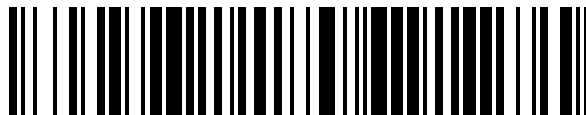


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 210 888**

21 Número de solicitud: 201830166

51 Int. Cl.:

A61B 3/113 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

08.02.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

23.04.2018

71 Solicitantes:

**FUNDACIÓ INSTITUT DE CIÈNCIES FOTÒNIQUES
(100.0%)**

**Parc Mediterrani de la Tecnologia, Av. Carl
Friedrich Gauss, 3
08860 CASTELLDEFELS (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**KONSTANTATOS, Gerasimos;
KOPPENS, Frank y
GOOSSENS, Stijn**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

54 Título: **Aparato de seguimiento de la mirada**

ES 1 210 888 U

DESCRIPCIÓN

APARATO DE SEGUIMIENTO DE LA MIRADA

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un aparato de seguimiento de la mirada que comprende un dispositivo optoelectrónico que comprende un sensor de imagen, en particular un sensor de imagen que comprende un sustrato, una pluralidad de píxeles dispuestos en una primera
10 área del sustrato y una unidad de control conectada operativamente con la pluralidad de píxeles y adaptada para polarizar selectivamente dichos píxeles y leerlos. El sensor de imagen del aparato de la presente invención consigue una integración eficiente de la pluralidad de píxeles junto con la unidad de control a la vez que evita la utilización de electrónica de lectura en píxel, lo que conduce a píxeles más simples y compactos, y hace
15 que el sensor de imagen esté bien adecuado para su integración en dispositivos que necesitan ser flexibles y/o estirables y/o transparentes (o al menos parcialmente transparentes) al ojo humano, es decir en el dispositivo optoelectrónico del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención. Por otra parte, el diseño de píxeles particular de los sensores de imagen de la presente invención hace posible obtener píxeles
20 con alta ganancia fotoconductiva, es decir ganancia fotoconductiva integrada, mejora de la responsividad y/o mejora de la sensibilidad.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25 Existen varias propuestas que describen diferentes tipos de aparatos de seguimiento de la mirada.

Una de dichas propuestas se encuentra en el documento US8398239B2, que describe un aparato de seguimiento de la mirada que incluye las características del preámbulo de la
30 reivindicación 1 de la presente invención.

El aparato descrito en el documento US8398239B2 presenta varios inconvenientes, asociados principalmente al uso de fotodetectores que necesitan amplificadores transparentes situados directamente en la parte superior o junto a los fotodetectores.

35

Es necesario proporcionar una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas halladas en el mismo, proporcionando un aparato de seguimiento de la mirada mejorado que no tenga los inconvenientes mencionados anteriormente.

5 EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un aparato de seguimiento de la mirada, que comprende un dispositivo optoelectrónico, en el que el dispositivo optoelectrónico comprende:

- 10 - un sustrato que tiene una primera área que es al menos parcialmente transparente a la luz visible,
- una pluralidad de fotodetectores dispuestos en dicha primera área del sustrato para apuntar a un ojo de un usuario cuando se coloca frente a una cara interna de dicho sustrato, y
- 15 - una unidad de control conectada operativamente con la pluralidad de fotodetectores para recibir al menos señales de salida suministradas desde cada uno de los fotodetectores cuando la luz incide sobre ellos, en el que la unidad de control está adaptada también para realizar un seguimiento de la mirada de dicho ojo basándose en las señales de salida de los fotodetectores.

20 A diferencia de los aparatos de seguimiento de la mirada del estado de la técnica, en particular a diferencia del aparato descrito por el documento US8398239B2, en el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención, de una forma característica:

- 25 - el dispositivo optoelectrónico comprende un sensor de imagen con circuito de lectura no local, en el que dicho sensor de imagen comprende el sustrato mencionado anteriormente y una pluralidad de píxeles dispuestos en la primera área del sustrato, comprendiendo dicha pluralidad de píxeles dicha pluralidad de fotodetectores, comprendiendo la pluralidad de fotodetectores elementos fotoactivos y que tienen una ganancia fotoconductiva integrada; y
- 30 - la unidad de control está adaptada para polarizar selectivamente dicha pluralidad de píxeles y leerlos por medio de un circuito de lectura no local comprendido por la unidad de control, estando dicho circuito de lectura no local dispuesto fuera de la primera área del sustrato, y en el que la unidad de control está adaptada también para controlar el sensor de imagen con el fin de adquirir información de imagen desde dicho ojo para realizar dicho seguimiento de la mirada de dicho ojo.

35

En el contexto de la presente invención, el término circuito de lectura no local se refiere preferentemente al hecho de que no existe electrónica de lectura integrada en los píxeles del sensor de imagen.

5 Para una realización preferida, la unidad de control comprende:

- un primer circuito de polarización para proporcionar una primera tensión de polarización;
 - un segundo circuito de polarización para proporcionar una segunda tensión de polarización, siendo la segunda tensión de polarización sustancialmente
- 10 simétrica a la primera tensión de polarización con respecto a una referencia de tensión; y
- el circuito de lectura no local mencionado anteriormente para leer una foto-señal generada por la luz que incide en la pluralidad de píxeles;

en la que el primer circuito de polarización y el segundo circuito de polarización

15 comprenden, respectivamente, primeros medios de selección y segundos medios de selección para polarizar selectivamente uno o más píxeles de dicha pluralidad de píxeles que se leerán en un momento dado, estando los primeros medios de selección y los segundos medios de selección dispuestos fuera de la primera área del sustrato;

20 y en la que cada píxel de la pluralidad de píxeles comprende:

- un elemento fotoactivo que comprende una capa de fotosensibilización asociada a una capa de transporte, incluyendo la capa de transporte al menos una capa de un material bidimensional;
 - un elemento de referencia no fotoactivo dispuesto cerca del elemento
- 25 fotoactivo, teniendo el elemento de referencia no fotoactivo una conductancia oscura que se corresponde sustancialmente con una conductancia oscura del elemento fotoactivo;
- un primer contacto conectado mediante circuito con el primer circuito de polarización;
- 30 - un segundo contacto conectado mediante circuito con el segundo circuito de polarización; y
- un contacto de salida conectado mediante circuito con el circuito de lectura no local;

en la que el elemento fotoactivo está conectado mediante circuito entre el primer

35 contacto y el contacto de salida, y el elemento de referencia no fotoactivo

está conectado mediante circuito entre el contacto de salida y el segundo contacto.

5 Para una realización, la unidad de control comprende una unidad de procesamiento y circuitos eléctricos y electrónicos asociados, incluida electrónica de lectura, y que están conectados operativamente con o incluyen a dicho circuito de lectura no local, para recibir y procesar dicha información de imagen adquirida con el fin de realizar dicho seguimiento de la mirada de dicho ojo.

10 Para una implementación de dicha realización, al menos parte de dicha unidad de control, incluida dicha electrónica de lectura, está dispuesta en un área del sustrato que está fuera de la primera área del sustrato y/o en un área de otro sustrato.

