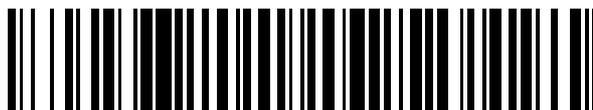


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 124**

51 Int. Cl.:

G02B 26/00 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 15/173 (2006.01)

G02B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2008 E 08856236 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2217958**

54 Título: **Lente de zoom de tipo telefoto que tiene una lente líquida en un grupo fijo**

30 Prioridad:

04.12.2007 US 992244 P

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

04.02.2015

73 Titular/es:

**BLACKEYE OPTICS, LLC (100.0%)
P.O. Box 1389, Spieden Island
Eastsound, WA 98245 , US**

72 Inventor/es:

**JANNARD, JAMES, H. y
NEIL, IAIN, A.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 528 124 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

Lente de zoom de tipo telefoto que tiene una lente líquida en un grupo fijo

Antecedentes

Campo de la invención

- 5 Esta invención está relacionada con un sistema de lentes ópticas que emplea óptica líquida y la redirección de un eje de radiación.

Descripción de la técnica relacionada

10 Las aplicaciones de obtención de imágenes han utilizado históricamente dos o más grupos móviles de lentes de zoom para proporcionar zoom y diferentes longitudes focales. También puede ser necesario un grupo adicional de lentes para enfocar.

15 Sin embargo, existen desventajas intrínsecas asociadas con la utilización de sistemas de lentes de enfoque y de zoom con grupos móviles de lentes. En particular, tener unos grupos móviles de zoom implica la necesidad de piezas móviles mecánicamente complejas. Cada grupo móvil de lentes requiere unas estructuras de soporte y mecánica de impulsión, tal como levas y motores, y, en algunos casos, electrónica de control para facilitar los movimientos. Esta complejidad de sistema puede añadir tamaño, peso y coste y puede hacer que el funcionamiento de sistema no sea fiable en un periodo de tiempo. Estas desventajas junto con unas limitaciones no deseables, tal como un intervalo limitado de longitudes focales, la incapacidad de enfocar adecuadamente sobre todo el intervalo de longitud focal, la incapacidad de enfocar en objetos cercanos, la falta de prestaciones ópticas adecuadas en todo el intervalo de longitud focal y de distancia de enfoque, están presentes en algunas lentes de zoom anteriormente disponibles que tienen por lo menos dos grupos móviles de lentes de zoom. Se necesita un sistema de lentes de zoom mecánicamente menos complejo pero de altas prestaciones. El documento US 2007/0247727 A1 describe un sistema óptico de zoom que tiene un primer, un segundo y un tercer grupo de lentes.

Compendio

25 Las celdas líquidas de lente comprenden dos o más fluidos en una cámara. Los fluidos contactan para formar una superficie que es variable, por ejemplo, mediante unos nodos eléctricos. Un fluido puede ser, por ejemplo, uno o más gases, uno o más líquidos, o una mezcla de uno o más sólidos y uno o más líquidos. La utilización de celdas líquidas de lente para reemplazar uno o más grupos móviles de lentes tiene como resultado unas opciones adicionales de configuración para el recorrido óptico. Reemplazar los grupos móviles de lentes con celdas líquidas de lente tiene como resultado un sistema más compacto. Sin embargo, un diseño óptico lineal puede tener como resultado una lente que es más larga que lo deseado. El uso de celdas líquidas de lente en lugar de un grupo móvil facilita el uso de elementos ópticos tales como unos dobleces para reducir la longitud física de una lente. Aunque la longitud total del recorrido óptico a través de la lente pueda permanecer igual, las celdas líquidas de lente proporcionan un espacio estratégico para la redirección del eje de radiación que reduce la longitud en una o más direcciones. Esto permite longitudes totales más largas de lente para utilizar en paquetes más pequeños de cámara. Por ejemplo, muchas cámaras de apuntar y disparar y cámaras de teléfono móvil no tienen gran cantidad de espacio para una lente grande. La utilización de celdas líquidas en combinación con unos dobleces o la redirección del eje de radiación permite mejores sistemas de lentes en estos pequeños paquetes de cámara. Las cámaras más grande también pueden beneficiarse de reducir la longitud de paquete de cámara que sería necesario para un sistema de lentes que no dirige el eje de radiación.

40 Debe entenderse que las realizaciones descritas en esta memoria tienen una finalidad explicativa, y el alcance de la invención no se limita a las realizaciones descritas.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de una cámara.

La FIG. 2 es un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos.

45 Las FIGS. 3A y 3B son unos diagramas ópticos de la celda líquida del sistema de lentes de zoom de la FIG. 2 que muestra la forma de superficie entre los líquidos.

Las FIGS. 4A, 4B y 4C son unos diagramas ópticos del sistema de lentes de zoom de la FIG. 2 que ilustran unas posiciones diferentes de los grupos de lentes de zoom y las formas de superficie entre los líquidos para producir diferentes distancias focales y longitudes de enfoque.

50 Las FIGS. 5A, 5B y 5C son unos diagramas de prestaciones de la función de transferencia de modulación del sistema de lentes de zoom de las FIGS. 4A, 4B y 4C.

La FIG. 6 es un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos y un único doblez.

La FIG. 7 es un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos y dos dobleces.

Las FIGS. 8A y 8B son unos diagramas ópticos de un sistema de lentes de zoom con unos dobleces que ilustran diferentes posiciones del grupo de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos.

5 Las FIGS. 9A, 9B y 9C son unos diagramas ópticos de un sistema de lentes de zoom que ilustran la redirección del eje de radiación con diferentes posiciones del grupo de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos para producir diferentes distancias focales y longitudes de enfoque.

Descripción detallada

10 En la siguiente descripción de unas realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos acompañantes, que forman parte de la misma, y en los que a modo de ilustración se muestran unas realizaciones específicas en las que puede ponerse en práctica la invención. Se ha de entender que pueden utilizarse otras realizaciones y pueden hacerse cambios estructurales sin salir del alcance de la invención.

15 La solicitud de patente provisional de patente de EE.UU. nº 60/783.338 presentada el 8 de octubre de 2007 y con título "Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus" describe un sistema de lentes de zoom que emplea la óptica líquida para proporcionar funcionalidad de zoom y de enfoque. El uso de la óptica líquida para zoom y enfoque proporciona unas configuraciones alternativas de lente con redirección del eje de radiación. Primero se describe un ejemplo de sistema de lentes de zoom que emplea óptica líquida para proporcionar funcionalidad de zoom y de enfoque, seguido de unas realizaciones que emplean redirección del eje de radiación.

Óptica líquida en un sistema de lentes de zoom

20 La FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques de una cámara 100 con una lente de zoom 102. Una lente de zoom es un conjunto de elementos de lente con la capacidad de variar la longitud focal. Los elementos individuales de lente pueden estar fijos en un sitio, o deslizarse axialmente a lo largo del cuerpo de la lente. Un grupo de lentes puede consistir en uno o más elementos de lente. Por lo menos un grupo móvil de lentes proporciona variación de la ampliación de un objeto. Cuando el por lo menos un grupo de lentes se mueve para lograr ampliación, también puede moverse la posición del plano focal. Por lo menos otro grupo móvil de lentes puede moverse para compensar el movimiento del plano focal para mantener una posición constante de plano focal. La compensación para el movimiento del plano focal también puede conseguirse mecánicamente moviendo el conjunto completo de lentes a medida que cambia la ampliación de la lente.

30 Los elementos individuales de lente pueden construirse de materiales de fase sólida, tal como vidrio, plástico, cristalino o materiales semiconductores, o pueden construirse utilizando materiales líquidos o gaseosos, tales como agua o aceite. El espacio entre los elementos de lente podría contener uno o más gases. Por ejemplo podría utilizarse aire normal, nitrógeno o helio. Como alternativa el espacio entre los elementos de lente podría ser un vacío. Cuando se utiliza "Aire" en esta descripción, se ha de entender que se utiliza en un sentido amplio y puede incluir uno o más gases, o un vacío.

35 Una lente de zoom a menudo tiene tres o más grupos móviles de lentes para lograr las funciones de zoom y de enfoque. Una leva mecánica puede ligar dos grupos móviles de lente para realizar zoom, y un tercer grupo móvil de lentes puede utilizarse para el enfoque.

40 El alcance de zoom se determina en parte por el alcance de movimiento de los elementos móviles de lente. Alcances más grandes de zoom requieren un espacio adicional para el movimiento de los elementos de lente. Uno o más de los grupos móviles de lentes pueden ser reemplazados por un grupo de lentes que implementa tecnología de celda líquida. Dado que las celdas líquidas no requieren espacio para el movimiento axial, puede reducirse la longitud del diseño de lente que contiene los grupos móviles de lente. Como alternativa, el espacio que se habría utilizado para el movimiento axial de los grupos móviles de lentes puede utilizarse para incluir elementos o dobleces ópticos adicionales. Aunque una celda líquida no requiera espacio para el movimiento, puede formar parte de un grupo móvil de lentes.

45 Una celda líquida puede utilizarse a la vez para zoom y para enfoque. En una realización, se utiliza un grupo móvil de lentes con un grupo de lentes que implementa la tecnología de celda líquida. No hay necesidad de una leva mecánica con un grupo móvil de lentes. Al no tener una leva se permiten movimientos adicionales.

50 Se utiliza uno o más grupos móviles de lente con una o más celdas líquidas para conseguir zoom y enfoque. Un único grupo móvil de lentes y una única celda líquida pueden realizar a la vez zoom, enfoque y compensación para efectos térmicos. En una implementación, un sistema de lentes de zoom tiene por lo menos un primer y un segundo grupo de lentes. El primer grupo de lentes tiene una potencia relativamente alta, y el segundo grupo de lentes tiene una potencia relativamente baja, la potencia de lente es equivalente a la inversa de la longitud focal de la lente. El primer grupo de lentes comprende vidrio convencional u otras lentes sólidas y el segundo grupo de lentes comprende por lo menos una lente líquida.

Una celda líquida utiliza dos o más líquidos para formar una lente. La longitud focal de la lente es determinada parcialmente por el ángulo de contacto entre los líquidos y la diferencia en el índice de refracción de los líquidos. El intervalo de variación de potencia está limitado por la diferencia en el índice de refracción de los líquidos empleados y el intervalo finito de radio de curvatura en la interfaz de superficie entre los líquidos debido a limitaciones de espacio. La solicitud de patente de EE.UU. n° de publicación 2006/0126190 describe una lente que emplea la deformación de una gota de líquido a través *electrowetting* (cambio de propiedades de humectación mediante un campo eléctrico).

Los sistemas actualmente contemplados de lentes líquidas tendrán una diferencia en el índice de refracción de por lo menos aproximadamente 0,2, preferiblemente por lo menos aproximadamente 0,3, y en algunas realizaciones por lo menos aproximadamente 0,4. El agua tiene un índice de refracción de aproximadamente 1,3, y añadir sal puede permitir la variación del índice de refracción a aproximadamente 1,48. Los aceites ópticos adecuados pueden tener un índice de refracción de por lo menos aproximadamente 1,5. Incluso utilizando líquidos con índices de refracción más altos, más bajos o más altos y más bajos, por ejemplo un aceite con índice de refracción más alto, el intervalo de variación de potencia sigue siendo limitado. Este intervalo limitado de variación de potencia proporciona usualmente menos cambio de ampliación que el de un grupo móvil de lentes. Por lo tanto, en un sistema simple de lentes de zoom, para proporcionar zoom mientras se mantiene una posición constante de plano de imagen la mayor parte del cambio de ampliación puede ser proporcionado por un grupo móvil de lentes y la mayor parte de la compensación de desenfoque en el plano de imagen durante el cambio de ampliación puede ser proporcionado por una celda líquida. Sin embargo, cabe señalar que pueden utilizarse más grupos móviles de lentes o más celdas líquidas, o las dos cosas.

