

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 789**

21 Número de solicitud: 201531397

51 Int. Cl.:

A61B 3/02 (2006.01)

A61B 3/028 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

30.09.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.05.2017

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/070673

71 Solicitantes:

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)

**C/ Serrano, 117
28006 MADRID ES**

72 Inventor/es:

**DORRONSORO DIAZ, Carlos y
MARCOS CELESTINO, Susana**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **INSTRUMENTO MINIATURIZADO SIMULADOR DE VISIÓN SIMULTÁNEA POR GENERACIÓN DE MÁSCARAS**

57 Resumen:

Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras.

Se proporciona un instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras con un único canal óptico formador de imagen. El instrumento comprende: un elemento generador de máscaras (EGM) que genera, con una frecuencia de alternancia temporal, al menos dos máscaras complementarias de tal forma que cuando una bloquea parcialmente la luz incidente, la otra deja pasar parcialmente la luz incidente, y viceversa; una lente ajustable (LA) de potencia óptica variable que genera, con dicha frecuencia de alternancia, al menos dos potencias ópticas diferentes correspondientes a al menos dos distancias de observación. El EGM y la LA están situados en un único canal óptico por el que circula la luz incidente, de tal forma que cada máscara del EGM está sincronizada temporalmente con una potencia de la LA. La combinación de todas las máscaras y potencias ópticas produce, por fusión temporal a alta velocidad, un patrón pupilar en el que se combinan al menos dos potencias ópticas correspondientes a al menos dos distancias de observación.

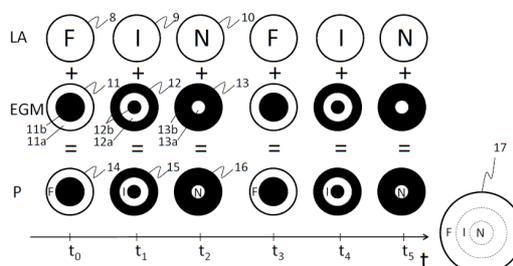


FIG. 1B

DESCRIPCIÓN

**INSTRUMENTO MINIATURIZADO SIMULADOR DE VISIÓN SIMULTÁNEA POR
GENERACIÓN DE MÁSCARAS**

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

10 La presente invención se refiere, en general, al campo de la óptica ocular, y en particular al campo de las correcciones oftálmicas para compensar la presbicia.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 El ojo humano joven tiene la capacidad de cambiar su enfoque para ver nítidamente tanto objetos lejanos como cercanos. Esta capacidad del ojo, denominada acomodación, se consigue gracias a que el cristalino es capaz de cambiar su focal, cambiando la forma de sus superficies. Se denomina presbicia a la pérdida de la acomodación, que sucede con la edad. La presbicia empieza a presentar síntomas en torno a los 45 años de edad y hace que la totalidad de la población a partir de los 55
20 años dependa de correcciones ópticas de algún tipo para ver correctamente de lejos y cerca. La corrección más común de la presbicia son las lentes oftálmicas, ya sea en forma de gafas de cerca, gafas con segmentos bifocales o lentes progresivas. Pese a ser la solución más inmediata al problema que plantea la presbicia, las gafas distan de ser consideradas una solución óptima, por cuestiones estéticas o por su incomodidad.

25 Varias soluciones para paliar los efectos de la presbicia se basan en el concepto de visión simultánea. Las correcciones de visión simultánea superponen sobre la retina dos o más imágenes, una de ellas corresponde a una distancia de observación de visión lejana y otra a visión cercana. La imagen final resultante sobre la retina contiene una componente nítida, en foco, superpuesta sobre otra u otras
30 componentes desenfocadas, fuera de foco, que producen una pérdida de contraste general. No todo el mundo es capaz de tolerar la visión simultánea. Para la adaptación de lentes de contacto lo habitual es que el paciente pruebe distintos diseños. La situación es mucho peor en el caso de soluciones quirúrgicas ya que son procesos irreversibles. De ahí surge la necesidad de simular la visión simultánea y proporcionar
35 al paciente la nueva experiencia visual antes de adaptaciones o cirugías. Éste es un acercamiento idóneo para anticipar y evitar los problemas visuales que tendrá cada paciente, ya sean ópticos o neuronales.

En la solicitud de patente Española con número de solicitud P201331436 se propuso un nuevo concepto para la generación de visión simultánea, denominado multiplexación de canales temporales. Consiste en inducir con una lente ajustable una variación periódica en el tiempo en la vergencia del haz de luz que la atraviesa. Los distintos niveles de vergencia, que se repiten periódicamente, definen distintos canales temporales que se multiplexan temporalmente a una frecuencia superior a la frecuencia de fusión del ojo, y la superposición espacio-temporal de todas las imágenes componentes forma una imagen final de visión simultánea que es percibida como estática.

La invención divulgada en la solicitud de patente antes mencionada, hace uso de los conceptos de multiplexación temporal para simular visión simultánea pura, en la cual toda la pupila del ojo actúa a la vez como zona de visión cercana y zona de visión lejana. Sin embargo, en muchos diseños reales de correcciones oftálmicas de visión simultánea (lentes de contacto, lentes infraoculares) la pupila se divide en zonas, segmentos, cada una de las cuales corresponde a una distancia de visión (cercana, intermedia, lejana). La presente invención utiliza los términos “patrones pupilares” para referirse a las pupilas divididas en segmentos o zonas de diferentes potencias.

La generación de patrones pupilares, con distintas regiones dedicadas a visión lejana, cercana o intermedia, se puede realizar moduladores espaciales de luz (SLM) basados en células que producen un desfase variable, a menudo acompañados de cambios en la polarización, en la luz que incide sobre ellos, en función del voltaje. El desfase en cada punto está relacionado con el nivel de cada pixel, de tal forma que el mapa de desfases puede considerarse como una imagen, con una resolución espacial determinada por el número de píxeles. Estos SLMs pueden estar incorporados en sistemas de óptica adaptativa (Testing vision with radial and angularly segmented multifocal patterns using adaptive Optics. Maria Vinas, Carlos Dorronsoro, Veronica Gonzalez, Daniel Cortes, Susana Marcos. Investigative Ophthalmology & Visual Science June 2015, Vol.56, 1358, 2015), operando sobre la reflexión de la luz que incide sobre ellos en lo que se denomina modo reflexión. Otra configuración previamente presentada (Visual testing of segmented bifocal corrections with a compact simultaneous vision simulator, Carlos Dorronsoro, Aiswaryah Radhakrishnan, Pablo de Gracia, Lucie Sawides, José Ramón Alonso-Sanz, Daniel Cortés, Susana Marcos. Investigative Ophthalmology & Visual Science April 2014, Vol.55, 781, 2014) utiliza un SLM operando en modo transmisión, operando sobre la transmisión de la luz, en combinación con un sistema de visión simultánea de dos canales presentado previamente (solicitud P200930055), proporcionando distribuciones pupilares de lejos

y cerca, dadas por patrones definidos en el SLM por imagenes binarias en blanco y negro.

Estos métodos de simulación de visión simultánea no son adecuados para prototipos clínicos compactos por tener gran complejidad, peso, tamaño y coste.

5 Otra solución identificada consiste en la proyección de un patrón de fase en la pupila, construido mediante microlitografía o mecanizado de precisión.

Otras soluciones se basan en proyectar dentro del ojo, por medio de sistemas ópticos proyectores, una lente intraocular real (EP 2631891 A1; US 2011/0080562 A1). Esta aproximación exige disponer de las distintas lentes y de sus variantes con distintos parámetros. Además, es necesario que el sistema óptico sea sofisticado, para
10 eliminar la potencia óptica propia de la lente, que suele tener un valor cercano a 20 dioptrías. La necesaria sujeción de las lentes en una celdilla, para su proyección, conlleva un tiempo de manipulación para poner y quitar físicamente la lente intraocular, que hace que no se puedan realizar comparaciones directas e inmediatas
15 entre distintas lentes, típicas en experimentos rigurosos de preferencia subjetiva.

Si bien han demostrado ser una aproximación viable en sistemas de laboratorio, los sistemas existentes para simular patrones pupilares son poco prácticos en un instrumento robusto y portable, por las razones expuestas. Además, en un sistema binocular, en el cual la simulación visual se realiza en ambos ojos a la vez, la
20 problemática se multiplica.

El problema técnico que la presente invención resuelve es la simulación de visión simultánea en un instrumento compacto con capacidad de simular patrones pupilares programables utilizando un único canal espacial. Al no recurrir a dos o más
25 canales espaciales para la solución del problema se eliminan los inconvenientes asociados descritos con anterioridad.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 En un primer aspecto de la invención, se proporciona un instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras. El instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras comprende: un elemento generador de máscaras (EGM) que genera, con una frecuencia de alternancia temporal, al menos dos máscaras complementarias de tal
35 forma que, secuencialmente, cada máscara deja pasar parcialmente (es decir, por una zona de la pupila) una luz incidente procedente de un objeto, a la vez que la al menos otra máscara (es decir, el resto de máscaras) bloquea parcialmente (es decir, en el

resto de zonas de la pupila) la luz incidente; una lente ajustable de potencia óptica variable que genera, con la frecuencia de alternancia temporal, al menos dos potencias ópticas diferentes correspondientes a al menos dos distancias de observación; en donde el elemento generador de máscaras y la lente ajustable están
5 situados en un único canal óptico por el que circula la luz incidente, de tal forma que cada máscara del elemento generador de máscaras (EGM) está sincronizada temporalmente con cada potencia de la lente ajustable, obteniéndose por fusión temporal un patrón pupilar combinado de al menos dos distancias de observación. La combinación de todas las máscaras y potencias ópticas produce, por fusión temporal a
10 alta velocidad, un patrón pupilar en el que se combinan al menos dos potencias ópticas correspondientes a al menos dos distancias de observación.

En una realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras comprende: un elemento generador de máscaras (EGM) que genera, con una frecuencia de alternancia temporal, dos
15 máscaras complementarias de tal forma que cuando, secuencialmente, una deja pasar parcialmente una luz incidente procedente de un objeto, la otra bloquea parcialmente la luz incidente, y viceversa; una lente ajustable de potencia óptica variable que genera, con la frecuencia de alternancia temporal, dos potencias ópticas diferentes correspondientes a dos distancias de observación; en donde el elemento generador de
20 máscaras y la lente ajustable están situados en un único canal óptico por el que circula la luz incidente, de tal forma que cada máscara del elemento generador de máscaras (EGM) está sincronizada temporalmente con una potencia de la lente ajustable, obteniéndose por fusión temporal un patrón pupilar en el que se combinan dos distancias de observación.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras comprende: un elemento generador de máscaras (EGM) que genera, con una frecuencia de alternancia temporal, al menos tres máscaras complementarias de tal forma que cuando, secuencialmente, una deja pasar parcialmente la luz incidente procedente de un objeto, las al menos otras dos
30 máscaras bloquean parcialmente la luz incidente; una lente ajustable de potencia óptica variable que genera, con la frecuencia de alternancia temporal, al menos tres potencias ópticas diferentes correspondientes a al menos tres distancias de observación; en donde el elemento generador de máscaras y la lente ajustable están situados en un único canal óptico por el que circula la luz incidente, de tal forma que
35 cada máscara del elemento generador de máscaras (EGM) está sincronizada temporalmente con una potencia de la lente ajustable, obteniéndose por fusión

temporal un patrón pupilar en el que se combinan al menos tres distancias de observación.

En la presente invención se entiende por máscaras complementarias aquellas máscaras que dispuestas de forma conjunta cubren toda la pupila. En todos los ejemplos de realización, una máscara deja pasar la luz parcialmente (deja pasar la luz por una zona de la pupila) y el resto de máscaras bloquean la luz parcialmente (por el resto de zonas de la pupila) para un instante determinado de tiempo. En el siguiente instante de tiempo (equivalente al inverso de la frecuencia de la alternancia), la máscara que dejaba pasar la luz la bloquea, una de las que bloqueaban la luz la deja pasar y el resto de máscaras siguen bloqueando la luz. Y así sucesivamente. Así queda definido "secuencialmente".

Para producir la experiencia visual de visión simultánea sin que se aprecie vibración o parpadeo de la imagen, la frecuencia de alternancia de las distintas máscaras y potencias debe ser superior a la frecuencia de fusión del sistema visual. En una realización de la invención, la frecuencia de alternancia es preferiblemente superior a 30 Hz, y más preferiblemente superior a 60Hz.

