

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 309**

51 Int. Cl.:

G02B 27/22 (2006.01)

G03B 35/24 (2006.01)

H04N 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2015 E 15382043 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 3056938**

54 Título: **Sistema de reproducción estereoscópica por transparencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2018

73 Titular/es:

DOMINGUEZ-MONTES, JUAN (100.0%)
Comunidad de Canarias 68
28231 Las Rozas de Madrid (Madrid), ES

72 Inventor/es:

DOMINGUEZ-MONTES, JUAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 660 309 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 DE REPRODUCCIÓN ESTEREOSCÓPICA POR TRANSPARENCIA

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema de reproducción estereoscópica, término que se utiliza en el presente documento para designar a los sistemas que emplean en la captación y en la reproducción dos únicas imágenes, una para cada ojo.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Existen diversos sistemas y procedimientos para hacer llegar una imagen diferente a cada ojo de un observador. En primer lugar, están los sistemas que obligan al observador al uso de gafas con diferentes filtros, ya sean polarizados, coloreados o de obturación o al uso de espejos o prismas desviadores y los que obligan a mantener inmóvil la cabeza del observador en una posición determinada. A pesar de acarrear evidentes molestias, estos sistemas se han extendido ampliamente.

15

Para tratar de evitar dichas molestias se han desarrollado sistemas y procedimientos que no requieren colocar ningún dispositivo ante los ojos de los observadores. Entre ellos se encuentran los que aquí se denominan sistemas tridimensionales, que son aquellos que utilizan un número de imágenes reproducidas superior a dos. Algunos de los sistemas o procedimientos que utilizan dos o muy pocas imágenes en la reproducción se comentan brevemente a continuación.

20

En los documentos DE4123895 y EP0114406 se describen procedimientos y sistemas para la reproducción tridimensional para un gran número de observadores empleando un número reducido de imágenes. Las distintas imágenes se proyectan secuencialmente sobre una pantalla difusora convencional y cada observador observa a través de un panel de obturación, realizado preferiblemente en cristal líquido, situado frente a y cerca de cada observador. Aunque se evitan las molestias acarreadas por la utilización de gafas, existen la dificultad y el alto coste derivados del hecho de tener que disponer un panel de obturación ante cada observador.

25

30

Los documentos GB2272597 y EP0656555A1 describen un reproductor de imágenes por transparencia que se retroilumina mediante un dispositivo compuesto por un conjunto discreto de focos luminosos que se activan de acuerdo con una señal enviada desde un detector que detecta la situación de los ojos de los observadores. Dada la escasa profundidad de campo del sistema de detección y retroiluminación, los ojos de los observadores deben estar situados en un mismo plano, lo que supone una restricción importante.

35

El documento EP2317367 describe un dispositivo de reproducción de imágenes sobre una pantalla difusora. El sistema detector de los ojos de los observadores propuesto no es capaz de detectar los desplazamientos de los observadores de atrás adelante y, por tanto, los ojos de los observadores deben estar situados en un mismo plano, lo que supone una restricción importante. Además, el seguimiento de la cabeza de los observadores necesita el movimiento mecánico de los sistemas ópticos de focalización.

40

5 El documento EP0576106 describe un dispositivo análogo al de GB2272597. El sistema de iluminación se diferencia del descrito en GB2272597 porque incluye una pantalla de reproducción convencional de imágenes, lo que permite focalizar un amplio número de observadores con seguimiento continuo de sus ojos. No obstante, debido a su falta de profundidad de campo, los ojos de los observadores deben situarse sobre un mismo plano que puede, en algún caso, llegar a ser horizontal.

10 El documento US5976017 describe un videojuego estereoscópico sin gafas que emplea un complejo sistema de retro iluminación ya que necesita varios elementos ópticos convergentes de gran tamaño y con distancias focales proporcionales a ese tamaño, con lo que se obtiene un sistema que ocupa un gran volumen y con un ángulo de visión muy pequeño. Emplea además un procedimiento para la detección de la situación espacial de los ojos de los observadores que necesita tantas cámaras y tantas fuentes de iluminación como observadores.

15 El documento US5016282 y el documento EP0350957A describen ambos un mismo sistema capaz de detectar el movimiento de los ojos y la dirección de la mirada de un único observador. El sistema está basado, entre otros, en que la luz polarizada que se utiliza para iluminar al observador se despolariza al ser reflejada por cualquier parte del observador diferente a la córnea. En cambio, los rayos reflejados por la córnea conservan su polarización, dado que la córnea se comporta como una superficie pulida. El sistema capta simultáneamente dos imágenes idénticas tanto de la córnea como de la retina desde un mismo punto, para lo que requiere una cámara especial en cuyo interior se encuentran filtros polarizadores, prismas discriminadores y elementos detectores de imágenes. El sistema emplea
20 dos sistemas de iluminación diferentes en el espectro del infrarrojo, uno cerca del eje óptico de la cámara y otro fuera de dicho eje óptico, con dos longitudes de onda diferentes y filtros de corte de frecuencia. El sistema descrito en este documento está diseñado para captar la dirección de la mirada de un único observador y no es válido para la reproducción estereoscópica sin gafas con múltiples observadores.

25 El documento US2002/0051118A describe un sistema para proyectar una imagen sobre la retina de un único observador, para lo que emplea un detector de la dirección de la mirada del observador que no se detalla, y para la reproducción estereoscópica utiliza gafas.

30 El documento US5621457 emplea la luz reflejada en la córnea y en la retina por tres sistemas de iluminación diferentes para conseguir averiguar la dirección de la mirada de un único observador y no es válido para la reproducción estereoscópica sin gafas con múltiples observadores.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

35 La invención resuelve los problemas mencionados del estado de la técnica mediante un sistema de reproducción estereoscópica según la reivindicación 1 y un método de reproducción estereoscópica según la reivindicación 12. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones preferidas de la invención.

40 El sistema de reproducción estereoscópica de la invención comprende un dispositivo reproductor de imágenes por transparencia, dos elementos de captación de imagen, una matriz de lentes, una pantalla de reproducción luminosa y medios de procesamiento.

El dispositivo reproductor de imágenes por transparencia comprende medios de polarización de luz configurados para polarizar la luz en un plano y está configurado para ser retro-iluminado con luz en el espectro visible, para

polarizar linealmente en un plano la luz transmitida a su través y para iluminar con dicha luz polarizada transmitida un campo de observación previsto para la situación de al menos un observador. Así, el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia ilumina a los observadores con luz transmitida a su través, polarizada y que se encuentra dentro del espectro de frecuencias de la luz visible.

5 Los dos elementos de captación de imagen están dispuestos con sus centros ópticos situados en una misma línea recta horizontal y separados entre sí una distancia D . Cada elemento de captación de imagen comprende al menos una cámara digital y medios de polarización de luz y está configurado para captar un par de imágenes del mismo campo visual, en donde dicho campo visual contiene el campo de observación, de tal manera que una primera
10 imagen del par se capta a través de medios de polarización adaptados para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes y la segunda imagen del par se capta a través de medios de polarización adaptados para polarizar la luz en un plano perpendicular al plano de polarización de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes. Los dos elementos de captación de imagen tienen la misma distancia focal.

15 Se entenderá por "horizontal" la dirección perpendicular a la dirección de la gravedad. Además, la dirección horizontal será generalmente paralela a la recta que pasa por los dos ojos de un observador presente en el campo de observación.

20 La matriz de lentes comprende una pluralidad de lentes convergentes esféricas que tienen la misma forma, tamaño y distancia focal y están dispuestas sustancialmente en el mismo plano. La matriz de lentes tiene un tamaño igual o superior al del dispositivo reproductor de imágenes.

25 La pantalla de reproducción luminosa está situada paralela a la matriz de lentes y a una distancia de la matriz igual a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz. El dispositivo reproductor de imágenes está dispuesto ante la matriz de lentes, paralelo a la matriz de lentes y a la pantalla de reproducción luminosa, de manera que la pantalla de reproducción luminosa es capaz de retro-iluminar con luz en el espectro visible el dispositivo reproductor de imágenes en su totalidad.

30 Los medios de procesamiento están configurados para restar píxel a píxel las intensidades luminosas de las dos imágenes del par de imágenes captado por cada elemento de captación de imagen. Se obtienen así como resultado dos imágenes de ojos, una por cada elemento de captación de imagen, cuyos únicos píxeles activos son los píxeles situados en los lugares ópticamente conjugados a los ocupados por los ojos de los observadores presentes en el campo de observación durante la captación de los dos pares de imágenes.

35 Los medios de procesamiento están configurados adicionalmente para calcular la paralaje de cada ojo, obteniendo dicha paralaje a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada una de las dos imágenes de ojos obtenidas.

40 Los medios de procesamiento están configurados adicionalmente para hacer reproducir sobre la pantalla de reproducción luminosa, por cada lente convergente esférica componente de la matriz, una imagen de rectángulos que contiene un número de rectángulos luminosos igual al número de ojos presentes en una imagen de ojos, en donde la posición del centro geométrico que cada rectángulo debe ocupar sobre la pantalla de reproducción luminosa se determina a partir de la paralaje de cada ojo. Así, en la parte de pantalla de reproducción luminosa

situada tras cada lente convergente esférica componente de la matriz se reproducen tantos rectángulos luminosos como ojos han sido detectados, con la posición de cada rectángulo determinada según la paralaje del ojo correspondiente. Esto es, se reproduce un número de rectángulos correspondiente al producto del número de ojos detectados por el número de lentes convergentes esféricas.

5 Los medios de procesamiento están configurados para separar la activación de los rectángulos correspondientes a los ojos derechos de la correspondiente a los ojos izquierdos, de acuerdo con una señal estereoscópica recibida por el dispositivo reproductor de imágenes.

10 Ventajosamente, con el sistema de la invención no es necesario emplear para la captación de la imagen de los ojos de los observadores cámaras especialmente diseñadas para este fin, sino que es posible utilizar cámaras digitales convencionales funcionando en el espectro de luz visible.

15 Además, el uso de dos elementos de captación de imagen situados en dos puntos separados entre sí para la captación de la imagen de los ojos permite calcular la paralaje, o lo que es lo mismo, la distancia de cada ojo al elemento de captación de imagen. Ventajosamente, estos dos únicos elementos de captación de imagen bastan para captar la situación de cada ojo, es decir, las tres coordenadas espaciales de los ojos de todos los observadores, independientemente del número de observadores.

20 Por último, mediante el uso de una matriz o mosaico de lentes de pequeño tamaño y de corta distancia focal para iluminar todo el dispositivo reproductor de imágenes, se consigue un sistema de muy poco volumen, gran ángulo de visión y una profundidad de campo de enfoque capaz de enfocar cada ojo sin necesidad de que los ojos de los observadores estén situados sobre un mismo plano.

25 Ventajosamente, al iluminar con la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes la región prevista para la situación de los observadores, no es necesario emplear medios de iluminación adicionales que podrían suponer una molestia para los observadores. No obstante, si se desea, es posible emplear medios de iluminación adicionales.