15 Según una variante de dicha implementación, dicha área del sustrato o de dicho otro sustrato en el que está dispuesta dicha al menos parte de la unidad de control, es un área que es no transparente a la luz visible.

20 Según una realización, el dispositivo optoelectrónico es un dispositivo llevable, en el que el sustrato mencionado anteriormente es, o comprende, o está unido a, o integrado en, una lente de gafas, una lente o un visor de dicho dispositivo llevable que se sitúa delante del ojo de un usuario cuando el usuario lleva puesto el dispositivo llevable, y en el que dicha al menos parte de la unidad de control está dispuesta fuera de dicha lente de gafas, lente o visor.

25 Para una implementación preferida de dicha realización, el dispositivo llevable son unas gafas o unas gafas de protección, que comprenden uno o más de dicha lente de gafas o dicha lente. Los términos gafas/gafas de protección incluyen cualquier tipo de gafas/gafas de protección o dispositivos similares, incluyendo gafas para corrección y adaptación visual, tales como gafas de sol, y gafas/gafas de protección con otros fines, por ejemplo para
30 aplicaciones de realidad virtual, para aplicaciones de juegos o para implementación de aplicaciones de control ocular, en las que el movimiento del ojo controla el funcionamiento de un ordenador o de otra clase de máquina.

35 Dicha al menos parte de la unidad de control dispuesta fuera de la lente de gafas o de la lente está dispuesta, para una variante de dicha implementación preferida, en una montura

de las gafas.

Para otra realización, el dispositivo llevable es un casco que comprende el visor mencionado anteriormente. Este casco puede ser un casco de protección, tal como el casco de un
5 vehículo en el que el usuario controla moviendo los ojos un sistema informático mientras conduce un vehículo, tal como un ciclomotor, o pilota un avión, o un casco de realidad virtual.

Para otra realización más, el sustrato mencionado anteriormente es, o comprende, o está
10 unido a, o integrado en, un panel que es al menos parcialmente transparente a la luz visible, siendo dicho panel, por ejemplo, una ventana o una pantalla.

Para una implementación de dicha realización, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención comprende además un dispositivo de computación (teléfono inteligente,
15 ordenador portátil, tableta informática, TV inteligente, ordenador de a bordo de un vehículo, etc.) que incluye dicha pantalla, tal como una pantalla táctil del mismo.

Preferentemente, el dispositivo optoelectrónico está hecho y dispuesto para posicionar, en uso, la primera área del sustrato enfrente del ojo de un usuario cuando éste se coloca frente
20 a dicha cara interna del sustrato, de manera que el usuario puede ver a través de la primera área del sustrato.

Este posicionamiento se consigue mediante la construcción específica del dispositivo optoelectrónico, por ejemplo mediante las gafas o el casco, que posiciona la primera área
25 enfrente del ojo del usuario solamente mediante la inclusión de la primera área en un área predeterminada de una lente de gafas, una lente o un visor de las gafas o del casco.

Para una realización, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención está hecho y dispuesto para operar bajo iluminación pasiva, el sensor de imagen está hecho y
30 dispuesto para adquirir la información de imagen mencionada anteriormente a partir de una porción de luz ambiental que se refleja desde el ojo del usuario.

Alternativamente, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención comprende además una unidad de iluminación activa que comprende al menos una fuente
35 de luz (con bajo consumo de energía debido a la alta sensibilidad de los fotodetectores del

sensor de imagen) que está conectada operativamente con la unidad de control, y hecha y dispuesta para emitir luz, en uso, hacia el ojo del usuario bajo el control de la unidad de control, y en el que el sensor de imagen está hecho y dispuesto para adquirir dicha información de imagen a partir de la luz que se emite desde la al menos una fuente de luz y se refleja desde el ojo del usuario. La unidad de iluminación puede emitir luz modulada que la unidad de control demodula cuando es recibida después de haber sido reflejada desde el ojo del usuario.

Preferentemente, la al menos una fuente de luz y el sensor de imagen funcionan en un rango de infrarrojo de onda corta (SWIR, acrónimo en inglés de "Short-Wave InfraRed") seguro para el ojo, preferentemente entre 1.300-2.000 nm.

Para que una implementación de dicha realización funcione con SWIR, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención comprende además un filtro de luz para bloquear la luz ambiental con $\lambda > \lambda_{co}$, en el que λ_{co} está entre 650 y 2.000 nm, para impedir que el sensor de imagen reciba luz con $\lambda > \lambda_{co}$ que no sea la que procede de la fuente de luz SWIR. Dicho filtro de luz está dispuesto en o unido a una cara externa del sustrato, opuesta a dicha cara interna, o integrado en la superficie entre el sensor de imagen y dicha cara externa del sustrato.

Para una realización, los píxeles son tan pequeños (por debajo de 100 μm , pero idealmente por debajo de 10 μm) que son invisibles para el usuario cuyo ojo es objeto de seguimiento de la mirada.

Para una realización, se añade un filtro directamente por encima y/o por debajo (entre dicho sustrato y el píxel) de cada píxel (alternativamente o además del filtro de luz mencionado anteriormente), para bloquear toda la luz por debajo de λ_{co} .

Según una realización, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención comprende además lentes que cubren los elementos fotoactivos del sensor de imagen, en el que dichas lentes son al menos parcialmente transparentes a la luz visible.

El aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención comprende además líneas o pistas de trazado eléctricamente conductoras para conectar eléctricamente al menos la unidad de control y el sensor de imagen, en el que dichas líneas o pistas de trazado

eléctricamente conductivas están dispuestas al menos en parte en la primera área del sustrato, o de otro sustrato (lente, cristal, ventana, etc.) al menos parcialmente transparente a la luz visible y que está unido a o integrado en dicho sustrato.

- 5 Preferentemente, dichas líneas o pistas de trazado eléctricamente conductivas son al menos parcialmente transparentes a la luz visible.

Alternativamente, dichas líneas o pistas de trazado eléctricamente conductivas son opacas a la luz visible, pero suficientemente finas y distribuidas a través de la primera área del sustrato con una separación entre ellas tal que permite que un usuario vea a través de la primera área del sustrato.

Debido a la alta ganancia fotoconductiva de los fotodetectores del sensor de imagen (especialmente para los fotodetectores de puntos cuánticos de grafeno), no es necesario que el aparato de la presente invención incluya amplificadores en la parte superior o junto a los fotodetectores.

Por tanto, debido a la transparencia parcial o completa del sensor de imagen, y de los elementos asociados (lentes, líneas o pistas de trazado transparentes), o, cuando así suceda, de la disposición no bloqueante de la luz de estos elementos asociados (líneas o pistas de trazado opacas), el aparato de la presente invención permite realizar seguimiento de la mirada justo enfrente del ojo del usuario, en contraste con los aparatos de seguimiento de la mirada de la técnica anterior.

