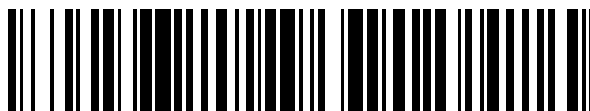


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 651**

51 Int. Cl.:

G06K 9/40 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

H04N 1/409 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2012 PCT/GB2012/050678**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12131358**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2012 E 12719026 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2691920**

54 Título: **Identificar y corregir anomalías en una imagen óptica**

30 Prioridad:

31.03.2011 GB 201105463

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

12.02.2019

73 Titular/es:

**OPTOS PLC (100.0%)
Queensferry House Carnegie Business Campus
Queensferry Road Dunfermline
Fife KY11 8GR, GB**

72 Inventor/es:

CLIFTON, DAVID

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 699 651 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

Identificar y corregir anomalías en una imagen óptica

Campo técnico

5 La invención se refiere a un método de identificación y corrección de anomalías en una imagen óptica producidas por un dispositivo de exploración óptica. La invención se refiere también a un programa informático y a un aparato configurados para llevar a cabo el método.

Antecedentes

10 Las imágenes ópticas producidas por un dispositivo de exploración óptica son susceptibles de anomalías que afectan a la integridad de la imagen óptica. Tales anomalías incluyen las rayas, que se refieren a artefactos de imagen ópticos que pueden manifestarse, por ejemplo, como líneas en la imagen óptica en la dirección de exploración.

15 Típicamente, la dirección de exploración se muestra verticalmente hasta un área objetivo, que puede producir rayas verticalmente hasta la imagen óptica, y las rayas pueden denominarse por lo tanto rayas verticales. Sin embargo, para otro ejemplo también es posible que las rayas puedan tener lugar horizontalmente si la dirección de exploración del dispositivo de exploración óptico es horizontalmente a través del área objetivo.

20 Cuando un dispositivo de exploración óptica produce una imagen óptica se explora un área objetivo por, por ejemplo, un láser a través de una pluralidad de líneas de exploración. Se refleja luz desde el objetivo para permitir que el dispositivo de exploración óptico produzca una imagen óptica. El objetivo puede ser, por ejemplo, la retina de un ser humano o animal sujeto, una imagen existente tal como una fotografía o cualquier otro objeto o superficie de los cuales se desea que se cree una imagen óptica.

25 En ciertos dispositivos de exploración óptica, se pasa un láser verticalmente a través de un área objetivo para producir una primera línea de exploración. El láser a continuación se mueve horizontalmente en una dirección y se pasa verticalmente a través del área objetivo de nuevo para producir una segunda línea de exploración adyacente a la primera línea de exploración. Este proceso se repite hasta que se haya explorado toda el área objetivo. Un espejo poligonal puede usarse en dispositivos de exploración óptica de este tipo, usándose cada cara del espejo para mover el haz láser a través de una única línea de exploración.

30 Si una o más caras de un espejo poligonal están defectuosas entonces puede tener lugar una anomalía de rayas. La anomalía de rayas puede mostrar brillo atenuado o acentuado anómalo de una línea de una imagen óptica con relación a líneas adyacentes de la imagen óptica puesto que una cara defectuosa puede dispersar luz del haz láser de manera que una porción de la luz que no se refleje desde el espejo poligonal en el área objetivo y por lo tanto no se refleja del área objetivo para producir la intensidad correcta/deseada de datos de imagen óptica.

Las rayas pueden dar como resultado que se rechace el espejo poligonal o dispositivo de exploración óptica. Esto da como resultado un rendimiento significativamente reducido con un alto coste para los fabricantes de espejos poligonales y dispositivos de exploración óptica.

35 Las soluciones conocidas actuales para determinar el nivel de rayas en una imagen óptica incluyen observación humana en la que un operario determina manualmente el nivel de rayas a ojo. Si el nivel de rayas se considera que es demasiado alto entonces puede rechazarse el espejo poligonal o dispositivo de exploración óptica. Los documentos US2011/0019933A y US2007/0127840A describen métodos para detección y eliminación de ruido lineal automática pero el ruido lineal no está igualmente espaciado en el primer documento, mientras que el último se refiere a escáneres y usa una imagen oscura para detección de ruido lineal.

Compendio

45 Según la invención en un primer aspecto se proporciona un método que comprende: determinar un gradiente de intensidad entre primeros y segundos datos de imagen óptica de una imagen óptica producida por un dispositivo de exploración óptica, en donde los primeros datos de imagen óptica son un primer píxel óptico y los segundos datos de imagen óptica son un segundo píxel de imagen óptica; determinar una imagen de gradiente de intensidad que comprende una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad, representando cada píxel de imagen de gradiente de intensidad la magnitud de un gradiente de intensidad; ejecutar un filtro de promedio de módulo n en cada fila de píxeles de imagen de gradiente de intensidad para producir una imagen de gradiente de intensidad promediado que comprende una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado, en donde

50 n es un número entero que corresponde al espaciado de píxel entre anomalías de rayas; e identificar una o más anomalías en la imagen óptica dependiendo de la magnitud del gradiente de intensidad que es mayor o igual que un valor umbral.

La determinación de un gradiente de intensidad entre primeros y segundos datos de imagen puede permitir la determinación de una diferencia en intensidad entre los primeros datos de imagen óptica y los segundos datos de

- imagen en una realización de la divulgación. Las realizaciones pueden de esta manera poder determinar si un área de la imagen comprende una anomalía si la magnitud del gradiente de intensidad está por encima de un umbral. El término magnitud abarca un valor sin signo, p. ej. un gradiente de intensidad de -4 tiene la misma magnitud que un gradiente de intensidad de +4. Por lo tanto, en algunas realizaciones un gradiente de intensidad negativo grande puede tener una magnitud mayor que el umbral. En otras realizaciones un valor de intensidad positivo grande puede tener una magnitud mayor que el umbral.
- Las anomalías pueden ser anomalías de rayas o similares. Sin embargo puede haber otros tipos de datos de anomalías de imagen también, que pueden corregirse por la realización.
- Como se usa en la presente memoria en algunas realizaciones de la divulgación la expresión 'gradiente de intensidad' abarca cualquier medida del cambio o diferencial en intensidad de datos de imagen óptica espacialmente a través de una imagen óptica. Sin embargo debería observarse que el gradiente de intensidad puede comprender cualquier tipo de cálculo diferencial, en concreto para fines de ilustración se describen a continuación algunos ejemplos.
- El gradiente de intensidad puede determinarse entre dos datos de imagen separados dentro de la misma imagen óptica, que permite la identificación de anomalías dentro de la imagen óptica usando únicamente datos de la imagen óptica. Los datos de otras imágenes ópticas no son necesarios pero pueden aplicarse también si fuera necesario. Además, la imagen óptica puede ser una imagen óptica 'útil' o 'en directo'. Es decir la imagen óptica puede ser una imagen de un área objetivo y no una imagen de prueba. Esto significa que pueden determinarse anomalías en una imagen óptica mediante una base de imagen óptica. Cualquier corrección posterior es específica a una imagen óptica. En tales realizaciones ejemplares no puede determinarse por lo tanto la corrección una vez basada en una imagen de prueba y aplicarse uniformemente a todas las imágenes posteriores.
- Opcionalmente, el método puede comprender adicionalmente corregir las anomalías en la imagen óptica dependiendo de la magnitud del gradiente de intensidad.
- Opcionalmente, los primeros y segundos píxeles de imagen óptica son adyacentes.
- Usando píxeles como los primeros y segundos datos de imagen óptica a continuación una realización puede determinar el gradiente de intensidad hasta un alto grado de precisión. El nivel de precisión del gradiente de intensidad puede aumentarse adicionalmente cuando el primer y segundo píxeles son adyacentes.
- Opcionalmente, el gradiente de intensidad puede comprender un diferencial de primer orden.
- El uso de un diferencial de primer orden puede reducir ventajosamente el tiempo de cálculo del gradiente de intensidad.
- Opcionalmente, el gradiente de intensidad puede comprender una diferencia entre una intensidad del primer píxel de imagen óptica y una intensidad del segundo píxel de imagen óptica.
- Usando una diferencia entre la intensidad de los primeros y segundos píxeles de imagen óptica el tiempo de cálculo del gradiente de intensidad puede reducirse aún adicionalmente.
- Opcionalmente, identificar las anomalías puede comprender identificar los segundos datos de imagen óptica como anómalos dependiendo del gradiente de intensidad entre los primeros datos de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica que son negativos y que tienen una magnitud mayor que el umbral.
- En una realización un gradiente de intensidad negativo significa que la intensidad entre los primeros y segundos datos de imagen óptica se reduce con la distancia en la imagen óptica entre los primeros y segundos datos de imagen óptica. Si la magnitud de la reducción en intensidad es mayor que un umbral entonces los segundos datos de imagen óptica pueden considerarse que son anómalos si representan la atenuación de luz de láser debido a una cara de espejo defectuosa.
- Opcionalmente, identificar las anomalías comprende identificar los primeros datos de imagen óptica como anómalos dependiendo del gradiente de intensidad entre los primeros datos de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica que son positivos y tienen una magnitud mayor que el umbral.
- En las realizaciones de la divulgación un gradiente de intensidad positivo significa que la intensidad entre los primeros y segundos datos de imagen óptica se aumenta a través de la distancia en la imagen óptica entre los primeros y segundos datos de imagen óptica. Si la magnitud del aumento en intensidad es mayor que un umbral entonces puede considerarse que los primeros datos de imagen óptica son anómalos ya que pueden representar la atenuación de luz de láser debido a una cara de espejo defectuosa.
- Opcionalmente, cada píxel de imagen de gradiente de intensidad puede representar un gradiente de intensidad entre un par de píxeles de imagen óptica adyacentes entre sí en una dirección transversal a la dirección de exploración del dispositivo de exploración óptico.

