

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 637**

51 Int. Cl.:

G03B 35/10 (2006.01)

G03B 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2007 E 07750766 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 1984785**

54 Título: **Formación de imágenes tridimensionales monoculares**

30 Prioridad:

13.02.2006 US 773132 P

08.09.2006 US 530413

08.09.2006 US 530420

08.09.2006 US 530428

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

22.07.2014

73 Titular/es:

**3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY
(100.0%)**

**3M CENTER P.O. BOX 33427
ST. PAUL, MN 55133-3427, US**

72 Inventor/es:

**ROHALY, JANOS JR. y
HART, DOUGLAS P.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 478 637 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

Formación de imágenes tridimensionales monoculares

Antecedentes

5 Esta solicitud reivindica prioridad de las siguientes solicitudes de patente de EEUU: Sol. EEUU nº60/773,132 presentada el 13 de febrero de 2006; Sol. EEUU nº11/530,413 presentada el 8 de septiembre de 2006; Sol. EEUU nº11/530,420 presentada el 8 de septiembre de 2006; y Sol. EEUU nº11/530,428 presentada el 8 de septiembre de 2006.

Campo de la invención

10 Esta invención se refiere al campo de la imagen, y más concretamente al campo de la toma de muestras de la pupila para la formación de imágenes tridimensionales multi-vista.

Descripción de la técnica relacionada

15 Un enfoque para la captura de información de profundidad tridimensional es la utilización de un par de dispositivos de grabación de dos dimensiones cuya orientación relativa se conoce. De igual forma que los sistemas ópticos humanos o animales, la obtención de información de la profundidad a partir de sistemas ópticos espaciales es una técnica de triangulación que se basa en la diferencia o disparidad entre las posiciones grabadas de uno o más puntos objetivo en dos sensores de imagen. Para cada característica objetivo, la magnitud de la disparidad está directamente relacionada con esa distancia de la característica del sistema de generación de imágenes. Sin embargo, en los sistemas de visión artificial este enfoque tiene limitaciones, tales como el alto coste de los sistemas múltiples de cámaras/lentes y el alto coste computacional de procesamiento de grandes disparidades de característica objetivo entre un sensor y otro.

20 Una tecnología estrechamente relacionada con la imagen estéreo es el trío de imágenes, donde se utilizan tres imágenes separadas en lugar de dos. El trío de imágenes se utiliza normalmente para eliminar la ambigüedad de procesamiento y para proporcionar redundancia de formación de imágenes, mejorando de esta forma la precisión y robustez con una mínima adición de coste computacional. La mayoría de los sistemas de trío de imágenes constan de tres cámaras colocadas equidistantes entre sí formando un triángulo equilátero. Por lo general los sistemas estéreo se aprovechan de la posición de la cámara rectificadas que provoca disparidad solamente en una dirección. A este respecto, otros arreglos de tríos (tales como la configuración en "L") pueden producir resultados favorables. De forma similar a los sistemas basados en estéreo, los objetos aparecen desplazados en cada una de las imágenes adquiridas por estos sistemas, con un desplazamiento entre las cámaras proporcional a la profundidad. Sin embargo, a diferencia de los sistemas estéreo, el objeto se desplaza en las direcciones horizontal y vertical entre las tres cámaras. Una vez que se conocen las posiciones relativas de la cámara, la imagen de rectificación puede reducir las disparidades de dos dimensiones a disparidades de una sola dimensión. Para resolver información tridimensional, la disparidad de las características del objeto que aparecen en las imágenes tridimensionales se determina a través de la triangulación de la misma manera que en la formación de imágenes basada en estéreo. Las tres vistas definen todos los puntos y aristas (líneas) dentro del espacio fotografiado. El uso de más de dos sensores ayuda con trabajo alrededor del llamado "efecto de apertura" en el sistema de formación de imágenes, en el que la disparidad de imagen local solo se puede determinar perpendicular a las características de textura que proporciona la señal. Esta determinación requiere sensores no co-lineales. Tener más sensores también ayuda con oclusión de superficies objetivo, donde se bloquea un sensor, pero los otros pueden todavía facilitar suficiente información, cuyo beneficio es mayor con sensores no co-lineales.

35 En los sistemas de formación de imágenes tridimensionales a base de triangulación (incluyendo los sistemas estéreo y de tríos) existe una necesidad para determinar con precisión el desplazamiento de las características objeto entre las imágenes adquiridas. El proceso requerido para determinar este desplazamiento (y de esta manera permitir que las distintas imágenes se resuelvan en un sistema de coordenadas común) que comúnmente se conoce como registro de la imagen. Se han desarrollado muchos tipos de procesamiento de registro de la imagen, incluyendo el flujo óptico (basado en los gradientes de intensidades de imágenes grabadas), la correlación (basada en la singularidad espacial de la orientación de la característica objeto de la imagen formada y la intensidad), y corte gráfico (basado en la minimización de un usuario función de la energía definida en relación a las características de la imagen).

40 El documento EE. UU. 6 338 711 describe un sistema de formación de imágenes estéreo y tríos.

Por lo tanto, se han desarrollado un número de técnicas matemáticas y algorítmicas para la resolución de los datos ópticos en representaciones tridimensionales de la materia objeto de imágenes. Sin embargo, sigue habiendo una necesidad para los trenes ópticos mejorados para adquirir datos de imágenes tridimensionales.

Compendio

55 La presente invención proporciona un dispositivo óptico mejorado como se define en la reivindicación 1. Un sistema

de formación de imágenes tridimensionales utiliza una sola lente óptica primaria con varias configuraciones de aperturas, instalaciones de reenfoque, y similares para obtener tres canales ópticos de compensación cada uno de los cuales se puede captar separadamente con un sensor óptico.

5 En un aspecto, una cámara descrita en este documento incluye una instalación óptica primaria que tiene una trayectoria óptica con un eje central; un elemento de apertura que incluye una pluralidad de aperturas para transmitir selectivamente partes de la trayectoria óptica para proporcionar una pluralidad de canales ópticos; una instalación de reenfoque que incluye una pluralidad de lentes de reenfoque, cada una de las lentes de reenfoque en una posición conjugada en la trayectoria óptica a una de la pluralidad de aperturas; y una instalación de muestreo que dirige uno o más de la pluralidad de canales ópticos hacia un sensor óptico.

10 El sensor óptico puede incluir un sensor para cada uno de la pluralidad de canales ópticos. El eje central puede intersectar una de las lentes de reenfoque. La instalación de toma de muestras puede incluir l menos un prisma. El por lo menos un prisma puede incluir un prisma que tiene un orificio ubicado en el eje central, orificio que pasa por un centro de uno de la pluralidad de canales ópticos. La instalación de toma de muestras puede incluir por lo menos un espejo. El por lo menos un espejo puede incluir dos espejos separados por un espacio que pasa por un centro de uno de la pluralidad de canales ópticos. Al menos uno de los elementos de apertura y la instalación de reenfoque pueden estar adaptados para girar. El elemento de apertura se puede adaptar para girar mientras que la instalación de reenfoque puede permanecer estacionaria. El elemento de apertura puede incluir tres aperturas. La cámara puede incluir un procesador de imágenes que procesa los datos adquiridos por el sensor óptico.

20 Se describe en la presente memoria un sistema de formación de imágenes ópticas de tres dimensiones que incluye una sola instalación óptica primaria en una trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes; una instalación de división de haces de rayos muestra en la trayectoria óptica primaria para proporcionar una pluralidad de haces de rayos muestreados; por lo menos un sensor que recibe uno de la pluralidad de haces de rayos muestreados; y una instalación de procesamiento de imágenes que procesa una salida de al menos un sensor.

25 La pluralidad de haces de rayos muestreados puede incluir tres haces de rayos, proporcionando cada uno de los tres haces de rayos un canal óptico. El por lo menos un sensor puede incluir tres sensores, adquiriendo cada uno de los tres sensores datos de uno de la pluralidad de haces de rayos.

30 En otro aspecto, se describe en la presente memoria un sistema de imagen óptica tridimensional que incluye una sola instalación óptica primaria; una instalación de toma de muestras de pupila en una primera pupila de una trayectoria óptica en el sistema de formación de imágenes; y una instalación de división de pupila en una segunda pupila de la trayectoria óptica.

La instalación de toma de muestras de la pupila puede incluir tres canales ópticos: los tres canales ópticos pueden incluir al menos un canal central que comparte un eje con un eje central de la instalación óptica primaria única.

35 En otro aspecto, se describe en la presente memoria un sistema de imagen óptica tridimensional que incluye una instalación óptica primaria; un elemento de apertura que muestrea una parte de un frente de onda de la instalación óptica primaria para proporcionar un frente de onda muestreado, incluyendo el elemento de apertura una pluralidad de aperturas, que incluye por lo menos una de las aperturas un filtro de paso de banda; un sensor que recibe una parte del frente de onda muestreado; y una instalación de procesamiento de imágenes que procesa una salida del sensor.

40 La pluralidad de aperturas puede incluir tres aperturas. Un eje central de la instalación óptica primaria puede intersectar una de las tres aperturas.

Un sistema de imágenes tridimensional utiliza una lente óptica primaria a lo largo de tres aperturas co-lineales para obtener tres canales ópticos de compensación cada uno de los cuales se puede captar separadamente con un sensor óptico.

45 En un aspecto, un dispositivo descrito en el presente documento describe incluye un elemento de apertura ubicado en una instalación óptica primaria que tiene un eje central, incluyendo el elemento de apertura tres aperturas posicionadas de forma co-lineal, que transmiten cada una de las aperturas de forma selectiva una parte de un frente de onda óptico de la instalación óptica primaria, proporcionando de este modo tres canales ópticos, y la central de las aperturas en el eje central.

50 Las tres aperturas pueden estar básicamente espaciadas de forma equitativa. El elemento de apertura puede incluir una o más placa móvil, una apertura electrónica, un obturador, una apertura de obturación, una apertura oscilante, un espejo capaz de voltear, un espejo giratorio y un procesador de luz digital. El elemento de apertura se puede adaptar para girar sobre el eje central. El dispositivo puede incluir una instalación de reenfoque que tiene tres elementos de reenfoque ubicados en posiciones conjugadas con las tres aperturas en la instalación óptica primaria. La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar sobre el eje central. El elemento de apertura se puede adaptar para girar sobre el eje central. La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar en una dirección opuesta a la del elemento de apertura. El dispositivo puede incluir tres sensores ópticos ubicados para captar datos de cada uno de los tres canales ópticos. Cada uno de los tres sensores ópticos puede incluir una colección de

sensores para adquirir datos RGB (rojo, verde, azul). El dispositivo puede incluir una instalación de toma de muestras que redirige los tres canales ópticos a los tres sensores ópticos. La instalación de toma de muestras puede incluir dos espejos separados por un espacio por el que pasa el canal central de los canales ópticos correspondiente a la central de las aberturas. La instalación de toma de muestras puede incluir tres espejos. La instalación de toma de muestras puede incluir al menos un prisma. El al menos un prisma puede incluir un prisma que tiene un agujero por el que pasa el central de los canales ópticos correspondiente a la central de las aberturas.

En otro aspecto, un dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación de reenfoque ubicada en una instalación óptica primaria que tiene un eje central, incluyendo la instalación de reenfoque tres elementos de reenfoque ubicados de forma co-lineal y prácticamente equidistantes, reenfocando cada uno de los tres elementos de reenfoque una parte de un frente de onda óptico de la instalación óptica primaria, y el central de los elementos de reenfoque ubicado en el eje central.

La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar sobre el eje central. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos un espejo. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos una lente. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos un elemento meso-óptico. El dispositivo puede incluir tres sensores ópticos ubicados para captar datos de cada uno de los tres canales ópticos. Cada uno de los tres sensores ópticos puede incluir una colección de sensores para captar datos RGB.

En otro aspecto, un método de procesamiento de imágenes a partir de sensores descrito en el presente documento incluye recibir la salida de tres sensores ópticos de un sistema formador de imágenes, incluyendo los tres sensores ópticos un sensor central que capta datos de un canal central de una trayectoria óptica y dos sensores laterales, teniendo cada sensor lateral un desplazamiento igual respecto del movimiento de la imagen en la trayectoria óptica; cambiar el signo de la dirección de desplazamiento de un registro entre dos de los sensores; y combinar un registro entre el sensor central y los dos sensores laterales.

Un sistema de imágenes tridimensional utiliza una sola lente óptica primaria a lo largo de tres aberturas no co-lineales para obtener tres canales ópticos de compensación cada uno de los cuales se puede captar de forma separada con un sensor óptico.

En un aspecto, un dispositivo descrito en el presente documento incluye un elemento de apertura ubicado en la instalación óptica primaria que tiene un eje central, incluyendo el elemento de apertura tres aberturas ubicadas de forma no co-lineal, transmitiendo cada una de las aberturas de forma selectiva una parte de un frente de onda óptico de la instalación óptica primaria, proporcionando de este modo tres canales ópticos.

Una de las tres aberturas puede ser una abertura central ubicada en el eje central. El dispositivo puede incluir una cuarta abertura, ubicada la cuarta abertura en el eje central. Las tres aberturas pueden estar espaciadas prácticamente equidistantes. Las tres aberturas pueden formar un ángulo recto. Dos de las tres aberturas pueden estar a ciento ochenta grados respecto del eje central de la instalación óptica primaria. El elemento de abertura puede incluir una o más placas móviles, una abertura electrónica, un obturador, una abertura de obturación, una abertura oscilante, un espejo capaz de voltear, un espejo giratorio, y un procesador de luz digital. El elemento de abertura se puede adaptar para girar en el eje central. El dispositivo puede incluir una instalación de reenfoque que tiene tres elementos de reenfoque ubicados en posiciones conjugadas con las tres aberturas en la instalación óptica primaria. La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar en el eje central. El elemento de abertura se puede adaptar para girar en el eje central. La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar en una dirección opuesta a la del elemento de abertura. El dispositivo incluye tres sensores ópticos ubicados para captar datos de cada uno de los tres canales ópticos. Cada uno de los tres sensores ópticos pueden incluir una colección de sensores para adquirir datos RGB. El dispositivo puede incluir instalación de toma de muestras que redirecciona los tres canales ópticos hacia los tres sensores ópticos. La instalación de toma de muestras puede incluir dos espejos separados mediante un espacio por el que pasa uno de los canales ópticos correspondiente a la central de las aberturas. La instalación de toma de muestras puede incluir tres espejos. La instalación de toma de muestras puede incluir al menos un prisma. El al menos un prisma puede incluir un prisma que tiene un agujero por el que pasa el central de los canales ópticos correspondiente a la central de las aberturas.