El canal óptico contiene la luz incidente procedente de un objeto observado cuyo sentido de propagación parte del objeto observado hasta alcanzar el ojo del observador o paciente. Teniendo en cuenta este sentido de transmisión de la luz, se define para todas las formas de realización de la invención, como foco anterior de una lente, el foco de la misma que es alcanzado por la luz incidente antes de atravesar la lente y como foco posterior de una lente, el foco de la misma que es alcanzado por la luz incidente tras atravesar la lente.

La imagen en la retina o imagen retiniana se forma cuando la luz procedente de un objeto atraviesa el patrón pupilar y la óptica del ojo la hace converger en la retina. Mediante la presente invención se consigue que, sobre un ojo de un observador o paciente colocado en el plano que contiene al patrón pupilar, se genere una imagen sobre la retina (imagen retiniana) que es combinación (multiplexación) de varias imágenes correspondientes a distintas distancias de observación. Esta imagen retiniana es una imagen de apariencia estática en la retina, de carácter multifocal y, por tanto, con cierta degradación. Esta imagen retiniana simula la producida por una corrección real ya que es equivalente a ella, a todos los efectos.

Como se ha mencionado anteriormente, para la presente invención, las máscaras dejan pasar la luz por unas zonas y por otras no. Estas zonas también se denominan segmentos. Las máscaras son generadas por el Elemento Generador de Máscaras (EGM). Tecnológicamente, el Elemento Generador de Máscaras (EGM) se consigue por medio de un elemento óptico activo programable que puede funcionar

por: i) transmisión: un material transparente que deja que se transmita la luz a través de él en unas zonas y en otras no; o, ii) por reflexión: un material especular que en algunas zonas refleja pero en otras no. El EGM en transmisión se puede conseguir por medio de un modulador espacial de luz basado en tecnología de cristal líquido, funcionando en transmisión, mientras que el EGM en modo reflexión se puede conseguir por medio de un modulador espacial de luz de reflexión o con un dispositivo digital de microespejos. La combinación de todas las máscaras (EGM) y de todas las potencias (LA) por multiplexación temporal produce un patrón pupilar que es proyectado en la pupila del ojo del paciente y que produce el efecto óptico de una corrección multifocal de visión simultánea: unas imágenes de retina (imágenes retinianas) que tienen componentes enfocadas y desenfocadas superpuestas. Es decir, la luz, según por la zona de la pupila por la que pase, produce una imagen componente en la retina más o menos enfocada. La superposición en la retina de las imágenes componentes, todas del mismo tamaño, produce que cada punto de la imagen esté a la vez enfocado y desenfocado, tal y como sucede en correcciones oftálmicas reales de visión simultánea.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende dos lentes proyectoras, ambas con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales. El instrumento configurado de tal forma que el elemento generador de máscaras se encuentra en el foco anterior de una de las lentes, y la lente ajustable (LA) se coloca aproximadamente en el foco posterior de la otra lente, formándose el patrón pupilar sobre el foco posterior de la otra lente.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende dos lentes proyectoras con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales. El instrumento configurado de tal forma que la lente ajustable se encuentra en el foco anterior de una de las lentes y el elemento generador de máscaras se coloca aproximadamente en el foco posterior de la otra lente, formándose el patrón pupilar sobre el foco posterior de la otra lente.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende dos lentes proyectoras con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales. El instrumento configurado de tal forma que la lente ajustable (LA) y el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco anterior de una de las lentes, y el patrón pupilar se forma sobre el plano focal posterior de la otra lente.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre el canal óptico y con una separación entre cada dos lentes consecutivas equivalente a dos distancias focales. El instrumento configurado de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco anterior de una de las lentes extremas, la lente ajustable (LA) se encuentran en el foco posterior de una de las lentes intermedias que coincide con el foco anterior de la otra lente intermedia, y el patrón pupilar se forma sobre el foco posterior de la otra lente extrema. El elemento generador de máscaras (EGM) se puede situar de forma no-perpendicular al canal óptico, de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM), funcionando en modo reflexión, recibe directamente la luz incidente y la refleja en otra dirección, en la cual atraviesa las cuatro lentes proyectoras y la lente ajustable (LA).

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre el canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes consecutivas equivalente a dos distancias focales. El instrumento configurado de tal forma que la lente ajustable (LA) se encuentran en el foco anterior de una de las lentes extremas, el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco posterior de una de las lentes intermedias que coincide con el foco anterior de la otra lente intermedia, y el patrón pupilar se forma sobre el foco posterior de la otra lente extrema. El elemento generador de máscaras (EGM) se puede situar de forma no-perpendicular al canal óptico, de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM), funcionando en modo reflexión, recibe la luz incidente a través de la lente ajustable (LA), de una lente extrema y de una lente intermedia, y la refleja en otra dirección, en la cual atraviesa una lente intermedia y una lente extrema.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre el canal óptico y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; y dos espejos extremos. El instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: la lente ajustable (LA), un espejo extremo, una lente extrema, una lente intermedia, el elemento generador de máscaras (EGM) en modo reflexión, la otra lente intermedia, la otra lente extrema y el otro espejo, hasta alcanzar

el plano pupilar, donde también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre el canal óptico y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; dos espejos extremos y dos espejos intermedios. El instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: el elemento generador de máscaras (EGM), un espejo extremo, una lente extrema, una lente intermedia, un espejo intermedio, la lente ajustable, el otro espejo intermedio, la otra lente intermedia, la otra lente extrema y el otro espejo extremo hasta alcanzar el plano pupilar, donde también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre el canal óptico y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; dos espejos extremos y dos espejos intermedios. El instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: la lente ajustable (LA), un espejo extremo, una lente extrema, una lente intermedia, un espejo intermedio, el elemento generador de máscaras (EGM), el otro espejo intermedio, la otra lente intermedia, la otra lente extrema y el otro espejo extremo hasta alcanzar el plano pupilar, donde también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos intermedias, con la misma distancia focal; dos espejos extremos y dos espejos intermedios; y, un espejo doble (dos caras opuestas). El instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre consecutivamente por una cara del espejo doble, la lente ajustable, una lente extrema, un espejo extremo, un espejo intermedio, una lente intermedia, el elemento generador de máscaras (EGM), la otra lente, el otro espejo intermedio, el otro espejo extremo, la otra lente extrema y la otra cara del espejo doble hasta alcanzar el plano pupilar, donde también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema. El ojo humano queda, por tanto, co-alineado con la luz incidente.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos

intermedias, con la misma distancia focal; dos espejos extremos; y un espejo doble (dos caras opuestas). El instrumento está configurado de tal forma que la luz
 5 incidiente transcurre consecutivamente por una cara del espejo doble, la lente ajustable, un espejo extremo, una lente extrema, una lente intermedia, el elemento
 generador de máscaras (EGM), la otra lente intermedia, el otro espejo extremo, la otra
 lente extrema y la otra cara del espejo doble hasta alcanzar el plano pupilar, donde
 también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema. El ojo humano
 queda, por tanto, co-alineado con la luz incidente.

En otra realización particular, el instrumento miniaturizado simulador de visión
 10 simultánea adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras, dos extremas y dos
 intermedias, con la misma distancia focal; dos espejos extremos; y un espejo doble
 (dos caras opuestas). El instrumento está configurado de tal forma que la luz
 incidiente transcurre consecutivamente por la lente ajustable (LA), una cara del
 espejo doble, una lente extrema, un espejo extremo, una lente intermedia, el elemento
 15 generador de máscaras (EGM), la otra lente intermedia, el otro espejo extremo, la otra
 lente extrema y la otra cara del espejo doble, hasta alcanzar el plano pupilar, donde
 también se puede encontrar el foco posterior de la otra lente extrema. El ojo humano
 queda, por tanto, co-alineado con la luz incidente.

En un segundo aspecto de la invención, se proporciona el uso del instrumento
 20 según una o más realizaciones anteriores en combinación con gafas, lentes de
 contacto, lentes intraoculares, cirugía refractiva u otras correcciones oftálmicas o
 quirúrgicas.

En un tercer aspecto de la invención, se proporciona el uso del instrumento
 según una o más realizaciones anteriores como foróptero.

En un cuarto aspecto de la invención, se proporciona el uso del instrumento
 25 según una o más realizaciones anteriores en combinación con pruebas visuales o
 psicofísicas.

En un quinto aspecto de la invención, se proporciona el uso del instrumento
 según una o más realizaciones anteriores para evaluar la tolerancia de pacientes a
 30 correcciones de visión simultánea o para el entrenamiento del paciente previo a la
 implantación de correcciones de visión simultánea.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

35 **Figura 1A y 1B** muestran sendos ejemplos de realización de la invención para generar
 el patrón pupilar por combinación multiplexada de un elemento generador de
 máscaras y una lente ajustable.

Figuras 2A y 2B muestran dos ejemplos de realización de la presente invención con un elemento generador de máscaras, una lente ajustable y cuatro lentes configurados en un canal óptico rectilíneo para diferentes disposiciones de la lente ajustable y del
5 elemento generador de máscaras.

Figuras 3A, 3B y 3C muestran tres ejemplos de realización de la presente invención con un elemento generador de máscaras, una lente ajustable y dos lentes configurados en un canal óptico rectilíneo para diferentes combinaciones de la lente
10 ajustable y del elemento generador de máscaras.

Figuras 4A y 4B muestran dos ejemplos de realización de la presente invención con un elemento generador de máscaras, una lente ajustable y cuatro lentes configurados en un canal óptico que incorpora una reflexión sobre el elemento generador de
15 máscaras, para diferentes combinaciones de las lentes, la lente ajustable y del elemento generador de máscaras.

Figura 5A muestra un ejemplo de realización de la presente invención con un Elemento Generador de Máscaras, una lente ajustable, cuatro lentes y dos espejos configurados en un canal óptico en reflexión sobre el Elemento Generador de
20 Máscaras.

Figuras 5B y 5C muestran dos ejemplos de realización de la presente invención con un Elemento Generador de Máscaras, una lente ajustable, cuatro lentes y cuatro
25 espejos configurados en un canal óptico en reflexión sobre los espejos para diferentes combinaciones de las lentes, la lente ajustable, los espejos y del Elemento Generador de Máscaras.

Figura 6A muestra un ejemplo de realización de la presente invención con un Elemento Generador de Máscaras, una lente ajustable, cuatro lentes, un espejo de
30 doble cara y cuatro espejos configurados en un canal óptico en reflexión sobre los espejos y el espejo de doble cara.

Figuras 6B y 6C muestran dos ejemplos de realización de la presente invención con un Elemento Generador de Máscaras, una lente ajustable, cuatro lentes y dos espejos configurados en un canal óptico en reflexión sobre los espejos y el Elemento
35 Generador de Máscaras para diferentes combinaciones de las lentes, la lente

ajustable, el espejo de doble cara, los espejos y del Elemento Generador de Máscaras.

EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

5

A continuación se describirá más detalladamente varios ejemplos de realización de la presente invención con referencia en lo sucesivo a las figuras adjuntas, en las que se muestran realizaciones preferidas de la invención. Sin embargo, la invención puede plasmarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en este documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan de manera que esta exposición será minuciosa y completa, y transmitirá completamente el ámbito de la invención a los expertos en la materia. Los números iguales y letras iguales se refieren a elementos iguales a lo largo de todo el documento.

15

La presente divulgación proporciona soluciones novedosas para la simulación de visión simultánea aplicada a la presbicia. Ventajosamente, la presente invención es capaz de ser implementada en dispositivos miniaturizados puesto que sólo utiliza un canal para la formación de la imagen pupilar. De forma general, la imagen en la retina o imagen retiniana se forma cuando la luz procedente de un objeto recorre la óptica del ojo que la hace converger sobre la retina, formando en la retina la imagen del objeto. Esta imagen retiniana puede estar enfocada o desenfocada. En la presente invención la luz procedente del objeto forma la imagen retiniana tras atravesar el patrón pupilar generado por la LA y el EGM, que es proyectado en la pupila del ojo. Mediante la presente invención se consigue que en la retina de un ojo de un observador o paciente, colocado el ojo en una posición tal que su pupila coincide con el plano que contiene al patrón pupilar "P" del instrumento, se genere una imagen retiniana que es combinación (multiplexación) de varias imágenes correspondientes a distintas distancias de observación (por ejemplo, visión lejana y visión cercana).

