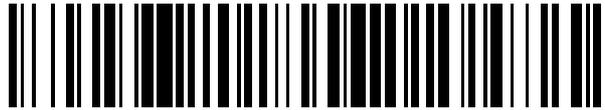


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 509 499**

51 Int. Cl.:

G02B 21/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2007** **E 10014151 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.07.2014** **EP 2302437**

54 Título: **Sistema óptico estereoscópico**

30 Prioridad:

13.01.2006 DE 102006001888

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

17.10.2014

73 Titular/es:

CARL ZEISS MEDITEC AG (100.0%)
Göschwitzer Strasse 51-52
07745 Jena, DE

72 Inventor/es:

OBREBSKI, ANDREAS

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 509 499 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

Sistema óptico estereoscópico

5 La presente invención se refiere a un sistema óptico estereoscópico.

Un sistema óptico estereoscópico presenta habitualmente, como mínimo, un primer subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de una primera ruta óptica y un segundo subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de una segunda ruta óptica. De esta manera, la primera y la segunda rutas ópticas son guiadas separadamente, como mínimo, por el primer y el segundo subsistemas ópticos.

Puesto que ambas rutas ópticas están asociadas habitualmente al ojo izquierdo o al ojo derecho del usuario, se designan frecuentemente, asimismo, dichas primera y segunda rutas ópticas como ruta óptica de la izquierda o bien ruta óptica de la derecha. En vez de los ojos de un usuario, ambas rutas ópticas pueden ser conducidas, no obstante, a título de ejemplo, a un primer o bien a un segundo elemento semiconductor fotosensible de resolución local. Tanto el primer como el segundo elementos semiconductores, pueden estar constituidos, por ejemplo, por chips CCD. Estos sistemas ópticos estereoscópicos se utilizan en especial como cámaras estereoscópicas o microscopios digitales de operación.

Es característico de estos sistemas ópticos estereoscópicos que los haces de rayos guiados por ambas rutas ópticas formen entre sí, en un punto focal fuera del sistema óptico estereoscópico, un ángulo estéreo $-\alpha-$. En este caso, el sistema óptico estereoscópico debe posibilitar que ambos haces de rayos guiados por las dos rutas ópticas, incluso después de la modificación de la separación de trabajo, se corten formando un nuevo ángulo distinto de cero en un nuevo punto focal.

Por el documento JP 2005315936, se conocen unos prismáticos de campaña en los que la ampliación puede ser modificada en dos etapas, de forma tal que se puede desplazar una lente hacia dentro o bien hacia fuera de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o bien de la derecha. El desplazamiento de la lente tiene lugar de forma ortogonal con respecto a la correspondiente ruta óptica de reproducción.

Por el documento DE 101 34 896, se ha dado a conocer un foco de cabeza que presenta las características de la parte introductoria de la reivindicación independiente 1, que posibilita mediante dos lentes objetivo desplazables, la adecuación de la separación de trabajo. Además, se prevé un sistema de zum para modificar la ampliación de la reproducción.

Por el documento CH 560 908, se ha dado a conocer un telescopio binocular con una anchura de entrada frontal $-\alpha-$.

En la figura 6, se ha mostrado esquemáticamente un sistema óptico conocido como sistema Greenough.

El sistema Greenough que se ha mostrado presenta un primer subsistema óptico -61- con múltiples elementos ópticos -62-, -63-, -64- para la preparación de una primera ruta óptica -60L- y un segundo subsistema óptico -65- con múltiples elementos ópticos -66-, -67-, -68- para la preparación de una segunda ruta óptica -60R-. De esta manera, se guían de manera separada la primera y segunda rutas ópticas -60L-, -60R- de los subsistemas ópticos primero y segundo -61- y -65-. Ambos subsistemas ópticos -61-, -65-, y por lo tanto también ambas rutas ópticas -60L-, -60R- están inclinados entre sí según un ángulo ajustable $-\alpha-$. Como consecuencia, los primero y segundo haces de rayos de ambas rutas ópticas -60L-, -60R- se cortan en un plano del objeto -69- según un ángulo estéreo ajustable $-\alpha-$.

Es problemático en el sistema Greenough mostrado en la figura 6 que el ángulo $-\alpha-$ formado por ambas rutas ópticas -60L-, -60R- debe ser ajustado, de manera manual o mecánica, después de la variación de la distancia de trabajo. Esta variación de la distancia de trabajo, y por lo tanto, el desplazamiento del plano del objetivo -69'- o bien -69''- se han mostrado en la figura 6 en forma de líneas de trazos. Evidentemente, la inclinación relativa de los subsistemas ópticos -61-, -65-, debe ser ajustada de manera que los haces de rayos guiados por las rutas ópticas -60L-, -60R- de los subsistemas -61-, -65- se corten bajo un nuevo ángulo estéreo en los nuevos planos de objeto -69'-, -69''-.

Para la solución de este problema se conoce, por la Solicitud de Patente alemana DE 101 34 896 A1 un sistema óptico estereoscópico, en el que los haces de rayos guiados de manera separada del primer y segundo subsistemas ópticos por las respectivas rutas ópticas son guiados conjuntamente en una ruta óptica de un tercer subsistema óptico. Se ha mostrado en la figura 7 la ruta óptica a través de este sistema óptico anteriormente conocido.

El sistema óptico estereoscópico -71-, según el estado de la técnica, presenta dos subsistemas indicados como primer y segundo subsistemas ópticos (Sistema Ocular) -72L-, -72R-, en cuyas rutas ópticas correspondientes son guiados un primer y un segundo haces parciales de rayos -70L-, -70R-. Además, el sistema óptico estereoscópico presenta un tercer sistema óptico parcial (sistema objetivo) -73-, en cuya ruta óptica se guían conjuntamente los haces parciales de rayos -70L-, -70R- guiados separadamente de los primer y segundo subsistemas ópticos -72L-, -72R-. Los haces de rayos parciales -70L-, -70R- guiados separadamente por dichos primer y segundo subsistemas

ópticos -72L-, -72R-, son reproducidos mediante el tercer sistema parcial -73-, de forma tal que alcanzan un plano de objeto -74- y forman en el, entre sí, un ángulo estéreo $-\alpha-$.

5 El sistema óptico -71- está construido de forma simétrica para los haces de rayos parciales -70L- y -70R- con respecto a un eje de simetría común -75- del sistema óptico -71-. Los haces de rayos parciales -70L-, -70R- procedentes del plano objetivo -74- alcanzan, a través de una lente principal óptica común -76-, el tercer sistema óptico -73- del sistema óptico estereoscópico -71-.

10 En este caso, ambos haces parciales de rayos -70L-, -70R- son guiados al tercer sistema óptico parcial -73- de manera conjunta, de forma que no se solapan, por lo menos de forma completa, sino que atraviesan en tercer sistema óptico -73- en diferentes zonas de las lentes ópticas utilizadas -76-, -77-.

15 Después de su salida del tercer sistema óptico parcial -73-, los haces de rayos parciales -70L-, -70R- son desviados y alcanzan de manera correspondiente uno de dichos primer o segundo subsistemas ópticos -72L-, -72R-, de manera que cada uno de los haces de rayos parciales -70L-, -70R- queda asociado preferentemente a una ruta óptica propia de un primer o segundo subsistemas ópticos propios -72L-, -72R-.

20 Mediante la modificación de las separaciones de las lentes -e- y -f-, o bien -d- entre las lentes ópticas -76- a -80- del sistema óptico estereoscópico -71-, es posible una ampliación variable (función zum) de un objeto considerado que está dispuesto en el plano del objeto -74-, o bien alternativamente, una modificación de la separación o distancia de trabajo -a- (enfoque) para la adaptación a un objeto dispuesto en el plano de objeto -74-. En este caso, la utilización común del tercer subsistema óptico -73- asegura mediante la adaptación de la separación -d-, para ambos haces de rayos parciales -70L- y -70R-, qué rayos principales de los haces de rayos parciales -70L-, -70R- alcanzan siempre después de una modificación de la separación (enfoque) el plano del objeto -74- y forman en el mismo un ángulo estéreo $-\alpha-$ distinto de nulo. Este efecto puede ser conseguido por el técnico mediante la elección apropiada de las superficies ópticas de las lentes ópticas -76-, -77- del tercer subsistema óptico -73-.

30 El contenido de la Solicitud de Patente alemana DE 101 34 896 A1, a la que hace referencia de manera general, forma parte de la materia dada a conocer por la presente solicitud de patente.

35 En el sistema estereoscópico anterior que se ha descrito, constituye un inconveniente que el tercer subsistema óptico común presenta un peso muy elevado. La razón de ello es que ambos haces de rayos parciales deben ser guiados al tercer subsistema óptico de forma tal que atraviesen las lentes ópticas del tercer subsistema óptico, como mínimo parcialmente, por diferentes zonas. Además, las lentes ópticas del tercer subsistema óptico deben permitir un desplazamiento, ampliación y/o reducción determinados de una correspondiente zona de paso de ambos haces de rayos parciales. Como consecuencia, las lentes ópticas utilizadas de modo común para ambos haces de rayos parciales, deben ser construidas con dimensiones grandes en comparación con las lentes ópticas del primer y segundo subsistemas ópticos.

40 Además, la disposición de las lentes ópticas del tercer subsistema óptico a lo largo del eje de simetría común del sistema óptico, conduce a una mayor longitud constructiva del tercer subsistema óptico.

45 En la utilización de un sistema estereoscópico de este tipo como foco de cabeza, el peso considerable y la importante longitud constructiva del tercer subsistema óptico tiene una influencia sustancial en la libertad de movimiento del usuario. En caso de variación de la separación de las lentes, varía además el centro de gravedad del sistema óptico, y por lo tanto, el brazo de palanca que actúa sobre la cabeza del usuario. Además, el peso elevado conjuntamente con las dimensiones más grandes, conducen frecuentemente a un cansancio prematuro del usuario y a rigideces en la musculatura de la nuca.

50 Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención el dar a conocer un sistema óptico estereoscópico que presenta un peso reducido y un elevado carácter compacto, y simultáneamente, pueda asegurar de modo automático que en un punto focal, dentro de la zona de trabajo del sistema, siempre se formará un ángulo estéreo. Además, es objetivo de la presente invención dar a conocer un foco de cabeza con mejor comodidad en su utilización.

55 Este objetivo se consigue mediante la combinación de características de la reivindicación 1.

Otros desarrollos preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes.

60 De acuerdo con una forma de realización, un sistema óptico estereoscópico presenta un primer subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de la ruta óptica de reproducción izquierda del sistema óptico estereoscópico, y un segundo subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de una ruta óptica de reproducción de la derecha del sistema óptico estereoscópico. En estas circunstancias, el primer subsistema óptico presenta, como mínimo, una primera lente óptica con una primera superficie óptica, que en la zona de la ruta óptica de reproducción de la izquierda es una superficie parcial de una primera superficie matemática simétrica en rotación. La primera superficie matemática presenta, con referencia a un primer eje de simetría, un primer radio máximo. También, el segundo subsistema óptico presenta, como mínimo, una segunda lente óptica con

una segunda superficie óptica, que en la zona de la ruta óptica de reproducción de la derecha, constituye una superficie parcial de una segunda superficie matemática simétrica en rotación. La segunda superficie matemática presenta, con referencia a un segundo eje de simetría, un segundo radio máximo. La primera lente óptica es una primera lente descentrada ("off-axis"), cuyo centro de gravedad superficial de su primera superficie presenta una separación con respecto al eje de simetría de la primera superficie matemática que es superior a 0,2 veces el radio máximo de la primera superficie matemática. Además, también la segunda lente óptica es una segunda lente óptica descentrada ("off-axis"), cuyo segundo centro de gravedad superficial de su segunda superficie presenta con respecto al segundo eje de simetría de la segunda superficie matemática, una separación que es superior a 0,2 veces el segundo radio máximo de la segunda superficie matemática. De manera alternativa, la separación es mayor de 0,1%, y en especial mayor de 1% y además es, en especial, superior a 5% del radio del círculo de curvatura más pequeño, determinado por las superficies ópticamente activas de la correspondiente lente descentrada ("off-axis"). En este caso, con el término "zona de la ruta óptica de reproducción", se comprenderá la zona de una superficie óptica correspondiente que será atravesada de manera completa o parcial por un haz de rayos de reproducción correspondientes, cuyo haz de rayos de reproducción es guiado por la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha.

El radio máximo de la correspondiente superficie matemática simétrica en rotación está determinado, según una forma de realización, por la extensión máxima de la superficie superior de la lente, que determina también la superficie matemática.

De acuerdo con una forma de realización, la superficie matemática simétrica en rotación, determinada por la superficie de la lente, es continua. De acuerdo con otra forma de realización, la superficie matemática simétrica en rotación es convexa o cóncava de forma continua y presenta, por lo tanto, una curvatura con signo constante.

El cálculo del centro de gravedad superficial es conocido para los técnicos. Por ejemplo, se hará referencia a la definición de las páginas 57-59 del "Taschenbuch der Physik" de Horst Kuchling, 16^{ava} Edición, Leipzig: Fachbuchverlag, 1996.

La disposición de lentes descentradas en el primer y segundo subsistemas ópticos permite una elección adecuada de las superficies ópticas de las lentes descentradas para asegurar que los haces de rayos de reproducción guiados por ambas rutas ópticas de reproducción de ambos subsistemas, incluso después de una variación de la distancia de trabajo y/o un aumento de la reproducción, se cortan según un ángulo estereo $-\alpha-$ distinto de cero en un punto focal.

Además, las lentes descentradas presentan un peso comparativamente reducido, puesto que deben guiar solamente una ruta óptica de reproducción, y por lo tanto, en comparación con lentes que guían simultáneamente varias rutas ópticas de reproducción adyacentes, presentan un diámetro más reducido.

Además, la disposición separada de las lentes descentradas del tipo mencionado en ambos subsistemas ópticos permite, como mínimo, en zonas (por secciones) un guiado completamente separado de ambas rutas de reproducción izquierda y derecha. Esto permite una desviación óptima de las rutas ópticas de reproducción de ambos subsistemas ópticos, de manera que se consigue una longitud constructiva lo más reducida posible del sistema óptico estereoscópico. Además, el guiado separado de las rutas ópticas de reproducción, impide efectos de disturbio alternados de los haces de rayos de reproducción guiados por las rutas ópticas de reproducción, por ejemplo, a causa de reflexiones.

De acuerdo con una forma de realización que se puede combinar con la forma de realización anterior o que puede ser una alternativa a la forma de realización anterior, la primera y segunda lentes ópticas del primer o segundo subsistemas son de manera correspondiente lentes descentradas y presentan, como mínimo, dos superficies activas ópticamente, que son recorridas una después de otra por una ruta óptica de reproducción. En este caso, las lentes descentradas pueden estar constituidas también en forma de lentes compuestas. Entonces, se pueden describir las lentes descentradas, de acuerdo con esta forma de realización, de forma que rectas de unión de los centros de gravedad superficiales de, como mínimo, dos superficies activas ópticamente de una lente descentrada correspondiente y líneas rectas de unión de los centros de curvatura (centros medios de los círculos de curvatura determinados por las superficies) de, como mínimo, dos superficies ópticamente activas de una lente descentrada correspondiente no son coaxiales, sino que están separadas entre sí, y/o forman ángulo entre sí. De acuerdo con una forma de realización, la separación asciende a más de 0,2 veces un radio máximo de una superficie ópticamente activa de la lente descentrada medida entre el centro de gravedad superficial y un borde externo de la superficie ópticamente activa correspondiente. De acuerdo con otra forma de realización, la recta de unión de los centros de curvatura, no atraviesa en absoluto las superficies ópticamente activas de la correspondiente lente descentrada. De acuerdo con otra forma de realización adicional, la recta de unión de los centros de curvatura de, como mínimo, dos superficies ópticamente activas atraviesa las superficies ópticamente activas de la lente descentrada correspondiente con una separación con respecto al centro de gravedad superficial de, como mínimo, una superficie ópticamente activa. En este caso, asciende la separación de acuerdo con una forma de realización, a más de 0,2 veces el radio máximo de las superficies ópticamente activas de la correspondiente lente descentrada

y/o a más de 0,1%, y en especial, a más de 1%, y de modo más especial a más de 5% del radio del menor círculo de curvatura determinado por las superficies ópticamente activas de la lente descentrada.

