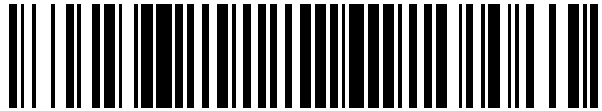


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 488**

51 Int. Cl.:

**G02B 27/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2007 E 09010577 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2124087**

54 Título: **Lente de imagen guiada por sustrato con un primer y segundo sustratos**

30 Prioridad:

**14.02.2006 IL 17371506**

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

**10.04.2013**

73 Titular/es:

**LUMUS LTD (100.0%)  
2 BERGMAN STREET  
REHOVOT 76705, IL**

72 Inventor/es:

**AMITAI, YAAKOV**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

**ES 2 400 488 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Lente de imagen guiada por sustrato con un primer y segundo sustratos

## 5    Ámbito de la invención

(0001) La presente invención se refiere a sistemas ópticos guiados por sustrato y, en particular, a sistemas ópticos que incluyen una disposición de un elemento óptico reflectante, un retardador y superficies reflectantes que descansan sobre un sustrato común traslúcido. A este sistema también se le denomina "Elemento colimante de guía de luz" (LCE).

(0002) La presente invención puede suponer una ventaja en un gran número de aplicaciones de imagen como cascos de realidad virtual y pantallas de visualización frontal, teléfonos móviles, pantallas compactas, pantallas en 3D y expansores de haz de láser así como de aplicaciones no asociadas a la imagen como indicadores de panel plano, iluminadores y escáneres compactos.

## Antecedentes de la invención

(0003) Una de las aplicaciones más importantes de los elementos ópticos compactos son los cascos de realidad virtual en los que un módulo óptico hace las veces de elemento óptico reflectante y combinador en el que se forma la imagen al infinito y se reflejan en el ojo de un espectador. La visualización se puede obtener directamente a través de un modulador espacial de luz (SLM) como un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), un diodo orgánico de emisión de luz (OLED), una fuente de exploración o un dispositivo similar o indirectamente a través de lentes de relé o un haz de fibra óptica. La pantalla está compuesta por un conjunto de elementos (píxeles) que forman una imagen a infinito mediante una lente colimante y dicha imagen se transmite al ojo del espectador por medio de una superficie reflectante o parcialmente reflectante que funciona como un combinador de aplicaciones no transparentes y transparentes respectivamente. Por regla general, para este fin se suele emplear un módulo óptico de espacio libre convencional. A medida que aumenta el campo de visión (FOV) del sistema, este tipo de módulos ópticos convencionales se vuelve más grande, pesado y voluminoso, por lo que su uso resulta poco práctico incluso en dispositivos de rendimiento intermedio. Esto último constituye un gran inconveniente para cualquier tipo de pantalla y especialmente en las de los dispositivos con cascos de realidad virtual en los que el sistema tiene que ser necesariamente lo más ligero y compacto posible.

(0004) Este esfuerzo por lograr un carácter compacto ha generado la creación de varias soluciones ópticas complejas y diferentes que, por un lado, no son todavía lo suficientemente compactas para la mayoría de las aplicaciones prácticas y, por otro, presentan grandes inconvenientes en relación a su manufacturabilidad. Además, la *Eye-Motion-Box* (EMB) de los ángulos de visión óptica resultantes de estos diseños suele ser muy pequeña y, por lo general, no supera los 8 mm. Por lo tanto, el rendimiento del sistema óptico es muy sensible y reacciona incluso a los pequeños movimientos del sistema óptico del ojo del espectador impidiendo el movimiento de la pupila necesario para leer cómodamente un texto desde este tipo de dispositivos.

(0005) Un ejemplo de este tipo de sistemas de pantalla compacta viene recogido en la patente WO 02/088825 A2. En esta patente se describe una pantalla especular reflectante. El contraste de esta pantalla se ha maximizado al disponer de una iluminación básicamente perpendicular al plano del panel reflectante de la pantalla mencionada. En una forma de ejecución, se polariza la luz procedente de una fuente de iluminación y se pasa por un prisma divisor de haz formado por un paralelepípedo fabricado en cristal. Durante su paso, la luz crea una reflexión interna en la superficie del prisma. A raíz de su polarización, la luz pasa por una superficie divisora de haz dentro del prisma y a través de una lente llega a un cristal líquido en el panel de la pantalla de silicio. Desde este cristal, la luz se refleja con una polarización de giro según la información de la imagen. En su trayectoria de retomo, la luz con polarización de giro se refleja por una superficie divisora de haz. Esta luz deja el prisma, pasa por una lámina de cuarto de onda y se refleja en un espejo cóncavo, de tal modo, que vuelve a entrar en el prisma. A raíz de pasar dos veces por la lámina de cuarto de onda, esta luz cambia su polarización, atraviesa la superficie divisora de haz y se transmite al espectador. En una segunda forma de ejecución, se hace pasar la luz procedente de una fuente de iluminación por un polarizador para que llegue a un prisma de reflexión interna total y es guiada a través de una lente hasta el cristal líquido que se encuentra en el panel de la pantalla de silicio. Este panel de pantalla gira la dirección de polarización según la información de imagen suministrada y refleja la luz de vuelta en el polarizador reflectante a partir del cual se transmite a un paralelepípedo. En este paralelepípedo, la luz se refleja por una superficie divisora de haz y es guiada a través de una lámina de cuarto de onda hasta un espejo cóncavo donde también se refleja. Debido a su cambio de polarización a raíz de pasar dos veces por la lámina de cuarto de onda, esta luz atraviesa la superficie divisora de haz y llega al ojo del espectador.

(0006) En la patente WO 2005/093493 A aparece publicado otro ejemplo. El sistema óptico virtual descrito incluye un divisor de haz polarizado y una guía óptica de onda. La luz procedente de un dispositivo de pantalla de imagen se polariza por medio de la lámina de polarización. La luz polarizada resultante puede pasar por la superficie de polarización por reflexión selectiva del divisor de haz polarizado. Atraviesa una lámina de cuarto de onda y se refleja desde un espejo cóncavo esférico. Su polarización cambia al pasar dos veces por la lámina de cuarto de onda. A continuación, esta luz es proyectada desde la superficie de polarización por reflexión selectiva a través de una lente óptica hasta llegar a la guía óptica de onda. Luego, la luz se refleja por un espejo reflectante para que se produzca

su reflexión total en la guía óptica. Posteriormente, esta luz se proyecta hacia fuera de la guía óptica de onda con espejos traslúcidos.

(0007) Otro ejemplo adicional aparece descrito en la patente estadounidense US 2003/0165017 A1. En esta patente se describen más concretamente dispositivos ópticos guiados por sustrato que incluyen múltiples superficies reflectantes que descansan sobre un sustrato común transmisor de luz. La luz procedente de una fuente de pantalla compacta se acopla en el sustrato por mecanismos ópticos a raíz de la reflexión interna total. Además, el sustrato soporta un gran número de superficies de reflexión parcial paralelas entre sí pero no paralelas o en posición normal con respecto al plano de dicho sustrato.

#### Explicación de la invención

(0008) La presente invención permite el diseño y la fabricación de dispositivos de imagen muy compactos para cascos de realidad virtual (HMD), entre otras aplicaciones. Esta invención hace posible la aplicación de campos de visión (FOV) relativamente amplios en combinación con unos valores relativamente altos de *Eye-Motion-Box* (EMB). El sistema óptico resultante proporciona una imagen de alta calidad a un gran tamaño que se adapta a un amplio espectro de movimientos oculares. El sistema óptico que se ofrece en la presente invención resulta especialmente ventajoso ya que reviste un carácter considerablemente más compacto que las aplicaciones mejoradas más recientes y se puede incorporar fácilmente incluso en otros sistemas ópticos con configuraciones especiales.

(0009) La presente invención también permite construir mejores pantallas de visualización frontal (HUD). Desde la concepción original de estos dispositivos, hace ya más de tres décadas, se ha producido un considerable progreso en este campo. De hecho, los HUD se han convertido en unos dispositivos de uso generalizado y hoy en día juegan un papel importante tanto en la mayoría de los aviones de combate como en los aviones de uso civil en los que los sistemas HUD se han vuelto indispensables en los aterrizajes con poca visibilidad. Además, recientemente se ha presentado un gran número de propuestas y diseños de HUD para aplicaciones en automóviles en los que estas pantallas HUD pueden asistir al conductor en las tareas de conducción y navegación. No obstante, las HUD recientes presentan varios inconvenientes importantes. Todas las HUD de los diseños actuales requieren una fuente de luz de pantalla que compense la gran distancia desde el combinador con el objetivo de garantizar que esta fuente ilumina por completo toda la superficie del combinador. Como resultado, el sistema HUD de proyector de combinador presenta irremediablemente un aspecto voluminoso, un gran tamaño y requiere además un gran espacio para su instalación, lo que le convierte en un sistema con un montaje inapropiado y su uso puede resultar en ocasiones peligroso. La gran apertura óptica de las HUD convencionales también constituye un desafío en cuanto a su diseño óptico ya que o bien se compromete su rendimiento o bien se incurre en elevados costes cuando se necesite un rendimiento de alta calidad. En este sentido, es especialmente preocupante la dispersión cromática que se produce en HUD holográficas de alta calidad.

(0010) Por esta razón, un claro objetivo de la presente invención es el de reducir los inconvenientes de los dispositivos compactos de pantalla óptica más recientes y ofrecer otros componentes y sistemas ópticos con un mejor rendimiento conforme a unos requisitos específicos.

