

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 719**

51 Int. Cl.:

G03B 17/17 (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/06 (2006.01)
G02B 5/04 (2006.01)
G06T 3/40 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)
G03B 37/04 (2006.01)
H04N 5/232 (2006.01)
H04N 5/341 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2015 PCT/US2015/036415**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15195905**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2015 E 15741383 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3158382**

54 Título: **Cámara de matriz de óptica plegada con prismas refractivos**

30 Prioridad:

20.06.2014 US 201462015317 P
17.06.2015 US 201514742285

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2018

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

GEORGIEV, TODOR GEORGIEV

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 685 719 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

Cámara de matriz de óptica plegada con prismas refractivos

5 **CAMPO TÉCNICO**

[0001] La presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos de formación de imágenes que incluyen una matriz multi-cámara. En particular, la divulgación se refiere a sistemas y procedimientos que habilitan sistemas de formación de imágenes de bajo perfil y dispositivos móviles mientras se mantiene o mejora la calidad de la imagen.

10

ANTECEDENTES

[0002] Muchos dispositivos móviles, tales como teléfonos móviles y dispositivos informáticos tipo tablet, incluyen cámaras que puede utilizar un usuario para capturar imágenes fijas y/o vídeo. Debido a que los dispositivos móviles están diseñados típicamente para ser relativamente pequeños, puede ser importante diseñar las cámaras o sistemas de formación de imágenes lo más delgados posible para mantener un dispositivo móvil de bajo perfil. Las matrices de sensores de imágenes óptica plegada ("cámaras de matriz") permiten la creación de dispositivos de captura de imágenes de bajo perfil sin acortar la distancia focal ni disminuir la resolución de la imagen en el campo de visión de la matriz de sensores. Redirigiendo la luz hacia cada sensor en la matriz usando una superficie principal y una secundaria, y colocando los conjuntos de lentes utilizados para enfocar la luz entrante entre las superficies principal y secundaria, la matriz de sensores puede colocarse sobre un sustrato plano perpendicular a los conjuntos de lentes. La distancia focal más larga permite implementar características como el zoom óptico e incorporar ópticas más complicadas que requieren más espacio de lo que comúnmente ofrece la cámara móvil tradicional, como agregar más elementos ópticos.

25

[0003] Algunas cámaras de matriz emplean un espejo o prisma central con múltiples facetas para dividir la luz entrante que comprende la imagen objetivo en múltiples partes para la captura mediante los sensores de la matriz, en el que cada faceta dirige una parte de la luz de la imagen objetivo hacia un sensor en la matriz. Cada parte de la luz dividida puede hacerse pasar a través de un conjunto de lentes y ser reflejada por una superficie colocada directamente encima o debajo de un sensor, de manera que cada sensor capture una parte de la imagen. Los campos de visión del sensor se pueden superponer para ayudar a unir las partes capturadas en una imagen completa.

30

[0004] Los documentos WO 2007/129147 y WO 2012/164339 divulgaron un ejemplo de una cámara de matriz.

35

RESUMEN

[0005] Las matrices de sensores óptica plegada y técnicas de captura de imágenes descritas en el presente documento permiten la creación de dispositivos de captura de imágenes de bajo perfil sin acortar la distancia focal ni disminuir la resolución de la imagen a través del campo de visión de la matriz de sensores, en el que las imágenes capturadas han aumentado el campo de visión y eliminado o reducido las alteraciones del campo de visión (FOV) de la cámara. Un desafío de las cámaras de matriz existentes es la degradación de la calidad debido a que una cámara en la matriz ve por encima o alrededor de su espejo correspondiente. En consecuencia, se capturan datos de imagen que no representan la escena de imágenes, lo cual ocasiona problemas durante la unión de imágenes. Otro desafío al que se enfrentan las cámaras de matriz es que el FOV de toda la matriz está prácticamente limitado a alrededor de 60 grados debido a los límites en el FOV de cada cámara individual. Típicamente, acercar una cámara al espejo central podría aumentar el FOV, sin embargo, en las cámaras de matriz de bajo perfil, la cámara comenzará a verse en el espejo y no se logrará un aumento significativo en el FOV.

40

45

[0006] Los problemas anteriormente descritos, entre otros, se tratan en algunos modos de realización mediante las cámaras de matriz de prismas descritas en el presente documento. Algunos de los modos de realización pueden emplear un prisma refractivo central, por ejemplo con múltiples superficies o facetas, para dividir la luz entrante que comprende la imagen objetivo en múltiples partes para su captura mediante los sensores en la matriz. En algunos modos de realización, el prisma puede tener un índice de refracción de aproximadamente 1,5 o superior, y se puede conformar y colocar para reducir las alteraciones de aberración cromática y aumentar el FOV de un sensor. Por ejemplo, una superficie superior del prisma puede colocarse ortogonalmente al eje vertical de simetría de la matriz (que también puede ser el eje óptico de la matriz). En algunos modos de realización, una superficie interior inferior del prisma puede colocarse formando un ángulo α con respecto al eje vertical de simetría, y una superficie exterior inferior (por ejemplo, mirando a la cámara correspondiente) puede colocarse ortogonalmente a la superficie superior. En otros modos de realización, una superficie interior inferior del prisma puede colocarse formando un ángulo α con respecto al eje vertical de simetría, y una superficie exterior inferior (por ejemplo, mirando a la cámara correspondiente) puede colocarse formando un ángulo 2α con respecto a la superficie superior. En algunos ejemplos, una lente negativa se puede incorporar o unir a la superficie exterior inferior para aumentar aún más el FOV. Dichos ejemplos pueden proporcionar un FOV total de la matriz de hasta 180 grados.

50

55

60

65

[0007] Cada parte de la luz dividida se puede hacer pasar a través de un conjunto de lentes y ser reflejada por una superficie reflectante adicional opcional (o refractarse a través de un prisma adicional opcional) colocada directamente por encima o por debajo de un sensor, de manera que cada sensor capte una parte de la imagen. En algunas circunstancias, cada sensor en la matriz puede capturar una parte de la imagen que se superpone ligeramente con las partes capturadas por los sensores próximos en la matriz, y estas partes pueden ensamblarse en la imagen objetivo, por ejemplo, mediante combinación lineal u otras técnicas de unión de imágenes.

[0008] Un aspecto se refiere a una cámara de matriz de prismas para la captura de una escena de imágenes objetivo, comprendiendo el sistema una pluralidad de cámaras colocadas alrededor de un eje vertical de simetría de la cámara de matriz de prismas, comprendiendo cada cámara de la pluralidad de cámaras un sensor de imágenes, y un eje óptico colocado en un primer ángulo con relación al eje vertical de simetría, correspondiendo el primer ángulo a un valor angular; y una pluralidad de prismas, con cada prisma configurado para dirigir una parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo hacia una cámara correspondiente de la pluralidad de cámaras al menos parcialmente por refracción, comprendiendo cada prisma una primera superficie colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría de la cámara de matriz de prismas, con la primera superficie colocada de manera que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo entre en el prisma a través de la primera superficie, una segunda superficie colocada de manera que un plano formado por la segunda superficie biseque el primer ángulo entre el eje óptico de la cámara correspondiente y el eje vertical de simetría, y una tercera superficie, con la segunda superficie configurada para redirigir la parte de luz recibida desde la primera superficie hacia la tercera superficie, con la tercera superficie colocada de manera que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo salga del prisma y viaje hacia la cámara correspondiente.

[0009] Otro aspecto se refiere a un procedimiento de fabricación de una cámara de matriz de prismas, comprendiendo el procedimiento la determinación de un eje vertical de simetría de la cámara de matriz de prismas; y para cada cámara de una pluralidad de cámaras de la cámara de matriz de prismas, la colocación de la cámara de modo que un eje óptico de la cámara esté colocado en un primer ángulo con respecto al eje vertical de simetría, correspondiendo el primer ángulo a un valor angular, y la colocación de un elemento óptico de forma que una primera superficie del elemento óptico se coloque ortogonalmente al eje vertical de simetría, y una segunda superficie del elemento óptico se coloca de manera que un plano formado por la segunda superficie biseque el primer ángulo.

[0010] Otro aspecto se refiere a un conjunto de prisma para uso en una cámara de matriz, comprendiendo el conjunto de prisma un eje vertical de simetría; y una pluralidad de elementos ópticos refractivos asociados cada uno con una correspondiente de una pluralidad de cámaras de la cámara de matriz y configuradas para pasar una parte de luz que representa una escena de imágenes objetivo hacia la correspondiente de la pluralidad de cámaras, comprendiendo cada una de la pluralidad de elementos ópticos refractivos una primera superficie colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría de la cámara de matriz de prismas, con la primera superficie colocada de manera que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo se introduzca en el prisma a través de la primera superficie, una segunda superficie colocada de forma que un plano formado por la segunda superficie biseque el primer ángulo entre el eje óptico de la cámara correspondiente y el eje vertical de simetría, y una tercera superficie, con la segunda superficie configurada para redirigir la parte de luz recibida desde la primera superficie hacia la tercera superficie, con la tercera superficie colocada de manera que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo salga del prisma y viaje hacia la cámara correspondiente, y con un vértice definido por una intersección de la primera superficie y la segunda superficie.

[0011] Otro aspecto se refiere a un aparato para la captura de imágenes, que comprende medios para capturar una pluralidad de partes de una escena de imágenes objetivo; medios para refractar la luz que representan cada parte de la pluralidad de partes, con los medios para refractar la luz que comprenden facetas dispuestas en una relación geométrica que comprende un primer plano colocado ortogonalmente a un eje vertical de simetría de los medios para refractar la luz, un segundo plano colocado en un primer ángulo con relación al eje vertical de simetría, con el primer ángulo correspondiente a un primer valor angular, y un tercer plano colocado en un segundo ángulo con relación a la primera superficie, correspondiendo el segundo ángulo a un segundo valor angular que es sustancialmente igual al doble del primer valor angular; y medios para ensamblar la pluralidad de partes en una imagen final de la escena de imágenes objetivo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012] A continuación se describirán los aspectos divulgados en conjunción con los dibujos y apéndices adjuntos, proporcionados para ilustrar y no para limitar los aspectos divulgados, en los que las mismas designaciones denotan los mismos elementos.

La figura 1A ilustra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de una cámara de matriz de óptica plegada.

La figura 1B ilustra una vista lateral en sección transversal de otro modo de realización de una cámara de matriz de óptica plegada.

La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de un dispositivo de captura de imágenes.

5 Las figuras 3A a 3C ilustran un modo de realización de una cámara de matriz libre de alteraciones de paralaje e inclinación.

La figura 4 ilustra un ejemplo de parámetros de diseño para un sensor y espejo de la cámara de matriz.

10 Las figuras 5A-5C ilustran un modo de realización de un prisma para una cámara de matriz de prismas.

Las figuras 6A-6C ilustran otro modo de realización de un prisma para una cámara de matriz de prismas.

Las figuras 7A-7C ilustran otro modo de realización de un prisma para una cámara de matriz de prismas.

15 La figura 8 ilustra un modo de realización de un proceso de captura de imágenes óptica plegada.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

I. Introducción

20 [0013] Las implementaciones divulgadas en el presente documento proporcionan sistemas, procedimientos y aparatos para generar imágenes que tienen un amplio campo de visión, con las imágenes sustancialmente libres de alteraciones de paralaje e inclinación, usando una cámara de matriz con óptica plegada. Los aspectos de la presente invención se refieren a una cámara de matriz que tiene un amplio campo de visión, por ejemplo aproximadamente
25 180 grados. Reemplazar los espejos por prismas corrige los dos problemas mencionados anteriormente: cámaras que ven sobre el espejo central y el FOV limitado de cada cámara, al mismo tiempo. Por ejemplo, una amplia gama de cámaras con diseño de prisma no ve por encima del borde o el vértice del prisma debido a los efectos de la reflexión interna total. Esto soluciona el primer problema de manera bastante eficiente. Además, las cámaras obtienen un FOV más amplio. En una clase de diseños, esto está relacionado con la introducción de aberraciones cromáticas. Otro modo de realización del diseño de la cámara de matriz de prismas está completamente libre de aberraciones. Con lentes de índice de refracción más altos y otros materiales, el campo de visión de las cámaras individuales no está restringido, y permanece exactamente igual que con una "cámara libre". En otro modo de realización del diseño de la cámara de matriz de prismas, agregar lentes negativas al prisma puede aumentar adicionalmente el FOV de las cámaras individuales hasta 90 grados, haciendo posible un FOV total de 180 grados.

35 [0014] Cada sensor de la matriz "ve" una parte de la escena de imágenes utilizando un prisma central correspondiente, y en consecuencia cada par sensor/espejo individual representa solo una sub-apertura de la cámara de matriz total. La cámara de matriz completa tiene una apertura sintética generada basada en la suma de todos los rayos de apertura individuales, es decir, basada en la unión de las imágenes generadas por las sub-aperturas.

40 [0015] En la siguiente descripción, se dan detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de los ejemplos. Sin embargo, los ejemplos pueden practicarse sin estos detalles específicos.

45 II. Descripción general de las cámaras de matriz de óptica plegada

[0016] Con referencia ahora a las figuras 1A y 1B, a continuación se describirán con mayor detalle ejemplos de un conjunto de múltiples sensores de óptica plegada 100A, 100B adecuados para uso con los sistemas y técnicas de enfoque automático descritos en el presente documento. La figura 1A ilustra una vista lateral en sección transversal de un ejemplo de una matriz de óptica plegada 100A que incluye sensores de imágenes 105, 125, superficies reflectantes de redireccionamiento de luz secundarias 110, 135, conjuntos de lentes 115, 130 y una superficie reflectante central 120 que pueden montarse todos en un sustrato 150. La figura 1B ilustra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de una matriz de sensores de óptica plegada que incluye prismas centrales 141, 146 para las superficies de redireccionamiento de luz principales 122, 124 y prismas adicionales que forman las superficies de redireccionamiento de luz secundarias 135, 110.

55 [0017] Con referencia a la figura 1A, los sensores de imágenes 105, 125 pueden incluir, en ciertos modos de realización, un dispositivo de carga acoplada (CCD), un sensor de semiconductor de óxido de metal complementario (CMOS), o cualquier otro dispositivo sensor de imágenes que recibe luz y genera datos de imagen en respuesta a la imagen recibida. Los sensores de imágenes 105, 125 pueden ser capaces de obtener datos de imágenes de fotografías y también pueden proporcionar información con respecto al movimiento en un flujo de vídeo capturado. Los sensores 105 y 125 pueden ser sensores individuales o pueden representar matrices de sensores, como una matriz 3x1. Sin embargo, como comprenderá un experto en la técnica, se puede usar cualquier matriz adecuada de sensores en las implementaciones divulgadas.

65

[0018] Los sensores 105, 125 puede estar montados en el sustrato 150 como se muestra en la figura 1A. En algunos modos de realización, todos los sensores pueden estar en un plano montados en el sustrato plano 150. El sustrato 150 puede ser cualquier material sustancialmente plano adecuado. La superficie reflectante central 120 y los conjuntos de lentes 115, 130 también se pueden montar en el sustrato 150. Son posibles múltiples configuraciones para montar una matriz o matrices de sensores, una pluralidad de conjuntos de lentes y una pluralidad de superficies reflectantes o refractivas principales y secundarias.

[0019] Todavía en referencia a la figura 1A, en algunos modos de realización, una superficie reflectante central 120 puede utilizarse para redirigir la luz a partir de una escena de imágenes objetivo hacia los sensores 105, 125. La superficie reflectante central 120 puede ser un espejo o una pluralidad de espejos, y puede ser plana o conformarse según sea necesario para redirigir apropiadamente la luz entrante a los sensores de imágenes 105, 125. Por ejemplo, en algunos modos de realización, la superficie reflectante central 120 puede ser un espejo dimensionado y conformado para reflejar los rayos de luz entrantes a través de los conjuntos de lentes 115, 130 hacia los sensores 105, 125, respectivamente. La superficie reflectante central 120 puede dividir la luz que comprende la imagen objetivo en múltiples partes y dirigir cada parte a un sensor diferente. Por ejemplo, un primer lado 122 de la superficie reflectante central 120 (también denominada superficie de redireccionamiento de luz principal, ya que otros modos de realización pueden implementar un prisma refractivo en lugar de una superficie reflectante) puede enviar una parte de la luz correspondiente a un primer campo visión 140 hacia el sensor izquierdo 105, mientras que un segundo lado 124 envía una segunda parte de la luz correspondiente a un segundo campo de visión 145 hacia el sensor derecho 125. Debería apreciarse que, juntos, los campos de visión 140, 145 de los sensores de imágenes cubren al menos la imagen objetivo.