El grupo móvil de lentes puede tener una potencia positiva o negativa. La celda líquida puede tener un intervalo de la potencia variable en el que la potencia es siempre positiva, siempre negativa o va de positiva a negativa, o viceversa. La disposición apropiada del grupo móvil de lentes y la celda líquida proporciona una relación ampliada de zoom de más de x2 y preferiblemente más de x3 mientras ofrece una buena calidad de imagen en todo el intervalo de zoom. La disposición, además de zoom, también puede proporcionar enfoque a diferentes distancias de objeto en un intervalo de enfoque ampliado mediante la utilización de variación de potencia disponible adicional de la celda líquida, el grupo móvil de lentes o los dos. Esta variación adicional de potencia proporcionada por la celda líquida o el grupo móvil de lentes o por ambos para enfocar es fácilmente disponible. Dado que un grupo móvil de lentes no requiere necesariamente una leva con un lugar geométrico fijo de movimiento, la posición del grupo móvil de zoom puede ajustarse para el zoom y para el enfoque. Al utilizar el grupo móvil de lentes de zoom y la celda líquida para zoom y enfoque se consigue una obtención de imágenes de altas prestaciones.

También es posible reemplazar el grupo móvil de lentes de zoom con por lo menos una celda líquida. Esto aumentaría la complejidad del sistema óptico y podría hacer que el sistema óptico tenga otras desventajas, tal como un reducido cambio de ampliación.

La FIG. 1 también ilustra un módulo 104 de control de lente que controla el movimiento y el funcionamiento de los grupos de lentes en la lente 102. El módulo de control 104 incluye una red de circuitos electrónicos que controla el radio de curvatura en la celda líquida de lente. La red de circuitos electrónicos también puede controlar la posición del grupo móvil de lentes. Pueden determinarse por adelantado niveles apropiados de señal electrónica para diversas posiciones de enfoque y posiciones de zoom y colocarse en una tabla de consulta. Como alternativa, la red de circuitos analógicos o una combinación de red de circuitos y una tabla de consulta pueden generar los niveles apropiados de señal. En una realización, se utiliza un polinomio para determinar los niveles apropiados de señal electrónica. Los puntos a lo largo del polinomio podrían almacenarse en una tabla de consulta o el polinomio podría implementarse con una red de circuitos.

También pueden considerarse los efectos térmicos en el control del radio de curvatura de la superficie entre los líquidos o la posición de grupos móviles de lentes o los dos. El polinomio o la tabla de consulta pueden incluir una variable adicional relacionada con los efectos térmicos.

El módulo de control 104 puede incluir unos controles preestablecidos para ajustes de zoom o longitudes focales específicos. Estos ajustes pueden ser almacenados por el usuario o por el fabricante de la cámara.

La FIG. 1 ilustra además un módulo 106 de captura de imagen que recibe una imagen óptica que corresponde a un objeto externo. La imagen es transmitida a lo largo de un eje óptico a través de la lente 102 al módulo 106 de captura de imagen. El módulo 106 de captura de imagen puede utilizar una variedad de formatos, tal como película (p. ej. película de carrete o película de fotografía), o la tecnología electrónica de detección de imagen (p. ej., una distribución de CCD, un dispositivo de CMOS o circuito de captación de vídeo). El eje óptico puede ser lineal, o puede incluir unos dobleces u otra redirección del eje de radiación. Debe entenderse que un doblez tal como se emplea en esta memoria está pensado para interpretarse ampliamente. Hay diversos elementos ópticos disponibles que redirigen el eje de radiación, y el alcance de la invención no debe limitarse a un tipo específico de elemento óptico.

El módulo 108 de almacenamiento de imágenes mantiene la imagen capturada en, por ejemplo, memoria a bordo o en película, cinta o disco. En una realización, el medio de almacenamiento es removible (p. ej., memoria flash, bote de película, cartucho de cinta o disco).

5 El módulo 110 de transferencia de imágenes proporciona la transferencia de la imagen capturada a otros dispositivos. Por ejemplo, el módulo 110 de transferencia de imagen puede utilizar una o diversas conexiones, tal como un puerto USB, conexión multimedia IEEE 1394, puerto Ethernet, conexión inalámbrica Bluetooth, conexión inalámbrica IEEE 802.11, conexión de vídeo de componentes o conexión S-VIDEO.

La cámara 100 puede implementarse de diversas maneras, tal como una videocámara, una cámara de teléfono móvil, una cámara fotográfica digital o una cámara cinematográfica.

10 Ahora se describirá una realización de una lente de zoom por medio de un ejemplo de diseño. Haciendo referencia primero a la FIG. 2, cada elemento de lente se identifica con la letra "E" seguida por un número de 1 a 20 y se representa la configuración general de cada elemento de lente, pero el radio verdadero de cada superficie de lente se presenta más adelante en la TABLA 1. Las superficies de lente, objeto, parada o iris e imagen se identifican con un número de 1 a 36. Los tres grupos de lente se identifican en la FIG. 2 con la letra "G" seguida de un número de 1 a 3 y la celda líquida de lente se identifica con las letras "LC" y comprende unas superficies ópticas 19 a 23. El eje óptico se identifica en la FIG. 2 con un número 38.

20 Cada elemento de lente tiene sus superficies opuestas identificadas por un número separado pero consecutivo de superficie, como por ejemplo el elemento de lente E1 tiene unas superficies de lente 2 y 3, el elemento de lente E9 tiene unas superficies de lente 17 y 18 y así sucesivamente, como se muestra en la FIG. 2. La ubicación del objeto del que se va a obtener una imagen, particularmente en su relación con la distancia de enfoque, se identifica mediante una línea vertical y el número 1 en el eje óptico 38 y la superficie verdadera de imagen se identifica con el número 36. Todas las superficies de lente son esféricas o plano excepto las superficies de lente 4 y 8 que son superficies asféricas que son no-esféricas, no-plano pero rotacionalmente simétricas alrededor del eje óptico.

25 Antes de describir las características detalladas de los elementos de lente, para el sistema de lentes de zoom 60 se dará una amplia descripción de los grupos de lentes y sus posiciones y movimiento axiales, y, la celda líquida de lente y la variación de la forma de superficie de los líquidos de contacto.

30 La potencia positiva o negativa de cada grupo de lentes se definen como el inverso de la longitud focal. La potencia óptica resultante de cada grupo de lentes es de la siguiente manera: el grupo de lentes de objetivo G1 es positiva, el grupo de lentes de zoom G2 es negativa y el grupo de lentes traseras G3 es positiva, desde un valor positivo más bajo a un valor positivo más alto a medida que se varía la forma de la superficie en la celda líquida. La flecha horizontal con puntas de flechas en ambos extremos en la parte superior de la FIG. 2 indica que el grupo de lentes de zoom G2 es movable en ambos sentidos axiales.

35 Si bien en la FIG. 2 sólo se muestran físicamente los elementos de lente, se ha de entender que se proporcionan unos dispositivos y unos mecanismos mecánicos para soportar los elementos de lente y para provocar un movimiento axial del grupo de lentes de zoom en un alojamiento o tubo portante. Además, se ha de entender que la red de circuitos electrónicos cambia el perfil de la superficie óptica con forma variable en la celda líquida de lente.

40 En la TABLA 1 más adelante se presenta la construcción de lente y los datos de fabricación para el sistema descrito antes 60 de lentes de zoom. Los datos en la TABLA 1 se dan a una temperatura de 25 °C (77 °F) y presión atmosférica estándar (760 mm Hg). En toda esta memoria descriptiva las mediciones están en milímetros (mm) a excepción de las longitudes de onda que están en nanómetros (nm). En la TABLA 1, la primera columna "Artículo" de columna identifica cada elemento óptico y cada ubicación, es decir plano de objeto, plano de imagen, etc., con el mismo número o etiqueta que se utiliza en la FIG. 2. La segunda columna identifica el "Grupo" al que pertenece ese elemento óptico (lente) con los mismos números utilizados en la FIG. 2. La tercera columna "Superficie" es una lista de los números de superficie del objeto (línea "1" en la FIG. 2 y se "Objeto" en la TABLA 1), la Parada (iris) 13 y cada una de las superficies verdaderas de las lentes, como se identifica en la FIG. 2. La cuarta columna "Posición de enfoque" identifica tres posiciones típicas de enfoque (F1, F2 y F3) para el sistema de lentes de zoom 60 en donde hay cambios en la distancia (separación) entre algunas de las superficies enumeradas en la tercera columna y hay cambios en el radio de curvatura de la superficie 21 enumerada en la tercera columna, como se describe más adelante más completamente. La quinta columna "Separación" es la distancia axial entre esa superficie (tercera columna) y la siguiente superficie. Por ejemplo, la distancia entre la superficie S2 y la superficie S3 es de 1,725 mm.

55 La sexta columna, con la leyenda "Radio de curvatura", es una lista de radios de curvatura de superficie óptica para cada superficie, con un signo menos (-) que significa que el centro del radio de curvatura está a la izquierda de la superficie, como se ve en la FIG. 2 e "infinito" que significa una superficie ópticamente plana. El asterisco (*) para las superficies 4 y 8 indica que éstas son unas superficies asféricas para las que el "radio de curvatura" es un radio de base. El uso de superficies asféricas permite la corrección de aberraciones en la lente de zoom al tiempo que permite un tamaño total más pequeño y una configuración más simple. La fórmula y los coeficientes para los perfiles de superficie de las superficies asféricas 4 y 8 están regidos por la ecuación siguiente:

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + \kappa)c^2 y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

donde:

c = curvatura (c=1/r donde r es el radio de curvatura)

5 y = altura de apertura radial de la superficie medida desde el eje X y el Y, donde:

$$y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

κ = coeficiente de conicidad

A, B, C, D, E, F = los coeficientes de deformación de orden 4°, 6°, 8°, 10°, 12° y 14°, respectivamente

10 z = posición de un perfil de superficie para un valor y dado o medido a lo largo del eje óptico desde el polo (es decir, vértice axial) de la superficie

Los coeficientes para la superficie 4 son:

$$\kappa = -0,6372$$

$$A = +0,9038 \times 10^{-6}$$

$$B = +0,2657 \times 10^{-8}$$

15 $C = -0,1105 \times 10^{-10}$

$$D = +0,4301 \times 10^{-13}$$

$$E = -0,8236 \times 10^{-16}$$

$$F = +0,6368 \times 10^{-19}$$

Los coeficientes para la superficie 8 son:

20 $\kappa = +0,0000$

$$A = +0,5886 \times 10^{-4}$$

$$B = -0,5899 \times 10^{-6}$$

$$C = +0,8635 \times 10^{-8}$$

$$D = -0,5189 \times 10^{-10}$$

25 $E = -0,1186 \times 10^{-11}$

$$F = +0,1631 \times 10^{-13}$$

Las columnas siete a nueve de la TABLA 1 están relacionadas con el "Material" entre esa superficie (tercera columna) y la siguiente superficie a la derecha en la FIG. 2, la columna "Tipo" indica si hay una lente (Vidrio) o espacio vacío (Aire) o lente líquida (Líquido) entre esas dos superficies. Las lentes de vidrio y de líquido se identifican por vidrio o líquido ópticos en la columna "Código". Por conveniencia, todo el cristal de lente se ha seleccionado del cristal disponible de Ohara Corporation y la columna "Nombre" enumera la identificación de Ohara para cada tipo cristal, pero se ha de entender que puede utilizarse cualquier cristal equivalente, similar o adecuado. Además, el líquido de lente de aceite se ha seleccionado de un líquido disponible de Cargille Laboratories, Inc. y el agua está comúnmente disponible en varias fuentes, pero se ha de entender que puede utilizarse cualquier líquido equivalente, similar o adecuado. El líquido de agua en la superficie 20 tiene los siguientes índices refractivos 1,331152, 1,332987, 1,334468 y 1,337129 en las respectivas longitudes de onda 656,27, 589,29, 546,07 y 486,13 nanómetros. El líquido de aceite en la superficie 21 tiene los siguientes índices refractivos 1,511501, 1,515000, 1,518002 y 1,523796 en las respectivas longitudes de onda 656,27, 589,29, 546,07 y 486,13 nanómetros.