(0011) Otro objetivo de la presente invención guarda relación con su incorporación en HUD compactas que contribuiría a mitigar las desventajas mencionadas anteriormente. En el diseño de HUD de la invención actual, el combinador está iluminado con una fuente de luz de pantalla compacta que se puede fijar al sustrato. Por lo tanto, el sistema en su conjunto resulta muy compacto y se puede instalar fácilmente en diferentes configuraciones para un amplio abanico de aplicaciones. Además, la dispersión cromática de la pantalla es insignificante y, por lo tanto, se puede aplicar la invención con fuentes de amplio espectro incluso con una fuente convencional de luz blanca. Con la presente invención también se expande la imagen, por lo que el área activa del combinador puede ser mucho mayor que el área que ilumina realmente la fuente de luz.

(0012) Otro objetivo de la presente invención consiste en seguir proporcionando una pantalla compacta con un FOV amplio para aplicaciones móviles y portátiles como los teléfonos móviles. En el mercado actual de acceso a Internet inalámbrico podemos disponer del suficiente ancho de banda para transmitir videos completos. El factor de limitación sigue siendo la calidad de la visualización en el dispositivo del usuario final. El requisito de la movilidad limita el tamaño físico de las pantallas y, como resultado, la visualización directa presenta una baja calidad de imagen. Gracias a la presente invención se puede obtener pantallas muy compactas con una imagen virtual de gran tamaño. Esta característica es fundamental en las comunicaciones móviles y, especialmente, en accesos de Internet móvil, ya que resuelve una de las limitaciones principales para su aplicación práctica. Por lo tanto, la presente invención permite la visualización de contenido digital de una página de Internet a formato completo en un pequeño dispositivo portátil como, por ejemplo, en un teléfono móvil.

(0013) Conforme a la presente invención, esta cuenta con un primer sustrato transmisor de luz con al menos una superficie principal y los bordes imprescindibles y un segundo sustrato transmisor de luz con al menos dos superficies principales paralelas entre sí y dos bordes. Este segundo sustrato transmisor de luz debe disponer como mínimo de una superficie parcialmente reflectante que no sea paralela a las superficies principales, una fuente de luz de pantalla, como mínimo un divisor de haz polarizado que descansa sobre el primer sustrato transmisor de luz mencionado, al menos un elemento óptico colimador reflectante y un retardador de cuarto de onda situado por lo menos entre la parte de la superficie principal correspondiente al primer sustrato transmisor de luz referido y el

elemento óptico colimador reflectante mencionado. En este caso, el divisor de haz polarizado se caracteriza por reflejar las ondas de luz que se han acoplado en el primer sustrato transmisor de luz mencionado en el elemento óptico colimador reflectante referido y por el hecho de que el primer sustrato transmisor de luz citado lleva un primer elemento óptico reflectante, de tal manera, que las ondas de luz procedentes de la fuente de pantalla mencionada se acoplan por medio de dicho primer elemento óptico reflectante en el primer sustrato transmisor de luz mencionado por efecto de la reflexión interna total y un segundo elemento óptico reflectante u ondas de luz acopladas se unen en el segundo sustrato transmisor de luz referido a raíz de la reflexión interna total. Este segundo sustrato transmisor de luz está colocado en una posición adyacente al primer sustrato transmisor de luz citado, de tal modo, que las ondas ópticas de luz que se han desacoplado del primer sustrato transmisor de luz se unen gracias al segundo elemento óptico reflectante señalado en el segundo sustrato transmisor de luz referido por efecto de la reflexión interna total.

#### Descripción breve de los dibujos

(0014) En aras de una mayor comprensión, la presente invención aparece descrita en combinación con determinadas formas de ejecución preferentes representadas en las ilustraciones que figuran a continuación.

(0015) Concretamente, en lo concerniente a las figuras al detalle representadas, es importante señalar que las particularidades que aparecen en ellas sólo las hemos incluido a título de ejemplo y con fines meramente ilustrativos para favorecer la discusión sobre las formas de ejecución preferentes de la presente invención. Estas figuras sólo las hemos presentado con la finalidad de proporcionar, en nuestra opinión, una descripción fácilmente comprensible y lo más útil posible de los principios y aspectos conceptuales de la presente invención. En este sentido, no hemos intentado ofrecer detalles estructurales más concretos de la invención salvo los estrictamente necesarios para su comprensión esencial. La descripción que se desprende de los dibujos tiene como finalidad servir de orientación a aquellas personas expertas en la materia y mostrar cómo se puede ejecutar en la práctica las diversas formas de la presente invención.

#### (0016) Dibujos:

En la Fig. 1 aparece un diagrama ilustrando un sistema óptico para colimar ondas de luz entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla conforme a la presente invención.

En la Fig. 2 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar y acoplar ondas entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla en un elemento óptico de guía de luz (LOE) conforme a la presente invención.

En la Fig. 3 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar ondas de luz entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla de cristal líquido sobre silicio (LCOS) conforme a la presente invención.

En las Figs. 4a, 4b y 4c aparecen diagramas ilustrando métodos para colimar y expandir las ondas entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla conforme a la presente invención.

En la Fig. 5 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar las ondas de luz entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla empleando una lente de campo y otra colimante conforme a la presente invención.

En la Fig. 6 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar ondas de luz entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla empleando dos lentes conforme a la presente invención.

En la Fig. 7 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar ondas de luz entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla LCOS empleando dos lentes conforme a la presente invención.

En las Figs. 8a y 8b aparecen diagramas ilustrando métodos para colimar ondas de luz entrantes que proceden de a) una pantalla de cristal líquido (LCD) y b) fuentes de luz de pantalla LCOS empleando tres lentes conforme a la presente invención.

En la Fig. 9 aparece un diagrama ilustrando un método para colimar y acoplar ondas entrantes que proceden de una fuente de luz de pantalla LCOS en un LOE empleando dos lentes conforme a la presente invención.

En la Fig. 10 aparece un gráfico ilustrando el rendimiento óptico de una lente colimante correspondiente a una invención previa.

En la Fig. 11 aparece un gráfico ilustrando el rendimiento óptico de una lente colimante conforme a la presente invención.

En la Fig. 12 aparece un diagrama ilustrando un sistema óptico para acoplar ondas entrantes polarizadas dentro de un elemento óptico de guía de luz mediante una superficie reflectante acoplada y sensible a la polarización conforme a la presente invención.

En la Fig. 13 aparece un diagrama ilustrando un sistema óptico para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE mediante una superficie reflectante acoplada sensible a la polarización conforme a la presente invención.

5 En la Fig. 14 se ilustra dos rayos marginales acoplados en un LOE mediante una superficie reflectante acoplada convencional.

En la Fig.15 se ilustra dos rayos marginales que están acoplados en un LOE mediante una superficie reflectante acoplada sensible a la polarización conforme a la presente invención.

10 En la Fig. 16 aparece un diagrama ilustrando otro método para acoplar ondas entrantes en un LOE que saca más ventaja aún de la lente colimante conforme a la presente invención.

15 En la Fig. 17 aparecen representados dos rayos marginales acoplados en un LOE mediante una superficie reflectante acoplada sensible a la polarización empleando una lente colimante conforme a la presente invención.

20 En la Fig. 18 aparece un diagrama ilustrando otra forma de ejecución para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE conforme a la presente invención.

En la Fig. 19 aparece un diagrama ilustrando aún otra forma de ejecución para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE empleando dos lentes conforme a la presente invención.

25 En la Fig. 20 aparece un diagrama ilustrando otra forma de ejecución más para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE empleando un revestimiento angular sensible conforme a la presente invención.

30 En la Figs. 21 y 22 aparecen gráficos ilustrando las curvas de reflexión como variable en el ángulo de incidencia, por ejemplo, para un revestimiento angular sensible para ondas de luz polarizadas en s y p respectivamente.

35 En las Figs. 23a y 23b aparecen formas de ejecución para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE empleando diferentes retardadores conforme a la presente invención.

40 En la Fig. 24 aparece una forma de ejecución para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en un LOE empleando dos láminas transparentes con revestimiento angular sensible conforme a la presente invención.

En la Fig. 25 aparece una forma de ejecución para colimar ondas de luz entrantes procedentes de una única fuente de luz de pantalla en dos imágenes separadas conforme a la presente invención.

45 En la Fig. 26 aparece otra forma de ejecución para colimar ondas de luz entrantes procedentes de una única fuente de luz de pantalla en dos imágenes separadas conforme a la presente invención.

En la Fig. 27 aparece otra forma de ejecución aún para colimar ondas de luz entrantes procedentes de una única fuente de luz de pantalla en dos imágenes separadas conforme a la presente invención.

50 En la Fig. 28 aparece ilustrado un sistema óptico para colimar y acoplar ondas entrantes procedentes de una fuente de luz de pantalla en dos LOE separados conforme a la presente invención.

55 En la Fig. 29 aparece ilustrado otro sistema óptico para colimar y acoplar ondas entrantes con una polarización uniforme procedentes de una fuente de luz de pantalla en dos elementos ópticos separados de guía de luz conforme a la presente invención.

En la Fig. 30 aparece ilustrado otro sistema aún para colimar y acoplar ondas entrantes con una polarización uniforme procedentes de una fuente de luz de pantalla en dos elementos ópticos separados de guía de luz conforme a la presente invención.

60 En la Fig. 31 aparece ilustrada una forma de ejecución de un sistema de visualización incorporado en una montura de gafas estándar conforme a la presente invención.

65 En la Fig. 32 aparece ilustrada una vista frontal de una forma de ejecución de un sistema de visualización incorporado en una montura de gafas estándar conforme a la presente invención.

En la Fig. 33 aparece ilustrado un sistema óptico con una lente de enfoque conforme a la presente invención.

## Descripción detallada de las formas de ejecución preferentes

(0017) A continuación, describimos un método mejor para diseñar lentes más compactas que las lentes correspondientes a un estado de la técnica anterior equipándolas con la forma plana requerida a la vez que conservan las propiedades ópticas deseadas del sistema conforme a la presente invención.