En otro aspecto, un dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación de reenfoque ubicada dentro de la instalación óptica primaria que tiene un eje central, incluyendo la instalación de reenfoque tres elementos de reenfoque ubicados de forma co-lineal y prácticamente equidistantes, que reenfocan cada uno de los elementos de reenfoque una parte de un frente de onda de la instalación óptica primaria, y el central de los elementos de reenfoque ubicado en el eje central.

La instalación de reenfoque se puede adaptar para girar sobre el eje central. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos un espejo. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos una lente. Los elementos de reenfoque pueden incluir al menos un elemento meso-óptico. El dispositivo puede incluir tres sensores ópticos para captar datos de cada uno de los tres canales ópticos. Cada uno de los tres sensores ópticos puede incluir una colección de sensores para adquirir datos RGB.

En un aspecto, un dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación única óptica primaria; una

5 instalación de reenfoque en una trayectoria óptica primaria del sistema óptico de formación de imágenes para tomar muestras de una o más partes de un frente de onda óptico que pasa a través de una instalación única óptica primaria, y enfocar el frente de onda óptico sobre una imagen plana; un elemento de apertura móvil en una posición conjugada con la instalación de reenfoque; una instalación de división que divide en una o más partes el frente de onda óptico; al menos un sensor que recibe al menos una de las una o más partes del frente de onda óptico; una instalación de procesamiento de la imagen que procesa una salida de al menos un sensor; y una instalación de realimentación que controla al menos un elemento de apertura móvil y la instalación de reenfoque basada en la salida de al menos un sensor.

10 El dispositivo puede incluir además una o más lentes de retransmisión que retransmiten haces de rayos. La instalación única óptica primaria puede incluir una lente. La instalación única óptica primaria puede incluir un conjunto de espejos. La instalación única óptica primaria puede ser una instalación óptica electrónica. La instalación óptica electrónica puede incluir una pantalla de cristal líquido. La instalación óptica electrónica puede incluir un espejo capaz de voltear.

15 La instalación de reenfoque puede incluir tres elementos de reenfoque. Los tres elementos de reenfoque pueden estar dispuestos de forma co-lineal fuera del eje de la trayectoria óptica primaria. Los tres elementos de reenfoque pueden estar dispuestos en triángulo. El triángulo puede ser un triángulo rectángulo.

20 La instalación de reenfoque puede incluir dos lentes de reenfoque. La instalación de reenfoque puede ser una instalación de reenfoque giratoria. La instalación de reenfoque puede estar adaptada para girar sincronizada con la rotación del elemento de apertura móvil. La instalación de reenfoque puede ser una instalación de reenfoque basada en un espejo. La instalación de reenfoque puede estar dispuesta detrás de la instalación óptica primaria. La instalación de reenfoque puede estar dispuesta delante de la instalación única óptica primaria. La instalación de reenfoque puede estar dentro de la instalación óptica primaria. El elemento de apertura móvil se puede adaptar para girar.

25 El elemento de apertura móvil puede incluir tres aberturas que corresponden a tres lentes de reenfoque de la instalación de reenfoque. Las tres aberturas pueden estar dispuestas de forma co-lineal fuera del eje de la trayectoria óptica primaria. Las tres aberturas pueden estar dispuestas en triángulo. El triángulo puede ser un triángulo recto.

30 El elemento de apertura móvil se puede adaptar para girar sincronizado con la rotación de la instalación de reenfoque. El elemento de apertura móvil se puede adaptar para girar en la dirección de rotación de la instalación de reenfoque. El elemento de apertura móvil se puede adaptar para girar en la dirección opuesta de la rotación de la instalación de reenfoque. El elemento de apertura móvil puede estar delante de la instalación única óptica primaria en la trayectoria óptica primaria. El elemento de apertura móvil puede estar detrás de la instalación única óptica primaria en la trayectoria óptica primaria. El elemento de apertura móvil puede estar localizado en una pupila del sistema. Al menos una abertura del elemento de apertura móvil se puede localizar en un eje de la trayectoria óptica primaria. El elemento de apertura móvil puede ser un elemento de apertura giratorio, y en el que al menos una abertura del elemento de apertura no se mueva respecto al eje de la trayectoria óptica primaria durante la rotación del elemento de apertura móvil. Una imagen que pasa a través de al menos una abertura del elemento de apertura móvil puede proporcionar una referencia fija.

40 La instalación de división puede incluir una instalación de división de pupila. La instalación de división puede incluir una instalación de toma de muestras de pupila. La instalación de división puede incluir un divisor de polarización. La instalación de división puede incluir un prisma. La instalación de división puede incluir un par de espejos. El par de espejos pueden estar separados por un espacio que permita un canal central de una imagen para pasar directamente a un sensor. La instalación de división puede incluir un espejo con una parte transmisiva que permite que una parte de una imagen pase a través de una parte del espejo.

45 El dispositivo puede además incluir tres sensores dispuestos en conjunción con tres haces de rayos que se corresponden a tres aberturas del elemento de apertura móvil.

50 El dispositivo puede comprender además dos sensores que incluyen un primer sensor dispuesto como un canal trasero a lo largo del eje central de la trayectoria óptica primaria y un segundo sensor dispuesto fuera del eje respecto del eje central de la trayectoria óptica primaria. El al menos un sensor puede constar de un sensor. El sensor puede ser un sensor RGB. El sensor puede incluir una pluralidad de elementos de sensor, siendo cada uno de la pluralidad de elementos de sensor sensible de forma selectiva a longitudes de onda específicas de la luz.

55 La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir una cámara. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir un sistema de visión artificial. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir un sistema de detección de movimiento. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir una instalación de formación de imágenes tridimensional. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir una instalación de formación de imágenes médica. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir una instalación de formación de imágenes dental. La instalación de procesamiento de la imagen puede realizar un procesamiento del trío de imágenes basado en un procesamiento espacio-temporal. La instalación de procesamiento de la imagen

puede realizar un procesamiento de la imagen basado en una correlación. La instalación de procesamiento de la imagen puede realizar un procesamiento de la imagen basado en la disparidad. La instalación de procesamiento de la imagen puede ser capaz de realizar la medición de la velocidad. La instalación de reenfoque puede estar dispuesta delante de la instalación única óptica primaria en la trayectoria óptica primaria.

- 5 El dispositivo puede incluir además un elemento de enmascaramiento adaptado para moverse de forma sincronizada con el elemento de apertura móvil.

El dispositivo se puede utilizar para corregir aberraciones en los datos de la imagen óptica.

- 10 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación única óptica primaria; una instalación de división que toma muestras de partes de una pupila del sistema de formación de imágenes para proporcionar una pluralidad de partes muestreadas de un frente de onda óptico; un conjunto de tres o más sensores que recibe las respectivas de la pluralidad de las partes muestreadas; y una instalación de procesamiento de la imagen que procesa la salida de los sensores.

- 15 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento puede incluir una instalación única óptica primaria en una trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes; y la instalación de reenfoque en la trayectoria óptica primaria, instalación de reenfoque adaptada para tomar muestras de una parte del frente de onda que pasa a través de la instalación óptica primaria.

- 20 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento puede incluir una instalación única óptica primaria en una trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes; la instalación de reenfoque en la trayectoria óptica primaria, la instalación de reenfoque adaptada para tomar muestras de una parte de un frente de onda que pasa a través de la instalación óptica primaria; un elemento de apertura móvil que toma muestras de la parte del frente de onda para proporcionar un frente de onda muestreado; por lo menos un sensor que recibe el frente de onda muestreado; y la instalación de procesamiento de la imagen que procesa la salida de por lo menos un sensor.

- 25 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye un elemento de apertura móvil que toma muestras de una parte del frente de onda para proporcionar un frente de onda muestreado; por lo menos un sensor que recibe el frente de onda muestreado; y la instalación de procesamiento de la imagen que procesa la salida de al menos un sensor.

- 30 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye un elemento de apertura móvil que toma muestras de una parte del frente de onda, el elemento de apertura móvil ubicado en una pupila de una trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes, incluyendo el elemento de apertura móvil al menos una abertura ubicada en el eje de la trayectoria óptica primaria; al menos un sensor que recibe la parte muestreada del frente de onda; y la instalación de procesamiento de la imagen que procesa la salida de uno o más sensores.

- 35 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye un elemento de apertura que toma muestras de una parte de un frente de onda en el sistema de formación de imágenes, ubicado el elemento de apertura en la trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes en la pupila de la trayectoria óptica primaria, incluyendo el elemento de apertura una pluralidad de aberturas que están dispuestas de forma lineal una respecto a la otra.

- 40 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación única óptica primaria; el elemento de apertura giratorio que toma muestras de una parte del frente de onda en el sistema de formación de imágenes para proporcionar un frente de onda muestreado, estando ubicado el elemento de apertura en una trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes en una pupila de la trayectoria óptica primaria; al menos un sensor que detecta una parte del frente de onda muestreado; y un sistema de procesamiento de la imagen que procesa la salida de al menos un sensor.

- 45 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación única óptica primaria en una trayectoria óptica primaria de un sistema de formación de imágenes; la instalación de reenfoque en la trayectoria óptica primaria para tomar muestras de una parte del frente de onda en la trayectoria óptica primaria; un elemento de apertura móvil que toma muestras de una parte del frente de onda en la trayectoria óptica primaria; la instalación de división que divide partes de una pupila dentro de la trayectoria óptica primaria; un sensor que recibe el frente de onda después de la instalación de reenfoque, la apertura móvil, y la instalación de división; y la instalación de
50 procesamiento de la imagen que procesa una salida del sensor.

- 55 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye una instalación única óptica primaria en una trayectoria óptica primaria de un sistema de formación de imágenes; la instalación de reenfoque en la trayectoria óptica primaria para tomar muestras de una parte del frente de onda en la trayectoria óptica primaria; un elemento multi-apertura adaptado para recibir el frente de onda de la instalación de reenfoque y para tomar muestras del frente de onda recibido, incluyendo el elemento multi-apertura para pluralidad de aberturas; la instalación de división que separa partes de la pupila en la trayectoria óptica primaria para proporcionar una pluralidad de frentes de onda muestreados; un sensor que recibe uno o más de la pluralidad de frentes de onda, en donde el sensor se adapta

para recibir frentes de onda muestreados, de al menos dos de la pluralidad de aberturas simultáneamente; y la instalación de procesamiento de la imagen que procesa la salida de uno o más sensores.

- 5 En un aspecto, el dispositivo descrito en el presente documento incluye la recepción de la salida de tres sensores ópticos de un sistema de formación de imágenes, incluyendo los tres sensores ópticos un sensor central que capta datos del canal central de una trayectoria óptica y dos sensores laterales, teniendo cada sensor lateral un desplazamiento igual con respecto al movimiento de la imagen dentro de la trayectoria óptica; cambiar el signo de la dirección del desplazamiento del registro entre dos de los sensores; y combinar el registro entre el sensor central y los dos sensores laterales.

Todos los documentos identificados en la presente memoria se incorporan por referencia en su totalidad.

10 **Breve descripción de las figuras**

La invención y la siguiente descripción detallada de ciertas realizaciones pueden entenderse mediante referencia a las siguientes figuras.

La figura 1 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con un componente de apertura móvil, un conjunto de lentes de reenfoque, y una instalación de división de la pupila.

- 15 La figura 2 muestra una realización de la instalación de reenfoque.

La figura 3 muestra una realización de un elemento de apertura giratorio.

La figura 4 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con dos sensores.

Las figuras 5A-5D muestran realizaciones de una instalación de reenfoque y apertura móvil con lentes de reenfoque y aberturas en una configuración triangular.

- 20 La figura 6 muestra una realización de sensor único de un sistema de formación de imágenes.

La figura 7 muestra una realización con un prisma como una instalación de división de la pupila.

La figura 8 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con dos sensores de canal lateral.

Las figuras 9A-9B muestran realizaciones de una instalación de reenfoque y una apertura móvil con un par de lentes de reenfoque y un par de aberturas.

- 25 La figura 10 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con una instalación de reenfoque y un elemento de apertura móvil dispuesto delante de una lente óptica primaria.

La figura 11 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con una instalación de reenfoque delante de una lente óptica primaria y un componente de apertura móvil detrás de la lente óptica primaria.

- 30 La figura 12 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes con un conjunto de espejos que actúa como una instalación óptica primaria.

La figura 13 muestra un sistema de formación de imágenes con un componente óptico electrónico.

La figura 14 muestra un sistema de formación de imágenes con una instalación de procesamiento de la imagen asociada y que incluye una instalación de realimentación para proporcionar el control de realimentación a los componentes del sistema de formación de imágenes.

- 35 La figura 15 muestra una técnica para la visualización de áreas estrechas con un sistema de formación de imágenes.

La figura 16 es un diagrama esquemático que refleja un conjunto de imágenes tomadas por cámaras con una técnica de procesamiento de tríos de imágenes.