40 La última columna de la TABLA 1 titulada "Diámetro de apertura" proporciona el diámetro máximo para cada superficie a través de la que pasan los rayos de luz. Todos los diámetros máximos de apertura, excepto para la

ES 2 528 124 T3

5 superficie 13 de parada, se dan a una longitud de onda de 546,1 nanómetros para un diámetro máximo de imagen de aproximadamente 6 mm y números F de F/2.8 a F/4.0 en el Plano de imagen, para todas las Posiciones de zoom y de enfoque. El diámetro máximo de apertura de la superficie 13 de Parada se da en la TABLA 1 a una longitud de onda de 546,1 nanómetros y un número F de F/2.8 en el Plano de imagen para la Posición de zoom Z1 y la Posición de enfoque F1. En el Plano de imagen 36, el Diámetro máximo de apertura se da como un valor aproximado.

TABLA 1

| | | <u>Prescripción óptica</u> | | | | | | | |
|---------------|-------|----------------------------|---------------------|------------|-------------------------|----------|--------|----------|---------------------------|
| Artículo | Grupo | Superficie | Posición de enfoque | Separación | Radio de curvatura (mm) | Material | | | Diámetro de apertura (mm) |
| | | | | | | Tipo | Nombre | Código | |
| Objeto | | 1 | F1 | Infinito | Infinito | Aire | | | |
| | | | F2 | 1016,2500 | | | | | |
| | | | F3 | 378,7500 | | | | | |
| E1 | G1 | 2 | Todos | 1,7250 | 59,1716 | Vidrio | SLAM66 | 801350 | 37,161 |
| | | 3 | Todos | 0,0750 | 34,5954 | Aire | | | 35,567 |
| E2 | G1 | 4 | Todos | 6,7565 | *33,0488 | Vidrio | SFPL51 | 497816 | 35,618 |
| | | 5 | Todos | 0,0750 | 2758,9929 | Aire | | | 35,182 |
| E3 | G1 | 6 | Todos | 5,8657 | 32,7151 | Vidrio | SFPL53 | 439950 | 33,680 |
| | | 7 | F1 | TABLA 2 | -2981,4301 | Aire | | | 33,034 |
| | | | F2 | TABLA 2 | | | | | |
| | | | F3 | TABLA 2 | | | | | |
| E4 | G2 | 8 | Todos | 0,7652 | *461,6464 | Vidrio | SLAH64 | 788474 | 14,273 |
| | | 9 | Todos | 3,8333 | 8,3339 | Aire | | | 11,605 |
| E5 | G2 | 10 | Todos | 2,6582 | -12,6370 | Vidrio | SFPL53 | 439950 | 11,587 |
| E6 | G2 | 11 | Todos | 3,2165 | 18,1883 | Vidrio | SLAM66 | 801350 | 12,383 |
| | | 12 | F1 | TABLA 3 | -55,4718 | Aire | | | 12,337 |
| | | | F2 | TABLA 3 | | | | | |
| | | | F3 | TABLA 3 | | | | | |
| Parada / Iris | G3 | 13 | Todos | 0,6371 | Infinito | | | | 6,708 |
| E7 | G3 | 14 | Todos | 5,7168 | -26,3844 | Vidrio | SLAH65 | 804466 | 6,757 |
| E8 | G3 | 15 | Todos | 2,6250 | 9,3177 | Vidrio | STIH53 | 847238 | 8,304 |
| | | 16 | Todos | 0,8432 | -16,3366 | Aire | | | 8,533 |
| E9 | G3 | 17 | Todos | 2,5647 | -9,2859 | Vidrio | SLAH58 | 883408 | 8,508 |
| | | 18 | Todos | 2,2767 | -11,1961 | Aire | | | 9,665 |
| E10 | G3 | 19 | Todos | 0,4500 | Infinito | Vidrio | SBSL7 | 516641 | 10,151 |
| E11 | G3 | 20 | Todos | 1,5000 | Infinito | Líquido | AGUA | | 10,201 |
| E12 | G3 | 21 | F1 | 1,5000 | TABLA 4 | Líquido | ACEITE | T300 | 10,367 |
| | | | F2 | | TABLA 4 | | | 04091-AB | |
| | | | F3 | | TABLA 4 | | | | |
| E13 | G3 | 22 | Todos | 0,4500 | Infinito | Vidrio | SBSL7 | 516641 | 10,584 |

ES 2 528 124 T3

| <u>Prescripción óptica</u> | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|------------|---------------------|---------|-------------------------|----------|--------|--------|---------------------------|
| Artículo | Grupo | Superficie | Posición de enfoque | | Radio de curvatura (mm) | Material | | | Diámetro de apertura (mm) |
| | | | Separación | | | Tipo | Nombre | Código | |
| | | 23 | Todos | 0,0750 | Infinito | Aire | | | 10,642 |
| E14 | G3 | 24 | Todos | 3,1583 | 120,2680 | Vidrio | SLAH65 | 804466 | 10,680 |
| E15 | G3 | 25 | Todos | 0,6000 | -7,2241 | Vidrio | STIH10 | 728285 | 10,724 |
| | | 26 | Todos | 0,0750 | 13,8153 | Aire | | | 10,634 |
| E16 | G3 | 27 | Todos | 3,0844 | 13,7118 | Vidrio | SBSM10 | 623570 | 10,696 |
| | | 28 | Todos | 0,3424 | -11,1618 | Aire | | | 10,713 |
| E17 | G3 | 29 | Todos | 0,6000 | -9,5071 | Vidrio | STIH13 | 741278 | 10,652 |
| | | 30 | Todos | 0,0750 | 68,8748 | Aire | | | 11,180 |
| E18 | G3 | 31 | Todos | 1,7063 | 18,2078 | Vidrio | SLAL13 | 694532 | 11,589 |
| | | 32 | Todos | 26,6908 | -115,6915 | Aire | | | 11,592 |
| E19 | G3 | 33 | Todos | 3,1085 | 10,2784 | Vidrio | SNPH1 | 808228 | 9,888 |
| E20 | G3 | 34 | Todos | 2,7193 | -9,9003 | Vidrio | SLAH58 | 883408 | 9,581 |
| | | 35 | Todos | 2,6192 | 58,0014 | Aire | | | 7,805 |
| Imagen | | 36 | Todos | 0,0000 | Infinito | Aire | | | 6,008 |

5 El sistema de lentes de zoom 60 está provisto de una parada óptica en la superficie 13 que controla el diámetro de la apertura a través de la que pueden pasar los rayos de luz en ese punto. La parada óptica es la ubicación en la que se ubica un iris físico (o diafragma). El iris se ubica antes del grupo de lentes traseras G3 y es axialmente estacionario con ese grupo de lentes. Obsérvese que en la FIG. 4A, los rayos de borde pasan a través del lado de eje de las marcas de tic de la superficie óptica de parada 13 de tal manera que el sistema de lentes de zoom no tenga viñeteado de los haces de luz en ninguna posición de campo, posición de zoom o posición de enfoque. Sin embargo, obsérvese que el número F varía por las posiciones de zoom y de enfoque y el iris se abre o se cierra en consecuencia. El diámetro del iris en las posiciones de zoom Z1-Z8 para la posición de enfoque F1 es 6,71, 6,39, 10 5,96, 5,53, 5,18, 4,84, 4,63 y 4,61. Esto muestra que el iris ubicado en 13 debe cerrarse cuando la longitud focal aumenta. En comparación con la posición de enfoque F1, el diámetro del iris en las posiciones de zoom Z1-Z8 para las posiciones de enfoque F2 y F3 cambia una pequeña cantidad de menos de 0,3 mm de diámetro para mantener los mismos números F que para la posición de enfoque F1.

15 Haciendo referencia a la TABLA 1, para ilustrar el alcance y la flexibilidad del diseño hay ocho Posiciones de zoom diferentes Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7 y Z8 y tres Posiciones de enfoque diferentes F1, F2 y F3 presentadas en los datos que, de hecho, proporcionan los datos específicos para veinticuatro (8 x 3= 24) combinaciones diferentes de posiciones para el grupo móvil de lentes de zoom G2 y la superficie óptica de forma variable 21.

20 Las longitudes focales del sistema de lentes de zoom 60 para las posiciones de zoom Z1-Z8 en la posición de enfoque F1, en una longitud de onda de 546,1 nanómetros son; 5,89, 7,50, 11,25, 15,00, 18,75, 30,00, 41,25 y 45,00 mm, respectivamente. Los correspondientes números F para las longitudes focales para posiciones de datos Z1-Z8, en una longitud de onda de 546,1 nanómetros son; 2,80, 2,90, 3,05, 3,25, 3,45, 3,70, 3,95 y 4,00, respectivamente.

25 Para la Posición de enfoque F1 se asume que el Plano de objeto 1 está en el infinito, para F2 el Plano de objeto 1 está a una distancia intermedia de aproximadamente 1016,25 mm, y para F3 el Plano de objeto 1 está a distancia cercana de aproximadamente 378,75 mm (es decir, 378,75 mm alejada del plano de imagen). En cada una de estas tres Posiciones de enfoque F1, F2 y F3, los grupos de lentes G1 y G3 permanecen en la misma posición en todo el alcance de movimiento del grupo de zoom G2. Las TABLAS 2 y 3 proporcionan valores de separación de las superficies 7 y 12 y la TABLA 4 proporciona los radios de curvatura de la superficie 21 para las posiciones de zoom Z1-Z8 y F1-F3.

TABLA 2

Valores de separación para la Superficie 7

| Superficie | Enfoque | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Z6 | Z7 | Z8 |
|------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 7 | F1 | 0,0832 | 5,7132 | 13,7126 | 18,4633 | 21,6974 | 27,4007 | 30,5400 | 31,3096 |
| 7 | F2 | 0,0902 | 5,7486 | 13,6468 | 18,3289 | 21,5154 | 27,0776 | 30,0174 | 30,7361 |
| 7 | F3 | 0,0750 | 5,6942 | 13,4674 | 18,1217 | 21,3355 | 26,7467 | 29,5798 | 30,2701 |

TABLA 3

Valores de separación para la Superficie 12

| Superficie | Enfoque | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Z6 | Z7 | Z8 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 12 | F1 | 31,5294 | 25,8992 | 17,8996 | 13,1486 | 9,9140 | 4,2101 | 1,0701 | 0,3000 |
| 12 | F2 | 31,5178 | 25,8581 | 17,9590 | 13,2762 | 10,0892 | 4,5268 | 1,5870 | 0,8729 |
| 12 | F3 | 31,5324 | 25,9120 | 18,1380 | 13,4831 | 10,2689 | 4,8577 | 2,0248 | 1,3384 |

TABLA 4

Radios de curvatura para la Superficie 21

| Superficie | Enfoque | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Z6 | Z7 | Z8 |
|------------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 21 | F1 | -33,9902 | -40,9700 | -60,9667 | -84,8892 | -106,7630 | -101,7297 | -58,3998 | -48,6792 |
| 21 | F2 | -34,3890 | -42,0587 | -65,5384 | -101,1799 | -154,9184 | -370,2777 | -263,5374 | -212,3139 |
| 21 | F3 | -35,0134 | -43,6001 | -72,6330 | -133,7178 | -351,2333 | 214,4454 | 125,5481 | 115,8049 |

- 5 Se entenderá que hay disponible un enfoque continuo entre las posiciones de enfoque F1 y F3, que hay disponible un zoom continuo entre las posiciones de zoom Z1 y Z8, y que hay disponible cualquier combinación de enfoque y zoom continuos dentro de los intervalos descritos de enfoque y de zoom con el sistema de lentes 60.