(0018) En la Fig. 1 se muestra este método que reúne ambos requisitos mencionados aparentemente contradictorios y que saca ventaja del hecho de que en la mayoría de las fuentes de luz de micropantalla, como en los LCD o LCOS, la luz se polariza linealmente. Como aparece ilustrado, las ondas de luz entrantes polarizadas s (18) procedentes de una fuente de luz de pantalla (112) se acoplan en el sustrato (114) por la primera superficie reflectante (116). Siguiendo una reflexión total interna de la superficie inferior (118) del sustrato, las ondas se reflejan en un divisor de haz polarizador (120) y se desacoplan del sustrato. Las ondas pasan luego a través de un retardador (122) de cuarto de onda y una lámina transparente (123), se coliman a través de un elemento óptico reflectante (124), como, por ejemplo, una lente, en su superficie reflectante (126), vuelven a pasar de nuevo por el retardador (122) y a entrar en el sustrato (114) por la superficie inferior (118). Las ondas de luz que están ahora polarizadas en p atraviesan el divisor de haz polarizador (120) y abandonan el sustrato por la superficie superior (128).

(0019) En la Fig. 2 aparece ilustrado cómo se puede combinar el LCE (129) con un elemento óptico de guía de luz (LOE) (20) para crear el sistema óptico requerido. Este tipo de LOE incluye, por lo general, dos superficies principales y dos bordes como mínimo, al menos una superficie parcialmente reflectante y un elemento óptico para acoplar la luz en su interior. Las ondas salientes (130) procedentes del LCE (129) entran en el LOE a través de su superficie inferior (26). Las ondas entrantes (enfrente del LOE) se reflejan de la superficie (16) y quedan atrapadas en el interior del LOE de la misma manera que aparece representada en la Fig. 2. Ahora, el LCE (129), compuesto por una fuente de luz de pantalla (112), el prisma plegable (114), el retardador (122) y el elemento óptico colimador reflectante (124), se puede integrar fácilmente en un único módulo mecánico que se puede, a su vez, ensamblar de manera independiente al LOE y presenta unas tolerancias mecánicas relativamente amplias. Además, el retardador (122) y el elemento óptico colimador reflectante (124) se pueden unir entre sí para formar un único elemento. En este sentido, también se pueden emplear otros métodos alternativos para combinar estas piezas en un único elemento como, por ejemplo, laminando una película de cuarto de onda dentro de la superficie frontal del elemento óptico reflectante (124).

(0020) Otra ventaja del método de imagen propuesto que aparece ilustrado en esta invención se evidencia por sí sola cuando se emplea un dispositivo LCOS como fuente de luz de pantalla. Al igual que los paneles LCD, los paneles LCOS incluyen series bidimensionales (2D) de células con cristales líquidos en su interior que se retuercen y alinean según los voltajes de control. Con LCOS, en cambio, los elementos de cristal líquido se injertan directamente en el chip de silicio reflectante. A medida que los cristales líquidos se retuercen, o bien cambia o bien permanece inalterada la polarización de la luz en función de la reflexión de la superficie reflejada abajo. Esto último, junto con un divisor de haz polarizador, provoca la modulación de la luz y crea la imagen. Además, la tecnología reflectante se basa en el hecho de que los haces de luz destinados a iluminar y a formar imágenes comparten el mismo espacio. Debido a estos dos factores, es necesario añadir un elemento divisor de haz especial al módulo óptico con la finalidad de permitir que las funciones de iluminación así como de imagen marchen simultáneamente. Por lo general, la incorporación adicional de un elemento de este tipo podría complicar el módulo óptico y al emplear LCOS como fuente de luz de pantalla, algunas de las configuraciones en combinación con un elemento de acoplamiento frontal o un prisma plegable pueden presentar un tamaño aún mayor. No obstante, en el método de imagen que aparece en la Fig. 1 se puede añadir fácilmente la unidad de iluminación al módulo óptico sin incrementar significativamente el volumen del sistema.

(0021) Como se muestra en la Fig. 3, en vez de usar un simple espejo reflectante, las ondas de luz entrantes (18) procedentes de LCOS (112) se reflejan en un divisor de haz polarizador (132). Al sustrato (114) se le añade un prisma complementario (134) para formar un paralelepípedo (136). En dicho paralelepípedo, las ondas de luz polarizadas en p (138) que emanan de la fuente de luz (140) pasan a través del divisor de haz polarizador (132) e iluminan la superficie frontal del LCOS (112). La polarización de la luz reflejada procedente de los píxeles "lumínicos" está girada hacia la polarización en s y las ondas de luz se reflejan como consecuencia hacia fuera del divisor de haz (132) como viene descrito más arriba en relación con la Fig. 1. Si la fuente de luz (140) no está polarizada, se puede añadir un polarizador (142) que transmita sólo la polarización deseada. Evidentemente, el LCE (129) se sigue conservando compacto y mantiene su forma plana.

(0022) Como aparece descrito arriba, uno de los parámetros principales que determinan el volumen de la lente colimante es su apertura de salida. Por regla general, un incremento en la apertura de salida provocará un aumento en el volumen de la lente. No obstante, en las Figs. 4a, 4b y 4c se muestran métodos para aumentar el doble la apertura de salida del LCE (129) incrementando ligeramente el volumen de la lente. Como aparece ilustrado en la Fig. 4a, se añade un prisma complementario (144) al sustrato (114) para formar un paralelogramo (145). Las ondas salientes (130) procedentes del elemento óptico colimador reflectante (124) pasa por el retardador (146) de cuarto de onda, se reflejan parcialmente en una superficie semi-reflectante (148), vuelve a pasar a través de la superficie superior (128) y entra de nuevo en el sustrato (145). Las ondas de luz que están polarizadas ahora en s se reflejan hacia fuera del divisor de haz polarizador (122). Luego, siguiendo la reflexión interna total hacia el exterior de la superficie superior (128) del sustrato, se reflejan las ondas y se desacoplan de la superficie reflectante (150). Por

supuesto, la apertura de salida de la onda de luz (130) desacoplada es dos veces más grande que la anterior expuesta en la Fig. 1. Un problema que queda todavía pendiente de resolver consiste en la uniformidad de la polarización de la onda de luz saliente (130). Mientras que el segmento derecho de la onda (130R) tiene una polarización circular, el segmento izquierdo (130L) está polarizado linealmente en s. En la Fig. 4b se expone un método para resolver esta irregularidad; Se añade un retardador (152) de cuarto de onda en el lateral izquierdo de la apertura de salida en la que la orientación del eje principal del retardador (152) está girada a 90° en relación con la de la lámina (146). En este caso, la onda de luz saliente (130) tiene una polarización circular. En la Fig. 4c se muestra un método diferente en el que se añade un retardador (154) de cuarto de onda en el lateral derecho de la apertura de salida que genera una onda de luz saliente (130) con polarización lineal en s. En este caso, la orientación del eje principal del retardador (154) es paralela a la de la lámina (146).

(0023) En los sistemas que aparecen ilustrados en las Figs. 1 a 4c, sólo se ha utilizado una única lente esférica convergente. Esto puede ser suficiente en algunos esquemas ópticos pero para otros sistemas con FOV amplios y aperturas de entrada grandes puede resultar insuficiente si se requiere una mejor calidad óptica. Un enfoque para mejorar las propiedades ópticas del sistema consiste en sacar ventaja del uso de lentes esféricas o incluso lentes esféricas difractivas. Otro enfoque consistiría en usar más de un elemento óptico reflectante.

(0024) En la Fig. 5 aparece ilustrado un sistema óptico en el que se inserta una lente de campo (156) entre la fuente de luz de pantalla y el sustrato (114). Esta lente se puede utilizar para corregir aberraciones tanto cromáticas como de campo del sistema óptico.

(0025) En la Fig. 6 aparece ilustrado un sistema óptico en el que se emplea un sustrato más grande (160) que cuenta con dos divisores de haz polarizadores insertados (162) y (164), un retardador (166) de cuarto de onda y dos lentes convergentes (168) y (170). Como aparece ilustrada, la onda de luz entrante (18) polarizada en p pasa a través del primer divisor de haz polarizador (162), se refleja a continuación, converge parcialmente y cambia a una polarización en s al atravesar el retardador (166) y la primera lente (168). Esta onda de luz se refleja luego hacia fuera del divisor de haz polarizador (162), atraviesa la superficie inferior (172) del prisma y llega después al segundo divisor de haz polarizador (164). Desde este segundo divisor, la onda de luz se refleja luego por el retardador (166) y la segunda lente (170) totalmente colimada y con su polarización cambiada a p. Después, la onda pasa a través del segundo divisor de haz polarizador (164) y abandona el sustrato por la superficie superior (128). La onda entrante (enfrente del LOE) se puede ahora atrapar en el interior del LOE tal y como aparece ilustrado en la Fig. 2. En caso de que la fuente de luz de pantalla sea un dispositivo LCOS, el método de iluminación diferirá del descrito arriba en relación con la Fig. 3.

(0026) Como se expone en la Fig. 7, las ondas de luz (174) destinadas a la iluminación procedentes de la fuente de luz de pantalla (176) atraviesan un polarizador en s (178) y se acoplan en el sustrato (180) en la primera superficie reflectante (182). Luego, siguiendo la reflexión interna total hacia fuera de la superficie superior (184) del sustrato, las ondas se reflejan y desacoplan del divisor de haz polarizador (162) para iluminar la fuente de luz de pantalla LCOS (112). Por supuesto, el número de elementos que se pueden utilizar en el LCE (129) no está limitado a dos.

