujeto comprende además:
 capturar, usando un dispositivo de captura de imágenes (102), una imagen (208) del ojo (106) de un sujeto, donde dicha imagen (208) se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) del sujeto se manejan al capturar la imagen (208), siendo los reflejos no pertinentes
 15 reflejos de una córnea o un cristalino del ojo no pertinentes para capturar la imagen;
 determinar, usando el dispositivo informático (110, 300), una intensidad total de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila (210) capturada en la imagen (208);
 determinar, usando el dispositivo informático (110, 300), una primera intensidad de un primer color de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturada
 20 en la imagen (208);
 determinar, usando el dispositivo informático (110, 300), una segunda intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturada en la imagen (208); y
 comparar, mediante el dispositivo informático (110, 300), una intensidad relativa del primer color y una intensidad
 25 relativa del segundo color, donde dicha comparación y dicha intensidad general se utilizan para tomar la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el primer color comprende cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul y el segundo color comprende cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, donde la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende una medición de autorrefracción o fotorrefracción o un error de refracción para el ojo (106).

4. El procedimiento de la reivindicación 2 o 3, donde capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes (102), una imagen (208) del ojo (106) del sujeto comprende capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes (102) a través de unas gafas o una lente de contacto (212) mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto (212) sobre el ojo (106) y captura una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes (102) mientras el sujeto no usa las gafas o la lente de contacto (212) sobre el ojo (106) y la primera imagen se compara con la segunda imagen.

5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, donde la primera intensidad del primer color es más brillante en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más brillante, y la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor positivo o hipermetropía, o
 45 donde la primera intensidad del primer color es más tenue en relación con la segunda intensidad del segundo color y la intensidad general es relativamente más tenue, y la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía.

6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, donde el procedimiento comprende además:

tomar una primera determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles (210) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208);

tomar una segunda determinación a partir de una segunda pluralidad de píxeles (222) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208), donde la segunda pluralidad de píxeles (222) son un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles (210);

tomar una tercera determinación a partir de una tercera pluralidad de píxeles (224) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208), donde la segunda pluralidad de píxeles (224) son un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles (210) y están separados de la segunda pluralidad de píxeles (222);

comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada,

donde la comparación de la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación

estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada.

5 7. El procedimiento de cualquier reivindicación 2 a 6, donde manejar los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) al capturar la imagen (208) comprende

10 - manejar los reflejos de una córnea o una lente del ojo (106) del sujeto al capturar la imagen (208); y/o
 - colocar un filtro polarizador (214) sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes (102) o entre el dispositivo de captura de imágenes (102) y el ojo (106) del sujeto, o donde manejar los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) al capturar la imagen (208) comprende bloquear la luz que daría lugar a reflejos de una superficie corneal del ojo (106) o una lente del ojo (106), o donde manejar reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) al capturar la imagen (208) comprende proporcionar una superficie que absorbe la luz o evita los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) al capturar la imagen (208).

15 8. El procedimiento de cualquier reivindicación 2 a 7, donde la pupila del sujeto (210) tiene un diámetro de aproximadamente 2 mm o menos y/o donde la pupila del sujeto (210) es una pupila natural o la pupila del sujeto (210) es una pupila artificial.

20 9. Un aparato (100) compuesto por:

un dispositivo de captura de imágenes (102);
 una memoria (108); y
 un procesador (104) en comunicación con la memoria (108) y el dispositivo de captura de imágenes (102), donde
 25 el procesador (104) está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104)
 capture, usando el dispositivo de captura de imágenes (102), una imagen (208) de un ojo (106) de un sujeto, donde dicha imagen (208) se captura usando solo condiciones de iluminación ambiental y donde los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) del sujeto se manejan al capturar la imagen (208), siendo los reflejos no pertinentes
 30 reflejos de una córnea o un cristalino del ojo no pertinentes para capturar la imagen;
 detectar, de la imagen (208) del ojo (106) del sujeto, la luz ambiental (202) reflejada (204) en un ojo (106) de un sujeto desde una retina (206) del ojo (106) del sujeto; y
 tomar una determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada,
 donde el procesador (104) configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la
 35 memoria (108) que hacen que el procesador (104) tome la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada comprende
 el procesador (104) que está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) tome la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada al menos en parte en un brillo y uno o más colores de la luz ambiental reflejada y donde el procesador (104) está
 40 configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) detecte la luz ambiental (202) reflejada (204) en un ojo (106) de un sujeto de una retina (206) del ojo (106) del sujeto comprende además el procesador (104) que está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104)

45 determine una intensidad total de luz de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila (210) capturada en la imagen (208);
 determine una primera intensidad de un primer color de una pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos una parte de una pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208);
 determine una segunda intensidad de un segundo color de la pluralidad de píxeles ubicados dentro de al menos
 50 una parte de una pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208); y
 determine utilizando una intensidad relativa del primer color y una intensidad relativa del segundo color y la intensidad general la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada.

55 10. El aparato (100) de la reivindicación 9, donde el primer color comprende cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul y el segundo color comprende cualquiera o cualquier combinación de rojo, verde y azul.

11. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 9 y 10, donde el procesador (104) está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) tome una determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada, comprende que
 60 el procesador (104) se configure para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) determine un error de refracción para el ojo (106) del sujeto basada al menos en parte en un brillo y uno o más colores de la luz ambiental reflejada; y/o
 el procesador (104) está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) realice una medición de autorrefracción o fotorrefracción, o
 65 un error de refracción para el ojo (106) del sujeto.

12. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde capturar, usando el dispositivo de captura de imágenes (102), una imagen (208) del ojo (106) del sujeto comprende capturar una primera imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes (102) a través de unas gafas o una lente de contacto (212) mientras el sujeto usa las gafas o la lente de contacto (212) sobre el ojo (106) y capturar una segunda imagen usando solo condiciones de iluminación ambiental con el dispositivo de captura de imágenes (102) mientras el sujeto no usa las gafas o la lente de contacto (212) sobre el ojo (106) y el procesador (104) ejecuta instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) compare la primera imagen con la segunda imagen y la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada se basa en la comparación y comprende una prescripción estimada para las gafas o la lente de contacto (212); y/o

donde la primera intensidad es más brillante en relación con la segunda intensidad y la intensidad general es relativamente más brillante, y la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor positivo o hipermetropía, y/o
 donde la primera intensidad es más tenue en relación con la segunda intensidad y la intensidad general es relativamente más tenue, y la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada comprende un valor negativo o miopía.

13. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde el procesador (104) configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) tome la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada, comprende que el procesador (104) se configure para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104):

tome una primera determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada desde una primera pluralidad de píxeles (210) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208);
 tome una segunda determinación a partir de una segunda pluralidad de píxeles (222) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208), donde la segunda pluralidad de píxeles (222) son un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles (210);
 tome una tercera determinación a partir de una tercera pluralidad de píxeles (224) ubicados dentro de al menos una parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto capturado en la imagen (208), donde la tercera pluralidad de píxeles (224) son un subconjunto de la primera pluralidad de píxeles (210) y están separados de la segunda pluralidad de píxeles (222); comparar la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada, donde el procesador (104) que está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) tome una determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada detectada comprende el procesador (104) que está configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en la memoria (108) que hacen que el procesador (104) compare la primera determinación, la segunda determinación y la tercera determinación para tomar la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada que comprende uno o más de determinar una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, una desviación estándar de la primera determinación a la segunda determinación, o una desviación estándar de la segunda determinación a la tercera determinación, donde la desviación estándar determinada indica la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada

14. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, donde la determinación sobre el ojo (106) del sujeto basada en la luz ambiental reflejada es la presencia o ausencia de astigmatismo, donde se detecta la presencia de astigmatismo y se determina una cantidad de astigmatismo comparando la intensidad general y la intensidad relativa del primer color o la intensidad relativa del segundo color de varias regiones de la pupila (210); y/o

donde la cantidad de astigmatismo se determina midiendo uno o más de hipermetropía o miopía en las diversas regiones de la pupila (210), y/o
 el aparato comprende además (100) un filtro polarizador, donde los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) se manejan al capturar la imagen (208) al colocar el filtro polarizador sobre una lente del dispositivo de captura de imágenes (102) o entre el dispositivo de captura de imágenes (102) y el ojo (106) del sujeto al capturar la imagen (208); y/o
 el aparato (100) que comprende además una superficie, donde los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) se manejan al capturar la imagen (208), comprende la superficie que absorbe luz o previene los reflejos no pertinentes (216) del ojo (106) al capturar la imagen (208); y/o
 donde la parte de la pupila (210) del ojo (106) del sujeto comprende una pupila (210) que tiene un diámetro de aproximadamente 2 mm o menos; y/o
 donde la pupila del sujeto (210) es una pupila natural, o donde la pupila del sujeto (210) es una pupila artificial.

