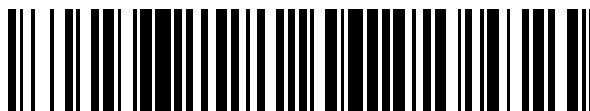


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 495**

51 Int. Cl.:

G02B 13/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2016 PCT/IB2016/052179**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16166730**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2016 E 16779696 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3283915**

54 Título: **Enfoque automático y estabilización de imagen óptica en una cámara compacta de plegado**

30 Prioridad:

16.04.2015 US 201562148435 P
08.10.2015 US 201562238890 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.11.2019

73 Titular/es:

COREPHOTONICS LTD. (100.0%)
3rd Floor, 25 Habarzel St., Ramat Hachayal
6971035 Tel Aviv, IL

72 Inventor/es:

GOLDENBERG, EPHRAIM;
SHABTAY, GAL;
AVIVI, GAL;
DROR, MICHAEL;
BACHAR, GIL y
YEDID, ITAY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 495 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

Enfoque automático y estabilización de imagen óptica en una cámara compacta de plegado

Referencia cruzada a aplicaciones relacionadas

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de las solicitudes de patentes provisionales de los EE. UU. Nº 62/148.435 presentadas el 16 de abril de 2015 y Nº 62/238.890 presentada el 8 de octubre de 2015, ambas solicitudes tienen el mismo título

Campo de la invención

Las realizaciones descritas en esta memoria se refieren en general a cámaras digitales y en particular a cámaras digitales de lente de plegado y cámaras digitales de apertura dual de una lente de plegado.

10 Antecedentes de la invención

En los últimos años, los dispositivos móviles como los teléfonos móviles (y en particular los teléfonos inteligentes), las tabletas y los laptops se han hecho omnipresentes. Muchos de estos dispositivos incluyen una o dos cámaras compactas que incluyen, por ejemplo, una cámara principal orientada hacia atrás (es decir, una cámara en el lado trasero del dispositivo, encarada hacia el lado contrario al usuario y que con frecuencia es usada para fotografías casuales) y una cámara encarada hacia delante secundaria (es decir, una cámara situada en la parte delantera del dispositivo y que es utilizada con frecuencia para videoconferencias).

Aunque de naturaleza relativamente compacta, el diseño de la mayoría de estas cámaras es similar a la estructura tradicional de una cámara fotográfica digital, es decir, comprende un módulo de lente (o un conjunto de varios elementos ópticos) situado sobre un sensor de imagen. El módulo de lente refracta los rayos de luz entrantes y los dobla para crear una imagen de una escena en el sensor. Las dimensiones de estas cámaras están determinadas en gran medida por el tamaño del sensor y por la altura de la óptica. Por lo general, éstos están fijados entre sí por medio de la distancia focal ("f") de la lente y de su campo de visión (FOV) - una lente que tiene la imagen de un determinado FOV en un sensor de un tamaño determinado y tiene una longitud focal específica. Manteniendo el FOV constante, cuanto mayores son las dimensiones del sensor (por ejemplo, en un plano X-Y), mayor es la distancia focal y la altura de la óptica.

Recientemente, se ha sugerido una estructura de "módulo de cámara de plegado" para reducir la altura de una cámara compacta. En la estructura del módulo de cámara de plegado, un elemento de plegado de la trayectoria óptica (denominado en lo sucesivo en esta memoria "OPFE"), por ejemplo, es añadido a un prisma o a un espejo (también denominado en esta memoria "elemento reflectante") para inclinar la dirección de propagación de la luz de forma perpendicular a la superficie posterior del teléfono inteligente y paralela a la superficie posterior del teléfono inteligente. Si el módulo de cámara de plegado es parte de una cámara de apertura dual, esto proporciona una trayectoria óptica doblada a través de un módulo de lente (por ejemplo, una lente Tele). Dicha cámara es denominada en la memoria presente "cámara de apertura dual con lente de plegado" o "cámara de apertura dual con lente de plegado". En general, el módulo de cámara de plegado puede ser incluido en una cámara de múltiples aperturas, por ejemplo, junto con dos módulos de cámara "sin plegado" en una cámara de triple apertura.

Además del módulo de lente y del sensor, las cámaras modernas incluyen en general igualmente un mecanismo de movimiento mecánico (actuación) con dos propósitos principales: enfocar la imagen sobre el sensor y estabilizar la imagen óptica (OIS). Para enfocar, con cámaras más avanzadas, la posición del módulo de lente (o al menos de un elemento de lente del módulo de lente) puede ser cambiada por medio de un actuador y la distancia de enfoque puede ser cambiada según el objeto o la escena capturada.

La tendencia de las cámaras fotográficas digitales es aumentar las capacidades de zoom (por ejemplo, a 5x, 10x o más) y, en las cámaras de teléfonos móviles (y en especial las de los teléfonos inteligentes), reducir el tamaño del píxel del sensor y aumentar el número de píxeles. Estas tendencias dan como resultado una mayor sensibilidad a las sacudidas de la cámara por dos razones: 1) mayor resolución y 2) mayor tiempo de exposición debido a los píxeles más pequeños del sensor. Se requiere un mecanismo OIS para mitigar este efecto.

En cámaras habilitadas para la OIS, la posición lateral del módulo de lente puede ser movida, o todo el módulo de cámara puede ser inclinado de manera rápida para cancelar las sacudidas de la cámara durante la captura de la imagen. Las sacudidas de la cámara desplazan respecto a 6 grados de libertad el módulo de cámara, es decir, movimientos lineales en X-Y-Z, balanceo ("inclinación entorno al" o "inclinación alrededor del") eje X, guiñada (inclinación alrededor del eje Z) y cabeceo (inclinación alrededor del eje Y). Si bien el movimiento lineal en X-Y-Z afecta de manera insignificante a la calidad de la imagen y no tiene que ser compensado, se requiere la compensación de los ángulos de inclinación. Los sistemas OIS mostrados en diseños conocidos (véase, por ejemplo, la patente de los EE. UU. US 20140327965A1) corrigen la guiñada y el cabeceo, pero no el movimiento de balanceo.

La patente de los EE. UU. US 2012/249815 A1 describe una cámara de trayectoria de imagen plegada, que incluye un módulo de lente de cámara que enfoca una imagen, que es recibida como luz reflejada. La trayectoria de la imagen

dirigida a través del módulo de lente de la cámara puede ser aproximadamente perpendicular a un eje a lo largo del que la luz reflejada de la imagen es recibida por medio de una abertura del dispositivo. Alternativamente, la trayectoria de la imagen dirigida a través del módulo de lente de la cámara es aproximadamente paralela al eje a lo largo del que se recibe la luz reflejada de la imagen por medio de la abertura del dispositivo.

- 5 La patente de los EE. UU. US 2014/218587 A1 describe un módulo de cámara de múltiples lados con múltiples lentes dirigidas en diferentes direcciones y múltiples sensores de imagen en un bastidor del alojamiento. Las múltiples lentes pueden estar alineadas selectivamente con cualquiera de los sensores de imágenes múltiples situando un conjunto de espejo dispuesto en una región interior del bastidor del alojamiento para transmitir imágenes recibidas desde cualquiera de las lentes a cualquiera de los sensores de imagen.
- 10 La patente de los EE. UU. US 2014/009631 A1 describe un módulo de actuador de lente que incluye un mecanismo de enfoque automático (AF) que puede mover una lente según al menos tres grados de libertad y un mecanismo de estabilización óptica de imagen (OIS) que puede mover la lente según al menos dos grados de libertad.

En la solicitud de patente publicada de los EE. UU. US 20160044247 se describe una cámara de apertura dual con una lente de plegado y un mecanismo de enfoque automático (AF).

15 **Compendio**

La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de un diseño que proporciona un módulo de cámara de plegado de "baja altura". La Figura muestra un módulo de cámara de plegado 100 que comprende un OPFE 102, un módulo de lente 104 configurado para contener mecánicamente elementos de la lente en su interior y un sensor de imagen 106.

- 20 Un OPFE 102 puede ser, por ejemplo, uno cualquiera de un espejo, un prisma o un prisma cubierto con una superficie reflectante metálica. El OPFE 102 puede ser fabricado a partir de varios materiales que incluyen, por ejemplo, plástico, vidrio, un metal reflectante o una combinación de dos o más de estos materiales. Según algunos ejemplos no limitadores, el módulo de lente de la cámara 100 tiene una distancia focal de 6-15 mm ("lente Tele"), y puede ser instalado en una cámara de apertura dual junto con un segundo módulo de cámara sin plegado que tiene una lente de distancia focal de 3-5 mm ("lente ancha") y un segundo sensor (no mostrado).

- 25 La funcionalidad del AF de la lente Tele es conseguida moviendo el módulo 104 de la lente a lo largo del eje Z. El solicitante ha encontrado que la funcionalidad de la OIS para la cámara 100 puede ser conseguida al menos de dos maneras. Para compensar la inclinación de la cámara alrededor del eje Z, el módulo de lente 104 puede ser desplazado en la dirección Y y/o el OPFE 102 puede ser inclinado alrededor del eje Z o del eje X. Sin embargo, el análisis óptico realizado por el solicitante ha demostrado que la inclinación del OPFE alrededor del eje Z introduce además una inclinación no deseable de la imagen alrededor del eje Z (balanceo) sobre el sensor 106. Por tanto, esta solución es insuficiente, ya que contradice el criterio básico en el que se basa la funcionalidad de la OIS y porque aumenta también el tiempo de fusión computacional (necesario para generar una imagen fusionada en una cámara de apertura dual a partir de la fusión de la imagen panorámica, generada por la lente ancha, y una imagen Tele, generada por la lente Tele) debido a la disparidad de imágenes de los sensores Tele y Wide (ancho).

- 35 El solicitante ha encontrado además que para compensar la inclinación de la cámara alrededor del eje Y, el módulo de lente puede ser movido en la dirección X y/o el OPFE puede ser inclinado alrededor del eje Y. Sin embargo, el solicitante ha descubierto además que cuando es desplazado el módulo de lente en la dirección X, la altura del módulo aumenta. Desplazar el módulo de lente en la dirección X para la OIS y en la dirección Z para enfocar puede requerir que se aumente la altura del módulo hasta aproximadamente 9-9,5mm para una lente con un diámetro de 6-6,5mm, como es el caso de las soluciones de la OIS conocidas. Este aumento de altura se refleja directamente en el grosor del teléfono y es no deseable según los requisitos de diseño de los teléfonos inteligentes modernos.

- 45 En consecuencia, la materia objeto ahora descrita incluye un módulo de cámara de plegado que comprende mecanismos de AF y de la OIS de una manera que permite el mantenimiento de una altura deseada del módulo de cámara de plegado. Además, la incorporación de dichos mecanismos y capacidades no presenta como resultado una penalización de la altura de la cámara. La materia objeto ahora descrita contempla además una cámara de apertura dual de lente de plegado que incorpora dicho módulo de cámara de plegado.

- 50 Las realizaciones descritas en esta memoria ilustran módulos de cámara de plegado y cámaras de doble apertura con lente de plegado en las que la funcionalidad de la OIS se divide entre dos elementos ópticos de la siguiente manera: un desplazamiento del módulo de lente de plegado a lo largo de un eje (por ejemplo, el eje Y) y el giro de la OPFE sobre un eje paralelo al mismo eje.

En una realización, se proporciona una cámara de plegado según la reivindicación 1.

Debe tenerse en cuenta que, tal como se usa en esta memoria, "inclinación alrededor de una dirección" significa inclinación alrededor de una línea o eje en, o paralelo a, la dirección.

El movimiento del módulo de lente se realiza en la primera dirección a lo largo del segundo eje óptico para el AF y el movimiento del módulo de lente se realiza en la segunda dirección ortogonal a la primera dirección es para la OIS, para que compense la inclinación del módulo de cámara alrededor de la primera dirección.

5 El movimiento del OPFE es para la OIS, para que compense la inclinación del módulo de cámara alrededor de la segunda dirección.

En una realización, un módulo de cámara de plegado comprende además un subconjunto de accionamiento de lente configurado para causar el movimiento del módulo de lente en la primera y segunda direcciones y un subconjunto de accionamiento del OPFE configurado para causar el movimiento del OPFE para que incline la primera trayectoria óptica.

10 En una realización, cada uno de los subconjuntos del accionamiento de la lente y del accionamiento del OPFE incluye una pluralidad de miembros colgantes flexibles.

En una realización, los miembros colgantes flexibles del subconjunto de accionamiento de la lente son paralelos entre sí.

En una realización, los miembros colgantes flexibles del subconjunto de accionamiento del OPFE están inclinados.

15 En una realización, un módulo de cámara de plegado comprende además un controlador de actuación configurado para recibir una entrada de datos que indican la inclinación al menos en una dirección y una entrada de datos de sensores de posición acoplados al subconjunto de accionamiento de la lente y, sensibles a las entradas de datos, configurados para generar instrucciones para el subconjunto de accionamiento de la lente para que causen un movimiento en la segunda dirección para la estabilización de la imagen óptica (OIS).

20 En una realización, el controlador de actuación está configurado además para recibir una entrada de datos que indiquen la inclinación al menos en una dirección y una entrada de datos de sensores de posición acoplados al subconjunto de accionamiento del OPFE y, sensibles a la entrada de datos, configurada para generar instrucciones al subconjunto de accionamiento del OPFE para causar el movimiento del OPFE para la OIS.

25 En una realización, el controlador de actuación está configurado además para recibir datos de entrada que indiquen el enfoque, y, en respuesta a la entrada de datos, está configurado para generar instrucciones para el subconjunto de accionamiento de la lente para causar un movimiento en la primera dirección para el AF.