25

La **figura 1A** muestra un ejemplo de realización de la invención para generar el patrón pupilar **7**. La **figura 1A** muestra una lente ajustable **LA** (de focal variable) que cambia su potencia óptica cada cierto intervalo de tiempo (determinado por una frecuencia de alternancia) alternando entre la potencia correspondiente a visión lejana **F (1)** y a visión cercana **N (2)**. La lente ajustable **LA** se sincroniza de forma temporal con un Elemento Generador de Máscaras **EGM** que tiene, para la realización de la invención mostrada en la figura 1A, dos segmentos semicirculares **3a** y **3b** que se complementan para cubrir la totalidad del haz de luz circular, pero de tal forma que cuando un segmento bloquea la luz incidente procedente de un objeto observado (no

35

mostrado en las figuras), el otro segmento deja pasar la luz incidente, y viceversa. Estas dos combinaciones de los segmentos dan lugar a dos máscaras distintas (3,5). Por tanto, en un instante determinado de tiempo t_0 , la lente ajustable **LA**, de focal variable, tiene una potencia correspondiente a visión lejana **F**, y el **EGM** proporciona una máscara pupilar semicircular que bloquea el semicírculo izquierdo de la luz incidente. Por medio de proyecciones ópticas con un único canal óptico, el **EGM** y la **LA** se hacen coincidir en un único plano denominado plano de pupila **P** porque es el plano en el que se coloca la pupila del ojo. Esta proyección que combina máscaras del **EGM** y potencia óptica de la **LA** da lugar en el plano pupilar **P** a un patrón pupilar transitorio **4** que contiene una mitad semicircular opaca (por el bloqueo del segmento) y otra mitad semicircular a través de la cual se formará una imagen retiniana correspondiente a visión lejana. En el siguiente instante de tiempo t_1 , la lente ajustable **LA** tiene una potencia correspondiente a visión cercana **N**, y el elemento generador de máscaras **EGM** proporciona una máscara pupilar semicircular que bloquea el semicírculo derecho de la luz incidente que, a través del mismo canal óptico anterior, atraviesa la lente ajustable **LA** y el elemento generador de máscaras **EGM**, proyectando así un patrón pupilar **6** (plano pupilar **P**) que contiene una mitad semicircular opaca (por el bloqueo del segmento) y otra mitad semicircular a través de la cual se formará una imagen retiniana correspondiente a visión cercana. En el siguiente instante de tiempo t_2 se repite la misma configuración de la lente ajustable **LA** y del elemento generador de máscaras **EGM** que se tenía para t_0 . En el siguiente instante de tiempo t_3 se repite la misma configuración de la lente ajustable **LA** y del **EGM** que se tenía para t_1 .

Esta repetición alternada de las configuraciones en el tiempo (multiplexación temporal), realizada con una frecuencia **superior al umbral de fusión del parpadeo** de un ojo de una persona, hace que en la pupila de esa persona se forme un patrón pupilar completo **7** (patrón de segmentos que cubren toda la pupila) que en este ejemplo es la combinación de dos patrones pupilares transitorios semicirculares **4 y 6** correspondientes a dos distancias de observación distintas (visión cercana y visión lejana). Es decir, el patrón pupilar completo es la combinación de dos patrones pupilares transitorios. La presente invención utiliza la "frecuencia de alternancia" para definir la repetición alternada de las configuraciones. En la configuración mostrada en la **figura 1A** sólo hay dos segmentos (máscaras) pupilares correspondientes a dos distancias de observación, es decir, se simula una lente bifocal de dos segmentos en semicírculo, pero el número de configuraciones puede ser cualquier otro para el experto en la materia. Con la misma metodología se pueden generar patrones pupilares completos bifocales con distintos ángulos en la línea que separa los

semicírculos. También se pueden generar patrones bifocales de formas distintas a los mostrados en el ejemplo, por ejemplo patrones anulares o radiales o combinación de ambos. También se pueden generar patrones trifocales, que incluyen zonas de visión intermedia (ver figura 1B). En general, se pueden generar patrones pupilares con cualquier número de focos, con cualquier forma y distribución de los segmentos pupilares.

La **figura 1B** muestra un ejemplo de realización de la invención para generar el patrón pupilar **17**. La **figura 1B** muestra una lente ajustable **LA** (de focal variable) que cambia su potencia óptica cada cierto intervalo de tiempo (determinado por una frecuencia de alternancia; $\Delta t = 1/f_{\text{alternancia}}$) alternando entre la potencia correspondiente a visión lejana **F (8)**, a visión intermedia **I (9)** y a visión cercana **N (10)**. La lente ajustable **LA** se sincroniza de forma temporal con un Elemento Generador de Máscaras **EGM** que tiene, para la realización de la invención mostrada en la figura 1B, tres segmentos **11a** (exterior y anular), **12a** (intermedio y anular) y **13a** (central y circular) que se complementan para cubrir la totalidad del haz de luz circular, pero de tal forma que cuando un segmento deja pasar la luz incidente, los otros dos segmentos bloquean la luz incidente procedente de un objeto observado (no mostrado en las figuras) formando así una máscara diferente por cada combinación de los segmentos (11, 12, 13). Por tanto, en el instante de tiempo t_0 , la lente ajustable **LA**, de focal variable, tiene una potencia correspondiente a visión lejana **F**, y el **EGM** proporciona una máscara pupilar anular que deja pasar la luz por el segmento exterior **11a**, de forma anular. Para ello, el segmento exterior **11a** deja pasar la luz y los segmentos intermedio **12a** y central **13a** bloquean la luz incidente. Los segmentos intermedio **12a** y central **13a** cuando bloquean la luz de forma conjunta se referencian como un único segmento **11b** para $t=t_0$. Por medio de proyecciones ópticas con un único canal óptico, el **EGM** y la **LA** se hacen coincidir en un único plano, que llamamos plano de pupila **P** porque es el plano en el que se coloca la pupila del ojo. Esta proyección que combina máscaras del **EGM** y potencia óptica de la **LA** da lugar en el plano pupilar **P** a un patrón pupilar transitorio **14** que contiene una zona circular que bloquea la luz en un 40%, y una zona anular que deja pasar la luz en un 60%, a través del cual se formará una imagen retiniana correspondiente a visión lejana. En el siguiente instante de tiempo t_1 , la lente ajustable **LA** tiene una potencia correspondiente a visión intermedia **I (9)**, y el elemento generador de máscaras **EGM** proporciona una máscara pupilar anular intermedia donde el segmento intermedio **12a** deja pasar la luz en un 30% a la vez que los segmentos central **13a** y exterior **11a** (los segmentos 13a y 11a se referencian de forma conjunta como 12b en $t=t_1$) bloquean en un 70% la luz incidente que, a través del mismo canal óptico anterior, atraviesa la lente

ajustable **LA** y el elemento generador de máscaras **EGM**, proyectando así un patrón pupilar **15** (plano pupilar P) que contiene dos zonas opacas correspondientes a los segmentos exterior y central, y una zona anular intermedia a través de la cual se formará una imagen retiniana correspondiente a visión intermedia. En el siguiente instante de tiempo t_2 , la lente ajustable **LA** tiene una potencia correspondiente a visión cercana **N (10)**, y el elemento generador de máscaras **EGM** proporciona una máscara pupilar que sólo deja pasar un 10% de la luz incidente. La luz incidente circular por el mismo canal óptico anterior, atraviesa la lente ajustable **LA** y el elemento generador de máscaras **EGM**, proyectando así un patrón pupilar **16** (plano pupilar P) que contiene una zona anular opaca que ocupa el 90% (por el bloqueo del segmentos 11a,12a, referenciados de forma conjunta como 13b en $t=t_2$) y una zona circular que ocupa el 10% a través de la cual se formará una imagen retiniana correspondiente a visión cercana. En el siguiente instante de tiempo t_3 se repite la misma configuración de la lente ajustable **LA** y del elemento generador de máscaras **EGM** que se tenía para t_0 . En el siguiente instante de tiempo t_4 se repite la misma configuración de la lente ajustable **LA** y del **EGM** que se tenía para t_1 . Y así sucesivamente.

En cuanto al sistema óptico que proporciona la configuración descrita en la figura 1A y/o 1B de la lente ajustable **LA** y del elemento generador de máscaras **EGM**, existen distintas configuraciones o ejemplos de realización según las necesidades del instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea. A continuación se describen algunos de las posibles configuraciones o ejemplos de realización.

El instrumento simulador de visión simultánea es miniaturizado como consecuencia de la configuración en un sólo canal óptico que puede ser rectilíneo o no-rectilíneo. En este último caso, la incorporación de espejos en el instrumento posibilita plegar el camino óptico, lo que contribuye a la miniaturización del instrumento.

Los ejemplos de realización descritos a continuación utilizan distintos métodos ópticos de proyección basados en proyecciones con pares de lentes, considerando sus propiedades y limitaciones. Así, en sistema de proyección con dos lentes con iguales distancias focales y separadas entre sí dos distancias focales, un objeto o un elemento óptico colocado en en foco anterior de una de las lentes se proyecta en el foco posterior de la otra lente, donde puede estar colocado otro elemento óptico o en el ojo de un usuario. En esta configuración la imagen está invertida. Para resolverlo, se pueden añadir al instrumento dos lentes adicionales que conforman otro sistema de proyección que anulan la inversión anterior, como se muestra en las Figuras 2A y 2B. Pero introducir lentes adicionales implica que el instrumento requiere de mayor

longitud que ha de sumarse a la distancia de lectura natural, y que por tanto queda severamente alterada.

La figura 2A muestra un ejemplo de realización de la presente invención donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA, de focal variable, y cuatro lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 configurados en un único canal óptico CO rectilíneo. En la implementación mostrada en la figura 2A, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 2A, atraviesa de forma consecutiva el EGM, la lente extrema L1, la lente intermedia L2, la lente ajustable LA, la lente intermedia L3 y finalmente la lente extrema L4 hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la Fig. 1A – 1B. Las lentes L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales, de tal forma que el elemento generador de máscaras EGM se encuentran en el plano focal anterior FL1 de la lente extrema L1. La lente ajustable LA se encuentra en el foco posterior FL2 de la lente L2 que coincide con el foco anterior FL3 de la lente L3. Finalmente, el patrón pupilar P se proyecta sobre el plano focal posterior FL4 de la otra lente extrema L4.

La figura 2B muestra un ejemplo de realización de la presente invención donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA, de focal variable, y cuatro lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 configurados en un único canal óptico CO rectilíneo. En la implementación mostrada en la figura 2B, la luz incidente procedente del objeto observado, que viaja a través del canal óptico según el sentido mostrado en la figura 2B, atraviesa de forma consecutiva la lente ajustable LA, la lente extrema L1, la lente intermedia L2, el elemento generador de máscaras EGM, la lente intermedia L3 y finalmente la lente extrema L4 hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito el ejemplo de realización de la figura 1 A – 1B. Las cuatro lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes consecutivas equivalente a dos distancias focales, de tal forma que la lente ajustable LA se encuentra en el foco anterior FL1 de la lente extrema L1, el elemento generador de máscaras EGM se encuentran en el foco posterior FL2 de la lente intermedias FL2 que coincide con el foco anterior FL3 de la lente intermedia L3. Finalmente, el patrón pupilar P se proyecta sobre el plano focal posterior FL4 de la otra lente extrema L4.

Cuando el usuario utiliza el instrumento descrito en las figuras 2A o 2B para observar un objeto cercano, la distancia de lectura está muy alterada debido a la longitud del instrumento y al uso de cuatro lentes proyectoras. Para que la distancia de lectura tenga una menor afectación, se pueden utilizar diferentes implementaciones

5 basadas en el uso de tan sólo dos lentes de proyección. Tres de estas configuraciones se muestran en la figuras 3A, 3B y 3C. En la Fig. 3A se coloca un EGM en modo transmisión en el foco anterior de una lente de proyección, y la lente ajustable LA se coloca en un plano lo más cercano posible al plano pupilar P, en el foco posterior de la otra lente (en P se sitúa la pupila del ojo, y por eso la LA puede estar cerca de, pero no

10 exactamente sobre, el plano pupilar P). En la Fig. 3B, la misma solución que en la Fig. 3A, pero intercambiando el EGM por la lente ajustable. En la Fig. 3C, los dos elementos EGM y LA se posicionan, de forma aproximada, en el foco anterior de la primera lente de proyección.