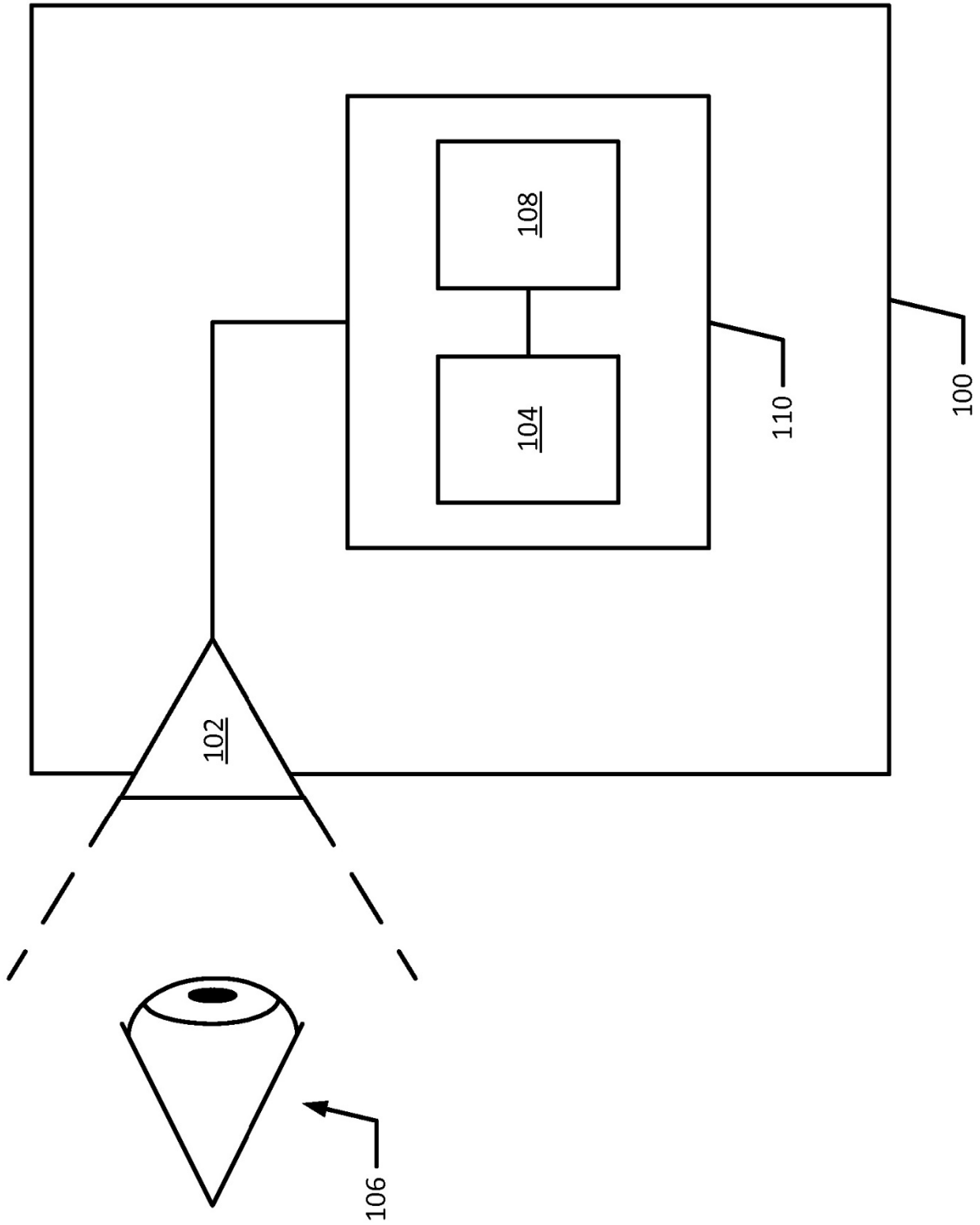


FIG. 1

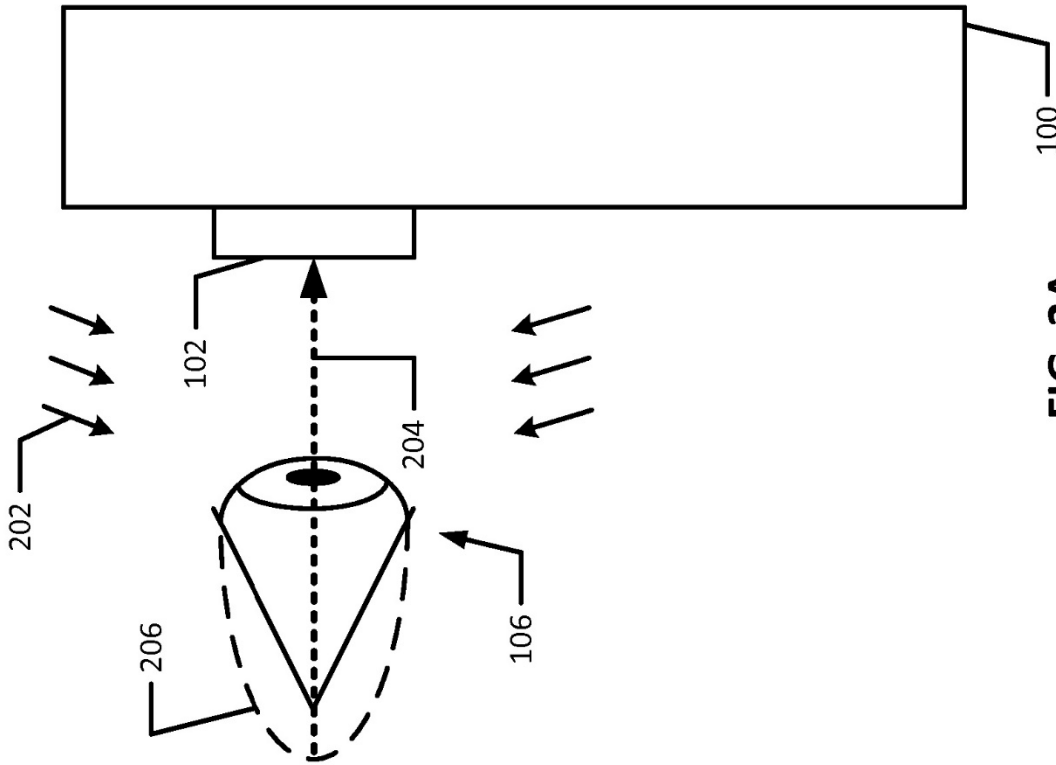