Descripción detallada

- 40 Se entenderá que las trazas de rayos y lentes representadas en las figuras siguientes son a efectos de ilustración únicamente, y representan trayectorias ópticas en general en los sistemas descritos. Las trazas de rayos y formas de lentes no deben entenderse que limiten el alcance de la invención en ningún sentido incluyendo la magnitud, dirección, o el enfoque de rayos de luz o haces que pasan a través de varios componentes ópticos, a pesar de las variaciones en número, dirección, forma posición o tamaño de los mismos, excepto como se indica expresamente en la siguiente descripción detallada.
- 45

Haciendo referencia a la figura 1, se representa un diagrama esquemático de un sistema 100 de formación de imágenes de acuerdo con una realización preferente de la presente descripción, incluyendo diversos componentes

opcionales. El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir una instalación 102 óptica primaria, que se puede emplear en cualquier sistema de procesamiento de la imagen. En general, una instalación óptica primaria se refiere en el presente documento a un sistema óptico que tiene un canal óptico. Normalmente, este canal óptico comparte al menos una lente, y tiene un plano de imagen compartido con el sistema óptico, aunque en la siguiente descripción, variaciones a este se pueden describir explícitamente o de otra manera evidente a partir del contexto. El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir una única lente primaria, un grupo de lentes, una lente objetivo, sistemas de espejos (incluidos los espejos tradicionales, los sistemas de espejos digitales, procesadores de luz digitales, o similares) espejos con el mismo foco, y cualesquiera otras instalaciones ópticas adecuadas para utilizar con los sistemas descritos en el presente documento. El sistema 100 de formación de imágenes se puede utilizar, por ejemplo en un sistema de cámara estereoscópica u otro de imagen múltiple. Otras instalaciones ópticas pueden incluir elementos ópticos holográficos o similares. En varias configuraciones, la instalación 102 óptica primaria puede incluir una o más lentes, tales como una lente objetivo (o grupo de lentes) 102b, una lente de campo 102d, una lente de retransmisión 102f, y así sucesivamente. La lente objetivo 102b se puede ubicar en o cerca de una entrada de la pupila del sistema 100 de formación de imágenes. La lente de campo 102d se puede ubicar en o cerca de un primer plano de imagen 102c del sistema 100. La lente 102f de retransmisión puede retransmitir haces de rayos de luz dentro del sistema 100. Se entenderá que, aunque en la figura 1 se representa una realización, son posibles numerosas variaciones. Además, aunque alguna de las lentes (por ejemplo, la 102d y la 102f) se representan como dobles, éstas pueden ser también lentes individuales.

El sistema 100 de formación de imágenes puede estar diseñado para el muestreo de frente de onda activa, que debe entenderse que comprende cualquier técnica utilizada para muestrear una serie o colección de datos ópticos a partir de un objeto u objetos, tales como el objeto 120 de la figura 1, que incluye datos ópticos utilizados para ayudar a detectar las características de dos o tres dimensiones de un objeto, utilizando datos ópticos para detectar el movimiento, utilizando datos ópticos para la medición de la velocidad o el seguimiento del objeto, o similares. El objeto 120 puede estar situado en un plano objeto nominal que se escanea mediante el sistema 100 de formación de imágenes, tal como el sistema incluido en una sonda de formación de imágenes, cámara o similar.

El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir un elemento 108 de apertura, que puede incluir cualquier elemento o elementos para la transmisión de forma selectiva de una parte de la señal óptica transmitida a través de la instalación 102 óptica primaria. Aunque se representa en una posición entre una lente de campo 102d y una lente de retransmisión 102f, se entenderá que el elemento 108 de apertura se puede colocar adecuadamente en una variedad de ubicaciones dentro o fuera de la instalación 103 óptica primaria, tal como delante de, en el interior o detrás de una de las lentes que sirve como instalación 102 óptica primaria. El elemento 108 de apertura puede incluir una o más aberturas 112. En realizaciones, el elemento de apertura 108 puede comprender cualquier clase de elemento de apertura, incluyendo una apertura dinámica, una placa móvil, una apertura móvil, una apertura controlada electrónicamente, una apertura electrónica, un obturador, una apertura de obturación, una apertura variable, una apertura oscilante, una apertura controlable, una apertura giratoria, un espejo capaz de voltear, un espejo giratorio, un procesador digital de luz (DLP), u otro componente similar. Las aberturas 112 pueden situarse en varias posiciones, tales como co-lineal / en el eje con la trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes, o en una ubicación paralela al eje / fuera del eje. En realizaciones las aberturas 112 del elemento de apertura 108 pueden incluir múltiples aberturas 108 dispuestas en varias configuraciones, tales como una línea de tres aberturas 112, un triángulo equilátero de aberturas 112, un par de aberturas 112, aberturas 112 en una configuración en "L", o similares. En realizaciones, una de las aberturas 112 puede estar ubicada en el eje central del sistema 100 de formación de imágenes. En una realización, el elemento 108 de apertura giratoria puede girar alrededor del eje central del sistema 100 de formación de imágenes, con tres aberturas 112 co-lineales dispuestas en su interior, una de las cuales está ubicada en el eje central del sistema 100 de formación de imágenes. Se entenderá que cualquier elemento giratorio descrito en el presente documento se puede adaptar para girar utilizando cualquier medio electromecánico u otros conocidos en la técnica y adecuados para su utilización con los sistemas ópticos descritos en el presente documento. Las otras dos aberturas 112 del elemento 108 de apertura pueden estar ubicadas en la línea con la apertura 112 situada centralmente, con las dos aberturas laterales que están cada una espaciadas de forma equidistante de la apertura central 112. En otras realizaciones las aberturas 112 se pueden disponer en otras diversas configuraciones, tales como triángulos, formas en "L", o similares. Las tres aberturas 112 en el elemento 108 de apertura giratoria permiten el muestreo de tres partes distintas de los haces de rayos que pasan a través de la instalación 102 óptica primaria. El elemento 108 de apertura puede permitir sub-muestreo activo de una parte del frente de onda de la instalación 102 óptica primaria, tal como una lente primaria de un sistema 100 de formación de imágenes. Una o más de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura pueden estar situadas en una posición fija, ya sea en el eje central del sistema 100 de formación de imágenes o en otra posición que es fija o invariable respecto del sistema 100 de formación de imágenes. En realizaciones la utilización de elementos ópticos holográficos puede aumentar el desplazamiento de las aberturas laterales, que pueden incrementar de forma ventajosa la resolución de profundidad o la sensibilidad del sistema 100 de formación de imágenes.

Una o más de las aberturas 112 pueden servir como imagen de referencia fija para el procesamiento de imágenes. Por lo tanto, en un aspecto, se describe en el presente documento un sistema de formación de imágenes tridimensional que emplea el elemento 108 multi-apertura en la trayectoria óptica primaria que tiene al menos una apertura de ubicación invariable que establece una imagen de referencia. El sistema puede incluir un elemento 108 móvil o multi-apertura activo. El sistema puede incluir una instalación de división que soporta tres o más canales

ópticos. La abertura no móvil puede estar localizada en una ubicación paralela al eje o puede estar situada en el eje central.

En otro aspecto, se describe en el presente documento un sistema de formación de imágenes tridimensional que tiene un elemento 108 de tres aberturas en el que las aberturas 112 son co-lineales, es decir dispuestas linealmente una con respecto a la otra. El elemento 108 de tres aberturas puede ser un componente móvil en el que una o más de las aberturas 112 se desplazan dentro de la trayectoria óptica. En realizaciones alternativas el elemento 108 de apertura puede incluir aberturas dispuestas en una configuración triangular (por ejemplo, un triángulo equilátero) o puede incluir un par de aberturas dispuestas en línea, aberturas dispuestas en forma de "L" (por ejemplo, un triángulo rectángulo), o similares.

El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir una o más instalaciones 110 de reenfoque, que deben ser entendidas para incluir cualquier instalación de reenfoque de haces de rayos, o una imagen o parte de una imagen, alterar el enfoque, ajustar el enfoque o similares. Las realizaciones pueden incluir lentes de reenfoque, lentes de retransmisión, sistemas de espejos u otras instalaciones ópticas capaces de retransmitir, codificar o reenfocar la luz, incluyendo, como apropiado para un contexto concreto, cualquiera de las instalaciones ópticas descritas anteriormente en relación con la instalación 102 óptica primaria. En algunas realizaciones, la instalación 110 de reenfoque puede incluir uno o más elementos meso-ópticos para ampliar la profundidad de campo para una trayectoria óptica, tal como conos de vidrio o Wavefront Coding™ dispositivos disponibles comercialmente de CDM Optics, Inc. Elementos meso-ópticos adecuados para utilizar con los sistemas descritos en el presente documento se describen, por ejemplo, en Meso-Optics Foundations and Applications por L.M. Soroko (noviembre 1996), todo el contenido de los cuales se incorpora en el presente documento por referencia. Aunque estos elementos pueden ampliar el intervalo de enfoque para la trayectoria(s) óptica asociada y pueden permitir la captación de imágenes a una distancia que es diferente del plano de enfoque de la instalación óptica primaria, se apreciará que la imagen correspondiente obtenida por un sensor puede estar codificada de una manera que requiera un algoritmo de decodificación o proceso para recuperar una imagen nítida de un haz de rayos. Los algoritmos de decodificación adecuados son conocidos y se pueden instalar en cualquier sistema(s) de procesamiento de la imagen asociado a una cámara que incorpora la instalación óptica primaria.

La instalación 110 de reenfoque puede soportar uno o más elementos 104 de reenfoque que consisten en una pluralidad de lentes de reenfoque. La instalación 110 de reenfoque y el elemento 108 de apertura pueden estar ubicados en posiciones conjugadas en el sistema 100 óptico y en ciertas realizaciones se puede considerar que estén prácticamente en la misma posición dentro del sistema 100. Por ejemplo, y no a modo de limitación, el elemento 108 de apertura y la instalación 110 de reenfoque pueden estar en el mismo plano, de manera que tengan alrededor de cada abertura una lente de reenfoque en una pupila compartida de la instalación óptica. La instalación 110 de reenfoque y el elemento 108 de apertura pueden girar, de modo que enfocan una imagen en uno o más sensores cuando están en la posición apropiada. La instalación 110 de reenfoque puede girar en la misma dirección que el elemento 108 de apertura giratorio, en la dirección opuesta, a la misma velocidad, y/o a una velocidad diferente. En realizaciones, la rotación de los elementos 110, 108 se controla mediante un procesador (no mostrado).

El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir una instalación 118 de toma de muestras. La instalación 118 de toma de muestras puede incluir cualquier tipo de instalación que tome muestras o que vuelva a redireccionar una parte de la señal óptica que pasa a través del sistema 100 de formación de imágenes, tal como una instalación de división, divisor de la pupila, instalación de división de la pupila, prisma, divisor, espejo, instalación de toma de muestras de la pupila, pluralidad de espejos, espejo parcial, filtro, espejo con elemento transparente, un par de espejos con un espacio entre ellos, u otras instalaciones similares. Además de la toma de muestras en la salida de la pupila (es decir, ubicada fuera de la instalación 102 óptica primaria), es posible tomar la muestra en el interior de la pupila de la instalación 102 óptica primaria. Haciendo referencia todavía a la figura 1, una instalación 118 de toma de muestras puede incluir un par de espejos para reflejar la luz en el sistema 100 de formación de imágenes en direcciones diferentes. La instalación 118 de toma de muestras puede incluir un número de posición de espejos para reflejar diferentes haces de rayos hacia diferentes sensores 114a, 114b y 114c. Como se representa, una primera instalación 118 de toma de muestras puede dirigir la luz hacia un primer 114a sensor lateral y una segunda instalación 118 puede dirigir la luz hacia un segundo sensor 114c lateral. Se puede proporcionar un espacio entre las dos instalaciones 118 de toma de muestras que permite a un haz de rayos coaxial (o paralelo al eje) desplazarse a lo largo del eje central del sistema 100 de formación de imágenes hasta el sensor trasero 114b. Se observará que, en el sistema de la figura 1, cada instalación 118 de toma de muestras está posicionada para recibir una parte del haz de rayos primario seleccionado por una de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura. Cada abertura 112 puede tener también un elemento 110 de reenfoque asociado con la misma en una ubicación conjugada. A su vez, cada sensor 114a, 114b o 114c puede recibir una parte correspondiente de los haces de rayos procedentes de la instalación 102 óptica primaria, que permite el procesamiento por separado de los diferentes haces de rayos.

Se debe entender que pueden proporcionarse otras varias disposiciones para dirigir diferentes haces de rayos a diferentes sensores 114. Por ejemplo, se puede proporcionar un solo espejo con un elemento central de transmisión, por ejemplo, un agujero, para permitir que una parte de la luz pase a través del sensor 114b trasero. Más en general, una variedad de técnicas ópticas que incluyen filtros, divisores, espejos, elementos refractivos y/o reflectivos, y similares, así como varias combinaciones de sistemas de obturación mecánicos, electromecánicos, y/o eléctricos se

pueden emplear de forma útil en los sistemas descritos en el presente documento.

Los sensores 114 pueden incluir cualquiera de los sensores adecuados para detectar una condición de energía óptica, por ejemplo, luz visible, energía infrarroja, rayos X, luz ultravioleta u otra energía de cualquier parte del espectro electromecánico que se podría transmitir a través de la instalación 102 óptica primaria. Los sensores debe entenderse que incluyen sensores capaces de medir la intensidad de la luz, sensores para detectar un color de la luz, colecciones de sensores, por ejemplo, sensores RGB y similares. Los sensores pueden incluir colecciones de sensores, tales como una, dos, o tres colecciones de sensores, o mayores colecciones de sensores, que pueden estar dispuestas para recibir diferentes haces de rayos o el mismo haz de rayos. El sistema 100 de formación de imágenes puede dirigir diferentes haces de rayos muestreados a diferentes partes del mismo sensor, formando de esta manera un número de sensores virtual a partir de un único sensor o matriz de píxeles. En una realización, los tres sensores 114a, 114b y 114c pueden estar posicionados como dos canales laterales y un canal posterior para recibir diferentes haces de rayos de la instalación 102 óptica primaria, como se entrega de forma selectiva a través del, por ejemplo, elemento 108 de apertura.

El sistema 100 de formación de imágenes puede incluir una o más instalaciones de procesamiento de la imagen (no mostradas), que debe entenderse que incluyen cualquier hardware, software, u otros sistemas de procesamiento para procesar datos de la imagen. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir uno o más sensores individuales, como se describe en el presente documento, así como una cámara (imagen fija, cinematográfica, digital, de video u otra cámara), un ordenador, un sistema de visión artificial, un sistema óptico, un lector, un dispositivo de seguimiento de objetos, un cinemascopio o similares. La instalación de procesamiento de la imagen puede incluir uno o más componentes adicionales, tales como un procesador, microprocesador, circuito integrado de aplicación específica, circuito, microchip, microcontrolador, controlador, elemento de hardware, software, firmware u otros componentes para el procesamiento de datos, incluyendo datos de imagen. Las instalaciones de procesamiento de la imagen deben entenderse para incluir y permitir varias técnicas para el procesamiento de la imagen, incluyendo las técnicas descritas en el presente documento y en los documentos incorporados por referencia en el presente documento para el muestreo del frente de onda activo de imágenes ópticas, técnicas basadas en la correlación de datos de la imagen de diferentes imágenes, u otras técnicas de procesamiento de la imagen, por ejemplo, decodificación de imágenes codificadas del frente de onda, conocidas por los expertos en la técnica. En una realización, los datos de los sensores 114a, 114b y 114c de la figura 1 pueden ser retransmitidos a una instalación de procesamiento de la imagen que es capaz de procesar los datos de la imagen, tal como se procesan las imágenes del objeto 120, y resolver los datos de la imagen resultante en datos tridimensionales. En realizaciones, una instalación de procesamiento de la imagen de este tipo puede registrar diferentes imágenes del sistema 100 de formación de imágenes, tales como las imágenes de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura, teniendo en cuenta la ubicación de las aberturas 112 y el movimiento del elemento 108 de apertura. Por ejemplo, la instalación de procesamiento de la imagen puede tener en cuenta la ubicación fija de la apertura 112 central de un elemento 108 de apertura giratoria, utilizando datos de imagen de aquella apertura 112 como una referencia fija para ayudar en el registro de imágenes eficiente. De forma similar, las posiciones relativas de las aberturas 112 laterales respecto del elemento 108 de apertura giratorio y sus posiciones relativas conocidas, pueden permitir el registro eficiente de las partes de la pupila del sistema 100 de formación de imágenes que se retransmiten a través de las respectivas aberturas 112 laterales a los sensores 114a y 114c.