25 Según la presente invención, un dispositivo se considera transparente si al menos el 80% de la luz incidente en la parte visible del espectro se transmite a través de dicho dispositivo. De forma similar, se considera que un dispositivo es parcialmente transparente si al menos el 30% de la luz incidente en la parte visible del espectro se transmite a través de dicho dispositivo. Alternativamente, se considera que un dispositivo es opaco si menos del 3% de la luz incidente en la parte visible del espectro se transmite a través de dicho dispositivo.

El contenido del documento US2017041564A1 se incorpora en la presente memoria como referencia, para describir posibles realizaciones del sensor de imagen y del dispositivo optoelectrónico del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención.

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se describirán algunas realizaciones preferidas de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Se proporcionan sólo con fines de ilustración sin limitar no obstante el alcance de la invención.

La Figura 1 muestra esquemáticamente el principio del seguimiento de la mirada, según un aparato de seguimiento de la mirada y un enfoque convencionales.

La Figura 2 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención (algunos elementos se han omitido, como la unidad de control, líneas o pistas de trazado eléctricamente conductivas, etc.), para una realización, y el funcionamiento del mismo para conseguir un procedimiento mejorado de seguimiento de la mirada.

La Figura 3 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención, para otra realización, y el funcionamiento del mismo, para una aplicación de realidad virtual.

La Figura 4 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención, en el que el dispositivo optoelectrónico es un dispositivo llevable, en particular unas gafas, para cuatro realizaciones, que difieren en que la primera área del sustrato (es decir, la que incluye la disposición ordenada de detectores o píxeles del sensor de imagen), ocupa parte o la totalidad del cristal/lente o cristales/lentes de las gafas.

La Figura 5 muestra esquemáticamente, para diferentes realizaciones para las que el aparato comprende un dispositivo de computación, parte del aparato de seguimiento de la mirada de la invención, tal como un monitor de ordenador (izquierda) o la pantalla de un teléfono móvil (derecha), y la primera área del sustrato cubre la pantalla parcialmente (vistas superiores) o en su totalidad (vistas inferiores).

La Figura 6 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la invención, aplicado a una ventana, en el que la primera área del sustrato cubre la ventana parcialmente (vista de la izquierda) o por completo (vista de la derecha).

La Figura 7 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la

presente invención, para otra realización para la que se aplica un filtro de luz a una cara externa del sustrato (en este caso una lente), y el aparato funciona en un rango SWIR. El dibujo muestra también los diferentes caminos ópticos implicados en el funcionamiento, en los que se ha separado entre luz visible ($<\lambda_{co}$) y luz NIR (acrónimo del inglés “Near Infrared Radiation”: Radiación de Infrarrojo Cercano), SWIR y MIR (acrónimo del inglés “Mid Infrared Radiation”: Radiación de Infrarrojo Medio) ($>\lambda_{co}$).

Las Figuras 8 y 9 muestran, para dos realizaciones diferentes del aparato de la presente invención, diagramas esquemáticos de la electrónica y los circuitos de la disposición ordenada de fotodetectores del dispositivo optoelectrónico del mismo. La parte del cristal/lente (transparente) de las gafas contiene sólo hilos conductivos transparentes y fotodetectores, es decir los elementos identificados con la referencia X1. Todos los componentes de control y lectura activos (incluyendo el circuito de control y lectura Cn) están situados fuera de la parte del cristal/lente de las gafas (por ejemplo en la montura Mo). Los diagramas de la Figura 8 muestran una implementación de esquema de lectura de 3 terminales y los diagramas inferiores de la Figura 9 muestran una implementación de 2 terminales.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La Figura 1 muestra esquemáticamente el principio del seguimiento de la mirada, según un aparato de seguimiento de la mirada y un enfoque convencionales, para iluminación IR (Infrarroja) activa. El problema es que la cámara debe colocarse lo suficientemente cerca del ojo para capturar luz IR suficiente con una resolución suficientemente elevada, a la vez que no bloquea la visión del usuario. Las demandas son alta resolución y alta Q.E. (acrónimo del inglés “Quantum Efficiency” Eficiencia cuántica).

Los elementos mostrados en la Figura 1 se han identificado con las siguientes referencias:

- O: Ojo.
- P: Pupila.
- E: Eje óptico.
- F: Fóvea.
- L: LED emisor de infrarrojos.
- C: Cámara.

- V: Campo de visión de la cámara.
- M: Dirección de la mirada.

La Figura 2 muestra esquemáticamente parte del aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención (algunos elementos se han omitido, como la unidad de control, líneas o 5 pistas de trazado eléctricamente conductivas, etc.), para una realización, y el funcionamiento del mismo para conseguir un procedimiento mejorado de seguimiento de la mirada. Las lentes ópticas con disposición ordenada integrada de fotodetectores (sensor de imagen) capturan un rango mucho más extenso de movimientos de los ojos y más luz. Existe una 10 menor necesidad de resolución y de Q.E. alta. Por otra parte, el aparato de la presente invención puede funcionar con luz infrarroja segura para los ojos ($> 1,1 \mu\text{m}$, por ejemplo $1,5 \mu\text{m}$). La capacidad de funcionar en este rango de longitudes de onda evita además cualquier distracción por la iluminación activa.

15 Los elementos mostrados en la Figura 2 comunes con los de la Figura 1 se han identificado con las mismas referencias que en la Figura 1, y el que no se encuentra en la Figura 1, es decir la lente óptica combinada con una cámara semitransparente, se ha identificado mediante la referencia Cs.

20 Tal lente, o lentes, se combinan con una cámara según la invención para capturar un intervalo mucho más amplio de movimientos oculares y más luz, así como para reducir los requisitos de alta resolución de Q.E., según se ha explicado en un apartado anterior.

Los autores de la presente invención han construido un prototipo del aparato de seguimiento 25 de la mirada de la presente invención para el que el sensor de imagen es una cámara IR fabricada directamente en una lente de policarbonato (o en un intercalador) usando tecnología de fotodetección de puntos cuánticos de grafeno. La cámara IR cubre parte o la totalidad de la lente completa, es semitransparente y tiene una ganancia fotoconductiva integrada. El usuario no puede ver la cámara, pero la cámara forma parte integral de las 30 lentes.

El principal desafío para una cámara semitransparente es el manejo de la luz ambiental. Para el diseño del prototipo mencionado anteriormente, los autores de la presente invención se centraron en las soluciones tecnológicas para manejar esta luz ambiental aplicadas al 35 seguimiento de la mirada basándose en una cámara semitransparente que se dispone entre

el globo ocular y el objeto de interés. En la Figura 7 se dibujan esquemáticamente los diferentes caminos ópticos implicados junto con una representación esquemática del prototipo construido.

5 En el esquema la Figura 7 existen cuatro fuentes principales de luz que incide en la cámara semitransparente:

1. Luz ambiental, $\lambda < \lambda_{co}$, identificada con la referencia Lc.
2. Luz ambiental, $\lambda < \lambda_{co}$, no ilustrada pero consistente en la porción de Lc reflejada desde el globo ocular.
- 10 3. Luz ambiental, $\lambda > \lambda_{co}$, reflejada desde el globo ocular, identificada con la referencia Lar.
4. Luz reflejada Lbr desde iluminación activa Lb, ambas con $\lambda > \lambda_{co}$.