(0027) En las Figs. 8a y 8b aparece ilustrada una lente colimante con un LCD y un LCOS como respectivas fuentes de luz de pantalla a la que se le añade una tercera lente (186) al tren óptico. Por lo general, dependiendo de los parámetros requeridos, el rendimiento que se desee y el volumen permitido se determinarán para cada sistema en particular el número y los tipos concretos de lentes que se emplearán en el módulo óptico colimante.

(0028) En la Fig. 9 se muestran las dimensiones del módulo óptico descrito arriba en relación con la Fig. 6. Los parámetros ópticos coinciden con los descritos arriba en relación con los sistemas provistos de elementos de acoplamiento que emplean un prisma plegable, es decir, el prisma expuesto en la Fig. 23 de la patente publicada WO 2006/013565. Aunque la fuente de luz de pantalla sea un dispositivo LCOS, el sistema que aparece ilustrado en la Fig. 9 presenta un volumen considerablemente más pequeño que el del sistema descrito arriba.

(0029) En las Figs. 10 y 11 se exponen los rendimientos de las funciones de transferencia de modulación (MTF) de los sistemas descritos arriba. Tal y como aparece representado, el último módulo además de contar con dos lentes esféricas en vez de los dos elementos esféricos difractivos pertenecientes al sistema anterior presenta a su vez un rendimiento superior.

(0030) Un método en el que las ondas entrantes y las ondas salientes se sitúan en el mismo lateral del sustrato para aprovechar el hecho de que en la mayoría de las fuentes de luz de micropantalla, como los dispositivos LCD o LCOS, la luz se polariza linealmente, tal y como se expone en la Fig. 12. La diferencia principal entre la forma de ejecución que aparece en la figura mencionada y la anterior reside en que, en vez de emplear un espejo reflectante uniforme como elemento de acoplamiento en la forma de ejecución actual se inserta un divisor de haz polarizador (206) en el LOE (20). Esto último implica que la superficie (206) transmite luz polarizada en p y refleja luz polarizada en s. Tal y como aparece ilustrado, el haz de entrada (130) procedente del LCE está polarizado en p y, por consiguiente, se transmite a través de la superficie (206). Una vez que el haz abandona el LOE (20) por la superficie superior (27), este impacta en el retardador (208) de cuarto de onda que convierte el haz entrante en luz polarizada circular. Luego, el haz que se transmite se refleja de vuelta por la lámina de cuarto de onda (208) en un espejo plano reflectante (210). El haz reflejado (212), ahora polarizado en s, entra en el LOE (20) por la superficie superior (27) y se refleja en el divisor de haz polarizador (206). Los rayos reflejados (214) quedan atrapados en el interior del LOE

(20) a raíz de la reflexión interna total. Por supuesto, el retardador (208) y la superficie reflectante (210) se pueden unir entre sí para crear un único elemento. En este sentido, se pueden emplear otros métodos alternativos para combinar estas piezas en un único elemento, como, por ejemplo, recubriendo una superficie reflectante en la cara posterior del retardador (208) o laminando una película de cuarto de onda en la cara frontal de la superficie reflectante (210).

(0031) En la Fig. 13 se representa la estructura del LOE (20) en su totalidad con un mecanismo de acoplamiento que viene descrito en la Fig. 3. Este LOE reúne los dos requisitos: Las ondas entrantes y las ondas salientes están situadas en el mismo lateral del sustrato y la superficie reflectante acoplada (16) presenta una orientación paralela a los elementos desacoplados (22) parcialmente reflectante. Por consiguiente, cuando se aplican configuraciones de lentes en esta estructura, esta se puede seguir fabricando con el procedimiento comparativamente sencillo que se ha descrito anteriormente.

(0032) Otra cuestión a tomar en consideración es la apertura de salida del LCE (129) que viene determinada por la apertura de entrada requerida del LOE (20). En la Fig. 14 se expone la apertura de un LOE (20) convencional en el que el elemento de acoplamiento es un simple espejo reflectante (16). Como aparece representado, la apertura de entrada viene determinada por los rayos marginales de los dos ángulos de extremo del FOV del sistema. Los rayos (216) y (218) corresponden a los rayos marginales izquierdo y derecho de los ángulos izquierdo y derecho del FOV respectivamente. Sus intersecciones con la superficie inferior (26) del LOE (20) determinan la apertura de entrada  $S_{in1}$  del LOE.

(0033) En la Fig. 15 aparece representada la apertura de entrada requerida para un LOE en el que el elemento de acoplamiento sea un divisor de haz polarizador (206) como el que viene descrito arriba en relación con la Fig. 12. A partir de este momento, los dos rayos marginales (216) y (218) tienen que atravesar un grosor  $T$  adicional del LOE antes de reflejarse de vuelta en la superficie (210) y el trayecto óptico requerido previo al impacto en el elemento de acoplamiento es más largo que antes. Por lo tanto, la apertura de entrada requerida  $S_{in2}$  es mayor que antes. La diferencia entre  $S_{in1}$  y  $S_{in2}$  depende de varios parámetros del sistema óptico. Por ejemplo, en un sistema con un FOV horizontal de 24 grados, un grosor de lámina de 2,5 mm. y un índice de refracción de 1,51 la diferencia entre  $S_{in1}$  y  $S_{in2}$  es de 1 mm.

(0034) En la Fig. 16 se expone un método para reducir considerablemente la apertura de entrada requerida. En vez de usar la superficie reflectante plana (210) de la Fig. 15, se coloca una lente convexa plana (220) detrás del retardador (208). Ahora, con la finalidad de acoplar ondas colimadas en el interior del LOE, las ondas (130) que entran en el LOE por la superficie inferior (26) deben divergir. Estas ondas divergentes se coliman en la lente (220) y por reflexión fuera de la superficie reflectante posterior (222) de la lente. Estas ondas quedan atrapadas después en el interior del LOE de un modo similar al método expuesto arriba en relación con la Fig. 12. Como viene descrito previamente, el retardador (208) se puede unir o laminar en la superficie frontal plana (224) de la lente (100). Como aparece representada en la Fig. 17, la apertura de entrada  $S_{in3}$  que viene determinada por los dos rayos marginales (216) y (218) es ahora más pequeña que  $S_{in1}$ . Esta apertura es más o menos pequeña que  $S_{in1}$  en función de la potencia óptica de la lente colimante (220). Naturalmente, el módulo óptico que aparece en la Fig. 15 se puede considerar como un caso particular del módulo expuesto en la Fig. 16 en el que la potencia óptica de la lente (220) se ha reducido a cero.

(0035) Al emplear una lente colimante en vez de una superficie reflectante plana, no sólo se logra una apertura de entrada mucho más pequeña, también se consigue que el módulo óptico en conjunto sea mucho más compacto que antes. En la Fig. 18 se expone el diseño óptico íntegro de un ejemplo de sistema en el que se aplica el método descrito arriba. En este sistema, se aprovecha un prisma plegable (228) para acoplar la luz procedente de una fuente de luz de pantalla (112) en el interior del LOE (20). Las ondas entrantes (18) procedentes de la fuente de luz de pantalla (112) se acoplan en el prisma por la primera superficie reflectante (230) y después se desacopla en la segunda superficie reflectante (232) en el interior del LOE donde se coliman y quedan atrapadas en el interior del LOE de la misma manera que viene descrita arriba en relación con la Fig. 16. A partir del momento en el que la lente convergente final esté situada junto al elemento de acoplamiento (206) del LOE (20), el sistema óptico expuesto en la Fig. 18 puede ser aún más compacto que los que se emplean para colimar los módulos que aparecen en las ilustraciones anteriores en relación con las Figs. 1 a 8b.

(0036) En este caso y parecido a lo descrito anteriormente en relación con las Figs. 5 a 8b, el número de elementos que se pueden utilizar en el módulo colimante no está limitado a uno sólo. En la Fig. 19 se muestra un módulo colimante en el que se añade una segunda lente al tren óptico. En este caso, se ha añadido un prisma complementario (233) al sustrato (228) en el que las dos superficies principales (234) y (235) del sustrato combinado (236) son paralelas. Por lo tanto, en vez de usar un simple espejo reflectante, se inserta un divisor de haz polarizador de rejilla de alambre (237) entre el sustrato (228) y el prisma (233) en el que el eje principal de la rejilla está girado a 90° en comparación con el de la Fig. 1. Esto último significa que el divisor de haz polarizador está orientado para reflejar la polarización en  $p$  y transmitir la polarización en  $s$ . Como aparece ilustrado, la onda entrante (18) polarizada en  $s$  pasa por el primer divisor de haz polarizador (237) y el segmento derecho del LOE (20). Luego, se refleja, converge parcialmente y cambia su luz a una polarización en  $p$  en el retardador (208) y en la primera lente (238) con una superficie reflectante posterior (239). Luego, se refleja en el primer divisor de haz polarizador (237), en la superficie superior (234) del prisma y después en el segundo divisor de haz polarizador (232). A continuación, pasa por el divisor de haz polarizador (206), luego se refleja con una luz totalmente colimada y una polarización



que ha vuelto a cambiar a s en el retardador (208) y en la segunda lente (220). La onda se queda entonces atrapada en el interior del LOE de la misma manera que aparece descrita anteriormente en relación con la Fig. 16.

(0037) Como se ha descrito anteriormente en relación con la Fig. 1, en la configuración que aparece en la Fig. 19, el retardador (208) y la superficie frontal de las lentes reflectantes (220) y (238) también se pueden unir para crear un único elemento. No obstante, resultaría ventajoso aglutinar todos los diversos componentes del LCE entre sí, es decir, unir el sustrato (234), el retardador (208) y las lentes (220) y (238) al LOE (20) para formar un único elemento compacto con un módulo mecánico mucho más simple.