El sistema de formación de imágenes puede incluir una o más instalaciones de retroalimentación, que pueden abarcar cualquier componente de una instalación de procesamiento de la imagen para proporcionar retroalimentación a los elementos controlables asociados a la instalación de procesamiento de la imagen. En realizaciones, la instalación de retroalimentación puede proporcionar retroalimentación para controlar, por ejemplo, la instalación 110 de reenfoque (por ejemplo, para controlar la rotación de una instalación 110 de reenfoque giratoria), el elemento 108 de apertura (por ejemplo, para controlar la rotación de una apertura giratoria, tal como en conjunción con una instalación 110 de reenfoque giratoria), la ubicación del objetivo 120 respecto de la instalación óptica primaria, la operación de los componentes ópticos electrónicos o cualquier otro aspecto controlable del sistema 100 de formación de imágenes.

El sistema de formación de imágenes puede incluir una o más instalaciones ópticas de retransmisión, tales como la lente 102f de retransmisión de la figura 1, que puede abarcar cualquier componente o elemento para el mantenimiento de la trayectoria óptica de la luz entre las instalaciones ópticas operativas. Las realizaciones pueden incluir varias lentes para retransmitir una imagen, o una parte de la misma, dentro de la instalación 102 óptica o entre la instalación 102 óptica primaria, las lentes 104 de reenfoque, la apertura 112, la instalación 118 de división de la pupila y/o uno o más sensores 114.

El sistema de formación de imágenes puede incluir una instalación óptica electrónica, que abarca cualquier componente electrónico que lleva acabo una o más funciones realizadas por cualquiera de los componentes ópticos o instalaciones descritas en el presente documento, tales como transmitir, enfocar, reflejar, difractar, refractar o retransmitir la luz. Las realizaciones pueden incluir girar o voltear los espejos, elementos de cristal líquido, procesadores digitales de luz, o similares.

En un aspecto, el sistema descrito incluye un sistema de imagen tridimensional que tiene una sola instalación 102 óptica primaria. El sistema puede emplear división de la pupila o toma de muestras de la pupila en combinación con

múltiples sensores, como se muestra y describe con referencia a la figura 1. El sistema puede emplear un par de instalaciones 118 de división, tales como espejos, en la trayectoria óptica primaria del sistema de formación de imágenes. Los haces de rayos se pueden dividir entre una trayectoria central y al menos una trayectoria lateral.

5 En general, se apreciará que son posibles numerosas variaciones al sistema 100 representado en la figura 1. Es decir, ciertos componentes se pueden omitir, otros se pueden añadir y varios componentes se pueden volver a colocar dentro del tren óptico. A modo de ejemplo y no de limitación, se pueden emplear una variedad de disposiciones de apertura de forma útil con los sistemas descritos en el presente documento. Por ejemplo, utilizando una cámara el sistema 100 puede incluir un elemento 108 de apertura, pero no la instalación 110 de reenfoque, o puede incluir un elemento 108 de apertura y la instalación 110 de reenfoque que incluye una o más lentes de reenfoque pero no elementos para codificar el frente de onda óptico, o puede incluir un elemento 108 de apertura y la instalación 110 de reenfoque que incluye uno o más elementos de codificación del frente de onda óptico pero no lentes de reenfoque. También se pueden utilizar diferentes instalaciones 110 de reenfoque en combinación. Por ejemplo, el sistema 100 puede incluir una primera instalación de reenfoque que tiene lentes de reenfoque y una segunda instalación de reenfoque que tiene elementos meso-ópticos, que pueden estar en ubicaciones conjugadas dentro de la instalación óptica primaria. Todas estas variaciones que estarían claras para un experto normal en la técnica se pretende que estén dentro del alcance de esta descripción.

20 La figura 2 muestra una vista de una realización de la instalación 110 de reenfoque como se ve a lo largo del eje central del sistema 100 de formación de imágenes, con lentes 104 de reenfoque dispuestas en una configuración lineal, con una lente 104 de reenfoque central ubicada en el eje central de la instalación 110 de reenfoque, de manera que permanezca en una posición fija, no móvil durante la rotación de la instalación 110 de reenfoque. En realizaciones se puede crear un disco giratorio con un agujero en el centro donde está dispuesta la abertura central que no se mueve.

25 La figura 3 muestra una vista del elemento 108 de apertura giratorio como se ve a lo largo del eje central del sistema 100 de formación de imágenes, con aberturas 112 posicionadas en una configuración lineal en el elemento 108 de apertura giratoria, una de las cuales está dispuesta en un eje central del elemento 108 de apertura, de manera que la abertura central no se mueve cuando el elemento 108 de apertura gira. Aunque las aberturas se muestran como circulares, debe entenderse que en otras realizaciones se podrían utilizar aberturas no circulares, y una instalación de procesamiento de la imagen puede beneficiarse de aberturas de formas irregulares donde sea posible con el fin de resolver los datos de imagen para imágenes que pasan a través de tal abertura irregular. La disposición lineal de tres lentes de reenfoque y tres aberturas como se representa en las figuras 2 y 3 proporciona ciertas ventajas. Por ejemplo, la imagen transmitida a través de la abertura 112 central y la lente 104 de reenfoque central se puede utilizar como una imagen de referencia en el procesamiento de la imagen, porque está ubicada en la misma posición independientemente del movimiento de rotación de la abertura 108. Las aberturas 112 laterales también se mueven una distancia fija (e igual) cuando el elemento 108 de apertura gira, con las dos aberturas laterales que se mueven distancias iguales en la misma dirección de rotación. Esta medida de la rotación conocida puede simplificar el procesamiento de la imagen de los datos de imagen para los datos de las dos aberturas laterales. Mientras que en algunas realizaciones la placa 108 de apertura y la instalación 110 de reenfoque pueden ser instalaciones separadas, debe entenderse que en otras realizaciones las dos se pueden combinar en una sola instalación óptica, tal como con las lentillas 104 de reenfoque ubicadas en o muy próximas a las aberturas 112.

40 La figura 4 muestra un sistema 400 de procesamiento de la imagen similar al sistema 100 de procesamiento de la imagen de la figura 1, excepto que el sistema 400 de procesamiento de la imagen tiene dos sensores 114a y 114b, en contraste con el sistema de tres sensores de la figura 1. Los dos sensores están configurados para recibir partes de imagen de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura giratorio, habiendo sido enfocadas las partes de imagen en las aberturas por medio de la instalación 110 de reenfoque de manera similar a la descrita en relación con la figura 1. En este caso un solo espejo 118 dirige un haz de rayos de una abertura lateral al sensor 114, mientras que al haz de rayos desde la abertura central 112 se le permite pasar directamente al sensor trasero 114b. Opcionalmente, el haz de rayos desde la abertura central 112 puede ser dirigido a una abertura lateral y el haz de rayos de la abertura lateral puede pasar al sensor trasero. En un sistema 400 de este tipo, una instalación de procesamiento de imágenes se podría configurar para procesar los datos de dos sensores, utilizando opcionalmente datos de la abertura central como una imagen de referencia fija, que facilita el registro eficiente de imágenes de la abertura 112 lateral, ya que el movimiento de la abertura lateral respecto a la abertura central se conoce.

55 Las figuras 5A-5D muestran un número de configuraciones alternativas para la instalación 110 de reenfoque, con lentes 104 de reenfoque dispuestas en triángulo (representadas aquí como un triángulo equilátero, pero opcionalmente con cualquier otra forma de triángulo u otra configuración geométrica, tal como un ángulo recto (o en forma de "L") 502 o un triángulo combinado con una abertura 504 central adicional que no varía su posición después de la rotación de la placa 108 de apertura). Un elemento 108 de apertura giratorio correspondiente incluye aberturas dispuestas en triángulo, configurado para corresponder a las lentes 104 de reenfoque. En realizaciones, un sistema de formación de imágenes similar al sistema 100 se podría utilizar con estas realizaciones alternativas de la instalación 110 de reenfoque y del elemento 108 de apertura, pero la instalación de división y los sensores se podrían posicionar para manejar haces de rayos de la configuración triangular de las aberturas 112, en lugar de posicionarse para recibir haces de rayos a lo largo de una línea como se representa en la figura 1. La geometría conocida de las aberturas 112 permitiría una instalación de procesamiento de imágenes para procesar el movimiento

relativo de haces de rayos basado en el movimiento relativo conocido de las aberturas después del movimiento del elemento 108 de apertura. En otra realización, dos aberturas pueden ser co-lineales con el centro del elemento 108 de apertura (respecto a, por ejemplo, un eje central de una instalación óptica primaria), o espaciados a ciento ochenta grados de separación con respecto al centro, mientras que una tercera apertura está en un ángulo diferente con respecto al centro y/o a una distancia diferente desde el centro. Las aberturas co-lineales pueden estar espaciadas de forma equidistante o de forma diferente del centro.

La figura 6 muestra un sistema 600 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, excepto que los diferentes haces de rayos se retransmiten a través de las aberturas del elemento 108 de apertura a un único sensor 602. En realizaciones, el único sensor 602 puede incluir diferentes partes que son capaces de responder de forma diferente a distintos haces de rayos entregados al mismo desde cada apertura 112, tales como diferentes píxeles, por ejemplo, con sensores de colores diferentes en ellos. En otras realizaciones, los elementos sensibles a la luz del único sensor 602 puede responder de manera diferente a los diferentes espectros de luz. Por ejemplo, puede haber una matriz de filtro de color de los píxeles. Los filtros pueden ser adaptados a las bandas específicas espectrales filtradas en, por ejemplo, en cada una de las aberturas 112. El único sensor puede ser un sensor multiespectral (por ejemplo, con R, G, B e IR píxeles), o puede haber múltiples sensores entre los cuales uno o más son RGB o multiespectrales. El sensor 602 puede tener diferentes capas que captan la luz en diferentes bandas espectrales, de manera que, básicamente, cada ubicación de píxel capta en todas las bandas seleccionadas. Por lo tanto, en realizaciones, las lentes 104 de reenfoque o las aberturas 112 pueden estar equipadas con un conjunto de filtros 116, tales como el color o filtros de paso de banda espectral, cada uno de los cuales filtra un color en concreto o la frecuencia de la luz exterior, por lo que las diferentes imágenes en color del objeto 120 se entregan a través de las respectivas aberturas 112 al sensor 602, lo que convierte de forma efectiva al único sensor 602 en equivalente de tres sensores distintos. En otras realizaciones, varias zonas del sensor pueden ser asignadas a diferentes haces de rayos. Por lo tanto, un sistema de procesamiento de la visión puede procesar los datos del único sensor 602 en una realización de este tipo de manera similar al procesamiento de tríos de imágenes como se describe en relación con la figura 1. Así en un aspecto, el sistema de formación de imágenes en tres dimensiones puede incluir un componente multi-apertura y filtros 116 de paso de banda en una o más de las aberturas.

Debe entenderse también que los métodos y sistemas se proporcionan en el presente documento para la formación de imágenes en tres dimensiones con una sola instalación 102 óptica primaria, un elemento 108 multi-apertura y un único sensor. Las realizaciones incluyen métodos y sistemas para la canalización de los rayos a través de diferentes aberturas a diferentes secciones del mismo sensor, por ejemplo, los píxeles concretos del sensor. Las realizaciones incluyen proporcionar filtros en las diferentes aberturas y utilizar un sensor único para detectar diferentes longitudes de onda de las aberturas filtradas de forma diferente.

La figura 7 muestra un sistema 700 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, excepto que un prisma 702 sirve como una instalación 118 de división, que hace una instalación similar al par de espejos representados en relación con la figura 1. El prisma 702 refleja diferentes haces de rayos de la instalación 102 óptica primaria a los diferentes sensores 114a, 114b y 114c, habiendo sido separados los haces de rayos por una instalación 110 de reenfoque y un elemento 108 de apertura en posiciones conjugadas similares a las descritas en relación con la figura 1. Si los componentes 110 y 108 están en ubicaciones conjugadas (por ejemplo el elemento 108 de apertura está en el plano de la entrada de la pupila), pueden estar sincronizados de tal manera que si la instalación 110 de reenfoque gira, el elemento 108 de apertura gira en consecuencia. Además, la lente 104 de reenfoque puede tener múltiples lentillas (por ejemplo, una en el centro, y, por ejemplo, dieciséis fuera del eje) en cuyo caso un elemento 108 de apertura giratorio en cualquier posición de la pupila (102a, 102e, y en algún lugar entre 102f y 118/702) se pueden seleccionar las lentillas que en realidad dejan pasar la luz. En otra realización opcional, la instalación 110 de reenfoque se puede sustituir por una hendidura radial de rotación, y el elemento 108 de apertura se puede sustituir por una máscara anular en la pupila (por ejemplo, en 102a, 102e, y en algún lugar entre 102f y 118/702). La intersección de estos dos definiría una forma de apertura y la ubicación. Más en general, se debe entender que mientras el prisma 702 y el par de espejos de la figura 1 representan dos posibles realizaciones, cualquier otro tipo de instalación óptica descrita en el presente documento se puede configurar para entregar diferentes partes de la pupila de la imagen a los respectivos sensores, y todas estas realizaciones están englobadas en el presente documento. Como un ejemplo, el prisma 702 se puede sustituir por dos espejos o prismas dejando un canal central abierto para el haz de rayos central.