30 El sistema de reproducción estereoscópica de la invención es un sistema de reproducción auto-estereoscópica, es decir, que permite el visionado de la imagen por parte de los espectadores sin que sea necesario el empleo de gafas.

35 De manera preferida, las lentes convergentes esféricas están dispuestas en la matriz de forma adyacente entre sí, sin dejar huecos libres entre lentes contiguas.

Las lentes convergentes esféricas que componen la matriz de lentes pueden ser lentes simples o compuestas.

40 Por lente simple se entenderá la que está compuesta de un solo elemento óptico.

Por lente compuesta se entenderá la que comprende dos o más elementos ópticos dispuestos uno tras otro en un mismo eje. De manera preferida, dicho eje es sustancialmente perpendicular al plano de la matriz de lentes. Los elementos ópticos pueden tener diferentes formas y estar fabricados de diferentes materiales. Los elementos ópticos

de la lente compuesta pueden estar en contacto o separados entre sí y en conjunto se comportan como si fueran una lente simple convergente esférica.

De manera preferida, los medios de procesamiento están configurados para:

- 5
calcular la paralaje (P_i) de cada ojo a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada una de las imágenes de ojos obtenidas, como:

$$P_i = y_{Di} - y_{0i}$$

siendo y_{Di} e y_{0i} las posiciones de la imagen del ojo i en los planos focales de los elementos de captación de imagen;

- 10 y para, en función de la paralaje, calcular la posición del centro geométrico que cada uno de los rectángulos deberá ocupar sobre el plano focal de las lentes convergentes esféricas:

$$y'_{hi} = \frac{F}{f} \left(\frac{h}{D} P_i + y_{0i} \right)$$

$$x'_{vi} = \frac{F}{f} \left(\frac{v}{D} P_i + x_{0i} \right)$$

- 15 siendo x'_{vi} e y'_{hi} las coordenadas de los centros geométricos de los rectángulos en la imagen de rectángulos, x_{0i} e y_{0i} las coordenadas de las posiciones de los centros geométricos de los ojos en el plano focal del elemento de captación de imagen situado en el punto considerado origen de coordenadas (0,0), F la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz, (h , v) la posición del centro óptico de la lente convergente esférica correspondiente y f la distancia focal de los elementos de captación de imagen.

Así, para cada lente convergente esférica componente de la matriz se calcula la posición que debe ocupar cada uno de los rectángulos luminosos en la imagen de rectángulos.

- 20
En esta realización la anchura de cada rectángulo a reproducir se hace mayor o igual que la distancia entre los ojos del observador correspondiente en la imagen de ojos, multiplicada por el factor F/f , y la altura de cada rectángulo se hace igual o mayor que su anchura.

- 25 Al iluminar cada ojo de cada observador con un rectángulo luminoso cuyo ancho es mayor o igual que la distancia entre sus ojos, se puede considerar que cada ojo está situado en el centro geométrico de las reflexiones, en dicho ojo, de las imágenes transmitidas por el dispositivo reproductor de imágenes y de los distintos medios de iluminación, si los hubiera, consiguiéndose la detección simultánea de la situación de los ojos de múltiples observadores sin necesidad de tener en cuenta la posición y/o el movimiento de sus pupilas, ni el conocimiento de la
30 dirección de sus miradas.

Los elementos de captación de imagen del sistema de reproducción pueden implementarse de distintas maneras. Algunas realizaciones preferidas se describen a continuación.

- 35 En una realización, al menos un elemento de captación de imagen está configurado para captar las dos imágenes del par desde dos puntos separados en el espacio, y comprende una segunda cámara digital, y una lámina semitransparente. En esta realización los medios de polarización de dicho elemento de captación de imagen comprenden dos filtros polarizadores y las dos cámaras digitales del elemento de captación de imagen tienen la misma distancia focal. La lámina semitransparente está situada formando un ángulo de 45° con el plano focal de la

primera cámara y de manera que actúa como plano de simetría entre los centros ópticos de las dos cámaras, transmitiendo la lámina semitransparente el 50% de la intensidad luminosa a una de las cámaras y reflejando el resto a la otra cámara. Uno de los filtros polarizadores está dispuesto ante la primera cámara y está configurado para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia. El otro filtro polarizador está dispuesto ante la segunda cámara y está configurado para polarizar la luz en el plano perpendicular al plano de polarización de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia.

En una realización, al menos un elemento de captación de imagen está configurado para captar las dos imágenes del par desde dos puntos separados en el espacio, y comprende una segunda cámara digital. En esta realización las dos cámaras digitales de dicho elemento de captación de imagen tienen la misma distancia focal. En esta realización los medios de polarización del elemento de captación de imagen comprenden una lámina polarizadora semitransparente, en donde la lámina polarizadora semitransparente está situada formando un ángulo de 45° con el plano focal de la primera cámara y de manera que actúa como plano de simetría entre los centros ópticos de las dos cámaras, transmitiendo la lámina polarizadora semitransparente el 50% de la intensidad luminosa a una de las cámaras y reflejando el resto a la otra cámara, de manera que la luz transmitida está polarizada linealmente en un plano perpendicular al plano de polarización de la luz reflejada, siendo uno de los planos de polarización coincidente con el plano de polarización de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia.

En una realización al menos un elemento de captación de imagen está configurado para captar las dos imágenes del par desde un único punto en dos instantes diferentes, y comprende una única cámara digital. En esta realización los medios de polarización de dicho elemento de captación de imagen comprenden un filtro polarizador dispuesto ante la cámara y un cristal líquido dispuesto ante el filtro polarizador. El filtro polarizador está configurado para polarizar la luz o bien en el mismo plano o bien en el plano perpendicular al plano de polarización de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia. El cristal líquido está configurado para girar el plano de polarización 90° de acuerdo con una señal recibida de los medios de procesamiento. En esta realización los medios de procesamiento están configurados para controlar el ángulo de giro del cristal líquido en función de la correspondiente imagen par o impar captada por la cámara.

Los dos elementos de captación de imagen del sistema de la invención pueden estar implementados según la misma realización o estar implementados cada uno según una realización.

En una realización las lentes convergentes esféricas son lentes convergentes esféricas convencionales o lentes esféricas de Fresnel.

En una realización las lentes convergentes esféricas tienen forma rectangular, triangular o hexagonal, siendo especialmente preferidas la forma rectangular o la forma hexagonal.

En una realización el sistema de la invención comprende al menos un foco luminoso para iluminar adicionalmente el campo de observación y un filtro polarizador dispuesto ante cada foco, estando configurado el filtro polarizador para polarizar la luz en el mismo plano que el de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes. En el caso en que los medios de iluminación incluyen más de un foco luminoso, todos los filtros

polarizadores dispuestos ante los focos están configurados para polarizar la luz en el mismo plano que el de la luz polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia.

5 En una realización la pantalla de reproducción luminosa está seleccionada de entre: un tubo de rayos catódicos, una pantalla de plasma, la pantalla de un proyector digital, un panel de LEDS, un reproductor LCD sin lámina difusora despolarizadora, y un reproductor LCD con lámina difusora despolarizadora.

10 En una realización el dispositivo reproductor de imágenes está configurado para reproducir las imágenes en color y la pantalla de reproducción luminosa está configurada para reproducir los rectángulos luminosos en blanco. En otra realización el dispositivo reproductor de imágenes está configurado para reproducir las imágenes en blanco y negro y la pantalla de reproducción luminosa está configurada para reproducir los rectángulos luminosos secuencialmente en rojo, verde y azul.

15 En un segundo aspecto, la invención se refiere a un método que comprende las siguientes etapas:

iluminar un campo de observación previsto para la situación de uno o varios observadores con luz en el espectro visible polarizada en un plano;

20 captar dos pares de imágenes del mismo campo visual, conteniendo dicho campo visual el campo de observación, donde cada par de imágenes se toma mediante un elemento de captación de imagen, estando los centros ópticos de los dos elementos de captación de imagen situados en una misma línea recta horizontal (Y) y separados entre sí una distancia D, captando una de las imágenes de cada par a través de medios de polarización que polarizan la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz polarizada con que se ilumina el campo de observación y captando la otra imagen de cada par a través de medios de polarización que polarizan la luz en el plano perpendicular;

25 restar píxel a píxel las intensidades luminosas de las dos imágenes de cada par, obteniendo como resultado dos imágenes de ojos cuyos únicos píxeles activos son los píxeles situados en los lugares ópticamente conjugados a los ocupados por los ojos de los observadores;

30 calcular la paralaje de cada ojo, obteniendo dicha paralaje a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada una de las dos imágenes de ojos obtenidas,

35 hacer reproducir sobre una pantalla de reproducción luminosa una pluralidad de rectángulos luminosos, estando situada la pantalla de reproducción luminosa paralela a una matriz de lentes que comprende una pluralidad de lentes convergentes esféricas que tienen la misma forma, tamaño y distancia focal, estando situada la pantalla de reproducción luminosa a una distancia de la matriz igual a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas, en donde en la parte de pantalla de reproducción luminosa situada tras cada lente convergente esférica componente de la matriz se reproducen tantos rectángulos luminosos como ojos hay presentes en la imagen de ojos, en donde los
40 rectángulos luminosos se reproducen con posiciones determinadas a partir de la paralaje calculada para el ojo correspondiente,

y

5 separar la activación de los rectángulos correspondientes a los ojos derechos de la correspondiente a los ojos izquierdos, de acuerdo con una señal estereoscópica recibida por un dispositivo reproductor de imágenes por transparencia, estando el dispositivo reproductor de imágenes dispuesto ante la matriz de lentes, paralelo a ella y de tal manera que la pantalla de reproducción luminosa es capaz de retro-iluminar el dispositivo reproductor de imágenes en su totalidad.

En una realización del método de la invención, la paralaje (P_i) de cada ojo se calcula a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada imagen de ojos como:

$$P_i = y_{Di} - y_{oi}$$

10 siendo y_{Di} e y_{oi} las posiciones de la imagen del ojo i en los planos focales de los elementos de captación de imagen; y en función de la paralaje, se calcula para cada lente convergente esférica de la matriz la posición del centro geométrico que cada uno de los rectángulos deberá ocupar sobre el plano focal de la matriz de lentes:

$$y'_{hi} = \frac{F}{f} \left(\frac{h}{D} P_i + y_{oi} \right)$$

$$x'_{vi} = \frac{F}{f} \left(\frac{v}{D} P_i + x_{oi} \right)$$

15 siendo x'_{vi} e y'_{hi} las coordenadas de los centros geométricos de los rectángulos en la imagen de rectángulos, x_{oi} e y_{oi} las coordenadas de las posiciones de los centros geométricos de los ojos en el plano focal del elemento de captación de imagen situado en el punto considerado origen de coordenadas (0,0), F la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz, (h , v) la posición del centro óptico de la lente convergente esférica correspondiente y f la distancia focal de los elementos de captación de imagen. De manera preferida la anchura de cada rectángulo a reproducir se determina como la distancia entre los ojos del observador correspondiente en la imagen de ojos multiplicada por el factor F/f y la altura de cada rectángulo se hace igual o mayor que su anchura.