- 5 En las realizaciones de la divulgación creando una imagen de gradiente de intensidad el gradiente de intensidad puede mapearse a través de la totalidad del área de la imagen óptica. Usando píxeles adyacentes en una dirección transversal a la dirección de exploración puede producir una imagen de gradiente de intensidad las filas del cual representan el gradiente de intensidad entre píxeles adyacentes en la imagen óptica en la dirección transversal a la dirección de exploración. Es decir, los píxeles de imagen de gradiente de intensidad pueden representar el gradiente de intensidad entre píxeles de imagen óptica producidos por dos caras diferentes de un espejo poligonal. La intensidad de cada píxel de imagen de gradiente de intensidad puede representar por lo tanto el gradiente de intensidad entre cada par de píxeles adyacentes. A medida que se determinan los gradientes de intensidad en la dirección transversal a la dirección de exploración, pueden identificarse fácilmente efectos de rayas debido a caras defectuosas de un espejo poligonal ya que la imagen de gradiente de intensidad mostrará las rayas como líneas donde el gradiente de intensidad es grande.
- 10 Opcionalmente, el método puede comprender adicionalmente ejecutar un filtro de promedio de módulo n en cada fila de píxeles de imagen de gradiente de intensidad para producir una imagen de gradiente de intensidad promediado que comprende una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado, y en donde n es un número entero que corresponde al espaciado de píxel entre anomalías de rayas.
- 15 En las realizaciones de la divulgación ejecutar un filtro de promedio de módulo n permite la atenuación de datos de imagen óptica no producidos por anomalías con relación a datos de imagen óptica provocados por anomalías. Las características específicas del filtro de módulo n se explican en mayor detalle a continuación.
- 20 Opcionalmente, identificar anomalías en la imagen óptica puede ser dependiendo de la intensidad de un píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado que es mayor o igual que el umbral.
- 25 En las realizaciones de la divulgación después de la producción de una imagen de gradiente de intensidad promediado, cada píxel puede compararse con un umbral y es esta comparación la que puede determinar si se identifican anomalías. Ya que la imagen de fondo se ha atenuado por el filtro de promedio de módulo n entonces las anomalías son más pronunciadas y así el valor del umbral puede reducirse, que puede reducir el nivel de intensidad en el que puede detectarse una anomalía.
- Opcionalmente, n puede ser el número de caras en un espejo poligonal comprendido en el dispositivo de exploración óptico.
- 30 En las realizaciones de la divulgación como se ha explicado anteriormente, la anomalía particular en imágenes ópticas conocidas como rayas puede tener lugar con espaciado de píxel normal (o línea de exploración). Por lo tanto, estableciendo n igual al número de caras de un espejo poligonal entonces las rayas pueden detectarse más fácilmente.
- Opcionalmente, ejecutar el filtro de módulo n puede comprender ejecutar el filtro en las direcciones hacia delante y hacia atrás.
- 35 Opcionalmente, ejecutar el filtro de módulo n puede comprender adicionalmente promediar los resultados de la filtración hacia delante y hacia atrás.
- En las realizaciones de la divulgación ejecutando el filtro en las direcciones hacia delante y hacia atrás, se corrigen los efectos de borde del proceso de filtración.
- Opcionalmente, ejecutar el filtro de módulo n puede comprender adicionalmente promediar los resultados de la filtración hacia delante y hacia atrás.
- 40 Opcionalmente, identificar anomalías en la imagen óptica puede ser dependiendo de la intensidad de un primer píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado que tiene la misma intensidad que un segundo píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado en una posición correspondiente de la fila por encima y/o por debajo de la imagen de gradiente de intensidad promediado.
- 45 En las realizaciones de la divulgación como cada una de las filas de la imagen de gradiente de intensidad promediado puede representar el gradiente de intensidad entre píxeles adyacentes en una dirección transversal a la dirección de exploración, las rayas pueden observarse también en píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado por encima y/o por debajo. Esta información puede usarse para reducir el número de falsas identificaciones de anomalía.
- 50 Adicionalmente o como alternativa, un píxel de imagen de gradiente de intensidad de la imagen de gradiente de intensidad (es decir antes de ejecutar el filtro de promedio de módulo n) puede identificarse como anómalo si los píxeles de imagen de gradiente de intensidad por encima y/o por debajo también se identificaron como anómalos.
- Opcionalmente, el método puede comprender adicionalmente producir una máscara que comprende la imagen de gradiente de intensidad promediado.
- Opcionalmente, el método puede comprender adicionalmente corregir la imagen óptica para eliminar anomalías

restando la máscara de la imagen óptica.

5 En las realizaciones de la divulgación produciendo una máscara para corregir la imagen para eliminar anomalías, la corrección de cada imagen óptica puede ser específica a esa imagen óptica. Es decir, las anomalías pueden determinarse basándose en los datos de imagen óptica en solitario y corregirse sin la necesidad de datos adicionales o una imagen de prueba. Por lo tanto, si los efectos de rayas cambian con el tiempo entonces el efecto cambiado se corregirá. La corrección de una imagen óptica usando una máscara permite el uso continuado de un espejo poligonal y/o dispositivo de exploración óptica a pesar de defectos en una o más caras del espejo poligonal.

Según la invención en un segundo aspecto se proporciona un producto de programa informático configurado para almacenar código de programa informático ejecutable para llevar a cabo el método descrito en la presente memoria.

10 Según la invención en un tercer aspecto se proporciona un aparato que comprende un procesador configurado para llevar a cabo el método descrito en la presente memoria.

En ciertas realizaciones un dispositivo de formación de imágenes comprende el aparato descrito en la presente memoria.

Descripción detallada

15 Se describen a continuación realizaciones ejemplares con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una disposición de espejo poligonal y láser conocida;

La Figura 2 es una representación de una imagen óptica de una retina de un sujeto humano o animal que muestra una anomalía de rayas;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de una realización ejemplar del método descrito en la presente memoria;

20 La Figura 4 es un diagrama esquemático de una porción de una imagen óptica;

La Figura 5 es un diagrama esquemático de una porción de una imagen de gradiente de intensidad;

La Figura 6 es un diagrama esquemático de una porción de una imagen de gradiente de intensidad promediado;

La Figura 7 es una representación de una máscara para mitigar una anomalía de rayas; y

La Figura 8 es un diagrama esquemático de un dispositivo de exploración óptica.

25 En general, las realizaciones de la divulgación se refieren a un método de detección de anomalías en una imagen óptica producidas por una máquina de exploración óptica. La divulgación implica determinar un gradiente de intensidad entre datos de imagen de diferentes áreas de una imagen óptica y comparar el gradiente de intensidad a un umbral para identificar anomalías en la imagen óptica.

30 Si la magnitud del gradiente de intensidad es mayor que el de los primeros y segundos datos de imagen óptica puede identificarse como anómalo.

La Figura 1 muestra parte de un dispositivo 10 de exploración óptica. El dispositivo 10 de exploración óptica de la Figura 1 está dispuesto para explorar la retina de un sujeto humano o animal. Sin embargo, realizaciones de la invención pueden aplicarse igualmente a otros tipos de dispositivo de exploración óptica.