La figura 8 muestra un sistema 800 de formación de imágenes con dos sensores 114a y 114 c, que recibe en este caso haces de rayos desde un par de espejos 118 que a su vez recibe haces de rayos desde un par de aberturas 112 situadas en el elemento 108 de apertura. Otras varias realizaciones de dos sensores son posibles y se engloban en el presente documento.

Las figuras 9A-9B muestran una instalación 110 de reenfoque con un par de lentes 104 de reenfoque, así como un elemento 108 de apertura con el correspondiente par de aberturas 112, adecuada para una realización de dos sensores tal como la del sistema 800 de formación de imágenes de la figura 8.

La figura 10 muestra un sistema 1000 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, pero en la realización representada en la figura 10 el elemento 108 de apertura giratorio y le

instalación 110 de reenfoque con las lentes 104 de reenfoque se integran como una sola instalación y están dispuestos en o en las proximidades de la pupila 102a de entrada entre el objeto 120 y la instalación 102 óptica primaria, que en este caso solo muestra una lente 102b primaria (pero podría tener diferentes lentes de retransmisión o similares), de manera que los haces de rayos se muestrean antes de entrar en la instalación 102 óptica primaria. Así debe entenderse que diferentes configuraciones de la instalación 102 óptica primaria, el elemento 108 de apertura giratorio y la instalación 110 de reenfoque se pretende que estén englobadas en el presente documento.

La figura 11 muestra un sistema 1100 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1 y al sistema 1000 de formación de imágenes de la figura 10, pero en la realización representada en la figura 11 el elemento 108 de apertura giratorio y la instalación 110 de reenfoque están dispuestos en lados opuestos de la lente 102b dentro de la instalación 102 óptica primaria, de manera que los haces de rayos se reenfocaron antes de entrar en la lente 102f, muestreados luego por diferentes aberturas del elemento 108 de apertura giratorio después de salir de la instalación óptica primaria. De nuevo, se debe entender que diferentes configuraciones de la instalación 102 óptica primaria, el elemento 108 de apertura giratorio y la instalación 110 de reenfoque están englobados en el presente documento.

La figura 12 muestra un sistema 1200 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, excepto que la instalación 102 óptica primaria puede incluir un sistema 1202 especular, que puede incluir un conjunto de espejos que están configurados para reflejar la luz desde el objeto 120 a la instalación 110 de reenfoque y a su vez a través de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura giratorio. Se pueden prever diferentes realizaciones alternativas para la instalación 102 óptica primaria, que engloban cualquier tipo de instalación óptica contemplada en el presente documento, o componentes o combinaciones de las mismas. Más en general, aunque se representa como un sistema 1202 especular que refleja y redirige la luz antes de entrar en el elemento 108 de apertura giratorio y similares, se entenderá que se pueden colocar uno o más espejos en numerosos sitios dentro del tren representado en, por ejemplo, la figura 1, y todas estas variaciones se pretende que entren dentro del alcance de esta descripción. Por ejemplo, los diferentes elementos ópticos de refracción y filtración descritos anteriormente pueden ser sustituidos o suplementados por medio de espejos dentro de los sistemas descritos en el presente documento.

La figura 13 muestra un sistema 1300 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, excepto que la instalación 102 óptica primaria puede incluir una instalación 1302 óptica electrónica, mostrada en formato de diagrama de bloques, en el que la instalación 1302 óptica electrónica se configura para suministrar luz desde el objeto 120 a la instalación 110 de reenfoque y a su vez a través de las aberturas 112 del elemento 108 de apertura giratorio. En realizaciones la instalación 1302 óptica electrónica puede englobar además, o sustituir por, la instalación 110 de reenfoque y/o el elemento 108 de apertura. Diversas realizaciones alternativas se pueden prever para la instalación 1302 óptica electrónica, que abarque cualquier tipo de instalación óptica electrónica contemplada en el presente documento, o componentes o combinaciones de las mismas, tales como giro o volteo de espejos, procesadores de luz digitales, componentes a base de cristal líquido, o similares. En realizaciones la instalación óptica electrónica se puede ubicar en la entrada de la pupila 102a del sistema 1300. Más en general, se pueden utilizar diferentes elementos ópticos electrónicos o electromecánicos en diferentes ubicaciones dentro del tren óptico representado en, por ejemplo, la figura 1, y todas estas realizaciones se pretende que entren dentro del alcance de esta descripción.

La figura 14 muestra un sistema 1400 de formación de imágenes similar al sistema 100 de formación de imágenes de la figura 1, que muestra en este caso la instalación 1402 de procesamiento de la imagen asociada a los sensores 114a, 114b y 114c para recibir y procesar los datos de la imagen procedentes de los haces de rayos muestreados por el sistema de muestreo de la pupila del sistema 1400 de formación de imágenes, que incluye el elemento 108 de apertura giratorio y la instalación 110 de reenfoque, que facilitan haces de rayos a la instalación 118 de división, un conjunto de espejos similar a los representados en relación con la figura 1. En este caso la instalación de procesamiento de la imagen incluye una instalación 1404 de realimentación, que proporciona un control de realimentación del elemento 108 de apertura giratorio y la instalación 110 de reenfoque giratoria bajo el control de la instalación 1402 de procesamiento de la imagen, tal como para controlar el muestreo de imágenes con el fin de lograr diferentes técnicas de procesamiento, que incluye las técnicas descritas en el presente documento y las técnicas descritas en los documentos incorporados por referencia en el presente documento.

Un sistema de formación de imágenes tridimensional como el descrito en el presente documento puede incluir una instalación para la manipulación de distintos haces de rayos de luz procedentes de una única instalación 102 óptica primaria, tal como una lente óptica primaria o un conjunto de lentes. La instalación puede incluir una instalación 110 de reenfoque, una apertura 108 móvil, una instalación 118 de división, una combinación de las anteriores, o una disposición óptica alternativa que maneje de forma similar haces distintos o partes de los datos de la imagen.

El elemento 108 de apertura en movimiento (por ejemplo, en rotación) en la trayectoria óptica primaria puede tener una abertura fuera del eje o una abertura en el eje con forma de abertura no estándar, tal como una hendidura. El elemento 108 de apertura puede también, o en su lugar, incluir múltiples placas móviles o giratorias. Además, las aberturas 112 en cada uno de los uno o más componentes móviles puede tener varias formas. Por ejemplo, de discos giratorios, teniendo cada uno una ranura alargada que pasa a través de o cerca de su centro, pueden ser

controlados de forma conjunta para proporcionar una abertura en una arbitraria, ubicación programable dentro de la trayectoria óptica.

5 En ciertas realizaciones preferentes, se proporcionan en el presente documento métodos y sistemas para formación de imágenes tridimensionales utilizando una placa 108 giratoria de múltiples aberturas en la trayectoria óptica primaria, con un control de retroalimentación de la placa 108 giratoria a través de una instalación 1504 de retroalimentación.

10 Se proporcionan en el presente documento métodos y sistemas para la formación de imágenes tridimensionales utilizando un elemento 108 de múltiples aberturas en movimiento (por ejemplo, en rotación), en una pupila de la trayectoria óptica primaria. En realizaciones el componente de apertura en movimiento puede disponerse ya sea detrás, delante de, o dentro de una instalación 102 óptica primaria, tal como una lente primaria. Las realizaciones pueden incluir lentes 1402 de retransmisión. Otras realizaciones pueden incluir instalaciones ópticas intermedias, o lentes 110 de reenfoque, delante de la instalación óptica primaria.

15 Debe entenderse que ciertas realizaciones preferentes pueden incluir uno o más elementos de enmascaramiento (por ejemplo, un obturador giratorio) para enmascarar una parte del haz primario de rayos de luz en la trayectoria óptica de un sistema de formación de imágenes.

En realizaciones, se pueden utilizar los métodos y sistemas descritos en el presente documento para otros propósitos, tales como para la corrección de aberraciones. Por lo tanto, los métodos y sistemas incluyen un tercer (o más) sistema sensor para corregir las aberraciones en los datos de la imagen.

20 Puede observarse que en las diferentes realizaciones descritas en el presente documento, se proporcionan métodos y sistemas para la formación de imágenes en tres dimensiones en las que se muestrean haces de rayos separados pero las partes muestreadas de una cuota de haz de rayos primaria en al menos un elemento óptico después de la toma de muestras. También debe tenerse en cuenta que ciertas realizaciones del presente documento son métodos y sistemas que se proporcionan para la formación de imágenes en tres dimensiones con el muestreo de una pupila en una pupila y la división de la pupila relevante en otra pupila del sistema de formación de imágenes.

25 Debe tenerse en cuenta que lo proporcionado en el presente documento son métodos y sistemas que utilizan tres sensores de imagen que registran tres perspectivas independientes a través de una única lente, que utiliza el muestreo de la pupila o la división de la pupila. En realizaciones, se utilizan tres sensores y una única lente. A diferencia de un sistema de formación de un trío de imágenes típico, que tiene tres sensores situados según un patrón triangular (pero puede tener otros diferentes patrones) alrededor de una posición central, en ciertas realizaciones preferentes los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden ubicar el tercer sensor entre los otros dos sensores. Esto permite al tercer sensor registrar posiciones características del objeto que son idealmente un promedio de las posiciones registradas por los sensores de la izquierda y de la derecha. Este tercer sensor registra una posición del objeto al que las otras imágenes del objeto pueden hacer referencia. Proporciona una referencia independiente de la profundidad del objeto. Esto simplifica enormemente el registro de datos de la imagen tomados en el tiempo con un objeto y/o la cámara en movimiento.

35 En realizaciones, las imágenes de los tres sensores se procesan utilizando una técnica de registro de la imagen única que se aprovecha de la tercera ubicación del sensor de imagen. Debido al desplazamiento de las características del objeto reflejado por el tercer sensor son idealmente un promedio de las posiciones de características registradas por los sensores izquierdo y derecho, el registro de la imagen entre el tercer (central) sensor y el sensor izquierdo indica un desplazamiento característico equidistante pero opuesto en la dirección a la del desplazamiento característico entre el sensor central y el sensor derecho. Al cambiar el signo de la dirección del desplazamiento del registro entre dos sensores, se puede encontrar una medida más exacta de la imagen de disparidad mediante la combinación del registro entre los datos de los diferentes sensores. Además, existe la capacidad de utilizar métodos de procesamiento espacio-temporales, que pueden ser más exactos.

45 Por lo tanto, las diversas realizaciones descritas en el presente documento incluyen métodos y sistemas para el muestreo de pupila combinada mediante la división de la pupila del sistema óptico primario en el eje y múltiples aberturas fuera del eje para la captura instantánea de múltiples imágenes en la misma banda espectral por una cámara monocular para la formación de imágenes tridimensionales de objetos en movimiento. Por lo tanto, las realizaciones implican muestreo de la pupila mediante un solo movimiento/elemento de apertura inmóvil como para obtener imágenes de escenas estacionarias. Múltiples imágenes capturadas instantáneamente en la misma banda espectral en diferentes lugares de apertura en diferentes sensores se hacen posibles mediante la combinación de toma de muestras de pupila hecha por una máscara de apertura en movimiento (por ejemplo, tres aberturas co-lineales) con división de pupila mediante un conjunto de espejos estacionarios o prismas. Bajo esta condición, después del muestreo de la pupila los rayos individuales comparten los mismos elementos ópticos. Esto permite la implementación de la apertura 112 de muestreo en movimiento libre y elementos asociados con una instalación de división estacionaria (por ejemplo, espejos, prisma o similares). Una abertura en el centro y una o más en un lugar fuera del eje se utilizan para captar imágenes tridimensionales de objetos en movimiento. Los rayos que pasan a través de las diferentes aberturas comparten las ópticas antes y después del muestreo de la pupila y se tienen diferentes trayectorias ópticas antes del muestreo.

Por lo tanto, los diferentes métodos y sistemas descritos en el presente documento permiten la utilización de una abertura móvil con la división de la pupila. En diversas realizaciones, la trayectoria óptica de una sola lente se puede dividir en tres zonas y se envía a sensores separados. Una placa de apertura móvil con las tres aberturas abiertas se puede utilizar para controlar las partes de la lente que están siendo utilizadas para la formación de imágenes.

5 Mediante la rotación de la máscara, la perspectiva vista por cada uno de los sensores cambia. La ventaja de esta disposición, además de las ventajas de utilizar una apertura de rotación de compensación es que las imágenes de los tres sensores se pueden utilizar para adquirir información tridimensional. Por lo tanto, no se requieren múltiples imágenes tomadas a la vez para resolver la forma tridimensional de un objeto. Esto simplifica enormemente el procesamiento tridimensional cuando se utilizan imágenes del frente de onda para formar imágenes de un objeto en movimiento.

10 En otras realizaciones, los métodos y sistemas descritos en el presente documento también incluyen métodos y sistemas para soportar fuera del eje óptico del frente de onda y enfocar el muestreo desenfocado referenciado a una imagen en el eje. En realizaciones, un sistema de formación de imágenes puede ayudar en la captación de datos para imágenes de superficies tridimensionales mediante medición cuantitativa del tamaño del desenfoque de las imágenes. En concreto, mediante el muestreo de la pupila con una o más aberturas fuera del eje (por ejemplo, las aberturas fuera del eje descritas en relación con la figura 3), es posible recuperar los datos con respecto no solo a la cantidad de desenfoque (D) de una imagen, sino también los datos en relación con el centro de un punto de desenfoque (x_0 , y_0). El "punto desenfocado" se refiere al diámetro del círculo una característica que tendría el objeto fotografiado si un desplazamiento desde el eje de abertura de la lente hubiese girado alrededor del eje de la lente. El muestreo de la pupila antes mencionado plantea tres incógnitas a resolver por cada punto medido: $x_0(i)$, $y_0(i)$, $D(i)$. Sin embargo, el problema se puede reducir a una sola incógnita (la cantidad de desenfoque, $D(i)$) mediante la captura de una imagen en el eje con la ayuda de la apertura 112 que se centra en el eje óptico del sistema 100 de formación de imágenes. Esta imagen central (como referencia) también facilita la fusión de información en conjunto a partir de las imágenes captadas en múltiples posiciones de apertura fuera del eje. Debido a que esta imagen central no codifica la profundidad en la ubicación de la imagen de características del objeto, sino que también permite la recuperación de la trayectoria de la cámara y la fusión conjunta o registro de imágenes de superficies medidas en diferentes posiciones de la cámara. Por lo tanto, un sensor central de formación de imágenes en un sistema de formación de imágenes estéreo proporciona una imagen de referencia. Aunque este concepto se ha descrito con referencia al sistema 100 de formación de imágenes y otros sistemas de formación de imágenes descritos en el presente documento, tales como la inclusión de un sistema de apertura giratoria, se debería entender que la utilización de un centro de la imagen como una imagen de referencia y una imagen fuera del eje para el frente de onda óptico y toma de muestras de desenfoque en referencia a esa imagen se puede utilizar en cualquier sistema de formación de imágenes de sensores múltiples tales como en una formación de tríos de imágenes o sistema de frente de onda.