En una realización, el movimiento del OPFE para la inclinación es alrededor de un eje perpendicular a la primera y segunda direcciones ópticas.

30 En una realización, el movimiento del módulo de lente en la primera dirección es paralelo al segundo eje óptico y el movimiento del módulo de lente en la segunda dirección es perpendicular al segundo eje óptico.

En una realización, el OPFE incluye un prisma.

En una realización, el OPFE incluye un espejo.

En una realización, el subconjunto de accionamiento de la lente incluye una pluralidad de pares de bobina-imán para accionar el movimiento del módulo de lente en la primera y segunda direcciones.

35 En una realización, la pluralidad de pares de bobina-imán incluye dos pares de bobina-imán.

En una realización, la pluralidad de pares de bobina-imán incluye tres pares de bobina-imán.

En una realización, la pluralidad de pares de bobina-imán incluye cuatro pares de bobina-imán.

En una realización, uno de los cuatro pares de bobina-imán está dispuesto entre el módulo de lente y el sensor de imagen.

40 En una realización, un módulo de cámara comprende además uno o más sensores de posición asociados a un par de bobina-imán, el uno o más sensores de posición permiten la medición de una posición del módulo de lente.

En una realización, el uno o más sensores de posición permiten la medición de la posición del módulo de lente a lo largo de la primera y de la segunda direcciones de movimiento.

45 En una realización, el uno o más sensores de posición permiten además la medición de la posición del módulo de lente con una inclinación alrededor de un eje perpendicular a la primera y segunda direcciones de movimiento.

En una realización, un sensor de posición está acoplado al subconjunto de accionamiento de la lente y al controlador de actuación para permitir el movimiento del módulo de lente a lo largo de la primera y de la segunda direcciones de movimiento mientras evita la inclinación alrededor de un eje perpendicular a la primera y a la segunda direcciones de movimiento.

En una realización, el uno o más sensores de posición incluyen un sensor Hall-bar.

En una realización, dos o tres pares de imanes de bobina están dispuestos para evitar pasivamente la inclinación no deseable alrededor de un eje que se encuentra en el plano que contiene la primera y la segunda trayectorias ópticas y es perpendicular al segundo eje óptico.

- 5 En una realización, tres pares de bobina-imán están dispuestos para evitar activamente la inclinación no deseable alrededor de un eje que se encuentra en el plano que contiene la primera y la segunda trayectorias ópticas y es perpendicular al segundo eje óptico.

- 10 En una realización, hay dispuesta una cámara de apertura dual, que comprende un módulo de cámara de plegado de cualquier realización anterior y un módulo de cámara sin plegado que comprende un sensor de imagen de cámara sin plegado y un módulo de lente de cámara sin plegado con un eje de lente a lo largo de un primer eje óptico perpendicular al segundo eje óptico.

- 15 La materia objeto ahora descrita contempla además una cámara de apertura múltiple, que comprende tres o más módulos de cámara, donde al menos uno de los módulos de cámara es un módulo de cámara de plegado según se ha descrito anteriormente y cualquiera de los otros módulos de cámara puede ser un módulo de cámara de plegado o un módulo de cámara sin plegado.

La materia objeto ahora descrita incluye además un método para compensar la inclinación de un módulo de cámara de plegado que comprende un OPFE, un módulo de lente que tiene dispuestos un conjunto de lente y un sensor de imagen según la reivindicación 13.

Descripción breve de los dibujos

- 20 Se describen a continuación ejemplos no limitadores de realizaciones descritas en esta memoria haciendo referencia a las Figuras adjuntas a la memoria que se enumeran a continuación de este párrafo. Los dibujos y las descripciones pretenden iluminar y aclarar las realizaciones descritas en esta memoria, y no deben de ninguna manera ser considerados como limitadores. Los elementos similares de los diferentes dibujos pueden estar indicados con números similares. Los elementos de los dibujos no están necesariamente dibujados a escala.

- 25 La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de un módulo de cámara de plegado que comprende mecanismos de AF y OIS, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 2A muestra esquemáticamente una vista isométrica de un módulo de cámara de plegado que comprende mecanismos de AF y OIS, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

- 30 La Figura 2B muestra esquemáticamente un diagrama de bloques funcional de un dispositivo que incluye un módulo de cámara de plegado operativo para realizar el AF y la OIS, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 3A muestra esquemáticamente una vista isométrica de una cámara de apertura dual que incluye el módulo de cámara de plegado de la Figura 2 junto con un segundo módulo de cámara vertical, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

- 35 La Figura 3B muestra esquemáticamente una vista exterior de una cámara de apertura dual que incluye el módulo de cámara de plegado de la Figura 2 junto con un segundo módulo de cámara vertical, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 3C muestra esquemáticamente con un diagrama de bloques un sistema que incluye un módulo de cámara de plegado;

- 40 La Figura 4 muestra esquemáticamente una vista isométrica de la cámara de apertura dual de la Figura 3A con el módulo de lente plegado retirado de su montaje y girado hacia abajo, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 5A muestra una vista isométrica en despiece ordenado de una realización de un subconjunto de accionamiento del OPFE, en el que el OPFE en forma de prisma, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

- 45 La Figura 5B muestra una vista lateral de parte del subconjunto de accionamiento del OPFE de la Figura 5A, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 5C muestra una vista en despiece ordenado isométrico de un subconjunto de accionamiento del OPFE, en el que el OPFE tiene la forma de un espejo, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 5D muestra una vista lateral de parte del subconjunto de accionamiento del OPFE de la Figura 5C, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 5E muestra esquemáticamente los movimientos de AF y de la OIS del módulo de lente y el movimiento de inclinación de la OIS del OPFE, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

5 La Figura 6 muestra varias vistas de otra realización de un subconjunto de accionamiento del OPFE, en el que el OPFE con forma de prisma, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita: (a) vista isométrica, (b) vista lateral exterior, (c) vista lateral interior y (d) vista isométrica inferior;

La Figura 7 muestra detalles de un actuador de un módulo de cámara de plegado descrito en la memoria presente, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 8 muestra el actuador de la Figura 7 a lo largo de un corte A-A mostrado en la Figura 7, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

10 La Figura 9 muestra una simulación magnética a lo largo del mismo corte A-A, donde las flechas muestran la dirección del campo magnético, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 10 muestra una disposición para el accionamiento de la lente con tres actuadores, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita; y

15 La Figura 11 muestra una disposición para el accionamiento de la lente con dos actuadores, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 12A muestra esquemáticamente una vista isométrica de otro módulo de cámara de plegado que comprende mecanismos de AF y de OIS, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 12B muestra esquemáticamente una vista isométrica de la cámara de apertura dual de la Figura 12A con el módulo de lente plegado retirado de su montaje, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

20 La Figura 12C muestra esquemáticamente una vista isométrica de la cámara de apertura dual de la Figura 12A con el módulo de lente de plegado en (a) una vista regular y (b) invertida, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita;

La Figura 13 muestra esquemáticamente un imán del módulo con lente de plegado de la Figura 12C revestido con un revestimiento de absorción y dispersión, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita.

25 Descripción detallada

En la descripción siguiente (y según se muestra en la Figura 2 al menos), un elemento reflectante (OPFE) 208 refleja la luz de una primera trayectoria o dirección óptica 205 a una segunda trayectoria o dirección óptica 206 (esta última converge con el segundo eje óptico). Tanto la primera como la segunda direcciones ópticas definen un plano (aquí "primer plano") que contiene ambos ejes ópticos.

30 El siguiente sistema de coordenadas ortogonales X-Y-Z se elige a modo de ejemplo y solo con fines de explicación: el eje Z es paralelo a (o coaxial con) el segundo eje óptico, el segundo eje óptico es un eje del módulo de cámara de plegado que se describe a continuación; el eje Y es ortogonal a un primer eje óptico y al segundo eje óptico; el eje X es ortogonal a los ejes Y y Z.

35 La Figura 2A muestra esquemáticamente una vista isométrica de un módulo de cámara de plegado numerado 200, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita. El módulo de cámara de plegado 200 comprende un sensor de imagen 202 que tiene una superficie de imagen en el plano X-Y, un módulo de lente 204 con un eje óptico 206 definido anteriormente como "segundo eje óptico" y un OPFE 208 que tiene un plano de superficie 210 inclinado hacia la superficie del sensor de imagen, de manera que la luz que llega a lo largo de una primera trayectoria o dirección óptica 205 es inclinada por el OPFE hacia el segundo eje óptico o la dirección 206. La altura de la cámara de apertura dual está indicada por H. H puede estar comprendida, por ejemplo, entre 4mm y 7mm.

40 El módulo de cámara de plegado 200 comprende además un subconjunto de accionamiento de lente 230 (mostrado en la Figura 4) para mover el módulo de lente 204 en el plano Y-Z ("segundo plano"). El subconjunto de accionamiento de la lente 230 comprende un barril de lente 214 (fabricado, por ejemplo, de plástico), que aloja elementos de la lente 204. El subconjunto de accionamiento de la lente 230 comprende además una estructura colgante que comprende
45 cuatro miembros colgantes flexibles 216a-d que cuelgan el barril de lente 214 sobre una base 218 (véase la Figura 4). Los miembros 216a-d son paralelos entre sí. En algunas realizaciones, los miembros 216a-d pueden tener la forma de cuatro cables y pueden ser denominados "resortes de cable" o "polos". Los miembros colgantes 216a-d permiten un movimiento en el plano que es conocido en la técnica y está descrito, por ejemplo, en la solicitud de patente PCT publicada N° W02015/068056 del solicitante. La estructura colgante con los elementos 216a-d permite, por tanto, un
50 primer tipo de movimiento del módulo de lente respecto a la base sustancialmente en el plano Y-Z bajo la actuación de tres actuadores.

Un actuador puede ser, por ejemplo, de un tipo llamado a veces en la técnica "motor de bobina de voz" (VCM). El subconjunto de accionamiento de la lente 230 comprende además tres imanes 222a-c (mostrados en la Figura 4) que

forman parte de tres estructuras magnéticas (por ejemplo, VCM) denominadas a continuación primer actuador, segundo actuador y tercer actuador, respectivamente. Cada actuador comprende una bobina además de un imán respectivo. De este modo, el primer actuador comprende el imán 222a y una bobina 224a, el segundo actuador comprende el imán 222b y una bobina 224b y el tercer actuador comprende el imán 222c y una bobina 224c.

5 El módulo de cámara 200 comprende además un subconjunto de accionamiento del OPFE que permite la inclinación del OPFE 208. Una primera realización numerada 260 de dicho subconjunto de accionamiento es mostrada en las Figuras 5A-E.

La Figura 2B muestra esquemáticamente en un diagrama de bloques funcional del dispositivo 250 que incluye un módulo de cámara de plegado tal como el módulo 200, operativo para realizar el AF y la OIS. El dispositivo puede ser, por ejemplo, un dispositivo electrónico portátil tal como un teléfono inteligente. El dispositivo 250 incluye, además del módulo de cámara de plegado 200, un giróscopo 262, un motor de actuación/controlador de OIS\AF 264 (simplemente denominado también "controlador de actuación") y un controlador del dispositivo portátil/teléfono 266. El módulo de cámara de plegado se muestra incluyendo los elementos descritos anteriormente y a continuación. El rendimiento de la OIS y el AF por dispositivo (por ejemplo, un teléfono inteligente) 250 se describe en detalle a continuación. En general, el giróscopo 262 proporciona datos de entrada indicativos de la inclinación al menos en una dirección al controlador 264. De manera similar, los sensores de posición 226a-c y 246 (el último descrito a continuación) están configurados para proporcionar entradas de posición al motor/controlador 264. El controlador del dispositivo/teléfono 266 está acoplado al sensor de imagen y está configurado para proporcionar instrucciones al controlador de actuación 264. Las instrucciones incluyen, por ejemplo, la posición deseada del AF y/o el conmutador de activación/desactivación de la OIS. El controlador de actuación 264 puede proporcionar comandos de activación, que responden a la entrada de datos desde el giróscopo y los sensores de posición, a las bobinas de activación 224a-c y 244 (la última se describe a continuación) para generar un movimiento que compense la inclinación detectada y/o para obtener una posición de enfoque deseada.

El módulo de cámara de plegado 200 puede, por ejemplo, estar incluido en una cámara de apertura dual con lente de plegado descrita en la solicitud de patente publicada de los EE. UU. US 20160044247 del solicitante. La Figura 3A muestra esquemáticamente una vista isométrica de una cámara 300 de apertura dual con lente de plegado que incluye el módulo de cámara de plegado de la Figura 2 junto con un segundo módulo de cámara vertical. La Figura 3B muestra esquemáticamente la cámara 300 en una vista exterior. La cámara 300 incluye, además del módulo de cámara de plegado 200, un módulo de cámara vertical (sin plegado) 280 que tiene un primer eje óptico 252 que es perpendicular al segundo eje óptico y al segundo plano.

La Figura 4 muestra, para mayor claridad, la cámara 300 que incluye el módulo de cámara de plegado 200 con el subconjunto de accionamiento de la lente 230 (que comprende el barril de la lente 214 y sus polos 216a-d) desmontados de la base 218 y vueltos del revés, mostrando un lado inferior con dos secciones de placa 220a y 220b. Los tres imanes 222a-c están situados (por ejemplo, rígidamente ensamblados/montados/pegados) en las secciones de la placa inferior.