5 De acuerdo con una forma de realización, el primer centro de gravedad superficial de la primera superficie de la primera lente descentrada presenta, con respecto al primer eje de simetría, igual separación que el segundo centro de gravedad superficial de la segunda superficie de la segunda lente descentrada con respecto al segundo eje de simetría.

10 Esta disposición de las lentes descentradas, permite una adecuación especialmente simple y de tipo automático del ángulo estéreo $-\alpha-$, formado por los haces de rayos de reproducción (en un punto focal) de ambas rutas ópticas de reproducción de ambos subsistemas.

15 Además, la primera superficie de la primera lente descentrada y la segunda superficie de la segunda lente descentrada pueden ser esencialmente idénticas. En este caso, el término "sustancialmente idénticas" significa que existe correspondencia con respecto a, como mínimo, 90%, preferentemente, como mínimo 98%, y de manera especialmente preferente 100% de la primera y segunda superficies de la primera y segunda lentes descentradas, de manera que se observarán solamente desviaciones ópticamente relevantes.

20 Esta construcción, por lo menos básicamente idéntica, de las lentes descentradas, facilita también el dimensionado de los demás elementos ópticos del sistema óptico estereoscópico. De este modo, se pueden mantener reducidos los costes de fabricación del sistema. Además, las lentes descentradas pueden ser conseguidas, por ejemplo, de manera simple mediante aserrado de una lente más grande.

25 De acuerdo con una forma de realización, una tercera lente óptica del primer subsistema óptico presenta una tercera superficie óptica, que en la zona de la ruta óptica de reproducción de la izquierda, está constituida por una superficie parcial de una tercera superficie matemática simétrica en rotación, cuya tercera superficie matemática presenta, en relación con un tercer eje de simetría, un tercer radio máximo. Además, una cuarta lente óptica del segundo subsistema óptico presenta una cuarta superficie óptica, que está constituida en la zona de la ruta óptica de reproducción de la derecha por una superficie parcial de una cuarta superficie matemática simétrica en rotación, cuya cuarta superficie matemática, referida a un cuarto eje de simetría, presenta un cuarto radio máximo. En este caso, la tercera lente óptica es una tercera lente descentrada cuyo tercer centro de gravedad superficial presenta su tercera superficie del tercer eje de simetría de la tercera superficie matemática, una separación que es superior a 0,2 veces el tercer radio máximo de la tercera superficie matemática. La cuarta lente óptica es una cuarta lente descentrada, cuyo cuarto centro de gravedad superficial presenta una separación con respecto al cuarto eje de simetría de la cuarta superficie matemática, superior a 0,2 veces el cuarto radio máximo de la cuarta superficie matemática. Además, la primera lente descentrada y la tercera lente descentrada están separadas entre sí a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda en una primera separación, así como la segunda lente descentrada y la cuarta lente descentrada están separadas entre sí a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha en una segunda separación. En este caso, la primera y la segunda separaciones pueden ser opcionalmente iguales o distintas entre sí.

45 De acuerdo con una forma de realización que se puede combinar con la anterior forma de realización o que puede ser alternativa a dicha forma de realización anterior, también la tercera y cuarta lentes ópticas son una lente descentrada. Se hará referencia a la descripción alternativa anterior de las lentes descentradas en base a las rectas de unión de los centros de gravedad superficiales de, como mínimo, dos superficies ópticamente activas de una correspondiente lente descentrada y de las líneas rectas de unión de los centros de curvatura de las, como mínimo, dos superficies ópticamente activas de una correspondiente lente descentrada.

50 De acuerdo con una forma de realización, el sistema óptico estereoscópico puede comprender además, como mínimo, un accionador, a efectos de variar la primera separación entre la primera lente descentrada y la tercera lente descentrada a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y/o de la segunda separación entre la segunda lente descentrada y la cuarta lente descentrada a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha.

55 Una construcción de este tipo posibilita la modificación de la distancia de trabajo (enfoque) para adecuación al objeto observado mediante la adaptación automática simultánea de un ángulo estéreo, sin que para las rutas ópticas izquierda y derecha se deban utilizar elementos ópticos comunes. La modificación de la distancia de trabajo tiene lugar mediante una modificación de la primera o segunda separación de la primera o segunda lente descentrada con respecto a la tercera o cuarta lente descentrada. De este modo, la construcción de acuerdo con la invención, asegura para la adecuada elección de las superficies ópticas de las lentes descentradas, que ambos haces de rayos de reproducción guiados por las rutas ópticas de reproducción de ambos subsistemas, incluso después de una modificación de la distancia de trabajo, se cortan automáticamente formando un ángulo estéreo $-\alpha-$ distinto de cero en un punto focal.

65 De acuerdo con una forma de realización, el centro de gravedad superficial de la superficie de la lente descentrada correspondiente está separada del correspondiente eje de simetría, como mínimo, en 30%, y preferentemente, como mínimo, en 40%, y de manera especialmente preferente, como mínimo, en 50% del radio máximo correspondiente.

Para una separación de menos de 50% se pueden fabricar, como mínimo, dos lentes descentradas mediante corte de una lente con el grosor conjunto.

- 5 De acuerdo con otra forma de realización, la primera y segunda lentes descentradas y/o la tercera y cuarta lentes descentradas pueden estar dispuestas de forma simétrica por pares con respecto a un plano de simetría común.

Una construcción simétrica de este tipo facilita la construcción y fabricación del sistema óptico estereoscópico.

- 10 Además, el primer subsistema óptico puede presentar, como mínimo, un primer elemento de desviación con una primera superficie especular, que para la desviación de la ruta óptica de reproducción izquierda está dispuesto a lo largo de la ruta óptica de reproducción izquierda de un plano de objeto del sistema y de la primera lente descentrada. De manera correspondiente, el segundo subsistema óptico puede estar dispuesto con un segundo elemento deflector con una segunda superficie especular, previsto para la desviación de la ruta óptica de reproducción de la derecha a lo largo de la ruta de reproducción óptica de la derecha entre un plano de objeto del sistema y la segunda lente descentrada.

- 15 A causa de la desviación, el sistema óptico estereoscópico presenta una longitud constructiva compacta en comparación con el estado de la técnica. En este caso, la primera y segunda lentes descentradas son parte de las correspondientes rutas óptica de reproducción desviadas.

- 20 De acuerdo con una forma de realización, el primer subsistema óptico presenta además, como mínimo, un primer dispositivo deflector, así como un tercer elemento deflector con una tercera superficie especular, y el segundo subsistema óptico presenta además, como mínimo, un segundo dispositivo deflector así como un cuarto elemento deflector con una cuarta superficie especular. Entonces, el primer dispositivo deflector está dispuesto en la ruta óptica de reproducción izquierda entre el primer elemento deflector y el tercer elemento deflector, y el segundo dispositivo deflector está dispuesto en la ruta óptica de reproducción de la derecha entre el segundo elemento deflector y el cuarto elemento deflector. Además, la primera lente descentrada está dispuesta entre el primer elemento deflector y el primer dispositivo deflector, y la segunda lente descentrada está dispuesta entre el segundo elemento deflector y el segundo dispositivo deflector.

De esta manera, las rutas ópticas de reproducción pueden ser desviadas incluso varias veces, con lo que se aumenta el carácter compacto del sistema.

- 25 Además, el primer subsistema óptico puede presentar un primer sistema de zum, el cual está dispuesto en la ruta óptica de reproducción de la izquierda entre el tercer elemento deflector y el primer dispositivo deflector, y presenta primeros elementos ópticos zum desplazables entre sí para producir un aumento de la imagen variable de la ruta óptica de reproducción de la izquierda. En este caso, el segundo subsistema óptico presenta un segundo sistema de zum, el cual está dispuesto en la ruta óptica de reproducción de la derecha, entre el cuarto elemento deflector y el segundo dispositivo deflector, y presenta segundos medios ópticos de zum desplazables entre sí para conseguir un aumento de la reproducción variable de la ruta óptica de reproducción de la derecha.

- 30 Mediante la disposición de los elementos zum en las correspondientes rutas ópticas desviadas correspondientes puede realizar un aumento de la reproducción variable con una longitud constructiva mínima del sistema óptico estereoscópico.

- 35 Según una forma de realización, los primeros elementos ópticos zum del primer sistema zum pueden estar dispuestos a lo largo de un eje óptico común, que forma con el primer eje de simetría de la primera lente descentrada un ángulo de 20° como máximo. Además, también los segundos elementos ópticos zum del segundo sistema zum pueden ser dispuestos a lo largo de un eje óptico común, que forma con el segundo eje de simetría de la segunda lente descentrada, un ángulo de 20° como máximo.

- 40 A causa de la importante desviación producida de este modo de las rutas ópticas de reproducción, la longitud constructiva del sistema óptico estereoscópico se mantiene reducida. Además, el centro de gravedad del sistema se desplaza muy poco como consecuencia del desplazamiento de los elementos zum en una disposición tal como la indicada.

- 45 Además, los primeros elementos ópticos zum del primer sistema zum pueden ser dispuestos a lo largo de un eje óptico común, que está desplazado con respecto al primer eje de simetría de la primera lente descentrada de forma paralela. Entonces, también los segundos elementos ópticos zum del segundo sistema zum pueden estar dispuestos a lo largo de un eje óptico común, que está desplazado paralelamente al segundo eje de simetría de la segunda lente descentrada.

- 50 De acuerdo con otra forma de realización, se da a conocer un sistema óptico estereoscópico que comprende adicionalmente, o de forma alternativa, un primer subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de una ruta óptica de reproducción de la izquierda del sistema óptico estereoscópico, de manera que el

primer subsistema óptico presenta, para la desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda, como mínimo, un elemento deflector, así como un primer dispositivo deflector. Además, el sistema óptico presenta un segundo subsistema óptico con múltiples elementos ópticos para la preparación de una ruta óptica de reproducción de la derecha del sistema óptico del estereoscopio, de manera que el segundo subsistema óptico presenta, para la desviación de ruta óptica de reproducción de la derecha, como mínimo, un elemento deflector, así como un segundo dispositivo deflector. En este caso, los elementos ópticos del primer subsistema óptico y los elementos ópticos del segundo subsistema óptico, están dispuestos sustancialmente simétricos con respecto a un plano de simetría común. Además, un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda se encuentra entre el, como mínimo, un elemento deflector, así como el primer dispositivo deflector y un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la derecha se encuentra entre el, como mínimo, un elemento deflector así como el segundo dispositivo deflector de manera correspondiente en planos que, de modo preferente, forman con el plano de simetría común un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135°, y preferentemente comprendido entre 75° y 105°, y de modo especialmente preferente, de 90°. Además, entre los, como mínimo, un elemento deflector de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y el primer dispositivo deflector y/o entre el, como mínimo, un elemento deflector de la ruta óptica de reproducción de la derecha y el segundo dispositivo deflector, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable.

A este respecto, el término “sustancialmente simétrico” significa que la disposición principal de los elementos ópticos es simétrica. No obstante, son permisibles pequeñas asimetrías (por ejemplo, para adecuación de dioptrías). En especial, una asimetría de este tipo no puede ser, por ejemplo, mayor que la mitad del diámetro máximo del elemento óptico más grande utilizado. Además, se comprenderá como rayo principal el rayo de mayor intensidad del haz óptico de reproducción guiado por la ruta óptica de reproducción correspondiente. Además, el dispositivo óptico de potencia variable se puede componer de uno o varios elementos ópticos.

La gama de ángulos indicada anteriormente, asegura que los rayos principales de los haces ópticos de reproducción guiados por las correspondientes rutas ópticas de reproducción, son desviados sustancialmente en ángulo recto y después de la desviación discurren en direcciones que están dispuestas esencialmente perpendiculares a la dirección de observación del sistema óptico estereoscópico y, por lo tanto, habitualmente, perpendiculares del frente del usuario. Si el dispositivo óptico de potencia variable es una lente óptica variable, la disposición de, como mínimo, una lente variable en una ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha desviada de esta forma asegura que el centro de gravedad del sistema, en caso de una modificación opuesta y simultánea de ambas lentes de ambas rutas ópticas de reproducción, permanece automáticamente sin cambios o solamente varía de forma reducida. Esto conduce, además, a que el sistema es especialmente satisfactorio para la utilización en focos luminosos de cabeza. La razón de ello consiste en que el brazo de palanca que actúa por el foco de cabeza sobre la cabeza del usuario varía muy poco en caso de variación de las lentes. En la utilización del sistema óptico en un microscopio de operación, por el contrario, la fuerza que actúa, por ejemplo, en un trípode de soporte, es uniformizada.

De acuerdo con una forma de realización, forma un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda entre el, como mínimo, un elemento deflector, así como el primer dispositivo deflector y un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la derecha entre el, como mínimo, un elemento deflector, así como el segundo dispositivo deflector con el plano de simetría común de manera correspondiente, un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente de 90°. De este manera, la gama de ángulos indicada asegura que los rayos principales de los haces ópticos de reproducción guiados por las rutas ópticas de reproducción correspondientes, después de una desviación esencialmente en ángulo recto, discurren esencialmente en direcciones contrarias perpendiculares a la dirección de observación del sistema óptico estereoscópico, y por lo tanto, habitualmente en perpendicular a la frente del usuario.

A este respecto, se hace observar que el “ángulo mínimo” se puede encontrar en un plano deseado en el que también se encuentra el correspondiente rayo principal.

De acuerdo con una forma de realización, el primer subsistema óptico presenta, como mínimo, un primer y un tercer elemento deflector. Además, el primer dispositivo deflector está dispuesto a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda entre ambos primer y tercer elementos deflectores. En este caso, el segundo subsistema óptico presenta, como mínimo, un segundo y un cuarto elemento deflector, y el segundo dispositivo deflector está dispuesto a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha entre ambos primer y cuarto elementos deflectores. Además, los rayos principales correspondientes de la ruta óptica de reproducción de la izquierda se encuentran entre el primer o bien el tercer elemento deflector del primer dispositivo de deflector, así como de manera correspondiente rayos principales de la ruta óptica de reproducción de la derecha entre el segundo o bien cuarto elemento deflector y el segundo dispositivo deflector de modo correspondiente en planos que forman con el correspondiente plano de simetría común, un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente de 90°.

De acuerdo con una forma de realización, los rayos principales correspondientes de la ruta óptica de reproducción de la izquierda entre el primer y el tercer elemento deflector y el primer dispositivo deflector, así como de manera correspondiente rayos principales de la ruta óptica de reproducción de la derecha entre el segundo o bien cuarto

elemento deflector y el segundo dispositivo deflector con el plano de simetría común, forman de manera correspondiente un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente de 90° .

5 Esta desviación repetida de las rutas ópticas de reproducción conduce además en las gamas de ángulos indicadas además, a que los rayos principales guiados en zonas de las rutas ópticas de reproducción correspondientes de la izquierda y de la derecha discurren esencialmente de forma contra-paralela (es decir, esencialmente de forma paralela y en direcciones contrarias). Esto aumenta el carácter compacto del sistema.

10 Además, el como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable puede ser de manera correspondiente una lente óptica variable de un primer o segundo sistema zum, el cual está dispuesto de manera correspondiente en la ruta óptica de reproducción de la izquierda o bien de la derecha entre los, como mínimo, un elemento deflector y el primer o segundo dispositivo deflector. El primer o bien el segundo sistema de zum presenta en este caso elementos ópticos zum desplazables entre sí para producir una reproducción a escala variable de las rutas ópticas de
15 reproducción de la izquierda o de la derecha.