35 Haciendo referencia a la figura 15, se proporciona una técnica para la orientación de la pupila de un sistema de formación de imágenes, tal como una sonda de formación de imágenes, con respecto a una zona estrecha de un objeto. En realizaciones de sistemas de formación de imágenes, la orientación relativa de las aberturas de muestreo de la pupila en un sistema de formación de imágenes, tal como el sistema 100 de formación de imágenes u otro sistema de formación de imágenes, se puede ajustar para minimizar la oclusión cuando se captan superficies próximas entre ellas. En particular, las aberturas se pueden disponer fuera del eje para ser alineadas con la orientación de la línea de las superficies próximas entre sí. Por ejemplo, cuando se trata de imágenes de la separación entre los dientes, tales como la utilización de una sonda de imágenes dentales, los sensores se pueden alinear paralelos a los intersticios dentales de manera que las tres cámaras son capaces de observar hacia abajo en la zona de los intersticios. Si se encuentra perpendicular al intersticio, solamente uno de los sensores se puede colocar para mirar hacia los intersticios. Los otros sensores podrían observar los intersticios desde un ángulo y por lo tanto solo podrían ver un lado del intersticio o el otro. Así, con el fin de ver en zonas estrechas (por ejemplo, la separación 1502 interproximal) y captar múltiples (por ejemplo tres) imágenes sin oclusión, la disposición de las tres aberturas se alinea con la orientación relativa más probable de la sonda para el objeto. En otro aspecto, se puede proporcionar un espejo adicional u otra instalación óptica para de forma dinámica o controlable volver a alinear los haces de rayos a medida que entran el sistema 100 de formación de imágenes.

Haciendo referencia a la figura 16, en otras realizaciones los métodos y sistemas proporcionados en el presente documento permiten el procesamiento de tríos de imágenes basado en la disparidad de correlación. En concreto robusta, de alta resolución espacial y un procesamiento preciso del trío de imágenes se puede realizar mediante el aprovechamiento de las direcciones de disparidad conocidas (por ejemplo dadas por las líneas epipolares), y basándose en como se conservan los patrones en un plano de correlación cuando las características de imagen se mueven a través del marco. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 16, si las imágenes de tres cámaras 1602, 1604 y 1608 (tales como cámaras sensibles a imágenes rojo, verde y azul (RGB), u otros sensores) están alineadas de forma co-lineal, se puede realizar la detección por disparidad (por ejemplo mediante correlación) en el R a G, y girados los 180 grados R a B campos de correlación. De esta manera, el R a G y los picos de correlación girados R a B verdaderos mejorarán entre sí, lo que permite menor tamaño de interrogación (área de búsqueda) para utilizar en el centro (R) del canal. Esto puede mejorar la robustez y/o la resolución espacial. La precisión también se puede mejorar mediante la aplicación de correlación simetría de pico después de identificar el pico de la señal, y la realización de la correlación "hacia atrás" (R a G y G a R, etc.). Por lo tanto en una realización tal como la realización

de la figura 1, el registro de la imagen central ya sea con la imagen de la izquierda o la imagen de la derecha se aprovecha del hecho que el desplazamiento registrado de la misma característica objeto con el sensor opuesto es equidistante a lo largo de una línea paralela a la colocación de los sensores pero en la dirección opuesta. Al invertir el signo de uno de los registros de imagen en relación con el sensor central, se puede combinar con el registro del sensor central para el sensor opuesto. Esto proporciona una mayor precisión y robustez en el tratamiento de los tríos de imágenes.

En realizaciones, las imágenes de los tres sensores se procesan utilizando una técnica de correlación única que se aprovecha de la tercera ubicación del sensor de imagen. Debido a que el desplazamiento de las características del objeto reflejadas por el tercer sensor son un promedio de posiciones de características registradas por los sensores izquierdo y derecho, el registro de la imagen entre el tercer (central) sensor y el sensor izquierdo indica una característica de desplazamiento equidistante pero en dirección opuesta a la de la característica de desplazamiento reflejado entre el sensor central y el sensor derecho. Al cambiar el signo de la dirección de desplazamiento del registro entre dos sensores, se puede encontrar una medida más exacta de la imagen de disparidad mediante la combinación del registro entre el sensor central y ya sea el sensor izquierdo o el sensor derecho y el sensor opuesto (sensor de la derecha o izquierda).

En realizaciones, los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden combinar múltiples vistas de formación de imágenes con la estimación de la cantidad de desenfoque (borroso) en el plano de la imagen. Para evitar el efecto de contaminación de las aberraciones ópticas en la captación de imágenes en movimiento relacionada con la profundidad, el sistema puede estar diseñado de tal manera que a una distancia de trabajo nominal el objeto se coloca en entre en el foco/plano de referencia del sistema 102 óptico primario. Esto puede provocar un efecto de filtrado de paso bajo o desenfoque en las imágenes captadas a través de aberturas en el eje y fuera del eje. Con el fin de compensar esto, y para aumentar la resolución óptica a la distancia de trabajo nominal se puede utilizar un conjunto de lentes pequeñas de reenfoque en las aberturas para mover los haces de rayos de nuevo a centrarse sin alterar la trayectoria del rayo principal. Además, estas lentes también pueden compensar o corregir algunos artefactos ópticos de abertura específica de ubicación, para mejorar el poder de resolución del sistema óptico (por ejemplo la Función de Transferencia de Modulación) para cada abertura. Sin embargo, incluso si las imágenes están ahora en el foco a la distancia nominal, sigue siendo un problema una profundidad de campo estrecha. Esto se puede abordar mediante la aplicación de otros elementos ópticos especiales en las aberturas, como un elemento meso-óptico (un elemento óptico de difracción que aumenta la profundidad de campo), o un elemento de codificación del frente de onda. El uso de estos requiere una etapa de pre-procesamiento especial de las imágenes para decodificar la profundidad o el enfoque de datos relacionados, y para construir una imagen que tiene mayor profundidad de campo que si se adquiere sin estos elementos.

Aunque la invención se ha descrito en relación a ciertas realizaciones preferentes, otras realizaciones pueden entenderse por los expertos normales en la técnica y están englobadas en el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un dispositivo que comprende un elemento (108) de apertura ubicado dentro de una instalación óptica primaria que tiene un eje central, el elemento de apertura ubicado entre una lente de campo de la instalación óptica primaria y una lente de retransmisión de la instalación óptica primaria, incluyendo el elemento de apertura tres aberturas (112) ubicadas de forma co-lineal, transmitiendo cada una de las aberturas de forma selectiva una parte de un frente de onda óptico de la instalación óptica primaria, proporcionando de este modo tres canales ópticos, y ubicada la central de las aberturas en el eje central.
- 2.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que las tres aberturas son prácticamente equidistantes.
- 10 3.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el elemento de apertura incluye una o más placas móviles, una apertura electrónica, un obturador, una apertura de obturación, una apertura oscilante, un espejo de volteo, un espejo giratorio y un procesador de luz digital.
- 4.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el elemento de apertura está adaptado para girar sobre el eje central.
- 15 5.- El dispositivo de la reivindicación , que comprende además una instalación (110) de reenfoque que tiene tres elementos (104) de reenfoque ubicados en posiciones conjugadas para las tres aberturas dentro de la instalación óptica primaria.
- 6.- El dispositivo de la reivindicación 5, en el que la instalación de reenfoque está adaptada para girar sobre el eje central.
- 20 7.- El dispositivo de la reivindicación 5, en el que el elemento de apertura etá adaptado para girar sobre el eje central.
- 8.- El dispositivo de la reivindicación 7, en el que la instalación de reenfoque está adaptada para girar en una dirección opuesta del elemento de apertura.
- 9.- El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además tres sensores (114) ópticos ubicados para captar datos de cada uno de los tres canales ópticos.
- 25 10.- El dispositivo de la reivindicación 9, en el que cada uno de los tres sensores ópticos incluye una colección de sensores para adquirir datos RGB.
- 11.- El dispositivo de la reivindicación 9, que comprende además una instalación (118, 702) de toma de muestras que dirige los tres canales ópticos a los tres sensores ópticos.