10 El sistema de lentes de zoom 60 mostrado en la FIG. 2 y prescrito en la TABLA 1 tiene unas longitudes focales para los grupos de lentes G1 y G2 de 54,30 y mm -12,25 respectivamente. También, el grupo de lentes G3, debido a la forma variable de la superficie óptica 21 entre los líquidos, tiene una longitud focal variable que tiene un valor mínimo de +30,18 mm y un valor máximo de +38,97 mm en la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F1, y, la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3 respectivamente. La celda líquida LC del sistema de lentes de zoom 60 se muestra en la FIGS. 3A y 3B, demostrando los dos radios extremos de curvatura a partir de la TABLA 1 de la superficie óptica de forma variable 21 entre los líquidos. En las FIGS. 3A y 3B los dos radios de curvatura de la superficie 21 son de aproximadamente -33,99 y mm +115,80 respectivamente. Las dos longitudes focales extremas de la celda líquida LC, en las FIGS. 3A y 3B, son -185,20 y 630,97 mm respectivamente. Esta diferencia sucede en la posición de zoom Z1 y posición de enfoque F1, y en la posición de zoom Z8 y posición de enfoque F3. En esta realización el volumen de los dos líquidos entre las superficies 20, 21 y 22 varía a medida que cambia la forma de las superficies variables. Sin embargo, también es posible mantener un volumen constante para cada líquido aplicando unos cambios pequeños, iguales pero opuestos, a la separación axial entre las superficies 20, 21 y 22.

15 Haciendo referencia ahora a las FIGS. 4A, 4B y 4C, se muestra el sistema de lentes de zoom 60 con el grupo de lentes de zoom en diversas posiciones, la forma de la superficie variable en la celda líquida en diversas posiciones y con trazas de rayo de luz para esas posiciones. La FIG. 4A representa la posición de enfoque F1 y la posición de zoom Z1 para las que los datos se presentan antes en la TABLA 1 con enfoque infinito y una pequeña longitud focal de aproximadamente 5,9 mm. La FIG. 4B representa la posición de enfoque F2 y posición de zoom Z3 de la TABLA 1 con un enfoque intermedio y una longitud focal de aproximadamente 11,3 mm. La FIG. 4C representa la posición de enfoque F3 y posición de zoom Z8 de la TABLA 1 con enfoque cercano y una longitud focal de aproximadamente 44,8 mm.

Las FIGS. 4A, 4B y 4C muestran tres ubicaciones axiales del grupo de lentes de zoom G2 con unas correspondientes tres formas de superficie para la superficie óptica variable 21 para las respectivas posiciones de zoom y de enfoque; Z1, F1 y Z3, F2 y Z8, F3.

5 Las prestaciones ópticas del sistema de lentes de zoom 60 se dan en las FIGS. 5A, 5B y 5C en donde los datos (modulación versus frecuencia espacial) de función de transferencia de modulación (“MTF”, *modulation transfer function*) policromática basada en difracción se muestran en porcentaje (%) para cinco Posiciones de Campo diferentes en tres combinaciones diferentes de las posiciones de zoom y de enfoque presentadas en la TABLA 1, a saber (Z1, F1), (Z3, F2) y (Z8, F3) que son unos ejemplos representativos. Las Posiciones de Campo se presentan en dos valores, la altura de imagen normalizada (mm) y el ángulo espacial verdadero de objetivo (grado) desde el eje óptico. Los porcentajes de MTF son en las longitudes de onda y ponderaciones presentadas en la esquina superior derecha de las FIGS. 5A, 5B y 5C y se muestran gráficamente para direcciones de medición tangencial (T) y radial (R) en el plano de imagen 36. Obsérvese que los valores tangenciales y radiales son iguales en la posición de campo axial (EJE) y se representan con sólo un trazado. La frecuencia espacial máxima mostrada es de 90 ciclos/mm que dado el diámetro de imagen de aproximadamente 6 mm y una elección de tamaño de píxel de detector puede proporcionar imágenes de alta calidad por lo menos hasta una resolución de televisión de alta definición (HDTV), es decir 1920 píxeles horizontalmente por 1080 píxeles verticalmente. MTF en una frecuencia espacial es una medición relativamente estándar de las prestaciones ópticas, en donde el valor de “90 ciclos/mm” significa 90 pares de líneas en blanco y negro por milímetro en un gráfico del que se determina la claridad. El valor más alto de MTF es aproximadamente del 89% en el campo totalmente radial para la posición de zoom Z1 y la posición de enfoque F2. El valor más bajo de MTF es aproximadamente del 58% en el campo totalmente tangencial para la posición de zoom Z8 y la posición de enfoque F3. La iluminación relativa mínima es aproximadamente el 75% en la posición de zoom Z1 y posición de enfoque F1. En general, mayores valores relativos de iluminación son mejores, porque un número bajo significa que la luz cae fuera en los rincones de la imagen. Se prefiere una iluminación relativa de campo completo para los detectores del estado de la técnica, que tienen una respuesta constante a la luz en todas las áreas y reproducirán fielmente el sombreado en los rincones de la imagen junto con cambios en la imagen durante el zoom. Una iluminación de menos del 50% puede tener como resultado un sombreado en un detector electrónico, pero probablemente será aceptable para una película. La mayor distorsión positiva es del +3,04% en posición de zoom Z3 y posición de enfoque F1 y la menor distorsión negativa es del -2,98% en posición de zoom Z1 y posición de enfoque F3. El problema denominado “*breathing*” (cambio de longitud focal efectiva (y por tanto el ángulo de visión y factor de ampliación) cuando se enfoca a diferentes distancias) de las lentes en general (pero que puede ser más predominante en las lentes de zoom) en donde la imagen cambia de tamaño de enfoque distante a cercano está virtualmente ausente en el sistema de lentes de zoom 60 en la longitud focal corta del intervalo de zoom en el que es más apreciable debido a la gran profundidad de campo. El *breathing* más bajo es del -0,2% en posición de zoom Z1 y posición de enfoque F3 y el *breathing* más alto es del -19,5% en posición de zoom Z8 y posición de enfoque F3. El *breathing* es el cambio porcentual en el ángulo máximo de campo desde el enfoque infinito a un enfoque seleccionado. Por consiguiente, con un enfoque infinito (F1), el *breathing* es cero porque ese es el campo de visión de referencia.

40 Todos los datos de prestaciones se dan a una temperatura de 25 °C (77 °F), presión atmosférica estándar (760 mm Hg), y en las aperturas completas disponibles en el sistema de lentes de zoom 60. Sin embargo, el sistema de lentes de zoom 60 proporciona unas prestaciones substancialmente constantes, como por ejemplo los valores de MTF, en un intervalo de temperatura de 0 °C a 40 °C (32 °F a 104 °F) y, si es aceptable una pequeña degradación de las prestaciones (MTF), el intervalo de temperatura de funcionamiento puede extenderse de -10 °C a 50 °C (14 °F a 122 °F) o más. Para un cambio de temperatura las prestaciones óptimas pueden conseguirse mediante un ajuste axial adicional del grupo de lentes de zoom G2 o un cambio adicional de la forma de la superficie óptica de contacto 21 o una combinación de ambos juntos. Esto puede suceder en todas las posiciones de zoom y de enfoque. A temperaturas bajas de aproximadamente 0 °C (32 °F) o menos, para evitar la congelación (formando un sólido), puede ser necesario calentar los líquidos o ser reemplazarlos por líquidos dopados de una manera similar al anticongelante que se añade al agua en un radiador de coche para el funcionamiento a baja temperatura. Sin embargo, obsérvese que estos cambios de temperatura de material preferiblemente no deben cambiar significativamente las características ópticas de los líquidos.

Si bien la realización descrita utilizando el sistema de lentes de zoom 60 tiene las dimensiones apropiadas para el uso con un diámetro de 6 mm (denominado sensor de chip de un tercio de pulgada), las dimensiones de este sistema de lentes de zoom pueden aumentarse o disminuirse apropiadamente para el uso con diversos formatos de imagen de detector electrónico y de película.

55 Las celdas líquidas de lente pueden tener un diámetro limitado de apertura clara. Si se utiliza un detector suficientemente pequeño, la celda líquida de lente puede ubicarse cerca del detector. Como alternativa, la celda líquida de lente puede ubicarse cerca de una imagen intermedia en la que la “cintura” del haz de luz es suficientemente estrecha. La celda líquida de lente podría colocarse antes de la imagen intermedia, después de la imagen intermedia, o unas celdas líquidas de lente podrían colocarse antes y después de la imagen intermedia. El efecto de cintura puede suceder cerca de la parada o el iris. Como se muestra en la Tabla 2, el diámetro en el iris es aproximadamente de 6,7 mm. Debido al pequeño diámetro en la parada o el iris, puede ser apropiado colocar una celda líquida de lente en las inmediaciones de la parada o iris.

Entre las muchas ventajas del sistema de lentes de zoom 60 está la de proporcionar zoom en un gran intervalo de longitudes focales utilizando sólo un grupo axialmente móvil de lentes de zoom. El diseño del sistema de lentes de zoom 60 crea un sistema de lentes de altas prestaciones y mecánicamente menos complejo que la mayoría de los sistemas convencionales de lentes de zoom de altas prestaciones que necesitan por lo menos dos grupos axialmente móviles de zoom y la correspondiente mecánica. El diseño único de lente del sistema de lentes de zoom 60 proporciona un enfoque en una gran región grande de distancia de enfoque sin grupos móviles adicionales de lentes y la correspondiente mecánica. El diseño descrito del sistema de lentes de zoom 60 es un ejemplo, y otros diseños entrarán en el alcance de la invención. A los expertos en la técnica se les aparecerán otras características y ventajas del sistema de lentes de zoom 60 a partir de la descripción precedente y de los dibujos acompañantes.

Óptica líquida y redirección del eje de radiación en un sistema de lentes de zoom

La utilización de celdas líquidas de lente para reemplazar uno o más grupos móviles de lentes tiene como resultado unas opciones adicionales de configuración para el recorrido óptico. Reemplazar los grupos móviles de lentes con celdas líquidas de lente tiene como resultado un sistema más compacto. Sin embargo, un diseño óptico lineal puede tener como resultado una lente que es más larga que lo deseado. El uso de celdas líquidas de lente en lugar de un grupo móvil facilita el uso de elementos ópticos tales como unos dobleces para redirigir el eje de radiación para reducir la longitud física de una lente. Aunque la longitud total del recorrido óptico a través de la lente pueda permanecer igual, las celdas líquidas de lente proporcionan un espacio estratégico para dobleces que reducen la longitud en una o más direcciones. Esto permite longitudes totales más largas de lente para utilizar en paquetes más pequeños de cámara. Por ejemplo, muchas cámaras de apuntar y disparar y cámaras de teléfono móvil no tienen gran cantidad de espacio para una lente grande. La utilización de celdas líquidas en combinación con unos dobleces permite mejores sistemas de lentes en estos pequeños paquetes de cámara. Las cámaras más grandes también pueden beneficiarse de reducir la longitud de paquete de cámara que sería necesario para un sistema de lentes que no utiliza dobleces.

La Fig. 6 muestra un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos y un único doblez 41. El uso de líquidos en lugar de grupos móviles de lente reduce los requisitos de espacio y proporciona unas opciones adicionales para la colocación estratégica de espacios de aire para doblar espejos o prismas. Esta figura muestra la colocación de unos dobleces que no interferirán con unos grupos móviles de lentes.

La longitud total del sistema de lentes de zoom 60 puede reducirse con alguna degradación de las prestaciones a menos que se aumente la complejidad óptica tal como si se introducen más elementos de lente y/o superficies esféricas. Sin embargo, puede conseguirse una longitud reducida doblando del sistema de lentes de zoom. La FIG. 6 muestra un solo doblez 41 de 45 grados en el espacio de aire grande en el grupo de lentes traseras G3, para redirigir el recorrido de radiación 90 grados.