35 Haciendo referencia a la Figura 1, una unidad 12 de transceptor de láser está dispuesta para dirigir un haz 14 láser sobre una cara 16 de un espejo 18 poligonal. El haz 14 láser se refleja en un espejo 20 cóncavo y a continuación a través de la pupila de un ojo del sujeto 22 sobre la retina 24. La retina 24 en la Figura 1 representa el área objetivo del dispositivo 10 de exploración óptica. La luz del haz 14 láser se refleja de vuelta a lo largo de la misma trayectoria para recibirse en la unidad 12 de transceptor de láser donde puede procesarse por un aparato de procesamiento (no mostrado) en una imagen óptica.

40 Con el espejo poligonal en la orientación mostrada en la Figura 1, el haz 14 láser está en la parte superior 26 del espejo 20 cóncavo y se refleja en la parte inferior 28 de la retina 24. A medida que el espejo 18 poligonal se gira en la dirección de la flecha A, a continuación el haz 14 láser se mueve verticalmente hasta el espejo 20 cóncavo y verticalmente hasta la retina 24 en la dirección de la flecha B hasta que alcanza la parte inferior 30 del espejo 20 cóncavo y la parte superior 32 de la retina 24. Esta acción produce una primera línea de exploración.

45 Una vez que el haz 14 láser alcanza la parte superior 32 de la retina 24 el espejo 14 poligonal ha girado de manera que el haz 14 láser se refleja desde la siguiente cara 34 y el haz 14 láser se vuelve a la parte superior 26 del espejo 20 cóncavo y a la parte inferior 28 de la retina 24.

En este punto el haz 14 láser se mueve horizontalmente (es decir dentro o fuera de la página). La rotación continuada del espejo 18 poligonal en la dirección de la flecha A permite que el haz 14 láser explore la retina 24

desde la parte inferior 28 a la parte superior 32 en la dirección de la flecha B para producir una segunda línea de exploración adyacente a la primera.

Si una o más caras de un espejo 18 poligonal son defectuosas entonces puede resultar una anomalía de rayas en la dirección de la flecha B, es decir la dirección de la exploración, en la imagen óptica resultante.

5 Si únicamente una única cara del espejo 18 poligonal es defectuosa entonces la anomalía de rayas tendrá lugar a través de la imagen óptica con una regularidad común para el número de caras en el espejo 18 poligonal. Por ejemplo, el espejo 18 poligonal de la Figura 1 se muestra que tiene ocho caras. Por lo tanto, si, por ejemplo, la cara 13 es defectuosa entonces la anomalía de rayas tendría lugar en cada octava línea de exploración, es decir cada línea de exploración para la que se refleja el haz 14 láser de la cara 13.

10 La Figura 1 muestra un espejo poligonal que tiene ocho caras ya que este número muestra de manera evidente el perfil plano de cada cara. Más típicamente, los espejos poligonales usados en los dispositivos de exploración óptica pueden tener dieciséis caras. Por lo tanto la anomalía de rayas puede tener lugar cada decimosexta línea de exploración. Sin embargo, otras realizaciones se refieren a disposiciones de espejos poligonales de dispositivos de exploración óptica que pueden tener otros números de caras.

15 Típicamente, una línea de exploración representa una anchura de píxel en la imagen óptica producido por el dispositivo de exploración óptico. En tales disposiciones, la anomalía de rayas tendrá lugar con espaciado de píxel normal.

20 Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra un ejemplo de una imagen 40 óptica de una retina 24. Un área 42 de la imagen 40 óptica se amplía 44 para mostrar el efecto de anomalía de rayas al que se ha hecho referencia anteriormente. Como se muestra en la Figura 2, el espaciado entre cada raya es la cantidad de píxeles, por ejemplo 16, que es por lo tanto igual al número de caras en el espejo poligonal.

Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra un diagrama de flujo de una realización ejemplar del método descrito en la presente memoria.

25 En la etapa 50 la realización del método se inicia con una imagen 40 óptica que muestra anomalías de rayas, por ejemplo como se ha descrito anteriormente. La anomalía de rayas en el caso del método ejemplar de la Figura 3 tiene un espaciado de módulo n. Es decir, las anomalías de rayas tienen lugar con espaciado de píxel regular 'n'.

30 En la etapa 52 se produce una imagen de gradiente de intensidad. La imagen de gradiente de intensidad comprende una serie de píxeles de imagen de gradiente de intensidad cada uno de los cuales tiene una intensidad que corresponde al gradiente de intensidad entre primeros y segundos datos de imagen óptica de la imagen 40 óptica. Otra realización para la producción de la imagen de gradiente de intensidad se describe a continuación.

35 La Figura 4 muestra una porción de una imagen 80 óptica que es de 10 píxeles de imagen óptica por 10 píxeles de imagen óptica en tamaño. La porción de una imagen 80 óptica mostrada en la Figura 4 se pretende únicamente para demostración del método descrito en la presente memoria. Típicamente, las imágenes ópticas pueden comprender muchos millones de píxeles de imagen óptica. Una imagen óptica ejemplar puede comprender 1344 x 1344 píxeles. Otra imagen óptica ejemplar puede comprender 3072 x 3900 píxeles.

40 Cada uno de los píxeles de imagen óptica de la imagen 80 óptica tendrá un valor de intensidad. En ciertas realizaciones del método descrito en la presente memoria, una imagen 80 óptica puede comprender píxeles, la intensidad de los cuales puede ser una de 256 posibles niveles, típicamente de 0-255. Sin embargo, en ciertas otras realizaciones unos píxeles de imagen óptica pueden ser uno de cualquier número de niveles, por ejemplo unos píxeles de imagen óptica pueden ser uno de 128 niveles, 512 niveles o 1024 niveles, etc.

Cada uno de los píxeles de imagen óptica tiene un nivel de intensidad separado de manera que cuando todos los píxeles de imagen óptica se visualizan juntos puede observarse la imagen 80 óptica.

45 En el ejemplo de la Figura 4, la segunda columna 82, la sexta columna 84 y la décima columna 86 tienen valores de intensidad bajos con relación a los otros píxeles de imagen óptica. Los valores de intensidad relativamente bajos de la segunda, sexta y décima columnas pueden ser debidos a la anomalía de rayas anteriormente descrita que está presente en la imagen 80 óptica. La dirección de exploración del dispositivo de exploración óptico que produjo la imagen 80 óptica puede observarse por lo tanto que es en la dirección de las columnas como se ha explicado anteriormente. Además, la segunda 82, sexta 84 y décima 86 columnas tienen un espaciado de cuarta columna (o píxel) tal como el que puede producirse a partir de un espejo de cuatro caras en el que una cara está defectuosa.

50 Como con el tamaño de la porción de la imagen 80 óptica mostrado en la Figura 4, el espaciado de cuatro líneas es para fines de demostración únicamente y son aplicables otros espaciados de línea, por ejemplo un espaciado para anomalías de rayas con dieciséis columnas (o píxeles). La anomalía de rayas puede tener lugar a un espaciado equivalente al número de caras de un espejo poligonal.

55 Los primeros 25 píxeles de imagen óptica de la Figura 4 se han numerado de 1₀ a 25₀ ya que se usarán para demostrar la realización ejemplar del método descrito en la presente memoria.

5 Puede determinarse un gradiente de intensidad entre cada uno de los píxeles de imagen óptica adyacentes en una dirección transversal a la dirección de exploración, es decir a través de las filas de la porción de la imagen 80 óptica mostrada en la Figura 4. El gradiente de intensidad representa el cambio en valor de intensidad con distancia a través de la fila de la imagen 80 óptica. En ciertas realizaciones del método descrito en la presente memoria el gradiente de intensidad puede ser una diferencia entre los valores de intensidad para píxeles de imagen óptica adyacentes. Este método esencialmente comprende el método de diferencia finita, una técnica de diferenciación numérica que sigue la fórmula:

$$dl = \frac{I2 - I1}{h}$$

10 Donde dl es el diferencial de la intensidad (o gradiente de intensidad), I1 es el valor de intensidad del primer píxel de imagen óptica, I2 es el valor de intensidad del segundo píxel de imagen óptica y h es la distancia a lo largo de la fila. Cuando se toma dl como una diferencia entre píxeles de imagen óptica adyacentes, se toma la distancia h para que sea un (píxel) y dl es por lo tanto I2-I1.

15 Sin embargo, en otras realizaciones del método descrito en la presente memoria dl puede calcularse usando píxeles que están espaciados. Por ejemplo, el primer píxel de imagen óptica puede ser de la primera columna y el segundo píxel de imagen óptica puede ser de la tercera columna; en ese ejemplo h sería dos.