FIG. 2A

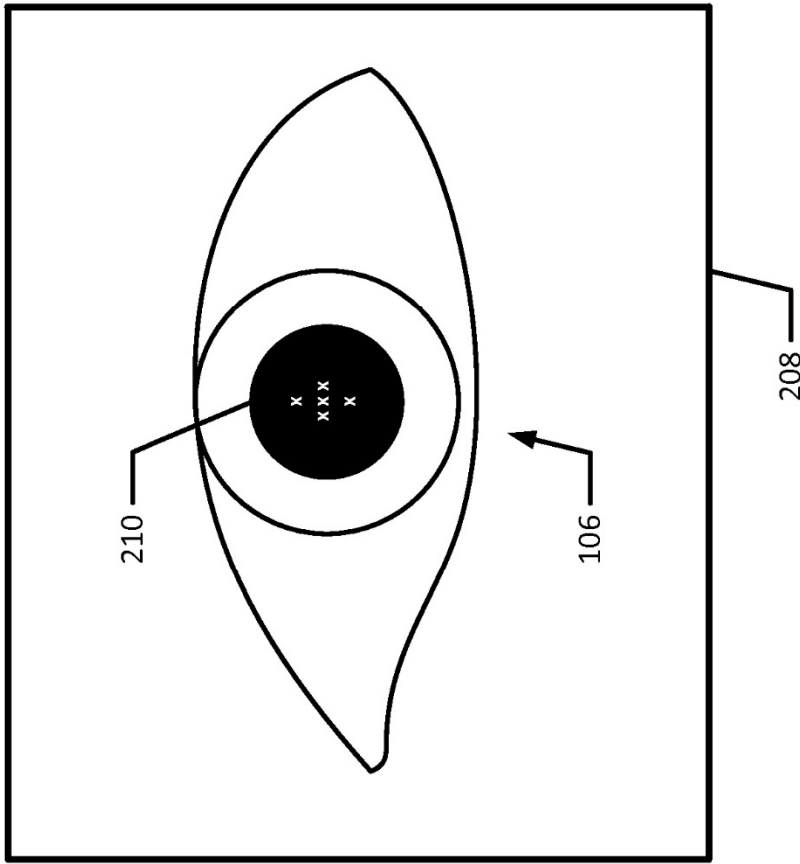


FIG. 2B