La FIG. 7 es un diagrama óptico de un sistema de lentes de zoom que emplea líquidos y dos dobleces. La FIG. 7 muestra dos dobleces 42 y 43 de 45 grados en el espacio de aire grande en el grupo de lentes traseras G3, para redirigir el recorrido de radiación dos veces un total de 180 grados de modo que la radiación tenga el sentido inverso. Esta disposición puede preferirse para el empaquetado del sistema de lentes de zoom 60 en una cámara de vigilancia. También, el sistema de lentes de zoom puede tener una apertura constante de F/2.8 en todas las posiciones de zoom y de enfoque pero para mantener aproximadamente el mismo diámetro de sistema de lentes de zoom, puede producirse un poco de viñeteado. En este caso, puede aparecer algo de degradación de la calidad de imagen pero puede ser corregida parcialmente por re-optimización de la prescripción del sistema de lentes de zoom. El sistema de lentes de zoom puede disponerse de modo que no se produzca viñeteado.

Las FIGS. 8A y 8B son unos diagramas ópticos de un sistema de lentes de zoom que ilustran la redirección del eje de radiación con diferentes posiciones del grupo de lentes de zoom y formas de superficie entre los líquidos. Esta realización es ilustrativa de una distribución alternativa de lentes. La FIG. 8A ilustra una posición de zoom que amplía la imagen a un punto en que las trazas ópticas superan los parámetros del sistema de lentes. Esta realización es ilustrativa de una opción de diseño, y podrían hacerse cambios menores en el diseño para corregir este efecto.

Los dobleces 44 y 45 son substancialmente paralelos, de modo que los rayos de luz que dejan los elementos de lente 50 son substancialmente paralelos a los rayos de luz que entran al sistema de lentes a través de la lente 46. El grupo de lentes 47 permanece fijo, mientras el grupo de lentes 48 se mueve para proporcionar substancialmente zoom. El grupo de lentes 49 comprende una celda líquida de lente que realiza funciones de zoom y de enfoque.

Las FIGS. 9A, 9B y 9C son unos diagramas ópticos de un sistema de lentes de zoom en el que las celdas líquidas de lente y unos dobleces se han colocado estratégicamente para acortar ventajosamente la longitud del sistema de lentes. La luz entra al sistema de lentes a través del grupo de lentes 200. El grupo de lentes 201 se mueve para proporcionar substancialmente zoom. Los rayos de luz pasan a través del iris o de la parada 202 y entran al grupo de lentes 203 que comprende una celda líquida de lente. El doblez 204 dirige la luz a través del grupo de lentes 205, que comprende una celda líquida de lente que tiene una superficie variable 206. Los rayos de luz pasan luego a través del grupo de lentes 207. El doblez 208 redirige los rayos de luz a través del grupo de lentes 209 y hacia un

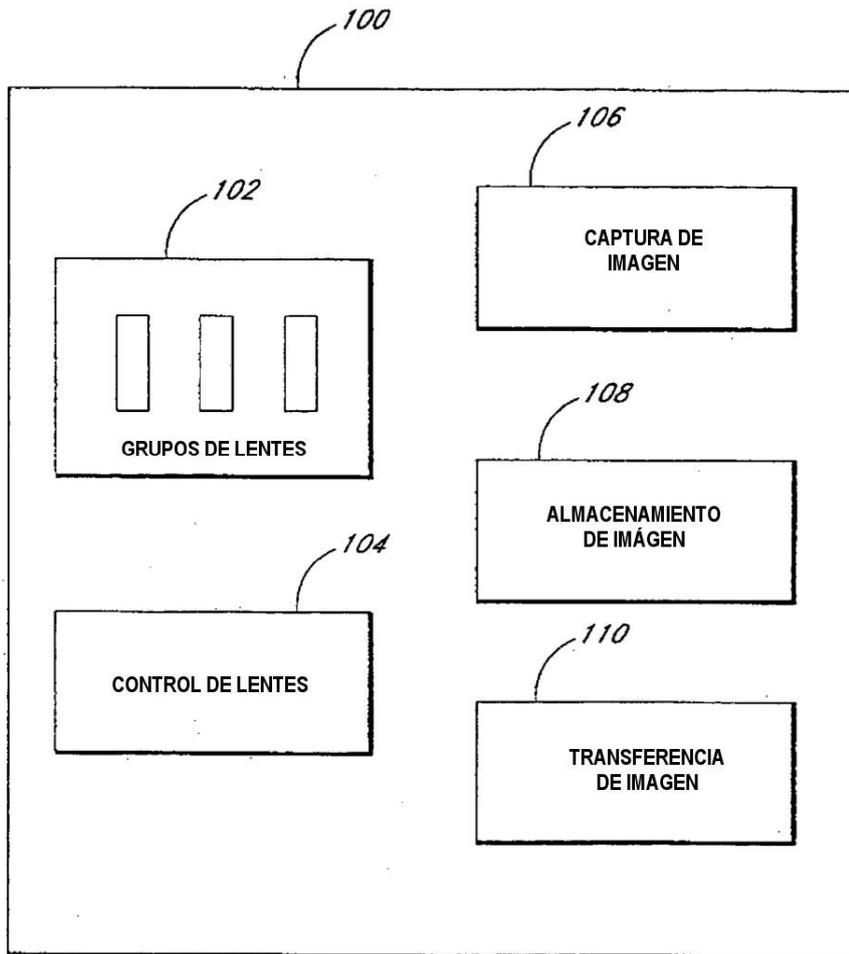
plano de imagen 210. La FIG. 9A ilustra una longitud focal de aproximadamente 6 mm, F/2.8 y enfoque infinito. La FIG. 9B ilustra una longitud focal de aproximadamente 15 mm, F/2.8 y enfoque infinito. La FIG. 9C ilustra una longitud focal de aproximadamente 51 mm, F/2.8 y enfoque infinito.

5 La primera celda líquida de lente en el grupo de lentes 203 tiene un diámetro de apertura clara más grande de aproximadamente 10 mm. La segunda celda líquida de lente en el grupo de lentes 205 tiene un diámetro de apertura clara más grande de aproximadamente 16 mm. Al incluir un flash de cámara para ralentizar la apertura de toma en o cerca de la longitud focal larga, puede ser posible revertir a una celda líquida de lente.

10 Cabe señalar que diversos cambios y modificaciones se harán evidentes para los expertos en la técnica. Se ha de entender que tales cambios y modificaciones se incluyen dentro del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (60) de lentes de zoom, que comprende:
un grupo de lentes de objetivo (G1) que es axialmente estacionario y que tiene un potencia óptica positiva;
5 un grupo axialmente movable de lentes de zoom (G2) colocado en un lado de imagen del grupo de lentes de objetivo (G1);
un grupo axialmente estacionario de lentes traseras (G3) colocado en un lado de imagen del grupo axialmente movable de lentes de zoom, el grupo axialmente estacionario de lentes traseras comprende por lo menos una celda líquida de lente, la por lo menos una celda líquida de lente comprende un primer y un segundo líquido de contacto, una superficie óptica de contacto entre los líquidos de contacto que tiene una forma variable;
- 10 una parada óptica axialmente estacionaria colocada entre el grupo axialmente movable de lentes de zoom y el grupo axialmente estacionario de lentes traseras; y
un elemento óptico que redirige el eje de radiación, el elemento óptico está colocado dentro del grupo axialmente estacionario de lentes traseras (G3);
- 15 en donde el grupo de lentes de objetivo (G1) y el grupo axialmente movable de lentes de zoom (G2) se alinean en un eje óptico común y se disponen para recoger radiación que emana de un espacio de lado de objeto del sistema de lentes de zoom y entrega la radiación a un espacio de lado de imagen.
2. El sistema de lentes de zoom de la reivindicación 1, en donde el elemento óptico que redirige el eje de radiación comprende un espejo.
3. El sistema de lentes de zoom de la reivindicación 1, en donde el elemento óptico que redirige el eje de radiación comprende un prisma.
- 20 4. El sistema de lentes de zoom de la reivindicación 1, en donde el grupo movable de lentes de zoom (G2), una primera parte del grupo axialmente estacionario de lentes traseras (G3) y el elemento óptico que redirige el eje de radiación se alinean en un eje óptico común.
5. El sistema de cámara que comprende el sistema de lentes de zoom de la reivindicación 1, que comprende además un elemento de captura de imagen colocado en una ubicación focal del sistema de lentes de zoom, dicho elemento de captura de imagen es un CCD.
- 25 6. El sistema de cámara que comprende el sistema de lentes de zoom de la reivindicación 1, que comprende además un elemento de captura de imagen colocado en una ubicación focal del sistema de lentes de zoom, dicho elemento de captura de imagen es una película.