Las lentes de los sistemas zum deben ser desplazadas en la práctica de modo frecuente, de manera que las lentes correspondientes de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha son desplazadas habitualmente de forma simultánea y en igual distancia. Para ello, es especialmente ventajoso que el centro de gravedad del sistema óptico permanezca sustancialmente sin variación, en caso de desplazamiento de estas lentes.
20

En este caso, los primeros elementos ópticos zum del primer sistema zum pueden estar dispuestos en la ruta óptica de reproducción de la izquierda a lo largo de un eje óptico común, que se encuentra en un plano que forma con el eje de simetría común o plano de simetría un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente de 90° . De modo correspondiente, los segundos elementos ópticos zum del segundo sistema zum pueden estar dispuestos en la ruta óptica de reproducción de la derecha a lo largo de un eje óptico común, que se encuentra en un plano que forma con el eje de simetría común o plano de simetría, un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente de 90° .
25

A causa de la gama de ángulos antes indicada, se garantiza que el centro de gravedad del sistema varía poco o no varía en absoluto incluso para un desplazamiento de las lentes del sistema de zum.
30

De acuerdo con una forma de realización, los ejes ópticos comunes del los primeros y segundos elementos ópticos zum de los primeros o segundos sistemas zum forman de manera correspondiente, directamente con el eje de simetría común o plano de simetría, un ángulo mínimo comprendido entre 45° y 135° y preferentemente entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente de 90° .
35

La gama de ángulos indicada asegura que los ejes ópticos del sistema zum discurren esencialmente perpendiculares al eje de simetría o plano de simetría común, y esencialmente en direcciones contrarias. De acuerdo con una forma de realización, los primeros elementos ópticos zum del primer sistema zum están dispuestos entre el tercer elemento deflector y el primer dispositivo deflector a lo largo de un eje óptico común, que está desplazado con respecto a un rayo principal guiado en una ruta óptica de reproducción de la izquierda entre el primer elemento deflector y el primer dispositivo deflector. Además, los segundos elementos ópticos de zum del segundo sistema de zum están dispuestos entre el cuarto elemento deflector y el segundo dispositivo deflector a lo largo de un eje óptico común que está desplazado, por una parte, en la ruta óptica de reproducción de la derecha entre el segundo elemento deflector y el segundo dispositivo deflector.
40

Esta disposición paralela favorece un elevado carácter compacto del sistema.
45

De manera alternativa o adicional, el como mínimo un dispositivo óptico de potencia variable entre el, como mínimo, un elemento deflector de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y del primer dispositivo deflector y/o entre el, como mínimo, un elemento deflector de la ruta óptica de reproducción de la derecha y el segundo dispositivo deflector, puede ser de manera correspondiente una lente óptica variable. La lente óptica variable es desplazable de modo correspondiente para el ajuste de la distancia de trabajo del sistema óptico estereoscópico con respecto a otro elemento óptico de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha.
50

De manera alternativa o adicional, el, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable puede ser de manera correspondiente una lente cristalina líquida o una lente líquida, cuya correspondiente potencia se puede controlar (preferentemente de forma eléctrica).
55

En este caso, para una elección adecuada de las superficies ópticas de la, como mínimo, una lente óptica o lente cristalina líquida/lente líquida variable y del correspondiente elemento óptico (por ejemplo, lente óptica o un espejo óptico de forma libre (por ejemplo, un espejo con superficie especular no tórica y no esférica (y por lo tanto, atórica) y defecto simetría de rotación)), al cual está referido el movimiento relativo de la lente óptica, se asegura
60

automáticamente que las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha se cortan incluso después de desplazamiento formando un ángulo estéreo en el plano del objeto.

5 Además, el primer y segundo dispositivos deflectores pueden estar contruidos de manera correspondiente para producir la desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o bien de la derecha en un ángulo comprendido entre 155° y 205° y preferentemente entre 170° y 190°, y de manera especialmente preferente de 180°. Además, el primer y el segundo y/o tercero y cuarto elementos deflectores pueden estar contruidos de manera correspondiente para producir una desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha entre unos 65° y 115° y preferentemente entre 80° y 100°, y de manera especialmente preferente de 90°.

10 Esto conduce además a que una zona de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha discurren en forma de U.

15 En este caso, el primer y segundo dispositivos deflectores pueden presentar, por ejemplo, de forma correspondiente, dos superficies especulares ópticas que forman entre sí de manera correspondiente un ángulo comprendido entre 85° y 95° y preferentemente de 90°.

20 Además, el primer y el segundo dispositivos deflectores pueden estar dispuestos de forma simétrica con respecto a un plano de simetría común.

De acuerdo con una forma de realización, el ángulo entre la primera superficie especular del primer elemento deflector y la segunda superficie especular del segundo elemento deflector puede ascender a un valor entre 50° y 130° y en especial entre 80° y 100°, y de manera preferente a 90°.

25 Además, la primera y la segunda superficies especulares del primer y segundo elementos deflectores pueden estar dispuestas de forma simétrica con respecto a un plano de simetría común.

30 El sistema óptico estereoscópico puede presentar además un sistema de irradiación con una fuente de radiación para la emisión de radiaciones y con una óptica de irradiación para preparar una ruta óptica - ruta de radiación para la radiación emitida por la fuente de radiación.

35 De acuerdo con una forma de realización, la primera y segunda superficies especulares del primer y segundo elementos deflectores pueden presentar, como mínimo en ciertas zonas, para la irradiación guiada por la ruta óptica - ruta de radiación una transparencia mayor, que para la radiación guiada por la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha y/o entre sí, para estar separados en una separación mayor de cero. Entonces, la ruta óptica - ruta de radiación preparada por la óptica de irradiación discurre a través de la mayor transparencia de la primera y segunda superficies especulares y/o por la separación entre ambas superficies especulares primera y segunda.

40 En relación con una desviación de las rutas ópticas de reproducción se puede realizar una radiación de grado cero (por ejemplo, una iluminación de grado cero). También resulta posible de esta forma, de manera sencilla, una radiación de rayos infrarrojos de grado cero, por ejemplo, para aplicaciones de fluorescencia o una radiación láser de grado cero para objetivos terapéuticos.

45 De acuerdo con una forma de realización presenta, como mínimo, un elemento deflector y/o como mínimo, un dispositivo deflector del primer y segundo subsistema óptico de manera correspondiente una superficie especular curvada que presenta un radio de curvatura menor de diez metros, y preferentemente menor de un metro. En este caso, la superficie especular curvada puede presentar también, como mínimo, dos radios de curvatura distintos, de manera que los, como mínimo, dos radios de curvatura son menores de diez metros, y preferentemente menores de un metro. En este caso, la diferencia entre los, como mínimo, dos radios de curvatura distintos (y preferentemente ortogonales entre sí) asciende a, como mínimo, 5% y preferentemente, como mínimo, a 10%, y de manera especialmente preferentemente, como mínimo, a 20% del radio de curvatura mayor de ambos radios de curvatura. Las superficies especulares con los radios de curvatura descritos no son preferentemente ni tóricos ni esféricos, y presentan preferentemente una distancia focal diferente de cero. Es determinante que las correspondientes superficies especulares curvadas presenten con respecto a la ruta óptica de reproducción desviada un defecto de simetría en rotación.

60 De acuerdo con una forma de realización, las superficies especulares curvadas del como mínimo un elemento deflector y/o del como mínimo, un dispositivo deflector del primer y segundo subsistemas ópticos, están contruidos y dispuestos de forma tal que una recta de unión entre un centro de gravedad superficial de la superficie especular curvada del primer subsistema y el centro de gravedad superficial de la superficie especular curvada del segundo subsistema, así como una recta de conexión entre un punto medio de curvatura mínimo (punto medio del menor círculo de curvatura determinado a través de la superficie especular curvada en el centro de gravedad superficial de la superficie especular curvada) de la superficie especular curvada del primer subsistema, y el centro medio de curvatura mínimo de la superficie especular curvada del segundo subsistema, no son coaxiales. Por ejemplo, las rectas de conexión de los centros de gravedad superficiales y centros de curvatura mínimos de las superficies

especulares pueden estar desplazadas paralelamente, pueden formar ángulo, o pueden estar en disposición oblicua entre sí. De acuerdo con una forma de realización, las rectas de conexión de los centros de gravedad superficiales y centros de curvatura mínimos de las superficies especulares, están separados en más de 0,1%, y en especial, en más de 1%, y de manera especialmente preferente, más de 5% de un radio de curvatura mínimo sobre el centro de gravedad superficial de una de las superficies especulares curvadas.

De esta manera, en vez de la utilización antes descrita de lentes descentradas, es también posible sustituir una o varias o bien incluso la totalidad de lentes descentradas (y de los elementos deflectores ópticos adyacentes o bien superficies especulares adyacentes de dispositivos deflectores) por espejos ópticos curvados con una superficie especular curvada. En este caso, las superficies especulares curvadas se escogen de manera tal que siempre existe libertad de paralaje de los haces ópticos de reproducción reflejados por la superficie especular correspondiente y guiados por la ruta óptica de reproducción dentro de una zona de trabajo del sistema. La utilización de espejos curvados en vez de lentes descentradas y elementos deflectores ópticos adyacentes o bien superficies especulares adyacentes de dispositivos deflectores conduce a un sensible ahorro de peso del sistema óptico estereoscópico. Esto es especialmente ventajoso en la utilización del sistema óptico estereoscópico como foco de cabeza. En este caso, se pueden desplazar dos espejos curvados adyacentes a lo largo de una ruta óptica común con una separación, así como las anteriormente descritas lentes descentradas adyacentes mediante un dispositivo de accionamiento o accionador, unas con respecto a otras, para variar la distancia focal del dispositivo óptico constituido de este modo.

De acuerdo con una forma de realización, el primer subsistema óptico presenta además un primer sistema ocular y también el segundo subsistema óptico presenta un segundo sistema ocular, de manera que un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda, guiado al primer sistema ocular, así como un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la derecha guiado al segundo sistema ocular discurren esencialmente paralelos entre sí.

En este caso, el término "esencialmente paralelos" significan que dos correspondientes de uno de ambos rayos principales y una recta de conexión más corta entre ambos rayos principales, que se encuentra dispuesto perpendicularmente a ambos rayos principales, cortan planos (o prolongaciones directas de ambas rutas ópticas) bajo un ángulo menor de 20°, preferentemente menor de 10°, y de manera especialmente preferente, menor de 5°.

Conjuntamente con una construcción esencialmente simétrica del sistema óptico, este dispositivo conduce, además, a que los rayos principales de ambas rutas ópticas de reproducción guiados a los sistemas oculares, discurren también de manera esencialmente paralela con respecto a planos de simetría comunes del sistema óptico. En este caso, los rayos principales de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha se encuentran esencialmente en un plano común.

El sistema óptico estereoscópico puede presentar además un sistema de fijación, que está configurado para la fijación a la cabeza del usuario.

En base al reducido peso y al reducido brazo de palanca relacionado con la pequeña longitud constructiva, el sistema óptico estereoscópico según la invención es especialmente apropiado como foco de cabeza.

De manera alternativa, el sistema óptico estereoscópico puede estar constituido también, por ejemplo, por un microscopio estereoscópico, en especial un microscopio de operación.

A continuación, se describirán formas de realización preferentes de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En los dibujos, los elementos iguales o similares están designados con numerales de referencia, iguales o similares. En los dibujos:

La figura 1 muestra una reproducción esquemática de una ruta óptica a través de un sistema óptico estereoscópico, de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La figura 2 muestra una reproducción esquemática de una vista en perspectiva de un foco de cabeza, en la que se ha integrado el sistema estereoscópico de las figuras 1, figura 4 o figura 5;

La figura 3A muestra una vista esquemática de dos lentes descentradas antes de su incorporación en el sistema óptico estereoscópico de las figuras 1, figura 4 o figura 5;

La figura 3B es una vista esquemática en planta de dos lentes descentradas alternativas antes de la incorporación en el sistema óptico estereoscópico de las figuras 1, figura 4 o figura 5;

La figura 3C es una vista esquemática en perspectiva que indica características esenciales de las lentes descentradas;

La figura 4 muestra una reproducción esquemática de una ruta óptica a través de un sistema óptico estereoscópico, de acuerdo con una forma de relación alternativa de la presente invención;

La figura 5 muestra una reproducción esquemática de una ruta óptica a través de un sistema óptico estereoscópico, de acuerdo con una segunda forma de realización alternativa de la presente invención;

5 La figura 6 muestra en una reproducción esquemática una ruta óptica a través de un sistema Greenough, conocido en el estado de la técnica; y

La figura 7 muestra una reproducción esquemática de una ruta óptica de otro sistema estereoscópico según el estado de la técnica.

10 La figura 1 es una reproducción esquemática de una ruta óptica a través de un sistema óptico estereoscópico, de acuerdo con una primera forma de realización.

15 El sistema óptico estereoscópico -1- está construido para rutas ópticas de reproducción de la izquierda (primera) y de la derecha (segunda) -14L- y -14R- con respecto a un plano de simetría común -22- del sistema óptico -1-, de forma simétrica a base de un subsistema óptico -2L- de la izquierda (primero) y un subsistema óptico -2R- de la derecha (segundo). Para la formación de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R-, los subsistemas ópticos de la izquierda y de la derecha -2L-, -2R- presentan de manera correspondiente múltiples elementos ópticos -3L-, -3R-, -4L-, -4R-, -5L-, -5R-, -6L-, -6R-, -7L-, -7R-, -8L-, -8R-, -9L-, -9R-, -10L-, -10R-, -11L-, -11R-, -12L-, -12R-. En este caso, se debe resaltar que son permisibles pequeñas desviaciones de la simetría, por ejemplo, para la adecuación de las dioptrías. Preferentemente, estas desviaciones ascienden, no obstante, a no más de la mitad del diámetro del elemento óptico más grande utilizado.

20 En la figura 1 se ha representado la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- mediante los correspondientes rayos principales, que representan haces de rayos de reproducción pasantes. En este caso, un rayo principal es el rayo de mayor intensidad del correspondiente haz de rayos.

25 El ojo izquierdo o derecho -13L- y -13R- de un usuario mira de manera correspondiente en un ocular de salida de la izquierda o de la derecha del sistema -1-. El ocular de salida de la izquierda o de la derecha está constituido de manera correspondiente por dos lentes ópticas -11L-, -12L- o bien -11R-, -12R-, que están soportadas por pares por una armadura (no mostrada). En este caso, discurren un rayo principal de la ruta óptica de reproducción -14L- de la izquierda guiada en el ocular de salida de la izquierda, así como un rayo principal de la ruta óptica de reproducción -14R- de la derecha, guiada en el ocular de salida de la derecha, relativamente entre sí, de forma paralela y en igual dirección (y por lo tanto, también con relación al plano de simetría común -22-). No obstante, no es necesario ningún paralelismo absoluto. Por el contrario, es suficiente cuando dos de uno de ambos rayos principales y una recta de unión más corta entre ambos rayos principales (cuya recta de conexión se encuentra en disposición perpendicular a ambos rayos principales) cortan planos extendidos (o prolongaciones directas de ambos rayos principales) según un ángulo menor de 20°, preferentemente menor de 10°, especialmente preferente menor de 5°. De manera alternativa al ocular de salida de la izquierda o de la derecha, se puede prever también un adaptador de cámara (no mostrado) con un sensor digital con resolución local.

30 La ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R- son desviadas múltiples veces mediante superficies especulares de primeros, segundos, terceros y cuartos espejos ópticos -3L-, -3R-, -10L-, -10R- y superficies especulares de un primer y un segundo prismas -6L-, -6R-. En este caso, el primer prisma -6L- está dispuesto entre el primer y el tercer espejos ópticos -3L-, -10L- y produce mediante dos desviaciones sucesivas de 90°, una desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda -14L- de 180°. De manera correspondiente, el segundo prisma -6R- está dispuesto entre el segundo y el cuarto espejos ópticos -3R-, -10R- y produce, mediante dos desviaciones sucesivas de 90° una desviación de la ruta óptica de reproducción de la derecha -14L- de 180°.

35 La desviación mediante el primer y el segundo prismas -6L-, -6R- puede ser alternativamente distinta de 180° y puede tener un valor que en especial está comprendido entre 135 y 225°, y de manera preferente entre 170° y 190°.

40 Además, un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda -14L- forma entre el primer espejo óptico o bien el tercer espejo óptico -3L-, -10L- y el primer prisma -6L-, así como un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la derecha -14R- entre el segundo y el cuarto espejos ópticos -3L-, -10L- y el segundo prisma -6R- con el plano de simetría común de modo correspondiente, un ángulo mínimo $-\gamma_1$ -, $-\gamma_2$ -, $-\eta_1$ -, $-\eta_2$ - de 90°. De manera correspondiente, el primer y el segundo espejos -3L-, -3R- producen una desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha -14L-, -14R- esencialmente en 90°. En este caso, se debe comprender por una desviación de "esencialmente 90°" una desviación comprendida entre 65° y 115°, y en especial, una desviación comprendida entre 80° y 100°.

45 Se debe observar que la presente invención no está limitada a un ángulo $-\gamma_1$ -, $-\gamma_2$ -, $-\eta_1$ -, $-\eta_2$ - de 90°. Por el contrario, el ángulo puede estar comprendido, por ejemplo, entre 45° y 135°, y de manera preferente entre 75° y 105°. Además, no es necesario de forma indispensable que los ángulos indicados sean los ángulos más reducidos entre los rayos principales correspondientes y el plano de simetría -22-. Por el contrario, puede ser suficiente que los rayos principales se encuentren en planos que formen con el plano de simetría común -22- de manera

correspondiente, un ángulo mínimo $-\gamma_1$ -, $-\gamma_2$ -, $-\eta_1$ -, $-\eta_2$ - comprendido entre 45° y 135° , y de manera preferente entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente, de 90° .