20 En una realización preferida, el método de la invención se lleva a cabo con un sistema según el primer aspecto inventivo.

25 Todas las características y/o las etapas de métodos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

35 La figura 1 muestra la reflexión de un foco luminoso en la córnea de un ojo humano.

La figura 2 muestra el empleo de luz polarizada y el efecto del giro de sus planos de polarización sobre la imagen reflejada por la córnea de un ojo.

La figura 3 muestra la selección y aislamiento de la imagen reflejada en las córneas de un observador.

La figura 4 muestra tres realizaciones del elemento de captación de imagen del sistema de reproducción estereoscópica de la invención.

- 5 La figura 5 ilustra la obtención con ayuda de una única cámara de la situación espacial de los ojos de los observadores y el envío de un haz luminoso en forma de rectángulo a cada uno de los ojos detectados.

La figura 6 muestra las coordenadas de las imágenes de un ojo en dos elementos de captación de imagen diferentes y las expresiones matemáticas que en función de estas situaciones sirven para conocer las coordenadas de cada
10 imagen de cada ojo en cualquier otro lugar en que se sitúe una cámara o un proyector.

La figura 7 muestra una realización del sistema de reproducción estereoscópica de la invención.

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

15 La parte superior A de la figura 1 representa la construcción geométrica, tal como se representa habitualmente en Óptica, de la imagen (1) de un objeto (2) cuando es reflejado por un espejo esférico (3) de radio de curvatura r . En la parte central B de la figura 1 se muestra el globo ocular, de radio g , de un ojo humano, en el que se distingue la córnea (4), que se asemeja a una superficie esférica de radio r y en cuyo interior se forma por reflexión la imagen (5)
20 del objeto (6). En la parte inferior C de la figura 1 se muestra la situación de la imagen (9) de un foco luminoso (8) que se observa desde una cámara (7) después de haber sido reflejado en la córnea (4).

La parte superior A de la figura 2 muestra la captación de la imagen (10) de un observador (90) a través de un sistema óptico (70) perteneciente a una cámara (no representada). El observador (90) es iluminado por un foco
25 luminoso (81). Las imágenes captadas (91, 93) de las reflexiones del foco luminoso (81) sobre las córneas del observador (90) aparecen dibujadas a la derecha de la imagen.

En la parte central B de la figura 2 se muestra la captación de la imagen (11) del mismo observador (90), captada a través de un sistema óptico (70) ante el cual está dispuesto un primer filtro polarizador (01), que deja pasar la luz
30 linealmente polarizada en una dirección α respecto a la vertical. El observador (90) es iluminado por un foco luminoso (81) ante el cual está dispuesto un segundo filtro polarizador (02), configurado para polarizar linealmente la luz en la misma dirección α que el primer filtro polarizador (01). Las imágenes captadas (91, 93) de las reflexiones del foco luminoso (81) sobre las córneas del observador (90) aparecen representadas a la derecha del dibujo.

35 En la parte inferior C de la figura 2 se muestra la captación de la imagen (12) del observador (90) a través de un sistema óptico (70) ante el cual está dispuesto un primer filtro polarizador (03), que deja pasar la luz linealmente polarizada en una dirección $-\beta$ respecto de la vertical. El observador (90) es iluminado por un foco luminoso (81) ante el cual está dispuesto un segundo filtro polarizador (02), configurado para polarizar linealmente la luz en una
40 dirección α perpendicular a la dirección de polarización $-\beta$ del primer filtro polarizador. Las reflexiones del foco luminoso (81) sobre las córneas del observador (90) desaparecen en este caso en las imágenes captadas (92, 94).

La luz polarizada linealmente en un único plano con que se ilumina al observador (90) mostrado en B y C se difumina en el proceso de iluminación de la cara y del pelo, es decir, vuelve a ocupar todos los planos de polarización o, lo que es lo mismo, se despolariza. En cambio, la luz reflejada en las córneas conserva en su

reflexión el mismo plano de polarización que el de la luz incidente, ya que la córnea se comporta como una superficie pulida. Por esta razón, las imágenes (11, 12) captadas del observador en los sistemas mostrados en la parte B y C, respectivamente, de la figura 2 son idénticas entre sí excepto en las partes ocupadas por las córneas (91, 93), que en la imagen (11) captada con el sistema mostrado en B son visibles, ya que los planos de polarización de los filtros de captación (01) y de iluminación (02) coinciden. En cambio, en la imagen (12) mostrada en C las partes ocupadas por las córneas (92, 94) desaparecen de la imagen, ya que los filtros de captación (03) y de iluminación (02) están polarizados en direcciones perpendiculares entre sí.

La figura 3 muestra las imágenes de los ojos (92, 94) obtenidas cuando los filtros polarizadores de captación (03) y de iluminación (02) tienen sus planos de polarización perpendiculares entre sí, como en el caso de la figura 2C, y las imágenes obtenidas (91, 93) cuando los planos de polarización de los filtros polarizadores de captación (01) y de iluminación (02) coinciden, como en el caso de la figura 2B.

En la figura 3 se representa además esquemáticamente un procesador de información (21) cuyo objetivo es restar píxel a píxel la intensidad luminosa de la primera (92, 94) y la segunda (91, 93) imagen, representadas aquí esquemáticamente por las pupilas. Se obtiene así como resultado una imagen de ojos (13) cuyos únicos píxeles activos serían los píxeles (95, 96) dispuestos en los lugares ópticamente conjugados a los lugares ocupados por las reflexiones de los medios de iluminación en las córneas del observador.

La figura 4 muestra tres realizaciones de los elementos de captación de imagen incluidos en el sistema de reproducción estereoscópica de la invención. En la figura 4 se han representado medios de iluminación destinados a iluminar un campo de observación previsto para uno o varios observadores, que por simplicidad se representan en la figura 4 como un único observador (90). El campo de observación está iluminado con luz visible polarizada linealmente en un plano, transmitida y polarizada por el dispositivo reproductor de imágenes. Además, pueden emplearse medios de iluminación adicionales para iluminar el campo de observación con luz polarizada en el mismo plano que la luz transmitida y polarizada por el dispositivo reproductor de imágenes. Por simplicidad, en las tres realizaciones de la figura 4 los medios con que se ilumina el campo de observación, incluyendo la iluminación transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes, se han representado como un foco luminoso (81) con un filtro polarizador (02) dispuesto ante el foco (81).

Los elementos de captación de imagen están configurados para captar un par de imágenes (91, 92) del mismo campo visual, donde dicho campo visual incluye el campo de observación, de manera que cada imagen del par (91, 92) es captada a través de un filtro que polariza la luz en un plano diferente, siendo ambos planos perpendiculares entre sí, y coincidiendo uno de los planos con el plano de polarización de la luz procedente de los medios de iluminación. En las realizaciones de las figuras 4A y 4B el par de imágenes (91, 92) se capta desde dos puntos espaciales distintos, mientras que en la realización de la figura 4C la captación del par de imágenes (91, 92) se realiza desde un único punto en instantes diferentes.

En la parte superior A de la figura 4 se muestra un observador (90) iluminado con luz linealmente polarizada. El elemento de captación de imagen incluye en esta realización dos cámaras digitales convencionales (71, 72) de las mismas características ópticas, un filtro polarizador (03, 05) dispuesto ante cada cámara (71, 72) y una lámina semitransparente (04), situada formando un ángulo de 45° con los planos focales de la primera (71) y la segunda cámara (72) y dispuesta constituyendo un plano de simetría entre los centros ópticos de las dos cámaras (71, 72). El filtro polarizador (03) dispuesto ante la primera cámara (71) polariza la luz en el mismo plano que el de la luz con

que se ilumina al observador, mientras que el filtro polarizador (05) dispuesto ante la segunda cámara (72) polariza la luz en el plano perpendicular al de la luz con que se ilumina al observador.

5 La captación de imagen se realiza en esta realización a través de la lámina semitransparente (04), que deja pasar el 50% de la intensidad luminosa a la primera cámara (71) y refleja el resto de intensidad luminosa a la segunda cámara (72). Debido a que la lámina semitransparente (04) está situada y actúa como plano de simetría entre las dos cámaras (71, 72), las imágenes captadas por las dos cámaras (71, 72) son iguales salvo en la parte correspondiente a la luz reflejada en las córneas del observador. En un caso, la imagen (91) captada por la primera cámara (71) aparece con la reflexión del foco luminoso (81) en la córnea, ya que la imagen está captada a través de un filtro polarizador (03) que polariza linealmente en el mismo plano que el de la luz con que se ilumina al observador. En cambio, en la imagen (92) captada por la segunda cámara (72) a través del filtro polarizador (05), que polariza la luz linealmente en el plano perpendicular al de la luz con que se ilumina al observador, no aparece la reflexión del foco luminoso (92) en la córnea.

15 En la figura se representa adicionalmente un procesador (21) configurado para obtener la imagen de ojos (95), que representa el lugar ocupado por los ojos de los observadores, imagen que se obtiene restando píxel a píxel las intensidades luminosas de las dos imágenes captadas (91, 92). Estas imágenes captadas, salvo en las córneas, son idénticas porque los centros ópticos de las cámaras (71, 72) coinciden ópticamente y captan el mismo campo visual.

20 El elemento de captación de imagen representado en la parte central B de la figura 4 es igual al de la parte superior anterior A, salvo en que la lámina semitransparente es en este caso una lámina polarizadora semitransparente (07) y en que las cámaras (71, 72) no disponen de un filtro polarizador dispuesto ante ellas. En efecto, al emplearse en esta realización una lámina polarizadora semitransparente (07), que además de dejar pasar el 50% de la intensidad luminosa la polariza linealmente en un plano perpendicular al plano de polarización del haz luminoso que refleja, no es necesaria la utilización de filtros polarizadores dispuestos ante las cámaras. Uno de los planos de polarización de la luz transmitida o reflejada ha de coincidir con el plano de polarización de la luz con que se ilumina a los observadores. Al igual que en el caso de la figura 4A, las imágenes captadas (91, 92), salvo en las córneas, son idénticas porque los centros ópticos de las cámaras digitales convencionales (71, 72) se considera que coinciden ópticamente y porque captan el mismo campo visual.