CÁMARA

FIG. 1

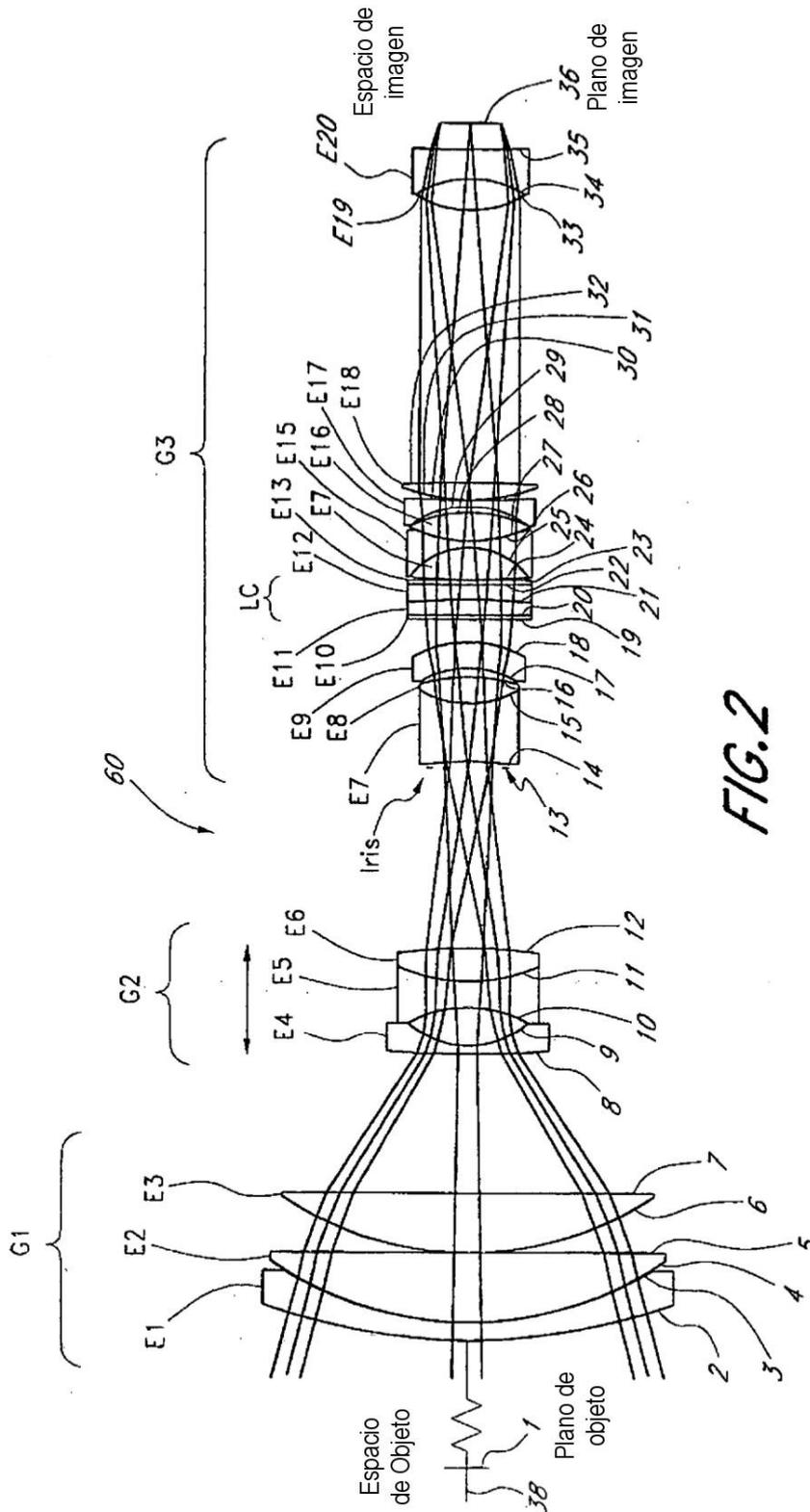


FIG. 2

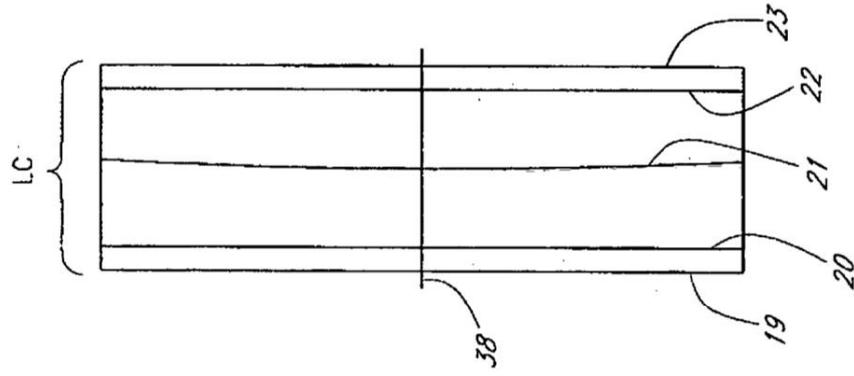


FIG. 3A

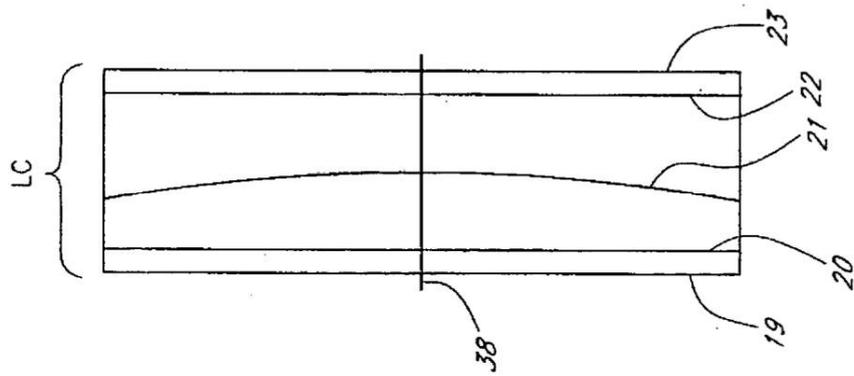


FIG. 3B

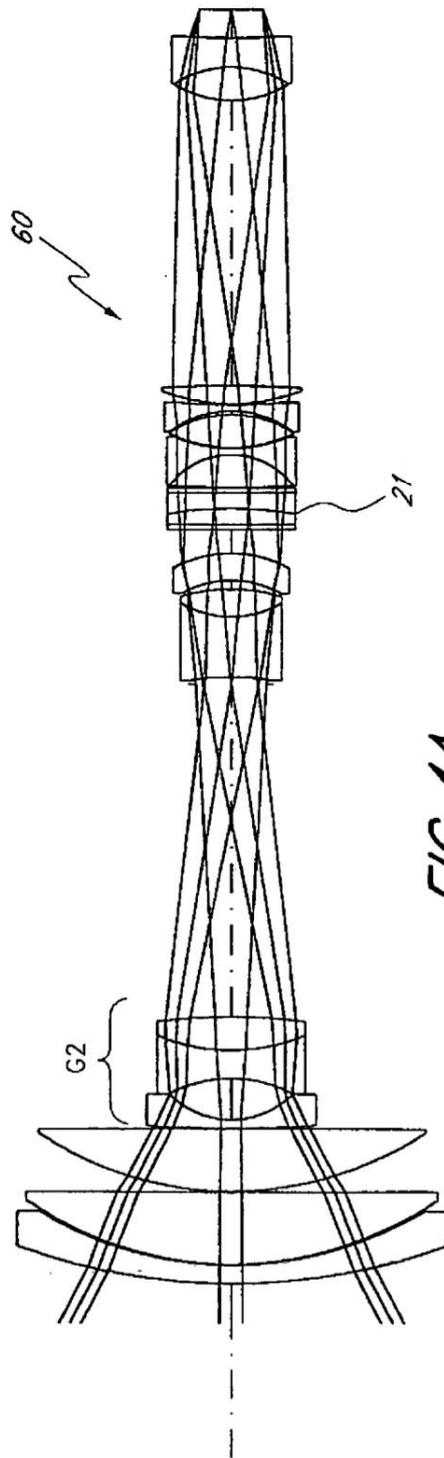


FIG. 4A

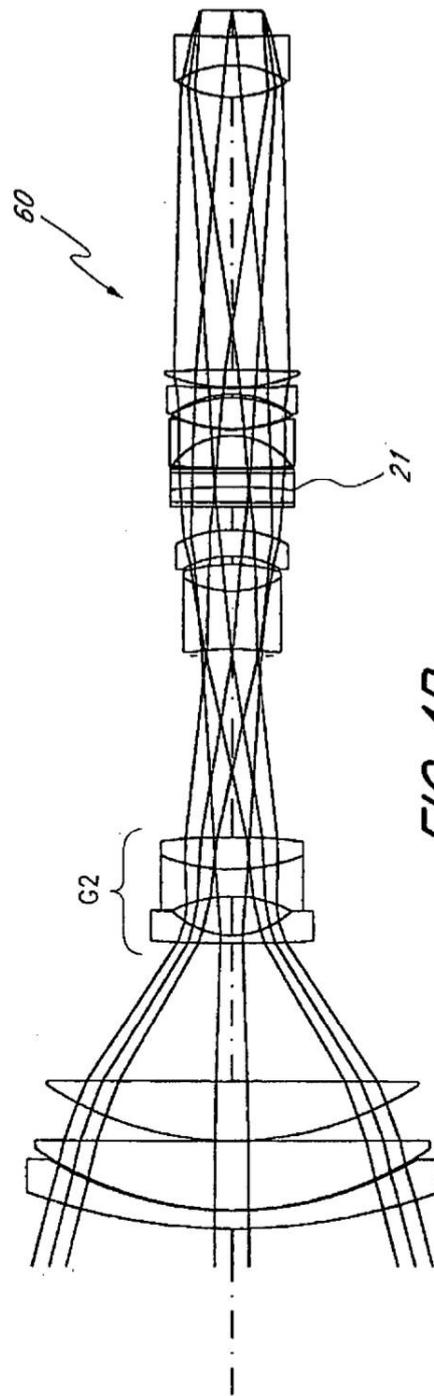


FIG. 4B