La figura 3A muestra un ejemplo de realización de la presente invención donde

15 el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un elemento generador de máscaras EGM, una lente ajustable LA, de focal variable, y dos lentes proyectoras L1 y L2, configurados en un único canal óptico CO rectilíneo. En la implementación mostrada en la figura 3A, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del

20 canal óptico CO en el sentido mostrado en la figura 3A, atraviesa de forma consecutiva el elemento generador de máscaras EGM, la lente L1, la lente L2 y la lente ajustable LA, hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Las lentes L1 y L2 tienen la misma distancia focal. La separación entre las lentes L1 y L2 equivalente

25 a dos distancias focales, de tal forma que el elemento generador de máscaras EGM se encuentran en el foco anterior FL1 de la lente L1, el patrón pupilar completo se forma sobre el plano pupilar P que coincide con el plano focal posterior de lente L2, y la lente ajustable LA se encuentra aproximadamente en el foco posterior FL2 de la lente L2.

La figura 3B muestra un ejemplo de realización de la presente invención

30 donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un elemento generador de máscaras EGM, una lente ajustable LA de focal variable, y dos lentes proyectoras L1 y L2, configurados en un único canal óptico CO rectilíneo. En la implementación mostrada en la figura 3B, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura) y que viaja en el sentido

35 mostrado en la figura 3B a través del canal óptico CO, atraviesa de forma consecutiva la lente ajustable LA, la lente proyectora L1, la lente proyectora L2 y el elemento generador de máscaras EGM, hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el

patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1. Las lentes proyectoras L1 y L2 tienen la misma distancia focal. La separación entre las lentes L1 y L2 equivalente a dos distancias focales, de tal forma que la lente ajustable LA se encuentra en el foco anterior FL1 de la lente L1, el patrón pupilar completo se forma sobre el plano pupilar P se proyecta sobre el plano focal posterior de lente L2, y el elemento generador de máscaras EGM se encuentra aproximadamente en el foco posterior FL2 de la lente L2.

La figura 3C muestra un ejemplo de realización de la presente invención donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un elemento generador de máscaras EGM, una lente ajustable LA de focal variable, y dos lentes proyectoras L1 y L2, configurados en un único canal óptico CO rectilíneo. En la implementación mostrada en la figura 3C, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura) y que viaja en el sentido mostrado en la figura 3C a través del canal óptico CO, atraviesa de forma consecutiva el elemento generador de máscaras EGM, la lente ajustable LA, la lente proyectora L1 y la lente proyectora L2, hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Las lentes proyectoras L1 y L2 tienen la misma distancia focal. La separación entre las lentes L1 y L2 equivalente a dos distancias focales. El elemento generador de máscaras EGM y la lente ajustable LA se encuentran aproximadamente en el foco anterior de la lente L1. El patrón pupilar completo P se proyecta sobre el plano focal posterior de la lente L2. La LA y el EGM pueden intercambiar sus posiciones, proporcionando una configuración similar.

Al utilizar sólo dos lentes de proyección en los ejemplos de las Figuras 3A, 3B y 3C la proyección y superposición de elementos no es tan precisa como en los ejemplos de las figuras 2A y 2B, pero puede constituir una aproximación suficientemente buena. Además, con el uso de sólo dos lentes de proyección en los ejemplos de las Figuras 2A, 2B y 2C se introduce una inversión en el imagen que se puede compensar introduciendo en el sistema espejos o prismas rectificadores (algo que no se muestra en las figuras).

En los ejemplos de realización mostrados en las figuras 2A, 2B, 3A, 3B y 3C, el canal óptico es rectilíneo y todos los elementos (EGM, LA, lentes proyectoras) colocados sobre el canal óptico se sitúan en una recta que pasa por P, el plano en el que se sitúa la pupila del ojo del usuario. Así mismo, el elemento generador de máscaras EGM en las realizaciones mostradas en las figuras 2A, 2B, 3A, 3B y 3C funciona en modo transmisión. A continuación se describen otras formas de realización de la invención donde el canal óptico sufre distintas reflexiones para

optimizar el espacio y, por tanto, el diseño del instrumento miniaturizado de la presente invención. Algunas de estas reflexiones están producidas por un EGM funcionando en modo reflexión.

La figura 4A muestra un ejemplo de realización de la presente invención
5 donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA, dos lentes extremas L1 y L4 y dos lentes intermedias L2 y L3 configurados en un único canal óptico CO. El Elemento Generador de Máscaras EGM funciona en modo reflexión en el presente ejemplo de realización, lo cual condiciona la disposición de
10 resto de elementos del instrumento. En la implementación mostrada en la figura 4A, la luz incidente, que viaja a través del canal óptico CO en el sentido mostrado en la figura 4A, incide de forma no perpendicular sobre elemento generador de máscaras EGM, el cual refleja la luz incidente para que atravesase de forma consecutiva la lente extrema L1, la lente intermedia L2, la lente ajustable LA, la lente intermedia L3 y finalmente la
15 lente extrema L4 hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales, de tal forma que la elemento generador de máscaras EGM se encuentra en el foco anterior FL1 de la lente extrema L1, la lente ajustable LA se encuentra en el foco posterior FL2 de la lente intermedia L2 que coincide con el foco anterior FL3 de la lente intermedia L3. El patrón pupilar completo se forma sobre el plano focal posterior FL4 de la lente extrema L4 que coincide con el plano pupilar P.

La figura 4B muestra un ejemplo de realización de la presente invención
25 donde el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM funcionando en modo reflexión, una lente ajustable LA de focal variable, dos lentes extremas L1 y L4 y dos lentes intermedias L2 y L3 configurados en un único canal óptico CO. En la implementación mostrada en la figura 4B, la luz incidente, que viaja a través del canal
30 óptico en el sentido mostrado en la figura 4B, atraviesa consecutivamente la lente ajustable LA, la lente extrema L1, la lente intermedia L2, tras lo cual incide de forma no perpendicular sobre elemento generador de máscaras EGM, el cual refleja la luz incidente para que atravesase de forma consecutiva la lente intermedia L3 y la lente extrema L4 para finalmente alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón
35 pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino

óptico, es equivalente a dos distancias focales. La lente ajustable LA se encuentra en el foco anterior FL1 de la lente extrema L1 y el elemento generador de máscaras EGM se encuentra en el foco posterior de la lente intermedia FL2 que coincide con el foco anterior FL3 de la lente intermedia L3. El patrón pupilar completo P se forma sobre el plano focal situado sobre el foco posterior FL4 de la lente extrema L4.

El elemento generador de máscaras en modo reflexión es lo que impone un canal óptico con al menos una reflexión. El canal óptico con reflexiones se puede usar para hacer el sistema más compacto. Es por ello, que los ejemplos de realización mostrados en las figuras 5A, 5B y 5C son más compactos respecto a los ejemplos de realización mostrados en la Fig. 2, no se altera la línea de mirada como en la Fig. 4 y mejoran las prestaciones respecto de la Fig. 3. La alteración de la distancia de lectura es menor en este ejemplo de realización, gracias a las varias reflexiones en el camino óptico. Además, a diferencia de los ejemplos de la figura 4, el canal óptico está alineado entre la entrada y la salida del instrumento, con lo cual no hay afectación de la línea de mirada del ojo. En el ejemplo de realización de la Figura 5A, el instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA, dos lentes extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3 y dos espejos E1 y E2 configurados en un único canal óptico CO. En la implementación mostrada en la figura 5A, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 5A, atraviesa la lente ajustable LA, incide de forma no-perpendicular sobre el espejo E1 donde es reflejada para atravesar consecutivamente la lente extrema L1 y la lente intermedia L2, tras lo cual incide de forma no-perpendicular sobre el elemento generador de máscaras EGM (en modo reflexión), el cual refleja la luz incidente para que atraviese de forma consecutiva la lente intermedia L3 y la lente extrema L4 para finalmente ser reflejada por el espejo E2 hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos distancias focales. El espejo E1 se puede encontrar en cualquier punto del canal óptico entre la lente ajustable LA y la lente extrema L1. La lente ajustable LA se encuentra en el foco anterior FL1 de la lente extrema L1 y a una distancia de la misma equivalente a una distancia focal. El elemento generador de máscaras EGM se encuentra en el foco posterior FL2 de la lente intermedia L2 que coincide con el foco anterior FL3 de la otra lente intermedia L3. El espejo E2 se puede encontrar en cualquier punto entre la lente extrema L4 y el plano pupilar P.

La figura 5B muestra un ejemplo de realización de la presente invención más compacto respecto de los ejemplos de realización mostrados en las figuras 2A, 2B, 4A y 4B. El instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM (en modo transmisión),
5 una lente ajustable LA de focal variable, dos lentes extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3, dos espejos extremos E1 y E2 y dos espejos intermedios E3 y E4 configurados en un único canal óptico CO. En la implementación mostrada en la figura 5B, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 5B, atraviesa el
10 elemento generador de máscaras EGM, incide de forma no-perpendicular sobre el espejo E1 donde es reflejada para atravesar consecutivamente la lente extrema L1 y la lente intermedia L2, tras lo cual incide de forma no-perpendicular sobre el espejo intermedio E3 para atravesar la lente ajustable LA y alcanzar el otro espejo intermedio E4, el cual refleja la luz incidente para que atraviese de forma consecutiva la lente
15 intermedia L3 y la lente extrema L4 para finalmente ser reflejada por el espejo E2 hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos
20 distancias focales. El espejo E1 se puede encontrar en cualquier punto del camino óptico entre la lente extrema L1 y el elemento generador de máscaras. El elemento generador de máscaras EGM se encuentra a una distancia equivalente a una distancia focal de la lente extrema L1, a lo largo del camino óptico. El espejo E3 se puede encontrar en cualquier punto del camino óptico entre la lente intermedia L2 y la lente
25 ajustable LA. A su vez, el espejo E4 se puede encontrar en cualquier punto del camino óptico entre la lente ajustable LA y la otra lente intermedia L3. La lente ajustable LA se encuentra entre ambos espejos intermedios E3 y E4 a una distancia focal, a lo largo del camino óptico, de las lentes intermedias L2 y L3. El espejo E2 se puede encontrar en cualquier punto del camino óptico entre la lente extrema L4 y el plano pupilar P
30 donde se proyecta el patrón pupilar completo.

La figura 5C muestra un ejemplo de realización de la presente invención más compacto respecto de los ejemplos de realización mostrados en las figuras 2A, 2B, 3A, 3B, 3C, 4A y 4B. El instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM
35 (funcionando en modo transmisión), una lente ajustable LA de focal variable, dos lente extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3, dos espejos extremos E1 y E2, y dos espejos intermedios E3 y E4 configurados en un único canal óptico CO. En la

implementación mostrada en la figura 5C, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 5C, atraviesa la lente ajustable LA, incide de forma no-perpendicular sobre el espejo E1 donde es reflejada para atravesar consecutivamente

5 la lente extrema L1 y la lente intermedia L2, tras lo cual incide de forma no-perpendicular sobre el espejo intermedio E3 para atravesar el elemento generador de máscaras EGM y alcanzar el otro espejo intermedio E4, el cual refleja la luz incidente para que atravesase de forma consecutiva la lente intermedia L3 y la lente extrema L4 para finalmente ser reflejada por el espejo E2 hasta alcanzar el plano pupilar P donde

10 se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos distancias focales. El espejo E1 se puede situar en cualquier punto del canal óptico CO entre la lente ajustable y la lente

15 extrema L1. La lente ajustable LA se encuentra a una distancia de la lente extrema L1 equivalente a una distancia focal. El espejo E3 se puede situar en cualquier punto del canal óptico entre la lente intermedia L2 y el elemento generador de máscaras EGM. El espejo E4 se puede situar en cualquier punto del canal óptico entre el Elemento Generador de Máscaras EGM y la otra lente intermedia L3. El elemento generador de

20 máscaras EGM se encuentra entre ambos espejos intermedios E3 y E4 a una distancia focal, a lo largo del camino óptico, de las lentes intermedias L2 y L3. El espejo extremo E2 se puede situar en cualquier punto del camino óptico entre la lente extrema L4 y el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo.