Además, las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha 14L- y -14R- están constituidas mediante una primera, segunda, tercera y cuarta lentes ópticas -4L-, -4R-, -5L-, -5R-, de manera tal que se cortan en un plano de objeto -23- y forman, en este caso, un ángulo estéreo $-\alpha$ - distinto de cero. El sistema óptico estereoscópico -1- constituye de este modo en cada ojo -13L-, -13R- de un usuario una imagen del objeto dispuesto en el plano de objeto -23- (no mostrado), de manera que el ángulo de observación de ambas imágenes difiere en el ángulo estéreo $-\alpha$ -. Como resultado, se genera en el observador, una impresión espacial estereoscópica para el objeto observado. La magnitud del ángulo estéreo $-\alpha$ - depende de la separación de trabajo correspondiente del plano de objeto del sistema óptico estereoscópico -1-. El ángulo estéreo $-\alpha$ - asciende preferentemente a un valor comprendido entre 1° y 18° , y de manera especialmente preferente entre 6° y 8° .

Procedentes del plano de objeto -23-, ambas rutas ópticas de reproducción -14L-, -14R- son desviadas mediante las superficies especulares del primer y segundo espejos ópticos -3L- o -3R- del subsistema óptico de la izquierda o de la derecha -2L- o -2R- en 90° , en dirección opuesta. En la forma de realización mostrada, las correspondientes superficies especulares del primer y segundo espejos -3L-, -3R- forman, por lo tanto, entre sí, un ángulo $-\beta$ - de 90° . Además, las superficies especulares del primer y segundo espejos -3L-, -3R- están dispuestas simétricamente con respecto al plano de simetría común -22-.

En este caso, el ángulo $-\beta$ - no está limitado a 90° . Por el contrario, las diferentes superficies oculares del primer y segundo espejos -3L-, -3R- pueden formar, entre sí, un ángulo $-\beta$ - del valor deseado. Dado que para un sistema óptico compacto -1- es necesario una desviación sustancial de ambas rutas ópticas de reproducción -14L-, -14R-, el ángulo $-\beta$ - asciende preferentemente a un valor entre 50° y 130° . Además, la presente invención no está limitada a la utilización de espejos primero hasta cuarto -3L-, -3R-, -10L-, -10R-. Por el contrario, se puede prever también un número distinto de espejos.

Resulta de lo anterior que, ambas rutas ópticas de reproducción -14L-, -14R- son guiadas de manera completamente separada en los subsistemas ópticos de la izquierda y de la -2L-, -2R-. Esto no excluye, no obstante, que entre el plano de objeto -23- y el primer y el segundo espejos ópticos -3L-, -3R- esté previsto adicionalmente un elemento óptico (no representado en la figura 1) tal como, por ejemplo, una lente, un filtro, o un disco de recubrimiento, en el que se pueden guiar conjuntamente ambas rutas ópticas de reproducción -14L-, -14R-.

A continuación, las rutas ópticas de reproducción constituidas de este modo -14L-, -14R- atraviesan separadamente una primera y tercera o bien segunda y cuarta lentes ópticas -4L-, -5L- o bien -4R-, -5R-. En este caso, la primera lente óptica -4L- y la tercera lente óptica -5L- están separadas entre sí a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda -14L- según una primera separación -D1-, así como la segunda lente óptica -4R- y la cuarta lente óptica -5R- están separadas entre sí a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha -14R- en una segunda separación -D2-. El primer espejo óptico -3L- está dispuesto, por lo tanto, entre la primera lente óptica -4L- y el plano de objeto -22-, y el segundo espejo óptico -3R- está dispuesto de este modo entre la segunda lente óptica -4R- y el plano de objeto -22-. En este caso, la primera lente óptica -4L- es una primera lente descentrada-4L-.

En el sentido de la presente invención, se comprenderá por lente descentrada una variante especial de una lente óptica. De acuerdo con una primera definición, una lente descentrada presenta, como mínimo, en la zona de uno de los haces de rayos de reproducción guiados por la correspondiente ruta óptica de reproducción, una superficie óptica que es una superficie parcial de una superficie matemática simétrica en rotación, cuya superficie matemática con respecto al eje de simetría de la superficie matemática, presenta un radio máximo. El radio máximo está determinado por la extensión máxima de la correspondiente superficie óptica que determina también la superficie matemática. Para una lente descentrada, es determinante, en este caso, que el correspondiente centro de gravedad superficial de la superficie óptica de la lente presente una separación del eje de simetría de la superficie matemática correspondiente, que es superior 0,2 veces el radio máximo de la superficie matemática. Esta separación puede ser, opcionalmente, más grande y, por ejemplo, superior a 0,3 veces, o más que 0,4 veces, o en especial incluso más de 0,5 veces el radio máximo de la superficie matemática. Además, el eje de simetría de la superficie matemática puede encontrarse dentro o fuera de la superficie óptica de la lente descentrada.

Trasladado a la primera lente descentrada -4L-, ello significa que una primera superficie óptica -15L- de la lente -4L- es una superficie parcial de una primera superficie matemática -31- simétrica en rotación. Un primer centro de gravedad superficial -17L- de esta primera superficie óptica -15L- de la lente -4L- presenta, con respecto a un primer eje de simetría -16L- de la superficie matemática-31-, una separación -AL-, que es mayor que 0,2 veces un primer radio máximo -R1- de la primera superficie matemática -31-. En la figura 1, la separación -AL- asciende a 0,5 veces el primer radio máximo -R1-.

De manera correspondiente, las segunda, tercera y cuarta lentes ópticas -4R-, -5L- y -5R- son lentes descentradas y presentan, como mínimo, en la zona de uno de los haces de rayos de producción guiados por la ruta óptica de reproducción correspondiente, una segunda o bien tercera o cuarta superficie óptica -15R- o -18L- o -18R- que, de

manera correspondiente, es una superficie parcial de una segunda o tercera o cuarta superficie matemática simétrica en rotación, cuya superficie matemática referida a un segundo o tercero o cuarto eje de simetría -16R- o -19L- o -19R- de la superficie matemática presentan de manera correspondiente un segundo o bien tercero o bien cuarto radio máximo -R2- o -R3- o -R4-. En este caso, son también la segunda, tercera y cuarta lentes ópticas -4R-, -5L- y -5R- de modo correspondiente una segunda, tercera y cuarta lentes descentradas -4R-, -5L- y -5R-. Como resultado, el centro de gravedad superficial correspondiente segundo, tercero o cuarto 17R- o -20L- o -20R- de las correspondientes superficies ópticas segunda o tercera o cuarta 15R- o -18L- o -18R- de las segunda o tercera o cuarta lentes descentradas -4R- o -5L- o -5R- del correspondiente segundo o tercero o cuarto ejes de simetría -16R- o -19L- o -19R- de la superficie matemática correspondiente, una separación -AR-, o bien -AL'- o bien -AR', que es mayor de 0,2 veces el correspondiente radio máximo segundo o tercero o cuarto -R2- o -R3- o -R4- de la superficie matemática correspondiente. En la figura 1, la separación -AR- asciende a 0,5 veces el segundo radio máximo -R2- y las separaciones -AL'- y -AR'- ascienden de modo correspondiente a 0,4 veces el tercero o bien cuarto radio máximo -R3- o -R4-.

La correspondiente separación -AR- o bien -AL'- o -AR' entre los correspondientes centros de gravedad superficiales segundo o tercero o cuarto 17R- o -20L- o -20R- y lo correspondientes segundo o tercero o cuarto ejes de simetría -16R- o -19L- o -19R- pueden ser distintos. En la presente forma de realización, el primer centro de gravedad superficial -17L- de la primera superficie -15L- de la primera lente descentrada -4L- del primer eje de simetría -16L- está separada, no obstante, en igual distancia como el segundo centro de gravedad superficial -17R- de la segunda superficie -15R- de la segunda lente descentrada -4R- del cuarto eje de simetría -16R-. De manera correspondiente, también el tercer centro de gravedad superficial -20L- de la tercera superficie -18L- de la tercera lente descentrada -5L- del tercer eje de simetría -19L- está separado en igual distancia que el cuarto centro de gravedad superficial -20R- de la cuarta superficie -18R- de la cuarta lente descentrada -5R- del cuarto eje de simetría -19R-.

En la forma de realización mostrada, los correspondientes centros de gravedad primero, segundo, tercero y cuarto centros de gravedad superficiales -17L-, -17R-, -20L-, -20R- de las primera, segunda, tercera y cuarta superficies -15L-, -15R-, -18L-, -18R- de las correspondientes lentes descentradas primera, segunda, tercera y cuarta -4L-, -4R-, -5L-, -5R- están separadas con respecto a los primer, segundo, tercero y cuarto ejes de simetría -16L-, -16R-, -19L-, -19R- de las correspondientes superficies matemáticas en 50% o 40% de los correspondientes radios máximos -R1-, -R2-, -R3-, -R4- de la correspondiente superficie matemática.

La invención no está limitada, no obstante, a lo indicado. La separación puede ser, por el contrario, incluso más reducida. Una separación de, como mínimo, 50% tiene, no obstante, la ventaja de que se pueden fabricar, como mínimo, dos lentes descentradas por corte de una lente única más grande.

La relación que se ha descrito entre la lente descentrada y la superficie matemática simétrica en rotación descrita mediante la lente descentrada, se muestra en la figura 3C con el ejemplo de la tercera lente descentrada -5L-. En este caso, la figura 3C muestra en la mitad de la izquierda de la figura la tercera lente descentrada -5L- sola, y en la mitad de la derecha de la figura muestra la tercera lente descentrada -5L- con la superficie matemática -31L- simétrica con respecto al primer eje de rotación determinada por aquella. En este caso, se ha mostrado en la figura 3C, en la parte superior, una vista en planta, y en la parte inferior una vista en sección de la lente o bien una vista lateral de la superficie.

La tercera superficie ópticamente activa -18L- de la tercera lente descentrada -5L- determina una tercera superficie matemática -31L- simétrica en rotación (mostrada en líneas de puntos en la figura). En la figura 3C de la parte superior, la tercera superficie óptica 18L- se ha rayado diagonalmente, y en la figura 3C de la parte inferior se ha mostrado el borde superior de la vista en sección de la lente -5L-. Tal como se ha mostrado en la mitad de la derecha de la figura 3C, la tercera superficie óptica -18L- de la tercera lente descentrada -5L- es una superficie parcial de la tercera superficie matemática -31L-. Además, la tercera superficie óptica -18L- de la tercera lente descentrada -5L- presenta un centro de gravedad superficial -20L-. El cálculo del centro de gravedad de una superficie es conocido por los técnicos.

La tercera superficie matemática -31L- determinada mediante la tercera superficie óptica -18L- presenta un radio máximo -R3- referido a su eje de simetría -19L-, que está determinado por la extensión máxima de la tercera superficie óptica -18L-, que determina la superficie matemática -31L-.

Una característica de las lentes descentradas consiste en que el centro de gravedad superficial -20L- de la superficie óptica (tercera) -18L- está separada del eje de simetría -19L- de la superficie matemática -31L- determinada por la lente.

De acuerdo con una forma de realización alternativa, las lentes descentradas pueden ser definidas de un modo distinto al indicado. Así, por ejemplo, las lentes descentradas -4L-, -4R-, -5L- y -5R- presentan, como mínimo, dos superficies ópticamente activas que son atravesadas por una ruta óptica de reproducción -14L-, -14R-, una después de la otra. Estas superficies ópticas determinan, a causa de su curvatura de modo correspondiente, un punto medio de un círculo de curvatura (punto medio de curvatura). En este caso, las rectas de unión de los centros de gravedad

superficial y las rectas de unión de los centros de curvatura de estas superficies ópticamente activas de una lente descentrada correspondiente no son coaxiales como en las lentes habituales sino que están desplazadas paralelamente, en ángulo u oblicuas.

5 Esto aparecerá claramente en la figura 3C en base a la separación -AL'- entre las rectas de unión de los centros de gravedad superficial -20L- (coincidentes en la figura 3C) y de las rectas de unión de los centros de curvatura -K-, -K'- (coincidente en la figura 3C con el eje de simetría -19L- de la tercera superficie matemática -31L-) de las superficies ópticamente activas -18L-, -18L'- de la tercera lente descentrada -5L-. En este caso, -K- indica el centro de curvatura de la superficie -18L- y -K'- el centro de curvatura de la superficie -18L'-.

10 En la parte inferior de la figura 3C, la superficie ópticamente activa -18L'- es el borde medio rayado de la vista en sección de la lente -5L-. De acuerdo con una forma de realización, la separación es superior a 0,2 veces un radio máximo de una superficie ópticamente activa de la lente descentrada -5L-, medida entre el centro de gravedad superficial -20L- y un borde externo de las superficies ópticamente activas -18L- y -18L'-.

15 La presente invención no está, no obstante, limitada a ello. Así, por ejemplo, la separación de acuerdo con una forma de realización, puede ser superior a 0,1% y en especial superior a 1%, y de manera más específica más de 5% del radio del mínimo círculo de curvatura determinado por las superficies ópticamente activas -18L-, -18L'- de la lente descentrada -5L-.

En la forma de realización mostrada, la primera superficie -15L- de la primera lente descentrada -4L- y la segunda superficie -15R- de la segunda lente descentrada -4R- son idénticas. Igualmente, la tercera superficie -18L- de la tercera lente descentrada -5L- y la cuarta superficie -18R- de la cuarta lente descentrada -5R- son idénticas. Esta correspondencia completa no es, no obstante, forzosamente necesaria. Por el contrario, puede ser suficiente que exista correspondencia con respecto a un mínimo de 80%, preferentemente, un mínimo de 90% y de manera especialmente preferente, un mínimo de 98% de las correspondientes superficies de las lentes descentradas correspondientes, de manera que solamente se consideren desviaciones ópticamente relevantes.

20 De acuerdo con una forma de realización, se exigirá solamente correspondencia por pares de, como mínimo, una superficie de diferentes lentes descentradas.

Además, la primera y segunda lentes descentradas -4L- y -4R-, así como la tercera y cuarta lentes descentradas -5L- y -5R- están dispuestas simétricamente con respecto al plano de simetría común -22- de forma correspondiente por pares.

30

En la figura 3A se ha mostrado una vista esquemática de la primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R- antes de la incorporación en el sistema óptico estereoscópico -1-.

35 En este caso, la primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R- están constituidas por corte, según una línea mostrada en trazos de una lente óptica -30- constituida de forma simétrica común en rotación. Como consecuencia, la primera y segunda superficies ópticas -15L-, -15R- de la primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R-, son de modo correspondiente superficies parciales de una superficie simétrica en rotación (matemática) -31- de la lente común -30- la cual, referida a su eje de simetría -16L-, -16R-, presenta un radio máximo -R1-, -R2-. De este modo,

40 en esta forma de realización específica, el primer y el segundo eje de simetría -16L-, -16R- de la lente óptica común -30-, así como el primer y segundo radios máximos -R1-, -R2- de la lente óptica común -30- son idénticos con respecto a la primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R-. Tal como se puede apreciar, el primer centro de gravedad superficial -17L- de la primera superficie -15L- de la primera lente descentrada -4L- y el segundo centro de gravedad superficial -17R- de la segunda superficie -15R- de la segunda lente descentrada -4R- del mismo eje de simetría común -16L-, -16R- de la lente óptica común -30- correspondientes separaciones -AL-, -AR- que corresponde a 0,5 veces el radio máximo común de la lente óptica común -30-, -R1-, -R2-.

45

Incluso cuando ambas lentes descentradas -4L-, -4R- mostradas en la figura 3A están realizadas mediante corte circular de la misma lente óptica común simétrica en rotación -30-, la presente invención no está limitada a ello. De manera alternativa, ambas lentes descentradas pueden presentar una línea de periferia de la forma deseada. En especial, ambas lentes descentradas pueden presentar líneas periféricas diferentes.