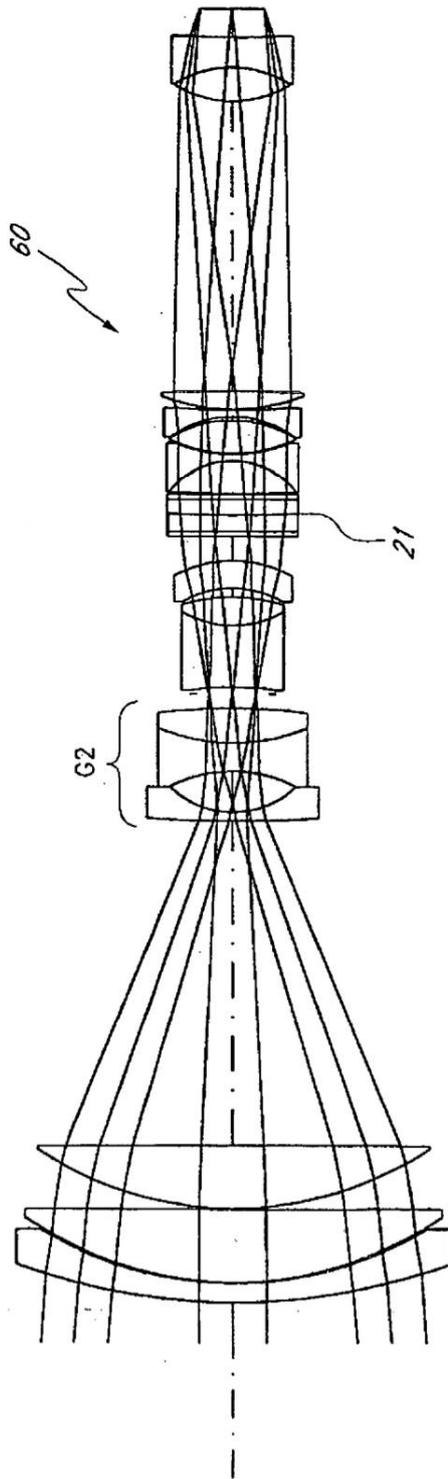


FIG. 4C

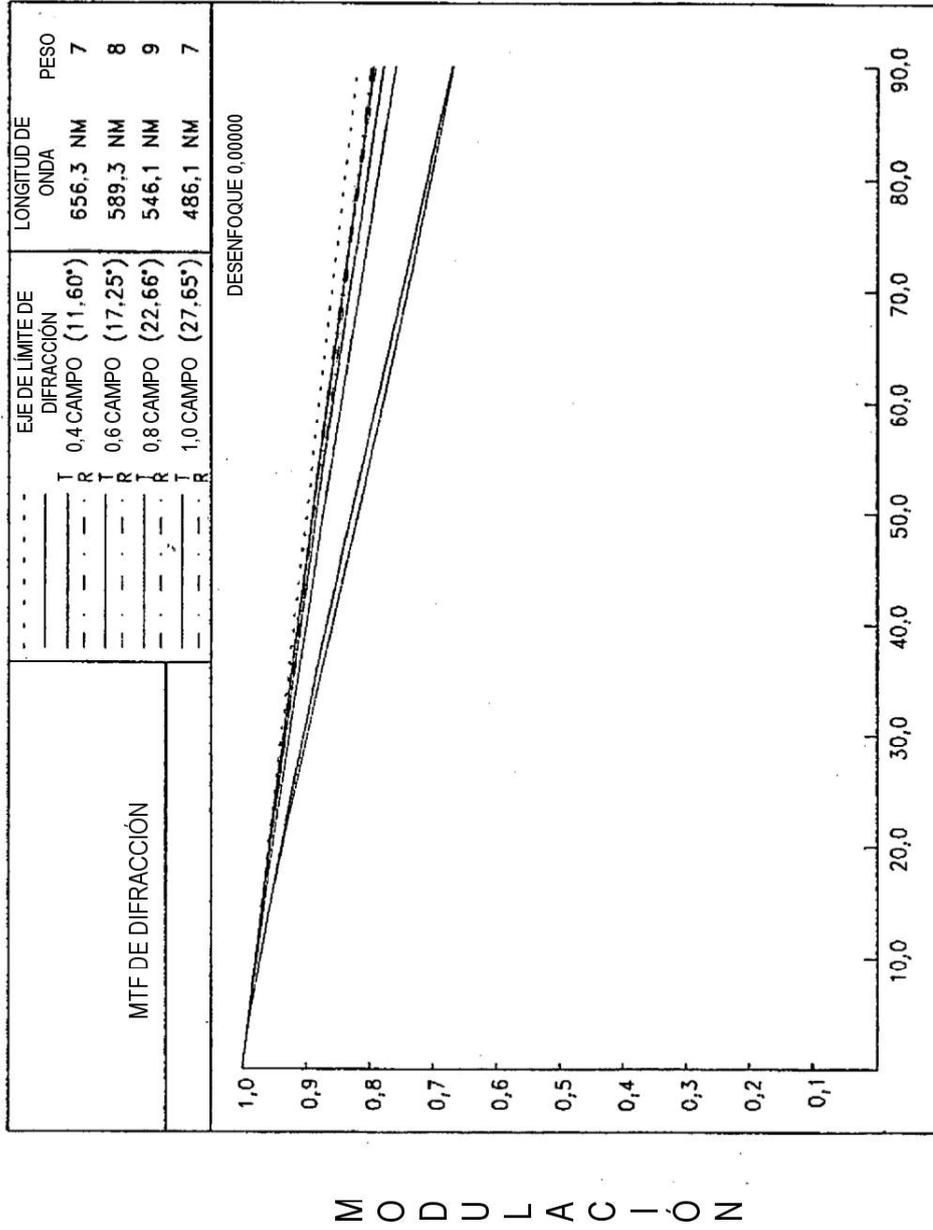
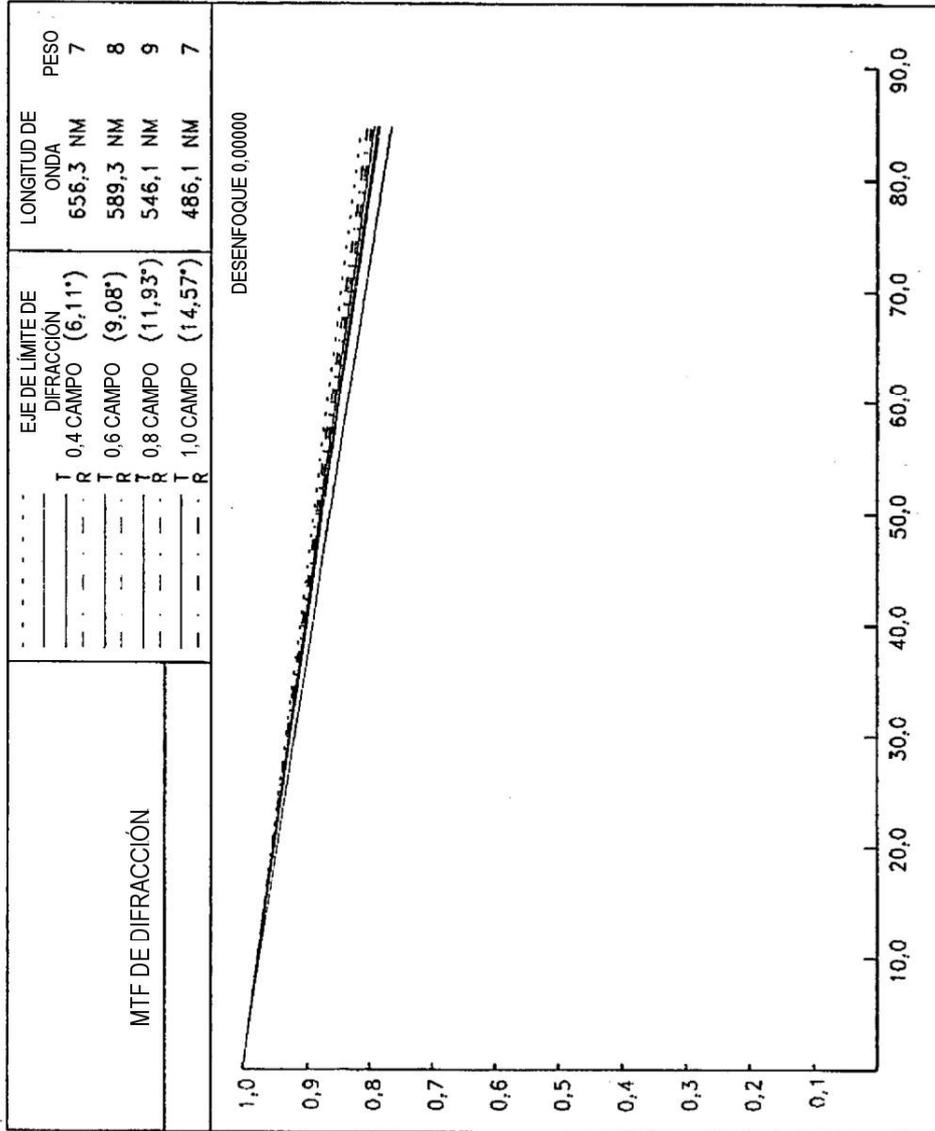


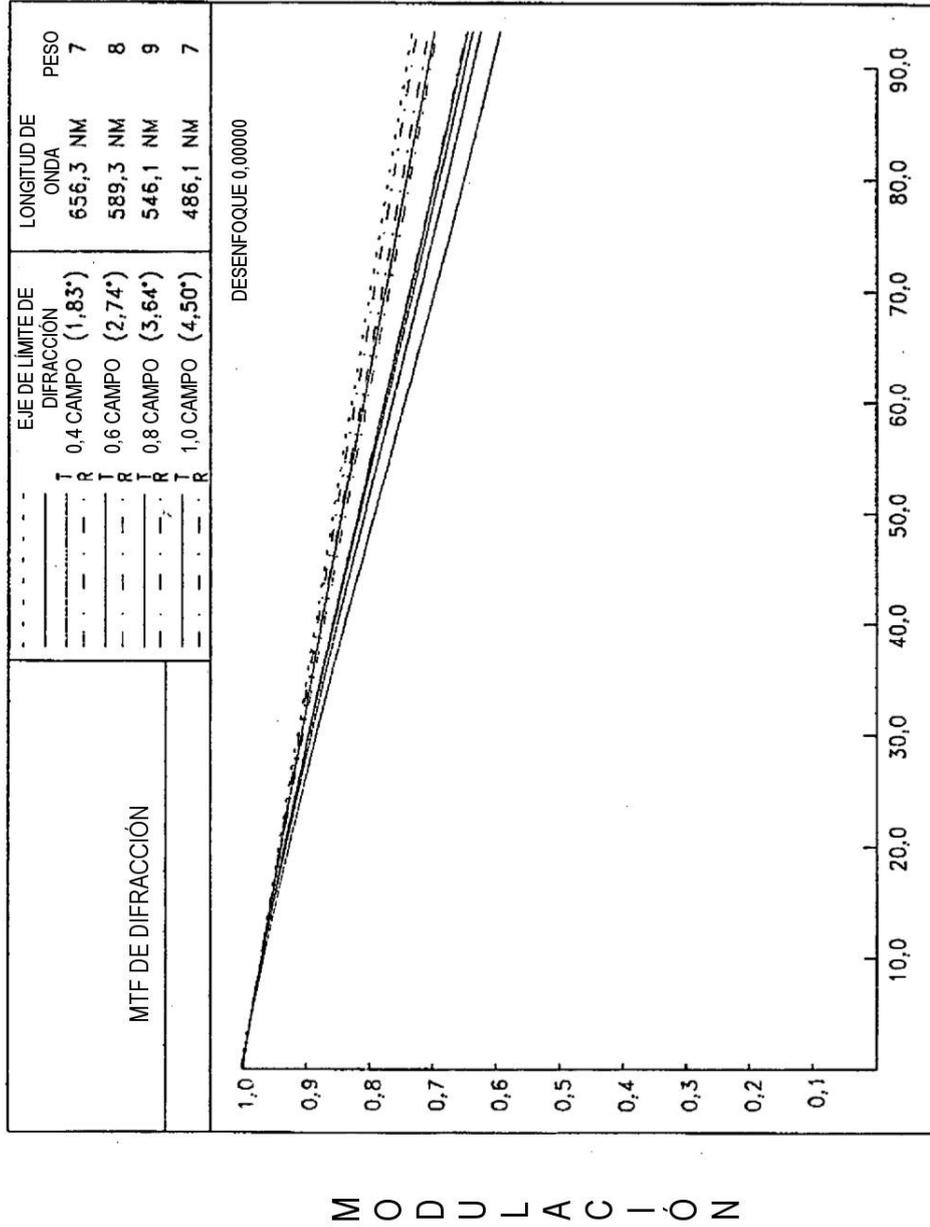
FIG. 5A



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS / MM)

FIG.5B

M O D U L A C I Ó N



FRECUENCIA ESPACIAL (CICLOS / MM)