30 Como en las figuras 4A y 4B, en la parte inferior C de la figura 4 se muestra al observador (90) iluminado con un foco luminoso (81), ante el cual está dispuesto un filtro polarizador (02) que polariza linealmente la luz procedente del foco luminoso. En esta realización, el elemento de captación de imagen incluye una única cámara digital convencional (73), un filtro polarizador (08) dispuesto ante la cámara (73) y configurado para polarizar la luz en el mismo plano que el de la luz con que se ilumina al observador y un cristal líquido (06) dispuesto ante el filtro polarizador (08) de la cámara y configurado para girar el plano de polarización 90° de acuerdo con una señal recibida de un procesador (22). Asimismo, el filtro polarizador (08) que se emplea para la captación de imagen podría estar configurado para polarizar la luz en el plano perpendicular al de la luz con que se ilumina al observador.

40 En este caso, la captación de la imagen se realiza con la única cámara (73) a través del cristal líquido (06) y del filtro polarizador (08) dispuesto ante la cámara (73), que polariza la luz en el mismo plano que el de la luz con que se ilumina al observador. El procesador (22) está configurado para controlar la cámara (73) y el ángulo de giro del cristal líquido (06), de tal manera que las imágenes captadas se multiplexan en el tiempo, consiguiéndose, por ejemplo, que las imágenes pares no capten las reflexiones en las córneas porque, en ese caso, el plano de

- polarización se hace girar por el cristal líquido (06) para que sea perpendicular a la polarización de iluminación, impidiendo el filtro polarizador de captación (08) el paso de la luz incidente polarizada a la cámara (73). En ese caso, la imagen captada será la mostrada con la referencia 92. En las imágenes impares, sin embargo, se capta la reflexión en la córnea (91), ya que no se hace girar el plano de polarización en el cristal líquido, que se mantiene así
- 5 paralelo al de la luz con que se ilumina al observador y al del filtro polarizador (08). Estas imágenes captadas, salvo las reflexiones en las córneas, son idénticas porque ambas están tomadas desde el mismo centro óptico, que es el de la cámara (73). El procesador (22) se encarga de restar píxel a píxel las imágenes pares de las impares captadas por la cámara convencional (73), obteniendo como resultado la imagen de ojos (95).
- 10 El procedimiento descrito en relación con la realización de la figura 4C es válido siempre que la velocidad de multiplexión de la cámara (73) y la misma velocidad en el giro del plano de polarización en el cristal líquido (06) sea lo suficientemente rápida como para poder considerar que en el intervalo de tiempo entre dos imágenes consecutivas el observador permanece estático.
- 15 El elemento de captación de imagen de las realizaciones de la figura 4 permite emplear cámaras digitales convencionales y como fuente de iluminación la luz procedente de la pantalla de reproducción luminosa, polarizada y transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia, que no molesta a los observadores. Además, se pueden añadir otras fuentes luminosas estándar con sus correspondientes filtros polarizadores, lo que supone una ventaja respecto de sistemas anteriores del estado de la técnica.
- 20 Por simplicidad, en las restantes figuras se representará como elemento de captación de imagen el representado en la parte inferior C de la figura 4, esto es, el que incluye una única cámara, un filtro polarizador y un cristal líquido. No obstante, se entenderá que podría emplearse igualmente el elemento de captación de imagen de las realizaciones mostradas en la parte A o en la parte B de la figura 4. Además, los dos elementos de captación de imagen del
- 25 sistema pueden ser iguales entre sí o pueden estar implementados cada uno según una realización, por ejemplo, uno de los elementos de captación de imagen podría estar implementado según la realización mostrada en la figura 4A y el otro elemento de captación de imagen podría estar implementado según la realización de la figura 4C.
- La figura 5 ilustra esquemáticamente la obtención de la situación espacial de los ojos de un grupo de observadores
- 30 (98) que se obtendría con ayuda de una única cámara digital convencional (73) y la formación de haces luminosos en forma de rectángulos que se envían a los ojos de los observadores según la invención. En la parte superior de la figura 5 se muestra un elemento de captación de imagen como el descrito en referencia a la parte C de la figura 4.
- Ante la cámara (73), que capta la situación de las córneas de todos los observadores, están dispuestos un cristal
- 35 líquido (06) y un filtro polarizador (08) que polariza la luz en el mismo plano que el filtro polarizador de iluminación (02). Un primer procesador (22) controla la secuencia de imágenes pares e impares con el ángulo de giro del cristal líquido (06) y envía a un segundo procesador (23) una imagen de ojos (97) que contiene la información de la situación de todas las reflexiones en las córneas de los observadores.
- 40 El segundo procesador (23) recibe la imagen de ojos (97) del primer procesador (22), imagen en la que cada ojo viene representado por un grupo de píxeles originados por la reflexión de una o varias fuentes luminosas (81) en las córneas de los distintos observadores (representado con la referencia 9 en la figura 1) y transforma la imagen de ojos (97) en una segunda imagen, en la que cada uno de los grupos de píxeles correspondientes a un ojo se ha transformado en un rectángulo (88). Para ello el "centro geométrico" del grupo de píxeles correspondiente a un ojo

se toma como el lugar donde se encuentra situado dicho ojo en la imagen de ojos (97). La segunda imagen, semejante a la imagen de ojos (97), contiene tantos rectángulos luminosos como ojos tenga la imagen de ojos (97) y la situación de los centros geométricos de los rectángulos se obtiene a partir de la situación de los centros geométricos en la imagen de ojos (97), multiplicada por la razón de semejanza entre la imagen de ojos (97) y la imagen de rectángulos que contiene los rectángulos luminosos.

A pesar de que se han descrito dos procesadores distintos que realizan distintas funciones, podría emplearse un único procesador configurado para realizar todas las acciones descritas de control de secuencia de imágenes, detección de situación de ojos y generación de la imagen de rectángulos luminosos.

En la parte inferior de la figura 5 se muestra un dispositivo óptico convergente (77). Este dispositivo óptico convergente (77) representa a una única lente convergente esférica componente de la matriz (78) y actúa como el objetivo de un proyector convencional. La imagen luminosa reproducida en la pantalla de reproducción luminosa (99), que contiene los rectángulos luminosos, es proyectada a través del dispositivo óptico convergente (77) sobre el grupo de observadores (98), recibiendo cada ojo de cada observador un haz luminoso en forma de rectángulo. Al recibir el ojo de un observador un rectángulo luminoso, el observador verá con ese ojo toda la superficie ocupada por el dispositivo óptico convergente (77) iluminada y, de la misma manera, el ojo que no reciba un rectángulo luminoso verá la superficie ocupada por dicho dispositivo (77) sin iluminación.

Se ha supuesto que la distancia de los observadores a los centros ópticos de la cámara (73) y del dispositivo óptico convergente (77) es suficientemente grande respecto a las distancias focales de la cámara y del dispositivo óptico convergente (77) para que las imágenes de ojos y de rectángulos puedan considerarse situadas en el plano focal tanto de la cámara (73) como del dispositivo óptico convergente (77) y en consecuencia la proporción entre los tamaños de la imagen de ojos (97) y la imagen de rectángulos es la misma que la proporción entre las distancias focales de la cámara (73) y del dispositivo óptico convergente (77). Esto es así porque si el dispositivo óptico convergente (77) tiene una distancia focal "F" y la cámara una distancia focal "f" la relación de semejanza entre el tamaño de la imagen de ojos (97) formada en el plano focal de la cámara (73) y el tamaño de la imagen de rectángulos formada frente al dispositivo óptico convergente (77) y en su plano focal, será la proporción "f/F".

El ancho del rectángulo luminoso correspondiente al ojo de un observador cualquiera se hace igual a la distancia entre los ojos de dicho observador en la imagen de ojos multiplicada por la razón de semejanza F/f existente entre la imagen de rectángulos y la imagen de ojos (97). La altura de dicho rectángulo puede ser igual que el ancho del rectángulo o arbitrariamente mayor, siempre que no invada el espacio visual de otros observadores.

La figura 7 muestra una realización del sistema de reproducción estereoscópica según la invención, capaz de reproducir imágenes estereoscópicas sin necesidad de utilizar gafas y permitiendo que los observadores puedan mover libremente sus cabezas. El sistema de reproducción estereoscópica incluye un dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100), dos elementos de captación de imagen (73-I, 73-II), una matriz de lentes (78), una pantalla de reproducción luminosa (99) y medios de procesamiento (25, 26).

El dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100) está configurado para ser retro-iluminado con luz en el espectro visible emitida por la pantalla de reproducción luminosa (99), para polarizarla en un plano y para iluminar con dicha luz polarizada un campo de observación previsto para la situación de uno o varios observadores (98).

Los dos elementos de captación de imagen (73-I, 73-II) están dispuestos con sus centros ópticos situados en una misma línea recta horizontal (Y) y separados entre sí una distancia D. Cada elemento de captación de imagen (73-I, 73-II) está configurado para captar un par de imágenes (91, 92) del mismo campo visual, en donde dicho campo visual contiene el campo de observación. En esta realización cada elemento de captación de imagen (73-I, 73-II) incluye una única cámara digital (73) con un filtro polarizador (08) y un cristal líquido (06) dispuestos ante ella, siendo los cristales líquidos (06) capaces de girar su plano de polarización 90°.

La matriz de lentes (78) comprende una pluralidad de lentes convergentes esféricas, que tienen la misma distancia focal y están dispuestas sustancialmente en el mismo plano. La matriz de lentes (78) tiene un tamaño igual o superior al del dispositivo reproductor de imágenes (100).

La pantalla de reproducción luminosa (99), la matriz de lentes (78) y el dispositivo reproductor de imágenes (100) están situados paralelos entre sí, con la matriz de lentes (78) dispuesta entre la pantalla de reproducción luminosa (99) y el dispositivo reproductor de imágenes (100) y de manera que la pantalla de reproducción luminosa (99) es capaz de retro-iluminar en su totalidad el dispositivo reproductor de imágenes (100). La pantalla de reproducción luminosa (99) está situada a una distancia de la matriz (78) igual a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz (78).

En esta realización el sistema de reproducción incluye además focos luminosos (81) para la iluminación adicional del grupo de observadores (98), y un filtro polarizador (02) dispuesto ante cada foco (81). Los filtros polarizadores (02) están configurados para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes (100).

Los medios de procesamiento incluyen un primer (25) y un segundo (26) procesador.

El primer procesador (25) está configurado para controlar el ángulo de giro del cristal líquido (06) en función de la imagen par o impar captada por las cámaras (73).

El segundo procesador (26) se encarga de restar píxel a píxel las imágenes pares de las impares captadas por cada cámara (73), obteniendo como resultado dos imágenes de ojos (97), en las que cada córnea de cada ojo viene representada por un grupo de píxeles originados por la reflexión de la luz procedente del dispositivo reproductor de imágenes (100) y de los focos luminosos (81), si los hay, en las córneas de los distintos observadores y de transformar las imágenes de ojos (97) en una segunda imagen, denominada "imagen de rectángulos", en la que cada uno de los grupos de píxeles correspondientes a un ojo se transforma en un rectángulo (88). Para ello el "centro geométrico" del grupo de píxeles correspondiente a un ojo se toma como el lugar donde se encuentra situado dicho ojo en la imagen de ojos (97). La imagen de rectángulos, semejante a la imagen de ojos (97), contiene tantos rectángulos luminosos como ojos tenga una imagen de ojos (97) y la situación de los centros geométricos de dichos rectángulos se obtiene en función de la paralaje de cada ojo, como se explica más adelante con ayuda de la figura 6.