15 La fuente 1 no contiene información útil para el objetivo del seguimiento de la mirada. Las fuentes 2-4 contienen información de la mirada. Sin embargo, la fuente 2 no puede separarse de la fuente 1 y por tanto no puede usarse para el seguimiento de la mirada.

Los elementos mostrados en la Figura 7 comunes con los de la Figura 2 se han identificado con las mismas referencias que en la Figura 2.

Los píxeles de la cámara pueden estar hechos de una capa de transporte y una capa de sensibilización. Los fotodetectores híbridos pueden ser transparentes y pueden fabricarse sobre un sustrato transparente tal como una lente. La lente contiene también un filtro de paso corto que bloquea toda la luz ambiental con $\lambda > \lambda_{co}$. Este filtro de paso corto, identificado en la Figura 7 con la referencia Cf, se coloca entre la cámara de Cs y el objeto de interés T.

La cámara del prototipo construido se caracteriza por lo siguiente:

- 30 1. Semitransparente (>80% de transmisión) a la luz visible ($\lambda < \lambda_{co}$).
2. Rechaza las influencias de la luz ambiental (luz solar, luz artificial, etc.) en la lectura.
3. Puede ser selectiva para una longitud de onda o una banda de longitudes de onda con $\lambda > \lambda_{co}$.
4. Preferentemente es sensible al rango de longitudes de onda seguro para el ojo entre
- 35 1.300-2.000 nm.

La cámara del prototipo construido puede rechazar las influencias de la luz ambiental usando las técnicas siguientes:

- 5 1. Iluminación activa con una longitud de onda $> \lambda_{co}$ que induce más señal que la luz ambiental de la fuente 1.
2. Iluminación activa modulada y lectura de tipo bloqueo (“lock-in”).
3. Potenciar la selectividad de los detectores para la longitud de onda de la iluminación activa ($\lambda > \lambda_{co}$) con respecto a la luz ambiental de la fuente 1. Para potenciar la selectividad
- 10 espectral de los sensores puede usarse una de las siguientes técnicas:
 - Filtro plasmónico con una longitud de onda central que se corresponde con la longitud de onda de la iluminación activa en los píxeles de la cámara.
 - Filtro de cavidad óptica de película delgada multicapa que potencia la absorción de la longitud de onda de la iluminación activa y reduce la absorción en el
 - 15 rango visible.
 - Capa de sensibilización orgánica en el fotodetector híbrido con una transición de segundo orden con una energía $< 1,71$ eV.

La fuente de luz activa tiene preferentemente una longitud de onda en la región segura para el ojo entre 1.300 nm y 2.000 nm.

Si la selectividad espectral es importante, puede contemplarse sólo el uso de la fuente de luz 3 (luz ambiental reflejada con $\lambda > \lambda_{co}$) para capturar información de la mirada. Así puede reducirse sustancialmente el consumo de energía de todo el sistema.

25 La electrónica para leer, interpretar y procesar las imágenes de los sensores está situada separada de la lente (por ejemplo, en la montura Mo de las gafas, o de una ventana o de una pantalla), tal como se ilustra en las Figuras 8 y 9. El cristal de las gafas (o de una ventana o pantalla) sólo contiene hilos conductivos transparentes (o hilos muy delgados y muy separados entre sí), fotodetectores semitransparentes y lentes en miniatura que cubren

30 los fotodetectores, es decir los elementos identificados con la referencia X1. La ganancia fotoconductiva integrada de los fotodetectores del sensor de imagen (especialmente para los fotodetectores de puntos cuánticos de grafeno) permite la lectura no local descrita anteriormente, es decir, realizar la lectura lejos de los fotodetectores.

35

Implementaciones:

Como se ha indicado ya en una sección anterior del presente documento, el aparato de seguimiento de la mirada de la presente invención puede implementarse en diferentes dispositivos tal como se ilustra en las Figuras 3 a 6.

La figura 4 muestra diferentes posibilidades para integrar el aparato en unas gafas. El sensor de imagen semitransparente que proporciona el seguimiento de la mirada, en particular la disposición ordenada de fotodetectores semitransparentes D del mismo, puede cubrir todo el cristal/lente (vistas inferiores), o sólo parte (vistas superiores) del cristal/lente. Para mejorar la precisión, el aparato de seguimiento de la mirada puede colocarse en los dos cristales/lentes de las gafas tal como se ilustra en las vistas de la derecha de la Figura 4.

En la Figura 3 se muestra una implementación para una aplicación de realidad virtual, en la que el sensor de imagen se dispone en la lente o visor de un casco o gafas de realidad virtual, entre el ojo y una pantalla.

Los elementos mostrados en la Figura 3 comunes con los de la Figura 2 se han identificado con las mismas referencias que en la Figura 2, y el que no se encuentran en la Figura 2, es decir la pantalla se ha identificado mediante la referencia S.

Con el aparato de la presente invención también puede realizarse una implementación en un sistema de realidad aumentada (o gafas inteligentes) o en el visor de un casco, no mostrado.

En la Figura 5 se muestran implementaciones del aparato de la invención en la pantalla de diferentes dispositivos de computación, para diferentes realizaciones, con disposiciones ordenadas de fotodetectores semitransparentes D del sensor de imagen del mismo cubriendo toda la pantalla (vistas inferiores), o sólo parte de la misma (vistas superiores)

Finalmente, la Figura 6 representa una implementación del aparato de la presente invención en una ventana, en la que el sensor de imagen, en particular la disposición ordenada de fotodetectores semitransparentes D del mismo, está fijo o forma parte integral de la ventana parcialmente (vista izquierda) o en su totalidad (vista derecha).

Si bien la invención se ha descrito con respecto a algunos ejemplos específicos, incluidos los modos preferidos en la actualidad de llevar a cabo la invención, los expertos en la materia observarán que existen numerosas variaciones y permutaciones del sensor de imagen descrito anteriormente y el dispositivo optoelectrónico que usa dicho sensor de imagen, lo que incluye la sustitución de elementos específicos por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de seguimiento de la mirada, que comprende un dispositivo optoelectrónico, en el que el dispositivo optoelectrónico comprende:

5

- un sustrato que tiene una primera área que es al menos parcialmente transparente a la luz visible,

10

- una pluralidad de fotodetectores dispuestos en dicha primera área del sustrato para apuntar a un ojo de un usuario cuando se coloca frente a una cara interna de dicho sustrato, y

15

- una unidad de control conectada operativamente con la pluralidad de fotodetectores para al menos recibir señales de salida suministradas desde cada uno de los fotodetectores cuando la luz incide en los mismos, en el que la unidad de control está adaptada también para realizar un seguimiento de la mirada de dicho ojo basándose en las señales de salida de los fotodetectores,

en el que el aparato **se caracteriza porque:**

20

- el dispositivo optoelectrónico comprende un sensor de imagen con circuito de lectura no local, en el que dicho sensor de imagen comprende dicho sustrato y una pluralidad de píxeles dispuestos en la primera área del sustrato, comprendiendo dicha pluralidad de píxeles dicha pluralidad de fotodetectores, comprendiendo la pluralidad de fotodetectores elementos fotoactivos y teniendo una ganancia fotoconductiva integrada; y en la que

25

- la unidad de control está adaptada para polarizar selectivamente dicha pluralidad de píxeles y leerlos por medio de un circuito de lectura no local comprendido por la unidad de control, estando dicho circuito de lectura no local dispuesto fuera de la primera área del sustrato, y en el que la unidad de control está adaptada también para controlar el sensor de imagen con el fin de adquirir información de imagen desde dicho ojo para realizar dicho seguimiento de la mirada de dicho ojo.