En realizaciones aún adicionales del método descrito en la presente memoria un gradiente de intensidad puede calcularse usando técnicas de diferenciación numérica de orden superior tal como el método de cinco puntos. Otras técnicas de diferenciación numérica están dentro del alcance del método descrito.

20 En los ejemplos proporcionados anteriormente, los primeros datos de imagen óptica comprenden unos únicos píxeles de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica comprenden unos únicos píxeles de imagen óptica. En otras realizaciones del método descrito, los primeros y segundos datos de imagen óptica pueden comprender grupos de píxeles de imagen óptica.

25 Diferenciando cada uno de los píxeles de imagen óptica adyacentes en una fila de la imagen 80 óptica (es decir en una dirección transversal a la dirección de exploración) pueden producirse píxeles de imagen de gradiente de intensidad. Una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad puede comprender juntos una imagen de gradiente de intensidad.

30 La Figura 5 muestra una porción de una imagen 90 de gradiente de intensidad que corresponde a la porción de una imagen 80 óptica de la Figura 4. Cada píxel de la imagen 90 de gradiente de intensidad comprende un valor de un gradiente de intensidad entre píxeles de imagen óptica adyacentes en una fila. Los primeros 25 píxeles de imagen de gradiente de intensidad se han etiquetado 1₁ a 25₁.

35 Usando, por ejemplo, la fórmula del método de diferencia finita anterior para determinar el valor de cada píxel de gradiente de intensidad, se determina el primer píxel de imagen de gradiente de intensidad 1₁ restando el primer píxel de imagen óptica 1₀ del segundo píxel de imagen óptica 2₀. El valor de h en la fórmula es 1 ya que los píxeles de imagen óptica están adyacentes. Este proceso puede continuarse a través de una fila completa de píxeles de imagen óptica, en donde:

$$1_1 = 2_0 - 1_0$$

$$2_1 = 3_0 - 2_0$$

$$3_1 = 4_0 - 3_0$$

$$4_1 = 5_0 - 4_0$$

40 $5_1 = 6_0 - 5_0$

$$6_1 = 7_0 - 6_0$$

$$7_1 = 8_0 - 7_0$$

$$8_1 = 9_0 - 8_0$$

$$9_1 = 10_0 - 9_0$$

45 Puesto que se requieren dos o más píxeles de imagen óptica para determinar cada píxel de gradiente de intensidad, hay insuficientes píxeles de imagen óptica en una fila para determinar un valor para todos los píxeles de imagen de gradiente de intensidad en una fila correspondiente. Por lo tanto, el último píxel de gradiente de intensidad en cada fila de la imagen 90 de gradiente de intensidad se 'rellena' con un cero. Por lo tanto, la imagen 90 de gradiente de intensidad puede considerarse que está desplazada a la izquierda en un píxel con respecto a la imagen 80 óptica.

En otras realizaciones el primer píxel de gradiente de intensidad en cada fila puede rellenarse con un cero, caso en el que el píxel de imagen de gradiente de intensidad 2_i puede determinarse restando píxeles de imagen óptica 1_o de píxeles de imagen óptica 2_o . El resto de la fila se determinará en consecuencia. En tales realizaciones la imagen 90 de gradiente de intensidad puede considerarse que está desplazada a la derecha en un píxel con respecto a la imagen 80 óptica.

El proceso anterior se repite para todas las filas de la imagen 80 óptica para producir una imagen 90 de gradiente de intensidad. En ciertas realizaciones del método descrito en la presente memoria, una imagen 90 de gradiente de intensidad puede comprender píxeles de imagen de gradiente de intensidad la intensidad de los cuales puede ser una de 256 posibles niveles, típicamente de 0-255. Sin embargo, en ciertas otras realizaciones un píxel de imagen de gradiente de intensidad puede ser uno de cualquier número de niveles, por ejemplo un píxel de imagen de gradiente de intensidad puede ser uno de 128 niveles, 512 niveles o 1024 niveles.

El nivel de intensidad de un píxel de imagen de gradiente de intensidad representa el gradiente de intensidad entre un primer píxel y un segundo píxel.

La segunda 82, sexta 84 y décima 86 columnas de la imagen 80 óptica comprenden valores de intensidad baja ya que muestran una anomalía de rayas. Por lo tanto, la primera columna 92 y la segunda columna 94 de la imagen de gradiente de intensidad comprenderán valores de gradiente de intensidad con una alta magnitud. El signo del valor de gradiente de intensidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad en la primera columna 92 es negativo. El signo del valor de gradiente de intensidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad en la segunda columna 94 es positivo. Este efecto se repite en la quinta columna 96 y sexta columna 98, y en la novena columna 99. La décima columna se rellena con ceros como se ha descrito anteriormente. El espaciado de los píxeles de imagen de gradiente de intensidad con valores de gradiente de intensidad de magnitud grande es dependiente del espaciado de los valores bajos de los píxeles de imagen óptica en una fila de la imagen 80 óptica.

Para evitar dudas se observa de nuevo que las Figuras 4 y 5 se incluyen para ilustrar el método descrito en la presente memoria y no son representativas del tamaño de una imagen óptica o imagen de gradiente de intensidad. Las imágenes ópticas a menudo comprenden millones de píxeles y las anomalías de rayas mostrarán más comúnmente un espaciado de dieciséis píxeles. El método descrito en la presente memoria se escalará fácilmente para usarse en imágenes mayores con mayores espaciados de anomalía de rayas por el experto en la técnica.

Puesto que el valor del gradiente de intensidad del píxel de imagen de gradiente de intensidad 1_i es negativo y grande (es decir mayor que un umbral como se explica a continuación) entonces el píxel de imagen óptica 2_o puede identificarse como que es anómalo. También, puesto que el valor del gradiente de intensidad del píxel de imagen de gradiente de intensidad 2_i es positivo y grande (es decir mayor que un umbral como se explica a continuación) entonces pueden identificarse el píxel de imagen óptica 2_o como que es anómalos.

En algunas realizaciones, si se identifica un valor de gradiente positivo grande adyacente a un valor negativo grande como se describe para las columnas 92 y 94 de píxel de gradiente de imagen entonces el valor negativo grande se elimina antes de la producción de una máscara (se explica a continuación).

Haciendo referencia a la Figura 3, en la etapa 54 un filtro de promedio de módulo n se pasa a través de cada fila de la imagen de gradiente de intensidad. Un filtro de promedio de módulo n está configurado para promediar una pluralidad de valores de píxel, estando espaciados los píxeles por un número entero n.

El tamaño de ventana del filtro de promedio de módulo n hace referencia al número de valores de píxel a promediarse.

Tomando la porción de una imagen 90 de gradiente de intensidad de la Figura 5, n puede ser igual a cuatro para producir un filtro de promedio de módulo 4. El filtro de promedio de módulo 4 puede estar configurado para promediar una pluralidad de valores de píxel de imagen de gradiente de intensidad a lo largo de una fila de la imagen 90 de gradiente de intensidad a espaciados de cuatro píxeles. Es decir, el filtro de promedio de módulo 4 puede promediar los números de píxel de imagen de gradiente de intensidad 1_i , 5_i y 9_i . El tamaño de ventana del filtro de módulo 4 es en este caso por lo tanto tres y la suma de los píxeles 1_i , 5_i y 9_i se divide por tres para obtener el promedio.

En las realizaciones n puede ser igual a dieciséis para producir un filtro de promedio de módulo 16. Es decir el filtro de promedio de módulo 16 puede promediar el primero, decimoséptimo, trigésimo tercero, cuadragésimo noveno píxeles y así sucesivamente. En otras realizaciones n puede establecerse a cualquier valor entero. El valor de n puede ser igual al número de caras en un espejo poligonal óptico. De esta manera el filtro de módulo n puede estar configurado para atenuar la información de imagen en la imagen de gradiente de intensidad de manera que los artefactos de anomalía de rayas se pronuncian en comparación con la información de imagen. De hecho, los artefactos de imagen pueden considerarse como ruido para los fines de identificar anomalías en la imagen óptica y el filtro de promedio de módulo n es un filtro de reducción de ruido ya que reduce el nivel de este 'ruido'.

En ciertas realizaciones el tamaño de ventana del filtro de promedio de módulo n puede ser diez píxeles. En otras realizaciones el tamaño de ventana del filtro de promedio de módulo n puede ser entre dos píxeles y veinte píxeles.

En otras realizaciones el tamaño de ventana del filtro de promedio de módulo n puede ser entre cinco píxeles y quince píxeles. En otras realizaciones el tamaño de ventana del filtro de promedio de módulo n puede ser entre ocho píxeles y doce píxeles.