La figura 6A muestra el ejemplo de realización de la presente invención más compacto de los descritos hasta el momento con cuatro lentes proyectoras. El

25 instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA de focal variable, un espejo doble (doble cara) MM, dos lentes extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3, dos espejos extremos E1 y E2, y dos espejos intermedios E3 y

30 E4 configurados en un único canal óptico CO. La inclusión del espejo de doble cara MM a 45 grados respecto de la luz incidente y también respecto de la línea de mirada del ojo permite que el canal óptico CO sufra una desviación que le permite atravesar los elementos comprendidos en el ejemplo de realización mostrado en la figura 6A, recorriendo un camino óptico largo para volver, co-alineado, al punto de partida. Por

35 tanto, la afectación de la distancia de lectura es mínima. En la implementación mostrada en la figura 6A, la luz incidente que viaja a través del canal óptico CO en el sentido mostrado en la figura 6A, se refleja en una cara del espejo de doble cara MM,

atraviesa la lente ajustable LA, la lente extrema L1 e incide de forma no-perpendicular sobre el espejo extremo E1 donde es reflejada para ser nuevamente reflejada por el espejo intermedio E3, tras lo cual atraviesa consecutivamente la lente intermedia L2, el elemento generador de máscaras EGM, la lente intermedia L3 hasta alcanzar el espejo intermedio E4 donde se refleja hasta alcanzar el espejo extremo E2, donde es nuevamente reflejada para atravesar la lente extrema L4, alcanzar la otra cara del espejo de doble cara MM donde la luz es nuevamente reflejada hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes tienen de proyección la misma distancia focal salvo la lente ajustable LA. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos distancias focales. La lente ajustable LA se encuentra a una distancia focal de la lente extrema L1. El espejo extremo E1 y el espejo intermedio E3 se pueden encontrar en cualquier punto del canal óptico entre la lente extrema L1 y la lente intermedia L2 manteniendo la condición de que la distancia entre la lente extrema L1 y la lente intermedia L2 a lo largo del camino óptico es de dos distancias focales. El elemento generador de máscaras EGM se encuentra equidistante (a una distancia focal) de las lentes intermedias L2 y L3. El espejo intermedio E4 y el espejo extremo E2 se pueden encontrar en cualquier punto del canal óptico entre la lente intermedia L3 y la lente extrema L4 manteniendo la condición que la distancia entre la lente intermedia L3 y la lente extrema L4, a lo largo del camino óptico, es de dos distancias focales. El patrón pupilar completo se proyecta sobre el plano pupilar P situado a una distancia focal de la lente extrema L4 a lo largo del camino óptico.

La figura 6B muestra un ejemplo de realización de la presente invención más compacto respecto de los ejemplos de realización mostrados en las figuras 2A, 2B, 4A, 4B, 5A, 5B y 5C. El instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM (en modo reflexión), una lente ajustable LA de focal variable, un espejo doble (doble cara) MM, dos lentes extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3, y dos espejos E1 y E2. Todos los elementos anteriores están configurados en un único canal óptico CO. La inclusión del espejo de doble cara MM a 45 grados respecto de la luz incidente y también respecto de la línea de mirada del ojo permite que el canal óptico CO sufra una desviación que le permite atravesar los elementos comprendidos en el ejemplo de realización mostrado en la figura 6A, recorriendo un camino óptico largo para volver, co-alineado, al punto de partida. Por tanto, en la implementación mostrada en la figura 6B, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que

viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 6B, atraviesa la lente ajustable LA, se refleja en una cara del espejo de doble cara MM, atraviesa la lente extrema L1 e incide de forma no-perpendicular sobre el espejo E1 donde es reflejada para a continuación atravesar la lente intermedia L2 y alcanzar el elemento generador de máscaras EGM, funcionando en modo reflexión. El elemento generador de máscaras EGM refleja la luz incidente y la orienta hacia la lente intermedia L3. Tras atravesar la lente intermedia L3 alcanza el espejo E2 donde es reflejada para atravesar la lente extrema L4. Finalmente, la luz alcanza la otra cara del espejo de doble cara MM donde es nuevamente reflejada hasta alcanzar el plano pupilar P donde se proyecta el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos distancias focales. La lente ajustable LA se encuentra en el plano focal de la lente extrema L1, considerando la reflexión en el espejo de doble cara MM, que físicamente se sitúa oblicuamente, y a unos 45 grados, entre la lente ajustable LA y la lente extrema L1. A la vez, por su cara posterior, MM se sitúa oblicuamente entre la lente extrema L4 y el plano pupilar P (donde se sitúa la pupila del ojo del sujeto), de tal forma que el plano pupilar P está en el plano focal posterior de la lente extrema L4 porque ambos, la lente extrema L4 y el plano pupilar P, están a una focal de distancia a lo largo del camino óptico. El espejo E1 se puede encontrar en cualquier punto del canal óptico entre la lente extrema L1 y la lente intermedia L2. De igual forma, al espejo E2 se puede encontrar en cualquier punto del canal óptico entre la lente intermedia L3 y la lente extrema L4. El elemento generador de máscaras EGM se encuentra en el foco posterior FL2 de la lente intermedia L2 que coincide con el foco anterior FL3 de la otra lente intermedia L3. El patrón pupilar completo se proyecta sobre el plano pupilar P situado a una distancia focal de la otra lente extrema L4.

La figura 6C muestra un ejemplo de realización de la presente invención más compacto respecto de los ejemplos de realización mostrados en las figuras 2A, 2B, 4A, 4B, 5A, 5B y 5C. El instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras tiene un Elemento Generador de Máscaras EGM, una lente ajustable LA de focal variable, un espejo doble (doble cara) MM, dos lentes extremas L1 y L4, dos lentes intermedias L2 y L3, dos espejos E1 y E2, configurados en un único canal óptico CO. La inclusión del espejo de doble cara MM a 45 grados respecto de la luz incidente y también respecto de la línea de mirada del ojo permite que el canal óptico CO sufra una desviación que le permite atravesar los elementos comprendidos en el ejemplo de realización mostrado en la figura 6A, recorriendo un

camino óptico largo para volver, co-alineado, al punto de partida. Por tanto, en la implementación mostrada en la figura 6C, la luz incidente procedente del objeto observado (no mostrado en la figura), que viaja a través del canal óptico en el sentido mostrado en la figura 6C, se refleja en una cara del espejo doble MM, atraviesa la lente ajustable LA, se refleja en el espejo E1, atraviesa consecutivamente la lente extrema L1 y la lente intermedia L2 e incide de forma no-perpendicular sobre el elemento generador de máscaras EGM funcionando en modo reflexión donde es reflejada para a continuación atravesar la lente intermedia L3 y ser reflejada por el espejo E2. El espejo E2 refleja la luz y la orienta hacia la lente extrema L4 que la atraviesa hasta alcanzar la otra cara del espejo de doble cara MM donde es nuevamente reflejada hasta alcanzar el plano pupilar P (la pupila del usuario) donde se forma el patrón pupilar completo según se ha descrito en el ejemplo de realización de la figura 1A – 1B. Todas las lentes tienen de proyección la misma distancia focal salvo la lente ajustable LA. Todas las lentes proyectoras L1, L2, L3 y L4 tienen la misma distancia focal. La separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas, a lo largo del camino óptico, es equivalente a dos distancias focales. El patrón pupilar completo se forma sobre el plano pupilar P situado a una distancia focal, a lo largo del camino óptico, de la lente extrema L4.

Para implementar el elemento generador de máscaras EGM se puede utilizar un “Digital Micromirror Device” (DMD) o un “Spatial Light Modulator” (SLM) para cualesquiera realizaciones anteriores. Los “Spatial Light Modulator” pueden funcionar en modo reflexión o en modo transmisión. En cambio, los “Digital Micromirror Device” (DMD) funcionan únicamente en reflexión.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras, caracterizado por que comprende:
- un elemento generador de máscaras (EGM) que genera, con una frecuencia de alternancia temporal, al menos dos máscaras complementarias (3, 5) de tal forma que, secuencialmente, cada máscara deja pasar parcialmente una luz
10 incidente procedente de un objeto, a la vez que la al menos otra máscara bloquea parcialmente dicha luz incidente;
 - una lente ajustable (LA) de potencia óptica variable que genera, con dicha frecuencia de alternancia temporal, al menos dos potencias ópticas (1, 2) diferentes correspondientes a al menos dos distancias de observación;
- 15 en donde el elemento generador de máscaras y la lente ajustable están situados en un único canal óptico (CO) por el que circula dicha luz incidente, de tal forma que cada máscara (3) del elemento generador de máscaras está sincronizada temporalmente con cada potencia (4) de la lente ajustable, obteniéndose por fusión temporal un patrón pupilar combinado (7) de al menos dos distancias de observación.
- 20
- 2.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado porque la frecuencia de alternancia es preferiblemente superior a 30 Hz, y más preferiblemente superior a 60Hz.
- 25
- 3.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente comprende dos lentes proyectoras (L1, L2), ambas con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales; de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentra en el foco anterior de una de las lentes (L1), y la lente ajustable (LA) se
30 coloca aproximadamente en el foco posterior de la otra lente (L2), formándose el patrón pupilar sobre el foco posterior de dicha otra lente (L2).
- 4.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de mascararas según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente comprende
35 dos lentes proyectoras (L1, L2) con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales; de tal forma que la lente ajustable (LA) se encuentra en el foco anterior de una de las lentes (L1) y el elemento generador de máscaras (EGM) se

coloca aproximadamente en el foco posterior de la otra lente (L2), formándose el patrón pupilar sobre el foco posterior de dicha otra lente (L2).

5.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente comprende dos lentes proyectoras (L1, L2) con la misma distancia focal y separadas entre sí dos distancias focales; de tal forma que la lente ajustable (LA) y el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco anterior de una de las lentes (L1), y el patrón pupilar se forma sobre el plano focal posterior de dicha otra lente (L2).

10

6.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre dicho canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes consecutivas equivalente a dos distancias focales, de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco anterior (FL1) de una de las lentes extremas (L1), la lente ajustable LA se encuentran en el foco posterior (FL2) de una de las lentes intermedias que coincide con el foco anterior (FL3) de la otra lente intermedia, y el patrón pupilar se forma sobre el foco posterior (FL4) de la otra lente extrema (L4).

15

20

7.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre dicho canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes consecutivas equivalente a dos distancias focales, de tal forma que la lente ajustable (LA) se encuentran en el foco anterior (FL1) de una de las lentes extremas (L1), el elemento generador de máscaras (EGM) se encuentran en el foco posterior (FL2) de una de las lentes intermedias que coincide con el foco anterior (FL3) de la otra lente intermedia, y el patrón pupilar se forma sobre el foco posterior (FL4) de la otra lente extrema (L4).

25

30

8.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 6, caracterizado por que el elemento generador de máscaras (EGM) se sitúa de forma no-perpendicular al canal óptico, de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM), funcionando en modo reflexión, recibe

35

directamente la luz incidente y la refleja en otra dirección, en la cual atraviesa las cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4) y la lente ajustable (LA).

9.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 7, caracterizado por que el elemento generador de máscaras (EGM) se sitúa de forma no-perpendicular al canal óptico, de tal forma que el elemento generador de máscaras (EGM), funcionando en modo reflexión, recibe la luz incidente a través de la lente ajustable (LA), de una lente extrema (L1) y de una lente intermedia (L2), y la refleja en otra dirección, en la cual atraviesa una lente intermedia (L3) y una lente extrema (L4).

10.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre dicho canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; y dos espejos extremos (E1, E2); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: la lente ajustable (LA), un espejo extremo (E1), una lente extrema (L1), una lente intermedia (L2), el elemento generador de máscaras (EGM) en modo reflexión, la otra lente intermedia (L3), la otra lente extrema (L4) y el otro espejo (E2), hasta alcanzar el plano pupilar (P).

11.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre dicho canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; dos espejos extremos (E1, E2) y dos espejos intermedios (E3, E4); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: el elemento generador de máscaras (EGM), un espejo extremo (E1), una lente extrema (L1), una lente intermedia (L2), un espejo intermedio (E3), la lente ajustable (LA), el otro espejo intermedio (E4), la otra lente intermedia (L3), la otra lente extrema (L4) y el otro espejo extremo (E2) hasta alcanzar el plano pupilar (P).

12.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal, distribuidas de forma consecutiva sobre dicho canal óptico (CO) y con una separación entre cada dos lentes proyectoras consecutivas equivalente a dos distancias focales; dos espejos extremos (E1, E2) y dos espejos intermedios (E3, E4); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre de forma consecutiva por: la lente ajustable (LA), un espejo extremo (E1), una lente extrema (L1), una lente intermedia (L2), un espejo intermedio (E3), el elemento generador de máscaras (EGM), el otro espejo intermedio (E4), la otra lente intermedia (L3), la otra lente extrema (L4) y el otro espejo extremo (E2) hasta alcanzar el plano pupilar (P).