[0020] En algunos modos de realización en los que cada uno de los sensores de recepción es una matriz de una pluralidad de sensores, la superficie reflectante central puede estar hecha de múltiples superficies reflectantes formando un ángulo entre ellas con el fin de enviar una parte diferente de la escena de imágenes objetivo hacia cada uno de los sensores. Cada sensor en la matriz puede tener un campo de visión sustancialmente diferente, y en algunos modos de realización, los campos de visión pueden superponerse. Ciertos modos de realización de la superficie reflectante central pueden tener superficies complicadas no planas para aumentar los grados de libertad cuando se diseña el sistema de lente. Además, aunque la superficie central se analiza como una superficie reflectante, en otros modos de realización la superficie central puede ser refractiva. Por ejemplo, la superficie central puede ser un prisma configurado con una pluralidad de facetas, donde cada faceta dirige una parte de la luz que comprende la escena hacia uno de los sensores.

[0021] Después de ser reflejada por la superficie reflectante central 120, la luz puede propagarse a través de los conjuntos de lentes 115, 130 como se ilustra en la figura 1A. Se pueden proporcionar uno o más conjuntos de lentes 115, 130 entre la superficie reflectante central 120 y los sensores 105, 125 y las superficies reflectantes 110, 135. Los conjuntos de lentes 115, 130 se pueden usar para enfocar la parte de la imagen objetivo que se dirige hacia cada sensor.

[0022] En algunos modos de realización, cada conjunto de lentes puede comprender una o más lentes y un actuador para mover la lente entre una pluralidad de diferentes posiciones de lente a través de una carcasa. El actuador puede ser un motor de bobina móvil (VCM), un sistema mecánico microelectrónico (MEMS) o una aleación con memoria de forma (SMA). El conjunto de lentes puede comprender adicionalmente un accionador de lentes para controlar el accionador.

[0023] Pueden implementarse técnicas de enfoque automático tradicionales cambiando la distancia focal entre las lentes 115, 130 y el correspondiente sensor 105, 125 de cada cámara. En algunos modos de realización, esto se puede lograr moviendo un tubo portalentas. Otros modos de realización pueden ajustar el enfoque moviendo el espejo central hacia arriba o hacia abajo o ajustando el ángulo del espejo con relación al conjunto de lentes. Ciertos modos de realización pueden ajustar el enfoque moviendo los espejos laterales sobre cada sensor. Tales modos de realización pueden permitir que el conjunto ajuste el enfoque de cada sensor individualmente. Además, es posible que algunos modos de realización cambien el enfoque de todo el conjunto de una vez, por ejemplo colocando una lente como una lente líquida en todo el conjunto. En ciertas implementaciones, la fotografía computacional se puede usar para cambiar el punto focal de la matriz de cámara.

[0024] Como se ilustra en la figura 1A, se pueden proporcionar múltiples superficies reflectantes laterales, tales como las superficies reflectantes 110 y 135, alrededor del espejo central 120 enfrente de los sensores. Después de pasar a través de los conjuntos de lentes, las superficies reflectantes laterales 110, 135 (también denominadas superficies secundarias de redireccionamiento de luz, ya que otros modos de realización pueden implementar un prisma refractivo en lugar de una superficie reflectante) pueden reflejar la luz (orientación "descendente" como se representa en la figura 1A) sobre los sensores planos 105, 125. Como se representa, el sensor 105 puede colocarse debajo de la superficie reflectante 110 y el sensor 125 puede colocarse debajo de la superficie reflectante 135. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores pueden estar por encima de las superficies laterales reflejadas, y las superficies reflectantes laterales pueden configurarse para reflejar la luz hacia arriba. Son posibles otras configuraciones adecuadas de las superficies reflectantes laterales y los sensores en las que la luz de cada

conjunto de lentes se redirige hacia los sensores. Ciertos modos de realización pueden permitir el movimiento de las superficies reflectantes laterales 110, 135 para cambiar el enfoque o campo de visión del sensor asociado.

[0025] El campo de visión de cada sensor, 140, 145 puede desviarse hacia el espacio de objetos mediante la superficie del espejo central 120 asociado con ese sensor. Se pueden emplear procedimientos mecánicos para inclinar los espejos y/o mover los prismas en la matriz de manera que el campo de visión de cada cámara pueda dirigirse a diferentes ubicaciones en el campo de objetos. Esto se puede usar, por ejemplo, para implementar una cámara de alto rango dinámico, para aumentar la resolución del sistema de cámara, o para implementar un sistema de cámara plenóptico. El campo de visión de cada sensor (o cada matriz de 3x1) puede proyectarse en el espacio de objeto, y cada sensor puede capturar una imagen parcial que comprende una parte de la escena objetivo de acuerdo con el campo de visión de ese sensor. En algunos modos de realización, los campos de visión 140, 145 para las matrices de sensores opuestas 105, 125 pueden superponerse en una cierta cantidad 150. Para reducir la superposición 150 y formar una única imagen, se puede usar un proceso de unión como se describe a continuación para combinar las imágenes de las dos matrices de sensores opuestas 105, 125. Ciertos modos de realización del proceso de unión pueden emplear la superposición 150 para identificar características comunes al unir las imágenes parciales entre sí. Después de unir las imágenes superpuestas entre sí, la imagen unida se puede recortar a una relación de aspecto deseada, por ejemplo 4:3 o 1:1, para formar la imagen final.

[0026] La figura 1B ilustra una vista lateral en sección transversal de otro modo de realización de una cámara de matriz de óptica plegada 100B. Como se muestra en la figura 1B, un conjunto de sensor 100B incluye un par de sensores de imágenes 105, 125 montados cada uno en el sustrato 150. El conjunto de lentes de sensor 100B también incluye conjuntos de lentes 115, 130 correspondientes a sensores de imágenes 105, 125, respectivamente, el componente óptico 116, 117, que incluyen cada uno una superficie de redireccionamiento de luz secundaria 110, 135, respectivamente, colocada adyacente al cristal de cubierta 106, 126 de los sensores de imágenes 105, 125, respectivamente. En algunos modos de realización, el cristal de cubierta 106, 126 está acoplado físicamente al sensor 105, 125 y a los componentes ópticos 116, 117. Algunos modos de realización incluyen una lente 127, 129 dispuesta entre el cristal de cubierta 106, 126 y los componentes ópticos 116, 117. En algunos modos de realización, un lado del cristal de cubierta 106, 126 está físicamente acoplado al sensor 105, 125 el otro lado está acoplado físicamente a la lente 127, 129. En algunos modos de realización, tal lente 127, 129 está además físicamente acoplada al componente óptico 116, 117. Por ejemplo, en algunos modos de realización, el sensor de imágenes 105, 125, el cristal de cubierta 106, 117 y la lente 127, 129 forman una pila que está físicamente acoplada entre sí y acoplada al componente óptico 116, 117 para fijar su alineación a una disposición conocida. Algunos modos de realización no incluyen la lente 127, 129. La superficie de redireccionamiento de luz principal 122 del prisma refractivo 141 dirige una parte de luz desde la escena de imágenes objetivo a lo largo del eje óptico 121 a través del conjunto de lentes 115, es redirigida por la superficie de redireccionamiento de luz secundaria 110, pasa a través del cristal de cubierta 106 y es incidente sobre el sensor 105. La superficie de redireccionamiento de luz principal 124 del prisma refractivo 146 dirige una parte de luz recibida desde la escena de imágenes objetivo a lo largo del eje óptico 123 a través del conjunto de lentes 130. La luz es redirigida por la superficie de redireccionamiento de luz secundaria 135, pasa a través del cristal de cubierta 126, y es incidente sobre el sensor 125. La cámara de matriz de óptica plegada 100B es ilustrativa de un modo de realización de cámara de matriz que implementa prismas refractivos en lugar de las superficies reflectantes de la cámara de matriz 100A de la figura 1A. Se proporciona cada uno de los prismas refractivos 141, 146 en una abertura en el sustrato 150 de manera que las superficies de direccionamiento de luz principales 122, 124 están debajo del plano formado por el sustrato y reciben luz que representa la escena de imágenes objetivo.

[0027] Los sensores 105, 125 puede estar montados en el sustrato 150 como se muestra en la figura 1B. En algunos modos de realización, todos los sensores pueden estar en un plano montados en el sustrato plano 150. El sustrato 150 puede ser cualquier material sustancialmente plano adecuado. El sustrato 150 puede incluir una abertura como la descrita anteriormente para permitir que la luz entrante pase a través del sustrato 150 hacia las superficies de redireccionamiento de luz principales 122, 124. Son posibles múltiples configuraciones para montar una matriz o matrices de sensores, así como los otros componentes de la cámara ilustrados, en el sustrato 150.

[0028] Todavía en referencia a la figura 1B, las superficies de redireccionamiento de luz principales 122, 124 pueden ser superficies de prisma como se ilustra, o pueden ser un espejo o una pluralidad de espejos, y pueden ser planas o conformadas, según sea necesario para redirigir adecuadamente la luz entrante a los sensores de imágenes 105, 125. En algunos modos de realización, las superficies de redireccionamiento de luz principales 122, 124 pueden formarse como un prisma o una pirámide de espejos central como se ilustra en la figura 1A. El prisma o la pirámide de espejos central, u otro componente óptico puede dividir la luz que representa la imagen objetivo en múltiples partes y dirigir cada parte a un sensor diferente. Por ejemplo, una superficie de redireccionamiento de luz principal 122 puede enviar una parte de la luz correspondiente a un primer campo de visión hacia el sensor izquierdo 105 mientras que la superficie de redireccionamiento de luz principal 124 envía una segunda parte de la luz correspondiente a un segundo campo de visión hacia el sensor derecho 125. En algunos modos de realización en los que cada uno de los sensores de recepción es una matriz de una pluralidad de sensores, las superficies de redireccionamiento de luz pueden estar hechas de múltiples superficies reflectantes formando un ángulo entre ellas para enviar una parte diferente de la escena de imágenes objetivo hacia cada uno de los sensores. Debería

apreciarse que, juntos, los campos de visión de las cámaras cubren al menos la imagen objetivo, y pueden alinearse y unirse después de la captura para formar una imagen final capturada por la apertura sintética de la matriz.

5 [0029] Cada sensor en la matriz puede tener un campo de visión sustancialmente diferente, y en algunos modos de realización los campos de visión pueden superponerse. Como se describe con más detalle a continuación, las relaciones espaciales entre las diversas superficies de redireccionamiento de luz principales 122, 124, los conjuntos de lentes 115, 130 y los sensores 105, 125 pueden predeterminarse para reducir o eliminar las alteraciones de paralaje e inclinación que se producen entre los diferentes campos de visión.

10 [0030] Como se ilustra en las figuras 1A y 1B, cada cámara de matriz tiene una altura total H. En algunos modos de realización, la altura total H puede ser de aproximadamente 4,5 mm o menos. En otros modos de realización, la altura total H puede ser de aproximadamente 4,0 mm o menos. Aunque no se ilustra, la cámara de matriz completa 100A, 100B puede proporcionarse en una carcasa que tiene una altura interior correspondiente de aproximadamente 4,5 mm o menos o aproximadamente 4,0 mm o menos.

15 [0031] Algunas configuraciones de tales cámaras de matriz 100A, 100B pueden sufrir de alteraciones de paralaje y de inclinación basándose en la posición relativa de los sensores y las superficies de redireccionamiento de luz, presentando desafíos con respecto a la degradación de la calidad debido a paralaje y la inclinación entre diferentes vistas del mismo objeto como se ve desde diferentes cámaras de la matriz. El paralaje y la inclinación impiden la unión perfecta de las imágenes capturadas por cada cámara en una imagen final completamente libre de alteraciones. Dependiendo de la profundidad (por ejemplo, distancia de la lente al objeto), la imagen de una cámara se puede desplazar en posición y ángulo en relación con una imagen superpuesta de otra cámara. El paralaje y la inclinación resultantes pueden causar imágenes fantasma de "doble imagen" en el área de la imagen correspondiente a los campos de visión superpuestos cuando las imágenes se unen o fusionan. Incluso si la matriz está estructurada de manera que no haya superposición en los campos de visión del sensor, el paralaje da como resultado características discontinuas en la imagen, como líneas y bordes, cuando tales características cruzan los bordes entre los campos de visión del sensor.

20 [0032] Tal como se utiliza en el presente documento, el término "cámara" se refiere a un sensor de imágenes, sistema de lentes, y una serie de correspondientes superficies de redireccionamiento de luz, por ejemplo la superficie de redireccionamiento de luz principal 124, el conjunto de lentes 130, la superficie de redireccionamiento de luz secundaria 135, y sensor 125 como se ilustra en la figura 1. Una matriz de múltiples sensores de óptica plegada, denominada "matriz" o "cámara de matriz", puede incluir una pluralidad de tales cámaras en diversas configuraciones. Algunos modos de realización de configuraciones de matriz se describen en la Publicación de Solicitud de EE. UU. n.º 2014/0111650, presentada el 15 de marzo de 2013 y titulada "MULTI-CAMERA SYSTEM USING FOLDED OPTICS [SISTEMA MULTICÁMARA CON ÓPTICA PLEGADA]". Son posibles otras configuraciones de cámara de matriz que se beneficiarían de las relaciones geométricas para la reducción o eliminación de alteraciones de paralaje descritas en el presente documento.

35 [0033] La figura 2 representa un diagrama de bloques de alto nivel de un dispositivo 200 que tiene un conjunto de componentes que incluye un procesador de imágenes 220 vinculado a una o más cámaras 215a-n. El procesador de imágenes 220 también está en comunicación con una memoria de trabajo 205, una memoria 230 y un procesador de dispositivo 250, que a su vez está en comunicación con el almacenamiento 210 y la pantalla electrónica 225.

40 [0034] El dispositivo 200 puede ser un teléfono celular, una cámara digital, una tablet, un asistente digital personal o similar. Existen muchos dispositivos informáticos portátiles en los que un sistema de formación de imágenes de grosor reducido tal como se describe en el presente documento proporcionaría ventajas. El dispositivo 200 también puede ser un dispositivo informático estacionario o cualquier dispositivo en el que un sistema de formación de imágenes delgado sería ventajoso. Una pluralidad de aplicaciones puede estar disponible para el usuario en el dispositivo 200. Estas aplicaciones pueden incluir aplicaciones fotográficas y de vídeo tradicionales, imágenes de alto rango dinámico, fotos y vídeos panorámicos, o formación imágenes estereoscópicas como imágenes 3D o vídeo 3D.

45 [0035] El dispositivo de captura de imágenes 200 incluye las cámaras 215a-n para la captura de imágenes externas. Cada una de las cámaras 215a-n puede comprender un sensor, un conjunto de lentes y una superficie reflectante o reflectante principal y secundaria para dirigir una parte de una imagen objetivo a cada sensor, como se analizó anteriormente con respecto a la figura 1. En general, se pueden usar N cámaras 215a-n, donde $N \geq 2$. Por lo tanto, la imagen objetivo puede dividirse en N partes en las que cada sensor de las N cámaras captura una parte de la imagen objetivo de acuerdo con el campo de visión de ese sensor. Se entenderá que las cámaras 215a-n pueden comprender cualquier cantidad de cámaras adecuadas para una implementación del dispositivo de formación de imágenes de óptica plegada descrito en el presente documento. El número de sensores puede aumentarse para lograr alturas z más bajas del sistema, como se analiza con más detalle a continuación con respecto a la figura 4, o para satisfacer las necesidades de otros fines, como tener campos de visión superpuestos similares a los de un cámara plenóptica, lo cual puede permitir la capacidad de ajustar el enfoque de la imagen después del postprocesamiento. Otros modos de realización pueden tener una configuración de superposición de campo de visión adecuada para cámaras de alto rango dinámico permitiendo la capacidad de capturar dos imágenes

simultáneas y luego fusionarlas. Las cámaras 215a-n pueden acoplarse al procesador de imágenes 220 para transmitir la imagen capturada al procesador del dispositivo 250.