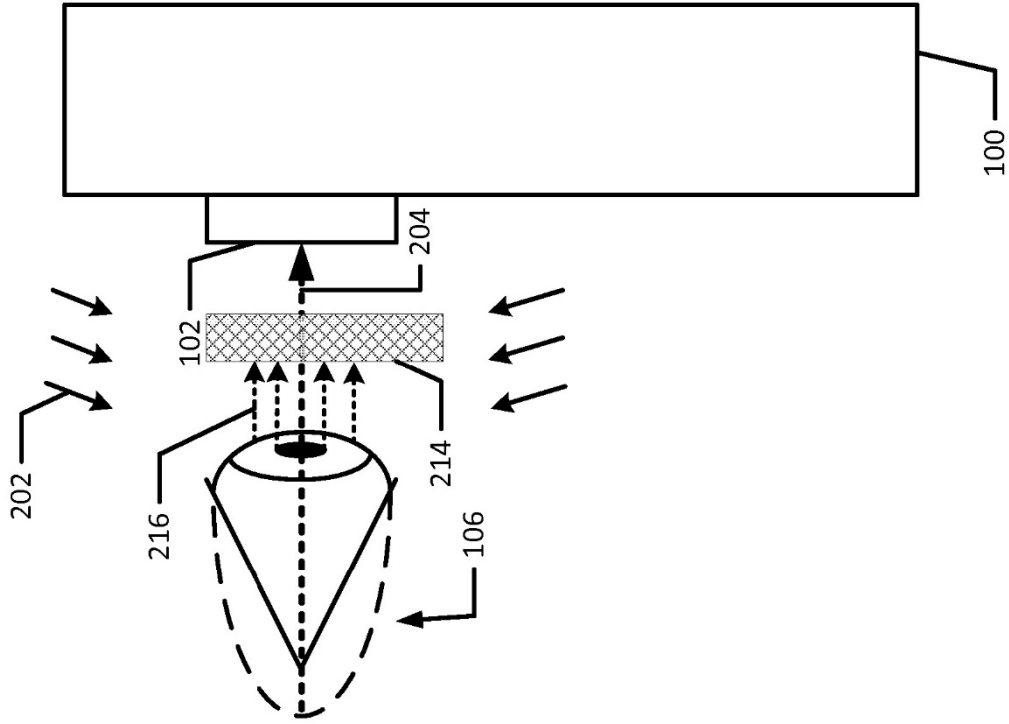


FIG. 2E

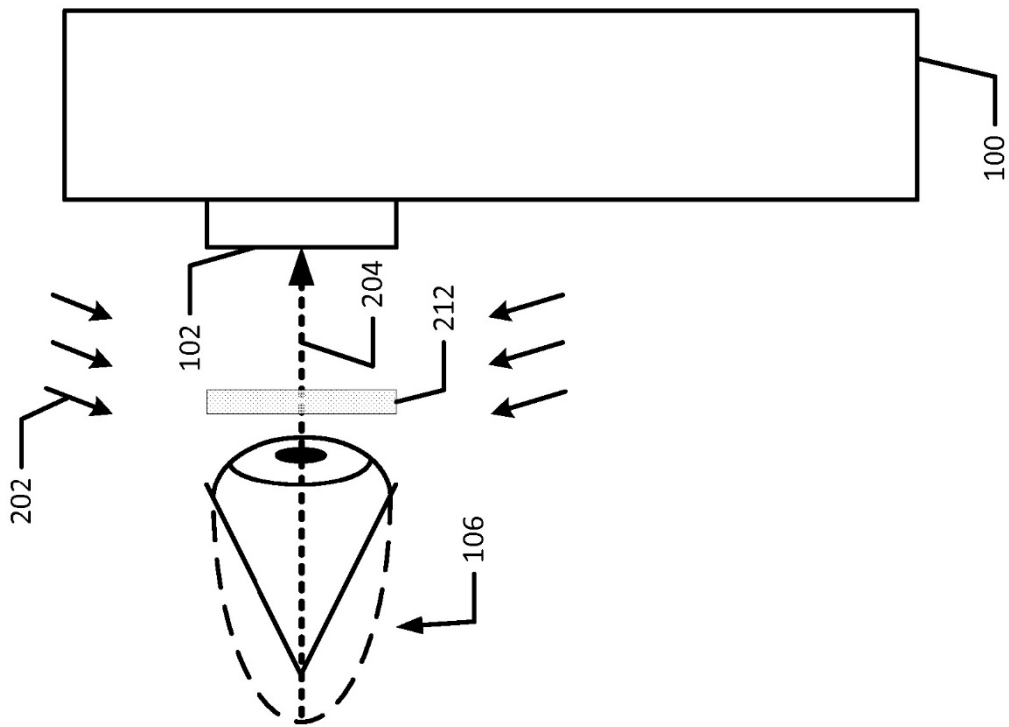


FIG. 2C