En relación con el tamaño de los rectángulos, el ancho de cada rectángulo se hace sustancialmente igual a la distancia entre los ojos de cada observador en una imagen de ojos multiplicado por el factor F/f y la altura del rectángulo se hace igual o mayor que su ancho, siempre que no se invada el campo de visión del resto de observadores, es decir, que no se produzca solape de ese rectángulo con otros rectángulos.

Cada lente convergente esférica (77) componente de la matriz de lentes (78) actúa como el objetivo de un proyector convencional. La imagen de rectángulos que contiene los rectángulos luminosos es reproducida en la parte de pantalla de reproducción luminosa (99) situada tras cada lente convergente esférica (77) y proyectada a través de cada lente convergente esférica (77) componente de la matriz de lentes (78) sobre el grupo de observadores (98), recibiendo cada ojo de cada observador un haz luminoso en forma de rectángulo desde cada lente convergente esférica (77) componente de la matriz (78). Al recibir el ojo de un observador un rectángulo luminoso, el observador verá con ese ojo toda la superficie ocupada por la matriz de lentes (78) iluminada y, de la misma manera, el ojo que no reciba un rectángulo luminoso verá la superficie ocupada por la matriz de lentes (78) sin iluminación.

El segundo procesador (26) está configurado adicionalmente para procesar la información con las imágenes estereoscópicas recibidas desde un dispositivo externo, para separar la activación de los rectángulos correspondientes a los ojos derechos de la correspondiente a los ojos izquierdos, de acuerdo con la señal estereoscópica que se envía al dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100), y para enviar al dispositivo reproductor de imágenes (100) las imágenes correspondientes al ojo derecho e izquierdo en sucesión alternativa y, al mismo tiempo y en sincronismo con estas imágenes, enviar a la pantalla de reproducción luminosa (99) las imágenes alternativas con tantos rectángulos luminosos como córneas correspondientes a los ojos derechos e izquierdos respectivamente hayan sido detectadas. De esta manera, se proyectan sobre los ojos de cada observador que han sido detectados los rectángulos luminosos que contienen, respectivamente, la imagen correspondiente al ojo derecho y la imagen correspondiente al ojo izquierdo.

Así, sobre la pantalla de reproducción luminosa (99) se reproducen alternativamente, por cada lente convergente esférica, tantos rectángulos luminosos como ojos derechos e izquierdos han sido detectados. Cada uno de los observadores verá, por el ojo que recibe un rectángulo luminoso, la totalidad de la superficie de la matriz (78) iluminada durante el periodo de tiempo en que el rectángulo luminoso permanece activo. Al estar situado delante de la matriz (78) el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100), el ojo iluminado por el rectángulo luminoso verá la imagen que se reproduzca en dicho dispositivo reproductor de imágenes (100) en ese momento.

A pesar de que se han descrito dos procesadores distintos que realizan distintas funciones, podría emplearse un único procesador configurado para realizar todas las acciones descritas de control de secuencia de imágenes, detección de situación de ojos y generación de imagen de rectángulos luminosos.

Ventajosamente, el uso de una matriz o mosaico (78) de lentes de pequeño tamaño permite emplear una distancia focal reducida y disponer la matriz de lentes (78) y la pantalla de reproducción luminosa (99) próximos entre sí, reduciendo con ello el volumen del sistema y proporcionando una profundidad de campo de enfoque, en la proyección de los rectángulos luminosos sobre los ojos de los observadores, tan amplia como se necesite disminuyendo suficientemente la distancia focal y el tamaño de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz.

Las lentes convergentes esféricas que forman parte de la matriz o mosaico (78) pueden ser lentes convergentes esféricas convencionales o de Fresnel.

La pantalla de reproducción luminosa (99) sobre la que se reproducen los rectángulos luminosos puede ser por ejemplo un tubo de rayos catódicos, una pantalla de plasma, la pantalla de un proyector digital, un panel de LEDs, o

un cristal líquido convencional, como se representa en esta figura 7. En el caso de un cristal líquido, dado que en un reproductor convencional el cristal líquido se encuentra entre dos láminas polarizadas, los filtros polarizadores anterior de la pantalla de reproducción luminosa (99) y el posterior del dispositivo reproductor de imágenes (100) pueden ser el mismo si ambos polarizan la luz en el mismo plano. Si polarizan en distintos planos será necesario emplear una lámina difusora y por tanto despolarizadora sobre la pantalla de reproducción luminosa; dicha lámina no se ha representado en esta figura.

Para favorecer la transparencia del dispositivo reproductor de imágenes (100) se le pueden eliminar los filtros rojo, verde y azul constituyentes de cada píxel blanco convirtiéndose este elemento en un reproductor de imágenes en blanco y negro. El color se consigue haciendo que los rectángulos reproducidos en la pantalla de reproducción luminosa (99) alternen su color rojo, azul y verde y en sincronismo con estos colores el dispositivo reproductor de imágenes (100) presente la imagen en blanco y negro de intensidad de color correspondiente.

Cada elemento de captación de imagen en la realización descrita corresponde al representado en la parte C de la figura 4. Sin embargo, en variantes de realización, uno o ambos de los elementos de captación de imagen pueden reemplazarse por los ejemplificados en la parte A o la parte B de la figura 4. En esos casos, las dos cámaras incluidas en el elemento de captación de imagen actúan a través de la lámina semitransparente como si fueran una única cámara con un único centro óptico. En todos los casos, los medios de procesamiento estarían configurados para obtener las posiciones de los ojos restando pixel a pixel las dos imágenes captadas simultáneamente por las dos cámaras incluidas en el elemento de captación de imagen, mostrado en la parte A y B de la figura 4 o secuencialmente como se muestra en la parte C de la figura 4.

El dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100) puede ser un reproductor LCD convencional del que se han eliminado los sistemas de iluminación y de difusión de luz. Dado que este dispositivo reproductor de imágenes por transparencia actúa transmitiendo luz y polarizándola, el plano de polarización del dispositivo reproductor de imágenes y el del filtro de polarización de los medios de iluminación adicionales, cuando los hay, debe ser el mismo.

La figura 6 representa gráficamente las coordenadas de las imágenes de los ojos captados por dos cámaras (73-I, 73-II), uno de cuyos centros ópticos está situado en el punto "0" y el otro a la distancia "D" de una misma línea horizontal "Y" y las expresiones matemáticas que en función de esas posiciones iniciales permiten obtener las coordenadas en cualquier otra posición (h,v).

Se supone que la cámara que tiene su centro óptico situado en el origen de coordenadas (0,0) y la otra cámara, que lo tiene a una distancia "D" en el mismo eje horizontal "Y", es decir, en el punto (0, D) captan la imagen de un ojo "I". Las posiciones de las imágenes de dicho ojo I en los planos focales de dichas cámaras tendrán los valores y_{0i}, y_{Di} respectivamente, lo que significa que su paralaje P_i valdrá:

$$P_i = y_{Di} - y_{0i}$$

Cuando el centro óptico de la cámara se sitúa a una distancia horizontal "h" del origen, el valor de la coordenada y_{hi} en dicho plano focal de la imagen del ojo I valdrá:

$$y_{hi} = \frac{h}{D} P_i + y_{0i}$$

Y análogamente para cualquier otro valor situado a la distancia "v" en la dirección vertical "X" valdrá:

$$x_{vi} = \frac{v}{D} P_i + x_{oi}$$

Con estas expresiones matemáticas se puede calcular la situación de los centros geométricos de los rectángulos luminosos que han de reproducirse sobre la pantalla de reproducción luminosa (99).

5

Si la matriz de lentes (78) tiene una distancia focal "F", correspondiente a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas que la componen, y la cámara una distancia focal "f" la relación entre los tamaños de las imágenes de las córneas formadas en el plano focal de las cámaras y las formadas en el plano focal de la matriz (78) será la proporción "F/f" y las coordenadas en el plano focal de la matriz (78) serán x'_{vi} e y'_{hi} dadas por:

$$y'_{hi} = \frac{F}{f} y_{hi}$$

$$x'_{vi} = \frac{F}{f} x_{vi}$$

10

REIVINDICACIONES

1. Sistema de reproducción estereoscópica, que comprende:

- 5 un dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100) que comprende medios de polarización de luz y está configurado para ser retro-iluminado con luz en el espectro visible, para polarizar en un plano la luz que transmite y para iluminar con dicha luz polarizada transmitida un campo de observación previsto para la situación de uno o varios observadores (90, 98);
- 10 dos elementos de captación de imagen (73-I, 73-II), cuyos centros ópticos están situados en una misma línea recta horizontal (Y) y separados entre sí una distancia D, en donde cada elemento de captación de imagen (73-I, 73-II) comprende al menos una cámara digital (71, 73) y medios de polarización de luz, estando configurado cada elemento de captación de imagen (73-I, 73-II) para captar un par de imágenes (91, 92) del mismo campo visual, conteniendo dicho campo visual el campo de observación, de tal manera que una primera imagen (91) del par se
- 15 capta a través de medios de polarización adaptados para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes (100) y la segunda imagen (92) del par se capta a través de medios de polarización adaptados para polarizar la luz en un plano perpendicular al plano de polarización de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes (100);
- 20 una matriz de lentes (78), que comprende una pluralidad de lentes convergentes esféricas (77) que tienen la misma forma, tamaño y distancia focal y están dispuestas sustancialmente en el mismo plano, en donde la matriz de lentes (78) tiene un tamaño igual o superior al del dispositivo reproductor de imágenes (100);
- una pantalla de reproducción luminosa (99) configurada para emitir luz en el espectro visible, estando situada la
- 25 pantalla de reproducción luminosa (99) paralela a la matriz de lentes (78) y a una distancia de la matriz de lentes (78) igual a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz (78); en donde el dispositivo reproductor de imágenes (100) está dispuesto ante la matriz de lentes (78), paralelo a la matriz de lentes (78) y a la pantalla de reproducción luminosa (99), de manera que la pantalla de reproducción luminosa (99) es capaz de retro-iluminar en su totalidad el dispositivo reproductor de imágenes (100), y
- 30 medios de procesamiento (21, 22, 25, 26) configurados para:
- restar píxel a píxel las intensidades luminosas de las dos imágenes del par de imágenes (91, 92) captado por cada elemento de captación de imagen (73-I, 73-II), para obtener como resultado dos imágenes de ojos (13) cuyos únicos
- 35 píxeles activos son los píxeles (95, 96) situados en los lugares ópticamente conjugados a los ocupados por los ojos de los observadores presentes en el campo de observación,
- calcular la paralaje de cada ojo, obteniendo dicha paralaje a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada una de las dos imágenes de ojos obtenidas,
- hacer reproducir sobre la pantalla de reproducción luminosa (99), por cada una de las lentes convergentes esféricas
- 40 componentes de la matriz de lentes (78), un número de rectángulos luminosos (88) igual al número de ojos presentes en una imagen de ojos (13), en donde la posición del centro geométrico que cada rectángulo (88) debe ocupar sobre la pantalla de reproducción luminosa (99) se calcula a partir de la paralaje de cada ojo; y

separar la activación de los rectángulos correspondientes a los ojos derechos de la correspondiente a los ojos izquierdos, de acuerdo con una señal estereoscópica recibida por el dispositivo reproductor de imágenes (100).