5 [0036] La imagen de procesador 220 puede estar configurada para realizar varias operaciones de procesamiento en los datos de imagen recibidos comprendiendo N partes de la imagen objetivo con el fin de emitir una imagen unida de alta calidad, como se describirá en más detalle a continuación. El procesador de imágenes 220 puede ser una unidad de procesamiento de propósito general o un procesador especialmente diseñado para aplicaciones de formación de imágenes. Ejemplos de operaciones de procesamiento de imágenes incluyen recorte, escalado (por ejemplo, a una resolución diferente), unión de imágenes, conversión de formato de imagen, interpolación de color, procesamiento de color, filtrado de imagen (por ejemplo, filtrado de imagen espacial), corrección de defecto o alteración de lente, etc. el procesador 220 puede, en algunos modos de realización, comprender una pluralidad de procesadores. Ciertos modos de realización pueden tener un procesador dedicado a cada sensor de imágenes. El procesador de imágenes 220 puede ser uno o más procesadores de señal de imagen (ISP) dedicados o una implementación de software de un procesador.

15 [0037] Como se muestra, el procesador de imágenes 220 está conectado a una memoria 230 y una memoria de trabajo 205. En el modo de realización ilustrado, la memoria 230 almacena el módulo de control de captura 235, el módulo de unión de imágenes 240 y el sistema operativo 245. Estos módulos incluyen instrucciones que configuran el procesador de imágenes 220 del procesador del dispositivo 250 para realizar diversas tareas de procesamiento de imágenes y gestión de dispositivos. La memoria operativa 205 puede ser utilizada por el procesador de imágenes 220 para almacenar un conjunto funcional de instrucciones de procesador contenidas en los módulos de la memoria 230. De forma alternativa, la memoria de trabajo 205 también puede ser utilizada por el procesador de imágenes 220 para almacenar datos dinámicos creados durante el funcionamiento del dispositivo 200.

25 [0038] Como se mencionó anteriormente, el procesador de imágenes 220 está configurado por varios módulos almacenados en las memorias. El módulo de control de captura 235 puede incluir instrucciones que configuran el procesador de imágenes 220 para ajustar la posición de enfoque de las cámaras 215a-n. El módulo de control de captura 235 puede incluir instrucciones que controlan las funciones generales de captura de imágenes del dispositivo 200. Por ejemplo, el módulo de control de captura 235 puede incluir instrucciones que llaman a subrutinas para configurar el procesador de imágenes 220 para capturar datos de imágenes en bruto de una escena de imágenes objetivo utilizando las cámaras 215a-n. El módulo de control de captura 235 puede entonces llamar al módulo de unión de imágenes 240 para realizar una técnica de unión en las N imágenes parciales capturadas por las cámaras 215a-n y emitir una imagen objetivo unida y recortada al procesador de formación de formación de imágenes 220. El módulo de control de captura 235 también puede llamar al módulo de unión de imágenes 240 para realizar una operación de unión en datos de imágenes en bruto para generar una imagen de vista previa de una escena a capturar, y actualizar la imagen de vista previa en ciertos intervalos de tiempo o cuando la escena en los datos de la imagen sin procesar cambia.

30 [0039] El módulo de unión de imagen 240 puede comprender instrucciones que configuran el procesador de imágenes 220 para realizar técnicas de unión y recorte en los datos de imagen capturados. Por ejemplo, cada uno de los N sensores 215a-n puede capturar una imagen parcial que comprende una parte de la imagen objetivo de acuerdo con el campo de visión de cada sensor. Los campos de visión pueden compartir áreas de superposición, como se describe arriba y abajo. Para emitir una única imagen objetivo, el módulo de unión de imágenes 240 puede configurar el procesador de imágenes 220 para combinar las múltiples N imágenes parciales para producir una imagen objetivo de alta resolución. La generación de imágenes objetivo puede ocurrir a través de técnicas de unión de imágenes conocidas. Ejemplos de unión de imágenes se pueden encontrar en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos número 11/623 050.

35 [0040] Por ejemplo, el módulo de unión de imágenes 240 puede incluir instrucciones para comparar las áreas de superposición a lo largo de los bordes de las N imágenes parciales para hacer coincidir las características con el fin de determinar la rotación y alineación de las N imágenes parciales respecto a la otra. Debido a la rotación de imágenes parciales y/o la forma del campo de visión de cada sensor, la imagen combinada puede formar una forma irregular. Por lo tanto, después de alinear y combinar las N imágenes parciales, el módulo de unión de imágenes 240 puede llamar a subrutinas que configuran el procesador de imágenes 220 para recortar la imagen combinada con una forma y relación de aspecto deseada, por ejemplo un rectángulo 4: 3 o cuadrado 1: 1. La imagen recortada puede enviarse al procesador del dispositivo 250 para su visualización en la pantalla 225 o para guardar en el almacenamiento 210.

40 [0041] El módulo del sistema operativo 245 configura el procesador de imágenes 220 para gestionar la memoria de trabajo 205 y los recursos de procesamiento del dispositivo 200. Por ejemplo, el módulo de sistema operativo 245 puede incluir controladores de dispositivo para gestionar recursos de hardware tales como las cámaras 215a-n. Por lo tanto, en algunos modos de realización, las instrucciones contenidas en los módulos de procesamiento de imágenes analizados anteriormente pueden no interactuar directamente con estos recursos de hardware, pero en lugar de eso interactuar a través de subrutinas o API estándar ubicadas en el componente del sistema operativo 270. Las instrucciones dentro del sistema operativo 245 pueden a continuación interactuar directamente con estos

componentes de hardware. El módulo de sistema operativo 245 puede configurar además el procesador de imágenes 220 para compartir información con el procesador 250 del dispositivo.

[0042] El procesador del dispositivo 250 puede estar configurado para controlar la pantalla 225 para visualizar la imagen capturada, o una vista previa de la imagen capturada, a un usuario. La pantalla 225 puede ser externa al dispositivo de formación de imágenes 200 o puede ser parte del dispositivo de formación de imágenes 200. La pantalla 225 también puede configurarse para proporcionar un buscador de vistas que muestra una imagen de vista previa para su uso antes de capturar una imagen, o puede configurarse para mostrar una imagen capturada almacenada en la memoria o recientemente capturada por el usuario. La pantalla 225 puede comprender una pantalla LCD o LED, y puede implementar tecnologías sensibles al tacto.

[0043] El Procesador del dispositivo 250 puede escribir datos en el módulo de almacenamiento 210, por ejemplo, datos que representan las imágenes capturadas. Mientras que el módulo de almacenamiento 210 se representa gráficamente como un dispositivo de disco tradicional, los expertos en la materia entenderán que el módulo de almacenamiento 210 se puede configurar como cualquier dispositivo de almacenamiento. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento 210 puede incluir una unidad de disco, como una unidad de disquete, una unidad de disco duro, una unidad de disco óptico o una unidad de disco magneto-óptico, o una memoria de estado sólido tal como una memoria FLASH, RAM, ROM y/o EEPROM. El módulo de almacenamiento 210 también puede incluir múltiples unidades de memoria, y cualquiera de las unidades de memoria puede configurarse para estar dentro del dispositivo de captura de imágenes 200, o puede ser externo al dispositivo de captura de imágenes 200. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento 210 puede incluir una memoria ROM que contiene instrucciones del programa del sistema almacenadas dentro del dispositivo de captura de imágenes 200. El módulo de almacenamiento 210 también puede incluir tarjetas de memoria o memorias de alta velocidad configuradas para almacenar imágenes capturadas que pueden ser extraíbles de la cámara.

[0044] Aunque la figura 2 representa un dispositivo que tiene componentes separados para incluir un procesador, un sensor de imágenes, y una memoria, un experto en la técnica reconocerá que estos componentes separados se pueden combinar en una variedad de maneras de lograr los objetivos de diseño particulares. Por ejemplo, en un modo de realización alternativo, los componentes de memoria pueden combinarse con componentes de procesador para ahorrar costes y mejorar el rendimiento. En algunos modos de realización, un dispositivo puede incluir un único procesador que puede realizar la funcionalidad que se describe con referencia al procesador 250 del dispositivo y al procesador de imágenes 220.

[0045] Además, aunque la figura 2 ilustra dos componentes de memoria, incluyendo el componente de memoria 230 que comprende varios módulos y una memoria independiente 205 que comprende una memoria de trabajo, una persona con experiencia en la técnica reconocerá varios modos de realización que utilizan diferentes arquitecturas de memoria. Por ejemplo, un diseño puede utilizar una memoria ROM o una memoria RAM estática para el almacenamiento de las instrucciones del procesador que implementan los módulos contenidos en la memoria 230. Las instrucciones del procesador pueden cargarse en la RAM para facilitar la ejecución mediante el procesador de imágenes 220. Por ejemplo, la memoria de trabajo 205 puede comprender una memoria RAM, con instrucciones cargadas en la memoria de trabajo 205 antes de la ejecución mediante el procesador de imágenes 220.

III. Descripción de las cámaras de matriz de óptica plegada libres de alteraciones de paralaje e inclinación

[0046] Las figuras 3A y 3B ilustran un modo de realización de una cámara de matriz libre de alteraciones de paralaje e inclinación debido a la disposición de los diversos componentes de acuerdo con las relaciones espaciales predeterminadas definidos a continuación. Como se ilustra en las figuras 3A y 3B, dos superficies de espejo 330, 335 y dos sensores correspondientes 311A, 311B pueden configurarse basándose en una relación espacial predefinida para evitar ocasionar alteraciones de paralaje e inclinación en una imagen capturada. Un sensor de la matriz y su lente correspondiente se denomina "cámara", y la cooperación de todas las cámaras en la matriz se denomina "cámara virtual". Aunque no se ilustra, cada cámara puede tener una superficie de redireccionamiento de luz secundaria como se describió anteriormente con el fin de redirigir la luz hacia un sensor que no está colocado en el ángulo ilustrado con respecto a un eje óptico de la cámara. Por ejemplo, en algunos modos de realización, todos los sensores pueden estar colocados en un plano común. En el modo de realización ilustrado, la cámara virtual 320 incluye el sensor virtual 321 y la lente virtual 322 asociada con el sensor virtual. Como se comprenderá, la cámara virtual 320 se muestra para mostrar el sensor virtual 321 y la lente virtual 322 correspondientes a la apertura sintética (campo de visión 340) de la matriz general 300 generada al unir imágenes capturadas por los sensores físicos 311A, 311B, y la cámara virtual no está físicamente presente en una construcción real de la matriz.

[0047] Cada cámara 310A, 310B se ve en el ápice A del prisma de espejos central 350, el eje óptico 315A, 315B de cada cámara 310A, 310B que pasa por el ápice A. Los centros de lente de las lentes 312A, 312B asociadas con cada una de las cámaras 310A, 310B están a la misma distancia del ápice, y cada cámara 310A, 310B ve la mitad del campo de visión 340 de la cámara virtual 320. El ángulo del eje óptico 315A, 315B de cada cámara 310A, 310B con relación al eje vertical 325 puede ser el doble del ángulo de un plano formado por su espejo correspondiente 330, 335 con relación al eje vertical 325. En el modo de realización ilustrado, el eje vertical 325 indica el eje vertical

de simetría de la matriz 300 y es también el eje óptico virtual (por ejemplo, el eje óptico de la cámara virtual 320 representado por el sensor virtual 321 y la lente virtual 322).

[0048] Como se ilustra, los planos formados por las superficies de espejo 330, 335 se cruzan en un punto común, denominado el ápice y etiquetado como A en las figuras, a lo largo del eje óptico virtual 325 de la matriz. Las cámaras 310A, 310B pueden colocarse de modo que el eje óptico 315A, 315B de cada cámara se cruza con el ápice A. Además, cada cámara 310A, 310B puede colocarse de forma tal que el ángulo (etiquetado como ángulo 2α) formado entre el eje óptico de la cámara 315A, 315B y el eje óptico virtual 325 es el doble del ángulo (etiquetado como ángulo α) formado entre la superficie del espejo correspondiente 330, 335 y el eje óptico virtual 325. Sin embargo, estos ángulos no tienen que ser los mismos para todas las cámaras de la matriz. La distancia D entre el ápice A y el centro de proyección 313B (ubicado dentro de la lente 312B correspondiente a un sensor 311B) puede ser la misma o esencialmente la misma para todas las cámaras de la matriz. Todas las cámaras 310A, 310B de la matriz se fusionan virtualmente en (leer "servir como") una sola cámara virtual 320 mirando hacia arriba a lo largo del eje óptico virtual 325 de la matriz 300. De esta forma, cada combinación individual de cámara/lente/espejo representa solo una sub-abertura de la matriz total 300. La cámara virtual 320 tiene una apertura sintética hecha de la suma de todos los rayos de apertura individuales.

[0049] La figura 3C ilustra un ejemplo de las restricciones de diseño descritas anteriormente para una cámara 310B en la matriz 300. El campo de visión 340 de la cámara virtual 320 formada uniendo imágenes de todas las cámaras 310A, 310B en la matriz 300 puede basarse en la optimización de los parámetros mecánicos del sistema. Sin embargo, se puede obtener una estimación aproximada basada en la suposición de una cámara individual infinitamente pequeña (tamaño de punto) 310B. El campo de visión máximo posible (FOV) para la cámara virtual 320 se relaciona con ángulos en la figura 3C, donde:

$$\text{FOV} = 2\beta$$

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$\text{FOV} = 180 - 2\alpha$$

[0050] Más allá del ángulo β , los rayos de luz que la cámara virtual 320 "ve" pueden ser obstruidos por la estructura física de la cámara real 310B. En algunos modos de realización de cámaras de matriz, el FOV puede ser más pequeño.

[0051] Además, la cámara de matriz es deseablemente delgada (por ejemplo, 4 mm o menos de altura) en algunos modos de realización, lo cual limita el ángulo α a menos de 45° y a más de un cierto valor. Otros requisitos prácticos pueden hacer $\alpha > 30^\circ$. En diversos modos de realización, la distancia focal y el ángulo α no tienen que ser iguales para todas las cámaras.

[0052] La figura 4 ilustra un ejemplo de parámetros de diseño y un ejemplo de trazado de rayos para varios ángulos de luz incidente en un espejo 335 correspondiente a un sensor 311B y un espejo 335 de la cámara de matriz 300 de las figuras 3A-3C, lo cual puede dar como resultado un FOV = 60° (aproximadamente). Sin embargo, este es un ejemplo y no una limitación y los ángulos más amplios son realísticamente posibles. Suponiendo una lente ideal 312B, con resultados similares esperados para una lente real, la distancia focal de la cámara 310B es de aproximadamente 5 mm, la apertura es de 2,5 mm, la distancia desde A hasta el centro de la proyección 313B de la lente 312B es de aproximadamente 10,9 mm, A está a aproximadamente 4 mm de altura H de la base 400 (aunque la altura H puede variar basándose en el grosor o altura total de la matriz), el centro de proyección 313B está a aproximadamente 2 mm de altura desde la base 400, y $\alpha = 40^\circ$. Se puede determinar un FOV = 60° a partir del cálculo de la iluminación relativa, y puede estar limitado por el tamaño del espejo 335 y la distancia desde el centro de proyección de la lente 313B al espejo 335. La restricción de una altura de espejo H de aproximadamente 4 mm puede no aumentar debido a las limitaciones del factor de forma de la cámara de matriz, mientras que la distancia al espejo 335 puede reducirse, pero a costa de que la cámara física obstruya algunos de los rayos. Como se ilustra, el sensor 311B puede estar descentrado respecto al eje óptico 315B para recoger luz desde un campo de visión mayor que el proporcionado por el espejo que si el sensor 311B estuviera convencionalmente colocado centrado con el eje óptico 315B. En otros modos de realización, el sensor puede colocarse en una posición diferente y formando un ángulo diferente con respecto al eje óptico y se puede incluir una superficie de redireccionamiento de luz secundaria para redirigir la luz al sensor. Por ejemplo, la base 400 de la pirámide de espejos central puede colocarse sobre (o insertarse) en un sustrato, y el sensor 311B (y todos los demás sensores en la matriz 300) pueden colocarse sobre (o insertarse) en el sustrato.