5 Si han tenido lugar anomalías de rayas en la imagen 80 óptica en un espaciado de píxel igual al valor de n en el filtro de promedio de módulo n entonces la información de imagen de la imagen 90 de gradiente de intensidad se reducirá y los artefactos de anomalía de rayas en la imagen 90 de gradiente de intensidad serán más pronunciados con relación a la información de imagen. Esto es debido a que los píxeles de imagen de gradiente de intensidad con valores de gradiente de intensidad grandes del mismo signo están en el mismo espaciado de píxel que el valor de n. Por lo tanto, a medida que el filtro de promedio de módulo n se pasa a través de una fila de la imagen 90 de gradiente de intensidad los píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediados por el filtro contendrán toda la información de imagen, que promediará a aproximadamente cero a través de una ventana de, p. ej., diez píxeles, o todos los artefactos de anomalía de rayas, que se omitirán en una dirección y grande.

15 A modo de ejemplo, a continuación se enumeran los primeros dos cálculos de filtro de promedio de módulo n para la porción de una imagen 90 de gradiente de intensidad de la Figura 5. En el ejemplo, el valor de n es 4 y el tamaño de ventana es 3.

Ventana			Cálculo de promedio
1 _i	5 _i	9 _i	(1 _i +5 _i +9 _i)/3
2 _i	6 _i	10 _i	(2 _i +6 _i +10 _i)/3

El proceso se continúa hasta que el filtro de promedio de módulo n ha pasado a través de una fila completa de la imagen 90 de gradiente de intensidad. El mismo proceso se repite a continuación para todas las filas restantes de la imagen 90 de gradiente de intensidad.

20 Las salidas de los cálculos del filtro de promedio de módulo n forman píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado de una imagen de gradiente de intensidad promediado.

25 La Figura 6 muestra una imagen 100 de gradiente de intensidad promediado. Cada píxel de imagen de intensidad promediado de la imagen 100 de gradiente de intensidad promediado comprende un valor emitido desde el filtro de promedio de módulo n. Los primeros veinticinco píxeles de imagen de intensidad promediados se numeran 1_{Ai}-25_{Ai}. El píxel de imagen de gradiente de intensidad 1_{Ai} comprenderá el primer filtro de promedio de módulo n emitido, es decir (1_i+5_i+9_i)/3. El píxel de imagen de gradiente de intensidad 2_{Ai} comprenderá el segundo filtro de promedio de módulo n emitido, es decir (2_i+6_i+10_i)/3. Este patrón se repite para los restantes píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado en la primera fila, y posteriormente para los restantes en la imagen 100 de gradiente de intensidad promediado.

30 A medida que el filtro de promedio de módulo n alcanza el final de una imagen 90 de gradiente de intensidad, el número de píxeles de imagen de gradiente de intensidad que permanecen en una fila de la imagen 90 de gradiente de intensidad puede ser demasiado pequeño para obtener un resultado preciso del promedio de módulo n. Por ejemplo, en el ejemplo de la Figura 6, el tercer píxel de imagen de intensidad promediado en la primera fila 3_{Ai} se determinará por el cálculo (3_i+7_i)/2 ya que no hay undécimo píxel de imagen de gradiente de intensidad para contribuir al promedio. Este efecto se amplifica a medida que el filtro de promedio se acerca más y más al borde de la imagen de gradiente de intensidad y el número de píxeles que contribuyen al promedio se reduce adicionalmente. Los errores en el promedio por lo tanto tienen lugar y aumentan hacia el borde de la imagen 100 de gradiente de intensidad promediado. Estos errores pueden denominarse "efectos de borde".

35 Para evitar dudas de nuevo se subraya que las imágenes típicas usadas en la realización ejemplar del método descrito en la presente memoria pueden comprender millones de píxeles en una fila. La gran mayoría de píxeles de una imagen 100 de gradiente de intensidad promediado se determinarán por lo tanto usando suficiente número de píxeles de imagen de gradiente de intensidad. Los efectos de borde por lo tanto no se harán evidentes hasta que estén muy cerca del borde de la imagen 100 de gradiente de intensidad promediado.

40 En una realización, el filtro de promedio de módulo n puede procesarse en las direcciones hacia delante y hacia atrás. Esto puede mitigar los errores de efecto de borde observados en la imagen 100 de gradiente de intensidad promediado como se explica a continuación. En este sentido, la dirección hacia delante del filtro de promedio de módulo n se considera que está relacionada con pasar el filtro a través de una fila de una imagen 90 de gradiente de intensidad en una primera dirección y la dirección hacia atrás se considera que está relacionada con pasar el filtro a través de una fila de una imagen 90 de gradiente de intensidad en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

45 Haciendo referencia a la Figura 3, los efectos de borde se mitigan ejecutando el filtro de promedio de módulo n en

una dirección 54 hacia delante y también en una dirección 56 hacia atrás. El proceso de ejecución del filtro en una dirección 56 hacia atrás es el mismo que ejecutar el filtro en una dirección hacia delante excepto que el filtro comienza en el borde a la derecha de una imagen 90 de gradiente de intensidad y pasa de derecha a izquierda. Por ejemplo, si un filtro se ejecuta en una dirección hacia atrás entonces el píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado 10_{AI} se determinará por $(10_i+6_i+2_i)/3$ y el píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado 9_{AI} se determinará por $(9_i+5_i+1_i)/3$ y así sucesivamente.

Cuando se procesa el filtro de promedio de módulo n en direcciones hacia delante y hacia detrás entonces se producen la primera y segunda imágenes de gradiente de intensidad promediado respectivamente. La primera y segunda imágenes de gradiente de intensidad promediado pueden por sí mismas promediarse juntas 58 para producir una tercera imagen de gradiente de intensidad promediado en la que se mitigan los efectos de borde. Combinar la primera y segunda imágenes de gradiente de intensidad promediado mitiga los efectos de borde ya que los efectos de borde son únicamente evidentes en el borde de la derecha de la primera imagen de gradiente de intensidad promediado, y son únicamente evidentes en el borde al lado izquierdo de la segunda imagen de gradiente de intensidad promediado.

En la etapa 60 se determina la dirección de un desplazamiento que ha de aplicarse a la imagen de gradiente de intensidad promediado. El desplazamiento debe aplicarse puesto que la determinación de los píxeles de imagen de gradiente de intensidad para la imagen 80 de gradiente de intensidad da como resultado una columna de píxeles que se rellena con ceros como se ha explicado anteriormente. Por lo tanto, la imagen de gradiente de intensidad se desplaza un píxel a la izquierda o derecha con relación a la imagen óptica. Las terceras imágenes de gradiente de intensidad promediado también se desplazan en un píxel a la izquierda o derecha con relación a la imagen óptica para contrarrestar esto.

El desplazamiento en la etapa 60 puede aplicarse puesto que la medida del gradiente de imagen analizado anteriormente introduce un desplazamiento de fase local con relación a la imagen original. La dirección del desplazamiento de fase local puede corregirse desplazándose a la derecha para casos de gradientes de imagen positivos (p. ej. para rayas de luz en una imagen oscura) o a la izquierda para gradientes de imagen negativos (p. ej. para rayas oscuras en una imagen de clara). Por lo tanto, puede experimentarse un desplazamiento a la izquierda o derecha en una columna. En realidad puede tener lugar que las rayas oscuras en una imagen clara sean más comunes que las rayas claras en una imagen oscura y por lo tanto en las realizaciones de la invención el método puede desplazar por defecto una columna a la izquierda.

El desplazamiento izquierdo o derecho se aplica 62 a continuación a la tercera imagen de gradiente de intensidad promediado para alinearla con la imagen 80 óptica. Esta etapa permite que la tercera imagen de gradiente de intensidad promediado se use como una máscara como se explica a continuación.

En la etapa 64, se aplica un umbral y un algoritmo de reducción de módulo n a la tercera imagen de gradiente de intensidad promediado.

El umbral se aplica para determinar píxeles anómalos candidatos en la tercera imagen de gradiente de intensidad promediado. El resultado del filtro de promedio de módulo n da como resultado píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediados de artefacto de imagen que tienen valores de intensidad con una magnitud de aproximadamente cero. En contraste, los píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalos tienen valores de intensidad con una magnitud mayor que cero. Por lo tanto, puede establecerse un umbral a un valor mayor que cero y todos los píxeles que están por encima del umbral pueden identificarse como píxeles anómalos candidatos.

En ciertas realizaciones, el umbral puede establecerse a un valor entre 1 y 10. En otras realizaciones el umbral puede establecerse a un valor entre 1 y 5. En otras realizaciones el umbral puede establecerse a un valor de 2. En otras realizaciones el umbral puede establecerse a un valor de 5.