Las tres bobinas 224a-c correspondientes están situadas en la base 218. Cuando está ensamblado el subconjunto 230 de accionamiento de la lente, los imanes 222a, 222b y 222c están situados justo por encima de las bobinas 224a, 224b y 224c, respectivamente. Según se describe a continuación (sección de la "operación magnética"), en funcionamiento, una fuerza de Lorentz puede ser aplicada a la bobina 224a a lo largo de la dirección del eje Y y a dos imanes 222b-c a lo largo de la dirección del eje Z. Según se describe a continuación (sección de la "operación mecánica"), el hecho de tener estas tres fuerzas en los tres imanes permite tres grados de libertad mecánica al movimiento del centro de masa del subconjunto de accionamiento de la lente 230: movimientos lineales Y y Z, e inclinación alrededor del movimiento del eje X.

El movimiento del subconjunto de accionamiento de la lente 230 en las direcciones Y y Z (es decir, en el plano Y-Z) puede ser medido mediante sensores de posición, por ejemplo sensores de Hall-bar (o simplemente "Hall-bars") 226a-c que están acoplados al campo magnético creado por, respectivamente, los imanes 222a-c. Cuando el módulo de lente se mueve en el plano Y-Z, el campo magnético detectado por las Hall-bars 226a-c cambia y el movimiento puede ser detectado en tres puntos, según es conocido en la técnica. Esto permite la determinación de tres tipos de movimiento, es decir, movimiento en la dirección Y, movimiento en la dirección Z e inclinación alrededor del movimiento del eje X.

La Figura 5A muestra una vista isométrica en despiece ordenado del subconjunto de accionamiento del OPFE 260, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita. Según el ejemplo ilustrado, el subconjunto de accionamiento del OPFE 260 incluye resortes de articulación 236a-b que suspenden el prisma y pueden convertir el movimiento lineal en movimiento angular. Estos resortes de articulación permiten la inclinación del prisma 208 alrededor de un eje de articulación 232, que es paralelo o está a lo largo del eje Y. La inclinación puede ser, por ejemplo, $\pm 1^\circ$ desde una posición cero (reposo) del prisma.

En una realización mostrada en la Figura 5A, los resortes de articulación pueden tener la forma de soportes flexibles de una sola pieza 236a y 236b, cada uno fijado a un lado del prisma. El prisma y su plano de superficie reflectante 210, el eje de articulación 232 y el soporte flexible 236b son mostrados también en una vista lateral en la Figura 5B.

El subconjunto de accionamiento 260 incluye además un actuador 238 (denominado en adelante "cuarto" actuador) que incluye un imán 242 acoplado rígidamente al prisma 208 (en el ejemplo ilustrado-por medio de un adaptador 215) y de una bobina 244 acoplada rígidamente a la base 212.

5 Con respecto a un resorte de articulación, éste puede ser diseñado de dos formas diferentes al menos. En un diseño, mencionado y mostrado en las Figuras 5A y 5B, el resorte articulado puede comprender dos soportes flexibles de una sola pieza 236a y 236b fijados a cada lado del prisma. Otro diseño está ilustrado en las Figuras 5C y 5D. La Figura 5C muestra una vista en despiece ordenado isométrica de otra realización de un subconjunto de accionamiento del OPFE 260', en el que el OPFE tiene la forma de un espejo 208. La Figura 5D muestra el subconjunto de accionamiento 260' ensamblado, en una vista lateral. El subconjunto de accionamiento 260' incluye un resorte de articulación que 10 tiene dos conjuntos de resortes de hojas montados en cada lado del espejo, un primer conjunto que tiene dos miembros de resorte 240a y 240b perpendiculares entre sí y un segundo conjunto que tiene dos elementos de resorte 240c y 240d perpendiculares entre sí. El eje de giro está formado alrededor de una línea virtual dibujada entre los puntos de intersección de cada conjunto de resortes 240a-b y 240c-d. La Figura 5E muestra esquemáticamente los movimientos del AF y de la OIS del módulo de lente y el movimiento de inclinación de la OIS del OPFE.

15 El resorte de articulación de cualquiera de las realizaciones presentadas puede convertir la fuerza en cualquier dirección paralela al plano X-Z en un momento alrededor del eje Y, de manera que se crea una inclinación alrededor del eje Y.

Según se describe haciendo referencia a las Figuras 5C y 5D y más adelante, en funcionamiento, una fuerza de Lorentz puede estar aplicada entre la bobina 244 y el imán 242 para mover el imán 242 en una dirección indicada por una flecha 254 (Figura 5D). Esta fuerza (y el movimiento del imán) es convertido a continuación por la articulación en un movimiento de inclinación alrededor del eje Y indicado por una flecha 256 (Figura 5D). El movimiento es medido con un sensor Hall-bar 246. En el módulo de cámara 200, el cuarto actuador está dispuesto de tal manera que la fuerza aplicada está en la dirección +X-Z o -X+Z, (a 45 grados a ambos ejes X y Z, véase a continuación la sección de la "operación magnética"). Sin embargo, en otros ejemplos, la orientación del cuarto actuador puede ser tal que la fuerza está dirigida a cualquier ángulo del plano X-Z, siempre que se aplique un par alrededor del eje de la articulación 232 (por ejemplo, el cuarto actuador según se muestra en la realización de la Figura 5A). Los actuadores y los sensores Hall-bars del módulo de cámara 200 se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1

Número del actuador	Elemento de bobina	Elemento de imán	Hall-bar	Direcciones de los polos magnéticos	Dirección del vértice de la bobina larga	Dirección de la fuerza (dirección del vértice de la bobina corta)
1°	224a	222a	226a	±X	±Z	±Y
2°	224b	222b	226b	±X	±Y	±Z
2°	224c	222c	226c	±X	±Y	±Z
4°	244	242	246	+X+Y o X-Z	±Y	+X-Z o -X+Z
	244	242	246	±X	±Y	±Z

30 Según la materia del objeto ahora descrito, el módulo de cámara 200 comprende además o está operativamente conectado al menos a un controlador (por ejemplo, el controlador 314) configurado para controlar el funcionamiento de la lente y los subconjuntos de accionamiento del OPFE 230 y 260 para generar un movimiento para compensar las sacudidas de la cámara que inclinan el módulo de cámara cuando está en uso, proporcionando así la OIS. El controlador está configurado para recibir datos detectados indicativos de la posición de la lente y de la posición del OPFE e información de inclinación del giróscopo y, basándose en los datos recibidos, generar instrucciones para 35 causar la actuación de los subconjuntos 230 y 260 para crear el movimiento del módulo de lente y el OPFE que compensa la inclinación involuntaria del módulo de cámara de plegado (y, por tanto, proporcionar la OIS).

La inclinación OPFE compensa la inclinación de la cámara alrededor del eje Y. El movimiento del módulo de lente de plegado en la dirección Y compensa la inclinación de la cámara alrededor del eje Z. El controlador recibe datos sobre la inclinación alrededor de Y e inclina el OPFE alrededor del eje Y en consecuencia.

40 El controlador recibe datos sobre la inclinación alrededor de Z y mueve el módulo de lente en la dirección Y en consecuencia. Puede haber una inclinación no deseable del módulo de lente sobre el eje X. Según se explica a continuación, en algunos ejemplos, el controlador puede estar configurado para recibir datos que indican dicha inclinación no deseable y para proporcionar órdenes para los subconjuntos de accionamiento 230 y 260 para crear potencia de inclinación para que se inclinen en una dirección opuesta a la inclinación no deseable.

La Figura 6 muestra varias vistas de otra realización de un subconjunto de accionamiento del OPFE, numerado 290, en el que el OPFE tiene la forma de un prisma 308 con una superficie reflectante 310, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita: (a) vista isométrica, (b) vista lateral exterior, (c) vista lateral interior y (d) vista isométrica inferior.

5 El subconjunto de accionamiento del OPFE 290 comprende una estructura colgante que incluye cuatro miembros colgantes flexibles 292a-d que cuelgan el prisma 308 sobre una base 310. Los miembros colgantes flexibles 292a-d son similares a los miembros colgantes flexibles 216a-d, excepto que en lugar de ser paralelos están inclinados. Por tanto, se los conoce como "miembros colgantes inclinados". Los miembros colgantes inclinados 292a-d están montados de manera fija sobre la base 310 en un extremo del miembro respectivo y fijados al prisma en el otro extremo del miembro por medio de los puntos de articulación 298a y 298b y por medio de los paneles laterales 296a y 296b.
 10 En particular, los miembros colgantes inclinados 292a y 292b están fijados por medio del punto de articulación 298a al panel lateral 296a y los miembros colgantes inclinados 292c y 292d están fijados por medio del punto de articulación 298b al panel lateral 296b. Los paneles laterales están acoplados de manera fija a los lados opuestos del prisma. Los miembros colgantes inclinados 292a-d permiten la inclinación del prisma 308 alrededor de un eje de articulación (virtual) 294, que es paralelo o a lo largo del eje Y. El subconjunto de accionamiento 290 incluye además un "cuarto" actuador que incluye un imán 344 acoplado rígidamente al prisma 308 y una bobina 346 acoplada rígidamente a la base 298. Este actuador tiene una capacidad similar a la del cuarto actuador que comprende el imán 244 y la bobina 246.
 15

En funcionamiento, puede estar aplicada una fuerza de Lorentz entre la bobina 344 y el imán 346 para mover el imán 346 hacia la izquierda (flecha 312) o hacia la derecha (flecha 314). Esta fuerza (y el movimiento del imán) es convertida a continuación por los miembros colgantes inclinados en un movimiento de inclinación ("péndulo") alrededor del eje 20 294. La inclinación puede ser típicamente de $\pm 1^\circ$ desde una posición cero (reposo) del prisma. El movimiento es medido por una Hall-bar (no mostrada) según se ha explicado anteriormente. Una realización de este tipo permite aumentar la sensibilidad de la Hall-bar a la acción de inclinación, al aumentar el movimiento relativo entre el imán 244 y la Hall-bar.

25 Operación óptica de los elementos de los actuadores

En las cámaras compactas, el enfoque y, en particular, el autoenfoque (AF) son realizados cambiando todo el módulo de lente respecto al sensor de imagen de la cámara, de manera que se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

30 donde "f" es la distancia focal, "u" es la distancia entre el objeto y la lente y "v" es la distancia entre la lente y el sensor de imagen. En el módulo de cámara 200, el enfoque (y el enfoque automático) pueden ser realizados cambiando el módulo de la lente 204 a lo largo del eje Z.

Según se describe en esta memoria, la OIS está configurada para compensar las sacudidas de la cámara que desplazan el módulo de cámara respecto a seis grados de libertad (X-Y-Z, balanceo, guiñada y cabeceo). Sin embargo, según se ha mencionado anteriormente, el movimiento lineal en X-Y-Z afecta de manera insignificante a la calidad de la imagen y no tiene que ser compensado. El movimiento de guiñada del módulo de cámara (inclinación alrededor del eje Z en el módulo de cámara 200) produce un movimiento de la imagen a lo largo del eje Y en el sensor de imagen. El movimiento de guiñada puede entonces ser compensado por el módulo de cámara 200 mediante un desplazamiento del módulo de lente 204 a lo largo del eje Y. El movimiento de cabeceo del módulo de cámara (inclinación alrededor del eje Y en el módulo de cámara 200) da lugar a un movimiento de la imagen a lo largo del eje X en el sensor. El movimiento de cabeceo puede ser compensado por el módulo de cámara 200 con una inclinación del prisma 206 alrededor del eje Y.
 35
 40

Funcionamiento magnético de los elementos de los actuadores

Se pasa ahora a explicar el funcionamiento de cada uno de los cuatro actuadores, describiendo en detalle y como ejemplo el funcionamiento del primer actuador. El funcionamiento del segundo, tercer y cuarto actuadores es similar.
 45 La Figura 7 muestra elementos del primer actuador, es decir, la bobina 224a y el imán 222a, con la Hall-bar 226a asociada. La bobina 224a puede tener, por ejemplo, una forma de disco-rectángulo (estadio), de manera que tenga un vértice largo 310 y un vértice corto 312. Según un ejemplo, la bobina 224a puede estar hecha de un cable de cobre cubierto por una capa delgada de plástico (revestimiento) con diámetros interior/exterior, respectivamente, dentro del intervalo de 40-60 μm , con varias decenas de espiras por bobina, de manera que la resistencia total es típicamente del orden de 10-30 ohmios por bobina. El imán 222a puede ser, por ejemplo, un imán permanente, hecho de una aleación de neodimio (por ejemplo, $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) o de una aleación de samario-cobalto (por ejemplo, SmCo_5). El imán 222a puede ser fabricado (por ejemplo, sinterizado) de manera que cambia la dirección de los polos magnéticos: en el lado izquierdo, el polo magnético norte está encarado a la dirección X negativa, mientras que en el lado derecho el polo norte está encarado hacia la dirección X positiva. Dichos imanes de "cambio polar" son conocidos en la técnica y han sido descritos, por ejemplo, en la solicitud de patente PCT WO2014/100516A1.
 50
 55

La Figura 8 y la Figura 9A muestran el primer actuador a lo largo de un corte A-A mostrado en la Figura 7 en vista isométrica y vista lateral respectivamente. Se muestra que la bobina 224a tiene un diámetro de 60 μm y 48 espiras por bobina. En la Figura 9A, la marca de un punto "." indica la corriente que sale del plano de la página hacia el lector (dirección Z positiva) y una marca "x" indica la corriente en la dirección Z negativa. Los polos magnéticos del imán 222a están indicados, al igual que la posición de la Hall-bar 226a.