IV. Descripción general de cámara de matriz de prisma

[0053] Las figuras 5A-5C ilustran un modo de realización de un prisma para una cámara de matriz de prismas. La figura 5A ilustra una vista lateral recortada del prisma 700 que tiene una superficie superior 710 (también denominada la primera superficie) colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría 750 de la cámara de matriz

(también denominado eje óptico virtual de cámara virtual V), una superficie interior inferior 720 (también denominada segunda superficie) del prisma 700 colocada formando un ángulo α con respecto al eje vertical de simetría 750, y una superficie exterior inferior 730 (también denominada tercera superficie) colocada ortogonalmente a la superficie superior 710. La primera superficie 710 puede colocarse de modo que la luz que representa al menos una parte de la escena de imágenes objetivo entre en el prisma 700 a través de la primera superficie 710. La segunda superficie 720 puede colocarse formando un ángulo 2 con respecto al eje óptico virtual 750 con el fin de redirigir la luz recibida desde la primera superficie 710 hacia la tercera superficie 730, donde el ángulo 2 tiene un valor angular de α . La tercera superficie 730 puede estar mirando a la cámara correspondiente, C, de manera que la luz que pasa a través del prisma 700 sale de la tercera superficie 730 y entra en la cámara C.

[0054] V representa una cámara virtual, la imagen de la cámara C basada en la óptica plegada del sistema de formación de imágenes. A representa el "ápice" del prisma 700 ubicado a lo largo del eje vertical de simetría 750, que es también el eje óptico de la cámara virtual V. C representa una cámara ubicada en cualquier lugar a lo largo del eje óptico de la cámara 745 fuera del prisma 700, donde el eje óptico de la cámara 745 está colocado formando un ángulo α con relación a la segunda superficie 720 del prisma 700 y formando un ángulo 1 con relación al eje óptico virtual 750, donde el ángulo 1 tiene un valor angular de 2α . Aunque se ilustra como un punto por motivos de simplicidad y claridad, la cámara C puede incluir múltiples componentes, por ejemplo un conjunto de lentes 130, una superficie de redireccionamiento de luz secundaria 135 y un sensor 125 como se ilustra en la figura 1A. El prisma 700 puede usarse como los prismas refractivos 141, 146 ilustrados en la figura 1B en algunos ejemplos.

[0055] En algunos modos de realización, un material que tiene un índice de refracción $n = 2$ puede ser utilizado para el prisma 700. En otros modos de realización, se puede usar un material que tenga un índice de refracción de $n \geq 1,5$ para el prisma 700. Por ejemplo, el cristal de alto índice puede ser un material adecuado para construir el prisma 700. El prisma se puede tallar, cortar o moldear a partir del material adecuado. En algunos modos de realización, la segunda superficie 720 del prisma 700 puede recubrirse con un material reflectante, por ejemplo aluminio u otro metal, para mejorar las propiedades reflectantes de esa superficie.

[0056] El ángulo $\alpha = 30^\circ$ cuando $n = 2$ en algunos ejemplos. Debido a las propiedades de reflexión interna total de un material que tiene un índice de refracción de $n = 2$, cualquier rayo de luz que entre al prisma a través de la superficie derecha 730 que incide en la superficie superior 710 formando un ángulo mayor que $\alpha = 30^\circ$ se reflejará nuevamente hacia el interior del prisma desde la superficie superior 710. Los rayos procedentes de la cámara ligeramente por encima de la línea punteada que representa el eje óptico de la cámara inciden en la superficie 710 formando un ángulo por encima de la reflexión interna total y no salen (como se ilustra en el ejemplo de rayo 735). En consecuencia, la cámara no ve nada sobre la esquina superior izquierda A del prisma. No entra luz de la escena de imágenes en la apertura de la cámara desde esa posición/dirección. Aunque los rayos pueden ilustrarse y analizarse como procedentes "de" la cámara en los ejemplos proporcionados en el presente documento para ilustrar el campo de visión de la cámara, se apreciará que en la práctica los rayos pueden originarse en la escena de imágenes objetivo y pasar a través del prisma antes de entrar a la cámara C.

[0057] Un rayo en general horizontal (como se ilustra mediante el ejemplo rayo 740) incide en la segunda superficie 720 formando un ángulo de reflexión interna total, $2\alpha = 60^\circ$, y sale del prisma horizontalmente. Otros rayos por encima del mismo que sobresalen de C salen del prisma desde diferentes ángulos hasta la vertical. En consecuencia, esta cámara cubre un FOV de aproximadamente 90° , y una matriz de tales cámaras cubriría un FOV de aproximadamente 180° .

[0058] La figura 5B ilustra una vista en perspectiva del prisma 700 mostrado individualmente y una vista en perspectiva de un conjunto 780 de cuatro prismas, tal como el que podría usarse en una cámara de matriz de prismas de cuatro cámaras. La configuración ilustrada se proporciona como un ejemplo de un conjunto de prisma, y en otros modos de realización se podrían usar dos, tres, cinco o más prismas 700 en el conjunto. Como se muestra, el ápice A de cada prisma individual puede colocarse sustancialmente adyacente al ápice de cada otro prisma, y las superficies superiores 710 pueden ser coplanares. La tercera superficie 730 de cada prisma 700 forma un lado exterior del conjunto 780 de manera que, en el ejemplo ilustrado que tiene cuatro prismas, la luz que se introduce en el conjunto 780 a través de las superficies superiores 710 se dirige hacia afuera en cuatro direcciones a través de las terceras superficies 730. Aunque el conjunto 780 parece sólido, las segundas superficies en ángulo 720 de los prismas forman un rebaje en forma de pirámide vacío en el conjunto de prisma 780, una parte del cual se ilustra como espacio negativo 760 asociado con el prisma 700. El rebaje puede estar vacío o relleno en diversos modos de realización, por ejemplo con un respaldo reflectante o sólido reflectante. Como se usa en el presente documento, un "respaldo reflectante" puede referirse a uno o más materiales incluyendo un material reflectante aplicado como respaldo o revestimiento a una superficie del prisma. Por ejemplo, adhiriéndose, pulverizando, pintando, depositando mediante deposición al vacío, o aplicando de otro modo el material al prisma, se puede proporcionar una capa delgada de metal, película u otro material reflectante sobre la segunda superficie 720 del prisma de modo que un lado reflectante del material es adyacente al lado externo (es decir, fuera del prisma) de la segunda superficie 720.

[0059] La figura 5C ilustra posibles problemas a los que se puede enfrentar una cámara de matriz de prismas que usa el prisma 700. Para ilustrar los problemas, considere un ejemplo del prisma hecho con cristal BK7. El índice de refracción $n = 1,5$ del cristal BK7 ocasiona $\alpha = 24^\circ$. Un posible problema es que, en muchos casos, algunos rayos

(véase el ejemplo de rayo 770) quedan recortados por el propio prisma, por lo que el FOV se limita a alrededor de 60 °, como se ilustra en la figura 7C. Esto todavía puede hacer que una cámara de matriz tenga un FOV de alrededor de 120 °. Otro posible problema es que el prisma es dispersivo y, por lo tanto, una imagen capturada por la cámara C al ver una escena de imágenes "a través" del prisma 700 puede tener aberraciones cromáticas. Las aberraciones cromáticas pueden presentarse visualmente como alteraciones coloridas y/o borrosas, por ejemplo, borrosas en una dirección de coloración debido a la dispersión.

[0060] Las figuras 6A-6C ilustran otro modo de realización de un prisma para una cámara de matriz de prismas que se ocupa de los problemas de limitación de FOV y aberración cromática de la cámara de las figuras 5A-5C. El prisma 800 (también denominado elemento óptico) se refleja y refracta debido a su simetría, compensando los problemas descritos anteriormente con el prisma de las figuras 5A-5C, al tener un área de sección transversal formada como un triángulo isósceles, donde la longitud de la primera superficie 810 y la tercera superficie 830 son sustancialmente las mismas. La luz de al menos una parte de una escena de imágenes objetivo entra al elemento óptico a través de la primera superficie (en cuyo punto puede refractarse), se redirige de la segunda superficie hacia la tercera superficie y sale del elemento óptico a través de la tercera superficie para pasar hacia la cámara C.

[0061] El valor angular de α ángulo formado entre la primera superficie 810 y la segunda superficie 820 y el valor angular del ángulo formado entre la segunda superficie 820 y la tercera superficie 830 son sustancialmente los mismos, y pueden ser igual a $90 - \alpha$. El valor angular del ángulo 2 formado entre la segunda superficie 820 y el eje vertical de simetría 850 (también el eje óptico virtual) puede ser igual al valor angular del ángulo α formado entre la segunda superficie 820 y el eje óptico de la cámara 845. Por consiguiente, un plano formado por la segunda superficie 820 biseca el ángulo 2 formado entre el eje óptico virtual 850 y el eje óptico de la cámara 845, y el ángulo 1 tiene un valor angular de dos veces el valor angular del ángulo 2. El ángulo 3, formado entre la primera superficie 810 y la tercera superficie 830 tiene un valor angular de dos veces el valor angular del ángulo 1. El eje vertical de simetría 850 y el eje óptico de la cámara 845 pueden cruzarse en el ápice A del prisma 800. El prisma 800 puede usarse como los prismas refractivos 141, 146 ilustrados en la figura 1B en algunos ejemplos.

[0062] La figura 6A ilustra una vista lateral recortada del prisma 800 que tiene una primera superficie (o superior) 810 colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría 850 de la cámara de matriz, una segunda superficie (o interior inferior) 820 del prisma 800 colocada formando un ángulo α con relación al eje vertical de simetría, y una tercera superficie (o exterior inferior) 830 colocada formando un ángulo 2α con respecto a la primera superficie 810. En algunos modos de realización, la segunda superficie 820 puede estar provista de un soporte reflectante, o puede colocarse un material reflectante adyacente a la segunda superficie 820. La tercera superficie 830 puede colocarse mirando hacia la cámara correspondiente para pasar la parte de luz recibida por el prisma 800 a la cámara. La cámara (que no se muestra en la figura 6A) puede ubicarse en cualquier parte del eje óptico de la cámara 845 fuera del prisma 800.

[0063] De acuerdo con los principios de diseño de paralaje y libre de inclinación descritos anteriormente, el eje óptico de la cámara 845 está formando un ángulo de 2α con respecto al eje vertical de simetría y pasa por el ápice A del prisma. El centro de proyección de la cámara virtual se puede ubicar a lo largo del eje vertical de simetría 850. Aunque se ilustra como una vista lateral recortada, se apreciará que los planos formados por cada una de la primera superficie, segunda superficie y tercera superficie se adhieren a la relación geométrica para reducir o eliminar alteraciones de paralaje e inclinación en imágenes capturadas en una cámara de matriz de prismas implementando los prismas.

[0064] Tales prismas no tienen ninguna dispersión, y por lo tanto no ocasionan la aberración cromática. La figura 6B ilustra un ejemplo de rayos de luz 835 que se desplazan a través del prisma 800. La cámara C y la cámara virtual V se ilustran en la figura 6B.

[0065] El prisma 800 es equivalente a una losa de cristal con superficies superior e inferior paralelas, como se ve desde la perspectiva de la cámara V virtual, donde V es la imagen de espejo de la cámara real C debido a la óptica plegada del prisma 800. Debido a que no hay problemas cromáticos con la luz que viaja a través de una placa de cristal con superficies paralelas, el prisma 800 tampoco presenta aberración cromática en las imágenes capturadas. El rayo horizontal 835 procedente de C es equivalente al rayo 840 que sale de la cámara virtual V como se ilustra. El rayo, como se muestra por el segmento de rayos 841, sale del prisma paralelo en la dirección en la que entró desde V (representado por el segmento de rayos 840).

[0066] Además, ningún rayo se recorta: siempre que el rayo entra en el prisma, también sale. Como resultado, se conserva el FOV de la cámara. Una serie de cámaras, cada una con FOV = 60 °, cubrirían 120 °. Es posible un FOV para la cámara de matriz de hasta 180 ° si V toca la placa y α es el ángulo de reflexión interna total.

[0067] La figura 6C ilustra una vista en perspectiva del prisma 800 que se muestra individualmente y una vista en perspectiva de un conjunto 880 de cuatro prismas 800, tal como podría usarse en una cámara de matriz de prismas de cuatro cámaras. La configuración ilustrada se proporciona como un ejemplo de prisma, y en otros modos de realización se podrían usar dos, tres, cinco o más prismas en el conjunto. Como se muestra, el ápice A de cada prisma individual 800 puede colocarse sustancialmente adyacente al ápice de cada prisma diferente, y las

superficies superiores (primeras) pueden ser coplanares. La tercera superficie 830 de cada prisma 800 forma un lado exterior del conjunto 880 de manera que, en el ejemplo ilustrado que tiene cuatro prismas, la luz que se introduce en el conjunto 880 a través de las superficies superiores 810 se redirige hacia afuera en cuatro direcciones a través de las terceras superficies 830. Aunque el conjunto 880 parece sólido, las superficies interiores inferiores inclinadas (segundas) 820 de los prismas forman un rebaje en forma de pirámide vacío en el conjunto de prisma 880, una parte del cual se muestra mediante el espacio negativo 860 asociado con el prisma 800. El rebaje puede estar vacío o relleno en diversos modos de realización, por ejemplo con un respaldo reflectante o sólido reflectante.

[0068] Cada prisma en el conjunto 880 se puede fabricar para tener facetas colocadas de acuerdo con la relación geométrica definida anteriormente para producir paralaje y e imágenes libres de inclinación. El ángulo de las superficies exteriores inferiores (terceras) puede hacer que el conjunto 880 parezca tener lados inclinados.

[0069] Las figuras 7A-7C ilustran otro modo de realización de un prisma 900 para una cámara de matriz de prismas que tiene una lente planocóncava 940, también denominada lente negativa. La incorporación de la lente 940 en el diseño del prisma isósceles descrito anteriormente con respecto a las figuras 6A-6C puede aumentar aún más el campo de visión de la cámara.

[0070] La figura 7A ilustra una vista lateral recortada del prisma 900 que tiene una primera superficie 910 colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría 950 de la cámara de matriz, una segunda superficie 920 del prisma 900 colocada formando un ángulo α con respecto al eje vertical de simetría 950, un eje óptico de la cámara 945 colocado formando un ángulo 2α con respecto al eje vertical de simetría 950, y una tercera superficie 930 situada formando un ángulo 2α con respecto a la primera superficie 910. La tercera superficie 930 puede estar mirando a la cámara correspondiente. La cámara (que no se muestra en la figura 7A) puede ubicarse en cualquier parte del eje óptico de la cámara 945 fuera del prisma 900. De acuerdo con los principios de diseño libre de paralaje y de inclinación descritos anteriormente, el eje óptico de la cámara 945 está inclinado formando un ángulo 2α con respecto al eje vertical de simetría y pasa a través del ápice A del prisma. El centro de proyección de la cámara virtual se puede ubicar a lo largo del eje vertical de simetría 950 que también pasa a través del ápice A. El prisma 900 se puede usar como los prismas refractivos 141, 146 ilustrados en la figura 1B en algunos ejemplos.

[0071] Una lente negativa 940 se ilustra como formada en la tercera superficie 930. La lente negativa 940 puede tallarse o cortarse desde el prisma 900 o puede moldearse o formarse de otro modo con el prisma 900 en diversos modos de realización. En otros modos de realización, la tercera superficie puede ser plana y la lente negativa puede estar acoplada a la superficie, por ejemplo mediante adhesivo. Una lente tallada en el prisma 900 puede ser más adecuada para su uso con una cámara de matriz de factor de forma delgado.