(0038) En la Fig. 20 se muestra un módulo en el que la superficie superior (234) del sustrato (236) está unida por su plano de interfaz (240) a la superficie inferior (26) del LOE (20) y en el que el retardador (208), que ya se ha pegado previamente a las lentes (220) y (238), también se une por su plano de interfaz (242) a la superficie superior (27) del LOE (20). El problema más importante que reviste la configuración propuesta reside en el hecho de que el procedimiento de pegado elimina las cámaras de aire que existían antes entre el LOE (20) y el sustrato (234) y el retardador (208). Estas cámaras de aire son esenciales para que las ondas entrantes (18) queden atrapadas dentro del sustrato (234) y las ondas salientes (212) en el interior del LOE (20). Como aparece ilustrado en la Fig. 20, las ondas de luz atrapadas (18) se deberían reflejar en los puntos (244) y (246) del plano de interfaz (240) y, asimismo, las ondas de luz atrapadas (212) se deberían reflejar, a su vez, en los puntos (248) y (250) del plano de interfaz (242). Por consiguiente, se debería aplicar en estos planos un revestimiento reflectante apropiado ya sea en las superficies principales (26) y (27) del LOE (20) ya sea en la superficie superior (236) del sustrato (236) y retardador (208). Sin embargo, no resulta fácil aplicar un revestimiento reflectante simple ya que estas superficies deberían ser también transparentes para las ondas de luz que entran y salen del LOE (20) en los puntos (252) del ejemplo mencionado. Las ondas de luz deberían pasar a través de los planos (240) y (242) por los ángulos de incidencia pequeños y reflejarse por los ángulos de incidencia de mayor amplitud. En el ejemplo expuesto, los ángulos de incidencia de paso oscilan entre los 0° y los 15° y los ángulos de incidencia de reflexión entre los 50° y los 80°.

(0039) En las Figs. 21 y 22 aparecen representadas en relación con las polarizaciones en s y en p las curvas de reflectancia como funciones de los ángulos de incidencia para las tres longitudes de onda representativas en la región fototópica: 460 nm., 550 nm. y 640 nm. Como se expone en la Fig. 21, es posible alcanzar el comportamiento deseado de alta reflectancia (> 95%) en los ángulos de incidencia de mayor amplitud y de baja reflectancia (< 5%) en los ángulos de incidencia pequeños en las ondas de luz polarizadas en s. Sin embargo, tal y como se muestra en la Fig. 22, en la luz polarizada en p resulta imposible lograr una reflectancia elevada en los ángulos de incidencia comprendidos entre los 50° y los 70° debido a su proximidad con el ángulo de Brewster.

(0040) En las Figs. 23a y 23b se exponen dos métodos para resolver este problema. En ambos métodos, las ondas de luz procedentes de la fuente de luz de pantalla presentan una polarización lineal en p y el eje principal de la rejilla está girado a 90° en comparación con el de las Figs. 19 y 20. Esto último implica que el divisor de haz polarizador está orientado para reflejar la luz polarizada en s y transmitir la luz polarizada en p. A partir de este momento, las ondas reflejadas que impactan en los puntos (244) y (246) están polarizadas en s y se puede lograr la reflectancia requerida. En la Fig. 23a se expone un método en el que se inserta un retardador (254) de cuarto de onda entre la superficie reflectante (232) y el sustrato (236). En este caso, cuando la onda de luz pasa dos veces por la lámina (254) y se refleja desde la superficie (232), la polarización de la onda de luz está girada y las ondas de luz que ahora están polarizadas en p se acoplan en el interior del LOE (20) de la misma manera a la descrita anteriormente en relación con la Fig. 19. En la Fig. 23b se expone un método en el que se inserta el retardador (256) de media onda entre la superficie superior (234) del sustrato (236) y la superficie inferior (26) del LOE (20). En este caso, cuando la onda de luz pasa por la lámina (256), la polarización de la onda de luz está girada y las ondas de luz que ahora están polarizadas en p se acoplan en el interior del LOE.

(0041) Una dificultad todavía presente en las configuraciones que aparecen ilustradas en las Figs. 23a y 23b reside en el hecho de que el LOE, al igual que el sustrato (236), están formados por varios componentes diferentes. Desde que se ha incorporado habitualmente el proceso de pegado de elementos ópticos en el procedimiento de fabricación y desde que los revestimientos reflectantes con sensibilidad angular requeridos se aplican a la superficie del sustrato sólo una vez que las estructuras del LOE (20) y del sustrato (234) estén completas, resulta imposible utilizar los procedimientos convencionales de revestimiento en caliente ya que dañarían las zonas pegadas. Las novedosas tecnologías de película delgada así como los procedimientos de revestimiento asistido mediante haz de iones se pueden aplicar también en los procedimientos en frío. En este sentido, al eliminar la necesidad de calentar las piezas, se pueden recubrir de un modo seguro los componentes pegados entre sí. No obstante, en la Fig. 24 se muestra un método alternativo. En este método, se colocan las láminas transparentes (258) y (260) en los planos de interfaz (240) y (242) respectivamente. A partir de su colocación, se puede aplicar el revestimiento requerido en las superficies externas de dichos sustratos empleando simplemente procedimientos convencionales de revestimiento en caliente y pegando las piezas en los sitios apropiados. En el caso del sustrato inferior (258), se puede aplicar el revestimiento en la superficie inferior (262), la superficie superior (264) o incluso en ambas superficies. En el caso del sustrato superior (260), la superficie más conveniente es la inferior (266) adyacente al LOE.

(0042) Hasta la fecha, se había asumido el hecho de que la fuente de luz de pantalla presentaba una polarización lineal. Sin embargo, existen sistemas ópticos, como los OLED, en los que la fuente de luz de pantalla no está polarizada y juega un papel importante la máxima eficacia posible. En estos casos, se pueden separar las ondas de luz entrantes de la fuente de luz de pantalla para crear dos imágenes por separado.

(0043) En la Fig. 25 se expone un dispositivo óptico en el que se incorpora un segundo LCE (270) al LCE (129) que aparece ilustrado en la Fig. 1. En vez de emplear un simple espejo reflectante (116), se inserta un divisor de haz polarizador de rejilla de alambre (272) entre los LCE (129) y (270). Como aparece representado, mientras que las ondas de luz entrantes polarizadas en s se reflejan y coliman de la misma manera que la descrita en relación con la Fig. 1, la onda entrante polarizada en p (274) pasa por el primer divisor de haz polarizador (272), se refleja, converge y cambia su polarización a s en el retardador (278) y en una segunda lente convergente (280) que cuenta con una superficie reflectante posterior (282). Luego, se refleja en el primer divisor de haz polarizador (272), en la superficie superior (284) del LCE (270) y, finalmente, en la superficie reflectante (285).

(0044) El principal inconveniente de la forma de ejecución que aparece en la Fig. 25 reside en el hecho de que las distancias focales de las lentes convergentes (124) y (280) no pueden ser iguales pero las imágenes procedentes de los LCE (129) y (270) son diferentes. En la Fig. 26 se muestra una configuración modificada en la que se emplean dos lentes convergentes diferentes en el LCE (270). La potencia global de la combinación de las lentes (286) y (288) se ha concebido de tal modo que equivale a la del elemento óptico reflectante (124). Por consiguiente, las imágenes de ambos LCE pueden ser ahora idénticas. En la Fig. 27 se muestra una modificación diferente a la disposición que aparece en la Fig. 25. En este caso, se sustituyen las lentes convergentes (124) y (280) por dos superficies reflectantes simples (292) y (294) respectivamente. Junto a la superficie superior principal, se colocan dos lentes colimantes idénticas (296) y (298) con la finalidad de obtener un sistema óptico con dos imágenes idénticas (300L) y (300R) respectivamente.

(0045) En la Fig. 28 se muestra un sistema óptico en el que las dos imágenes (300L) y (300R) procedentes de los LCE (129) y (270) se acoplan respectivamente en el interior de dos LOE diferentes, el (20L) y el (20R). Tal y como aparece representado, las imágenes (300L) y (300R) están polarizadas en p y s respectivamente. Esto último puede resultar un defecto en aquellos sistemas en los que se requiera una polarización similar de ambas imágenes.

(0046) En la Fig. 29 aparece representado un sistema óptico en el que se inserta un retardador (301) de media onda entre el LCE izquierdo (129) y el LOE derecho (20L) para crear dos imágenes idénticas, (300L) y (300R), con polarización lineal en s.

(0047) En la Fig. 30 se expone otra versión modificada de la disposición de doble imagen. En esta versión, se insertan los LOE entre dos lentes colimantes idénticas (302L) y (302R) y dos retardadores de cuarto de onda (304L) y (304R) en los que las ondas de luz de las imágenes se han colimado y acoplado en el interior de los LOE de la misma manera que viene descrita anteriormente en relación con la Fig. 16. En este método de acoplamiento, recomendamos que las ondas de luz entrantes en los LOE estén polarizadas en p. Por consiguiente, el retardador (301) de media onda está ahora insertado entre el LCE derecho (272) y el LOE derecho (20R) con la finalidad de crear las ondas entrantes (300L) y (300R) idénticas y con polarización lineal en p. Como aparece representado en la Fig. 31, esta disposición óptica se puede montar en una montura de gafas (305) con el objetivo de crear un dispositivo óptico en el que se proyecta la misma imagen en ambos ojos (24L) y (24R) empleando una sola fuente de luz de pantalla (112) situada entre los dos cristales. Por lo general, el puente de una montura de gafas convencional suele estar situado a unos pocos milímetros por encima de los ojos.

(0048) En la Fig. 32 se expone un método para insertar adecuadamente las imágenes en los ojos del usuario. En este método, el centro de la fuente de luz de pantalla (112) está situado ligeramente por encima de los centros de las lentes colimantes (302L) y (302R) emplazadas a unos pocos milímetros por encima de los centros de los ojos (24L) y (24R). Como resultado, las imágenes se proyectan en el interior de los ojos en los que los ejes principales de dichas imágenes están inclinados a unos pocos grados por encima del horizonte. Tal y como aparece representado en las Figs. 31 y 32, el módulo óptico que se puede añadir a cualquier montura de gafas convencional puede ser muy compacto y ligero evitando así molestias al usuario.