13.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal; dos espejos extremos (E1, E2) y dos espejos intermedios (E3, E4); y, un espejo doble (MM); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre consecutivamente por una cara del espejo doble (MM), la lente ajustable (LA), una lente extrema (L1), un espejo extremo (E1), un espejo intermedio (E3), una lente intermedia (L2), el elemento generador de máscaras (EGM), la otra lente intermedia (L3), el otro espejo intermedio (E4), el otro espejo extremo (E2), la otra lente extrema (L4) y la otra cara del espejo doble (MM) hasta alcanzar el plano pupilar (P).

14.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras (L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal; dos espejos extremos (E1, E2); y un espejo doble (MM); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre consecutivamente por una cara del espejo doble (MM), la lente ajustable (LA), un espejo extremo (E1), una lente extrema (L1), una lente intermedia (L2), el elemento generador de máscaras (EGM), la otra lente intermedia (L3), el otro espejo extremo (E2), la otra lente extrema (L4) y la otra cara del espejo doble (MM) hasta alcanzar el plano pupilar (P).

15.- Instrumento miniaturizado simulador de visión simultánea por generación de máscaras según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende: cuatro lentes proyectoras(L1, L2, L3, L4), dos extremas (L1, L4) y dos intermedias (L2, L3), con la misma distancia focal; dos espejos extremos (E1, E2); y un espejo doble (MM); donde el instrumento está configurado de tal forma que la luz incidente transcurre consecutivamente por la lente ajustable (LA), una cara del espejo doble (MM), una lente extrema (L1), un espejo extremo (E1), una lente intermedia (L2), el elemento generador de máscaras (EGM), la otra lente intermedia (L3), el otro espejo extremo (E2), la otra lente extrema (L4) y la otra cara del espejo doble (MM), hasta alcanzar el plano pupilar (P).

16.- Uso del instrumento según reivindicaciones anteriores en combinación con gafas, lentes de contacto, lentes intraoculares, cirugía refractiva u otras correcciones oftálmicas o quirúrgicas.

15

17.- Uso del instrumento según reivindicaciones 1 a 15 como foróptero.

18.- Uso del instrumento según reivindicaciones 1 a 15 en combinación con pruebas visuales o psicofísicas.

20

19.- Uso del instrumento según reivindicaciones 1 a 15 para evaluar la tolerancia de pacientes a correcciones de visión simultánea o para el entrenamiento del paciente previo a la implantación de correcciones de visión simultánea.

25

20.- Uso del instrumento según reivindicaciones 1 a 15 para determinar o seleccionar los parámetros de una corrección de visión simultánea en el momento del diseño de la misma o durante la prescripción o selección de la corrección más adecuada para un determinado paciente o para un grupo de pacientes.