[0072] Esta lente 940 debe ser considerado como parte del diseño óptico total y optimizarse junto con el conjunto de la lente que se utiliza para enfocar la cámara. Tal lente 940 aumenta el FOV al extender los rayos que se desplazan hacia la cámara. En un ejemplo, la superficie de la lente puede ser parte de una esfera centrada en el centro de proyección. Todos los rayos entran perpendiculares y no se refractan. Incluso cuando los rayos cubren un pequeño ángulo dentro del cristal, cuando salen a través de la superficie plana de la lente 940, el ángulo aumenta. Cuando el ángulo del rayo está cerca de la reflexión interna total, el ángulo de salida aumenta significativamente.

[0073] La figura 7B ilustra una vista en perspectiva del prisma 900 que se muestra individualmente y una vista en perspectiva de un conjunto 980 de cuatro prismas 900, tal como podría usarse en una cámara de matriz de prismas de cuatro cámaras. La configuración ilustrada se proporciona como un ejemplo de un conjunto de prisma, y en otros modos de realización se podrían usar dos, tres, cinco o más prismas en el conjunto. Como se muestra, el ápice A de cada prisma individual puede colocarse sustancialmente adyacente al ápice de cada prisma diferente, y las superficies superiores (primeras) 910 pueden ser coplanares. La tercera superficie 930 de cada prisma 900 forma un lado exterior del conjunto 980 de manera que, en el ejemplo ilustrado que tiene cuatro prismas, la luz que se introduce en el conjunto 980 a través de las superficies superiores 910 se redirige hacia afuera en cuatro direcciones a través de las terceras superficies 930. Aunque el conjunto 980 parece sólido, las superficies interiores inferiores inclinadas (segundas) 920 de los prismas forman un rebaje en forma de pirámide vacía en el conjunto de prisma 980, una parte del cual se ilustra como espacio negativo 960 asociado con el prisma 900. El rebaje puede estar vacío o relleno en varios modos de realización, por ejemplo con un respaldo reflectante en la segunda superficie 920 o con un sólido reflectante. El ángulo de las terceras superficies 930 puede hacer que el conjunto 980 parezca tener lados inclinados. Las terceras superficies 930 muestran las lentes negativas 940 en los lados.

[0074] La figura 7C ilustra una representación del concepto de la figura 7A desde el punto de vista de la cámara virtual V. La figura 7C muestra un rayo 935 que entra en el prisma 900 a través de una lente virtual negativa 970 (correspondiente a la imagen de espejo de la lente negativa 940) desde la cámara virtual V formando un ángulo $90-\alpha$ sin flexión, y alcanzando la primera superficie 910 formando un ángulo de reflexión interna total. Este rayo 935 sale del prisma 900 a través de la primera superficie 910 aproximadamente horizontalmente. Al mismo tiempo, un rayo vertical (no ilustrado, el rayo vertical se desplazaría a lo largo del eje vertical de simetría 950) desde la cámara virtual sale verticalmente. En consecuencia, si una cámara tiene un FOV de $90-\alpha$ grados completo, donde α es el ángulo de reflexión interna total, cubrirá un campo completo de 90° fuera del cristal. Además, dos o más de tales cámaras

cubrirían un FOV de 180 °. Cuatro de tales cámaras cubrirían un FOV de 180 ° con una cobertura ortogonal más amplia que dos de tales cámaras.

[0075] Como se ilustra, con el fin de reducir las alteraciones de paralaje entre una imagen captada por la cámara C y una cámara correspondiente a un prisma adicional (por ejemplo, otro prisma dispuesto junto con prisma 900 en el conjunto 980), un plano formado por la segunda superficie 920 biseca el ángulo 1 formado entre el eje óptico virtual 950 y el eje óptico de la cámara 945, y el ángulo 1 tiene un valor angular de dos veces el valor angular del ángulo 2. El ángulo 3, formado entre la primera superficie 910 y la tercera superficie 930 tiene un valor angular (2α) del doble del valor angular del ángulo 1. Cada prisma en el conjunto y su cámara correspondiente pueden formarse y/o disponerse de acuerdo con estos principios de diseño de reducción de paralaje. Aunque se ilustra como una fuente puntual por simplicidad en las figuras 5A-7C, se apreciará que la cámara C puede incluir una variedad de componentes, por ejemplo, uno o más de un sensor de imágenes, un espejo o elemento refractivo para proporcionar un redireccionamiento secundario a la luz que sale de la tercera superficie del prisma antes de que incida en el sensor, y un conjunto de lentes colocado entre el sensor de imágenes y el espejo o elemento refractivo.

[0076] Los modos de realización descritos anteriormente de la cámara de matriz de prismas pueden construirse en algunos ejemplos basados en los principios de diseño libre de paralaje ubicando la superficie interior inferior del prisma en el punto central de, y ortogonal a, una línea formada entre el centro de proyección de la cámara correspondiente y el centro de proyección virtual de la cámara virtual de forma tal que un plano formado por la superficie interior inferior biseque un ángulo formado entre el eje óptico virtual y el eje óptico de la cámara. En tales ejemplos, la cámara de matriz puede estar o no libre de alteraciones de inclinación. En otros ejemplos, los modos de realización descritos anteriormente de la cámara de matriz de prismas pueden basarse en el principio de diseño libre de paralaje e inclinación de las figuras 3A a 4. Este diseño es más restrictivo que el de las figuras 5A a 7C, pero elimina tanto la inclinación como el paralaje.

V. Descripción general del proceso de captura de imágenes de ejemplo

[0077] La figura 8 ilustra un modo de realización de un proceso de captura de imágenes de óptica plegada 1000. El proceso 1000 comienza en el bloque 1005, en el que se proporcionan una pluralidad de conjuntos de sensores de formación de imágenes. Este paso incluye cualquiera de las configuraciones de matrices de sensores analizadas anteriormente con respecto a las figuras anteriores. Los conjuntos de sensores pueden incluir, como se analizó anteriormente con respecto a las figuras 1A y 1B, un sensor, sistema de lentes y una superficie reflectante colocada para redirigir la luz desde el sistema de lentes al sensor. Los conjuntos de sensores pueden incluir de forma alternativa un sensor, un sistema de lente y cualquiera de los ejemplos de prisma refractivo como se analizó anteriormente. El proceso 1000 a continuación pasa al bloque 1010, en el que al menos una superficie refractiva se monta próxima a la pluralidad de sensores de imágenes. Por ejemplo, este paso podría comprender montar un conjunto de prisma central en el centro de una matriz de sensores, en el que el conjunto de prisma central comprende al menos una superficie asociada con cada sensor en la matriz. Se pueden proporcionar espejos o prismas secundarios en algunos modos de realización, por ejemplo, un prisma o espejo secundario colocado entre cada sensor y el conjunto de lentes asociado para reducir la altura total del conjunto.

[0078] El proceso 1000 a continuación transita al bloque 1015, en el que la luz que comprende una imagen de una escena objetivo se refracta a través de la al menos una superficie refractiva hacia los sensores de imágenes. Por ejemplo, una parte de la luz puede refractarse a través de cada uno de una pluralidad de prismas en el conjunto de prisma hacia uno correspondiente de cada uno de la pluralidad de sensores. Este paso puede comprender además pasar la luz a través de un conjunto de lentes asociado con cada sensor, y también puede incluir reflejar la luz en una segunda superficie sobre un sensor, donde el conjunto de lentes se coloca entre la superficie refractiva y la superficie reflectante. El bloque 1015 puede comprender además enfocar la luz usando el conjunto de lentes y/o a través del movimiento de cualquiera de las superficies reflectantes o refractivas.

[0079] El proceso 1000 puede entonces pasar al bloque 1020, en el que los sensores capturan una pluralidad de imágenes de la escena de imágenes objetivo. Por ejemplo, cada sensor puede capturar una imagen de una parte de la escena correspondiente al campo de visión de ese sensor. Juntos, los campos de visión de la pluralidad de sensores cubren al menos la imagen objetivo en el espacio de objeto. Debido a las propiedades de los prismas refractivos utilizados para redirigir la luz de la escena de imágenes hacia los sensores, el campo de visión total puede aumentarse en relación con los sistemas que no implementan dichos prismas refractivos mientras mantienen un bajo perfil.

[0080] El proceso 1000 a continuación puede pasar al bloque 1025 en el que se lleva a cabo un procedimiento de unión de imágenes para generar una sola imagen a partir de la pluralidad de imágenes. En algunos modos de realización, el módulo de unión de imágenes 240 de la figura 2 puede realizar este paso. Esto puede incluir técnicas de unión de imágenes conocidas. Además, cualquier área de superposición en los campos de visión puede generar superposición en la pluralidad de imágenes, que pueden usarse para alinear las imágenes en el proceso de unión. Por ejemplo, el bloque 1025 puede incluir además la identificación de características comunes en el área de superposición de imágenes adyacentes y el uso de las características comunes para alinear las imágenes. En algunos modos de realización, debido a la relación geométrica entre las superficies de los prismas refractivos, puede

que no haya en absoluto o sustancialmente alteraciones de paralaje o inclinación entre las diversas imágenes parciales antes de la unión.

[0081] A continuación, el proceso 1000 transiciona para bloquear 1030 en el que la imagen unida se recorta a una relación de aspecto especificada, por ejemplo 4:3 o 1:1. Finalmente, el proceso finaliza después de almacenar la imagen recortada en el bloque 1035. Por ejemplo, la imagen puede almacenarse en el almacenamiento 210 de la figura 2, o puede almacenarse en la memoria de trabajo 205 de la figura 2 para visualizarse como una imagen de vista previa de la escena objetivo.

VI. Implementación de sistemas y terminología

[0082] Las implementaciones divulgadas en el presente documento proporcionan sistemas, procedimientos y aparatos para múltiples cámaras de matriz de sensores libres de alteraciones de paralaje e inclinación. Un experto en la materia reconocerá que estos modos de realización pueden implementarse en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos.

[0083] En algunos modos de realización, los circuitos, los procesos y sistemas analizados anteriormente pueden utilizarse en un dispositivo de comunicación inalámbrica. El dispositivo de comunicación inalámbrica puede ser un tipo de dispositivo electrónico utilizado para comunicarse de forma inalámbrica con otros dispositivos electrónicos. Los ejemplos de dispositivos de comunicación inalámbrica incluyen teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales (PDA), lectores electrónicos, sistemas de juegos, reproductores de música, netbooks, módems inalámbricos, ordenadores portátiles, dispositivos tipo tablet, etc.

[0084] El dispositivo de comunicación inalámbrica puede incluir uno o más sensores de imágenes, dos o más procesadores de señal de imagen, una memoria que incluye instrucciones o módulos para llevar a cabo los procesos analizados anteriormente. El dispositivo también puede tener datos, instrucciones de carga del procesador y/o datos de la memoria, una o más interfaces de comunicación, uno o más dispositivos de entrada, uno o más dispositivos de salida tales como un dispositivo de visualización y una fuente/interfaz de alimentación. El dispositivo de comunicación inalámbrica puede incluir adicionalmente un transmisor y un receptor. El transmisor y el receptor se pueden denominar conjuntamente un transceptor. El transceptor puede estar acoplado a una o más antenas para transmitir y/o recibir señales inalámbricas.

[0085] El dispositivo de comunicación inalámbrica puede conectarse de forma inalámbrica a otro dispositivo electrónico (por ejemplo, estación base). Un dispositivo de comunicación inalámbrica puede denominarse de forma alternativa un dispositivo móvil, una estación móvil, una estación de abonado, un equipo de usuario (UE), una estación remota, un terminal de acceso, un terminal móvil, un terminal, un terminal de usuario, una unidad de abonado, etc. Entre los ejemplos de dispositivos de comunicación inalámbrica se incluyen ordenadores portátiles o de escritorio, teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, módems inalámbricos, lectores electrónicos, tablets, sistemas de juegos, etc. Los dispositivos de comunicación inalámbrica pueden funcionar de acuerdo con uno o más estándares de la industria tales como el 3rd Generation Partnership Project [Proyecto de Asociación de Tercera Generación] (3GPP). Por lo tanto, el término general "dispositivo de comunicación inalámbrica" puede incluir dispositivos de comunicación inalámbrica descritos con nomenclaturas variables de acuerdo con los estándares de la industria (por ejemplo, terminal de acceso, equipo de usuario (UE), terminal remoto, etc.).

[0086] Las funciones descritas en el presente documento pueden ser almacenadas como una o más instrucciones en un medio legible por procesador o legible por ordenador. El término "medio legible por ordenador" se refiere a cualquier medio disponible al que se puede acceder mediante un ordenador o procesador. A modo de ejemplo, y no de limitación, dicho medio puede comprender RAM, ROM, EEPROM, memoria flash, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se puede acceder desde un ordenador. Los discos, tal y como se usan en el presente documento, incluyen discos compactos (CD), discos de láser, discos ópticos, discos versátiles digitales (DVD), discos flexibles y discos Blu-ray®, donde los discos normalmente reproducen datos de manera magnética así como de manera óptica con láser. Cabe señalar que un medio legible por ordenador puede ser tangible y no transitorio. El término "producto de programa informático" se refiere a un dispositivo o procesador informático en combinación con código o instrucciones (por ejemplo, un "programa") que puede ser ejecutado, procesado o computado por el dispositivo o procesador informático. Como se usa en el presente documento, el término "código" puede referirse a software, instrucciones, código o datos que son/son ejecutables por un dispositivo o procesador informático.

[0087] Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden uno o más pasos o acciones para realizar el procedimiento descrito. Los pasos y/o acciones del procedimiento pueden intercambiarse entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de pasos o acciones para el funcionamiento apropiado del procedimiento que se describe, el orden y/o uso de pasos y/o acciones específicos puede modificarse sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

5 **[0088]** Hay que señalar que los términos "par", "acoplamiento", "acoplado" u otras variaciones de la palabra par, como se usa en el presente documento puede indicar o bien una conexión indirecta o una conexión directa. Por ejemplo, si un primer componente está "acoplado" a un segundo componente, el primer componente puede estar indirectamente conectado al segundo componente o conectado directamente al segundo componente. Como se usa en el presente documento, el término "pluralidad" denota dos o más. Por ejemplo, una pluralidad de componentes indica dos o más componentes.

10 **[0089]** El término "determinar" abarca una amplia variedad de acciones y, por lo tanto, "determinar" puede incluir cálculo, computación, procesamiento, obtención, investigación, consulta (por ejemplo, consulta en una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), determinación y similares. "Determinar" también puede incluir recibir (por ejemplo, recibir información), acceder (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. Además, "determinar" puede incluir resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

15 **[0090]** La frase "basado en" no significa "basado solo en" salvo que se especifique expresamente lo contrario. En otras palabras, la frase "basado en" describe tanto "basado únicamente en" como "basado al menos en".

20 **[0091]** En la descripción anterior, se dan detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de los ejemplos. Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que los ejemplos pueden practicarse sin estos detalles específicos. Por ejemplo, los componentes/dispositivos eléctricos pueden mostrarse en diagramas de bloques para no ocultar los ejemplos con detalles innecesarios. En otros casos, dichos componentes, otras estructuras y técnicas se pueden mostrar en detalle para explicar mejor los ejemplos.

25 **[0092]** Las cabeceras se incluyen en el presente documento como referencia y para ayudar a localizar varias secciones. Estas cabeceras no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos con respecto a los mismos. Tales conceptos pueden tener aplicabilidad a lo largo de toda la memoria descriptiva.

30 **[0093]** También se observa que los ejemplos se pueden describir como un proceso, que se representa como un gráfico de flujo, un diagrama de flujo, un diagrama de estado finito, un diagrama de estructura o un diagrama de bloques. Aunque un gráfico de flujo pueda describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o de forma simultánea, y el proceso puede repetirse. Además, el orden de las operaciones puede reorganizarse. Un proceso se termina cuando se completan sus operaciones. Un proceso puede corresponder a un procedimiento, a una función, a un procedimiento, a una subrutina, a un subprograma, etc. Cuando un proceso corresponde a una función de software, su terminación corresponde a un retorno de la función a la función de llamada o a la función principal.