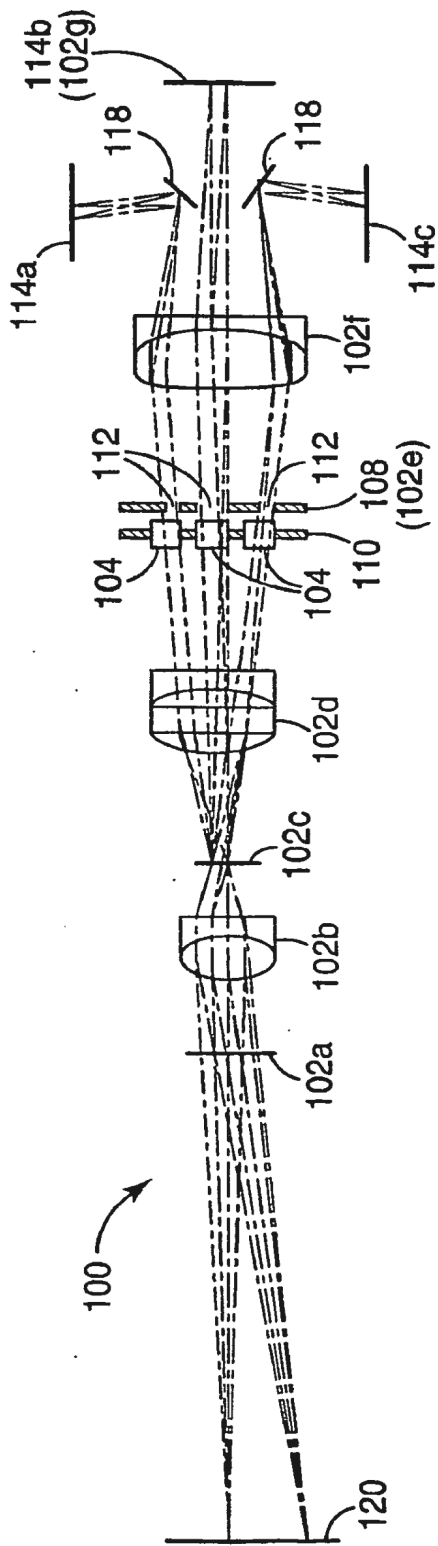


Fig. 1

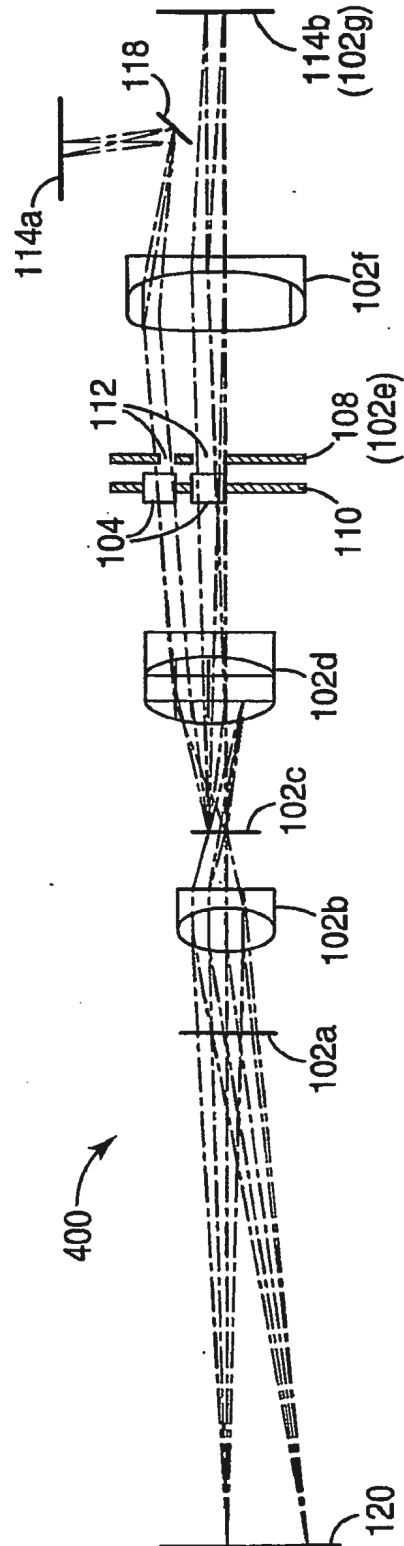


Fig. 4

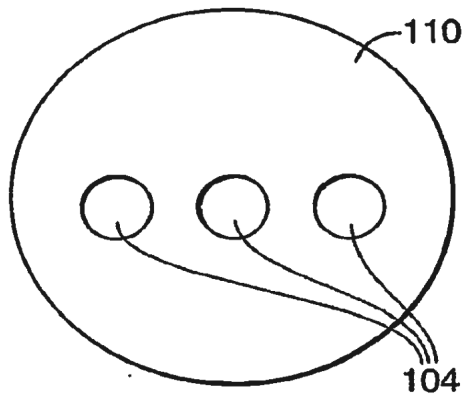


Fig. 2

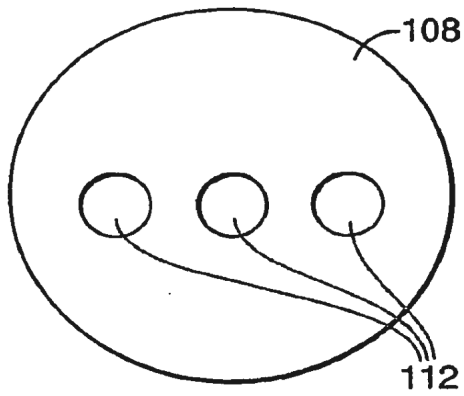


Fig. 3

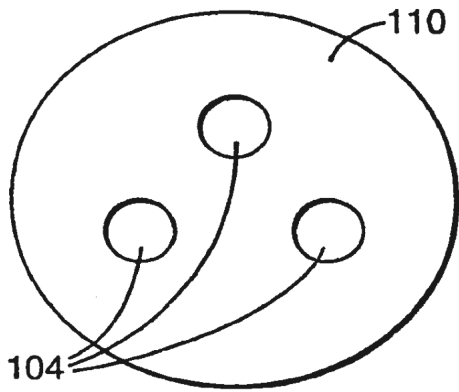


Fig. 5A

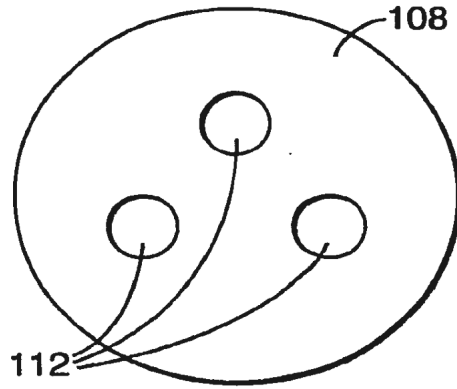


Fig. 5B

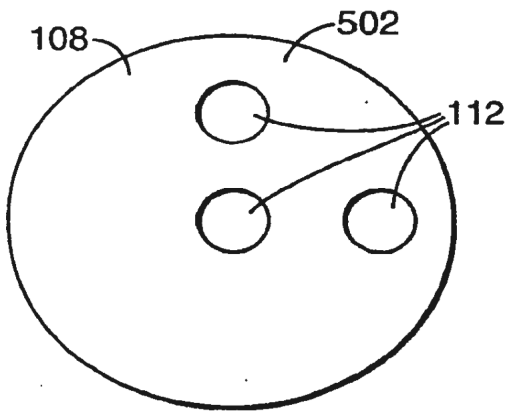


Fig. 5C

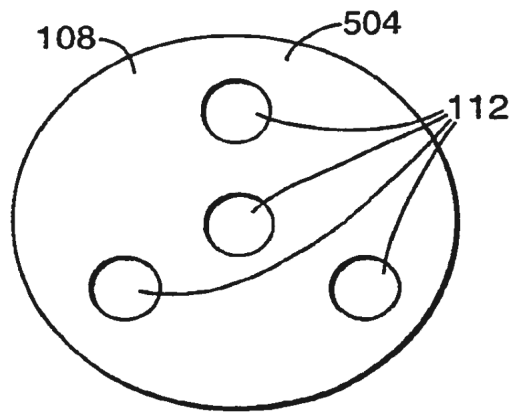


Fig. 5D

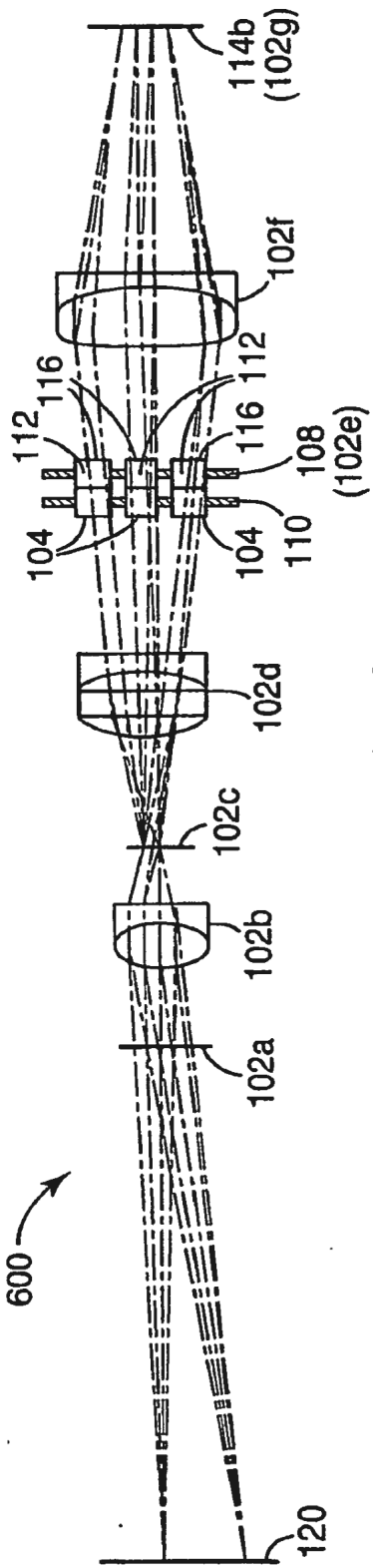


Fig. 6

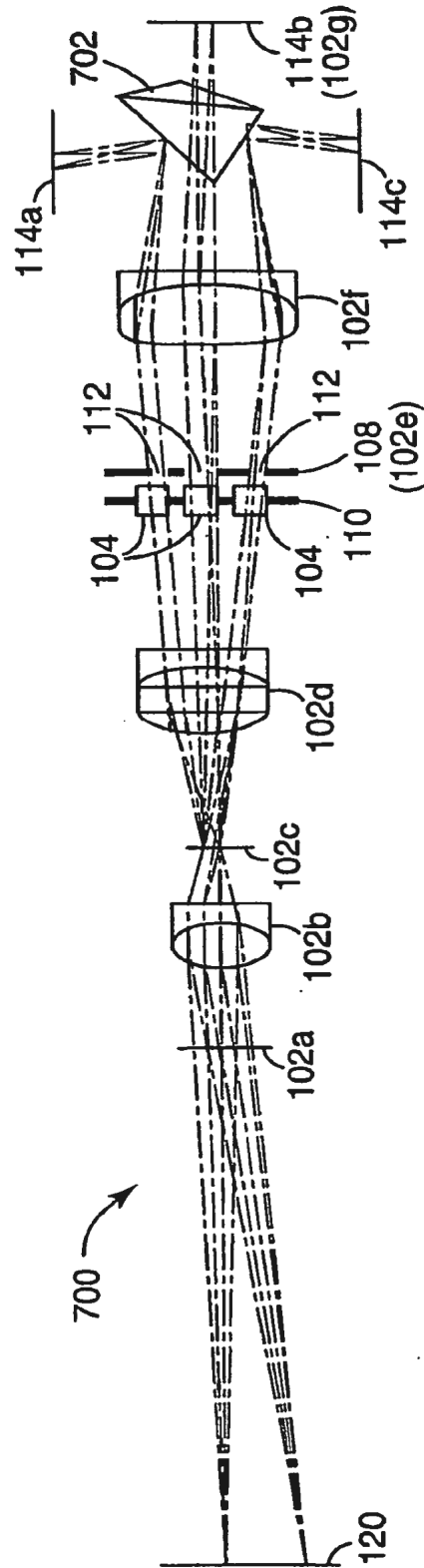