El algoritmo de reducción compara píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado de una fila con imágenes de gradiente de intensidad promediado situadas en correspondencia en otra fila por encima y/o por debajo. Se determinan píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalos dependiendo de un primer píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado que se identifica como un píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalo candidato y el píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado situado de manera correspondiente en la fila por encima y/o por debajo del primer píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado que también está identificado como un píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalo candidato. Esto reduce el número de falsas identificaciones de píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalos.

Si las anomalías en la imagen óptica son como resultado de rayas entonces los píxeles por encima y por debajo de píxeles anómalos deberían ser también anómalos, hasta una alta probabilidad, y mostrar los artefactos de rayas.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 6, si el píxel de gradiente de intensidad promediado 12_{AI} tiene un valor de intensidad con una magnitud mayor que el umbral entonces se identifica como un píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalo candidato. Sin embargo, si cualquiera o ambos de los píxeles de imagen de

- 5 gradiente de intensidad promediado 2_{AI} y 22_{AI} tienen valores de intensidad con magnitudes que no son mayores que el umbral entonces el píxel de gradiente de intensidad promediado 12_{AI} puede determinarse que no es anómalo. Si ambos píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado 2_{AI} y 22_{AI} tienen valores de intensidad con magnitudes que son mayores que el umbral entonces el píxel de gradiente de intensidad promediado 12_{AI} puede determinarse que es anómalo.
- La magnitud de los píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado que se determinan que son anómalos permanecen sin cambiar. Sin embargo, estos píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado anómalo candidatos que se determinan que no son anómalos tienen sus valores modificados para que sean cero.
- 10 La aplicación del algoritmo de reducción a la tercera imagen de gradiente de intensidad promediado puede dar como resultado la producción de una máscara 110 como se muestra en la Figura 7. En la máscara, estos píxeles de máscara que se determinan que son anómalos tienen valores mayores aproximadamente opuestos a los valores de los píxeles de imagen óptica anómalos en la imagen óptica. Los píxeles restantes se establecen a cero. Por lo tanto, si las anomalías en la imagen óptica son debidas a rayas entonces la máscara puede comprender un fondo negro con rayas verticales coloreadas más claras como se muestra en la Figura 7.
- 15 Haciendo referencia a la Figura 3 la máscara puede restarse 66 de la imagen óptica. Esto tiene el efecto de mitigar la anomalía de las rayas en la imagen óptica para producir 68 una imagen óptica corregida.
- En las realizaciones del método descrito en la presente memoria un producto de programa informático puede estar configurado para almacenar código de programa informático para ejecutar el método descrito en la presente memoria. El producto de programa informático puede comprender, por ejemplo, un disco duro informático, un disco flexible, CD, DVD, memoria flash u otros medios de datos. El producto de programa informático puede comprender como alternativa o adicionalmente lógica programable, FPGA, ASIC y/o firmware.
- 20 En otras realizaciones del método descrito en la presente memoria un aparato tal como un ordenador o dispositivo informático puede comprender un microprocesador configurado para llevar a cabo el método descrito en la presente memoria. El aparato puede estar también localizado en un dispositivo de formación de imágenes.
- 25 Haciendo referencia a la Figura 8 se muestra un aparato 120 configurado para llevar a cabo el método descrito en la presente memoria. En esta realización ejemplar, el aparato 120 comprende hardware óptico 122, un microprocesador o dispositivo informático similar 124 y una memoria 126. El hardware óptico 122 está conectado mediante un enlace eléctrico al microprocesador 124. El microprocesador a su vez está conectado a la memoria 126 mediante dos enlaces eléctricos. El aparato 120 puede ser un oftalmoscopio de exploración láser.
- 30 El hardware óptico puede incluir, en algunas realizaciones, lentes y espejos configurados para llevar a cabo formación de imágenes de láser de una retina. El hardware óptico puede transmitir un láser en un ojo 128 y recibir de vuelta una señal reflejada. La señal reflejada comprende datos de imagen sin procesar que pueden usarse para construir una imagen de la retina dentro del ojo 128.
- 35 En particular, el hardware óptico 122 puede incluir un espejo poligonal. El espejo poligonal puede comprender al menos una cara defectuosa que puede provocar que esté presente una anomalía de rayas en imágenes ópticas producidas por el oftalmoscopio de exploración láser.
- El hardware óptico 122 puede estar configurado para transmitir los datos de imagen sin procesar al microprocesador 124 donde los datos de imagen pueden procesarse para producir una imagen de una retina. El microprocesador puede estar configurado para llevar a cabo el método descrito en la presente memoria para mitigar cualesquiera anomalías de rayas en una imagen óptica. Por lo tanto, espejos y aparatos poligonales que pueden rechazarse de otra manera pueden aún usarse de manera eficaz.
- 40 Una máscara 110 puede almacenarse en la memoria 126 y usarse para mitigar anomalías de rayas en cada imagen óptica producida por el oftalmoscopio de exploración láser. Como alternativa, puede producirse una máscara separada 110 para cada imagen óptica.
- 45 En ciertas realizaciones el método descrito en la presente memoria proporciona de esta manera un algoritmo de corrección para posibilitar que se proporcione corrección automatizada de artefactos de imagen de rayas.
- El rendimiento de una realización del algoritmo de corrección se ha evaluado usando tanto medidas subjetivas ciegas (observación humana) como unas métricas basadas en objetivo. Tanto la prueba subjetiva como la objetiva se llevaron a cabo en un conjunto de datos de prueba de veinte imágenes ópticas (diez de estas imágenes ópticas eran de espejos poligonales que se clasificaron como "fallido debido a rayas" por observación humana, y diez imágenes ópticas eran de un conjunto aleatorio de espejos poligonales "aprobados"). Después del procesamiento con el algoritmo de corrección todas las imágenes ópticas se clasificaron como aprobadas con respecto a tanto métricas subjetivas como objetivas.
- 50 En algunos casos una anomalía de rayas puede dar como resultado que tenga una intensidad aumentada a diferencia de la intensidad reducida anteriormente descrita. En ciertas realizaciones el método puede adaptarse para
- 55

mitigar estos errores.

El experto en la técnica identificará realizaciones adicionales sin alejarse del alcance de la invención según se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:
determinar (52)
5 un gradiente de intensidad entre primeros y segundos datos de imagen óptica de una imagen óptica producida por un dispositivo de exploración óptica, en donde los primeros datos de imagen óptica son un primer píxel de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica son un segundo píxel de imagen óptica;
determinar una imagen de gradiente de intensidad que comprende una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad, representando cada píxel de imagen de gradiente de intensidad la magnitud del gradiente de intensidad;
- 10 ejecutar un filtro (54, 56) de promedio de módulo n en cada fila de píxeles de imagen de gradiente de intensidad para producir una imagen de gradiente de intensidad promediado que comprende una pluralidad de píxeles de imagen de gradiente de intensidad promediado, en donde n es un número entero que corresponde al espaciado de píxel entre anomalías de rayas; e
- 15 identificar (64) una o más anomalías en la imagen óptica dependiendo de la magnitud de los píxeles de gradiente de intensidad promediados que es mayor o igual que un valor umbral.
2. Un método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente corregir las anomalías en la imagen óptica dependiendo de la magnitud del gradiente de intensidad.
3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde los primeros y segundos píxeles de imagen óptica son adyacentes.
- 20 4. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde el gradiente de intensidad es un diferencial de primer orden.
5. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde el gradiente de intensidad comprende una diferencia entre una intensidad del primer píxel de imagen óptica y una intensidad del segundo píxel de imagen óptica.
- 25 6. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde identificar las anomalías comprende identificar los segundos datos de imagen óptica como anómalos dependiendo del gradiente de intensidad entre los primeros datos de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica que son negativos y que tienen una magnitud mayor que el umbral.
- 30 7. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde identificar las anomalías comprende identificar los primeros datos de imagen óptica como anómalos dependiendo del gradiente de intensidad entre los primeros datos de imagen óptica y los segundos datos de imagen óptica que son positivos y que tienen una magnitud mayor que el umbral.
8. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde cada píxel de imagen de gradiente de intensidad representa un gradiente de intensidad entre un par de píxeles de imagen óptica adyacentes entre sí en una dirección transversal a la dirección de exploración del dispositivo de exploración óptico.
- 35 9. Un método según la reivindicación 1, en donde n es el número de caras en un espejo poligonal comprendido en el dispositivo de exploración óptico.
10. Un método según la reivindicación 9, en donde ejecutar el filtro de módulo n comprende ejecutar el filtro en direcciones hacia delante y hacia atrás.
- 40 11. Un método según la reivindicación 10, en donde ejecutar el filtro de módulo n comprende adicionalmente promediar los resultados de la filtración hacia delante y hacia atrás.
12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde identificar anomalías en la imagen óptica depende de la intensidad de un primer píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado que tiene la misma intensidad que un segundo píxel de imagen de gradiente de intensidad promediado en una posición correspondiente de la fila por encima y/o por debajo de la imagen de gradiente de intensidad promediado.
- 45 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende adicionalmente producir una máscara que comprende la imagen de gradiente de intensidad promediado.
14. Un método según la reivindicación 13, que comprende adicionalmente corregir la imagen óptica para eliminar anomalías restando la máscara de la imagen óptica.
- 50 15. Un producto de programa informático configurado para almacenar código de programa informático ejecutable para llevar a cabo el método según cualquier reivindicación anterior.