2. Sistema de reproducción estereoscópica según la reivindicación 1, en el que los medios de procesamiento (21, 22, 25, 26) están configurados para calcular la paralaje (P_i) de cada ojo a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada imagen de ojos como:

$$P_i = y_{Di} - y_{oi}$$

siendo y_{Di} e y_{oi} las posiciones de la imagen del ojo i en los planos focales de los elementos de captación de imagen; y para

- 10 en función de la paralaje, calcular para cada lente convergente esférica (77) de la matriz de lentes (78) la posición del centro geométrico que cada uno de los rectángulos deberá ocupar sobre el plano focal de la matriz de lentes (78):

$$y'_{hi} = \frac{F}{f} \left(\frac{h}{D} P_i + y_{oi} \right)$$

$$x'_{vi} = \frac{F}{f} \left(\frac{v}{D} P_i + x_{oi} \right)$$

- 15 siendo x'_{vi} e y'_{hi} las coordenadas de los centros geométricos de los rectángulos en la imagen de rectángulos, x_{oi} e y_{oi} las coordenadas de las posiciones de los centros geométricos de los ojos en el plano focal del elemento de captación de imagen situado en el punto considerado origen de coordenadas (0,0), F la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz (78), (h, v) la posición del centro óptico de la lente convergente esférica correspondiente y f la distancia focal de los elementos de captación de imagen;

- 20 en el que la anchura de cada rectángulo a reproducir se determina como la distancia entre los ojos del observador correspondiente en la imagen de ojos multiplicada por el factor F/f y la altura de cada rectángulo se hace igual o mayor que su anchura.

3. Sistema de reproducción estereoscópica según la reivindicación 1 ó 2, que comprende adicionalmente uno o varios focos luminosos (81) y un filtro polarizador (02) dispuesto ante cada uno de los focos luminosos (81), estando configurado el filtro polarizador (02) para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes (100).

4. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que al menos un elemento de captación de imagen comprende una segunda cámara digital (72), dos filtros polarizadores (03, 05) y una lámina semitransparente (04), teniendo las dos cámaras (71, 72) la misma distancia focal, estando situada la lámina semitransparente (04) formando un ángulo de 45° con el plano focal de la primera cámara (71) y de manera que actúa como plano de simetría entre los centros ópticos de las dos cámaras (71, 72), transmitiendo la lámina semitransparente (04) el 50% de la intensidad luminosa a la primera cámara (71) y reflejando el resto a la segunda cámara (72), estando uno de los filtros polarizadores (03) dispuesto ante la primera cámara (71) y configurado para polarizar la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz transmitida por el dispositivo reproductor de imágenes (100), estando el otro filtro polarizador (05) dispuesto ante la segunda cámara (72) y configurado para polarizar la luz en un plano perpendicular al plano de polarización del dispositivo reproductor de imágenes (100).

5. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que al menos un elemento de captación de imagen comprende una segunda cámara digital (72) y una lámina polarizadora semitransparente (07), teniendo las dos cámaras (71, 72) la misma distancia focal, estando situada la lámina polarizadora semitransparente (07) formando un ángulo de 45° con el plano focal de la primera cámara (71) y de manera que actúa como plano de simetría entre los centros ópticos de las dos cámaras (71, 72), transmitiendo la lámina polarizadora semitransparente (07) el 50% de la intensidad luminosa a la primera cámara (71) y reflejando el resto a la segunda cámara (72) y de manera que la luz transmitida está polarizada linealmente en un plano perpendicular al plano de polarización de la luz reflejada, siendo uno de los planos de polarización coincidentes con el plano de polarización del dispositivo reproductor de imágenes (100).
6. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que al menos un elemento de captación de imagen comprende un filtro polarizador (08) dispuesto ante la cámara digital (73) y un cristal líquido (06) dispuesto ante el filtro polarizador (08), estando configurado el filtro polarizador (08) para polarizar la luz o bien en el mismo plano o bien en el plano perpendicular al plano de polarización del dispositivo reproductor de imágenes (100) y estando configurado el cristal líquido (06) para girar el plano de polarización 90° de acuerdo con una señal recibida de los medios de procesamiento (22, 25), y en el que los medios de procesamiento (22, 25) están configurados para controlar el ángulo de giro del cristal líquido (06) en función de la correspondiente imagen par o impar captada por la cámara (73).
7. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100) está configurado para reproducir las imágenes en color y la pantalla de reproducción luminosa (99) está configurada para reproducir los rectángulos luminosos (88) en blanco, o bien el dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100) está configurado para reproducir las imágenes en blanco y negro y la pantalla de reproducción luminosa (99) está configurada para reproducir los rectángulos luminosos (88) secuencialmente en rojo, verde y azul.
8. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las lentes convergentes esféricas (77) son lentes convergentes esféricas convencionales o lentes esféricas de Fresnel.
9. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las lentes convergentes esféricas (77) son lentes simples.
10. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que las lentes convergentes esféricas (77) son lentes compuestas.
11. Sistema de reproducción estereoscópica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pantalla de reproducción luminosa (99) se selecciona de entre: un tubo de rayos catódicos, una pantalla de plasma, la pantalla de un proyector digital, un panel de LEDs, un reproductor LCD sin lámina difusora despolarizadora y un reproductor LCD con lámina difusora despolarizadora.
12. Método de reproducción estereoscópica, que comprende las siguientes etapas:

iluminar un campo de observación previsto para la situación de uno o varios observadores (90, 98) con luz en el espectro visible polarizada en un plano;

5 captar dos pares de imágenes (91,92) del mismo campo visual, conteniendo dicho campo visual el campo de observación, donde cada par de imágenes se toma mediante un elemento de captación de imagen (73-I, 73-II), estando los centros ópticos de los dos elementos de captación de imagen (73-I, 73-II) situados en una misma línea recta horizontal (Y) y separados entre sí una distancia D, captando una (91) de las imágenes de cada par a través de medios de polarización que polarizan la luz en el mismo plano de polarización que el de la luz polarizada de
10 iluminación y captando la otra imagen (92) de cada par a través de medios de polarización que polarizan la luz en el plano perpendicular;

restar píxel a píxel las intensidades luminosas de las dos imágenes (91, 92) de cada par, obteniendo como resultado dos imágenes de ojos (13) cuyos únicos píxeles activos son los píxeles (95, 96) situados en los lugares ópticamente
15 conjugados a los ocupados por los ojos de los observadores;

calcular la paralaje de cada ojo, obteniendo dicha paralaje a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada una de las dos imágenes de ojos obtenidas,

20 hacer reproducir sobre una pantalla de reproducción luminosa (99) una pluralidad de rectángulos luminosos, estando situada la pantalla de reproducción luminosa paralela a una matriz de lentes (78) que comprende una pluralidad de lentes convergentes esféricas (77) que tienen la misma forma, tamaño y distancia focal, estando situada la pantalla de reproducción luminosa (99) a una distancia de la matriz (78) igual a la distancia focal de las lentes convergentes esféricas (77), en donde en la parte de pantalla de reproducción luminosa situada tras cada lente convergente
25 esférica componente de la matriz se reproducen tantos rectángulos luminosos como ojos hay presentes en la imagen de ojos, en donde los rectángulos luminosos se reproducen con posiciones determinadas a partir de la paralaje calculada para el ojo correspondiente,
y

30 separar la activación de los rectángulos correspondientes a los ojos derechos de la correspondiente a los ojos izquierdos, de acuerdo con una señal estereoscópica recibida por un dispositivo reproductor de imágenes por transparencia (100), estando el dispositivo reproductor de imágenes (100) dispuesto ante la matriz de lentes (78), paralelo a ella y de tal manera que la pantalla de reproducción luminosa (99) es capaz de retro-iluminar el dispositivo reproductor de imágenes (100) en su totalidad.

35 13. Método según la reivindicación 12, en el que:

la paralaje (P_i) de cada ojo se calcula a partir de la diferente posición ocupada por el ojo en cada imagen de ojos como:

$$P_i = y_{Di} - y_{0i}$$

40 siendo y_{Di} e y_{0i} las posiciones de la imagen del ojo i en los planos focales de los elementos de captación de imagen;

y que comprende adicionalmente:

en función de la paralaje, calcular para cada lente convergente esférica de la matriz la posición del centro geométrico que cada uno de los rectángulos deberá ocupar sobre el plano focal de la matriz de lentes (78):

$$y'_{hi} = \frac{F}{f} \left(\frac{h}{D} P_i + y_{oi} \right)$$

$$x'_{vi} = \frac{F}{f} \left(\frac{v}{D} P_i + x_{oi} \right)$$

5 siendo x'_{vi} e y'_{hi} las coordenadas de los centros geométricos de los rectángulos en la imagen de rectángulos, x_{oi} e y_{oi} las coordenadas de las posiciones de los centros geométricos de los ojos en el plano focal del elemento de captación de imagen situado en el punto considerado origen de coordenadas (0,0), F la distancia focal de las lentes convergentes esféricas componentes de la matriz de lentes (78), (h, v) la posición del centro óptico de la lente convergente esférica (77) correspondiente y f la distancia focal de los elementos de captación de imagen;

10 en el que la anchura de cada rectángulo a reproducir se determina como la distancia entre los ojos del observador correspondiente en la imagen de ojos multiplicada por el factor F/f y la altura de cada rectángulo se hace igual o mayor que su anchura.