(0049) En todos los sistemas ópticos descritos anteriormente en relación con las Figs. 25 a 32, los LCE coliman las ondas de luz sin polarizar. No obstante, también se pueden emplear como fuente de luz de pantalla micropantallas del tipo LCD o LCOS en las que la luz que emerge presenta una polarización lineal. Esto último se puede hacer si se gira a 45° la polarización lineal de las ondas de luz de la fuente de luz de pantalla o convirtiendo dicha polarización lineal a circular.

(0050) En todos los sistemas ópticos descritos anteriormente en relación con las Figs. 1 a 32, el LCE funciona como un colimador, es decir, se enfoca al infinito una imagen real procedente de la fuente de luz de pantalla. Además, el propósito principal de materializar el LCE era el de crear unas ondas de luz colimantes como ondas de entrada para un sistema óptico basado en un LOE. Por supuesto, un dispositivo de LCE se puede utilizar para diferentes funciones ópticas y muchas otras aplicaciones, es decir, el LCE puede enfocar una imagen a una distancia distinta del infinito y se puede insertar en otros sistemas en los que se desee un buen rendimiento y se persiga un sistema compacto y ligero.

(0051) En la Fig. 33 se muestra un sistema óptico en el que el LCE funciona como una lente de enfoque para una cámara. En este sistema, el componente polarizado en p de la onda entrante (306) procedente de una escena externa pasa por la superficie superior (307) del LCE (129) y el divisor de haz polarizador (308). Luego, se refleja, converge y cambia la polarización de su luz a s en el retardador (310) y en la lente de enfoque (312) que cuenta con

una superficie reflectante posterior (314). A continuación, se refleja en el divisor de haz polarizado (308), en la superficie inferior (316) del LCE (129) y, después, en la superficie reflectante (318). La onda de luz convergente abandona el LCE por la superficie inferior (318) y luego se enfoca en el interior del plano detector (320). A este dispositivo se le puede añadir un mecanismo de foco permitiendo la traslación lateral de la cámara o de la lente de enfoque a lo largo del eje z con respecto al plano inferior (316).

(0052) Para los expertos en la materia resulta obvio que no nos limitemos en la presente invención a describir los detalles de las formas de ejecución expuestas anteriormente y que evidentemente dicha invención se puede plasmar en la realidad de otros modos específicos sin diferir de los atributos esenciales de la misma. Por lo tanto, las presentes formas de ejecución se deben considerar únicamente a título ilustrativo sin carácter restringido en todos los sentidos. Asimismo, el alcance de la presente invención viene indicado por las Reivindicaciones anexas en vez de por la Descripción precedente y, por consiguiente, todas las modificaciones que se introduzcan en el significado y margen de equivalencia de las Reivindicaciones están destinadas a su correspondiente inclusión en dichas Reivindicaciones.

(0053) Un sistema óptico está compuesto por:

Un sustrato que cuenta como mínimo con una superficie principal y bordes  
 Un elemento óptico para acoplar la luz dentro del mencionado sustrato por efecto de la reflexión interna total  
 Como mínimo, una superficie reflectante que descansa sobre dicho sustrato  
 Como mínimo, un retardador y  
 Se caracteriza por contar como mínimo con un elemento óptico reflectante,  
 en el que el retardador mencionado está situado entre, al menos, una parte de la superficie principal del sustrato y dicho elemento óptico reflectante.

Es recomendable que en el sistema óptico no esté paralela la superficie reflectante referida a cualquiera de los bordes del sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico el sustrato transmisor de luz señalado no disponga más de una segunda superficie principal.

Es recomendable que en el sistema óptico sean paralelas las dos superficies principales citadas.

Es recomendable que el sistema óptico siga contando con una fuente de luz de pantalla.

Es recomendable que en el sistema óptico genere dicha fuente de luz de pantalla unas ondas de luz de imagen que se acoplen en el mencionado elemento óptico dentro del referido sustrato por efecto de la reflexión interna total.

Es recomendable que en el sistema óptico las ondas de luz mencionadas presenten una polarización lineal.

Es recomendable que en el sistema óptico las ondas de luz mencionadas estén sin polarizar.

Es recomendable que en el sistema óptico esté colocada la fuente de luz de pantalla referida en una posición adyacente a una de las superficies principales del sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico se desacoplen las ondas de luz citadas del mencionado sustrato en la superficie reflectante señalada.

Es recomendable que en el sistema óptico el retardador indicado sea una lámina de cuarto de onda.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico reflectante citado sea una lente de imagen.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico reflectante mencionado incluya dos superficies, la primera de las cuales, deberá ser transparente y la segunda deberá ir revestida con un material reflectante.

Es recomendable que en el sistema óptico esté posicionado el retardador entre la primera superficie transparente mencionada y una de las superficies principales del sustrato citado.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico mencionado para acoplar la luz dentro del referido sustrato sea una superficie reflectante que se haya insertado en dicho sustrato.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico referido para acoplar la luz dentro del mencionado sustrato sea un divisor de haz polarizador.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico citado para acoplar la luz dentro del mencionado sustrato sea un divisor de haz polarizador de rejilla de alambre.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico citado para acoplar la luz refleje una luz polarizada en s y transmita una luz polarizada en p.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico citado para acoplar la luz refleje una luz polarizada en p y transmita una luz polarizada en s.

Es recomendable que en el sistema óptico la superficie reflectante mencionada que descansa sobre el citado sustrato sea un divisor de haz polarizador.

Es recomendable que en el sistema óptico la superficie reflectante mencionada que descansa sobre el citado sustrato sea un divisor de haz polarizador de rejilla de alambre.

Es recomendable que en el sistema óptico la superficie reflectante mencionada que descansa sobre el citado sustrato refleje la luz polarizada en s y transmita la luz polarizada en p.

Es recomendable que en el sistema óptico la superficie reflectante mencionada que descansa sobre el citado sustrato refleje la luz polarizada en p y transmita la luz polarizada en s.

Es recomendable que en el sistema óptico estén posicionados el referido elemento óptico reflectante y el retardador junto al mencionado elemento óptico para acoplar la luz dentro del sustrato indicado.

Es recomendable que en el sistema óptico estén posicionados el referido elemento óptico reflectante y el retardador junto a la mencionada superficie reflectante que descansa sobre el sustrato indicado.

Es recomendable que en el sistema óptico el referido elemento óptico reflectante sea una lente convexa plana.  
Es recomendable que en el sistema óptico vaya sujeto el referido elemento óptico reflectante al dispositivo retardador de cuarto de onda mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico dicho elemento óptico reflectante sea una lente colimante.

5 Es recomendable que en el sistema óptico la fuente de luz de pantalla citada sea un LCD.

Es recomendable que en el sistema óptico la fuente de luz de pantalla mencionada sea un LCOS.

Es recomendable que en el sistema óptico la fuente de luz de pantalla citada sea un OLED.

Es recomendable que en el sistema óptico se incluya una fuente de luz adicional.

10 Es recomendable que en el sistema óptico esté colocada la fuente de luz de pantalla mencionada en una posición adyacente a una de las superficies principales del sustrato indicado.

Es recomendable que en el sistema óptico estén colocadas la fuente de luz y la fuente de luz de pantalla mencionadas en una posición adyacente a la misma superficie principal.

Es recomendable que en el sistema óptico estén colocadas la fuente de luz y la fuente de luz de pantalla mencionadas en una posición adyacente a dos superficies principales opuestas respectivamente.

15 Es recomendable que el sistema óptico incluya adicionalmente una segunda superficie reflectante que descansa sobre el sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico la segunda superficie reflectante mencionada sea paralela al elemento óptico señalado con la finalidad de acoplar la luz en el interior del sustrato referido.

Es recomendable que el sistema óptico incluya adicionalmente un segundo elemento óptico reflectante.

20 Es recomendable que en el sistema óptico esté colocado el segundo elemento óptico reflectante mencionado en una posición adyacente a una de las superficies principales del sustrato.

Es recomendable que en el sistema óptico esté posicionado un retardador entre el segundo elemento óptico reflectante referido y la superficie principal mencionada del sustrato.

25 Es recomendable que en el sistema óptico al menos uno de los elementos ópticos reflectantes mencionados tenga una potencia óptica de cero.

Es recomendable que el sistema óptico incluya adicionalmente un tercer elemento óptico reflectante.

Es recomendable que en el sistema óptico esté colocado el tercer elemento óptico reflectante señalado en una posición adyacente a una de las superficies principales del sustrato.

30 Es recomendable que en el sistema óptico esté posicionado un retardador entre el tercer elemento óptico reflectante señalado y la superficie principal indicada del sustrato.

Es recomendable que el sistema óptico cuente adicionalmente con los siguientes componentes:

Un segundo sustrato transmisor de luz que cuente como mínimo con dos superficies principales paralelas entre sí y dos bordes.

35 Un segundo elemento óptico para acoplar la luz en el interior del sustrato mencionado por efecto de la reflexión interna.

Como mínimo una superficie parcialmente reflectante situada en el interior de dicho sustrato cuya superficie no sea paralela a las superficies principales del segundo sustrato mencionado

40 en las que el segundo sustrato mencionado esté colocado en posición adyacente al primer sustrato referido.

Es recomendable que en el sistema óptico las ondas ópticas que están desacopladas del primer sustrato señalado se acoplen en el segundo elemento óptico referido en el interior del segundo sustrato mencionado por efecto de la reflexión interna total.