Fig. 7

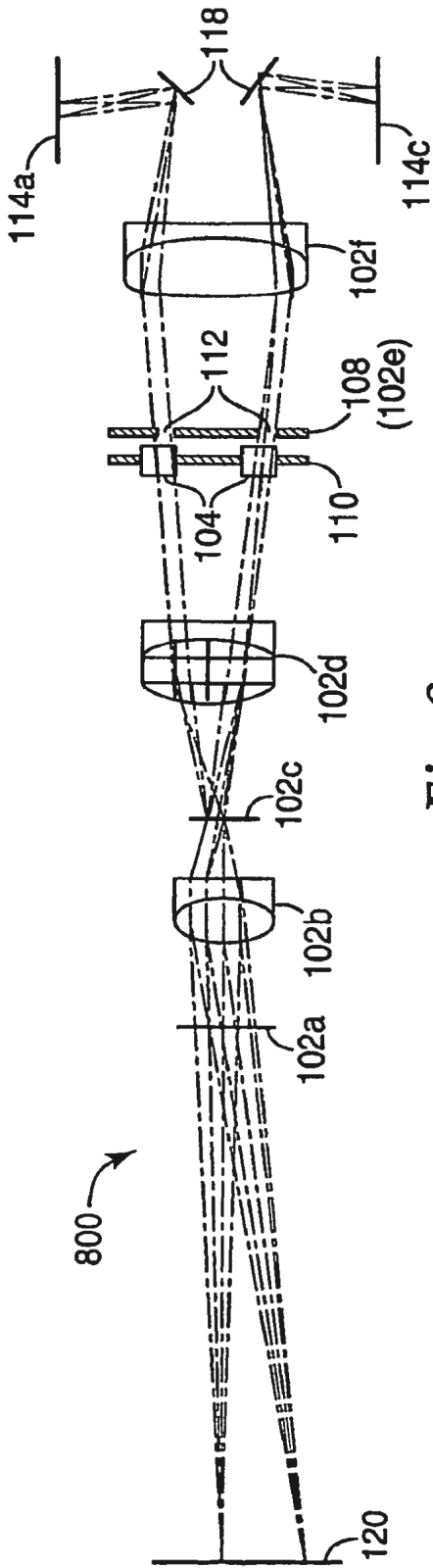


Fig. 8

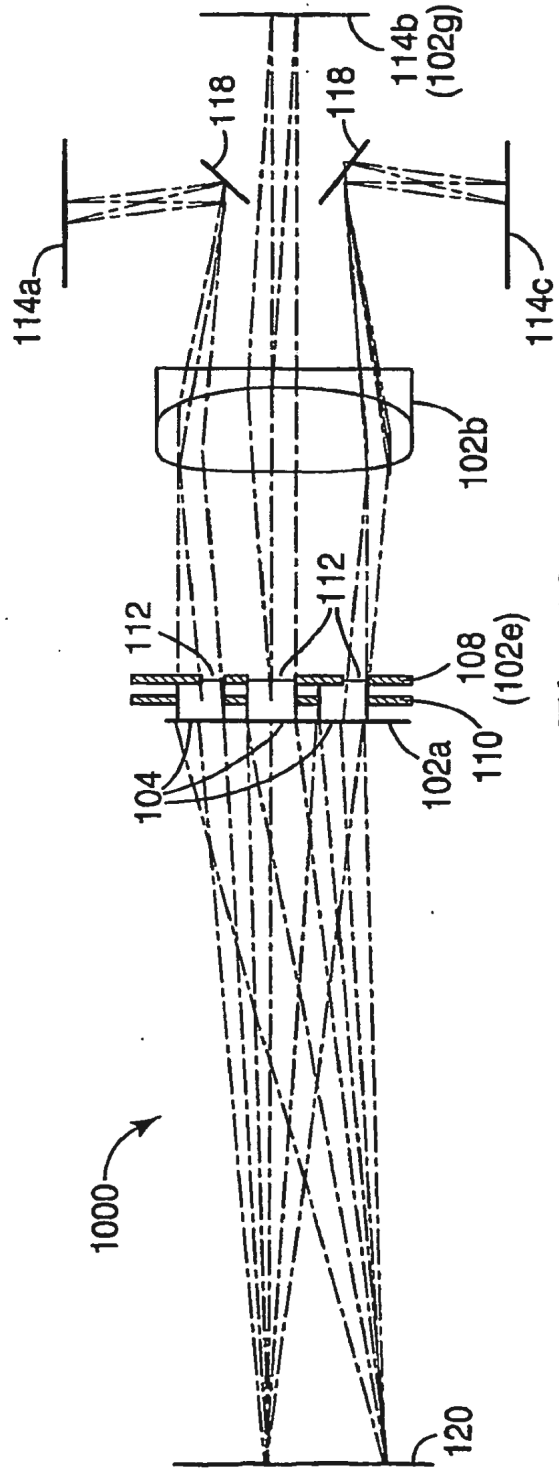


Fig. 10

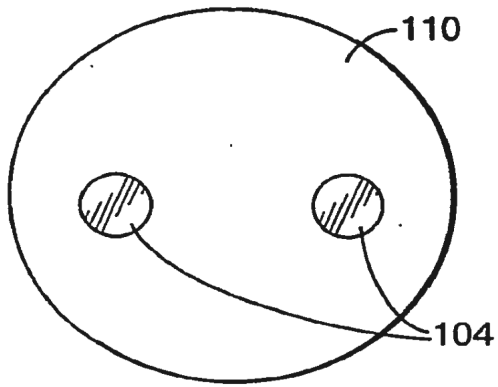


Fig. 9A

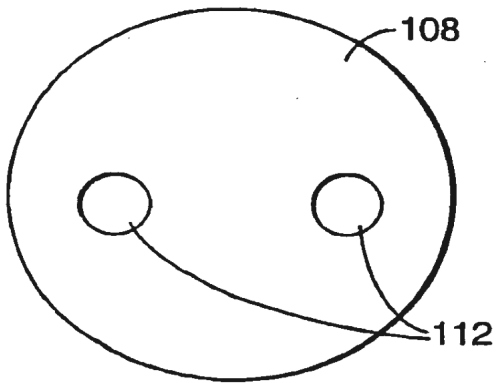
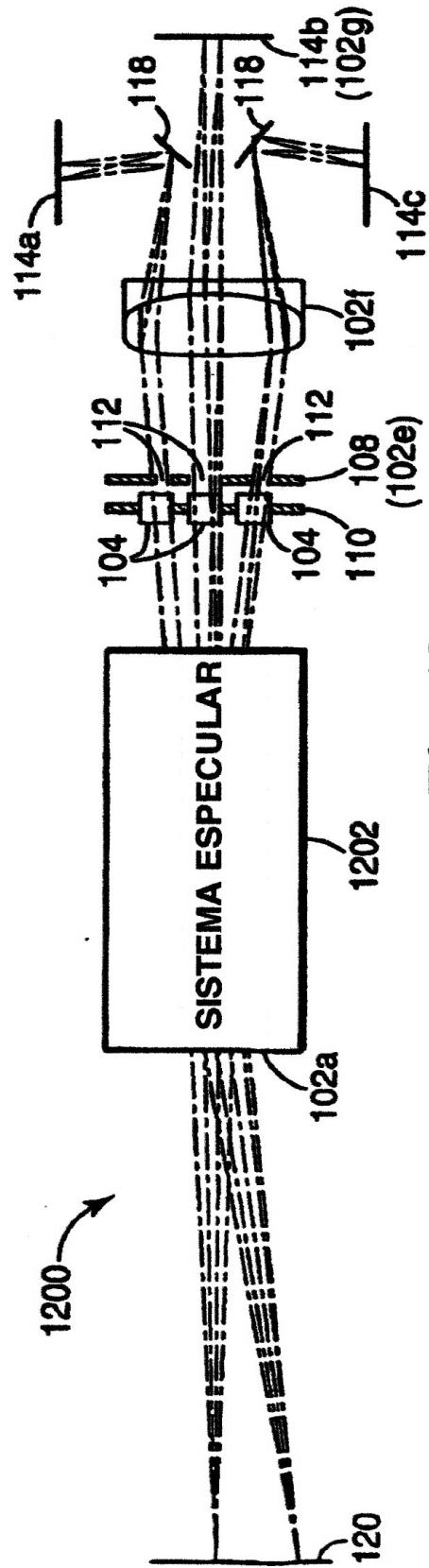
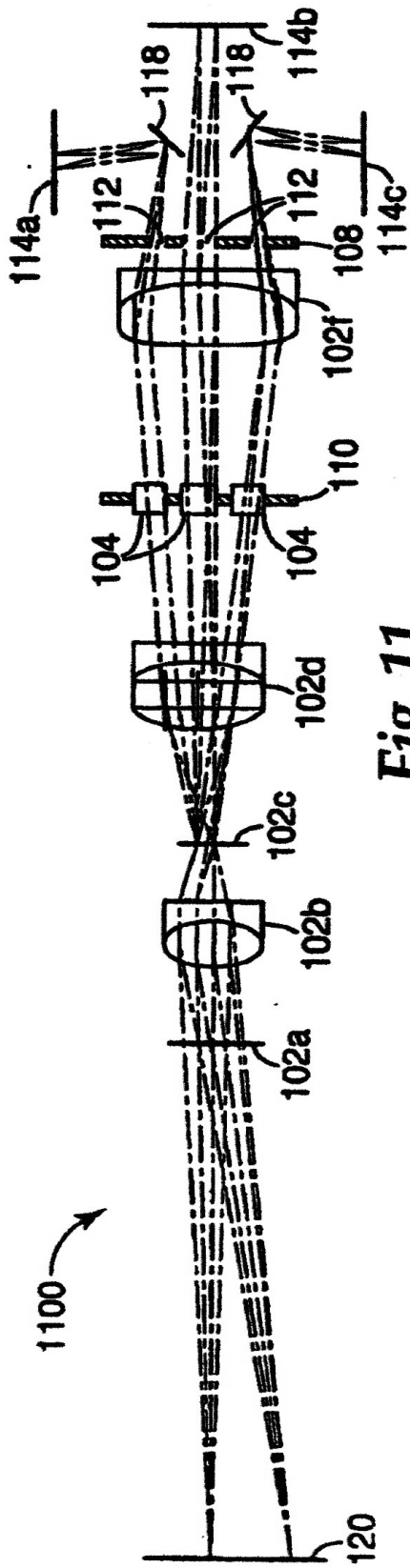
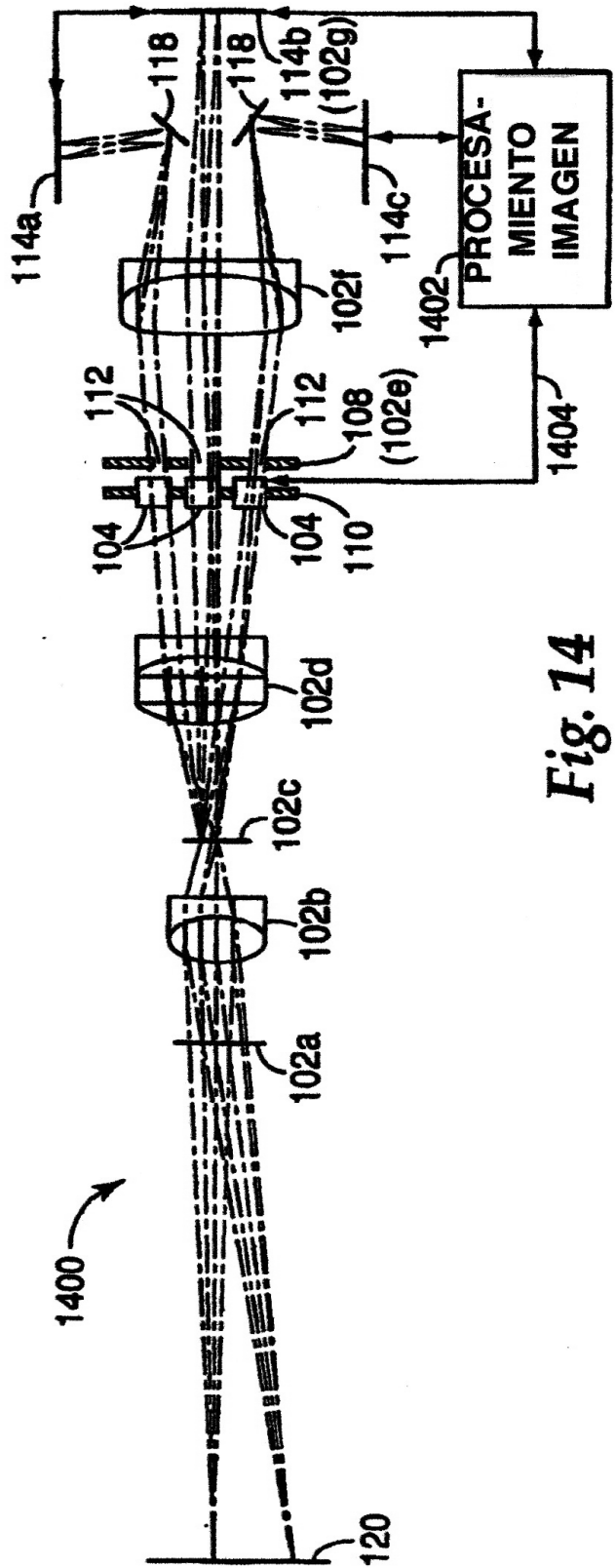
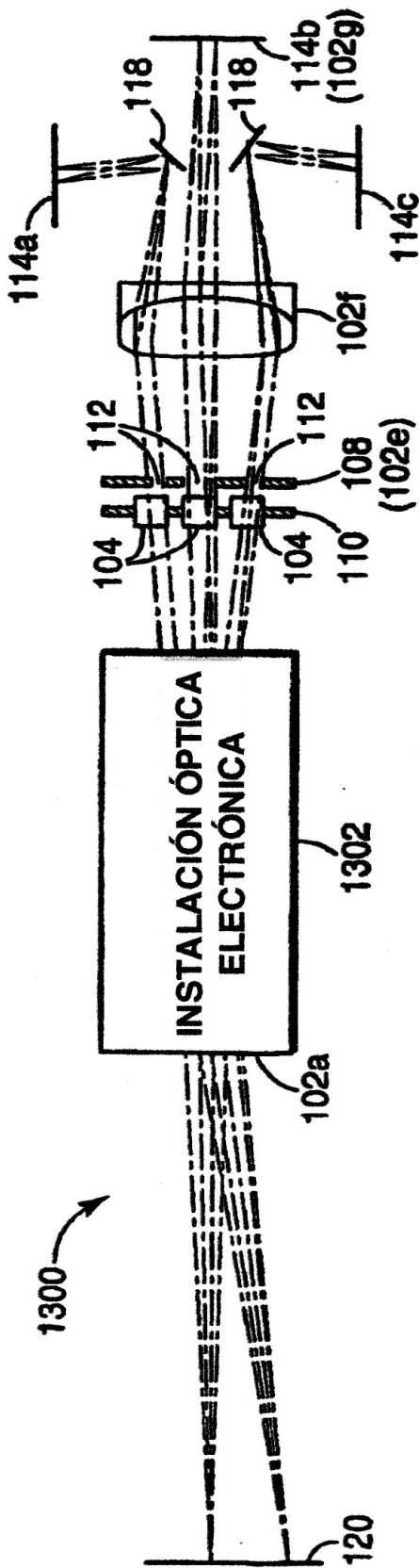


Fig. 9B





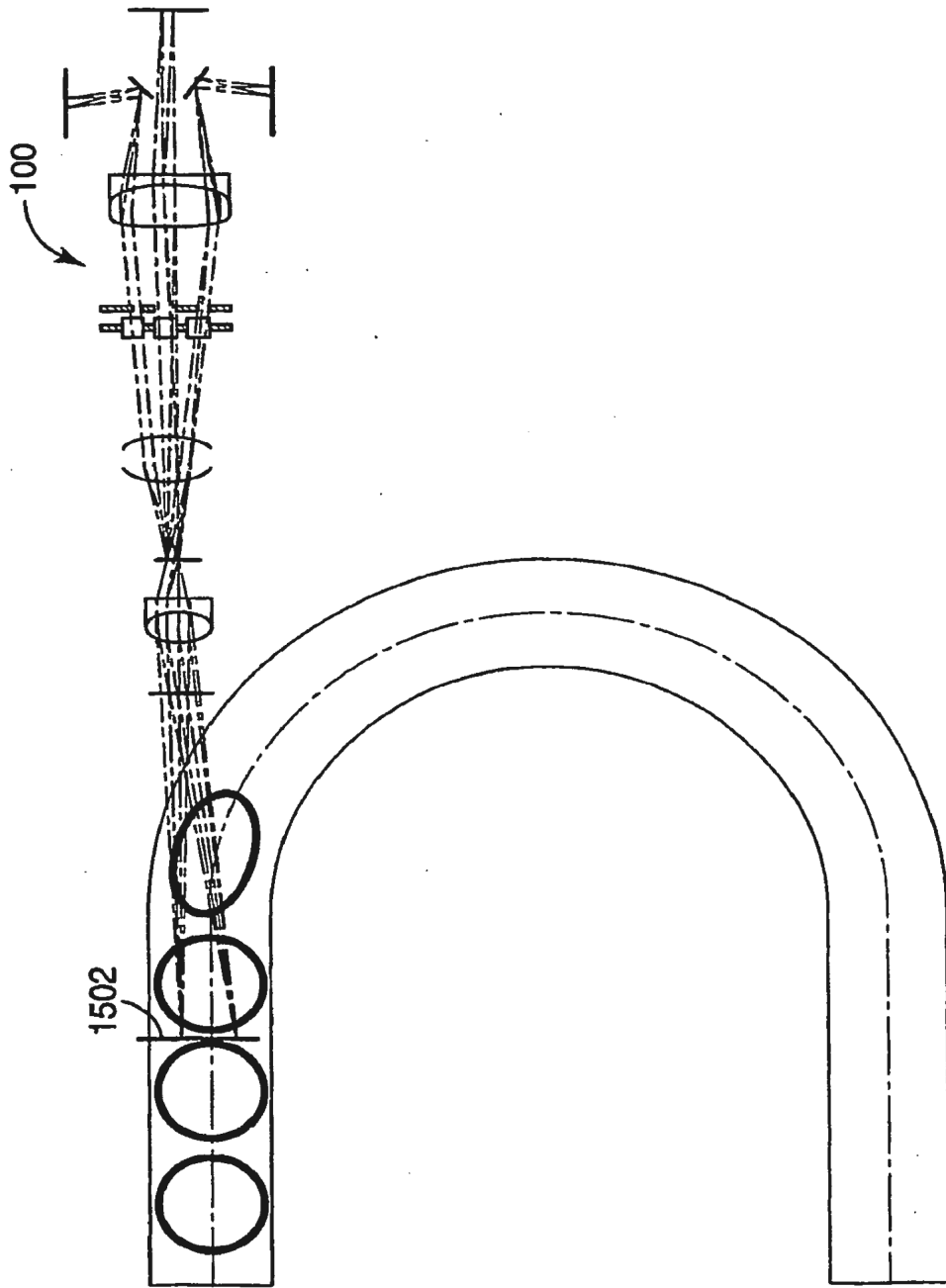


Fig. 15

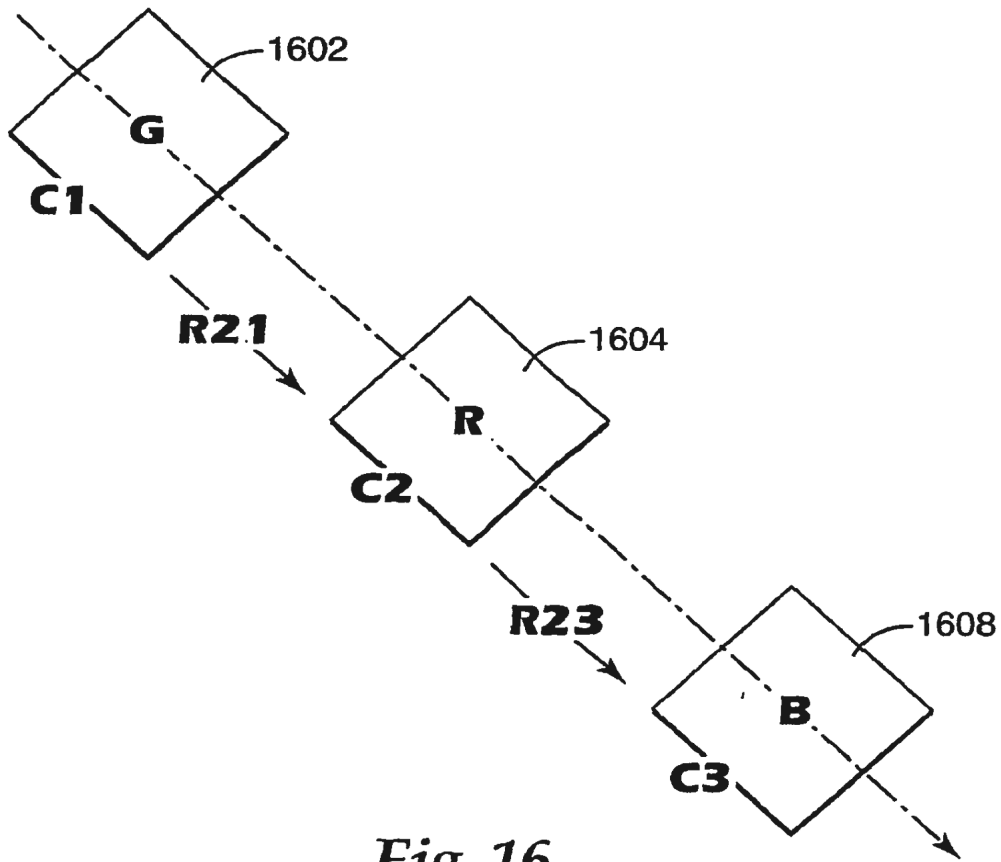


Fig. 16