La Figura 9B muestra una simulación magnética a lo largo del mismo corte A-A, donde las flechas muestran la dirección del campo magnético. Se conoce que la fuerza de Lorentz es igual a:

$$F = I \int d\ell \times B$$

donde I es la corriente en la bobina, B es el campo magnético y dℓ es un elemento de cable. Por tanto, resultará evidente que para el estado de corriente/imán indicado, una fuerza que se encuentra principalmente en la dirección Y negativa es aplicada por el imán a la bobina. Según la tercera ley de Newton, la bobina del imán aplica una fuerza igual y negativa, principalmente en la dirección positiva de Y.

En la realización presentada en esta memoria, la Hall-bar está situada en la zona vacía en medio de la bobina 224a. En otras realizaciones, la Hall-bar puede estar situada en otra posición (por ejemplo, a continuación de la bobina), siempre que esté acoplada magnéticamente al elemento magnético correspondiente.

Estructura mecánica de cuatro resortes

Se puede usar una estructura mecánica que comprende cuatro cables redondos para el movimiento sobre el plano en mecanismos de la OIS, véase, por ejemplo, la solicitud de patente PCT W02015/060056 publicada por el solicitante, cuya descripción y Figuras han sido incorporadas en su totalidad a esta memoria como referencia. La Tabla 2 que sigue a continuación enumera ejemplos del primer modo de movimiento respecto a seis grados de libertad para cables con un diámetro dentro del intervalo de 50-100 μm hechos, por ejemplo, de metal (por ejemplo, aleación de acero inoxidable) y que llevan un conjunto de accionamiento de doble eje con una masa de 0,5-1 gramos.

Tabla 2

Modo de movimiento	Intervalo de constante del resorte	Intervalo de frecuencias
X	-250000 N/m	~300-4000 Hz
Y	40-60 N/m	30-60 Hz
Z	40-60 N/m	30-60 Hz
Inclinación alrededor de X	~0,001 N* m/rad	~60-100 Hz
Inclinación alrededor de Y	~5 N* m/rad	~500-6000 Hz
Inclinación alrededor de Z	~1,25 N* m/rad	~300-4000 Hz

El intervalo de frecuencia típico para el movimiento en tres modos, el modo Y, el modo Z y el modo de "inclinación alrededor de X" es mucho más pequeño que para los otros tres modos. Esto significa que físicamente, el movimiento en el modo X, en el modo de "inclinación alrededor de Y" y en el modo de "inclinación alrededor de Z" son mucho más rígidos y es poco probable que ocurran bajo fuerzas pequeñas como las que existen en el sistema (del orden de 0,01N).

Según se ha explicado anteriormente, el movimiento a lo largo del eje Y permite la actuación de la OIS, mientras que el movimiento a lo largo del eje Z permite la actuación del AF en los módulos conocidos de cámara de apertura única (por ejemplo, según se describe en PCT/IB2014/062181), un movimiento de inclinación alrededor del eje X (en las realizaciones mostradas en esta memoria, un eje paralelo al primer eje óptico) no influye en la imagen, ya que los módulos de lente son axisimétricos respecto a este eje. En las realizaciones de cámaras de lente de plegado descritas en esta memoria, el eje X se encuentra en el plano que contiene la primera y la segunda trayectorias ópticas y es perpendicular al segundo eje óptico. En las cámaras descritas en esta memoria, una inclinación del eje X puede causar distorsión o desplazamiento de la imagen, por lo que no es deseable. Por tanto, a continuación se describen dos métodos de prevención de la "inclinación del eje X no deseable".

Un primer método para evitar la inclinación del eje X es cancelarlo activamente. Se describe este método haciendo referencia al módulo de cámara 200. Según se ha explicado anteriormente, la operación del primer actuador crea una fuerza sobre el imán 222a en la dirección ± Y, mientras que la operación de los actuadores segundo y tercero crea una fuerza sobre los imanes 222b y 222c en la dirección ± Z. Sin embargo, dado que las fuerzas aplicadas a los imanes son aplicadas también al subconjunto de accionamiento de la lente 230, que es un cuerpo rígido, la traslación de la fuerza sobre cada imán es trasladada también a un momento en el centro de masa del subconjunto de

accionamiento de la lente 230. La Tabla 3 muestra el resultado de la fuerza aplicada sobre cada uno de los imanes 222a-c al centro de masa del subconjunto del actuador de lente 230. El uso de una combinación de los tres actuadores (primero, segundo y tercero) puede crear fuerza en el plano Z-Y y un momento alrededor del eje X de manera que se consigue el movimiento deseado, concretamente, la creación del movimiento Y para la OIS, la creación del movimiento Z para el autoenfoque y la eliminación de cualquier inclinación del eje X no deseable.

5

Tabla 3

Fuerza sobre el imán		Resultado de la acción de la fuerza sobre el centro de masa del subconjunto de actuación sobre la lente 230	
Imán	Dirección de la fuerza	Fuerza	Momento (alrededor del eje X)
222a	+Y	+Y	Hacia la izquierda
	-Y	-Y	Hacia la derecha
222b	+Z	+Z	Hacia la derecha
	-Z	-Z	Hacia la izquierda
222c	+Z	+Z	Hacia la izquierda
	-Z	-Z	Hacia la derecha

Un segundo método para evitar la inclinación del eje X es "pasivo" y se basa en reducir las fuerzas del momento creadas por el primero, segundo y tercer actuador. Este método se demuestra esquemáticamente utilizando las disposiciones de los actuadores mostradas en la Figura 10 y en la Figura 11.

10 la Figura 10 muestra un barril de lente 1014 que lleva un módulo de lente 1004 con componentes de tres actuadores (primero, segundo y tercero) similares a los actuadores en las realizaciones anteriores (imanes 1022a, 1022b y 1022c situados justo por encima de las bobinas 1024a, 1024b y 1024c, respectivamente). Los actuadores que incluyen estos elementos no producen una inclinación no deseable alrededor del eje X. Debe tenerse en cuenta que el imán 1022b y la bobina 1024b son mostrados en esta memoria extendiéndose sustancialmente (es decir, con una dimensión longitudinal) a lo largo del ancho total del barril de la lente (en la dirección Y). Esta disposición permite colocar el imán y la bobina entre el barril de la lente y el sensor. Esto resulta beneficioso, ya que aunque una parte del actuador está situada debajo del barril de la lente, la altura total del módulo (en la dirección X) aumenta por debajo de la altura requerida. De manera ejemplar, la longitud del imán 1022b y de la bobina 1024b en la dirección Y puede ser de aproximadamente 7-8 mm y el ancho del imán 1022b y de la bobina 1024b en la dirección Z pueden ser de aproximadamente 2-3 mm. La altura de todas las bobinas es, por ejemplo, de aproximadamente 0,5 mm. La disposición del primero, segundo y tercer actuadores es tal que el momento en el centro de masa del subconjunto de accionamiento de la lente es mínimo. Es decir, estos actuadores no producen una inclinación no deseable alrededor del eje X. La Tabla 4 muestra la traslación de la fuerza en cada uno de los imanes 1022a-c al centro de masa del subconjunto de accionamiento de la lente.

15

20

25

Tabla 4

Fuerza sobre el imán		Resultado de la acción de la fuerza sobre el centro de masa del subconjunto de actuación sobre la lente	
Imán	Dirección de la fuerza	Fuerza	Momento (alrededor del eje X)
1022a	+Y	+Y	Insignificante
	-Y	-Y	Insignificante
1022b	+Z	+Z	Insignificante
	-Z	-Z	Insignificante
1022c	+Y	+Y	Insignificante
	-Y	-Y	Insignificante

La Figura 11 muestra una disposición para el accionamiento de la lente con dos actuadores, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita. La disposición del actuador usa solo dos actuadores (por ejemplo, el primero y el segundo) de los actuadores de la Figura 10. Esta disposición es más sencilla, ya que puede conseguir el mismo resultado retirando un actuador de la disposición de la Figura 10.

La Figura 12A muestra esquemáticamente una vista isométrica de otro módulo de cámara de plegado numerado 1100, según un ejemplo de la materia objeto ahora descrita. Debe tenerse en cuenta que el sistema de coordenadas X-Y-Z está orientado de manera diferente que en las Figuras 1-11. El módulo de cámara de plegado 1100 comprende un sensor de imagen 1102 que tiene una superficie de imagen en el plano XY, un módulo de lente 1104 con un eje óptico 1106 definido anteriormente como "segundo eje óptico" y un OPFE 1108 que tiene un plano de superficie 1110 inclinado hacia la superficie del sensor de imagen, de manera que la luz que llega a lo largo de una primera trayectoria o dirección óptica 1105 es inclinada por el OPFE hacia el segundo eje o dirección óptica 1106.

La Figura 12B muestra el módulo de cámara de plegado 1100 con el módulo de lente plegado retirado de su montaje. La Figura 12C muestra el módulo de lente plegada en (a) una vista isométrica regular y (b) invertida.

En una realización, el módulo de cámara 1100 comprende un subconjunto de accionamiento de la lente para mover el módulo de lente 1104 para el enfoque automático en la dirección Z. Este subconjunto puede incluir un solo actuador con un imán 1122ab y una bobina 1124b. En otras realizaciones, el módulo de cámara 1100 puede comprender un subconjunto de accionamiento de lente para mover el módulo de lente 1104 en el plano Y-Z. Sin embargo, a diferencia del subconjunto de accionamiento de la lente de 3 actuadores que se muestra en las Figuras 3 y 10, el subconjunto de accionamiento del módulo de cámara de plegado 1100 comprende cuatro actuadores que operan en el módulo de lente. En otras palabras, se añade un "quinto" actuador adicional al primero, segundo y tercer actuadores del subconjunto de accionamiento de la lente: en esta memoria, el primer actuador incluye un imán 1122ab y una bobina 1124a, el segundo actuador incluye el imán 1122ab y la bobina 1124b, el tercer actuador incluye un imán 1122e y una bobina 1124e. El actuador añadido ("el quinto") incluye un imán 1122d y una bobina 1124d. La disposición del imán y la bobina es similar a la de la Figura 10, ya que el imán 1122b y la bobina 1124b están situados entre el módulo de lente y el sensor de imagen, lo que permite una actuación eficiente del eje Z (para el enfoque automático). Los actuadores que incluyen el imán 1122ab y la bobina 1124a, el imán 1122ab y la bobina 1124b y el imán 1122d y una bobina 1124d pueden ser usados activamente para evitar una inclinación no deseable alrededor del eje X. Dos sensores Hall-bar 1126b' y 1126b" miden el desplazamiento en la dirección Z y la inclinación alrededor del eje X. Un sensor Hall-bar 1126e mide el desplazamiento en la dirección Y.

La dimensión de la bobina larga en la dirección Y proporciona una alta eficiencia para la acción del enfoque automático en la dirección Z. Para ilustrar cómo la potencia eléctrica (P_e) y la fuerza mecánica (F) de una bobina dependen del tamaño de la bobina, se puede analizar un caso simple de una bobina de una sola espira. Una bobina con una superficie de la sección transversal de cable S está dispuesta en un plano Y-Z y tiene, por ejemplo, una forma rectangular con dos lados de longitud L_y paralelos a Y y dos lados de longitud L_z , paralelos a Z. El imán permanente (ferromagnético) que produce el campo magnético en la bobina está diseñado para maximizar la fuerza entre la bobina y el imán en la dirección Z (F_z), como resultado de la corriente I que fluye por la bobina. En este caso, $F_z = 2k_1IL_y$ donde k_1 es una constante que depende (entre otras cosas) de la intensidad del campo magnético. La potencia eléctrica de la bobina $P_e = 2k_2I^2S(L_z + L_y)$, donde k_2 es una constante diferente. Los motores magnéticos eficientes tienen una alta F_z , para una baja P_e . Un factor de eficiencia ($E_f = F_z/P_e$) puede ser deducido como:

$$E_f = ((k_1^2) * S) / (k_2 * F_z) * L_y / (1 + L_z / L_y)$$

o, usando

$$I = F_z / (2k_1 L_y)$$

$$E_f = [((k_1^2) * S) / (k_2 * F_z)] * L_y / (1 + L_z / L_y)$$

De lo anterior, resultará evidente que si L_y es aumentada en un factor de 2 (quedando igual todo lo demás), E_f aumenta en un factor mayor que 2. Por tanto, cuanto más larga sea la bobina en la dirección Y, mejor. La situación del imán 1122e entre el módulo de lente y el sensor de imagen permite, de manera ventajosa, alargar el imán en la dirección Y aproximadamente al ancho del portador del módulo de lente. A modo de ejemplo, la bobina 1124e tiene una dimensión larga o vértice (típicamente de aproximadamente 7-8 mm) en la dirección Y y una dimensión corta o vértice (típicamente de aproximadamente 2-3 mm) en la dirección Z. En general, para bobinas de espira simple o múltiple, cuanto más larga sea la bobina en la dirección perpendicular a la fuerza magnética, más eficiente es el motor magnético que utiliza esta bobina.

La situación del imán del actuador de AF entre el módulo de lente y el sensor de imagen puede causar reflexiones de la luz que llega a lo largo del eje óptico de la lente (eje Z). Dichas reflexiones pueden afectar la imagen adquirida por el sensor de imagen de la cámara de plegado. Para evitar dichas reflexiones, el imán (es decir, el imán 1122e) puede estar cubierto con un revestimiento de absorción y dispersión (Figura 12C y Figura 13), por ejemplo, un revestimiento Actar Black Velvet fabricado por Actar Ltd., Kiryat Gat, Israel. Alternativamente o además, el imán puede tener perturbaciones en forma de ondas u otras formas para dispersar aún más la luz reflejada. Alternativamente, una

estructura de placa delgada ondulada ("yugo") 1130 con un recubrimiento de absorción y dispersión como el anterior puede estar fijada al imán.