35

REIVINDICACIONES

1. Una cámara de matriz de prismas para capturar una escena de imágenes objetivo, con la cámara de matriz de prismas que comprende:

5 una pluralidad de cámaras (C) situadas alrededor de un eje vertical de simetría de la cámara de matriz de prismas, comprendiendo cada cámara (C) de la pluralidad de cámaras (C):

10 un sensor de imágenes, y
un eje óptico (745; 845; 945) colocado en un primer ángulo con respecto al eje vertical de simetría (750; 850; 950), correspondiendo el primer ángulo a un valor angular; y

15 una pluralidad de prismas (700; 800; 900), con cada prisma (700; 800; 900) configurado para dirigir una parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo hacia una cámara correspondiente (C) de la pluralidad de cámaras (C) al menos parcialmente por refracción, comprendiendo cada prisma (700; 800; 900):

20 una primera superficie (710; 810; 910) colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría (750; 850; 950) de la cámara de matriz de prismas, con la primera superficie (710; 810; 910) colocada de modo que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo entra en el prisma (700; 800; 900) a través de la primera superficie (710; 810; 910),

25 una segunda superficie (720; 820; 920) colocada de manera que un plano formado por la segunda superficie (720; 820; 920) biseca el primer ángulo entre el eje óptico (745; 845; 945) de la cámara correspondiente (C) y el eje vertical de simetría (750; 850; 950), y

una tercera superficie (730; 830; 930), con la segunda superficie (720; 820; 920) configurada para redirigir la parte de luz recibida desde la primera superficie (710; 810; 910) hacia la tercera superficie (730; 830; 930), con la tercera superficie (730; 830; 930) colocada de manera que la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo sale del prisma (700; 800; 900) a través de la tercera superficie (730; 830; 930) y viaja hacia la correspondiente cámara (C),

30 **caracterizado por que:**

35 la cámara de matriz de prismas está dispuesta de modo que el eje vertical de simetría (750; 850; 950) de la cámara de matriz de prismas pasa a través de un ápice (A) en un punto de intersección entre la primera superficie (710; 810; 910) y la segunda superficie (720; 820; 920) de cada prisma (700; 800; 900); y

el eje óptico (745; 845; 945) de cada cámara (C) de la pluralidad de cámaras (C) pasa a través del ápice (A).

- 40 2. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, en la que la tercera superficie (730; 830; 930) está situada en un segundo ángulo con respecto a la primera superficie (710; 810; 910), correspondiendo el segundo ángulo al valor angular.

- 45 3. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, en la que una longitud de la primera superficie (710; 810; 910) y una longitud de la tercera superficie (730; 830; 930) son sustancialmente iguales.

4. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, que comprende además una lente negativa moldeada en o fijada a la tercera superficie (730; 830; 930).

- 50 5. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, que comprende además un respaldo reflectante proporcionado en la segunda superficie (720; 820; 920).

- 55 6. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, en la que una primera superficie de plegado ligera comprende la segunda superficie (720; 820; 920) del prisma, comprendiendo cada cámara (C) de la pluralidad de cámaras (C) además una superficie de plegado ligera secundaria entre la primera superficie de plegado ligera y el sensor de imágenes.

- 60 7. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 6, en la que la superficie de plegado ligera secundaria comprende una superficie reflectante o un prisma adicional.

8. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, en la que cada cámara (C) de la pluralidad de cámaras (C) comprende además un conjunto de lentes colocado entre la tercera superficie (730; 830; 930) del prisma y el sensor de imágenes.

9. La cámara de matriz de prismas de la reivindicación 1, que comprende además un procesador (220) configurado para combinar una imagen generada a partir de la parte de luz que representa la escena de imágenes objetivo de cada una de la pluralidad de cámaras (C) en una imagen final de la escena objetivo.
- 5 10. Un procedimiento de fabricación de una cámara de matriz de prismas, con el procedimiento que comprende:
- determinar un eje vertical de simetría (750; 850; 950) de la cámara de matriz de prismas; y
para cada cámara (C) de una pluralidad de cámaras (C) de la cámara de matriz de prismas:
- 10 colocar la cámara (C) de modo que un eje óptico (745; 845; 945) de la cámara (C) se coloque formando un primer ángulo con respecto al eje vertical de simetría (750; 850; 950), correspondiendo el primer ángulo al un valor angular, y
colocar un elemento óptico (700; 800; 900) de modo que:
- 15 una primera superficie (710; 810; 910) del elemento óptico (700; 800; 900) esté colocada ortogonalmente al eje vertical de simetría (750; 850; 950), y
una segunda superficie (720; 820; 920) del elemento óptico (700; 800; 900) esté colocada de tal
manera que un plano formado por la segunda superficie (720; 820; 920) biseque el primer
20 ángulo, **caracterizado por que** el eje vertical de simetría (750; 850; 950) de la cámara de matriz de prismas pasa a través de un ápice (A) en un punto de intersección entre la primera superficie (710; 810; 910) y la segunda superficie (720; 820; 920) del elemento óptico (700; 800; 900); y
colocar la cámara (C) de modo que el eje óptico (745; 845; 945) de la cámara (C) pase a través del ápice (A) del elemento óptico (700; 800; 900).
- 25 11. El procedimiento de fabricación de la cámara de matriz de prismas de la reivindicación 10, que comprende además colocar el elemento óptico (700; 800; 900) de manera que se coloca una tercera superficie (730; 830; 930) del elemento óptico (700; 800; 900). formando un segundo ángulo con relación a la primera superficie (710; 810; 910) del elemento óptico (700; 800; 900), correspondiendo el segundo ángulo al valor angular.
- 30 12. El procedimiento de fabricación de la cámara de matriz de prismas de la reivindicación 11, en el que el elemento óptico (700; 800; 900) tiene una primera longitud para la primera superficie (710; 810; 910) y una segunda longitud para la tercera superficie (730; 830; 930), y en el que la primera longitud es sustancialmente igual a la segunda longitud.
- 35 13. El procedimiento de fabricación de la cámara de matriz de prismas de la reivindicación 11, que comprende además colocar cada una de la pluralidad de cámaras (C) para recibir luz que representa una parte de una escena de imágenes objetivo de la tercera superficie (730; 830; 930) de un elemento óptico correspondiente (700; 800; 900).
- 40 14. El procedimiento de fabricación de la cámara de matriz de prismas de la reivindicación 11, que comprende además proporcionar una lente negativa dentro o fijada a la tercera superficie (730; 830; 930) del elemento óptico (700; 800; 900).
- 45 15. El procedimiento de fabricación de la cámara de matriz de prismas de la reivindicación 10, que comprende además proporcionar un respaldo reflectante en la segunda superficie (720; 820; 920) del elemento óptico (700; 800; 900).