16. Un aparato que comprende un procesador configurado para llevar a cabo el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

17. Un dispositivo de formación de imágenes que comprende el aparato según la reivindicación 16.

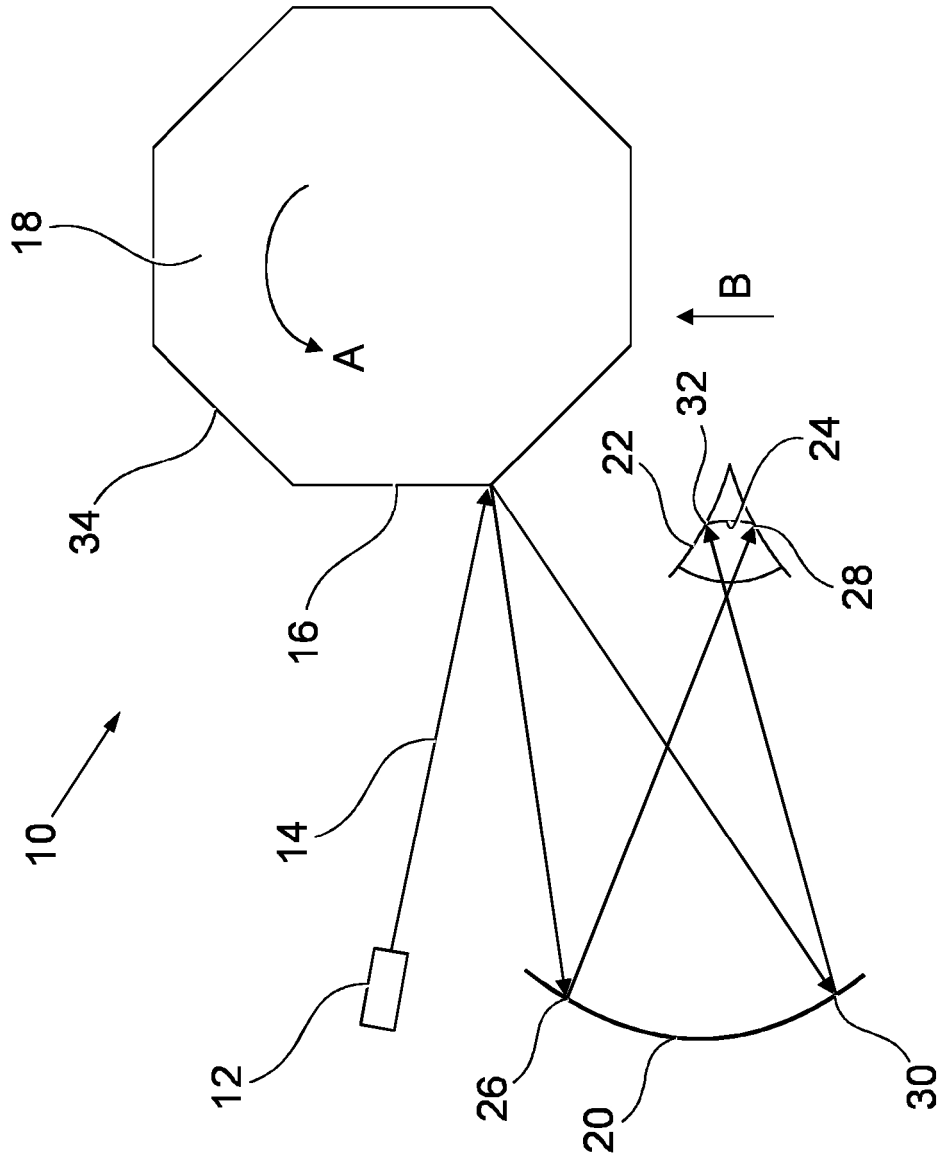


Fig. 1

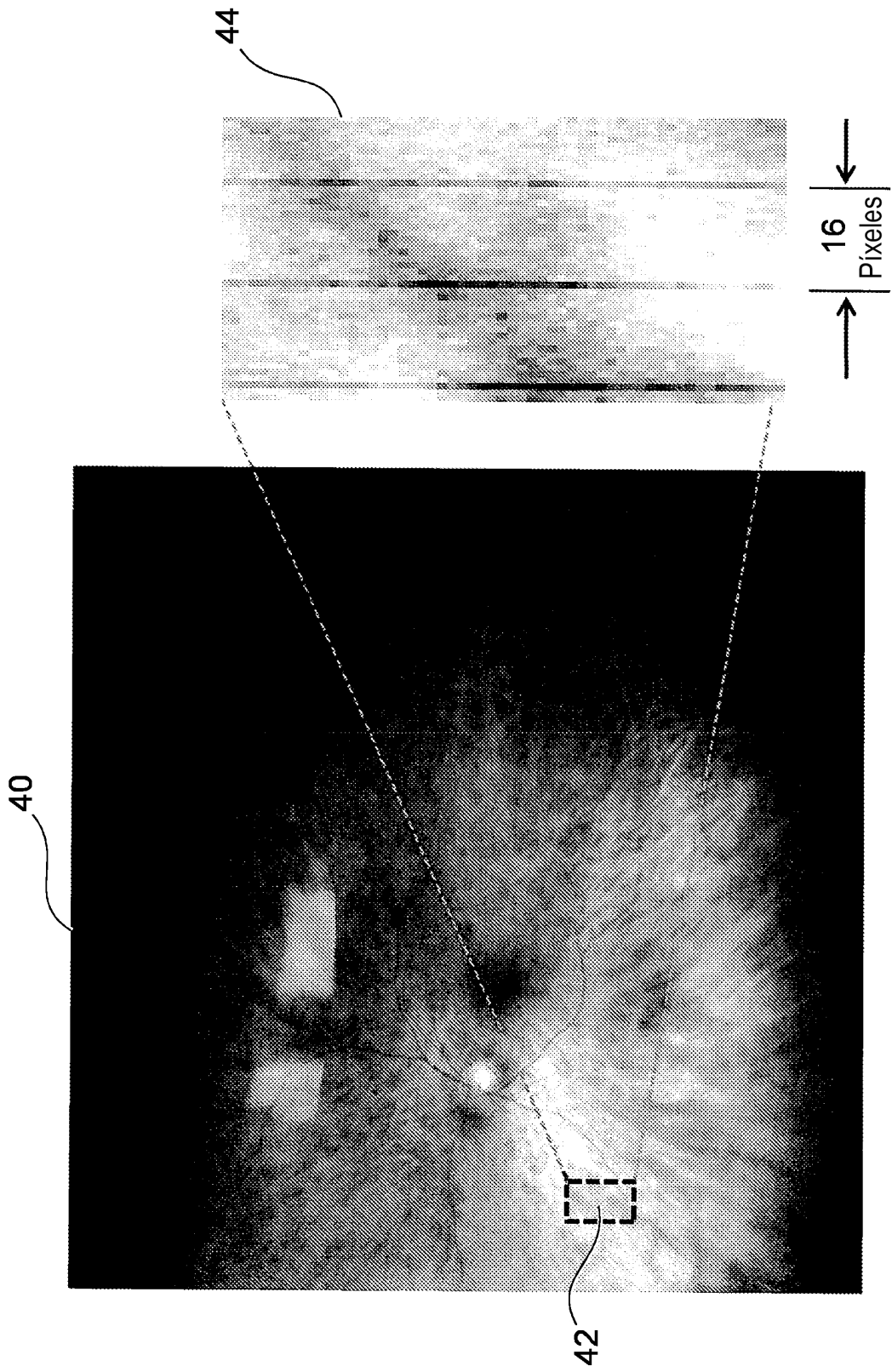


Fig. 2

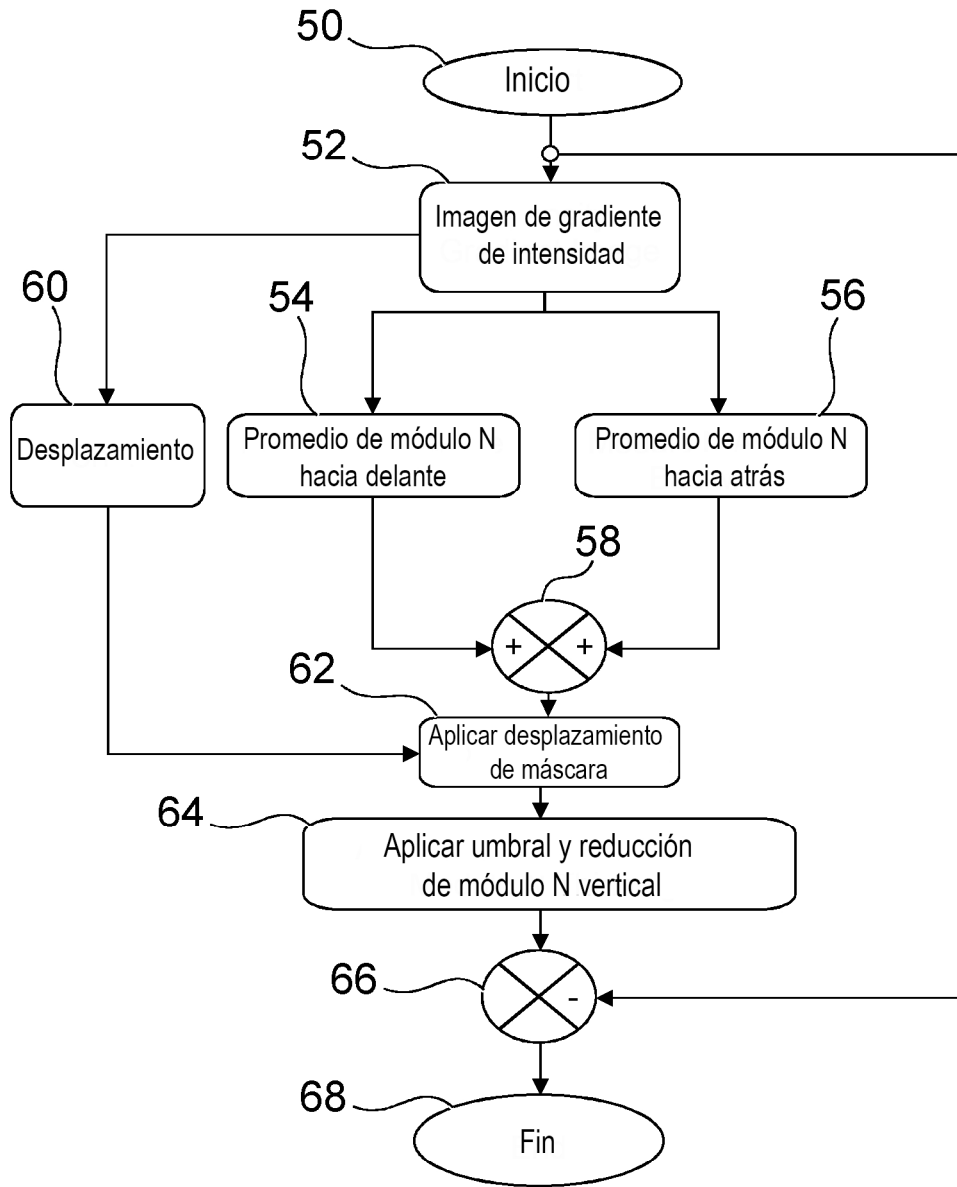


Fig. 3

1 ₀	2 ₀	3 ₀	4 ₀	5 ₀	6 ₀	7 ₀	8 ₀	9 ₀	10 ₀
11 ₀	12 ₀	13 ₀	14 ₀	15 ₀	16 ₀	17 ₀	18 ₀	19 ₀	20 ₀
21 ₀	22 ₀	23 ₀	24 ₀	25 ₀					