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, llevado a cabo con un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

15

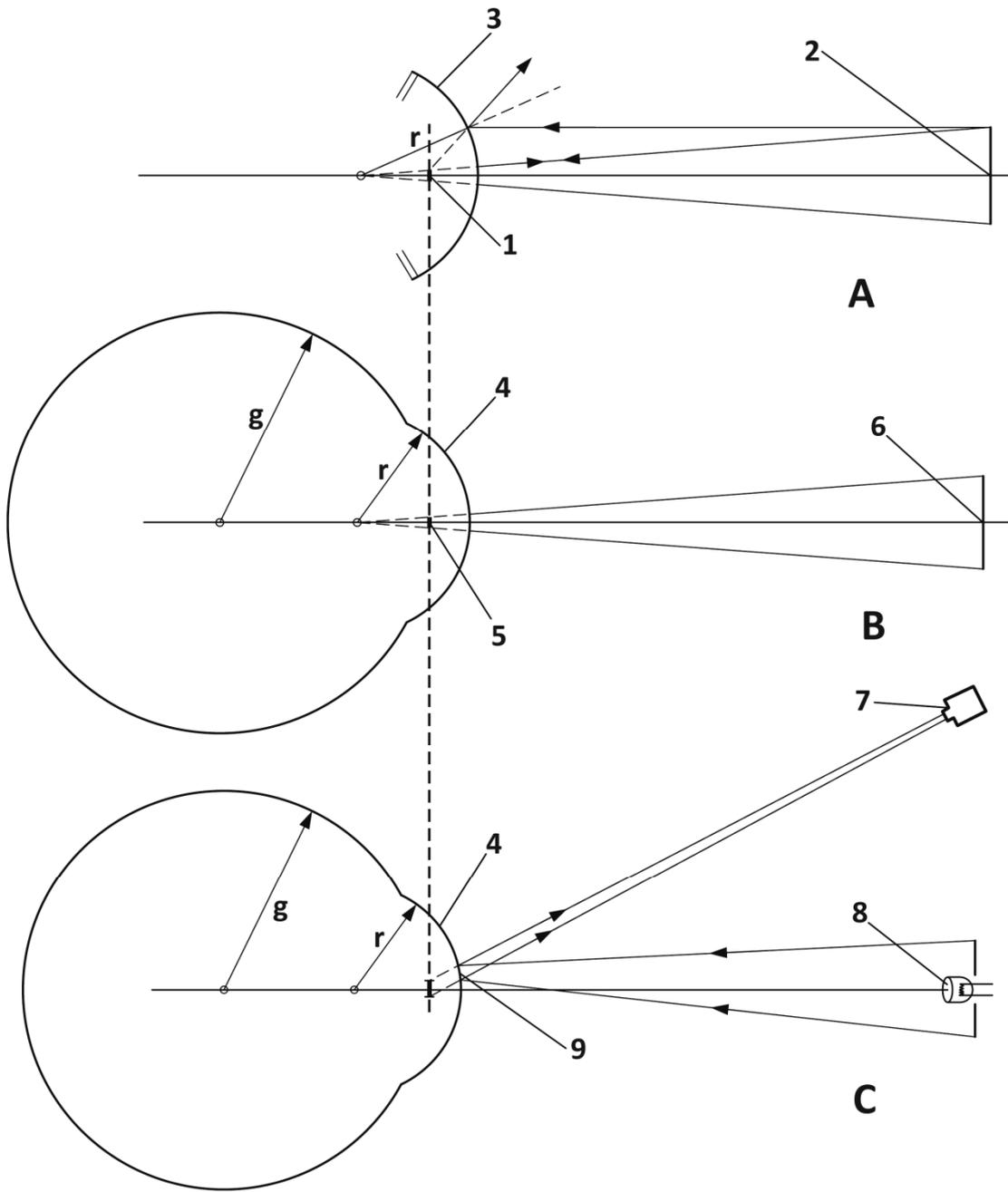


FIG. 1

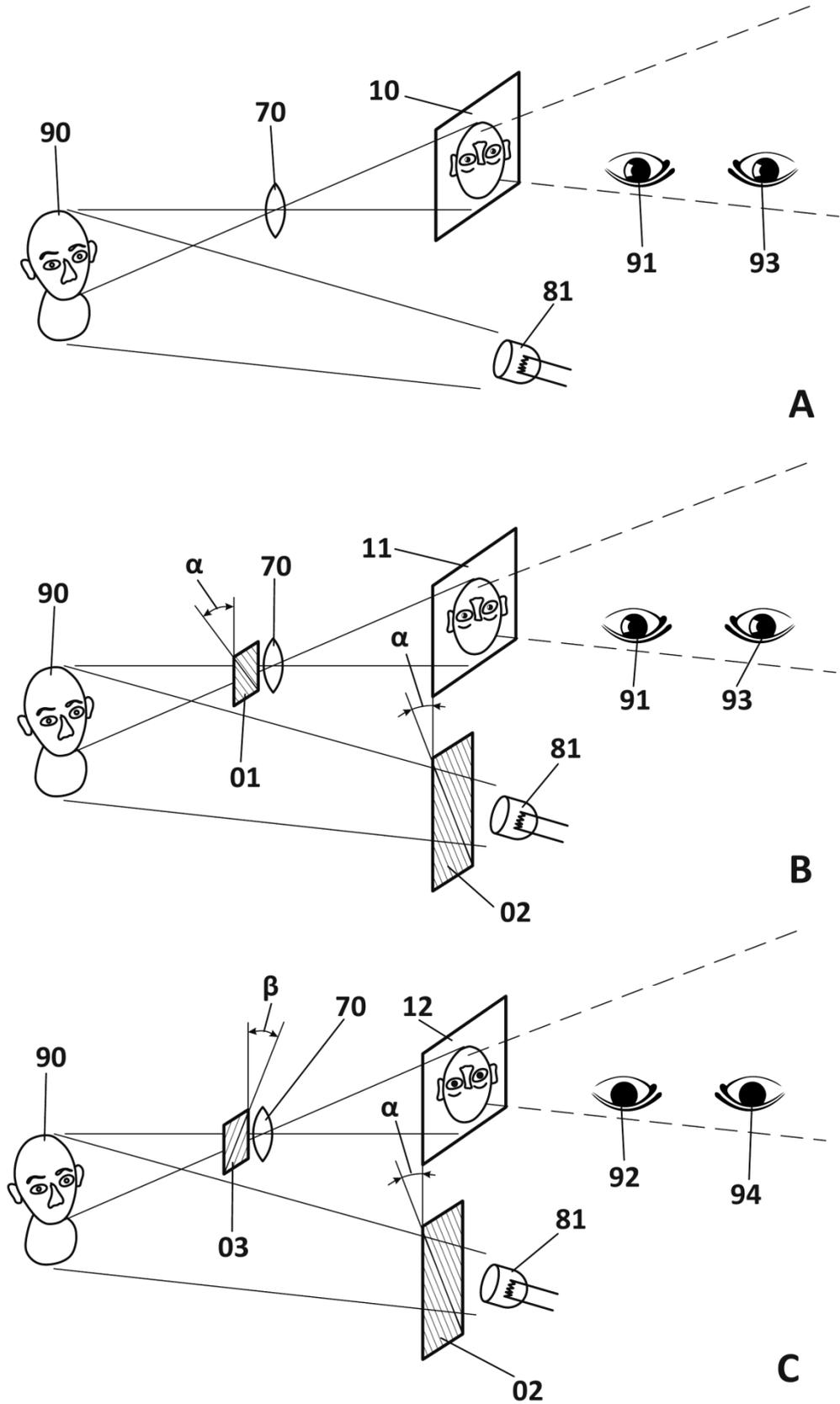