En resumen, algunas realizaciones de cámara descritas en esta memoria incluyen al menos las características siguientes:

5 1. Funcionalidad del AF + de la OIS de bucle totalmente cerrado.

2. Diseño delgado, sin penalización de altura.

3. Diseño de bajo costo:

- Circuitería integrada para sensores de la OIS, del AF y de la cámara.

- Masa en movimiento completamente pasiva - no es necesario llevar electricidad a los objetos en movimiento.

10 Aunque esta descripción ha sido descrita en términos de ciertas realizaciones y métodos asociados en general, las alteraciones y permutaciones de las realizaciones y métodos resultarán evidentes para los expertos en la materia. Por ejemplo, mientras que la incorporación de un módulo de cámara de plegado descrito en esta memoria a una cámara de apertura dual ha sido descrito con cierto detalle, un módulo de cámara de plegado puede ser incorporado a una cámara de apertura múltiple que tiene más de dos módulos de cámara. Por ejemplo, aunque el uso de Hall-bars como ejemplo de sensores de posición ha sido descrito en detalle, otros sensores de posición (por ejemplo, sensores de posición de tipo microelectromecánico (MEMS)) pueden ser usados para los fines establecidos en esta memoria. La descripción debe ser entendida como que no está limitada por las realizaciones específicas descritas en esta memoria.

15

Se hace hincapié en que la cita o identificación de cualquier referencia en esta solicitud no debe ser interpretada como una admisión de que dicha referencia está disponible o es admitida como técnica anterior.

20

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) comprendiendo:

5 un elemento de plegado de la trayectoria óptica (OPFE) (102, 208, 1108) para plegar la luz de una primera trayectoria óptica (205, 1105) a una segunda trayectoria óptica (206, 1106), estando la primera trayectoria óptica (205, 1105) a lo largo de un primer eje óptico (205, 1105) y estando la segunda trayectoria óptica (206, 1106) a lo largo de un segundo eje óptico (206, 1106); y

10 un módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) que tiene dispuesto un conjunto de lente con un eje de simetría a lo largo del segundo eje óptico (206, 1106), caracterizado por que el módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) está diseñado para moverse en una primera dirección y en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección, estando la primera y la segunda direcciones en un primer plano que contiene el segundo eje óptico (206, 1106), siendo el primer plano perpendicular a un segundo plano que contiene la primera trayectoria óptica (205, 1105) y la segunda trayectoria óptica (206, 1106);

en donde el OPFE (102, 208, 1108) está diseñado para inclinarse alrededor de un eje que es perpendicular tanto al segundo eje óptico (206, 1106) como al segundo plano,

15 en donde el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) en el primer plano en una dirección perpendicular a la segunda trayectoria óptica (206, 1106) está destinado a la estabilización de la imagen óptica (OIS) para compensar la inclinación del módulo de cámara (100, 200, 1100) alrededor del segundo eje óptico (206, 1106),

en donde el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) en el primer plano en la dirección de la segunda trayectoria óptica (206, 1106) está destinado al enfoque automático (AF), y

20 en donde la inclinación del OPFE (102, 208, 1108) está destinada a que la OIS compense la inclinación no deseable del módulo de cámara (100, 200, 1100) alrededor, al menos, del eje que es perpendicular al primer eje óptico (205, 1105) y al segundo eje óptico (206, 1106).

2. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 1, comprendiendo además:

25 un subconjunto de accionamiento de la lente (230) configurado para causar el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) destinado al AF y a la OIS; y

un subconjunto de accionamiento del OPFE (260) configurado para causar un movimiento de inclinación del OPFE (102, 208, 1108).

3. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 2, en donde cada uno de los subconjuntos de actuación de la lente (230) y de actuación del OPFE (260, 290) incluye una pluralidad de miembros colgantes flexibles (216a-d, 292a-d), en donde los miembros colgantes flexibles (216a-d, 292a-d) del OPFE (102, 208, 1108) están, por ejemplo, inclinados, y los miembros colgantes flexibles (216a-d, 292a-d) del subconjunto de accionamiento de la lente (230) son, por ejemplo, paralelos entre sí.

4. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 2 o de la reivindicación 3, comprendiendo además al menos un controlador de actuación (264, 314) configurado para recibir:

35 la entrada de datos que indican la inclinación del módulo de cámara (100, 200, 1100) al menos en una dirección, y

la entrada de datos de sensores de posición (226a-c) acoplados a uno o a ambos de los siguientes: el subconjunto de accionamiento de la lente (230) y el subconjunto de accionamiento del OPFE (260, 290),

40 en donde el al menos un controlador de actuación (264, 314) está configurado además para generar, basándose en las entradas de los datos recibidos, instrucciones para el subconjunto de accionamiento de la lente (230), el subconjunto de accionamiento del OPFE (260, 290), o para ambos, para causar su movimiento destinado a la estabilización de imagen óptica (OIS).

5. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 4, en donde el al menos un controlador de actuación (264, 314) está configurado para recibir una entrada de datos y mover el módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) a lo largo del segundo eje óptico (206, 1106) para realizar el enfoque automático (AF) basado en la entrada de datos recibidos.

6. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el subconjunto de accionamiento de la lente (230) incluye una pluralidad de pares de bobina-imán para accionar el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) a lo largo de al menos una de las dos direcciones que definen el primer plano.

7. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 6, en donde al menos uno de la pluralidad de pares de bobina-imán está dispuesto para permitir la compensación activa de la inclinación no deseable del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) alrededor de al menos un eje que es perpendicular al segundo eje óptico (206, 1106).
- 5 8. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 6 o de la reivindicación 7, en donde al menos uno de la pluralidad de pares de bobina-imán está situado entre el módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) y un sensor de imagen (1102).
- 10 9. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, comprendiendo además uno o más sensores de posición (226a-c) asociados a un par de bobina-imán, permitiendo el uno o más sensores de posición (226a-c) la medición de una posición del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104), en donde el uno o más sensores de posición (226a-c) permiten, por ejemplo, la medición de la posición del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) a lo largo de al menos uno de los dos ejes que comprenden el primer plano que contiene el segundo eje óptico (206, 1106) y/o la medición de la posición del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) con una inclinación alrededor de al menos un eje que es perpendicular al segundo eje óptico (206, 1106).
- 15 10. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de la reivindicación 9, en donde el uno o más sensores de posición (226a-c) están acoplados al subconjunto de accionamiento de la lente (230) y al el al menos un controlador de actuación (264, 314) para permitir el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) en el primer plano para el AF y/o la OIS mientras se evita el giro del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) alrededor de un eje perpendicular al primer plano.
- 20 11. El módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde al menos uno de la pluralidad de pares de bobina-imán está dispuesto para reducir o minimizar pasivamente las fuerzas del momento que pueden causar una inclinación no deseable del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104).
12. Una cámara de apertura dual (300), comprendiendo:
 un módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11; y
 un módulo de cámara sin plegado (280) comprendiendo un sensor de imagen de cámara sin plegado (1102) y un
 25 módulo de lente de cámara sin plegado con un eje de lente a lo largo de un primer eje óptico (252) perpendicular al segundo eje óptico.
13. Un método para compensar la inclinación de un módulo de cámara de plegado (100, 200, 1100) comprendiendo un elemento de plegado de la trayectoria óptica (OPFE) (102, 208, 1108), un módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) que tiene dispuestos un conjunto de lente y un sensor de imagen (1102), comprendiendo el método:
 30 usar un elemento de plegado de la trayectoria óptica (OPFE) (102, 208, 1108) para plegar la luz de una primera trayectoria óptica (205, 1105) a una segunda trayectoria óptica (206, 1106), estando la primera trayectoria óptica (205, 1105) a lo largo de un primer eje óptico, y estando la segunda trayectoria óptica (206, 1106) a lo largo de un segundo eje óptico (206, 1106) de un módulo de cámara (100, 200, 1100);
 35 usar un módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) que tiene dispuesto un conjunto de lente que tiene un eje de simetría a lo largo del segundo eje óptico (206, 1106), en donde el módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) está diseñado para moverse en una primera dirección y en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección, estando la primera y la segunda direcciones en un primer plano que contiene el segundo eje óptico (206, 1106) y siendo perpendiculares a un segundo plano que contiene la primera y la segunda trayectorias ópticas (206, 1106), caracterizado por que el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) en la dirección del segundo eje óptico (206, 1106) está
 40 destinado al enfoque automático (AF), y el movimiento del módulo de lente (104, 204, 1004, 1104) en el primer plano en una dirección perpendicular a la segunda trayectoria óptica (206, 1106) está destinado a la estabilización de la imagen óptica (OIS) para compensar la inclinación del módulo de cámara (100, 200, 1100) alrededor del segundo eje óptico (206, 1106); e
 45 inclinar el OPFE (102, 208, 1108) alrededor de un eje que es perpendicular tanto al segundo eje óptico (206, 1106) como al segundo plano, en donde la inclinación del OPFE (102, 208, 1108) está destinada a que la OIS compense una inclinación no deseable del módulo de cámara (100, 200, 1100) alrededor, al menos, del eje que es perpendicular al primero y al segundo ejes ópticos (206, 1106).