50

De manera especialmente simple, ambas lentes descentradas pueden ser constituidas por corte recto de una única lente óptica simétrica en rotación común -30'-, tal como se ha mostrado esquemáticamente en la figura 3B. En la figura 3B se corresponden los elementos -R1'-, -R2'-, -AL'-, -AR'-, -4L'-, -4R'-, -15L'-, -15R'-, -16L'-, -16R'-, -17L'-, -17R'-, -30'- y -31'- a los correspondientes elementos descritos -R1-, -R2-, -AL-, -AR-, -4L-, -4R-, -15L-, -15R-, -16L-, -16R-, -17L-, -17R-, -30- y -31- en una forma parcialmente diferente de la figura 3A, de manera que se hará referencia a una única descripción.

55

60 En la primera forma de realización mostrada de la figura 1, la primera separación -D1- entre la primera lente descentrada -4L- y la tercera lente descentrada -5L- a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda -14L- puede ser modificada mediante un primer motor -21L-. Con utilización de un segundo motor -21R-, la segunda separación -D2- entre la segunda lente descentrada -4R- y la cuarta lente descentrada -5R- puede ser modificada a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha -14R-. En este caso, las lentes primera y tercera o bien segunda y cuarta descentradas -4L-, -4R-, -5L-, -5R- dispuestas de manera correspondiente a lo largo de las rutas ópticas de reproducción -14L- o -14R- constituyen por pares un dispositivo óptico de potencia variable. La

65

disposición óptica constituida de este modo con potencia variable está dispuesta de modo correspondiente entre el primer espejo óptico -3L- y el primer prisma -6L-, así como el segundo espejo óptico -3R- y el segundo prisma -6R-. Se trata, en este caso, en el primer y segundo motores -21L- y -21R- de modo correspondiente de motores paso a paso. En vez de motores paso a paso separados, se puede utilizar también un motor común o uno o dos accionamientos manuales.

En la construcción simétrica mostrada en la figura 1 del sistema óptico estereoscópico -1- es ventajoso que el desplazamiento de la primera lente descentrada -4L- con respecto a la tercera lente descentrada -5L- y el desplazamiento relativo de la segunda lente descentrada -4R- con respecto a la cuarta lente descentrada -5R- estén acopladas mecánicamente o eléctricamente, de manera que la primera separación -D1- y la segunda separación -D2- sea siempre de la misma magnitud. Esto puede tener lugar, por ejemplo, mediante la utilización de dos motores paso a paso, por ejemplo, a través de un control común mediante un dispositivo de control no mostrado en la figura 1. En la utilización de un motor común o un accionamiento manual común, ello puede tener lugar, por ejemplo, mediante un acoplamiento mecánico.

Mediante la variación de las separaciones -D1- y -D2- se posibilitará la adecuación del sistema óptico estereoscópico -1- a la correspondiente separación de trabajo del plano del objeto -23- y, por lo tanto, el correspondiente enfoque. En este caso, la construcción, según la invención, asegura con una selección adecuada de las primera y tercera o bien segunda y cuarta superficies ópticas -15L-, -18L- o bien -15R-, -18R- para la segunda y cuarta lentes descentradas -4L-, -5L- o bien -4R-, -5R- que se forma por los rayos principales de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- en el plano del objeto -23- incluso después de la variación de la distancia de trabajo y, por lo tanto, después de la variación de las separaciones -D1- y -D2- dentro de una zona de trabajo del sistema -1-, de manera automática un ángulo estéreo $-\alpha-$ distinto de nulo.

Después de atravesar la primera y tercera o bien segunda y cuarta lentes descentradas -4L-, -5L- o bien -4R- y -5R- las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha guiadas separadamente -14L- y -14R- llegan de manera correspondiente en el primer y segundo prismas (dispositivos deflectores) -6L- y -6R- que presentan de manera correspondiente dos superficies especulares. De este modo, la primera y tercera lentes descentradas -4L- y -5L- están dispuestas entre el primer espejo -3L- y el primer prisma -6L-. De manera correspondiente, la segunda y cuarta lentes descentradas -4R-, -5R- están dispuestas entre el segundo espejo -3R- y el segundo prisma -6R-.

De esta manera, ambos prismas -6L- y -6R- que constituyen los dispositivos deflectores, pueden ser cambiados opcionalmente por pares de espejos.

Después de la desviación a través del primer y segundo prismas -6L-, -6R- las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha guiadas de forma separada -14L-, -14R- llegan a un primer o bien a un segundo sistema zum -24L-, -24R- del sistema óptico de la izquierda o de la derecha -2L-, -2R-.

El primer sistema zum -24L- presenta tres lentes ópticas desplazables relativamente entre sí (primeros elementos ópticos zum) -7L-, -8L-, -9L- para efectuar un aumento de la reproducción de la ruta óptica de reproducción de la izquierda -14L- y constituir de esta manera un dispositivo óptico con potencia variable. De manera correspondiente, el segundo sistema zum -24R- presenta tres lentes ópticas desplazables relativamente entre sí (segundo elemento óptico zum) -7R-, -8R-, -9R- para provocar un aumento de reproducción variable de la ruta óptica de reproducción de la derecha -14R- y constituir de esta manera un dispositivo óptico de potencia variable. De esta manera, entre el primer prisma -6L- y el tercer espejo óptico -10L-, así como entre el segundo prisma -6R- y el cuarto espejo óptico -10R- está previsto, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable.

En este caso, las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L- del primer sistema zum -24L- están dispuestas a lo largo de un eje óptico común que está desplazado con respecto al primer eje de simetría -16L- de la primera lente descentrada -4L- de modo paralelo y que forma con el plano de simetría/eje de simetría común -22- del sistema óptico estereoscópico -1- un ángulo menor de 90° . De manera correspondiente, también las lentes ópticas -7R-, -8R-, -9R- del segundo sistema zum -24R- están dispuestas a lo largo de un eje óptico común, que está desplazado con respecto al segundo eje de simetría -16R- de la segunda lente descentrada -4R- y que forma con el plano de simetría/eje de simetría común -22- del sistema óptico estereoscópico -1- un ángulo mínimo de 90° .

Por esta razón, los correspondientes ejes ópticos de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L-, -7R-, -8R-, -9R- están desplazados con respecto a un rayo principal guiado de manera correspondiente entre el primer espejo óptico -3L- y el primer prisma -6L- o bien el segundo espejo óptico -3R- y el segundo prisma -6R-.

No obstante, la presente invención no está limitada a la disposición del tipo mencionado de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L-, -7R-, -8R-, -9R- del primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R-. Por el contrario, los ejes ópticos correspondientes de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L-, -7R-, -8R-, -9R- del primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- pueden formar con el primero o segundo eje de simetría -16L- o -16R- de la primera o segunda lente descentrada -4L- o -4R- asimismo un ángulo. Para conseguir una desviación suficiente de la ruta del rayo y, por lo tanto, conseguir una forma constructiva reducida, el ángulo formado ascende, preferentemente, a un máximo de 20° . De modo correspondiente, el ángulo mínimo formado por el eje óptico correspondiente de las lentes ópticas

-7L-, -8L-, -9L-, -7R-, 8R-, -9R- y el plano de simetría común -22- del sistema óptico estereoscópico -1- tampoco está limitado a 90°. Por el contrario, este ángulo mínimo puede ascender, por ejemplo, a un valor entre 45° y 135° y en especial entre 75° y 105°. En este caso, este ángulo mínimo puede estar dispuesto en un plano deseado alrededor del eje óptico correspondiente.

Mediante la variación de las separaciones de lentes -EL-, -ER- y -FL-, -FR- entre las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L-, -7R-, 8R-, -9R- del primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- es posible la variación de la potencia de los correspondientes primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- y, por lo tanto, una ampliación ajustable (función zum) de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- en la reproducción producida.

Esto tiene lugar en la forma de realización que se ha mostrado por el desplazamiento de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L- del primer sistema zum -24L- o bien de las lentes ópticas -7R-, 8R-, -9R- del segundo sistema zum -24R- entre sí, como mínimo, con un dispositivo de ajuste (no mostrado). En este caso, tiene lugar el desplazamiento de la construcción simétrica mostrada en la figura 1 del sistema óptico estereoscópico -1- de manera preferente, de forma que las separaciones -EL- y -ER-, así como las separaciones -FL-, -FR- siempre tienen la misma magnitud. La disposición descrita de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L-, -7R-, 8R-, -9R- del primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- conduce, además, a que el centro de gravedad del sistema óptico estereoscópico -1-, para un desplazamiento igual de lentes del primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R-, no varía o lo hace en muy pequeña medida.

De acuerdo con una forma de realización alternativa (no mostrada), la variación de la potencia de los correspondientes primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- no es producida por el desplazamiento relativo de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L- del primer sistema zum -24L- o bien de las lentes ópticas -7R-, 8R-, -9R- del segundo sistema zum -24R-. Por el contrario, de acuerdo con esta forma de realización alternativa, como mínimo, una de las lentes ópticas -7L-, -8L-, -9L- del primer sistema zum -24L- o bien de las lentes ópticas -7R-, 8R-, -9R- del segundo sistema zum -24R- es una lente óptica de potencia variable, de manera que dicha potencia puede ser variable por control de las lentes ópticas correspondientes.

De acuerdo con otra forma de realización alternativa (no mostrada), tiene lugar la variación de la potencia del dispositivo óptico constituido por las lentes -4L- y -5L- o bien -4R- y -5R- para la adecuación de la distancia de trabajo de forma adicional o alternativa no por desplazamiento relativo de una de las lentes ópticas -4L-, -5L-, -4R-, -5R-. Por el contrario, de acuerdo con esta forma de realización alternativa adicional, como mínimo, una de las lentes ópticas -4L-, -5L-, -4R-, -5R- es una lente óptica de potencia variable o bien entre los pares de lentes descentradas está dispuesta una lente óptica de potencia variable, de manera que la potencia puede ser variada por control de la lente óptica correspondiente.

Las lentes ópticas con potencia variable y, por lo tanto, con potencia ajustable y variable, son conocidas en el estado de la técnica, por ejemplo por los documentos US 4.795.248 o US 5.815.233 cuya materia se tendrá en cuenta de forma global en la presente solicitud de patente. Estas lentes con potencia ajustable comprenden una capa de cristal líquido que es controlable con intermedio de una estructura de electrodos para ajustar la longitud de la trayectoria óptica preparada por la capa de cristal líquido para un rayo que atraviesa la capa con dependencia del lugar, es decir, de manera diferente, con respecto a la sección de la lente, con ajuste al valor deseado, de manera que se puede conseguir un efecto de lente flexible. Estas lentes se designan como lentes de cristal líquido o lentes LCD.

De manera alternativa, en una lente óptica de este tipo con potencia variable puede ser también, por ejemplo, una lente líquida. Una lente líquida comprende, de manera típica, una envolvente con dos ventanas de entrada o bien entradas de salida entre las que están encerrados dos líquidos con índice de potencia distintos, esencialmente no mezclables entre sí. La envolvente constituye para ambos líquidos una pared cónica simétrica con respecto a un eje óptico de la lente líquida sobre la que se aplica una superficie límite entre ambos líquidos, según un ángulo de contacto. Un líquido es conductor eléctrico, mientras que el otro líquido es esencialmente no conductor eléctrico. Mediante la aplicación de una tensión, se puede variar el ángulo que forma la superficie límite entre ambos líquidos con la pared. A causa de los diferentes índices de potencia de ambos líquidos, se puede variar el efecto de lente de dicha lente para un rayo que atraviesa a ésta a lo largo del eje óptico. Una lente líquida se puede adquirir, por ejemplo, de la firma Varioptic, 69007 Lyon, Francia. Otras lentes líquidas que son conocidas para la variación de su potencia utilizando la variación de la forma de la superficie límite, son conocidas por los documentos US 6.369.954 B1, CA 2.368.553 y US 4.783.155, cuya materia se incorpora a título de referencia en la presente solicitud de patente.

Después de atravesar el primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R- las rutas ópticas de reproducción guiadas de forma separada de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- serán desviadas a través del tercer espejo óptico del sistema óptico de la izquierda -2L- (tercer elemento deflector) -10L- o bien por la superficie especular del cuarto espejo óptico dispuesto en el sistema óptico de la derecha -2R- (cuarto elemento deflector) -10R-.

El primer sistema zum -24L- del primer subsistema óptico -2L- está dispuesto, por lo tanto, entre el tercer espejo óptico -10L- y el primer prisma -6L- y el primer prisma -6L- se encuentra dispuesto entre el primer espejo óptico -3L- y el tercer espejo óptico -10L-. De manera correspondiente, el segundo sistema zum -24R- del segundo subsistema

óptico -2R- está dispuesto entre el cuarto espejo óptico -10R- y el segundo prisma -6R- y el segundo prisma -6R- está dispuesto entre el segundo espejo óptico -3R- y el cuarto espejo -10R-.

El sistema óptico estereoscópico -1- mostrado en la figura 1 presenta, de acuerdo con una primera forma de realización, adicionalmente un sistema de irradiación a través de una fuente de radiación -25- y una fuente de irradiación óptica -26-. La fuente de radiación -25- sirve para emitir radiación. La fuente de irradiación óptica -26- que presenta solamente una lente en la figura 1, define una ruta de radiación-irradiación -27- para la radiación emitida por la fuente de radiación -25-. En la radiación emitida por la fuente de radiación -25- puede ser, por ejemplo, luz emitida a efectos de iluminación, un haz de rayos láser emitido a efectos terapéuticos y/o una radiación de infrarrojos emitida a efectos de diagnóstico. De manera alternativa al sistema de irradiación, se puede prever también un sistema de observación, en especial un sistema de observación por infrarrojos.

Tal como se aprecia en la figura 1, las primeras y segundas superficies de espejo del primero y segundo espejos -3L-, -3R- del primer y segundo subsistemas ópticos -2L-, -2R- están separados entre sí en una distancia -A- mayor de cero y la ruta óptica de irradiación -27- preparada por la fuente de irradiación óptica -26- es guiada a través de dicha separación -A-. De esta manera, se posibilita una irradiación/observación con cero grados del objeto dispuesto en el plano de objeto -22- sin ninguna dificultad.

De manera alternativa a la separación -A- mostrada en la figura 1 entre la primera y segunda superficies de espejo del primer y segundo espejos -3L-, -3R-, la primera y segunda superficies de espejo del primer y segundo espejos -3L-, -3R- pueden presentar, por lo menos parcialmente, una mayor transparencia para la radiación guiada por la ruta óptica de irradiación -27-, tal como en la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha -14L-, -14R- con el haz de rayos de reproducción. Para ello, las superficies de espejo del primer y segundo espejos -3L-, -3R- pueden presentar por zonas características transparentes o semi-transparentes o características dicróicas. En este caso, la ruta óptica de irradiación -27- preparada por la óptica de irradiación -26- es guiada a través de la zona de mayor transparencia o bien de propiedades dicróicas de la primera y segunda superficies de espejo.

En la forma de realización mostrada en la figura 1, los rayos principales de los haces de rayos de reproducción de la izquierda y de la derecha correspondientes a la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R- se encuentran esencialmente en un mismo plano. Eso significa que los rayos principales forman con un mismo plano un ángulo menor de 30° y en especial menor de 20° , y de manera específica menor de 10° y preferentemente, de 0° .

Se hace observar que la primera forma de realización que se describe tiene solamente carácter de ejemplo. Así por ejemplo, el número de elementos ópticos mostrados en la figura 1 puede ser distinto. Además, una o varias de las lentes ópticas utilizadas (tal como se ha mostrado) pueden ser lentes compuestas. Además, en vez de espejos ópticos se pueden utilizar, opcionalmente, otros elementos deflectores ópticos, tales como por ejemplo, prismas.

En las figuras 4 y 5 se han mostrado de manera esquemática rutas ópticas a través de un sistema óptico estereoscópico, de acuerdo con una segunda forma de realización alternativa.

Dado que la realización de las rutas ópticas de ambas formas de realización alternativas muestran una gran similitud a la ruta óptica mostrada y explicada en la figura 1, de acuerdo con la primera forma de realización, a continuación solamente se hará referencia a las diferencias. Así, por ejemplo, en las figuras 4 y 5 a efectos de una mejor visibilidad, no se han representado propiamente los ángulos η_1 -, η_2 - (a diferencia de la figura 1).

El sistema estereoscópico óptico -1'- de acuerdo con la primera forma de realización alternativa mostrada en la figura 4, se diferencia del sistema óptico estereoscópico -1- de acuerdo con la primera realización actualmente descrita, en especial por el hecho de que la primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R- y los espejos ópticos primero y segundo -3L- y -3R- adyacentes a las lentes descentradas -4L-, -4R- están desplazadas por pares en las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R- mediante un primer y un segundo espejos ópticos curvados -40L-, -40R-.