45 Es recomendable que en el sistema óptico esté insertado el elemento óptico referido para acoplar la luz en el interior del sustrato transmisor de luz mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico el elemento óptico referido para acoplar la luz sea una superficie reflectante.

Es recomendable que en el sistema óptico el segundo elemento óptico mencionado para acoplar la luz sea un divisor de haz polarizador.

50 Es recomendable que en el sistema óptico el segundo elemento óptico referido para acoplar la luz refleje las ondas polarizadas en s y las transmita polarizadas en p.

Es recomendable que en el sistema óptico el segundo elemento óptico referido para acoplar la luz refleje las ondas polarizadas en p y las transmita polarizadas en s.

55 Es recomendable que en el sistema óptico el segundo elemento óptico referido para acoplar la luz incluya un divisor de haz polarizador de rejilla de alambre.

Es recomendable que en el sistema óptico esté posicionado el segundo sustrato mencionado entre el primer sustrato indicado y el elemento óptico reflectante mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico esté posicionado un retardador entre el segundo sustrato referido y el elemento óptico reflectante citado.

60 Es recomendable que el sistema óptico cuente adicionalmente con un segundo elemento óptico reflectante que esté colocado junto a una de las superficies principales del segundo sustrato mencionado. En el sistema óptico, es aconsejable que las ondas ópticas referidas desacopladas del primer sustrato mencionado y acopladas en el interior del segundo sustrato por efecto de la reflexión interna total estén polarizadas en s.

65 Es recomendable que en el sistema óptico estén alternativamente polarizadas en p las ondas ópticas desacopladas del primer sustrato señalado y acopladas en el interior del segundo sustrato referido por efecto de la reflexión interna.

Es recomendable que en el sistema óptico esté sujeto el retardador citado al sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico estén sujetos los dos sustratos citados.

Es recomendable que en el sistema óptico se aplique un revestimiento angular sensible como mínimo en una de las superficies principales del sustrato o sustratos mencionados.

Es recomendable que en el sistema óptico el revestimiento angular sensible mencionado transmita ondas de luz con ángulos de incidencia de pequeña amplitud y refleje la luz polarizada en s con ángulos de incidencia de gran amplitud.

Es recomendable que el sistema óptico siga estando equipado como mínimo con una lámina transparente posicionada al menos junto a una superficie principal del sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico esté recubierta la lámina transparente mencionada con un revestimiento angular sensible.

Es recomendable que en el sistema óptico se separen las ondas de luz de imagen señaladas para formar dos imágenes en el elemento óptico indicado con la finalidad de acoplar la luz en el interior del sustrato mencionado.

Es recomendable que el sistema óptica siga incluyendo una segunda superficie reflectante que descansa sobre el sustrato referido.

Es recomendable que en el sistema óptico la segunda superficie reflectante indicada sea paralela a la primera superficie reflectante mencionada.

Es recomendable que en el sistema óptico se desacoplen las dos imágenes citadas del sustrato mencionado.

Es recomendable que en el sistema óptico las dos imágenes mencionadas sean idénticas.

Es recomendable que en el sistema óptico las dos imágenes citadas tengan la misma polarización lineal.

Es recomendable que el sistema óptico cuente adicionalmente con los siguientes componentes:

Un tercer sustrato transmisor de luz que dispone de al menos dos superficies principales paralelas entre sí y dos bordes.

Un tercer elemento óptico para acoplar la luz en el interior del sustrato mencionado por efecto de la reflexión interna.

Como mínimo, una superficie parcialmente reflectante situada en el interior de dicho sustrato cuya superficie no sea paralela a las superficies principales del tercer sustrato mencionado en las que dicho tercer sustrato esté colocado en posición adyacente al primer sustrato referido.

Es recomendable que en el dispositivo óptico las ondas de imagen desacopladas del primer sustrato se acoplen en el interior del segundo y tercer sustratos mencionados por efecto de la reflexión interna total.

Es recomendable que el sistema óptico esté insertado en una montura de gafas.

Es recomendable que el sistema óptico esté insertado en un teléfono móvil.

Es recomendable que el sistema óptico esté insertado en un dispositivo de ocio y entretenimiento.

Es recomendable que el sistema óptico sea una lente colimante.

Es recomendable que el sistema óptico sea una lente de enfoque.

Es recomendable que el sistema óptico esté insertado en una cámara.

Es recomendable que en el sistema óptico al menos una superficie del elemento óptico reflectante mencionado sea una superficie esférica.

Es recomendable que en el sistema óptico al menos una superficie del elemento óptico reflectante referido sea una superficie difractiva.

Es recomendable que el sistema óptico cuente adicionalmente con un segundo elemento óptico reflectante que esté posicionado entre la fuente de luz de pantalla y una de las superficies principales del sustrato.

## REIVINDICACIONES

1) Un sistema óptico de imagen que está formado por los siguientes componentes:

- 5 a) Un primer sustrato transmisor de luz (114, 129, 270) que cuenta con al menos una superficie principal (118) y bordes.
- b) Un segundo sustrato transmisor de luz (20, 20L, 20R) que cuenta con al menos dos superficies principales (26) paralelas entre sí y dos bordes.
- 10 c) Como mínimo, una superficie parcialmente reflectante (22) situada en el segundo sustrato transmisor de luz mencionado (20, 20L, 20R) cuya superficie no es paralela a las superficies principales del segundo sustrato transmisor de luz señalado (20, 20L, 20R).
- 15 d) Una fuente de luz de pantalla (112).
- e) Un divisor de haz polarizador (120) como mínimo que descansa sobre el primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270).
- 20 f) Como mínimo un elemento óptico colimador reflectante (124, 302L, 302R).
- g) Como mínimo un retardador de cuarto de onda (122, 304L, 304R).

25 En este sistema óptico, el retardador de cuarto de onda (122, 304L, 304R) está situado entre al menos una parte de la superficie principal (118) del primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270) y el elemento óptico colimador reflectante indicado (124, 302L, 302R) y se caracteriza por el hecho de que el divisor de haz polarizador señalado (120) refleja ondas de luz (18) que se acoplan en el interior del primer sustrato transmisor de luz referido (114, 270), dentro del elemento óptico colimador reflectante señalado (124, 302L, 302R) y en:

- 30 h) Un primer elemento óptico reflectante que descansa sobre el primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270), de tal modo, que las ondas de luz (18) procedentes de la fuente de pantalla referida (112) estén acopladas en el primer elemento óptico reflectante indicado (116, 118) en el interior del primer sustrato transmisor de luz referido (114, 270) por efecto de la reflexión interna total.
- 35 i) Un segundo elemento óptico reflectante para acoplar ondas de luz (130) en el segundo sustrato transmisor de luz mencionado (20, 20L, 20R) por efecto de la reflexión interna total.
- 40 j) El referido segundo sustrato transmisor de luz mencionado (20, 20L, 20R) se ha colocado en una posición adyacente al primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270), de tal modo, que las ondas ópticas de luz (130) desacopladas del primer sustrato transmisor de luz (114, 270) se acoplan en el segundo elemento óptico reflectante indicado (26) en el interior del segundo sustrato transmisor de luz señalado (20, 20L, 20R) por efecto de la reflexión interna total.

45 2) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 en el que el referido divisor de haz polarizador (120) no está paralelo a ninguno de los bordes del primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270).

3) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 en el que las ondas de luz señaladas (18) están acopladas por el elemento colimador reflectante indicado (124, 302L, 302R) fuera del primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270) en el interior del segundo sustrato transmisor de luz indicado (20, 20L, 20R).

4) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 en el que el elemento óptico colimador reflectante señalado (124, 302L, 302R) es una lente de imagen.

55 5) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 4 en el que el elemento óptico colimador reflectante indicado (124, 302L, 302R) incluye dos superficies, la primera (123) de las cuales, es transparente y la segunda (126) está revestida de un material reflectante.

60 6) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 5 en el que el retardador de cuarto de onda mencionado (122, 304L, 304R) está posicionado entre la primera superficie transparente señalada (123) del elemento óptico colimador reflectante indicado (124, 302L, 302R) y la superficie principal (118) del primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270).

7) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 al que se le ha añadido una fuente de luz (140).

65 8) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 en el que el segundo sustrato transmisor de luz señalado (20, 20L, 20R) está posicionado entre el primer sustrato transmisor de luz mencionado (114, 270) y el elemento óptico colimador reflectante señalado (124, 302L, 302R).

- 9) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 8 en el que el retardador de cuarto de onda indicado (122, 304L, 304R) está posicionado entre el segundo sustrato transmisor de luz señalado (20, 20L, 20R) y el elemento óptico colimador reflectante mencionado (124, 302L, 302R).
- 5 10) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 en el que se aplica un revestimiento angular sensible como mínimo a una de las superficies principales del primer y segundo sustratos transmisores de luz mencionados (114, 270, 20, 20L, 20R).
- 10 11) El sistema óptico de imagen conforme a la Reivindicación 1 al que se le ha añadido un elemento óptico (156) posicionado entre la fuente de luz de pantalla referida (112) y una de las superficies principales del primer sustrato transmisor de luz señalado (114, 270) y se utiliza para corregir tanto aberraciones cromáticas como de campo del sistema óptico.