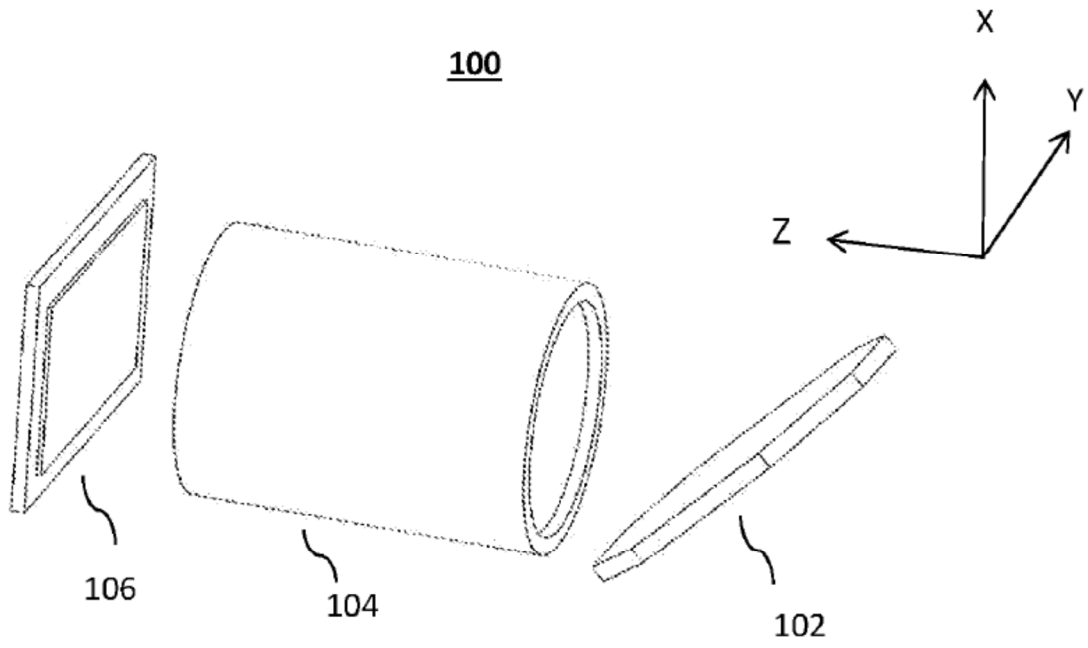


FIG. 1

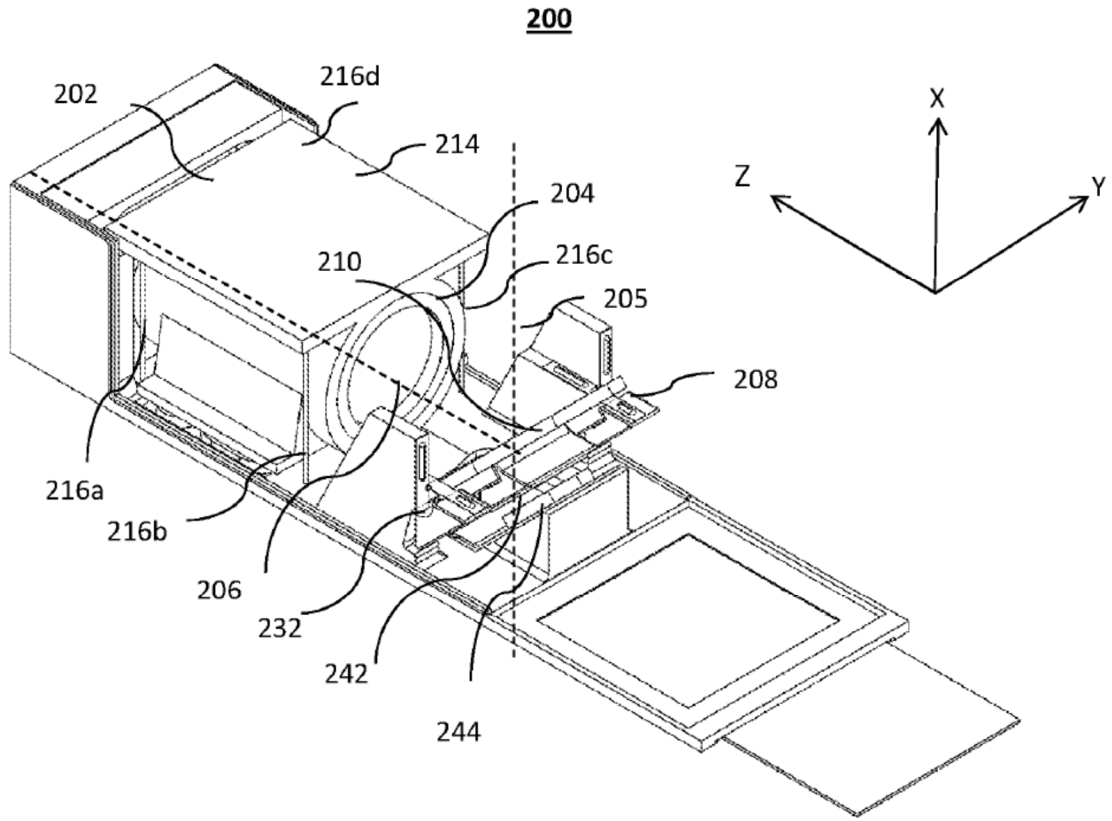


FIG. 2A

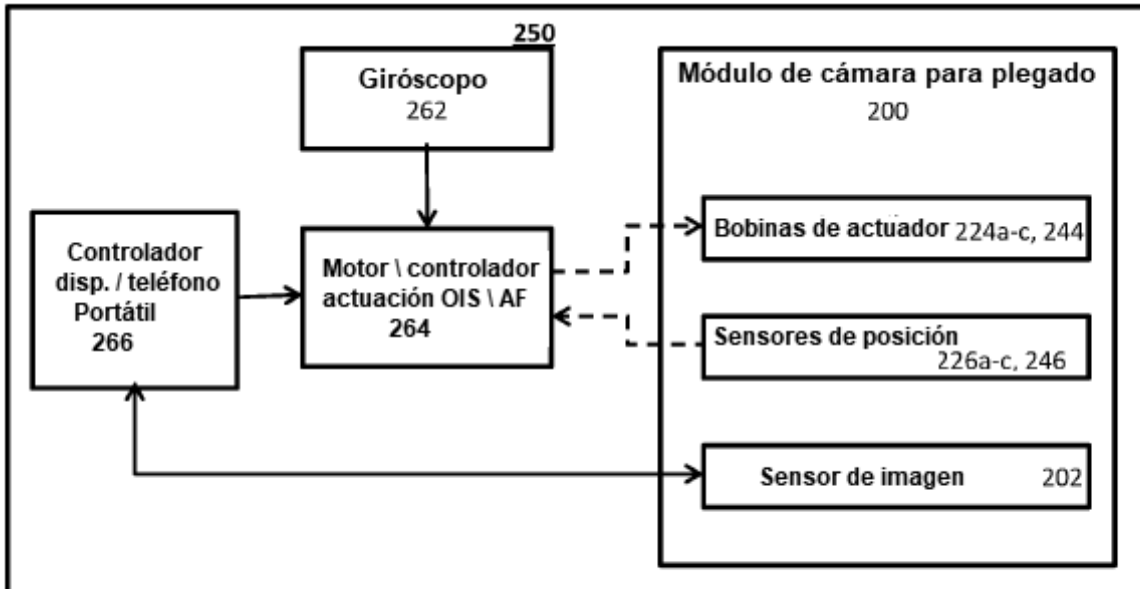


FIG. 2B

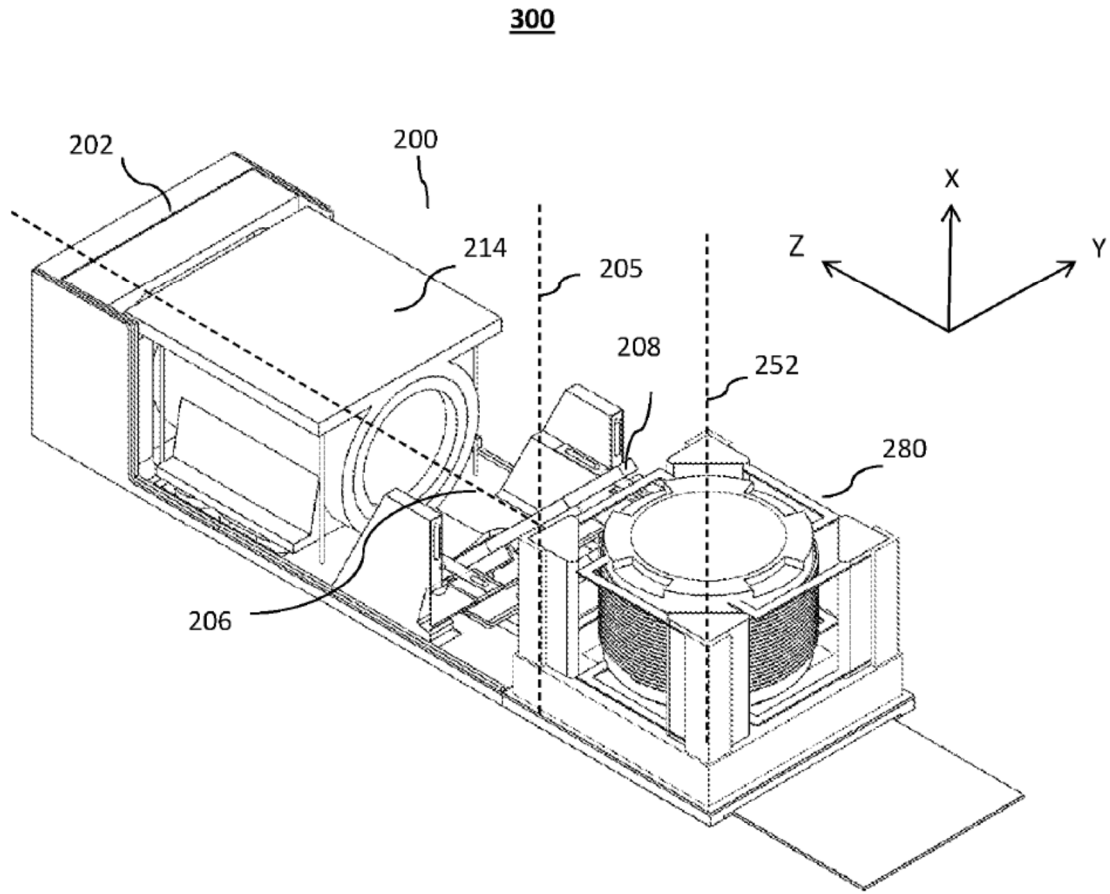


FIG. 3A

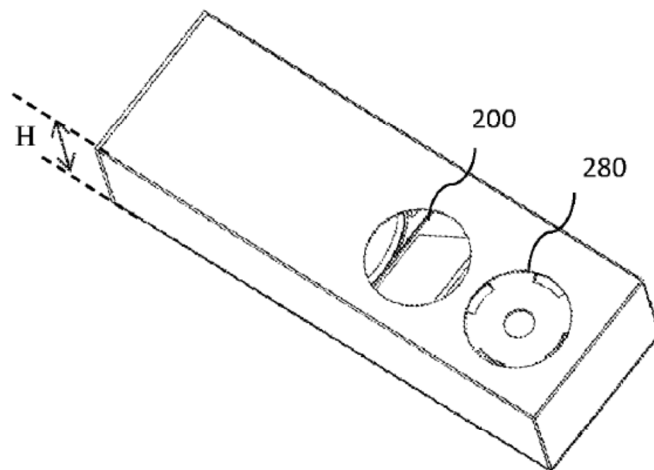


FIG. 3B

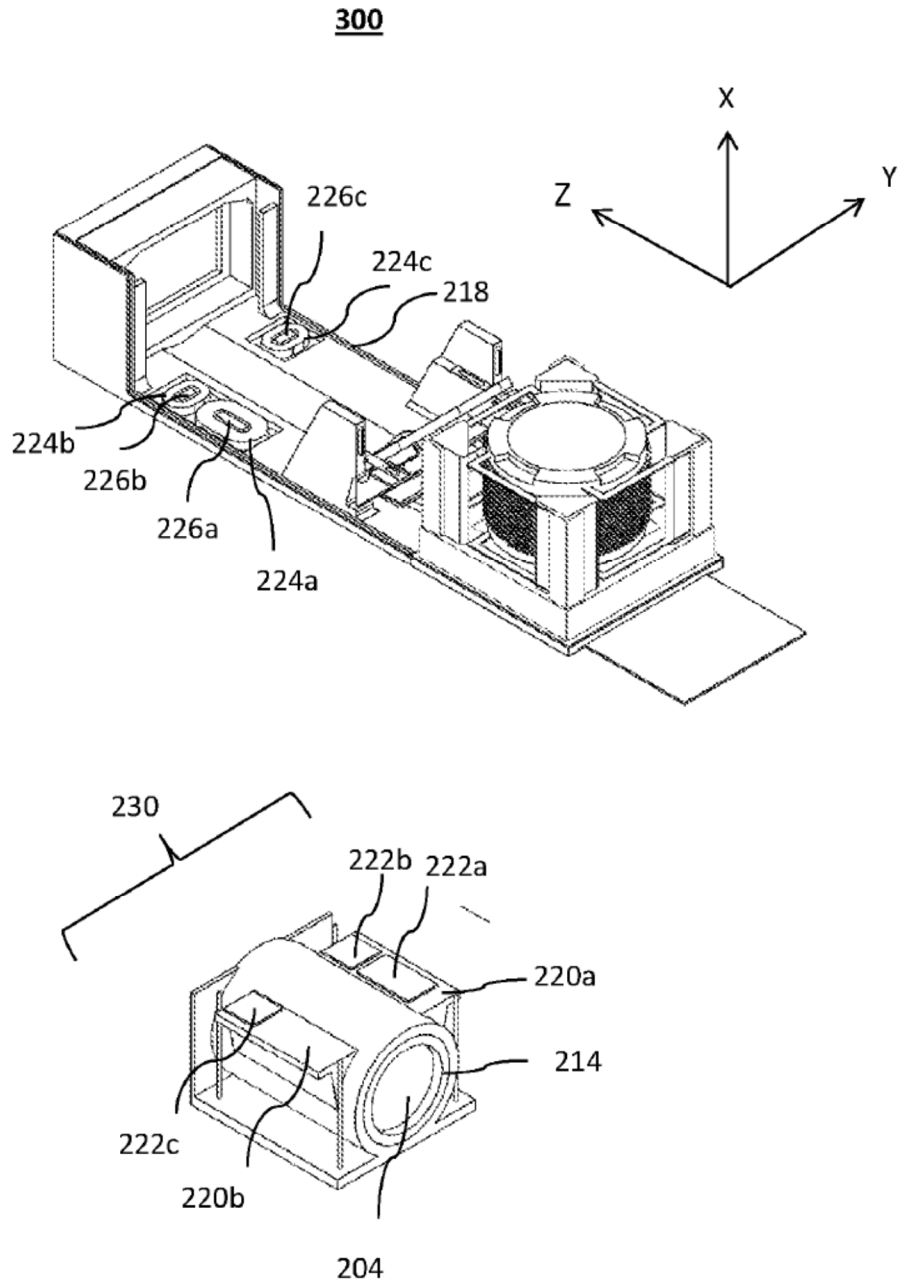


FIG. 4

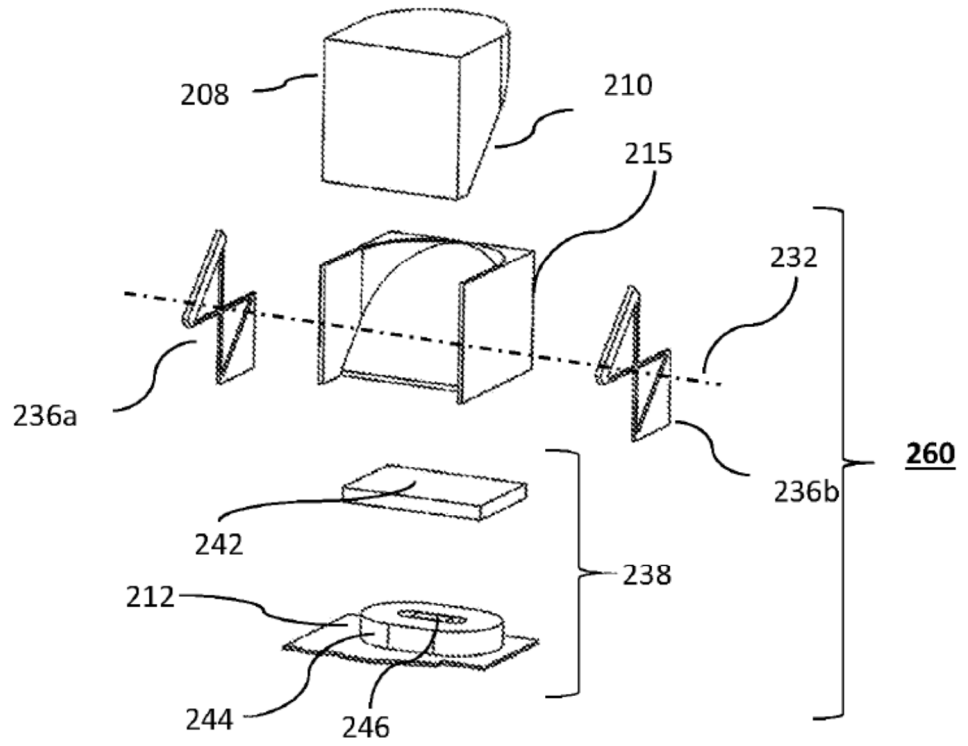


FIG. 5A