En este caso, el radio de curvatura más grande (mostrado en la figura 4 de manera simbólica por flechas) -m1L-, -m1R- de las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- del primer y segundo espejos ópticos curvados -40L-, -40R- es de 80 cm en cada caso y, por lo tanto, es menor de un metro. La presente invención no está, no obstante, limitada a ello. Por el contrario, puede ser suficiente para los objetivos de esta solicitud de patente que ambos radios de curvatura más grandes -m1L-, -m1R- de las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- sean menores de diez metros.

En la forma de realización mostrada, las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- presentan de manera correspondientes dos radios de curvatura distintos -m1L-, -m2L- o bien -m1R-, -m2R-, de manera que la diferencia entre los diferentes radios de curvatura, preferentemente ortogonales entre sí, -m1L- y -m2L- o bien -m1R- y -m2R- es de 22% del radio de curvatura más grande -m1R- o -m1L- de los dos radios de curvatura correspondientes -m1L-, -m2L- o bien -m1R-, -m2R- de una correspondiente superficie especular curvada -44L-, -44R-.

La presente invención no está limitada, no obstante, a que las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- presenten de manera precisa dos radios de curvatura distintos -m1L-, -m2L- o bien -m1R-, -m2R-. Por el contrario, las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- pueden presentar de manera alternativa y de forma correspondiente más de dos radios de curvatura distintos. Asimismo, los radios de curvatura de una superficie
5 specular curvada (en este caso, por ejemplo, -44L-) pueden diferir en número y/o radio con respecto a los radios de curvatura de las otras superficies especulares curvadas (en este caso, por ejemplo, -44R-). Además, la diferencia entre los diferentes radios de curvatura de una superficie specular curvada correspondiente no está limitada al presente ejemplo. De modo general, es suficiente de acuerdo con la presente invención, que la diferencia entre,
10 como mínimo, dos radios de curvatura preferentemente ortogonales entre sí, distintos de una correspondiente superficie specular curvada, sea como mínimo de 5% y preferentemente, como mínimo 10%, y de modo más preferente 20% del radio de curvatura más grande de los, como mínimo, dos radios de curvatura. A este respecto, los términos "esencialmente ortogonales" significan que ambos radios de curvatura distintos se cortan con un ángulo comprendido entre 65° y 115°, y preferentemente entre 80° y 100°, y de manera especialmente preferente de 90°.

15 Se puede apreciar que las superficies especulares -44L-, -44R- con dichos radios de curvatura -m1L-, -m2L- o bien -m1R-, -m2R-, son tóricas o esféricas y presentan una distancia focal distinta de cero. Es determinante para las superficies especulares -44L-, -44R- del primero y segundo espejos ópticos curvados -40L-, -40R- que las superficies especulares curvadas -44L-, -44R- con respecto a las rutas ópticas de reproducción desviadas -14L-,
20 -14R- presenten de manera correspondiente un efecto de simetría en rotación. En este caso, la curvatura de las superficies especulares -44L-, -44R- se escoge de manera tal que se conserva la libertad de paralaje de los haces de rayos de reproducción correspondientes a las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R- y guiados por la primera y segunda superficies ópticas curvadas -44L-, -44R- dentro de la zona de trabajo del sistema -1'-.

25 En la forma de realización mostrada en la figura 4, la primera superficie specular curvada -44L- y la segunda superficie specular curvada -44R- son idénticas y están dispuestas simétricamente con respecto al plano de simetría -22- del sistema óptico estereoscópico -1'-.

30 En este caso, la primera y segunda superficies especulares curvadas -44L-, -44R- están separadas entre sí en una separación -A'- y están inclinadas una con respecto a la otra en un ángulo -β'-. A través de la separación -A'-, es guiada la ruta óptica de irradiación -27- emitida desde la fuente de irradiación -25-. Este caso, tanto la separación -A'- como también el ángulo -β'- pueden ser constantes y también variables.

35 De acuerdo con esta forma de realización, la primera y segunda superficies especulares curvadas -44L- y -44R- están dispuestas además de forma tal que una recta de unión (no mostrada) entre el centro de gravedad superficial (no mostrado) de la primera superficie specular curvada -44L- y el centro de gravedad superficial (no mostrado) de la segunda superficie specular curvada -44R- y una recta de unión (no mostrada) entre el centro de curvatura mínimo (no mostrado) (centro del mínimo círculo de curvatura determinado por la superficie specular curvada en el centro de gravedad superficial de la superficie specular curvada) de la primera superficie specular curvada -44L- y
40 el centro de curvatura mínimo (no mostrado) de la segunda superficie specular curvada -44R- no están dispuestas coaxiales sino con una separación de más de 0,1% del radio de curvatura mínimo en el centro de curvatura superficial de las superficies especulares curvadas -44L-, -44R-. La presente invención, no obstante, no está limitada a una disposición y construcción de este tipo de la primera y segunda superficies especulares -44L-, -44R-. Por ejemplo, las rectas de unión de los centros de gravedad superficial de las rectas de unión de los centros de curvatura mínimos de las superficies especulares pueden estar desplazadas en paralelo, dispuestas en ángulo u oblicuas entre sí y pueden estar separadas en más de 1% y en especial más de 5% de un radio de curvatura mínimo de las superficies especulares curvadas en el centro de gravedad superficial correspondiente.

45 El primer espejo curvado -40L- está separado de la tercera lente descentrada -5L- en una primera separación -D1'-.

50 De manera correspondiente, el segundo espejo curvado -40R- de la cuarta lente descentrada -5R- está separada en una segunda separación -D2'-.

55 Mediante el primer motor -21L- se pueden desplazar el primer espejo curvado -40L- y la tercera lente descentrada -5L- uno con respecto a la otra para modificar de este modo la primera separación -D1'-.

60 De manera correspondiente, mediante el segundo motor -21R-, se puede desplazar el segundo espejo curvado -40R- y la cuarta lente descentrada -5R- entre sí para variar la segunda separación -D2'-.

65 También en este caso, puede ser ventajoso un acoplamiento mecánico o eléctrico de las primera y segunda separaciones -D1'- y -D2'- o de manera alternativa se puede utilizar un motor común (no mostrado). En vez de un motor, en todas las formas de realización se puede utilizar también un accionamiento manual. Igual que en la primera forma de realización descrita, la variación de las separaciones -D1'-, -D2'- posibilita la adecuación a la distancia de trabajo correspondiente del sistema óptico estereoscópico -1'- del plano de objeto -23- y, por lo tanto, el enfoque. En este caso, la construcción, según la presente invención, asegura para una elección adecuada del primer espejo curvado -40L- y la tercera lente descentrada -5L- o bien para el segundo espejo curvado -40R- y la cuarta lente descentrada -5R- de las superficies ópticas utilizadas -44L-, -18L- o -44R-, -18R-, que los rayos principales de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R-, incluso después de la variación de la distancia de trabajo y, por lo tanto, después de una variación de las separaciones -D1'-, -D2'- (dentro de la zona de trabajo del sistema -1'-) se cortan automáticamente siempre en el plano de objeto -23- y, por lo tanto, forman un ángulo estereo -α- distinto de cero. A causa de la desviación de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-,

-14R- se desplaza un centro de gravedad del sistema óptico estereoscópico -1'- en caso de variación de las separaciones -D1'- y -D2'- en un valor nulo o muy reducido.

5 Además, en la primera forma de realización alternativa, se cambian el primer y segundo prismas -6L-, -6R- de modo correspondiente por un par de espejos planos -41L- y -42L- o bien -41R- y -42R- que son soportados por un mismo armazón -43L- o -43R- y que, por lo tanto, forman un ángulo constante δ_1 , o bien δ_2 de 90° . Este ángulo δ_1 , δ_2 no está limitado, no obstante, a 90° . Por el contrario, el ángulo δ_1 , δ_2 puede tener un ángulo con el valor deseado, en especial, comprendido entre 85° y 95° .

10 La utilización de un primer y segundo espejos curvados -40L-, -40R- en vez de una primera y segunda lentes descentradas -4L-, -4R- y en vez de los elementos deflectores ópticos adyacentes -3L-, -3R- conduce a un sensible ahorro de peso del sistema óptico estereoscópico -1'-. Esto es especialmente ventajoso en la utilización del sistema óptico estereoscópico -1'- como foco de cabeza.

15 A continuación, haciendo referencia a la figura 5 se describirá una ruta óptica a través de un sistema óptico estereoscópico -1''- de una segunda forma de realización alternativa. En este caso, se prescindirá de la descripción de elementos que corresponden a la primera forma de realización alternativa mostrada en la figura 4.

20 El sistema óptico estereoscópico -1''-, de acuerdo con la segunda forma de realización alternativa mostrada en la figura 5 se diferencia del sistema óptico estereoscópico -1'-, según la primera forma de realización alternativa de la presente descripción, especialmente por el hecho de que, adicionalmente, la tercera y cuarta lentes descentradas -5L-, -5R- y los espejos planos ópticos adyacentes -41L-, -41R- a dichas lentes descentradas -5L-, -5R- en las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- se han cambiado por pares por un tercer y un cuarto espejos ópticos curvados -45L-, -45R-. Los tercer y cuarto espejos curvados -45L-, -45R- presentan de modo correspondiente una tercera y cuarta superficies especulares ópticas curvadas -46L-, -46R- que se escogen de manera tal que se conserva en todo momento la libertad de paralaje de un haz de rayos de reproducción guiados en las correspondientes rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L- y -14R- y reflejados por las correspondientes superficies especulares curvadas tercera y cuarta -46L-, -46R- dentro de la zona de trabajo del sistema -1''-. Para ello, las tercera y cuarta superficies especulares curvadas -46L-, -46R- de los tercer y cuarto espejos ópticos curvados -45L-, -45R- presentan, con respecto a las rutas ópticas de reproducción desviadas de manera correspondiente -14L-, -14R- un efecto de simetría en rotación. Con respecto a la elección de radios de curvatura (no mostrados propiamente en la figura 5) para la tercera y cuarta superficies especulares curvadas -46L-, -46R- se hará referencia a las realizaciones de los radios de curvatura -m1L-, -m2L- o -m1R-, -m2R- de la primera y segunda superficies especulares curvadas -44L-, -44R- en la forma de realización de la figura 4.

35 En la forma de realización mostrada en la figura 5, la tercera superficie especular curvada -46L- y la cuarta superficie especular curvada -46R- son idénticas y están dispuestas simétricamente con respecto al plano de simetría -22- del sistema óptico estereoscópico -1''-. El tercer espejo curvado -45L- y el espejo plano -42L-, así como el cuarto espejo curvado -45R- y el espejo plano -42R- quedarán soportados de manera correspondiente por pares sobre un armazón común -43L-, -43R-.

40 De acuerdo con esta forma de realización, la disposición de las superficies especulares curvadas tercera y cuarta -46L- y -46R- se corresponden entre sí con respecto a la recta de unión del centro de gravedad superficial y la recta de unión del centro de curvatura mínimo de las superficies especulares -46L- y -46R- de la disposición que se describe de la primera y segunda superficies especulares curvadas -44L-, -44R-.

45 El primer espejo curvado -40L- está separado del tercer espejo curvado -45L- en una primera separación variable -D1''-. De manera correspondiente, el segundo espejo curvado -40R- está separado del cuarto espejo curvado -45R- en una segunda separación variable -D2''- mediante un primer motor -21L', el tercer espejo curvado -45L- y el espejo plano -42L- pueden ser desplazados con respecto al primer espejo curvado -40L- para variar la primera separación -D1''-. De manera correspondiente, el cuarto espejo curvado -45R- y el espejo plano -42R- pueden ser desplazados mediante un segundo motor -21R'- con respecto al segundo espejo curvado -40R- para modificar la segunda separación -D2''-. En este caso, como consecuencia del desplazamiento de los espejos plano -42L- y -42R- se puede producir una variación de la ampliación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- que se puede corregir mediante el primer y segundo sistemas zum -24L-, -24R-. También en este caso, puede ser ventajoso un acoplamiento mecánico o eléctrico de la primera y segunda separaciones -D1'- y -D2'- o se puede utilizar también un accionamiento común (no mostrado). Tal como en las formas de realización anteriores, la variación de las separaciones -D1''- y -D2''- posibilita una adecuación del sistema óptico estereoscópico -1''- a una distancia de trabajo correspondiente del plano del objeto -23- y, por lo tanto, el enfoque. En este caso, la construcción, según la invención, asegura para la elección adecuada de las superficies ópticas correspondientes -44L-, -46L- o bien -44R-, -46R- para el primer espejo curvado -40L- y el tercer espejo curvado -45L- o bien para el segundo espejo curvado -40R- y el cuarto espejo curvado -45R- que los rayos principales de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R-, incluso después de la variación de la separación de trabajo y, por lo tanto, la variación de las separaciones -D1'- y -D2'- forman automáticamente en el plano del objeto -23- un plano estereo - α - distinto de cero.

La utilización de un tercer y cuarto espejos curvados -45L-, -45R- en vez de la tercera y cuarta lentes descentradas -5L-, -5R- y de los espejos planos adyacentes -41L-, -41R- conduce al contrario de la primera forma de realización alternativa a un ahorro adicional de peso del sistema óptico estereoscópico -1"- . Esto es ventajoso en especial, en la utilización del sistema óptico estereoscópico -1"- como foco de cabeza.

5 Tal como se ha mostrado en la figura 2, el sistema óptico estereoscópico que se ha descrito -1-, -1'-, -1"- puede estar integrado en un cuerpo envolvente -28- que mediante una correa se puede sujetar en la cabeza del usuario de manera tal que el ojo izquierdo -13L- y el ojo derecho -13R- del observador miran de manera correspondiente al ocular de salida de la izquierda o de la derecha de los sistemas ópticos estereoscópicos -1-, -1'-, -1"- . De esta
10 manera, el sistema óptico estereoscópico -1-, -1'-, -1"- puede formar parte de un foco de cabeza. En este caso, la desviación descrita de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha -14L-, -14R- tiene como consecuencia que los elementos ópticos del sistema óptico estereoscópico -1- están dispuestos esencialmente de forma transversal con respecto a la cabeza del usuario y, por lo tanto, paralelamente a un plano frontal que se
15 extiende según la frente del usuario. Esto tiene como consecuencia que actúa sobre la cabeza del usuario el peso del elemento óptico solamente con un reducido brazo de palanca. Además, no varía el brazo de palanca para el desplazamiento de los elementos ópticos o lo hace en medida muy reducida. De esta manera, se puede evitar el cansancio prematuro del usuario y la aparición de calambres en la musculatura correspondiente.

20 De manera alternativa, el sistema óptico estereoscópico descrito -1-, -1'-, -1"- puede quedar integrado también en un microscopio de operaciones y, en especial, en un microscopio digital de operaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema óptico estereoscópico (1, 1', 1'') que comprende:

5 un primer subsistema óptico (2L) con múltiples elementos ópticos (3L-12L; 40L, 41L, 42L, 40L) para la preparación de una ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) del sistema óptico estereoscópico (1; 1'; 1''), de manera que el primer subsistema óptico (2L) presenta para la desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L), como mínimo, un primer elemento deflector (3L, 10L; 40L, 10L), así como un primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L); y

10 un segundo subsistema óptico (2R) con múltiples elementos ópticos (3R-12R; 40R, 41R, 42R, 45R) para la preparación de una ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) del sistema óptico estereoscópico (1), de manera que el segundo subsistema óptico (2R) para la desviación de la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) presenta, como mínimo, un segundo elemento deflector (3R, 10R; 40R, 10R), así como un segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R); de manera que los elementos ópticos (3L-12L; 40L, 5L, 41L, 42L, 7L-12L; 40L, 45L) del primer subsistema óptico (2L) y los elementos ópticos (3R-12R; 40R, 5R, 41R, 42R, 7R-12R; 40R, 45R) del segundo subsistema óptico (2R) están dispuestos de manera esencialmente simétrica con respecto a un plano de simetría común (22);

20 **caracterizado porque**

el rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) entre el, como mínimo, un primer elemento deflector (3L, 10L; 40L, 10L), así como el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L) y un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) entre el, como mínimo, segundo elemento deflector (3R, 10R; 40R, 10R) así como el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R) forman con el plano de simetría común (22) de manera correspondiente un primer ángulo mínimo (γ_1 , γ_2 , η_1 , η_2) de entre 45° y 135° y, preferentemente, entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente, de 90° y/o están dispuestos en un plano que forman con el eje de simetría común (22) de manera correspondiente, un ángulo mínimo (γ_1 , γ_2 , η_1 , η_2) de entre 45° y 135°, y preferentemente entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente, de 90°; y que entre el, como mínimo, un primer elemento deflector (3L, 10L; 40L, 10L) y el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L) y el, como mínimo, un segundo elemento deflector (3R, 10R; 40R, 10R) y el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R) está dispuesto, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable (4L, 5L, 7L-9L, 4R, 5R, 7R-9R);

35 **de manera que** el dispositivo óptico de potencia variable (4L, 5L, 7L-9L, 4R, 5R, 7R-9R) comprende, de manera correspondiente, como mínimo, dos lentes desplazables relativamente entre sí a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda y de la derecha (4L, 5L, 7L-9L, 4R, 5R, 7R-9R).