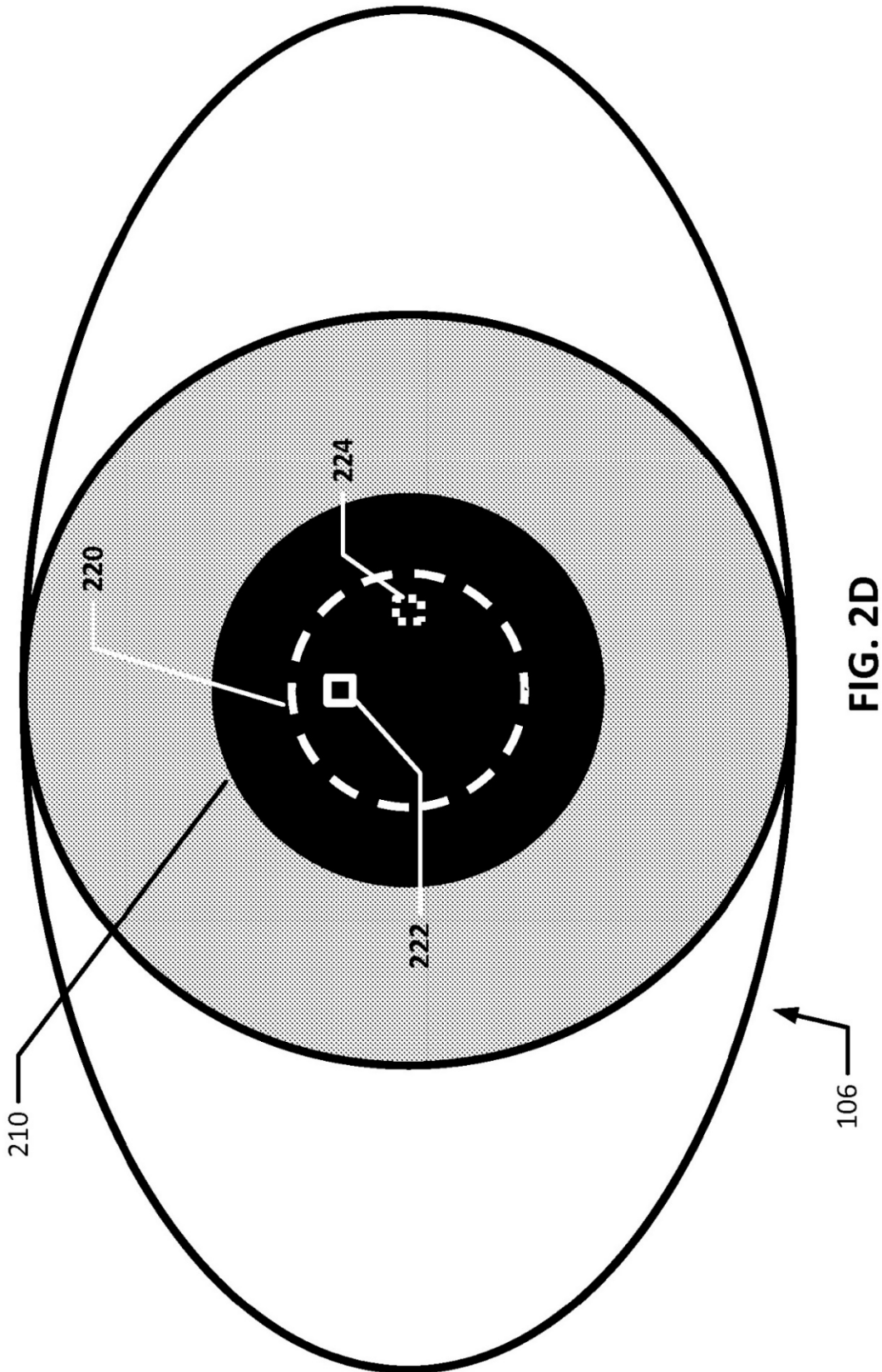


FIG. 2D

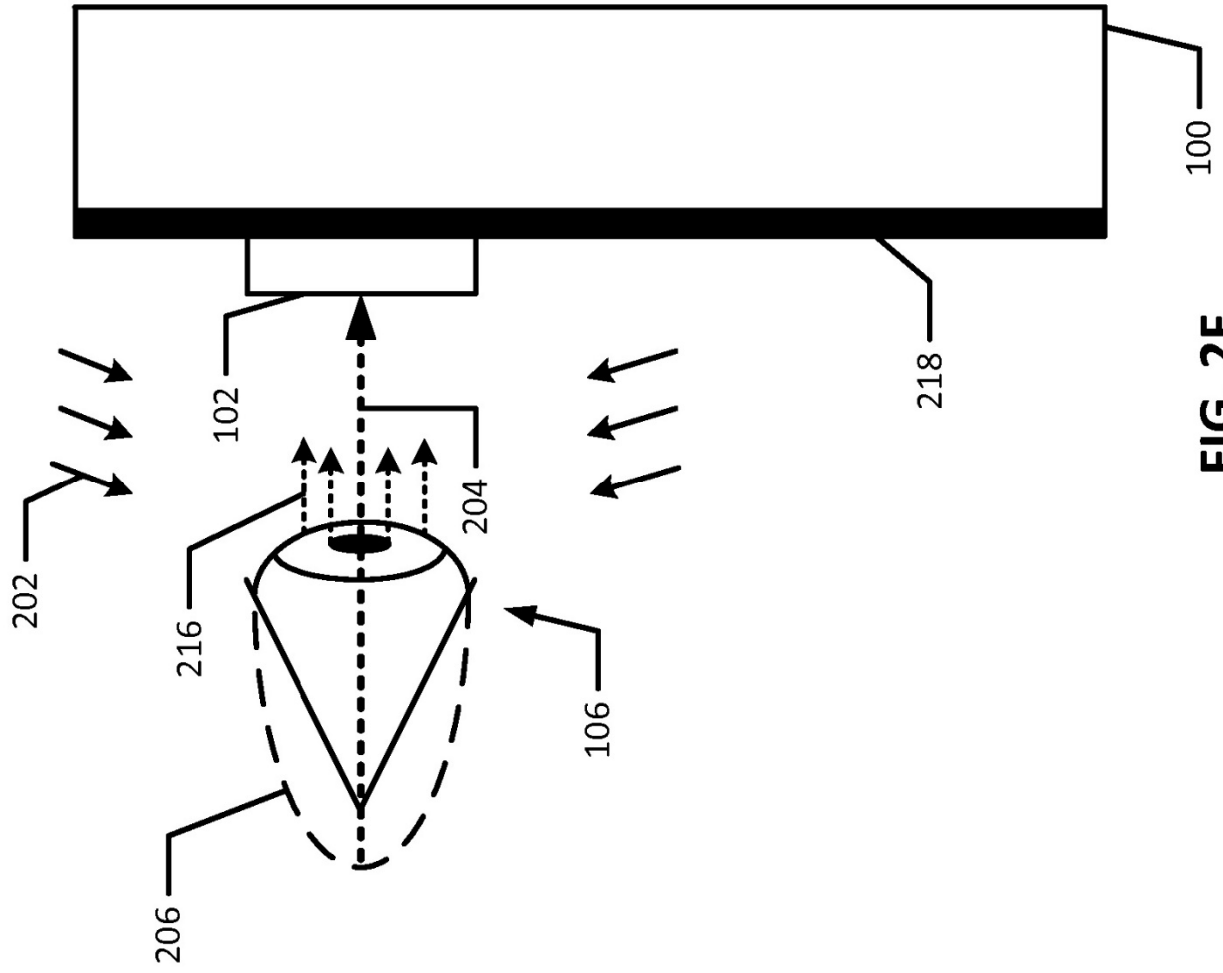