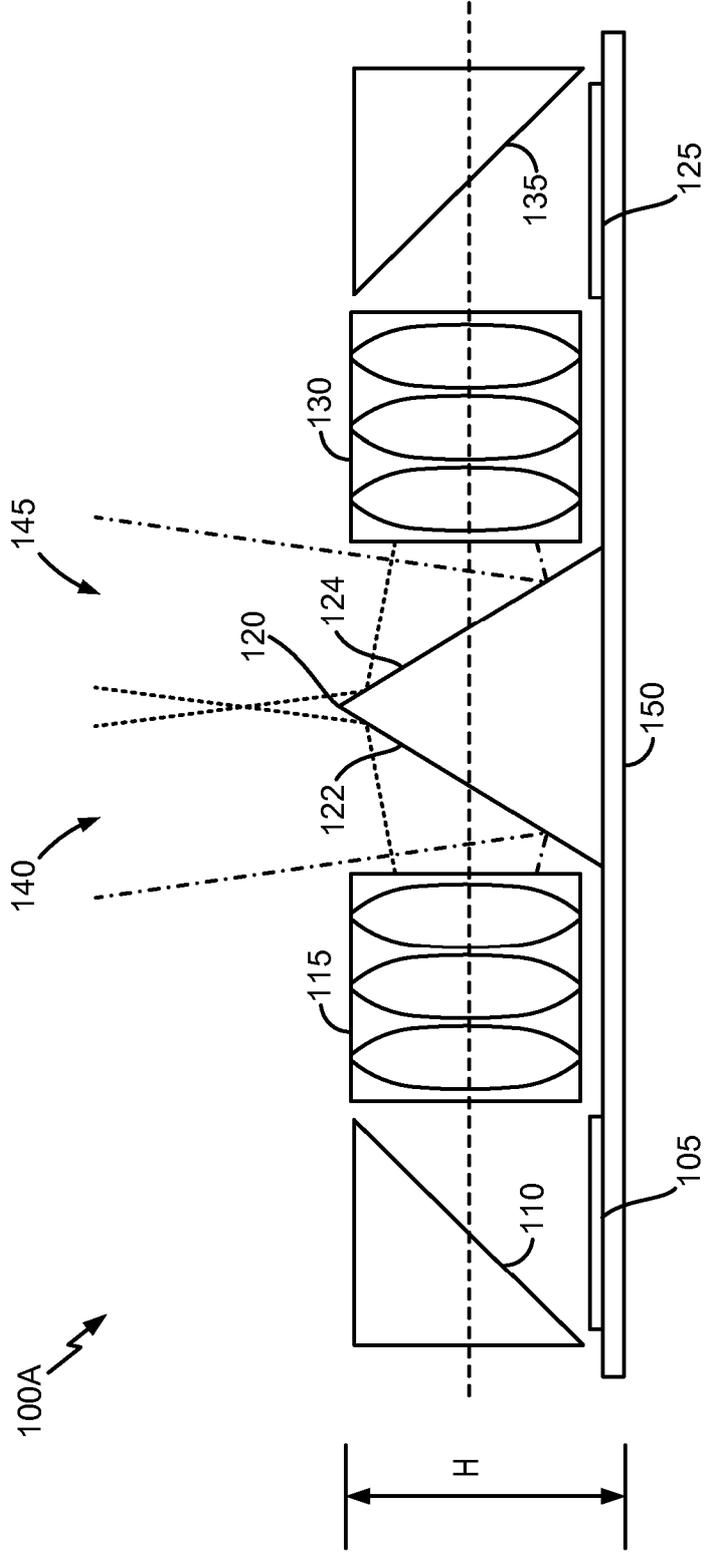


FIG. 1A

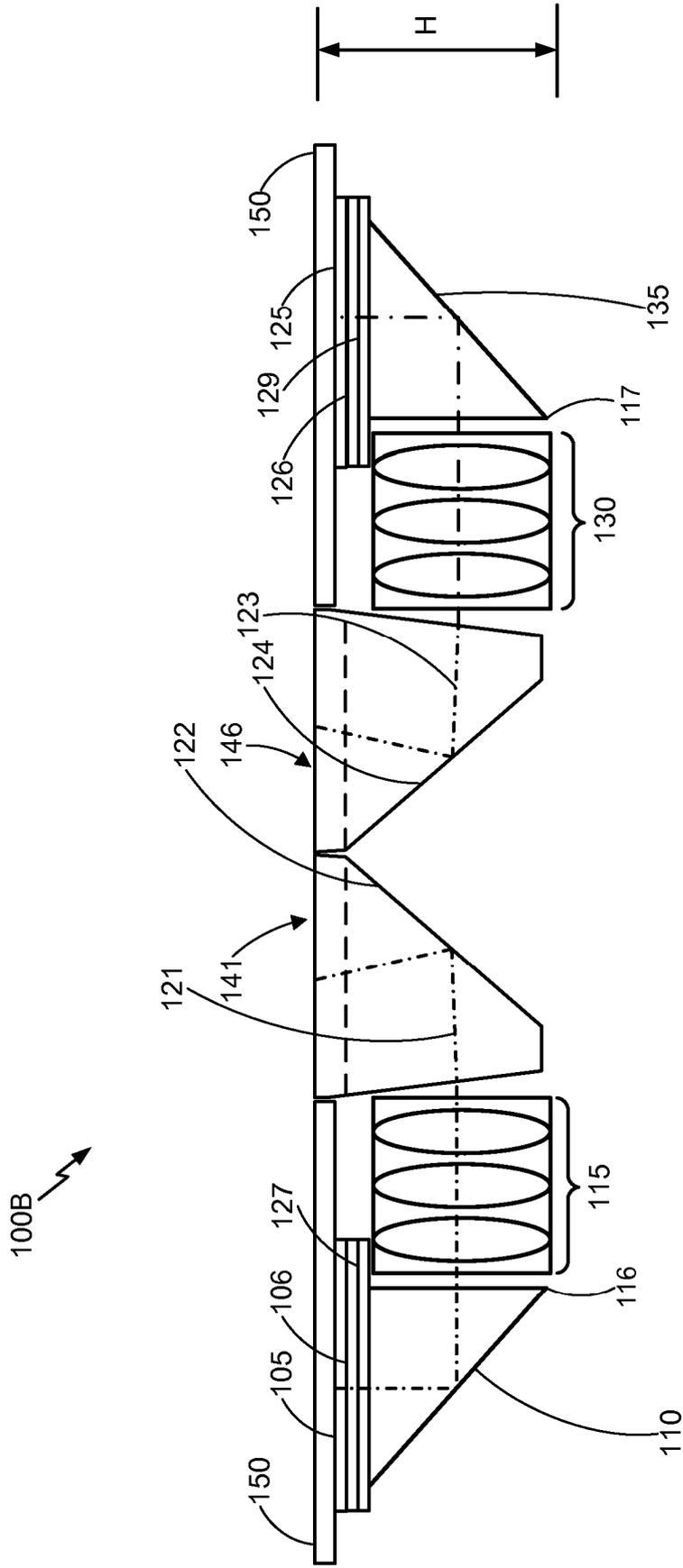


FIG. 1B

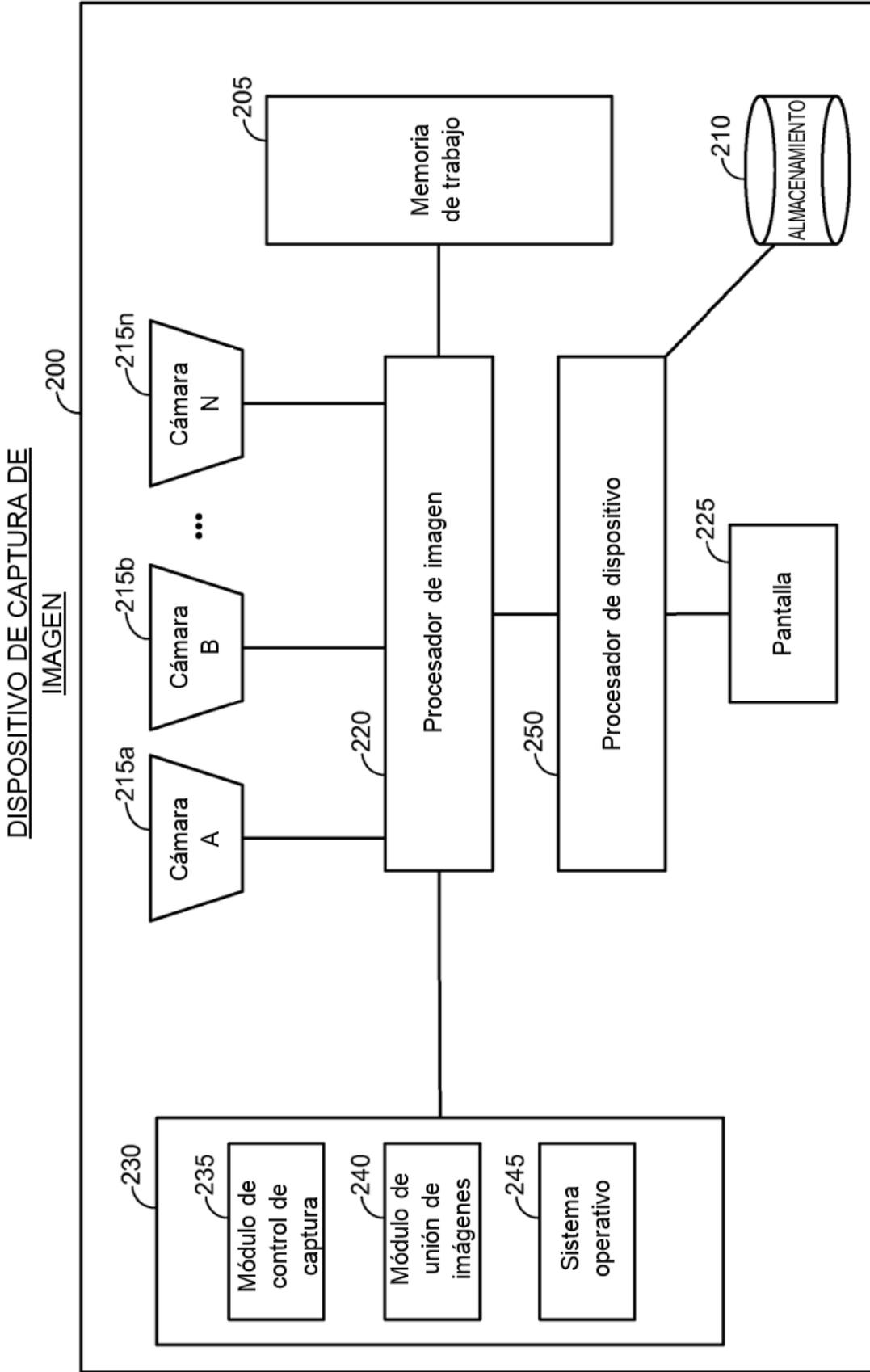


FIG. 2

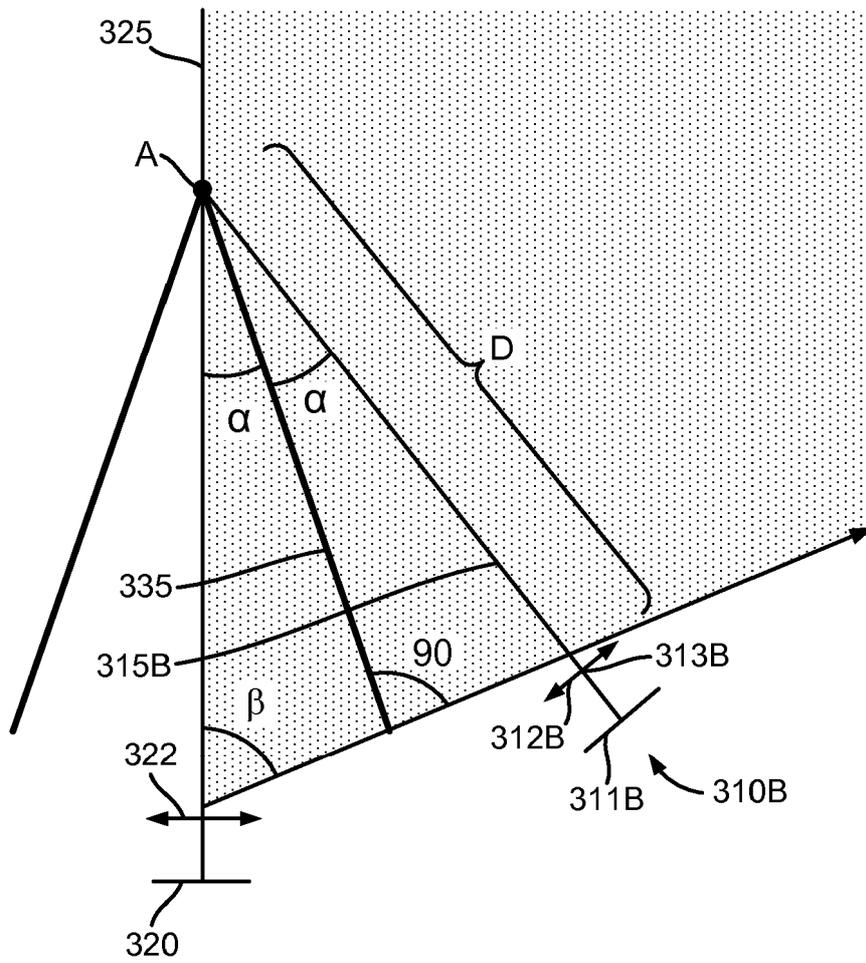


FIG. 3C

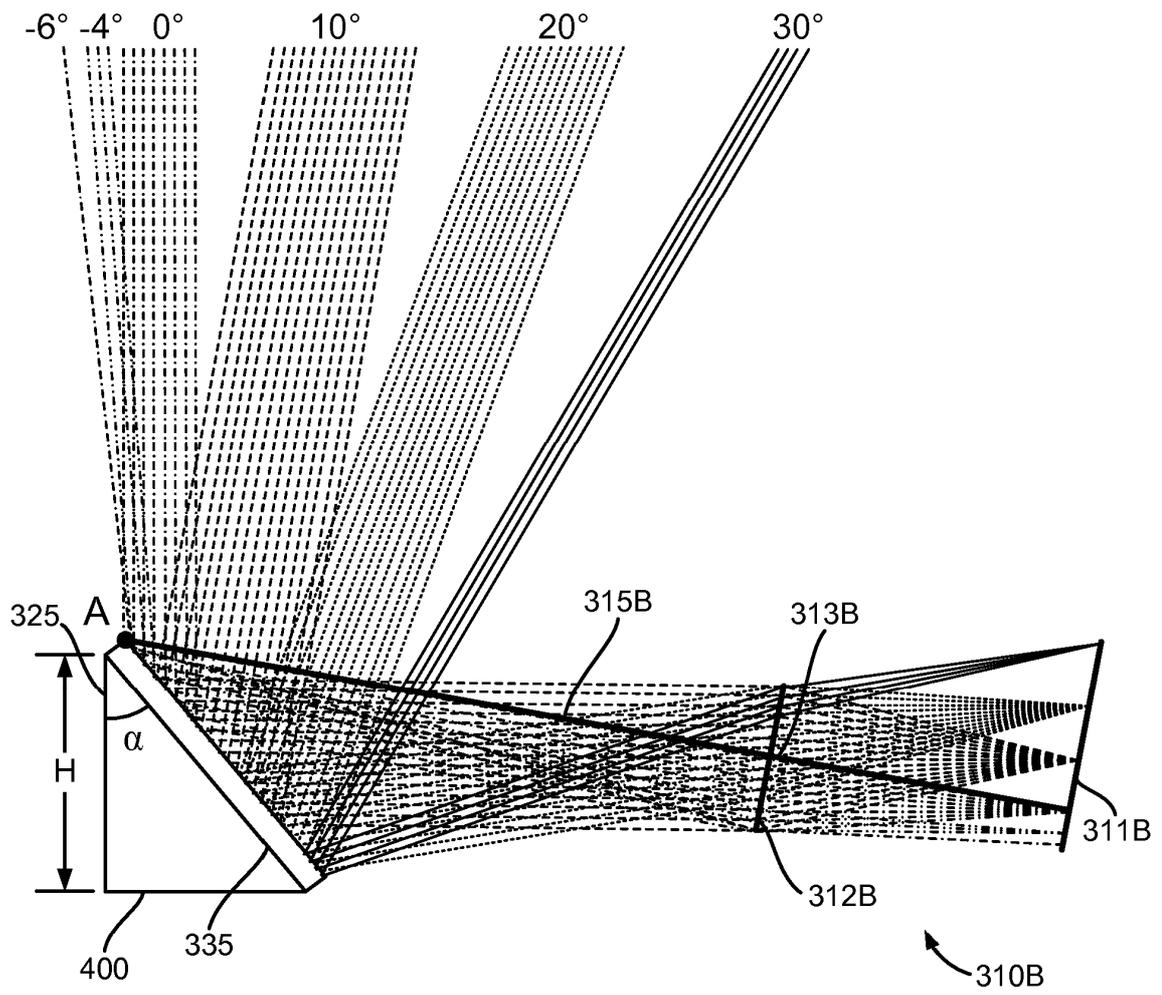


FIG. 4

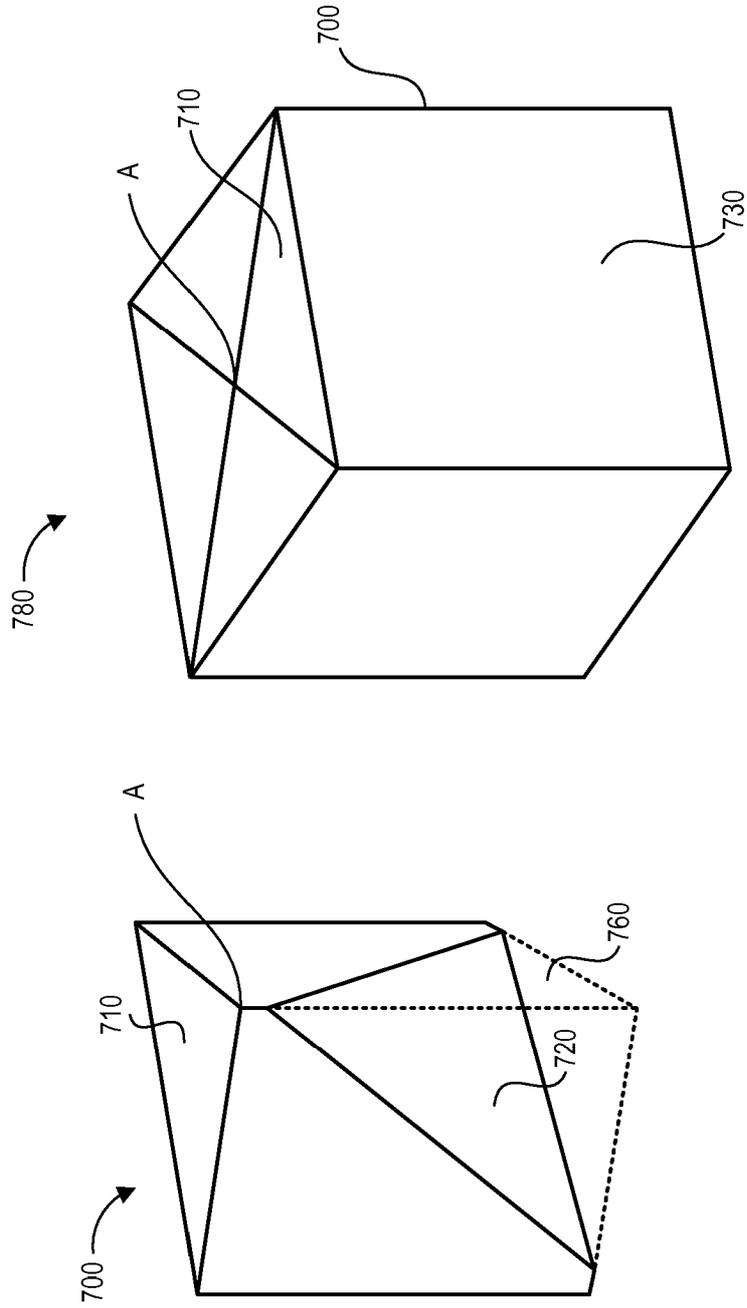


FIG. 5B