2. Sistema óptico estereoscópico (1, 1', 1''), según la reivindicación 1,

40 en el que el primer subsistema óptico (2L) presenta, como mínimo, un primer y un tercer elemento deflector (3L, 10L; 40L, 10L) y el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L) está dispuesto a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) entre ambos primero y tercero elementos deflectores (3L, 10L; 40L, 10L); de manera que el segundo subsistema óptico (2R) presenta, como mínimo, un segundo y un cuarto elementos deflectores (3R, 10R; 40R, 10R) y el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R) está dispuesto a lo largo de la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) entre ambos segundo y cuarto elementos deflectores (3R, 10R; 40R, 10R); y

50 de manera que rayos principales correspondientes de la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) entre el primer y el tercer elementos deflectores (3L, 10L; 40L, 10L) y el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L) así como cada uno de los rayos principales de la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) entre el segundo y el cuarto elemento deflector (3R, 10R; 40R, 10R) y el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R), con el plano de simetría común (22) forman de manera correspondiente un primer ángulo mínimo (γ_1 , γ_2 , η_1 , η_2) de entre 45° y 135° y, preferentemente, entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente, de 90° y/o están dispuestos en planos que con el plano de simetría común (22) forman de manera correspondiente, un ángulo mínimo (γ_1 , γ_2 , η_1 , η_2) de entre 45° y 135°, y preferentemente entre 75° y 105°, y de manera especialmente preferente, de 90°.

55 3. Sistema óptico estereoscópico (1, 1', 1''), según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable (4L, 5L, 7L-9R, 4R, 5R, 7R-9R) es una lente óptica desplazable (7L, 8L, 9L, 7R, 8R, 9R) de un primer o segundo sistema zum (24L, 24R), que está dispuesto en la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha (14L, 14R) entre el, como mínimo, un elemento deflector (10L, 10R) y el primer o segundo dispositivo deflector (6L, 6R; 41L, 42L, 41R, 42R; 45L, 42L, 45R, 42L) y presenta elementos ópticos zum desplazables relativamente entre sí (7L-9L, 7R-9R), para producir una ampliación de la reproducción variable de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha (14L, 14R), y

65 en el que los primeros elementos ópticos zum (7L, 8L, 9L) del primer sistema zum (24L) están dispuestos en la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) a lo largo de un eje óptico común, que forman con el plano de simetría

- común (22) un ángulo mínimo (γ_1) entre 45° y 135° , preferentemente comprendido entre 75° y 105° y que es de manera preferente de 90° , y/o se encuentra en un plano que forma con el plano de simetría común (22) un ángulo mínimo (γ_1) comprendido entre 45° y 135° , preferentemente comprendido entre 75° y 105° y que es de manera preferente de 90° ; y en el que los segundos elementos ópticos de zum (7R, 8R, 9R) del segundo sistema zum (24R) están dispuestos en la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) a lo largo de un eje óptico común que con el plano de simetría común (22) de manera correspondiente un primer ángulo pequeño ($\gamma_1, \gamma_2, \eta_1, \eta_2$) de entre 45° y 135° y, preferentemente, entre 75° y 105° , y de manera especialmente preferente, 90° y/o se encuentra en un plano que forma con el plano de simetría común (22) un ángulo mínimo (γ_2) de entre 45° y 135° , y preferentemente comprendido entre 75° y 105° , y que preferentemente es de 90° .
- 5
- 10 4. Sistema óptico estereoscópico (1, 1', 1''), según la reivindicación 3, en el que los primeros elementos ópticos zum (7L, 8L, 9L) del primer sistema zum (24L) están dispuestos entre el tercer elemento deflector (10L) y el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L) a lo largo de un eje óptico común que está desplazado paralelamente con respecto a un rayo principal guiado en la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) entre el primer elemento deflector (3L; 40L) y el primer dispositivo deflector (6L; 41L, 42L; 45L, 42L); y
- 15 en el que los segundos elementos ópticos zum (7R, 8R, 9R) del segundo sistema zum (24R) están dispuestos entre el cuarto elemento deflector (10R) y el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R) a lo largo de un eje óptico común que está desplazado de forma paralela con respecto a un rayo principal guiado en la ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) entre el segundo elemento deflector (3R; 40R) y el segundo dispositivo deflector (6R; 41R, 42R; 45R, 42R).
- 20
- 25 5. Sistema óptico estereoscópico (1, 1'), según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que dicho, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable (4L, 5L, 4R, 5R; 5L, 5R) es, respectivamente, una lente óptica (4L, 5L, 4R, 5R; 5L, 5R) desplazable, con respecto a otro elemento óptico (5L, 4L, 5R, 4R; 40L, 40R) para el ajuste de la distancia de trabajo del sistema óptico estereoscópico (1, 1').
- 30
- 35 6. Sistema óptico estereoscópico (1, 1'), según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el, como mínimo, un dispositivo óptico de potencia variable está constituido de manera correspondiente por una lente de cristal líquido y/o una lente líquida cuya potencia variable es ajustable mediante control.
- 40 7. Sistema óptico estereoscópico (1, 1', 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el primer y el segundo dispositivos deflectores (6L, 6R; 41L, 42L, 41R, 42R; 45L, 42L, 45R, 42R) están constituidos de manera correspondiente, para generar una desviación de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha (14L, 14R) comprendida entre 135° y 225° , preferentemente comprendida entre 170° y 190° y de manera especialmente preferente de 180° ; y
- 45 el primer y el tercer y/o el tercer y cuarto elementos deflectores (3L, 10L, 3R, 10R; 40L, 10L, 40R, 10R) están respectivamente realizados, para generar un desvío de la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha (14L, 14R) entre 65° y 115° , y de modo preferente, entre 80° y 100° , y de manera especialmente preferente, de 90° .
- 50 8. Sistema óptico estereoscópico (1, 1'; 1''), según la reivindicación 7, en el que el primer y segundo dispositivos deflectores (6L, 6R; 42L, 45L, 42R, 45R) presentan dos superficies especulares ópticas que forman entre sí, respectivamente, un ángulo (δ_1, δ_2) comprendido entre 85° y 95° , y preferentemente de 90° .
- 55 9. Sistema óptico estereoscópico (1, 1'; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el primer y el segundo dispositivos deflectores (6L, 6R; 41L, 42L, 41R, 42R; 45L, 45R, 42R) y/o una primera y segunda superficies especulares del primer y del segundo elementos deflectores (3L, 3R; 40L, 40R) están dispuestos de forma simétrica con respecto a un plano de simetría común (22).
- 60 10. Sistema óptico estereoscópico (1, 1'; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el ángulo (β) entre una primera superficie especular del primer elemento deflector (3L; 40L) y una segunda superficie especular del segundo elemento deflector (3R; 40R) asciende entre 50° y 130° y en especial, entre 80° y 100° , y preferentemente es de 90° .
- 65 11. Sistema óptico estereoscópico (1; 1'; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el sistema (1; 1'; 1'') presenta un sistema de irradiación con una fuente de radiación (25) para la emisión de radiaciones y con una óptica de irradiación (26) para la preparación de una ruta de radiación-irradiación (27) para la radiación emitida por la fuente de radiación (25).
12. Sistema óptico estereoscópico (1; 1'; 1''), según la reivindicación 11, en el que una primera y segunda superficies especulares del primer y segundo elementos deflectores (3L, 3R; 40L, 40R) presentan, respectivamente, como mínimo por zonas, una mayor transparencia para la radiación emitida por ruta óptica de irradiación (27) que, para la

radiación guiada por la ruta óptica de reproducción de la izquierda o de la derecha (14L, 14R) y/o están separados entre sí en una separación (A) mayor de cero; y

5 de manera que la ruta óptica de irradiación (27) constituida por la óptica de irradiación (26) discurre a través de la mayor transparencia de la primera y segunda superficies especulares y/o a través de la separación (A) entre ambas superficies especulares primera y segunda.

10 13. Sistema óptico estereoscópico (1; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que como mínimo, un elemento deflector (3L, 3R, 10L, 10R; 40L, 40R, 10L, 10R) y/o, como mínimo, un dispositivo deflector (6L, 6R; 41L, 41R, 42L, 42R; 45L, 45R, 42L, 42R) del primer y segundo subsistemas ópticos (2L, 2R) presenta, de manera correspondiente, una superficie especular curvada (44L, 44R, 46L, 46R) con un radio de curvatura (m1L, m2L, m1R, m2R) menor de diez metros, y preferentemente, menor de un metro y cuya superficie especular curvada (44L, 44R, 46L, 46R) presenta con respecto a la ruta óptica de reproducción desviada (14L, 14R) un efecto de simetría en rotación.

15 14. Sistema óptico estereoscópico (1; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el primer subsistema óptico (2L) presenta además un primer sistema ocular (11L, 12L) y el segundo subsistema óptico (2R) presenta además un segundo sistema ocular (11R, 12R); y

20 en el que un rayo principal de la ruta óptica de reproducción de la izquierda (14L) guiado en el primer sistema ocular (11R, 12L), así como un rayo principal de la segunda ruta óptica de reproducción de la derecha (14R) guiado en el segundo sistema ocular (11R, 12R) discurren esencialmente de forma paralela entre sí.

25 15. Sistema óptico estereoscópico (1; 1'; 1''), según una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que rayos principales de las rutas ópticas de reproducción de la izquierda y de la derecha (14L, 14R) se encuentran esencialmente en un plano común.