30

2. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 1, en el que la unidad de control comprende:

35

- un primer circuito de polarización para proporcionar una primera tensión de polarización;
- un segundo circuito de polarización para proporcionar una segunda tensión de polarización, siendo la segunda tensión de polarización sustancialmente simétrica a la primera tensión de polarización con respecto a una referencia de tensión; y
- dicho circuito de lectura no local para leer una foto-señal generada por la luz que incide en la pluralidad de píxeles;

5

10

en el que el primer circuito de polarización y el segundo circuito de polarización comprenden, respectivamente, primeros medios de selección y segundos medios de selección para polarizar selectivamente uno o más píxeles de dicha pluralidad de píxeles que se leerán en un momento dado, estando los primeros medios de selección y los segundos medios de selección dispuestos fuera de la primera área del sustrato;

15

y en el que cada píxel de la pluralidad de píxeles comprende:

- un elemento fotoactivo que comprende una capa de fotosensibilización asociada a una capa de transporte, incluyendo la capa de transporte al menos una capa de un material bidimensional;
- un elemento de referencia no fotoactivo dispuesto cerca del elemento fotoactivo, teniendo el elemento de referencia no fotoactivo una conductancia oscura que se corresponde sustancialmente con una conductancia oscura del elemento fotoactivo;
- un primer contacto conectado mediante circuito con el primer circuito de polarización;
- un segundo contacto conectado mediante circuito con el segundo circuito de polarización; y
- un contacto de salida conectado mediante circuito con el circuito de lectura no local;

20

25

30

en el que el elemento fotoactivo está conectado mediante circuito entre el primer contacto y el contacto de salida, y el elemento de referencia no fotoactivo está conectado mediante circuito entre el contacto de salida y el segundo contacto.

3. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha unidad de control comprende una unidad de procesamiento y circuitos eléctricos y

35

electrónicos asociados, incluida electrónica de lectura, y que están conectados operativamente con o incluyen a dicho circuito de lectura no local, para recibir y procesar dicha información de imagen adquirida para realizar dicho seguimiento de la mirada de dicho ojo.

5

4. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 3, en el que al menos parte de dicha unidad de control, incluida dicha electrónica de lectura, está dispuesta en un área del sustrato que está fuera de la primera área del sustrato y/o en un área de otro sustrato.

10

5. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 4, en el que dicha área del sustrato o de dicho otro sustrato en el que dicha al menos parte de la unidad de control está dispuesta, es un área que es no transparente a la luz visible.

15

6. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 4, en el que el dispositivo optoelectrónico es un dispositivo llevable, en el que dicho sustrato es, o comprende, o está unido a, o integrado en, una lente de gafas, una lente o un visor de dicho dispositivo llevable que se sitúa delante del ojo de un usuario cuando el usuario lleva puesto el dispositivo llevable, y en el que dicha al menos parte de la unidad de control está dispuesta fuera de dicha lente de gafas, lente o visor.

20

7. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 6, en el que dicho dispositivo llevable son unas gafas o unas gafas de protección, que comprenden al menos dicha lente de gafas o dicha lente.

25

8. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 7, en el que dicha al menos parte de la unidad de control dispuesta fuera de la lente de gafas o de la lente está dispuesta en una montura de las gafas.

30

9. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 6, en el que dicho dispositivo llevable es un casco que comprende dicho visor.

35

10. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 4, en el que dicho sustrato es, o comprende, o está unido a, o integrado en, un panel que es al menos parcialmente transparente a la luz visible.

11. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 10, en el que dicho panel es al menos uno de los siguientes elementos: una ventana y una pantalla.
- 5 12. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 11, que comprende además un dispositivo de computación que incluye dicha pantalla.
13. El aparato de seguimiento de la mirada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo optoelectrónico está hecho y dispuesto para posicionar,
10 en uso, la primera área del sustrato enfrente de dicho ojo de un usuario cuando éste se coloca frente a dicha cara interna del sustrato, de manera que el usuario puede ver a través de la primera área del sustrato.
14. El aparato de seguimiento de la mirada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, hecho y dispuesto para operar bajo iluminación pasiva, en el que el sensor de imagen está hecho y dispuesto para adquirir dicha información de imagen a partir de una porción de luz ambiental que se refleja desde el ojo del usuario.
15. El aparato de seguimiento de la mirada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una unidad de iluminación activa que comprende al menos una fuente de luz que está conectada operativamente con dicha unidad de control, y está hecha y dispuesta para emitir luz, en uso, hacia dicho ojo del usuario bajo el control de dicha unidad de control, y en el que el sensor de imagen está hecho y dispuesto para adquirir dicha información de imagen a partir de la luz que se emite desde la al menos una
20 fuente de luz y se refleja desde el ojo del usuario.
16. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 15, en el que dicha al menos una fuente de luz y dicho sensor de imagen operan en un rango de infrarrojo de onda corta seguro para el ojo.
30
17. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 16, que comprende un filtro de luz para bloquear la luz ambiental con $\lambda > \lambda_{co}$, en el que dicho filtro de luz está dispuesto en o unido a una cara externa del sustrato, opuesto a dicha cara interna, o integrado en la superficie entre el sensor de imagen y dicha cara externa del sustrato.
35

18. El aparato de seguimiento de la mirada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además lentes que cubren los elementos fotoactivos del sensor de imagen, en el que dichas lentes son al menos parcialmente transparentes a la luz visible.

5

19. El aparato de seguimiento de la mirada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además líneas o pistas de trazado eléctricamente conductoras para conectar eléctricamente al menos la unidad de control y el sensor de imagen, en el que dichas líneas o pistas de trazado eléctricamente conductoras están dispuestas al menos en parte en la primera área del sustrato, o de otro sustrato al menos parcialmente transparente a la luz visible y que está unido a o integrado en dicho sustrato.

10

20. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 19, en el que dichas líneas o pistas de trazado eléctricamente conductoras son al menos parcialmente transparentes a la luz visible.

15

21. El aparato de seguimiento de la mirada según la reivindicación 19, en el que dichas líneas o pistas de trazado eléctricamente conductoras son opacas a la luz visible, pero suficientemente finas y distribuidas a través de la primera área del sustrato con tal separación entre ellas que permite a un usuario ver a través de la primera área del sustrato.