Fig. 4

1 _I	2 _I	3 _I	4 _I	5 _I	6 _I	7 _I	8 _I	9 _I	10 _I
11 _I	12 _I	13 _I	14 _I	15 _I	16 _I	17 _I	18 _I	19 _I	20 _I
21 _I	22 _I	23 _I	24 _I	25 _I					

Fig. 5

1 _{AI}	2 _{AI}	3 _{AI}	4 _{AI}	5 _{AI}	6 _{AI}	7 _{AI}	8 _{AI}	9 _{AI}	10 _{AI}
11 _{AI}	12 _{AI}	13 _{AI}	14 _{AI}	15 _{AI}	16 _{AI}	17 _{AI}	18 _{AI}	19 _{AI}	20 _{AI}
21 _{AI}	22 _{AI}	23 _{AI}	24 _{AI}	25 _{AI}					

100

Fig. 6

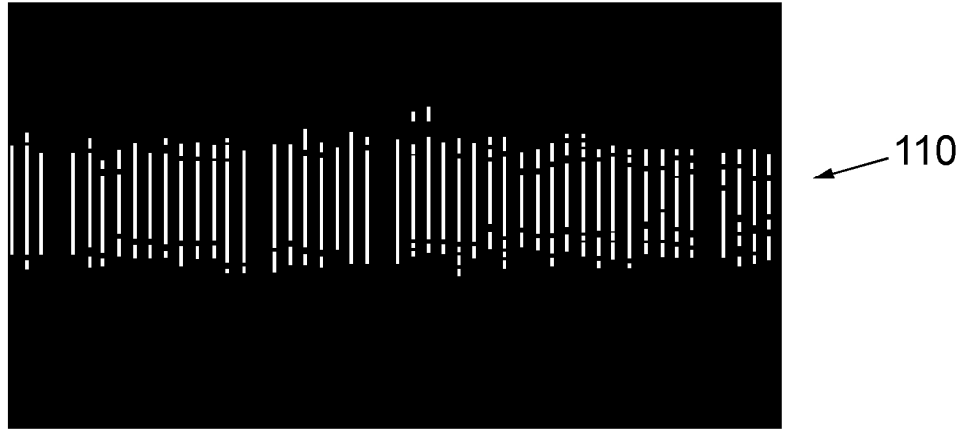


Fig. 7

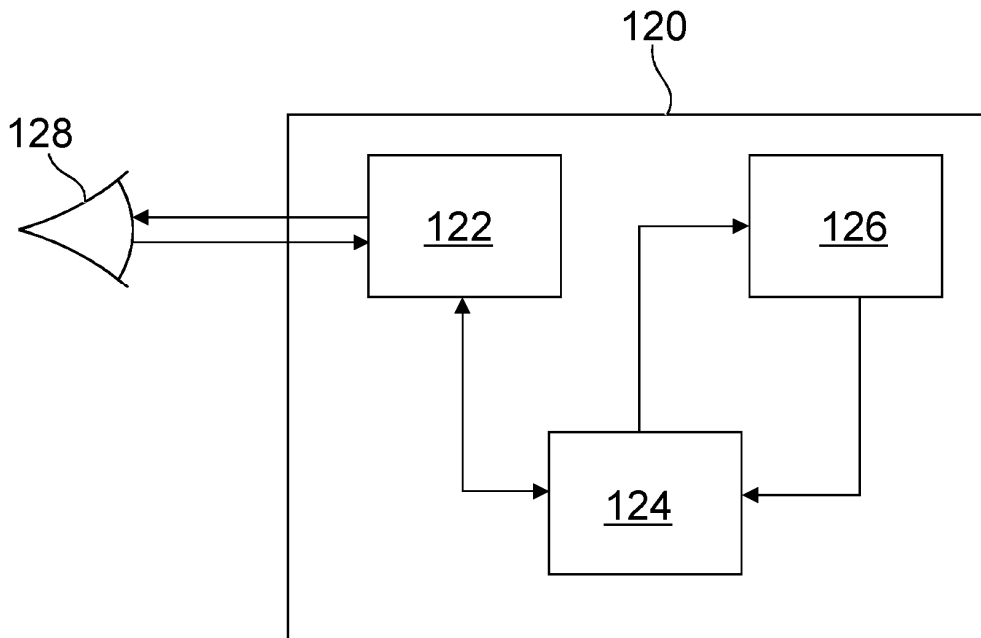


Fig. 8