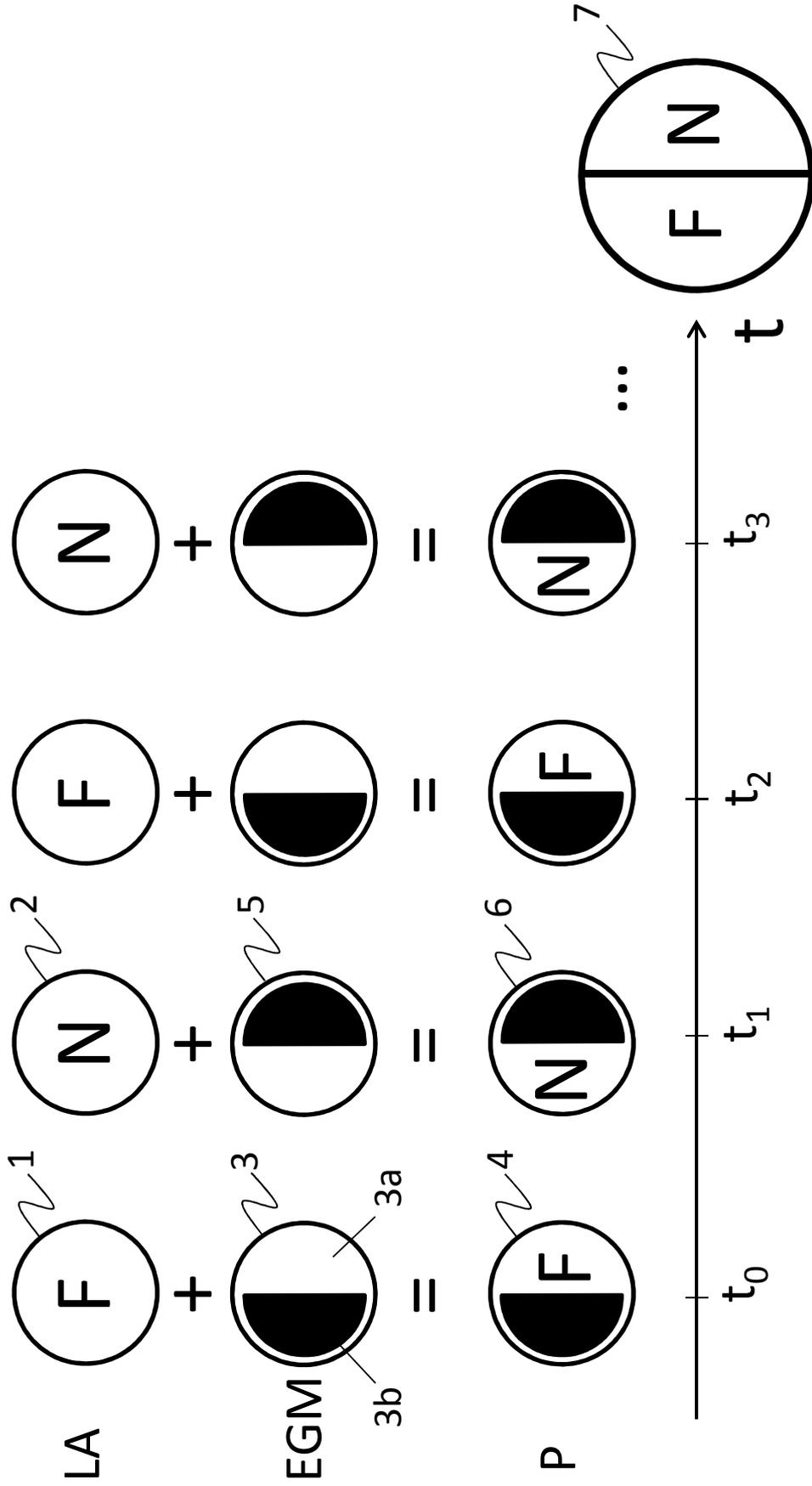


FIG. 1A

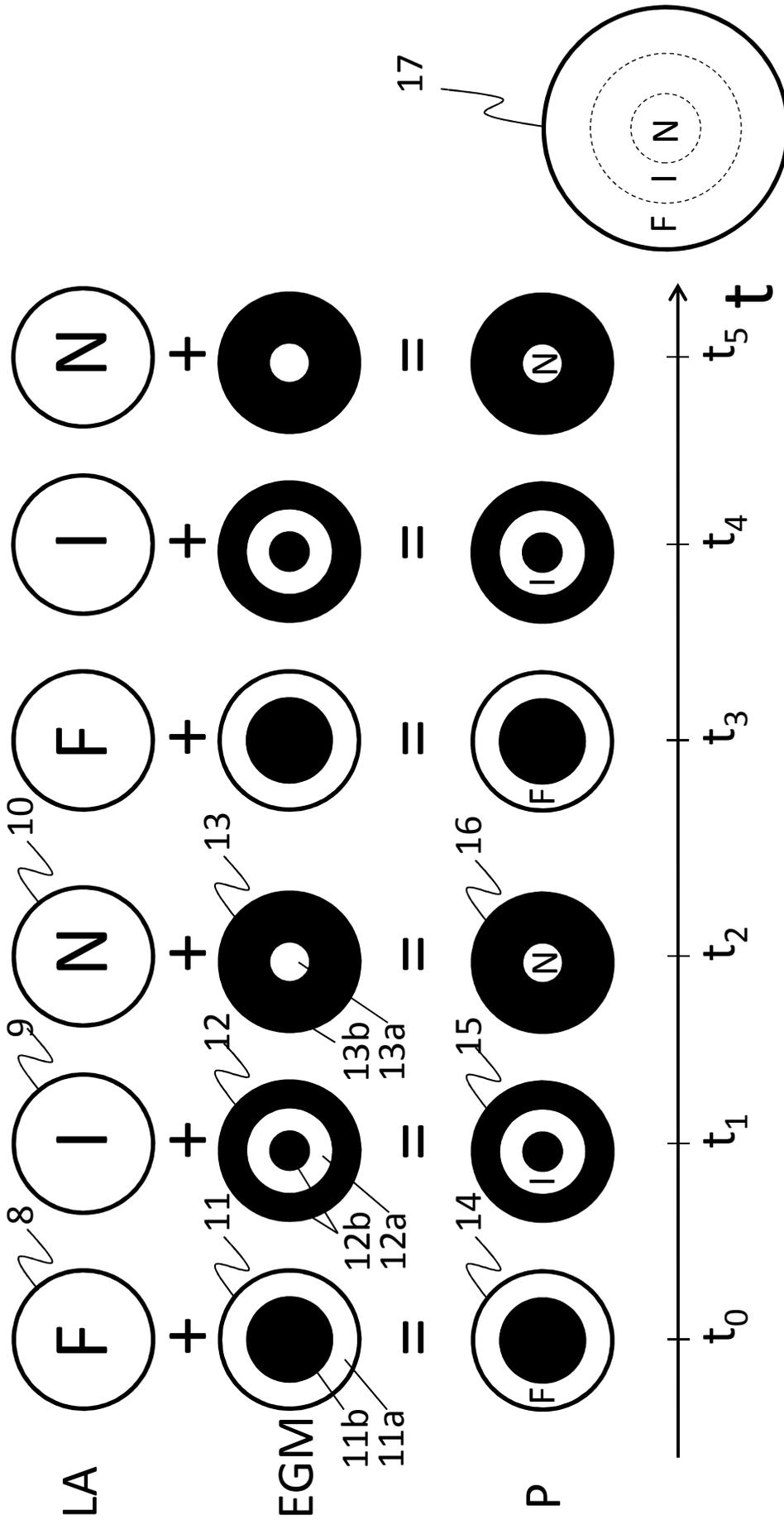


FIG. 1B

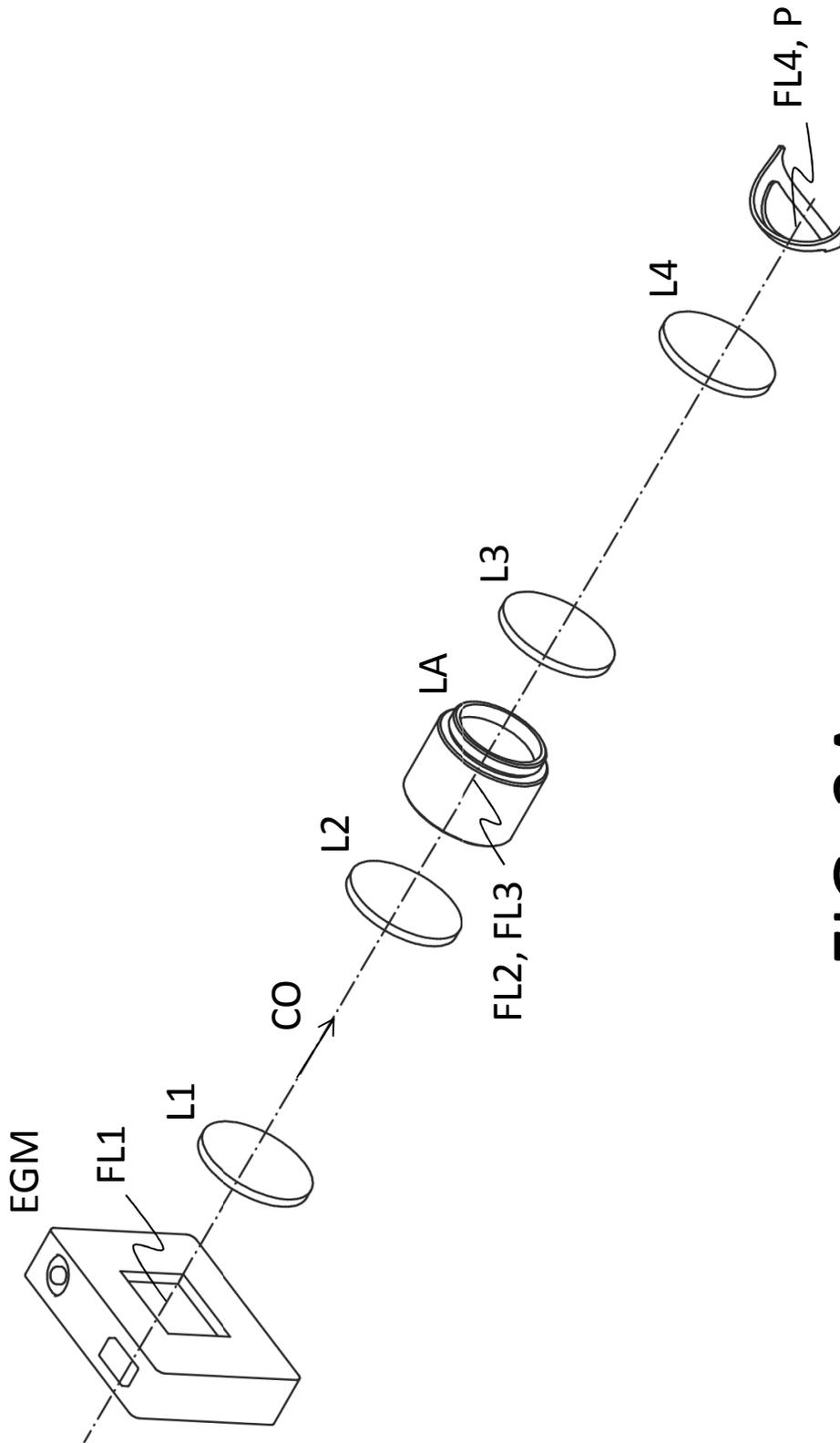


FIG. 2A

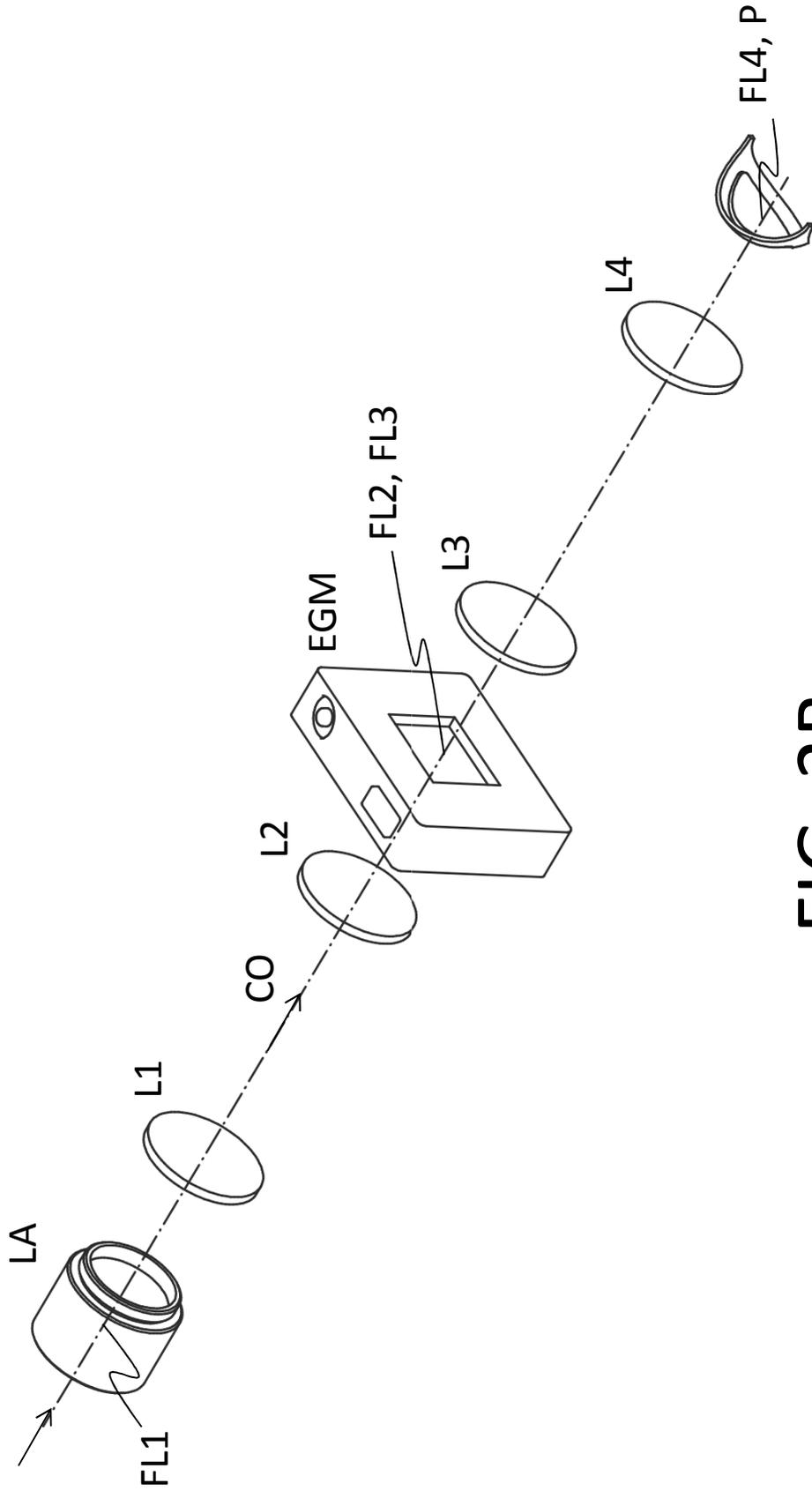


FIG. 2B

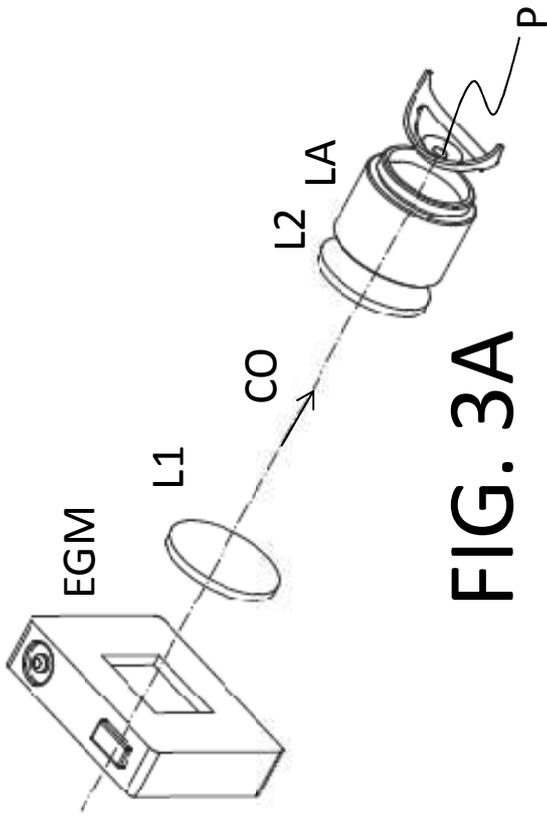


FIG. 3A

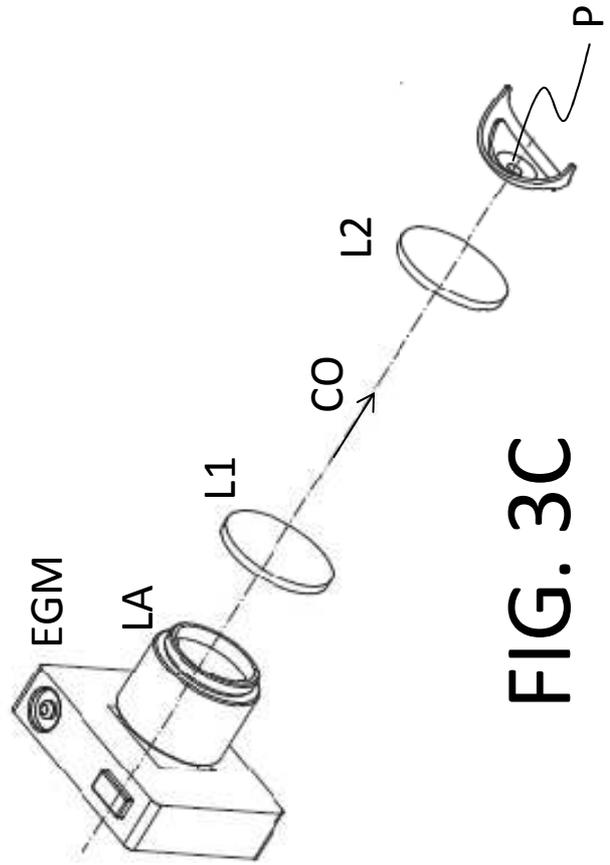


FIG. 3C

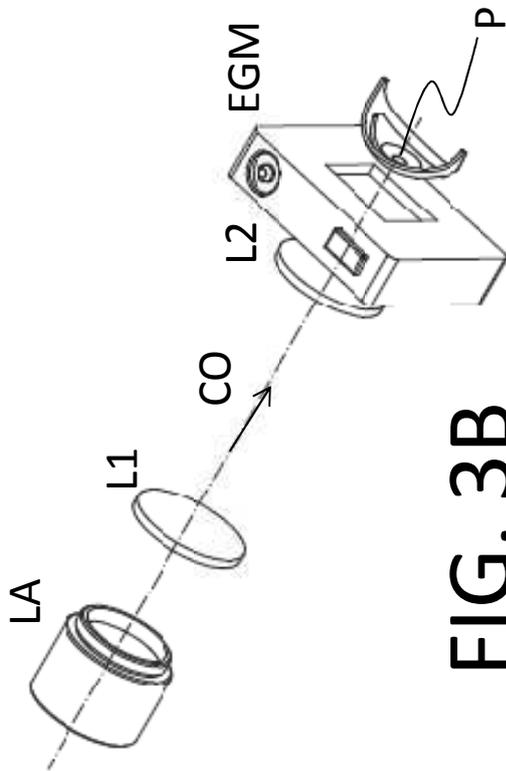


FIG. 3B

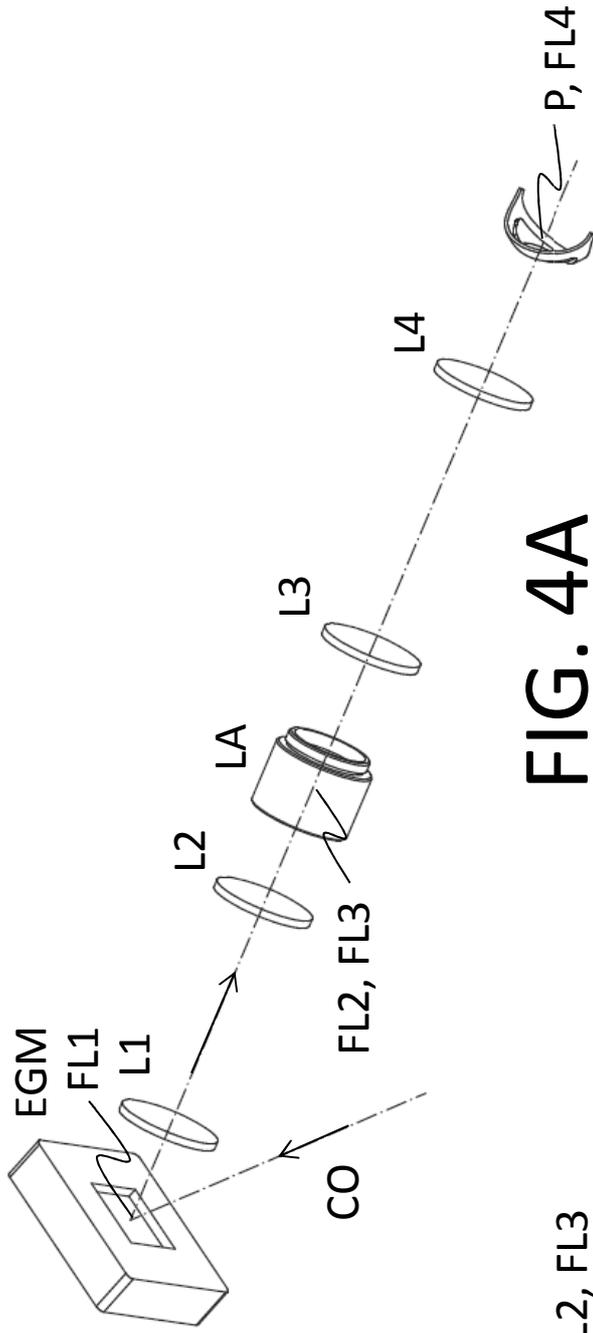