FIG. 5C

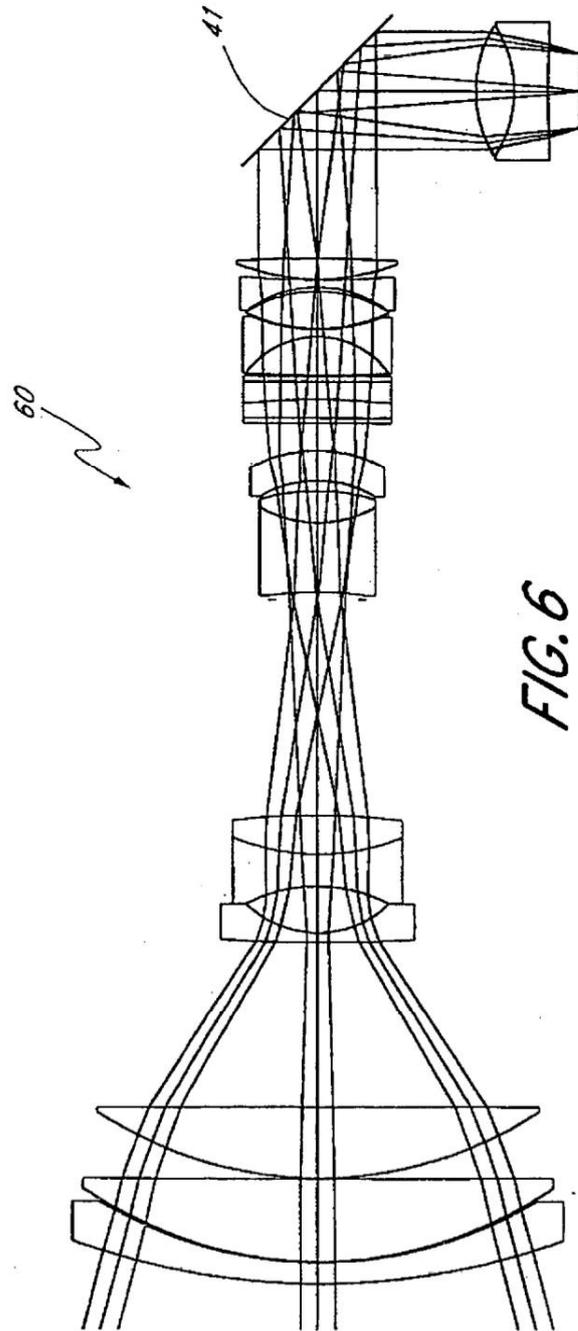
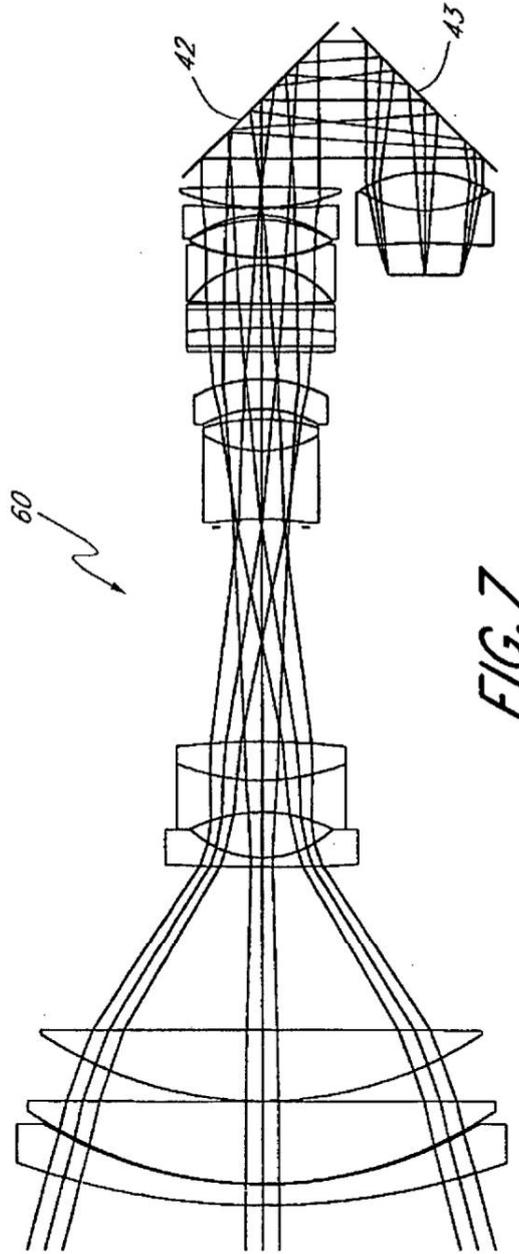
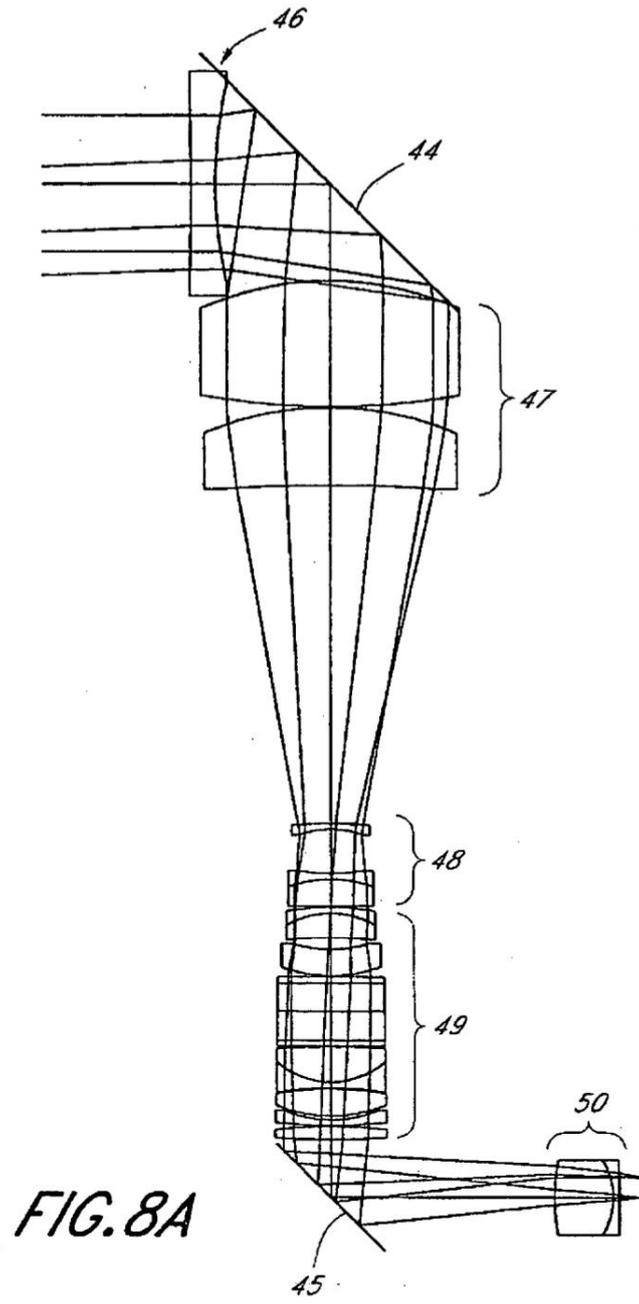
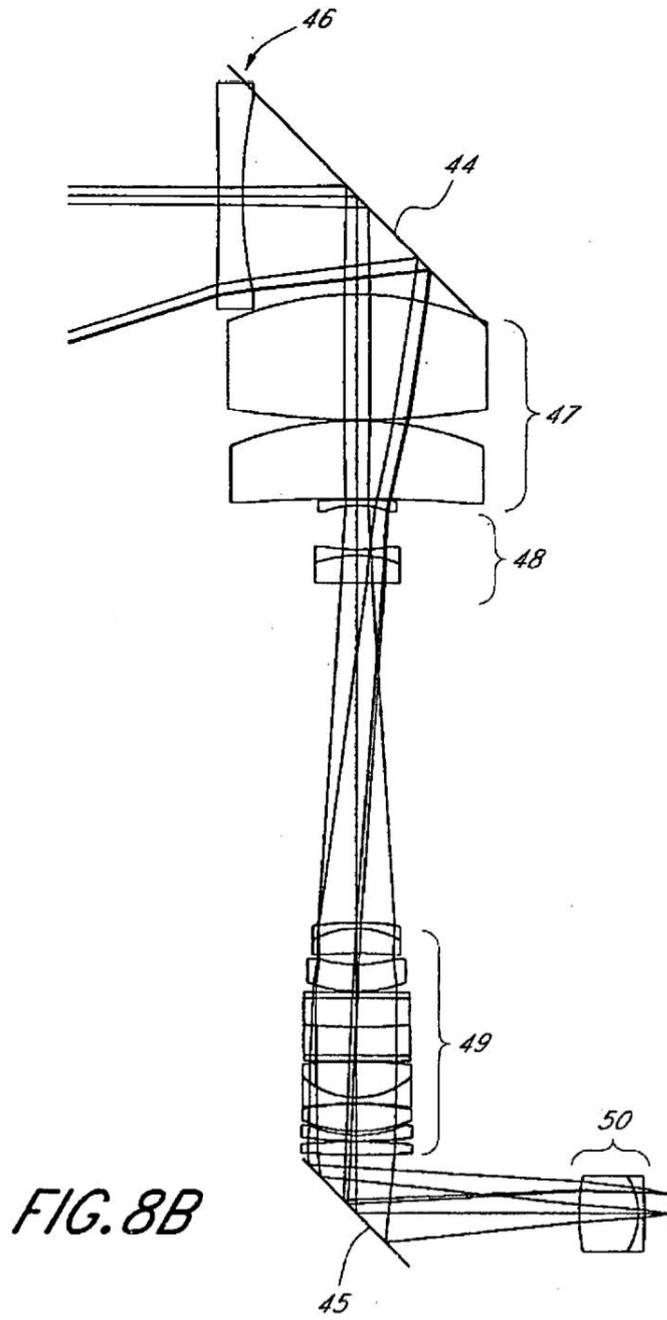


FIG. 6







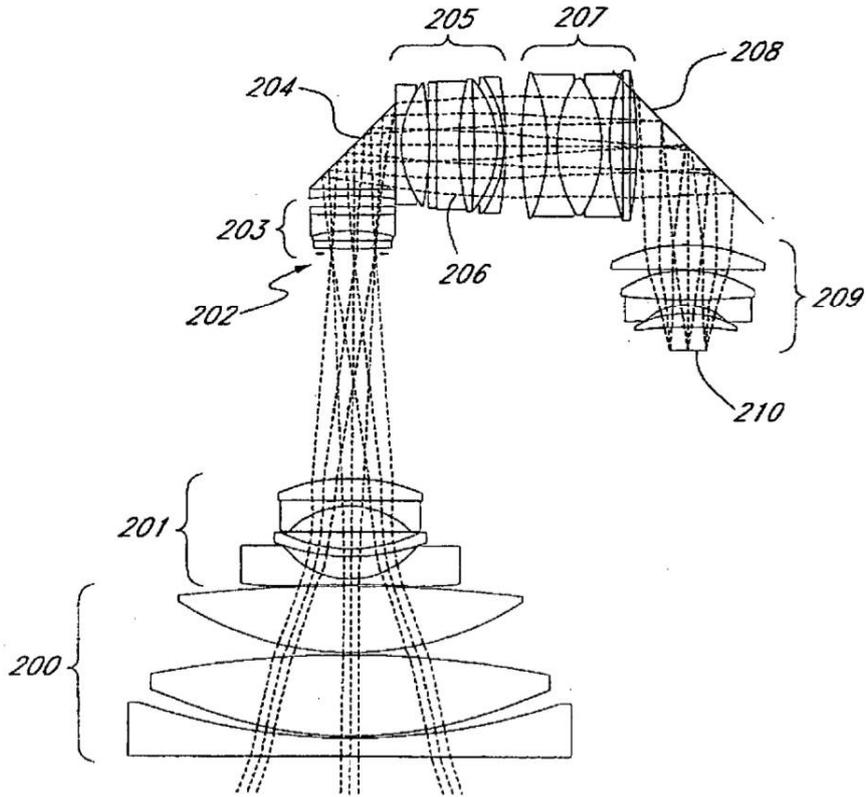


FIG. 9A

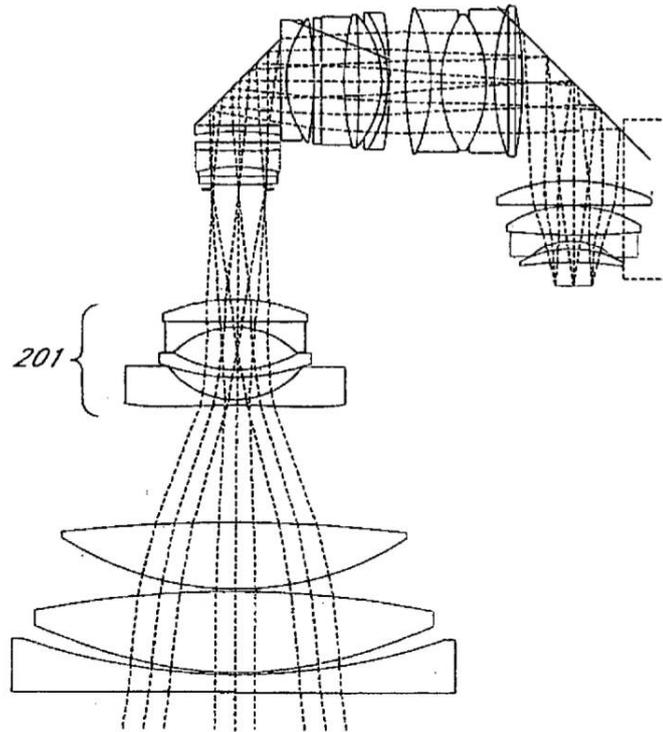


FIG. 9B

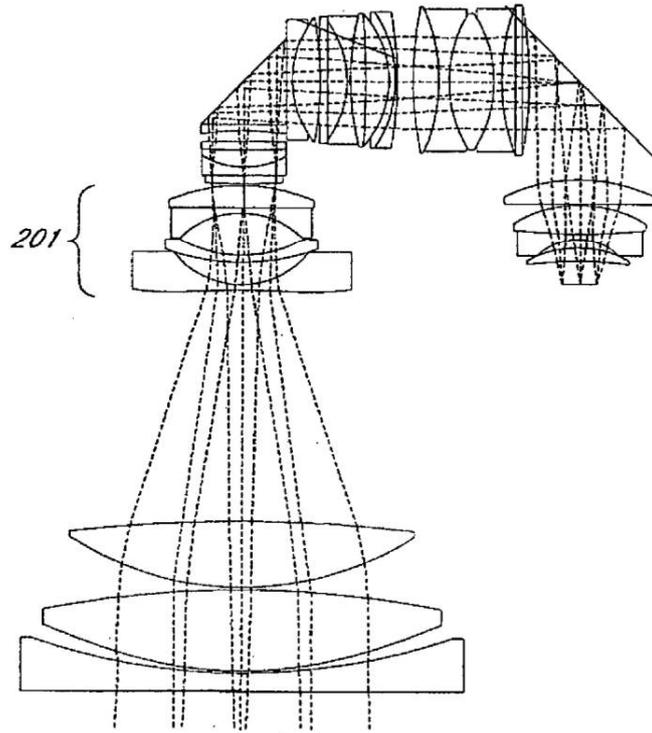


FIG. 9C