FIG. 2

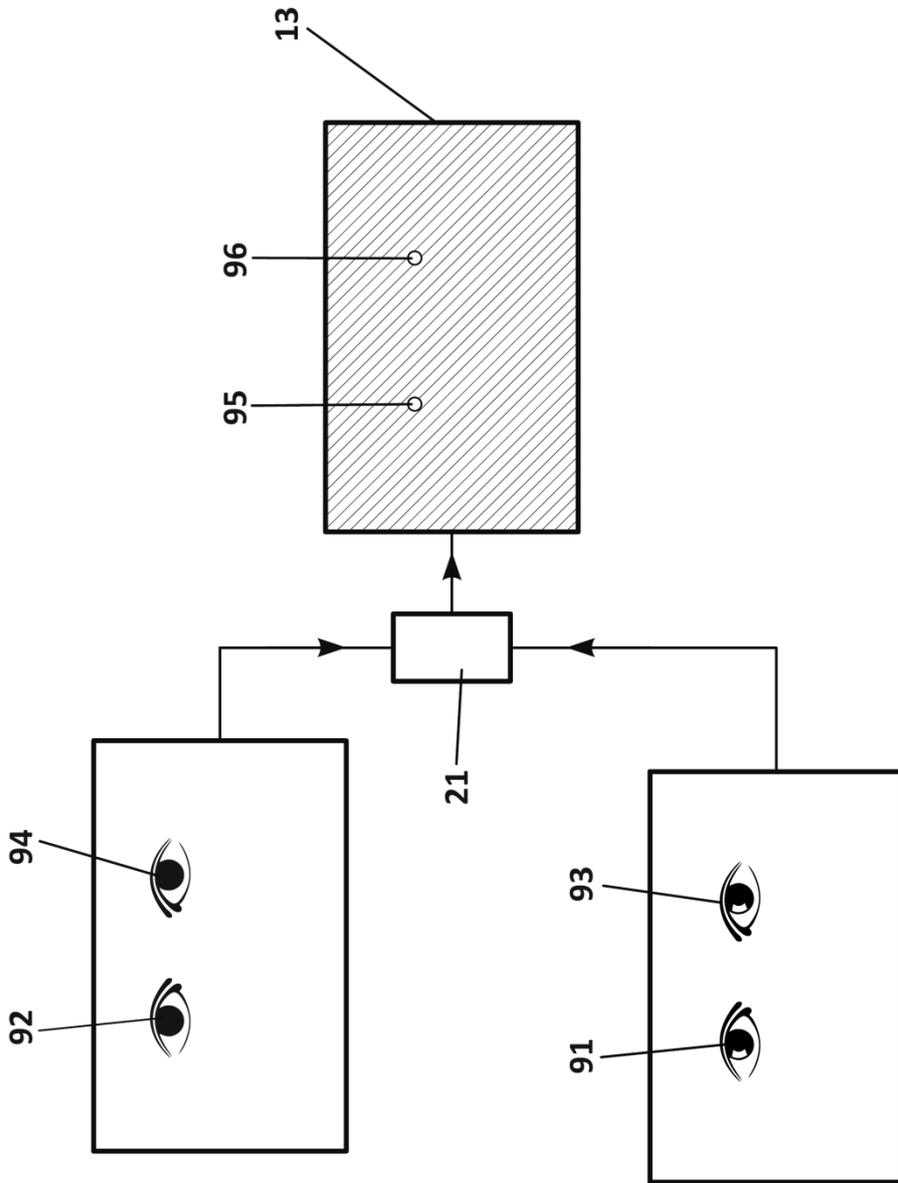


FIG. 3

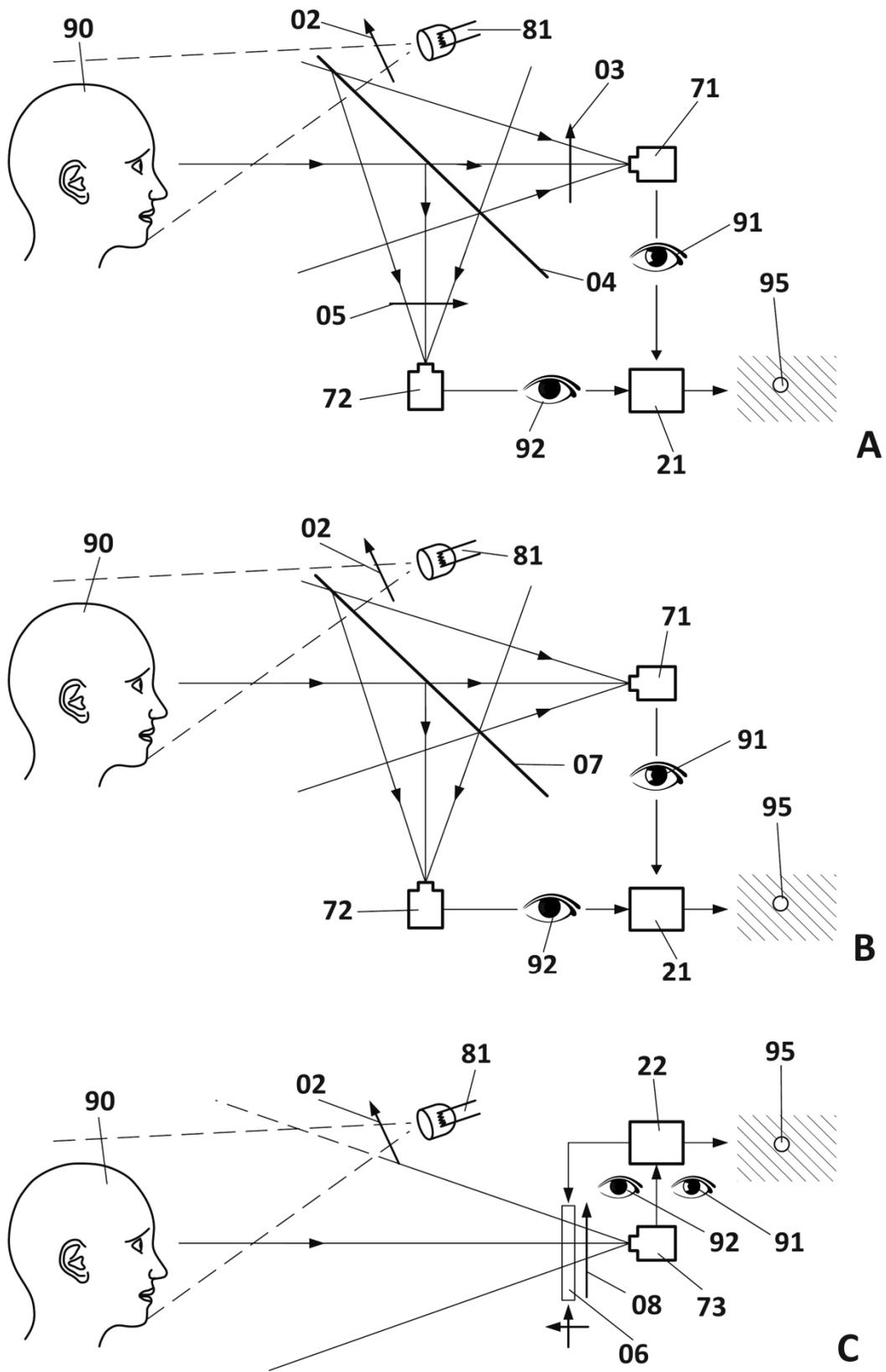


FIG. 4

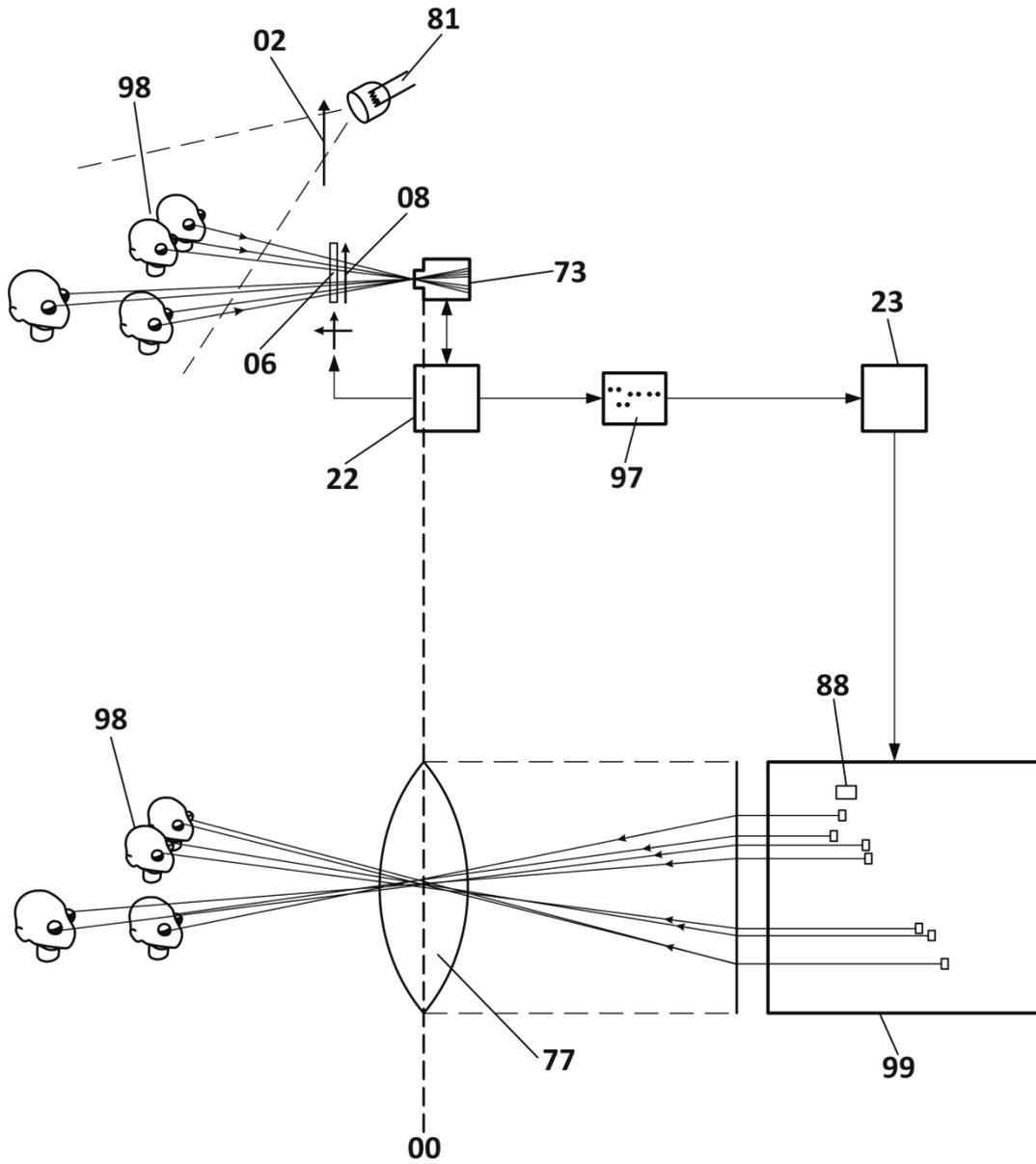


FIG. 5

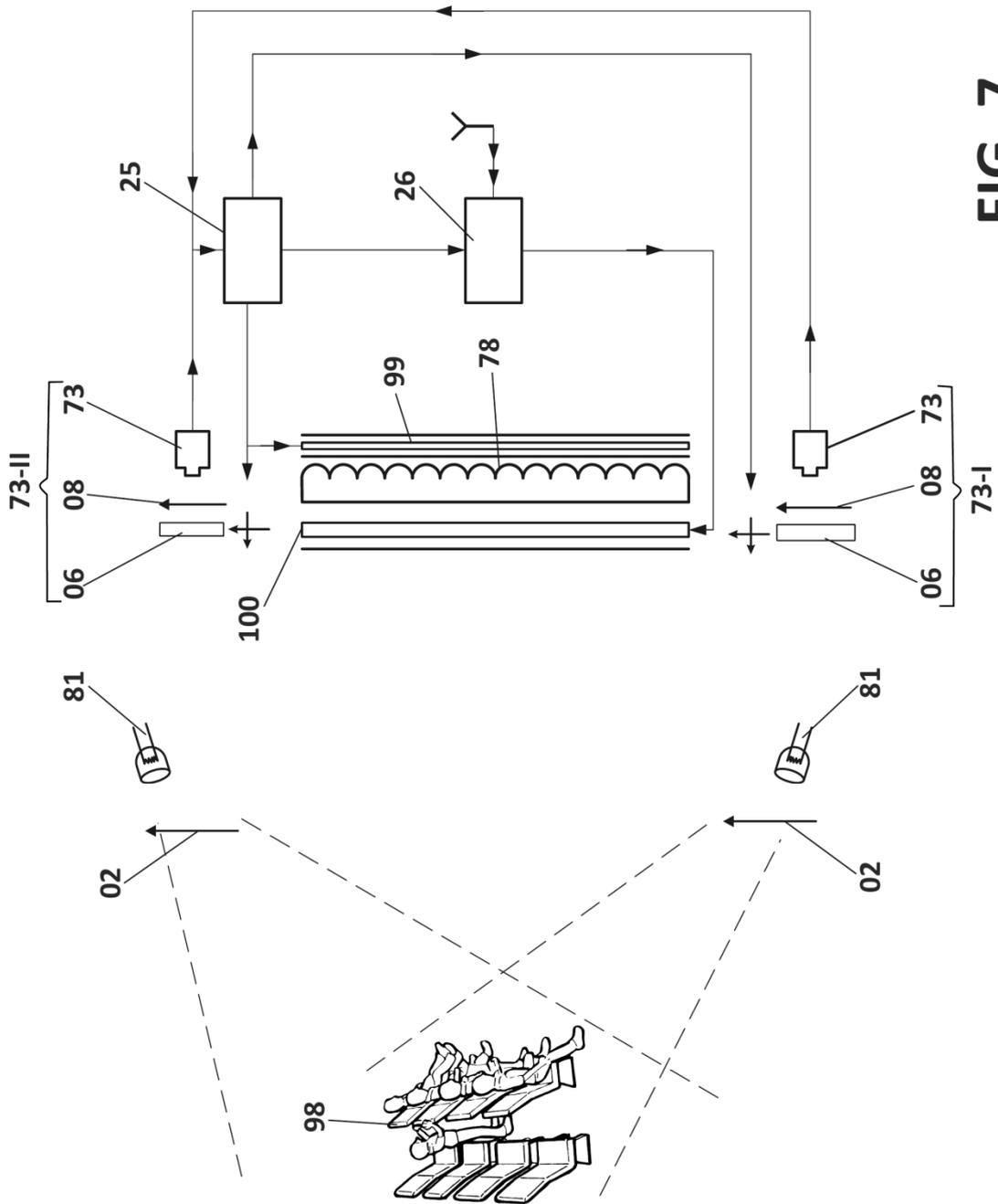


FIG. 7