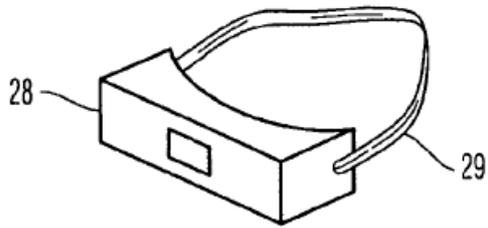


Fig. 2

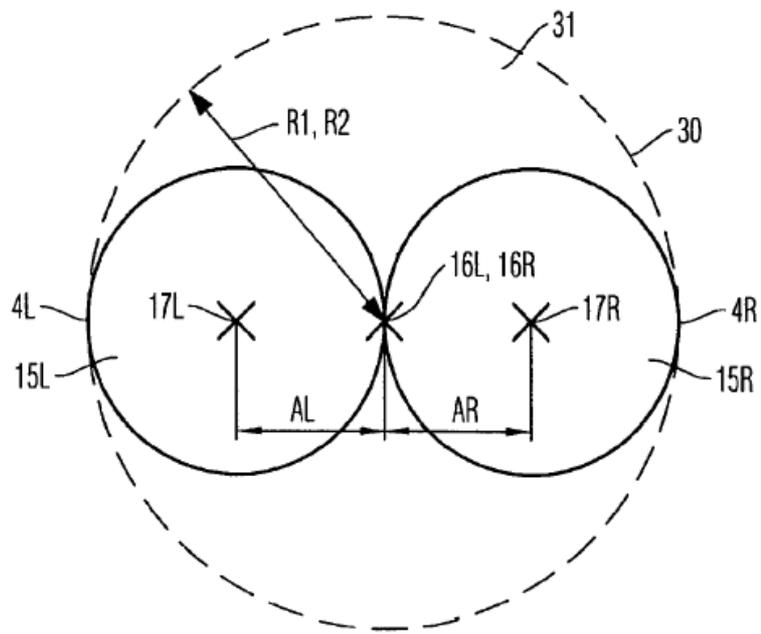


Fig. 3A

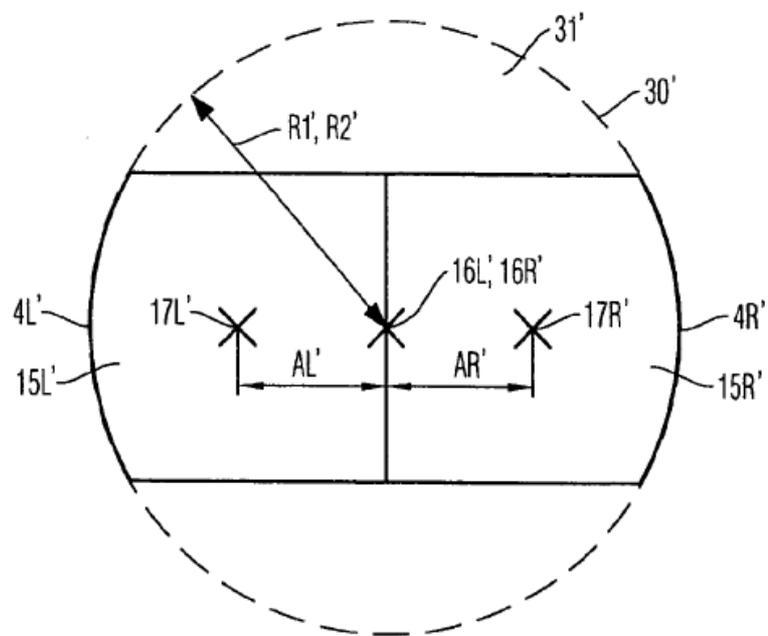


Fig. 3B

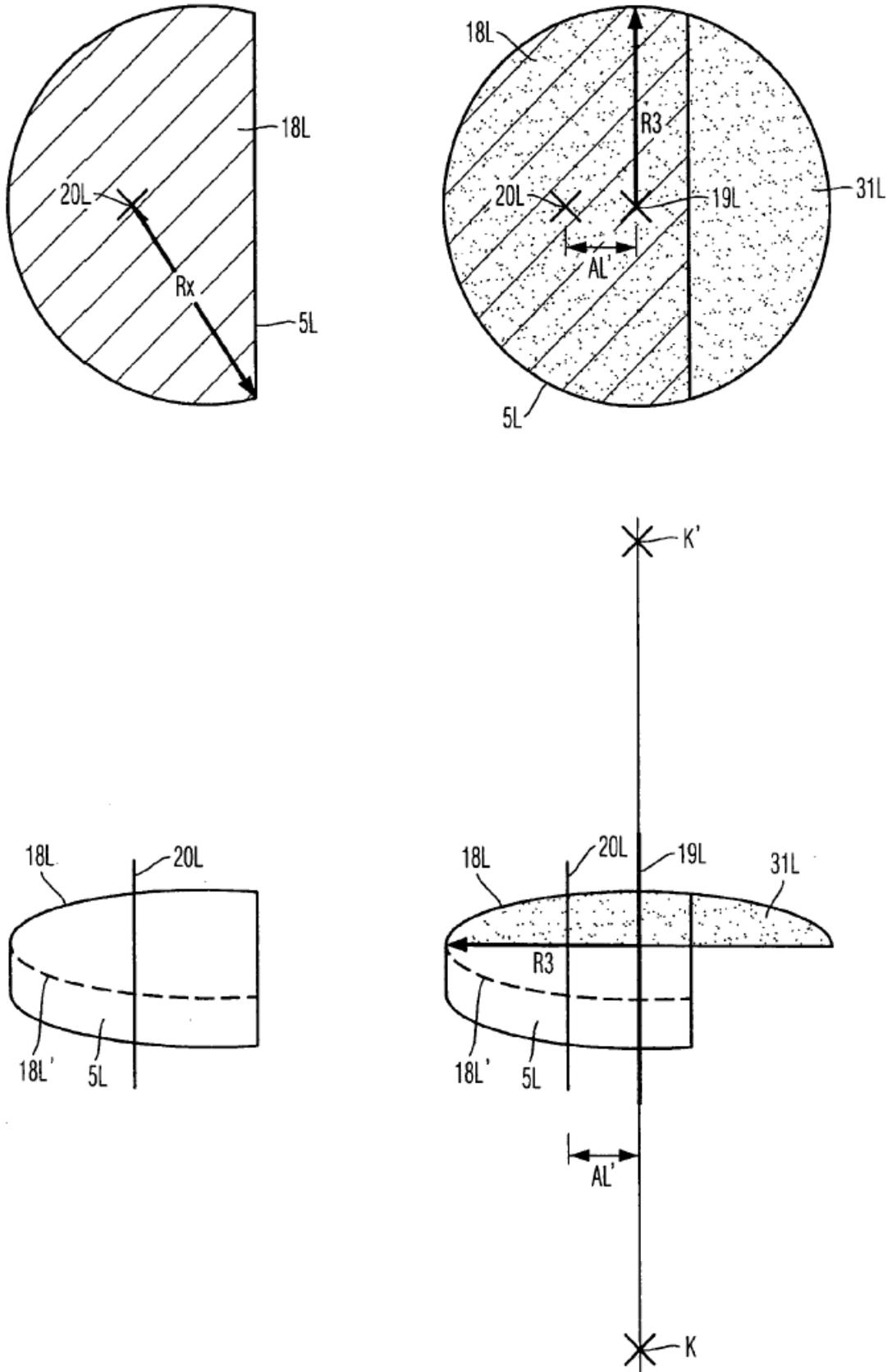


Fig. 3C

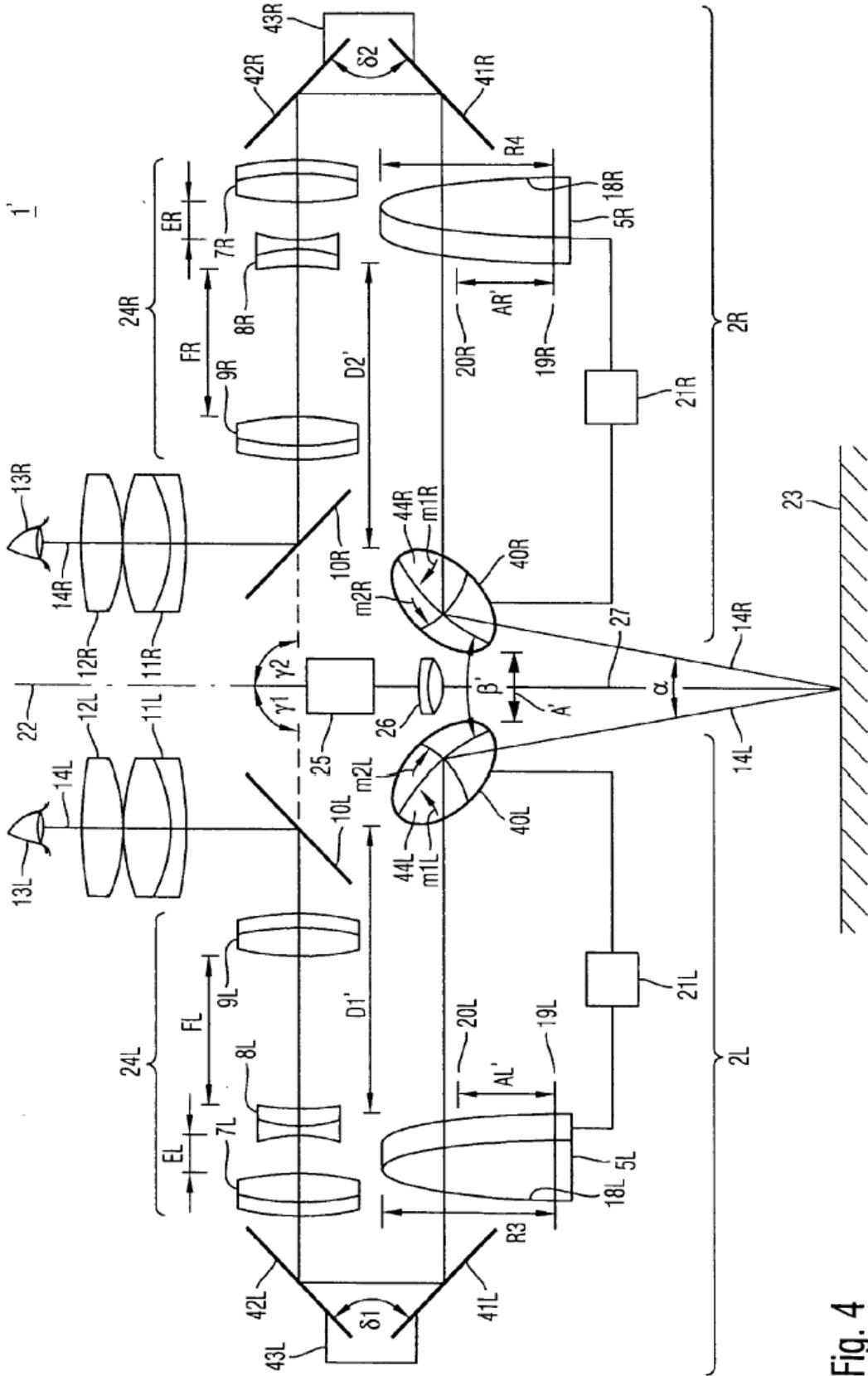


Fig. 4

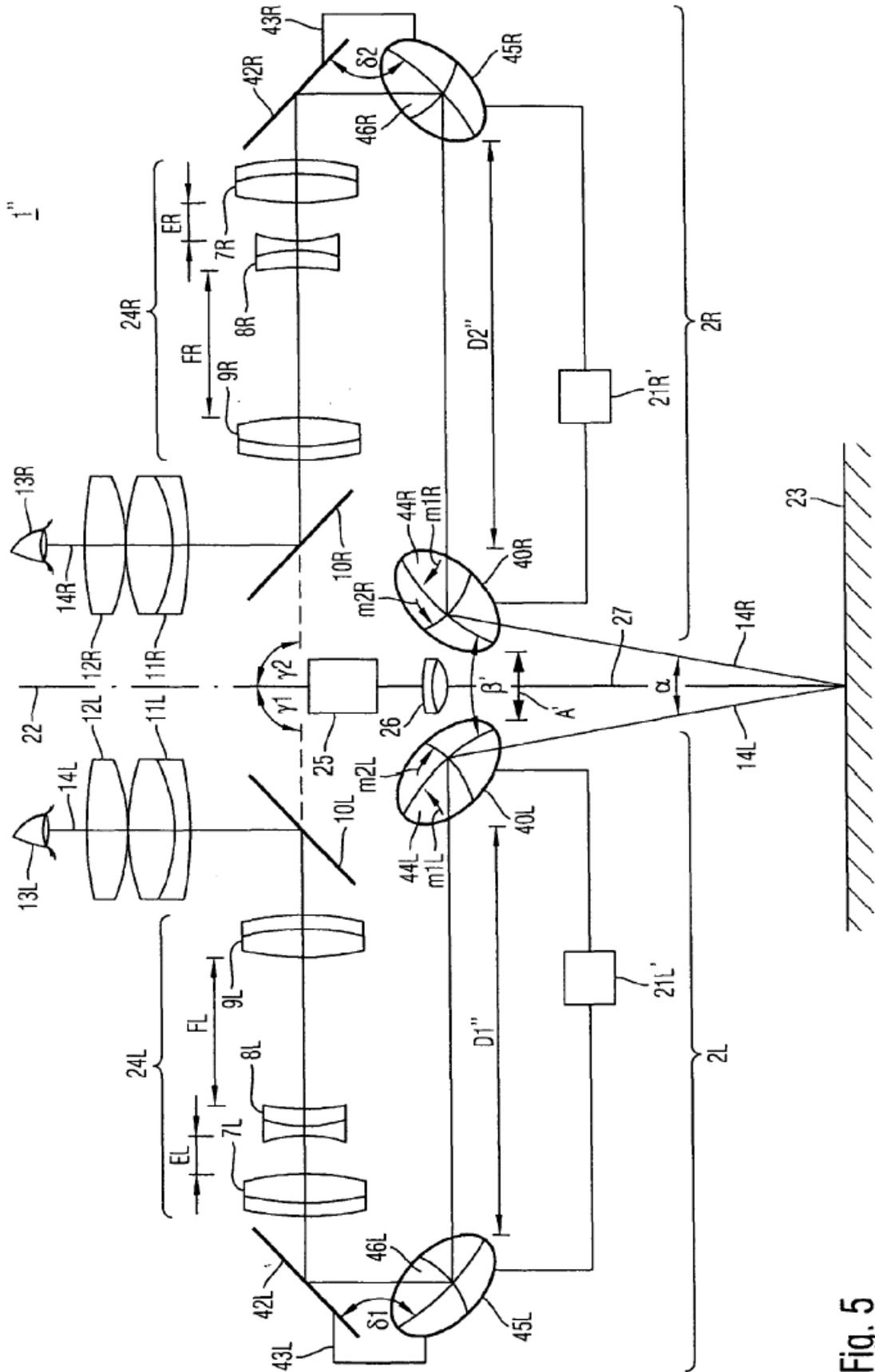


Fig. 5

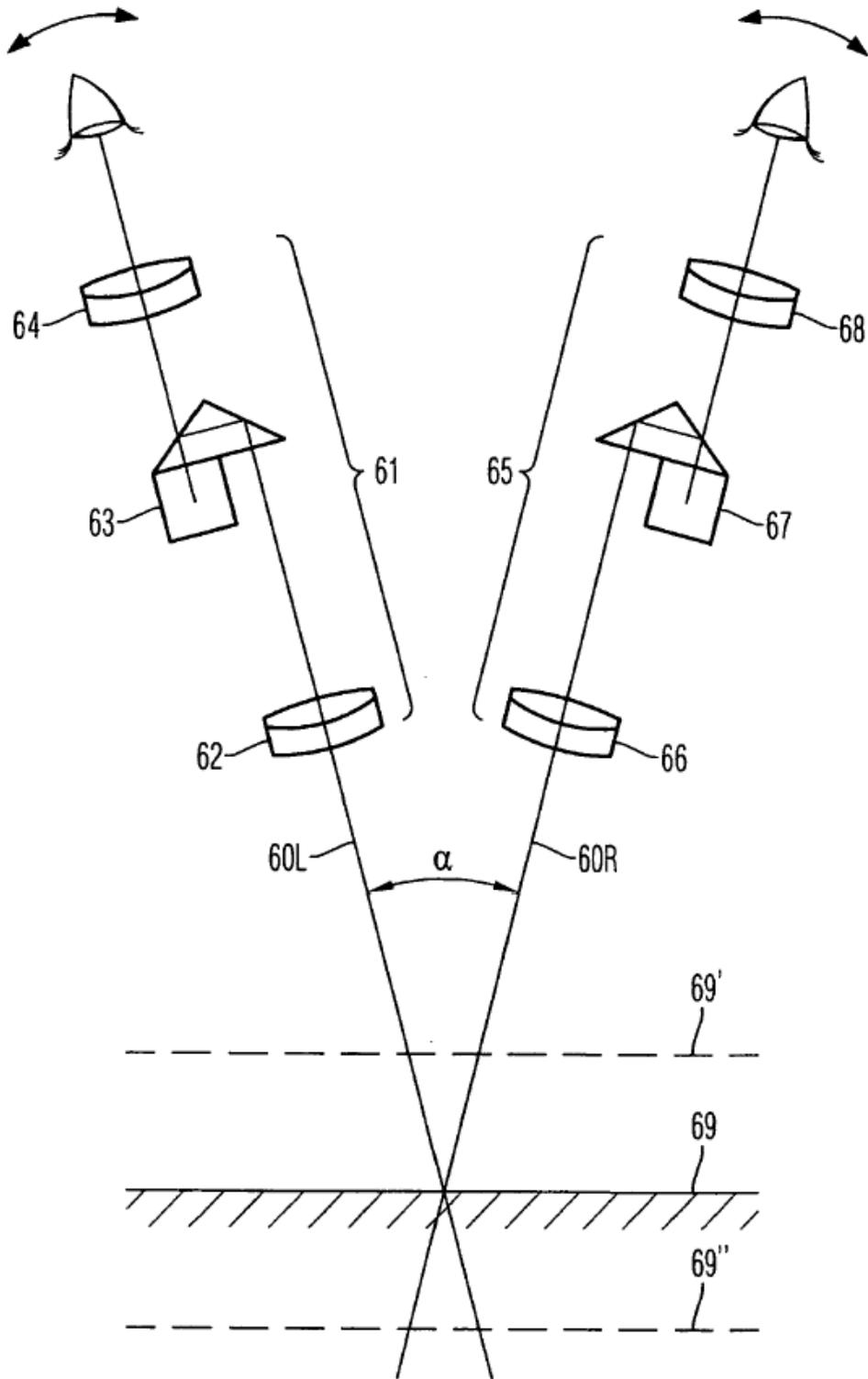


Fig. 6

Estado de la técnica

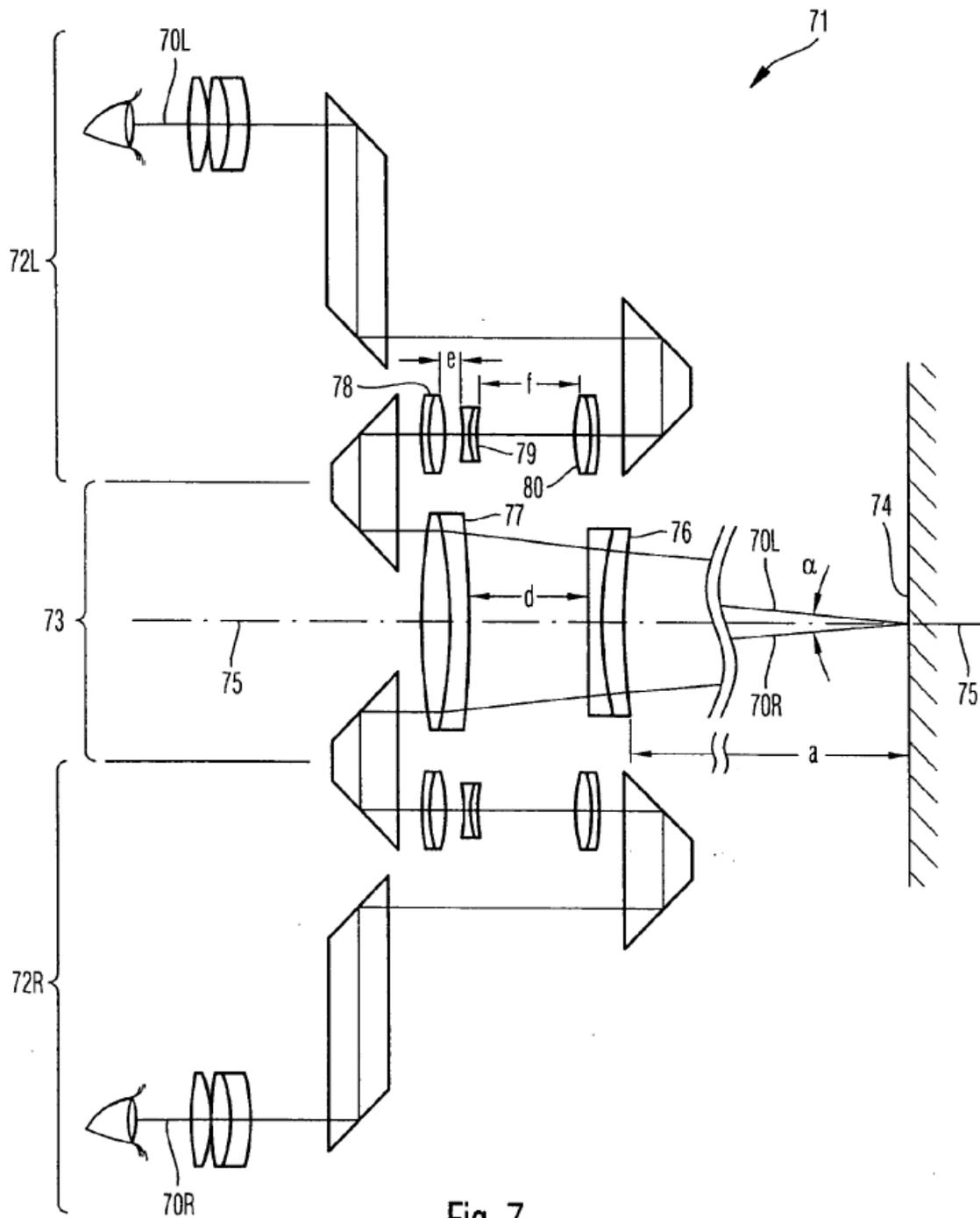


Fig. 7

Estado de la técnica