20

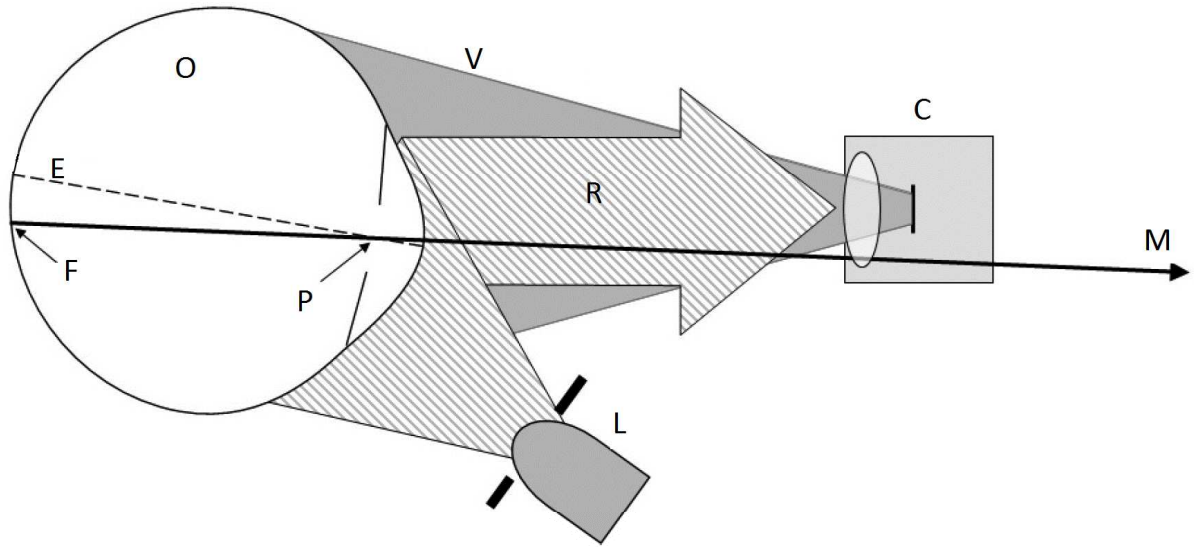


Figura 1

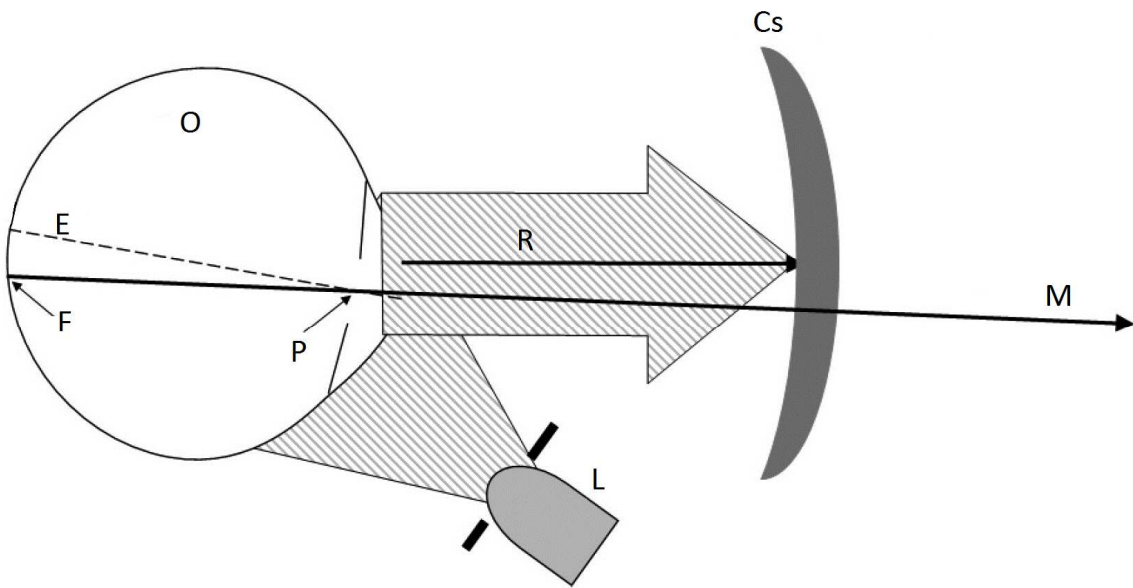


Figura 2

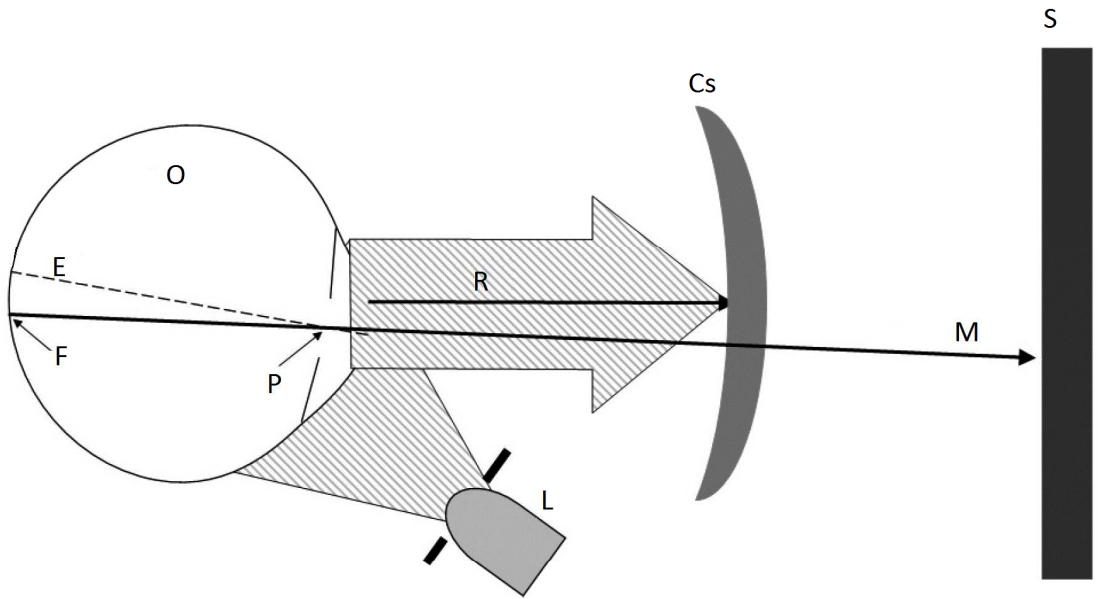


Figura 3