FIG. 2F

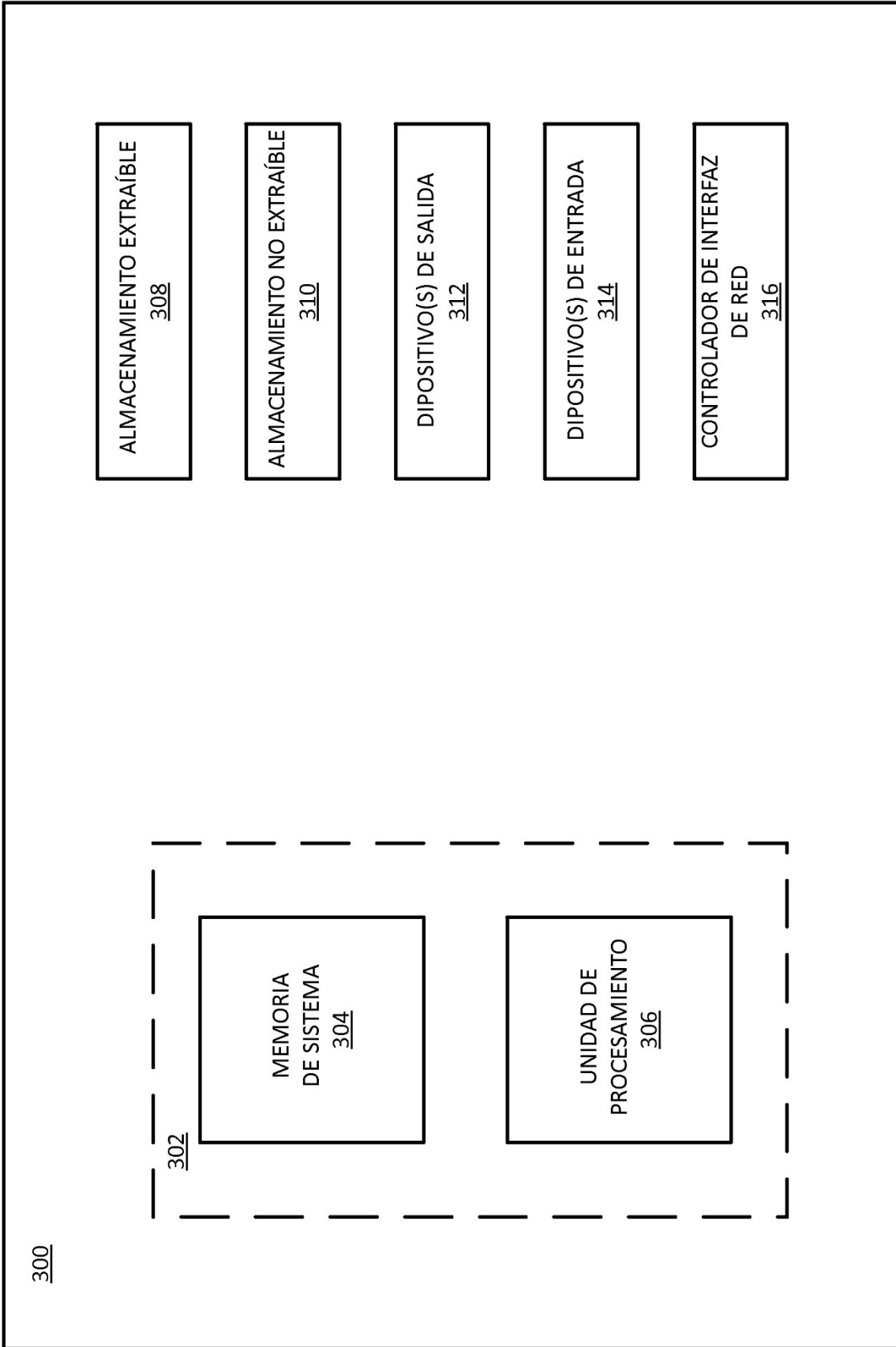


FIG. 3