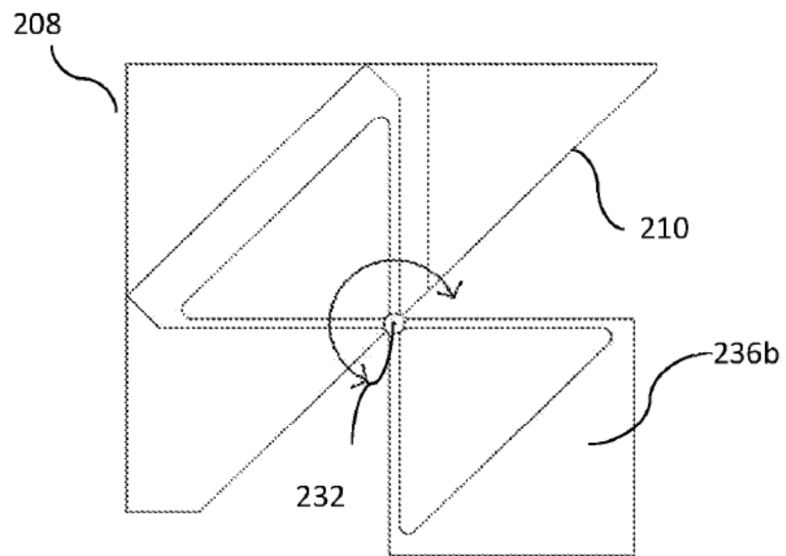


FIG. 5B

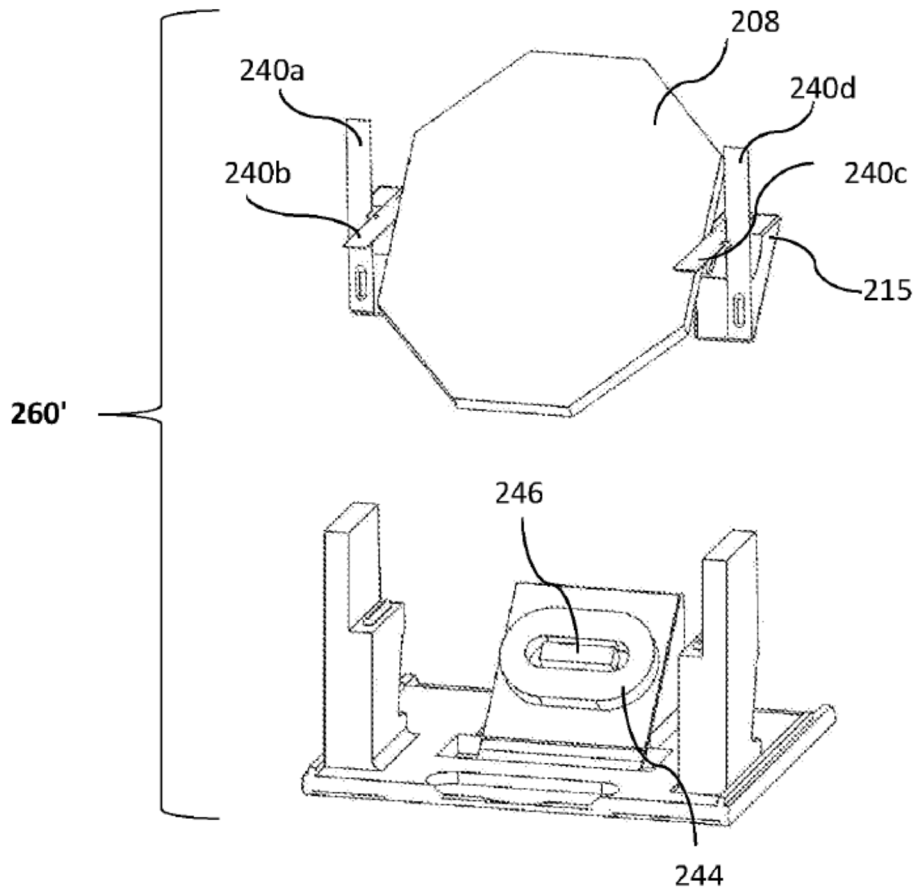


FIG. 5C

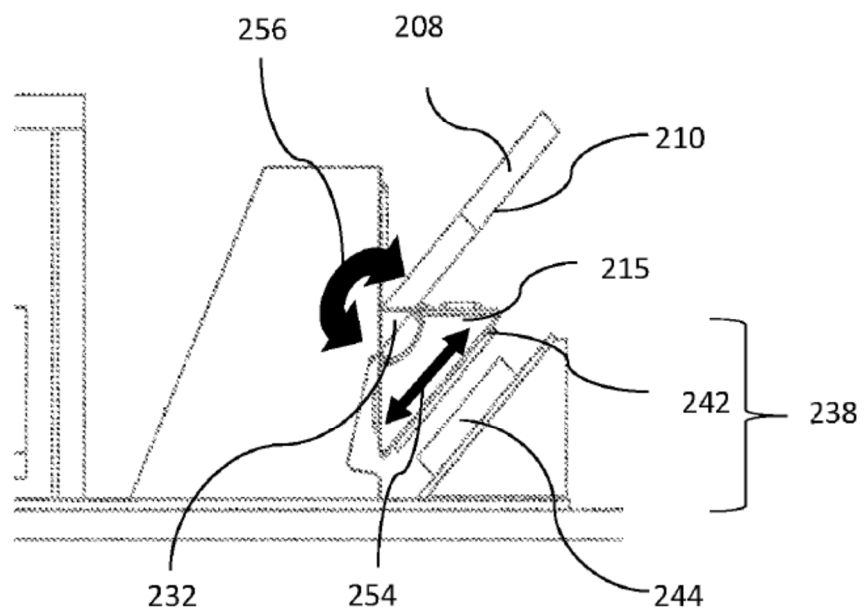


FIG. 5D

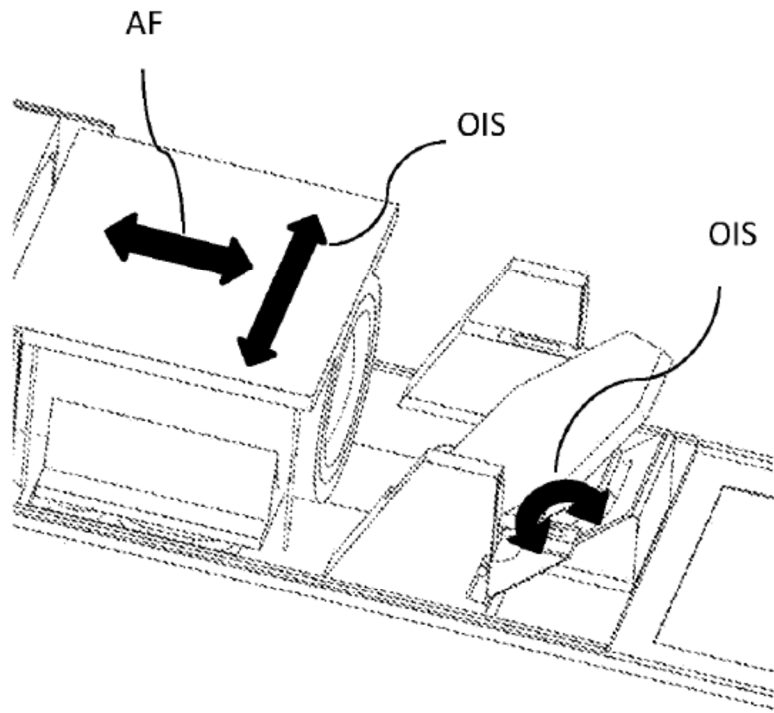


FIG. 5E

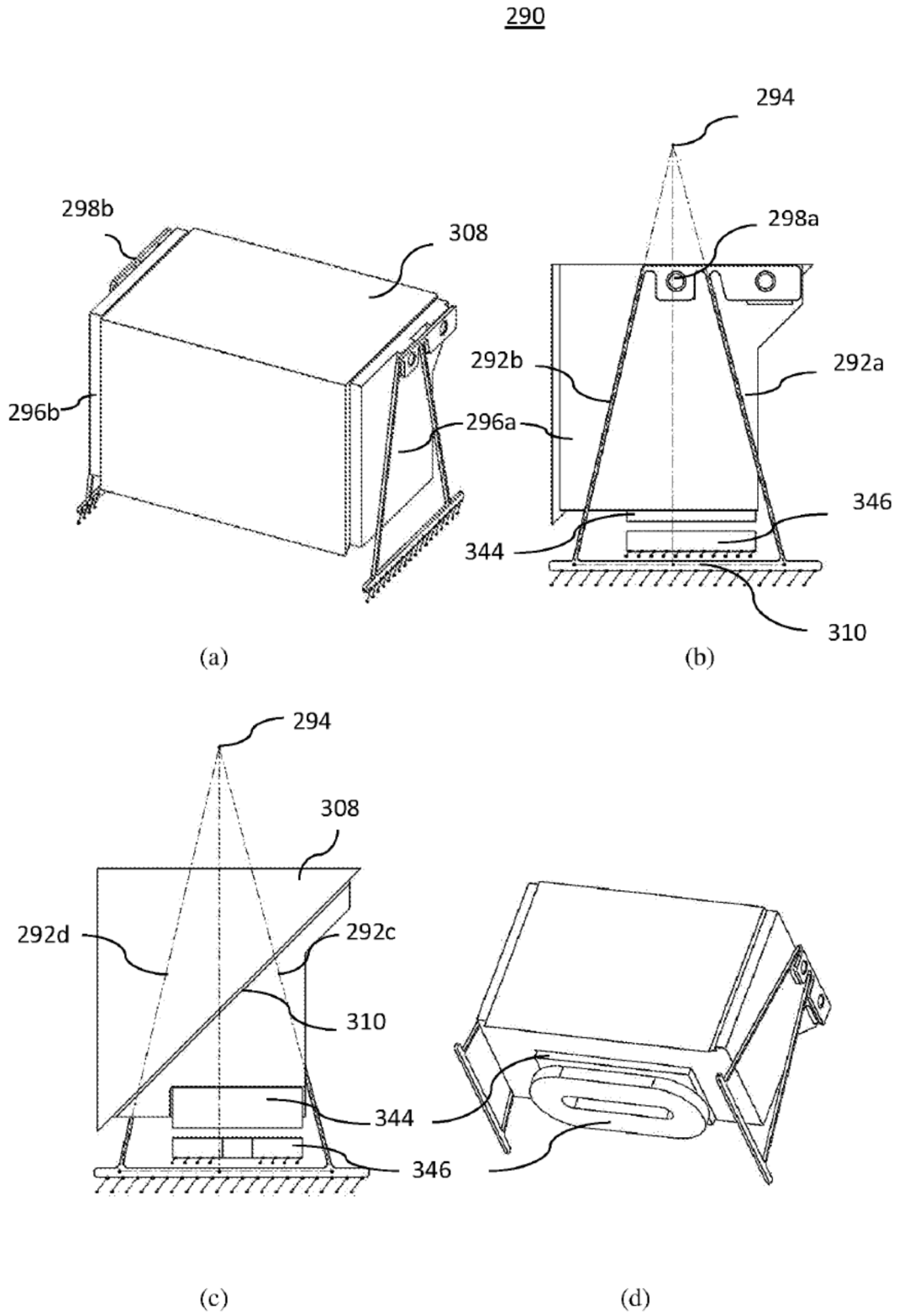


FIG. 6

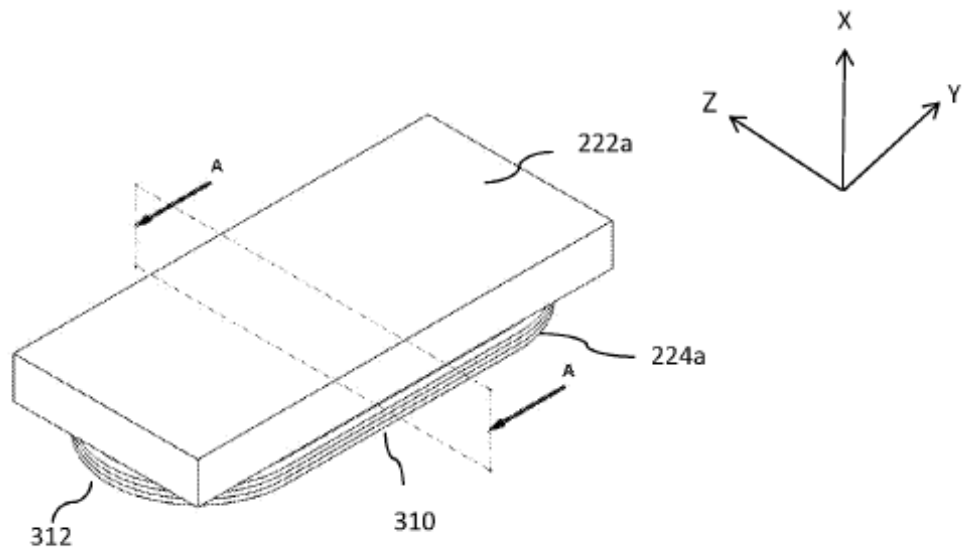


FIG. 7

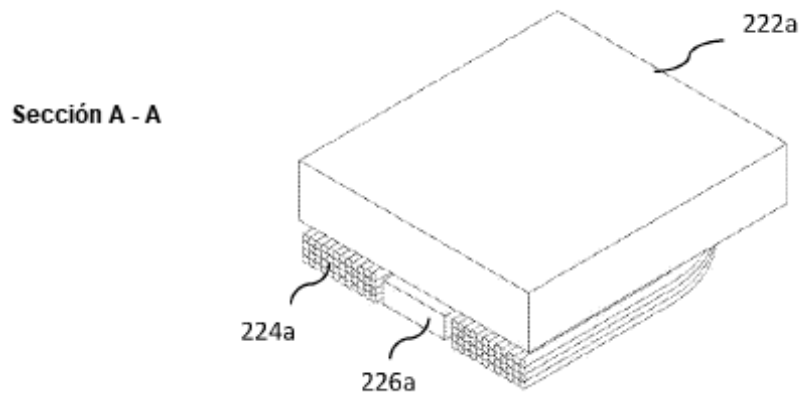


FIG. 8

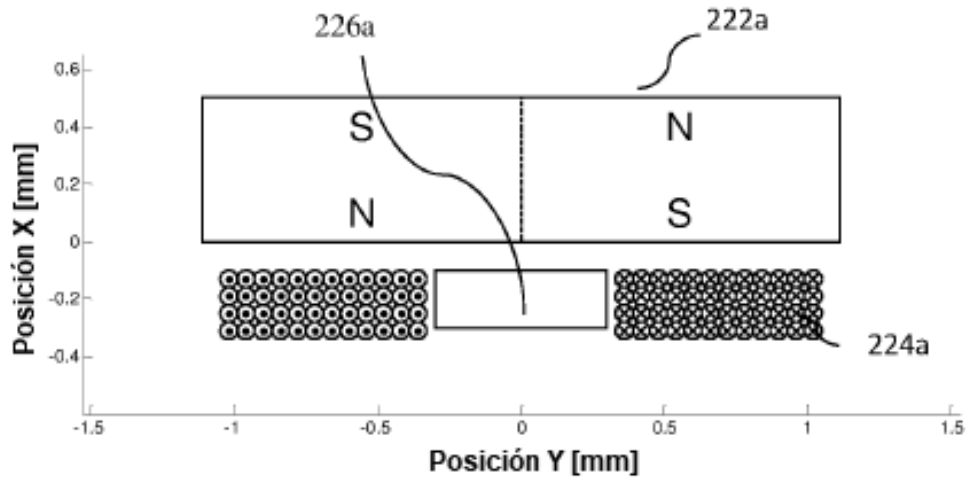