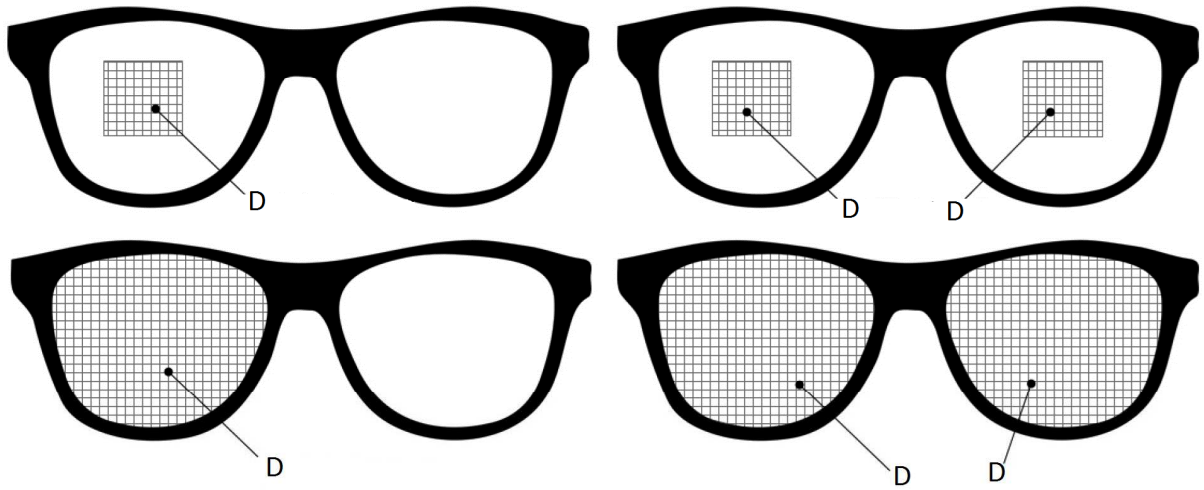


Figura 4

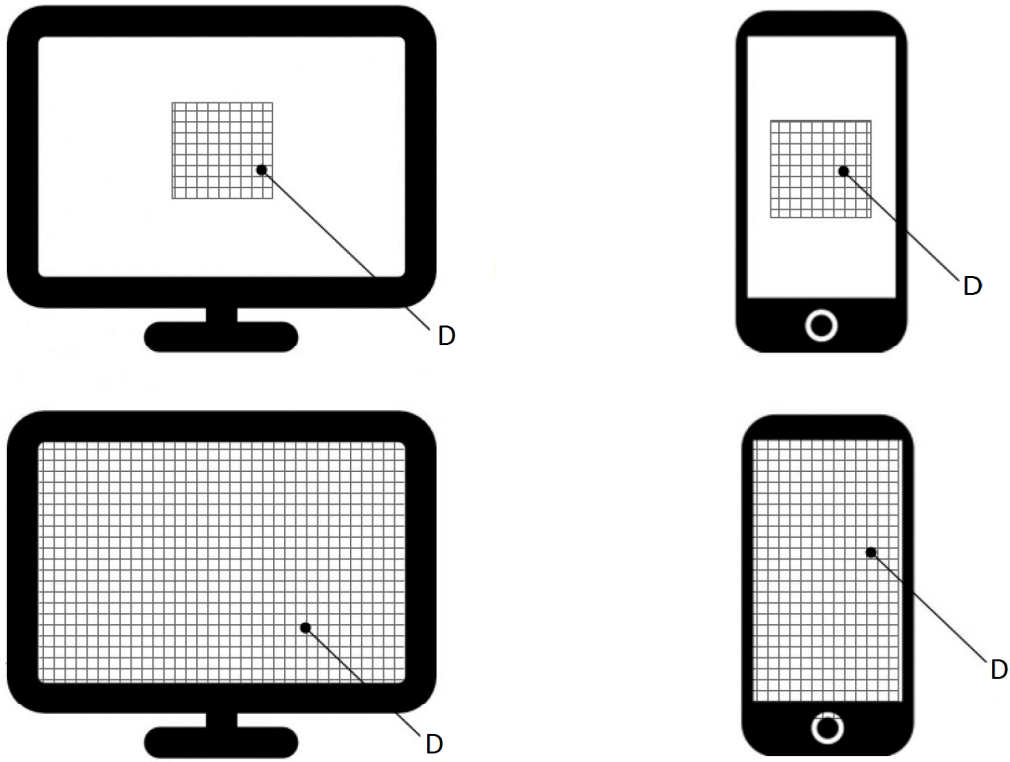


Figura 5

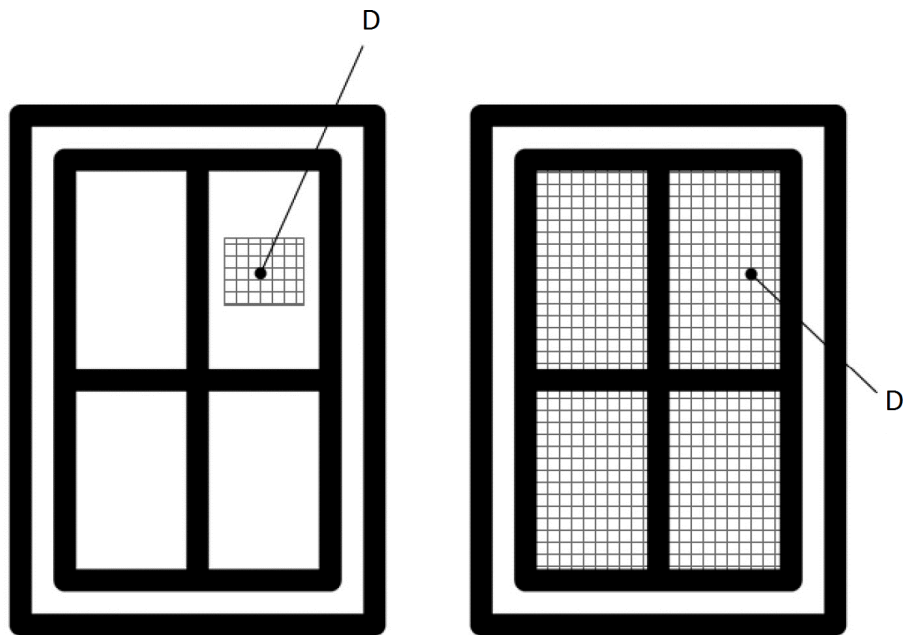


Figura 6