FIG. 4A

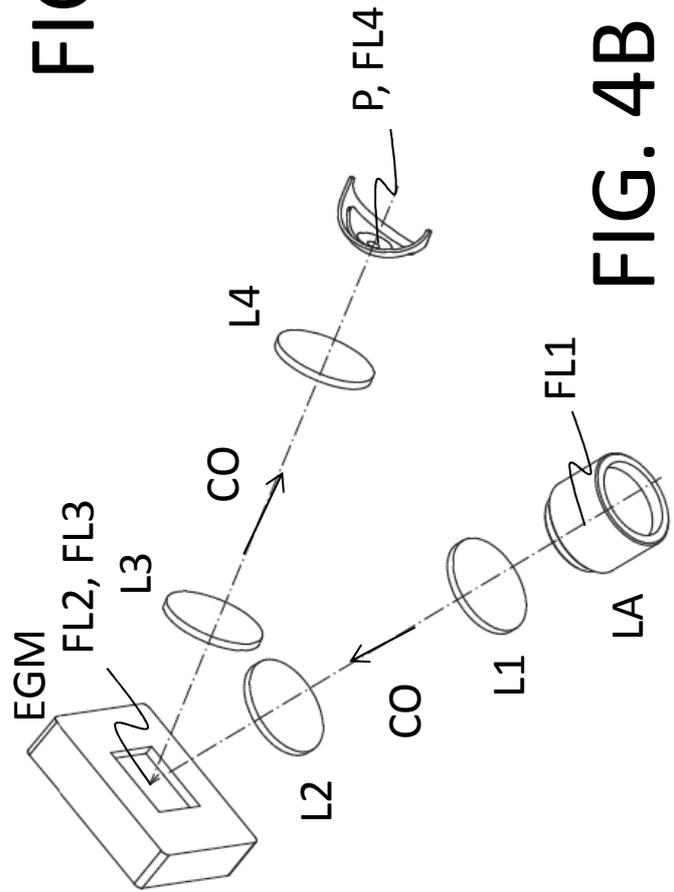


FIG. 4B

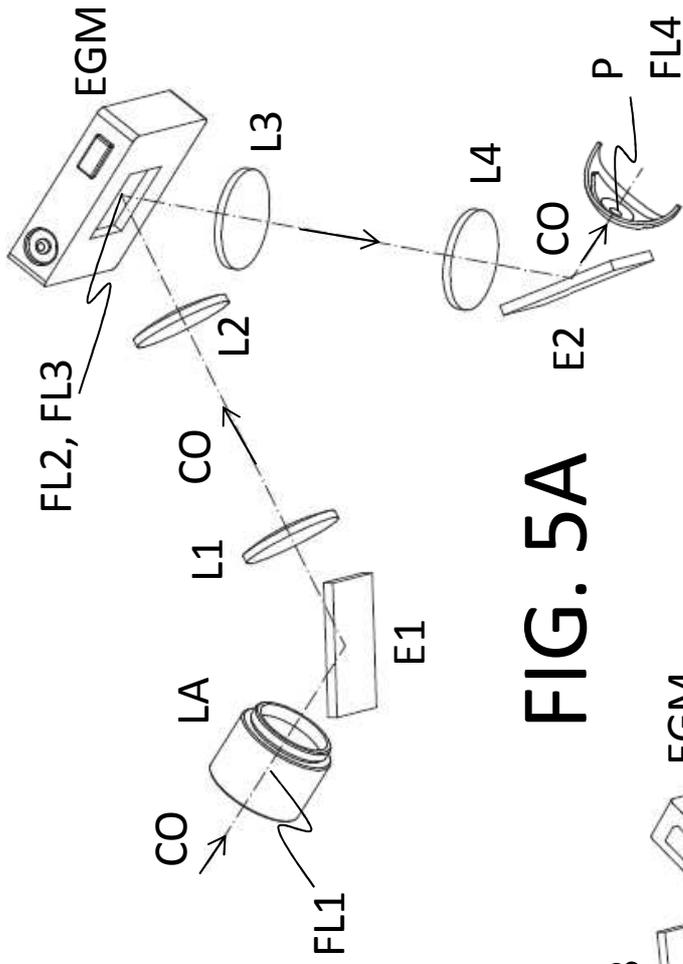


FIG. 5A

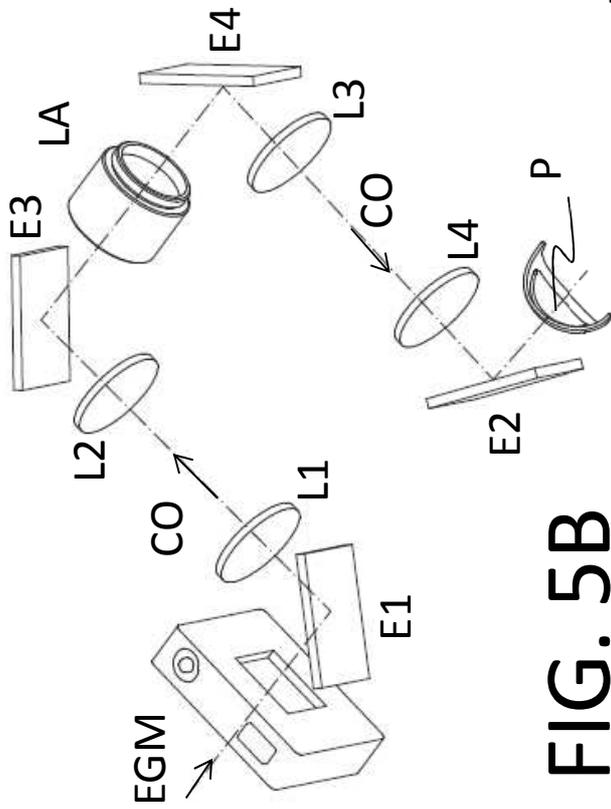


FIG. 5B

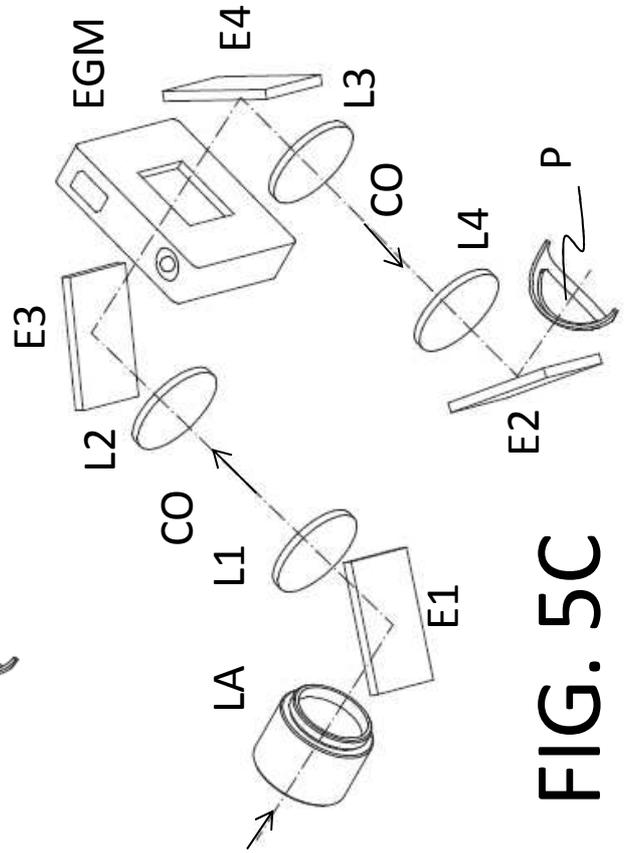


FIG. 5C

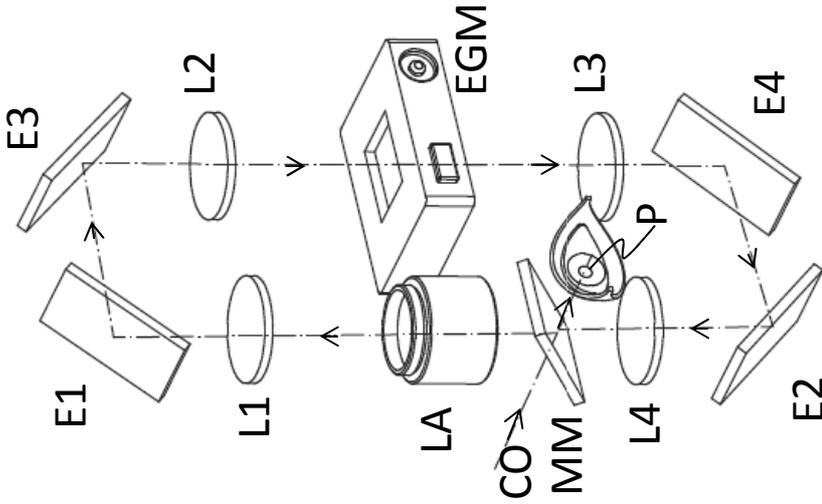


FIG. 6A

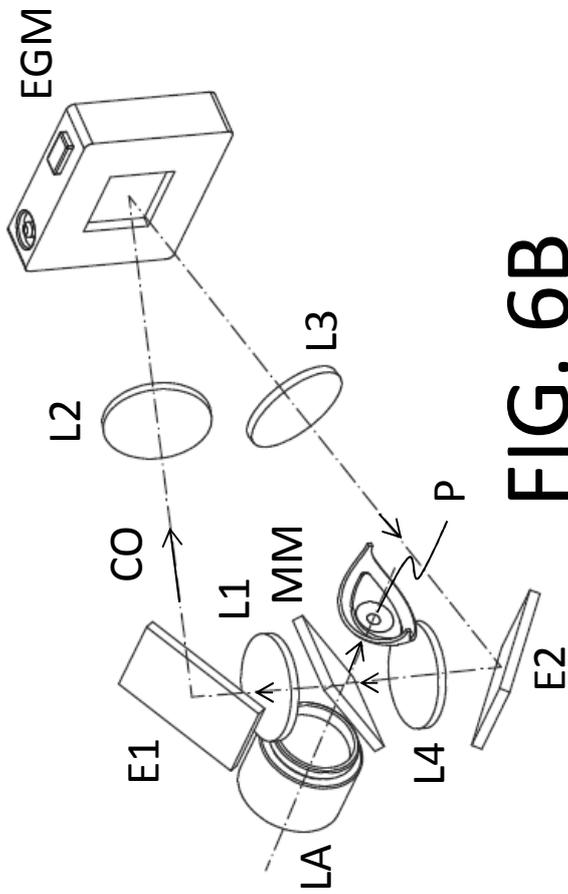


FIG. 6B

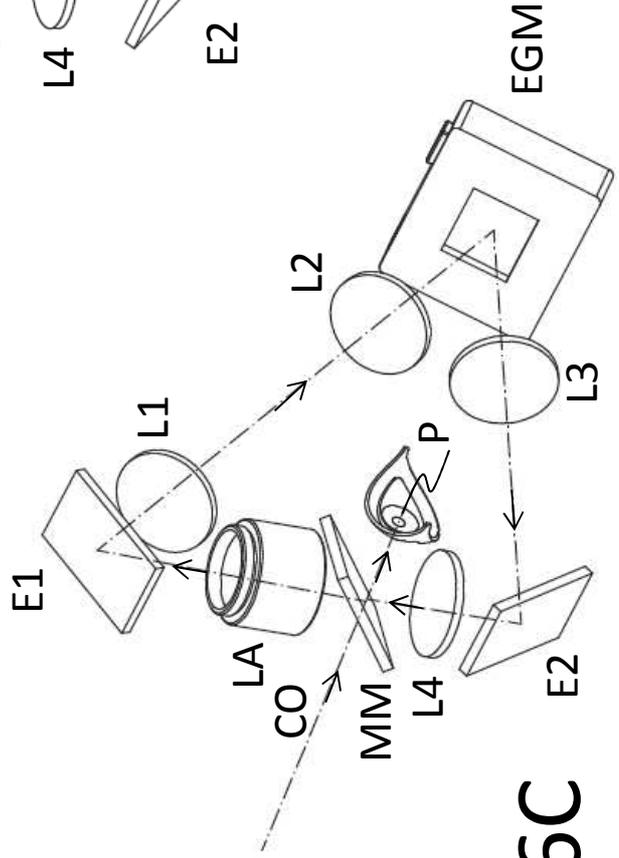


FIG. 6C