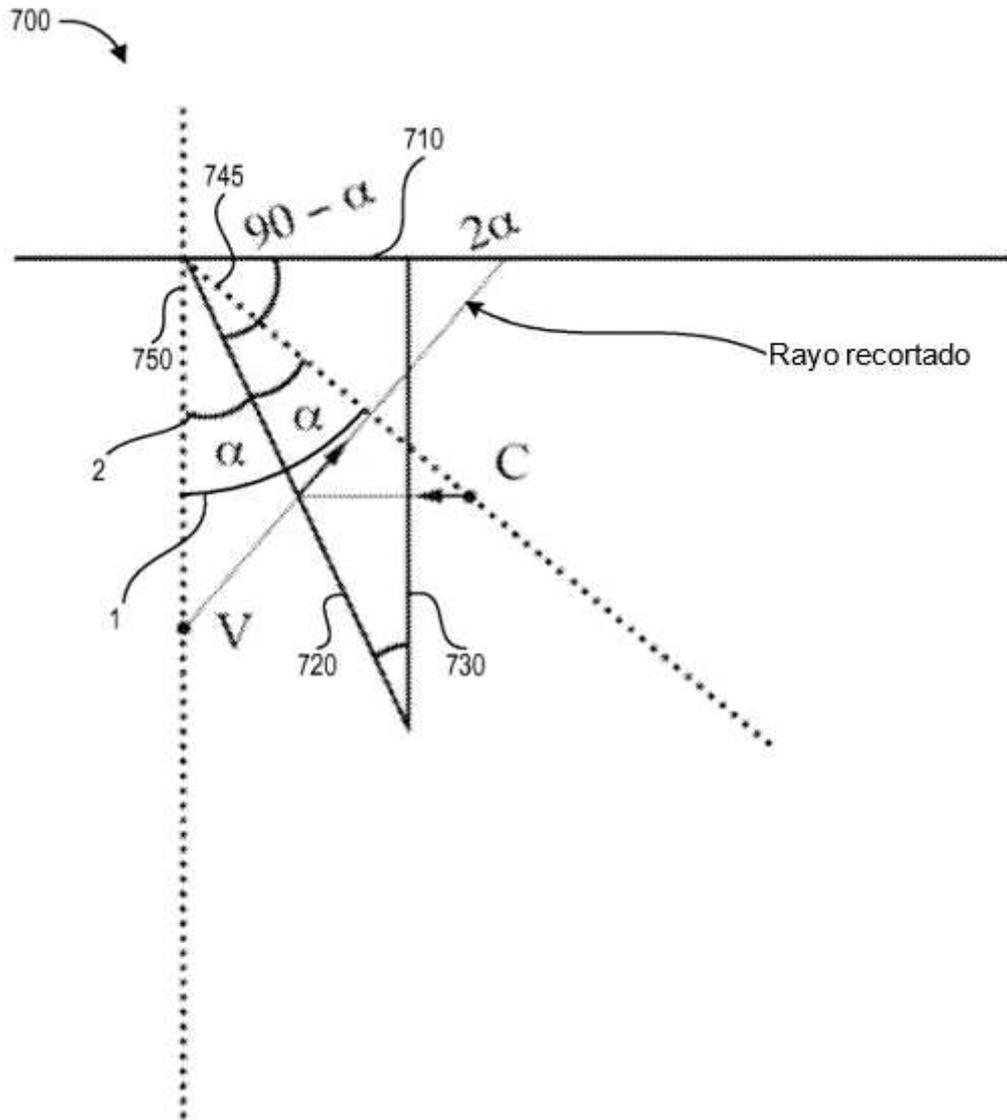


FIG. 5C

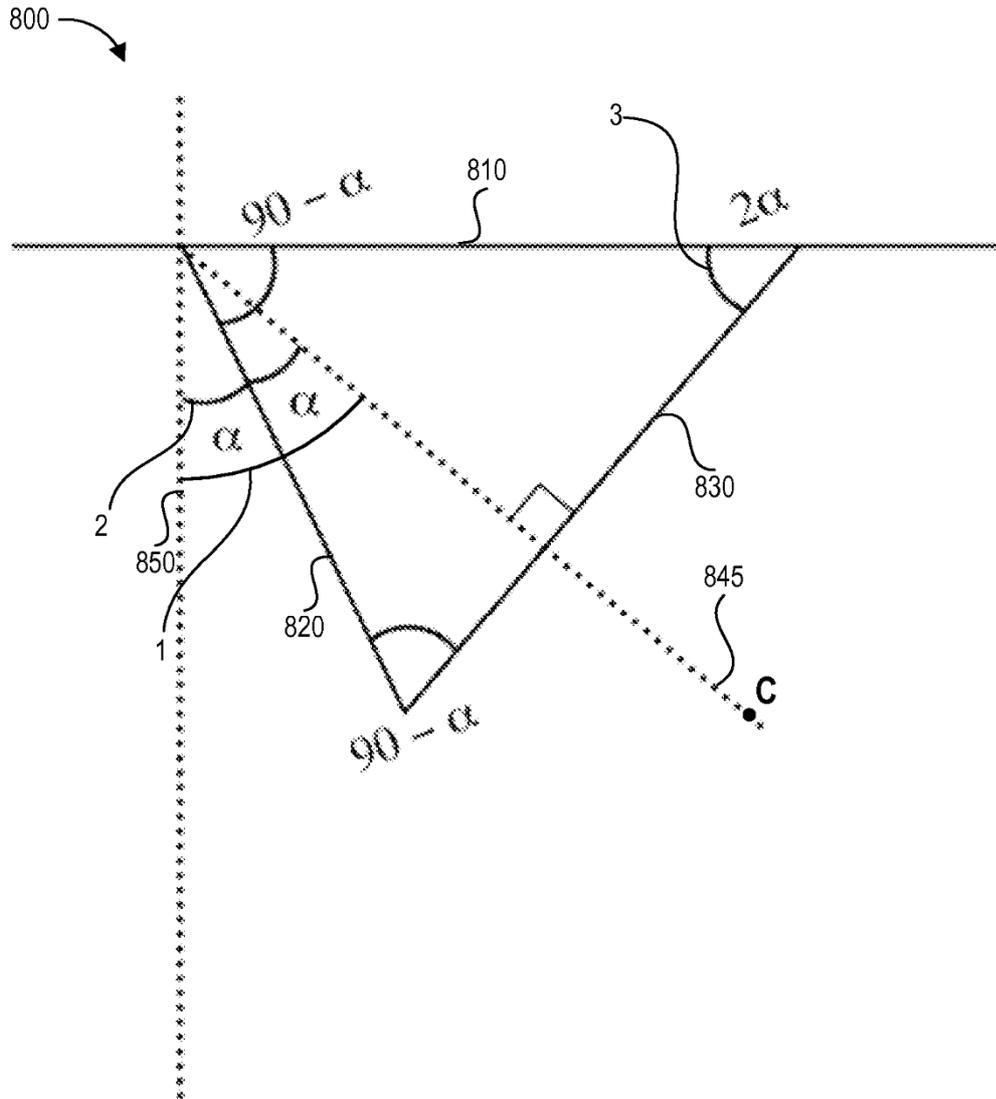


FIG. 6A

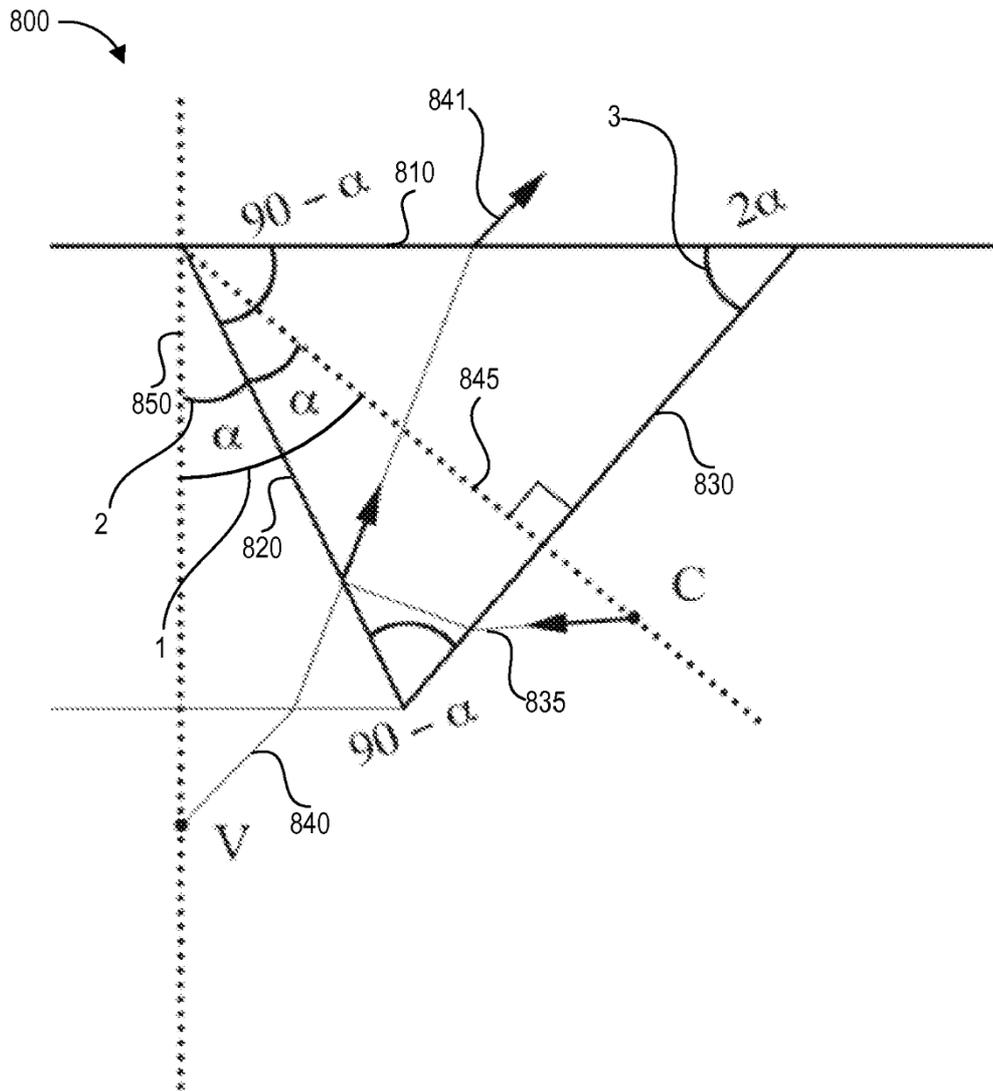


FIG. 6B

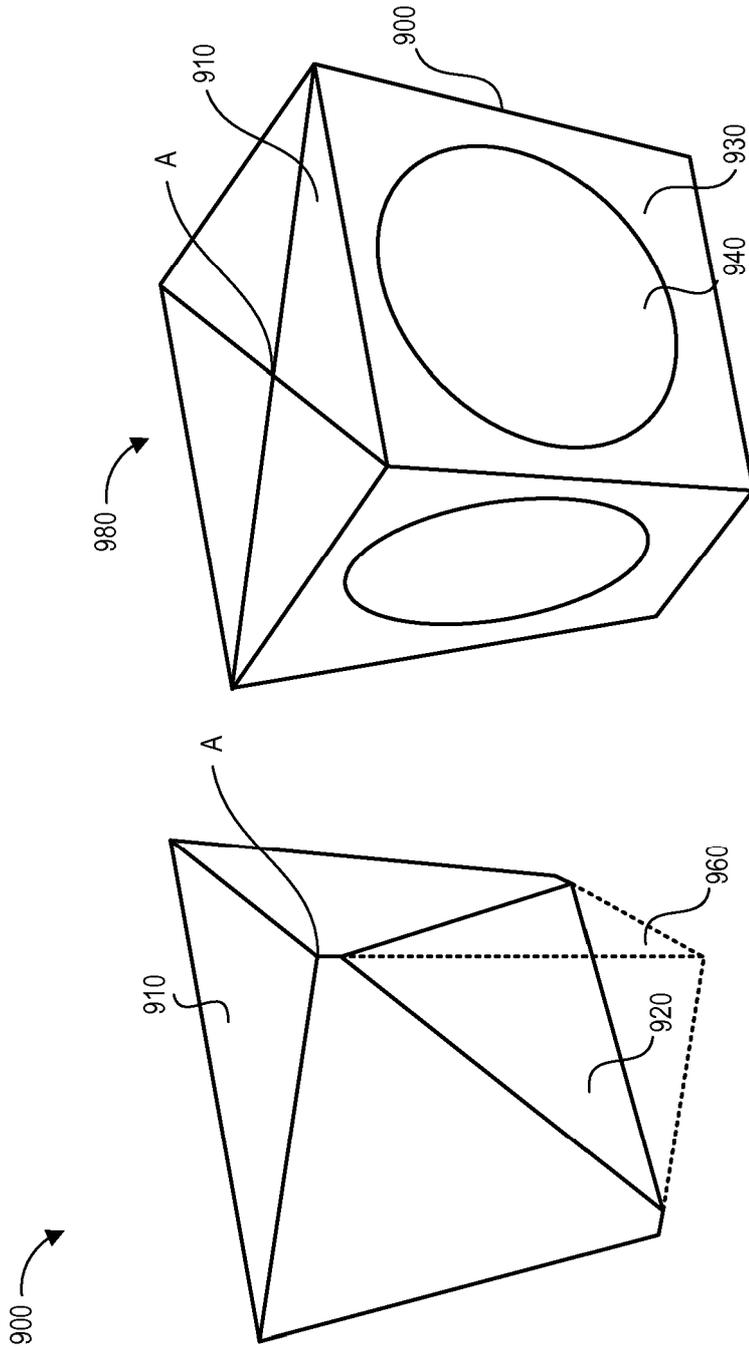


FIG. 7B

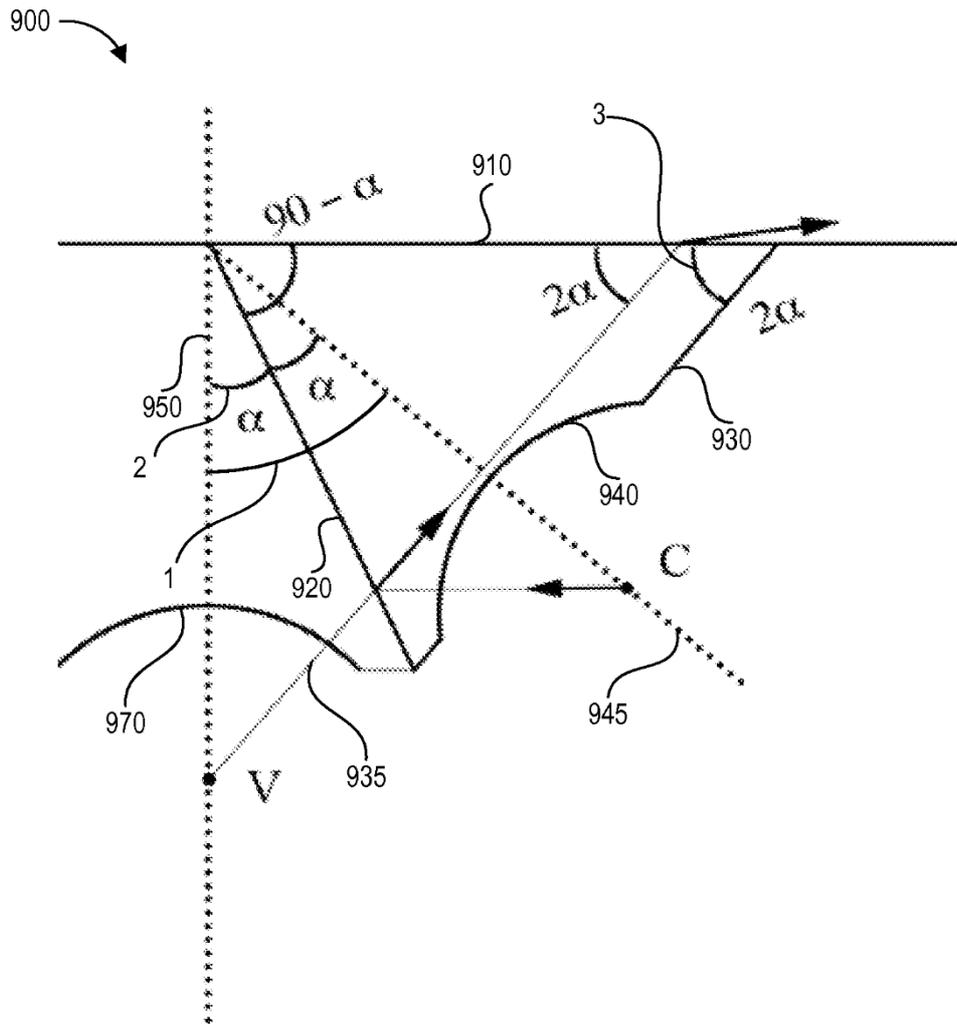


FIG. 7C

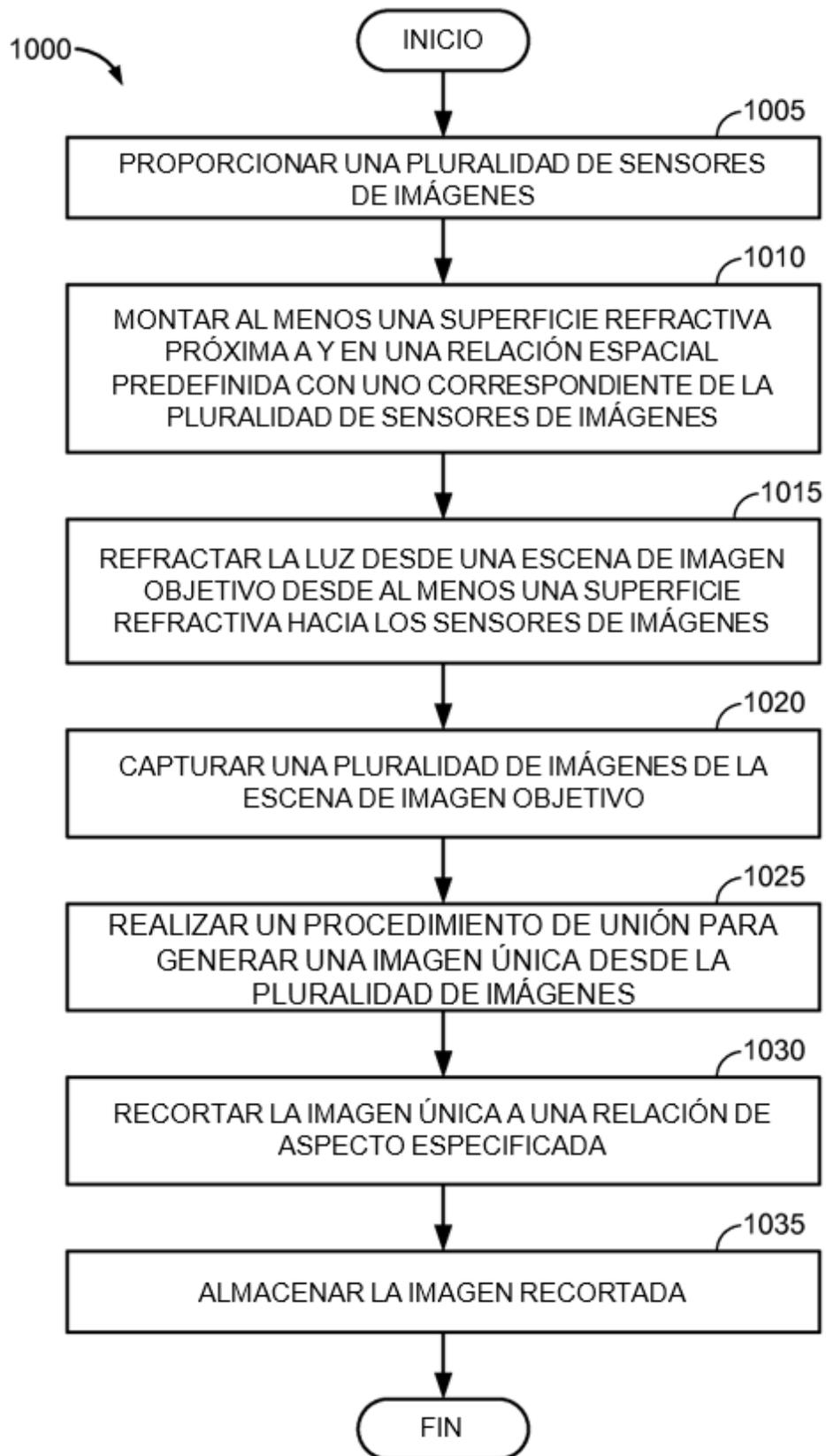


FIG. 8