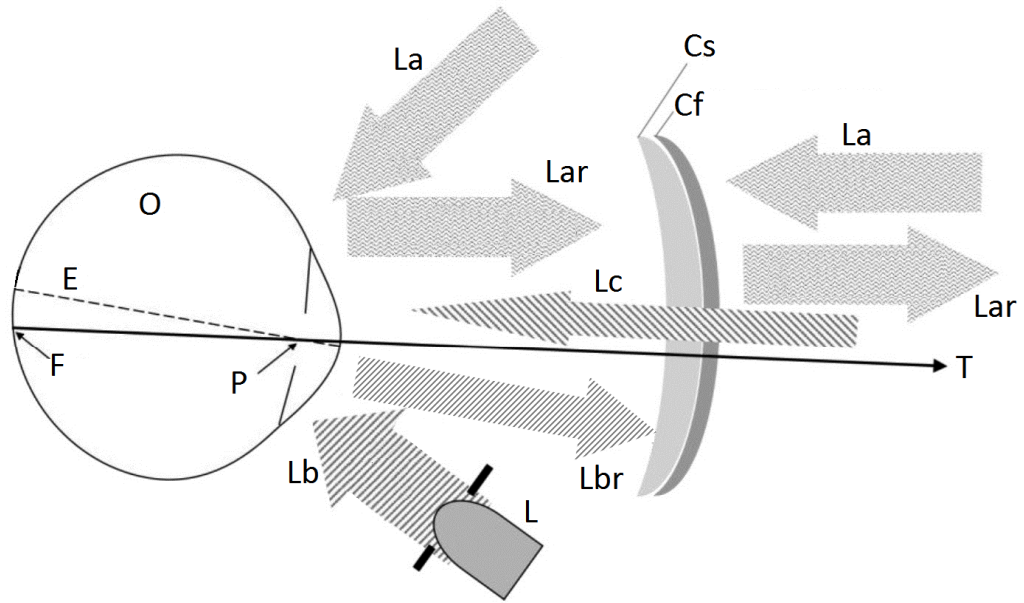


Figura 7

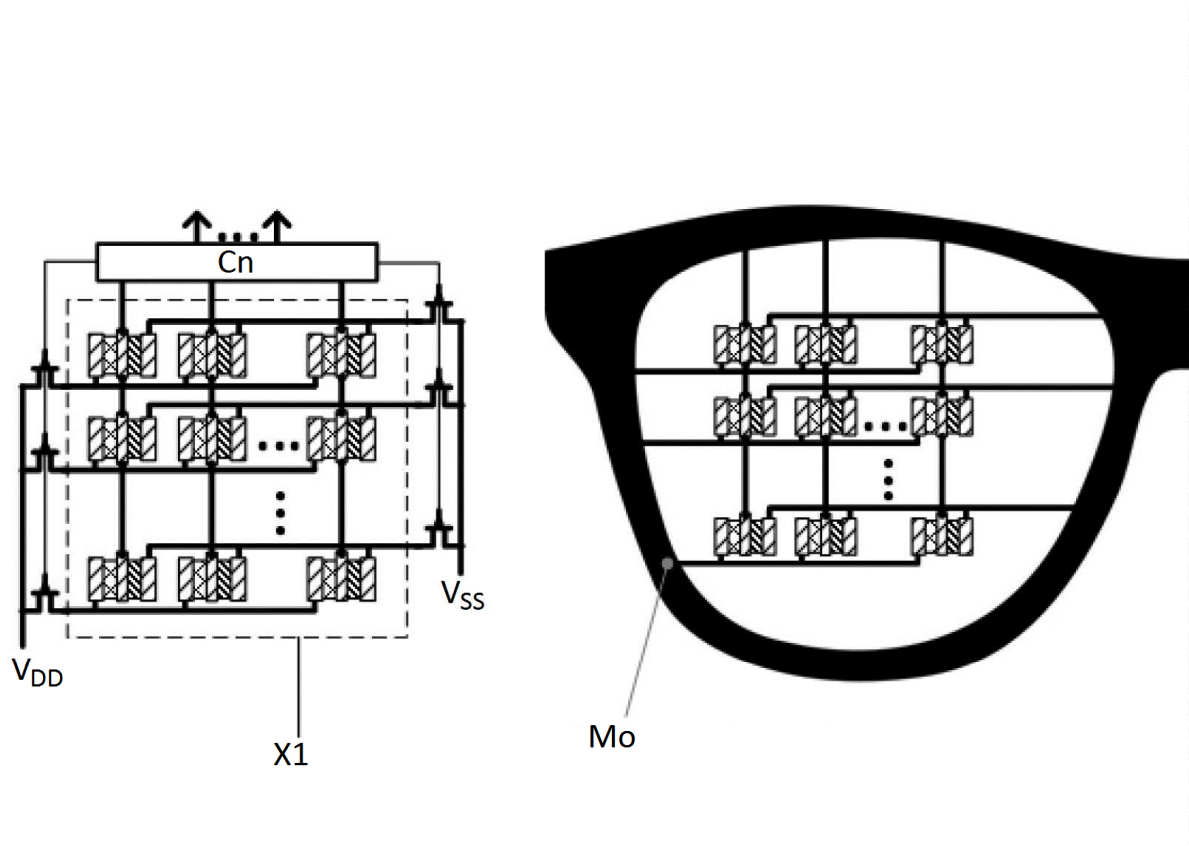


Figura 8

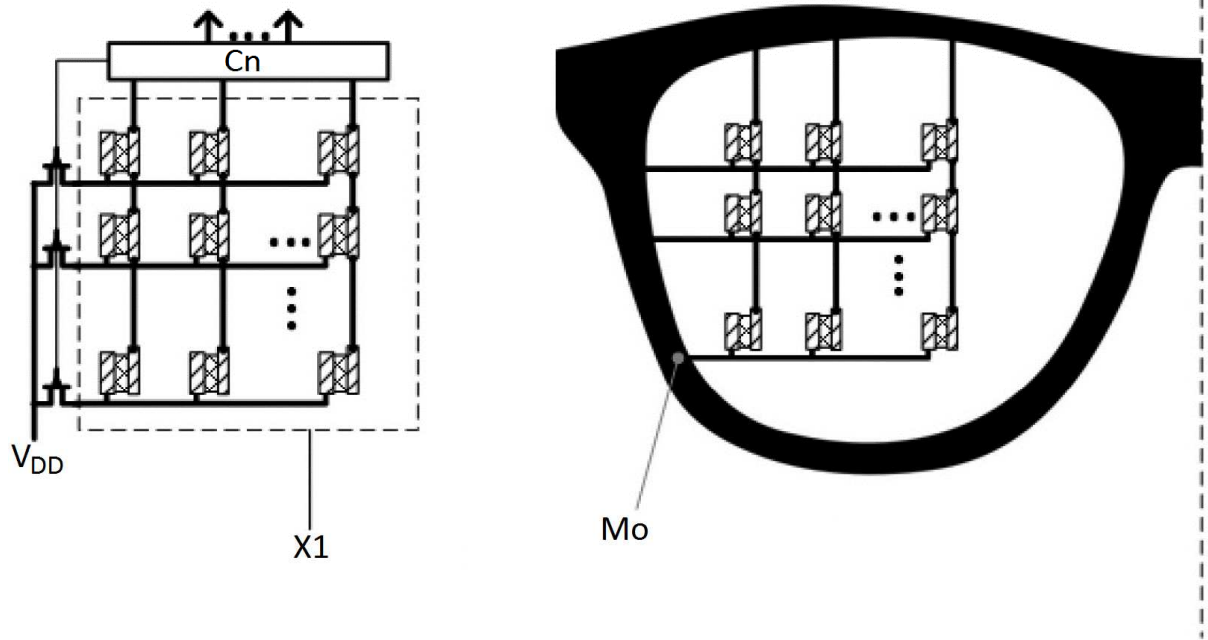


Figura 9