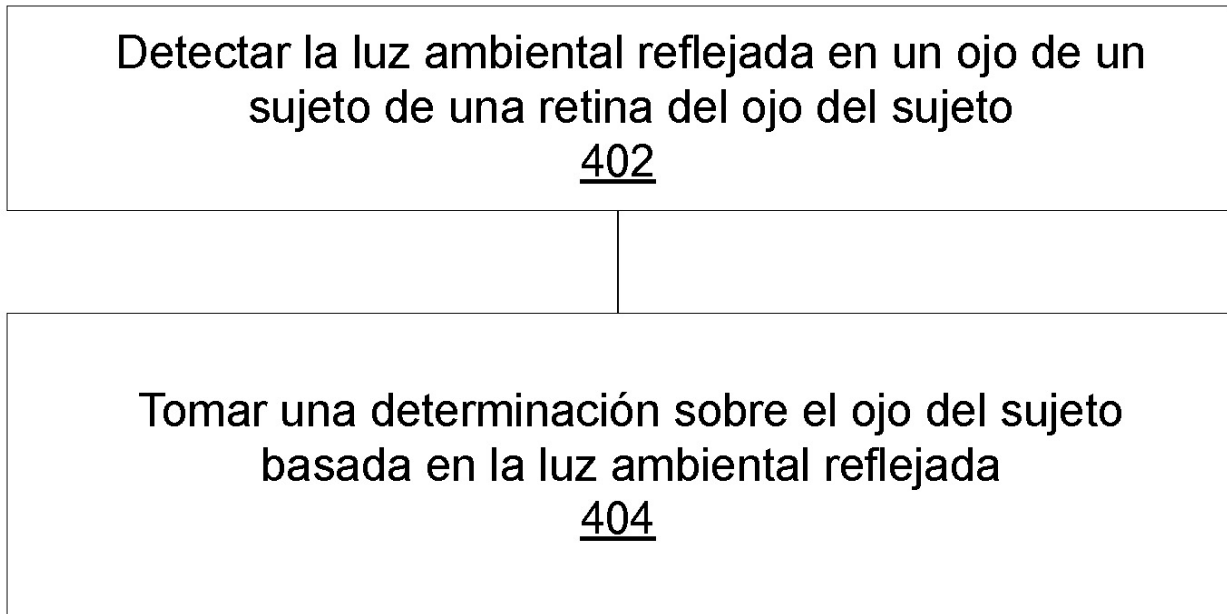


FIG. 4

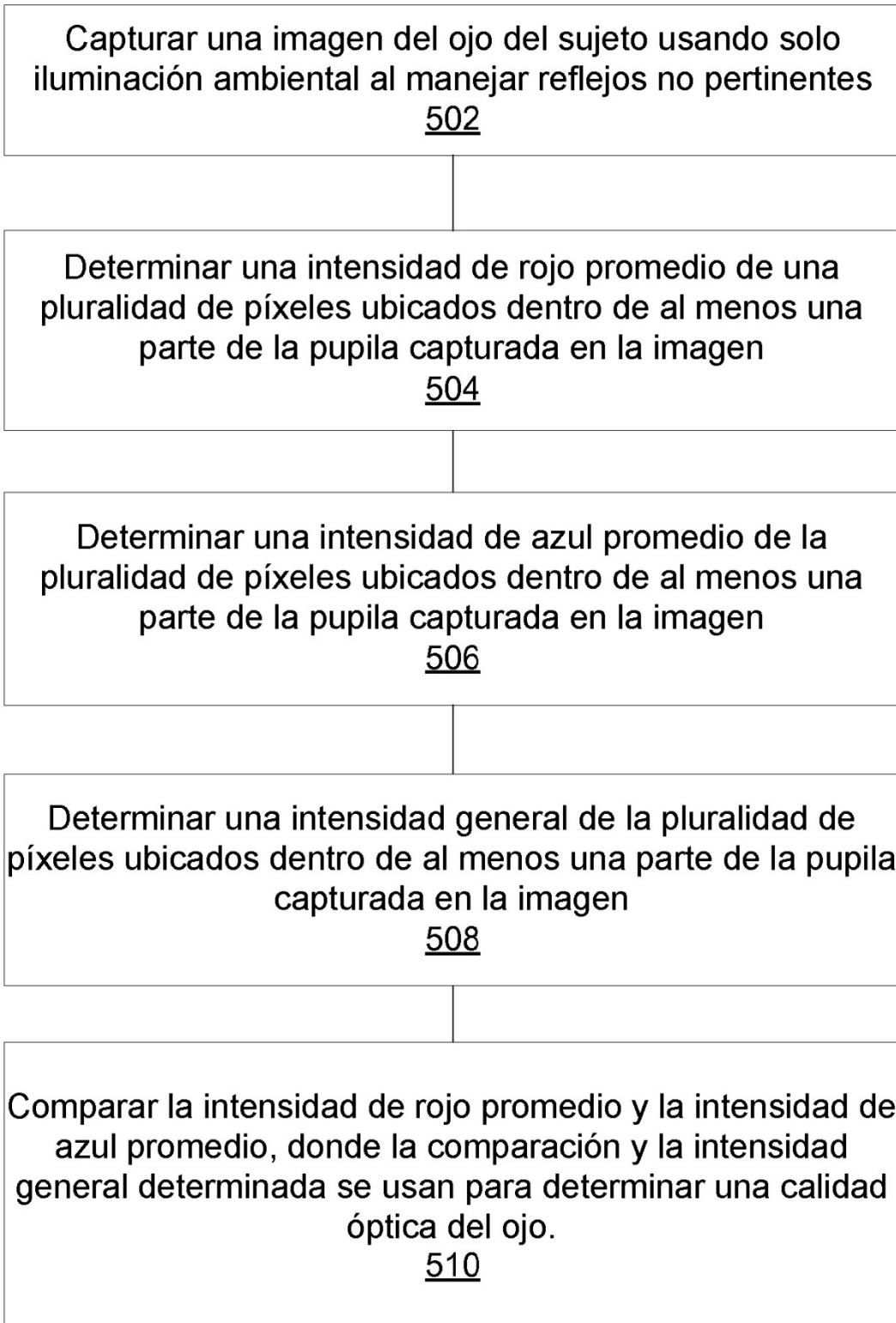


FIG. 5