FIG. 9A

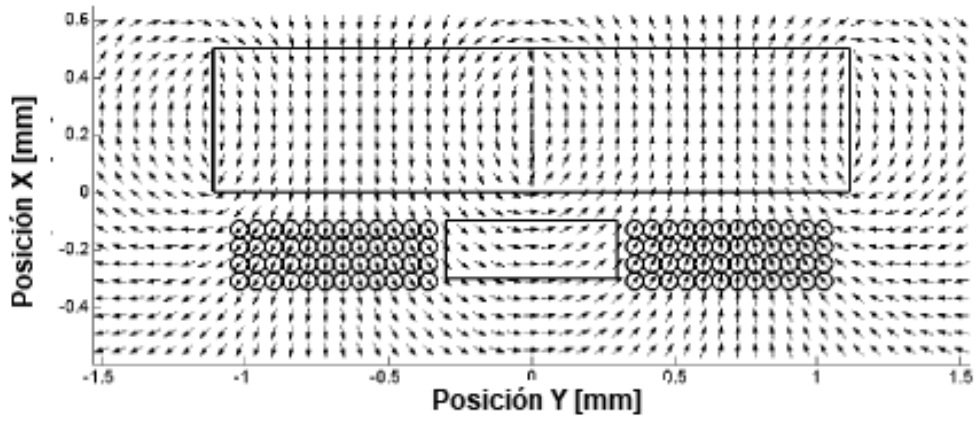


FIG. 9B

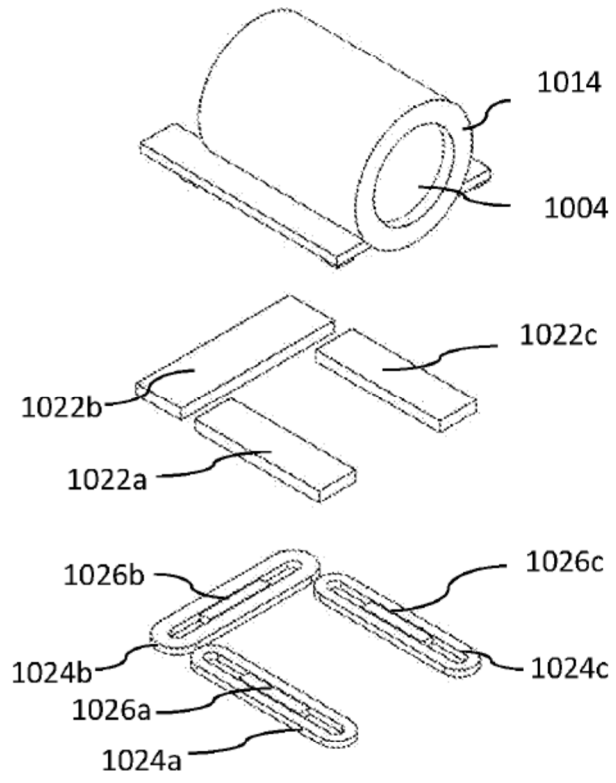


FIG. 10

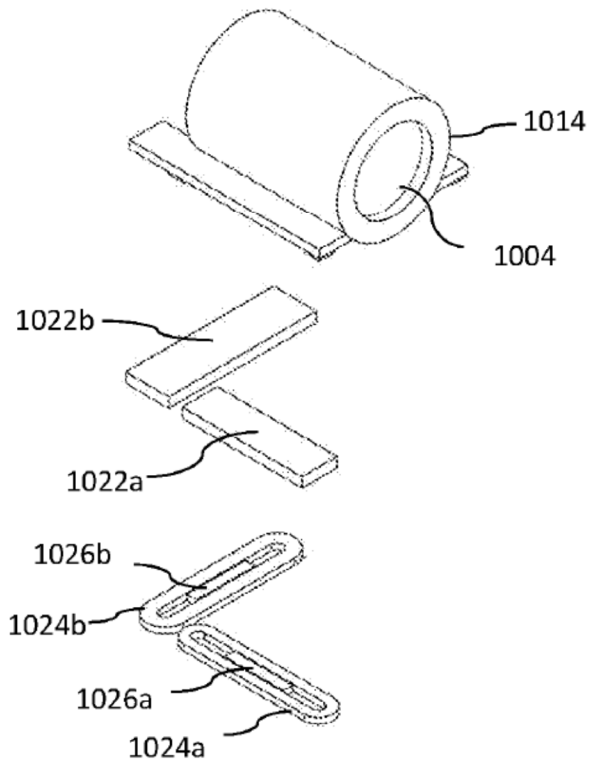


FIG. 11

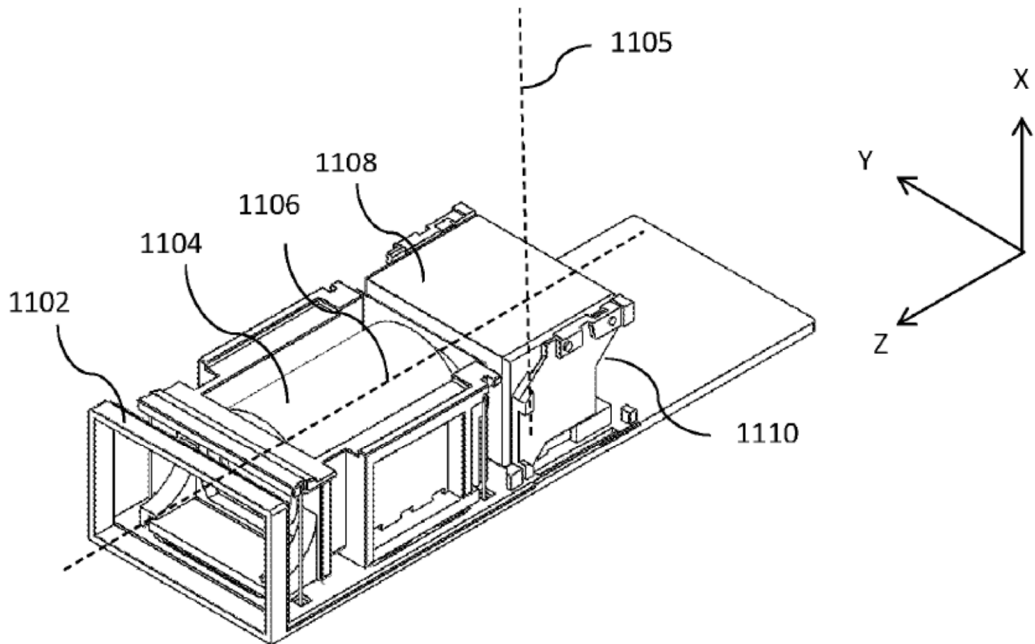


FIG. 12A

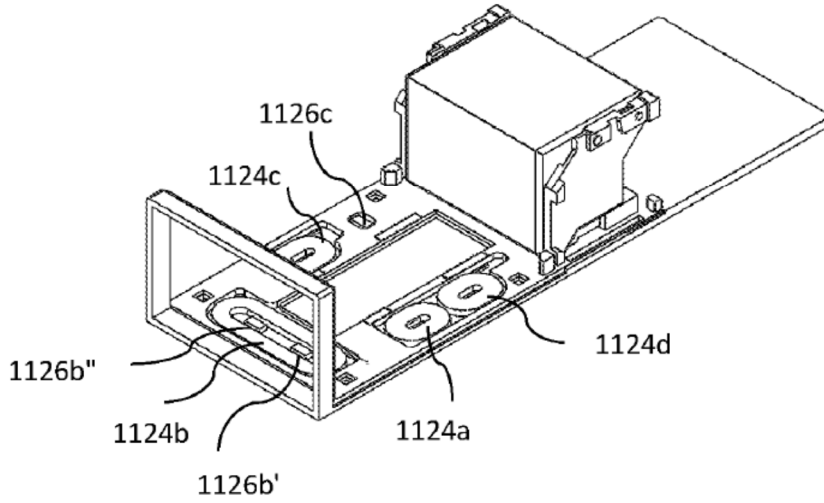


FIG. 12B

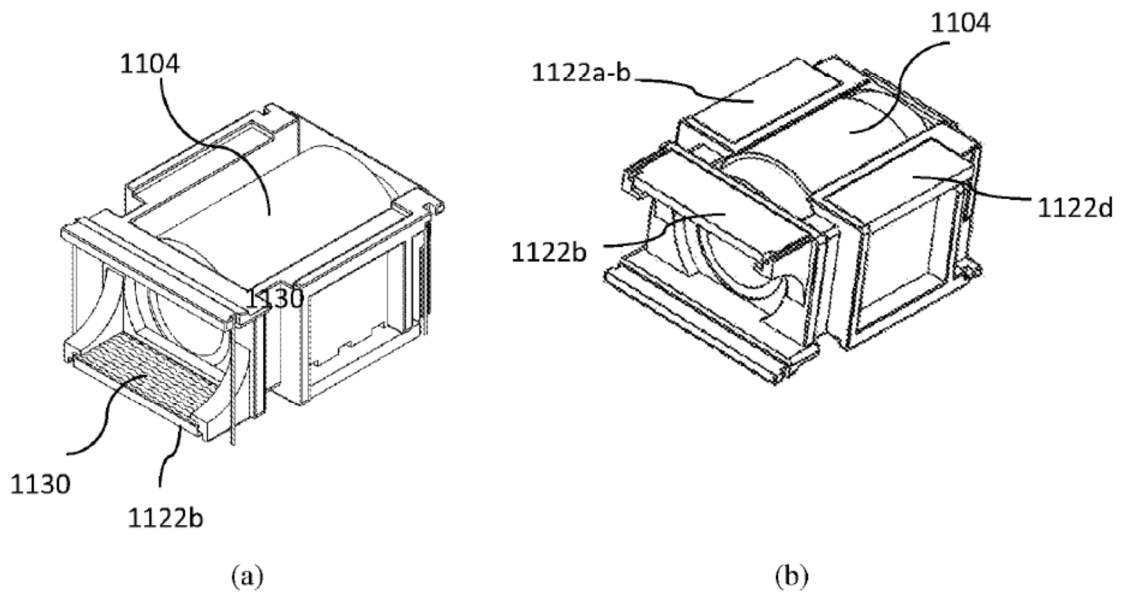


FIG. 12C

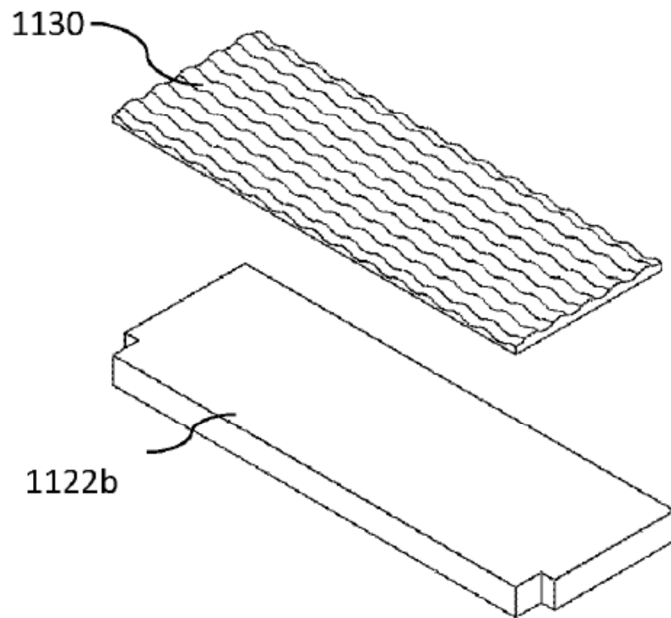


FIG. 13