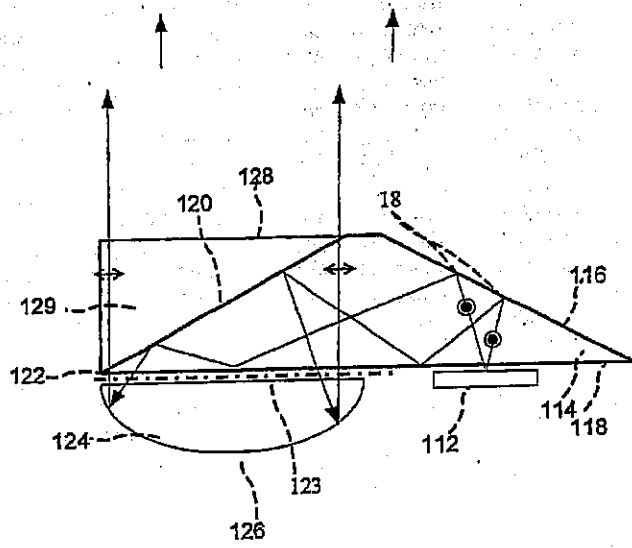


FIG. 1.

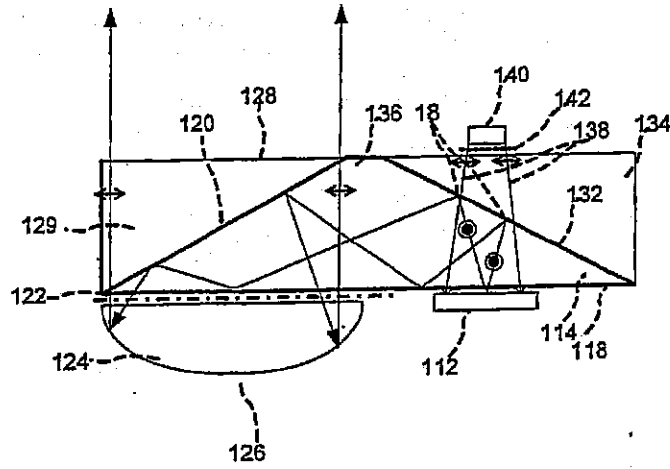


FIG. 2

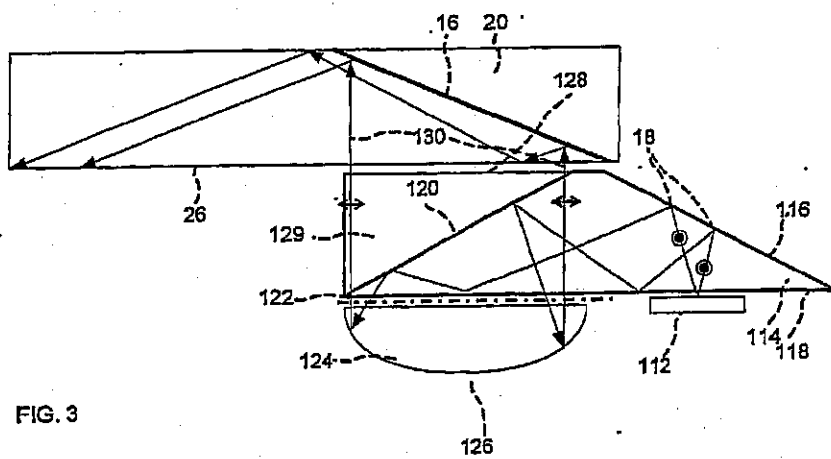


FIG. 3



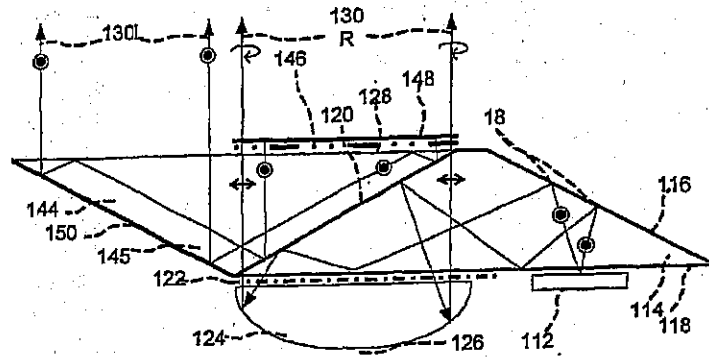


FIG. 4a

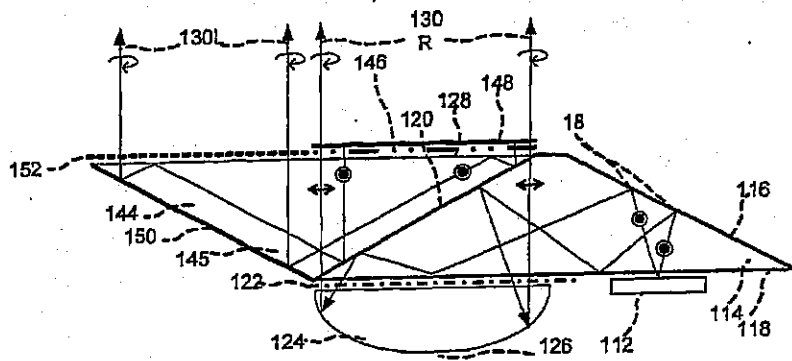


FIG. 4b

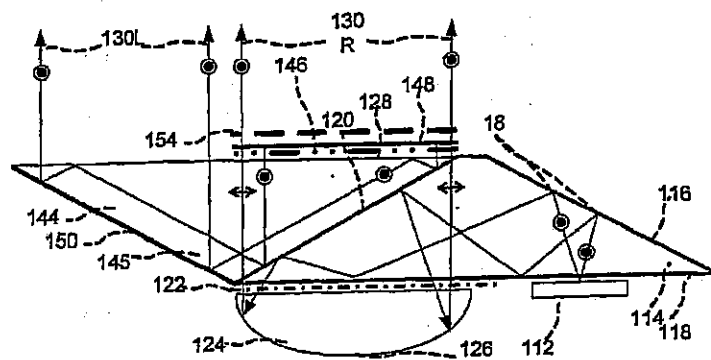


FIG. 4c

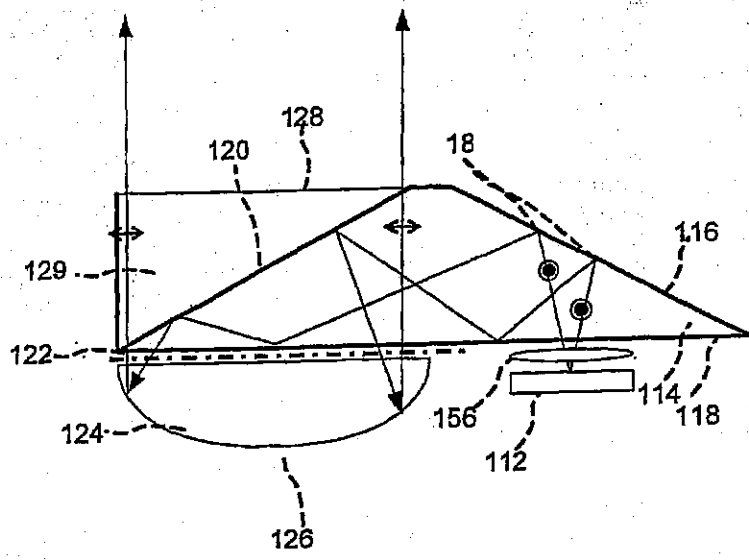


Fig. 5

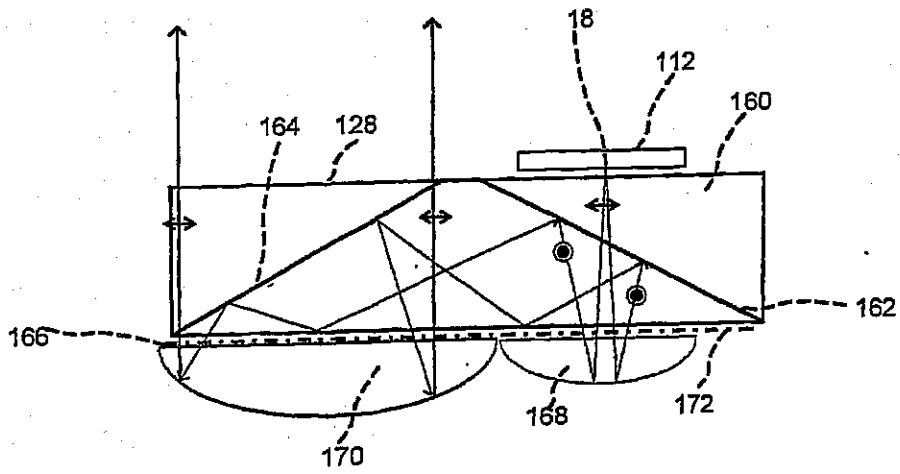


FIG. 6

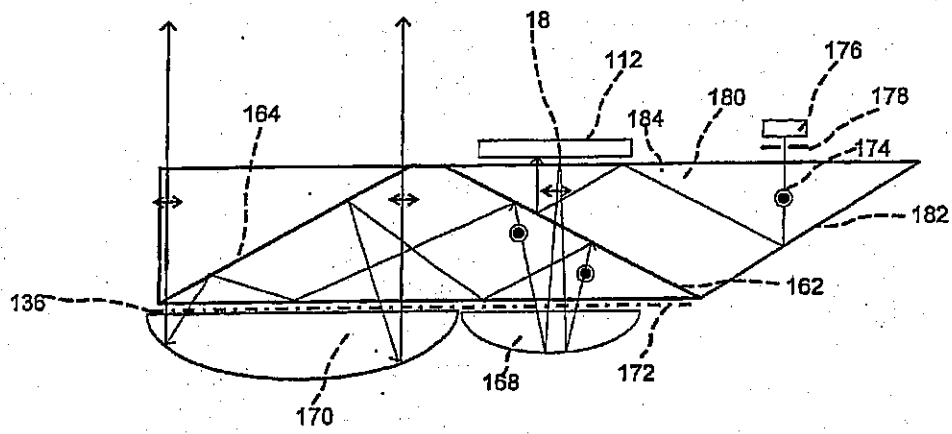


FIG. 7

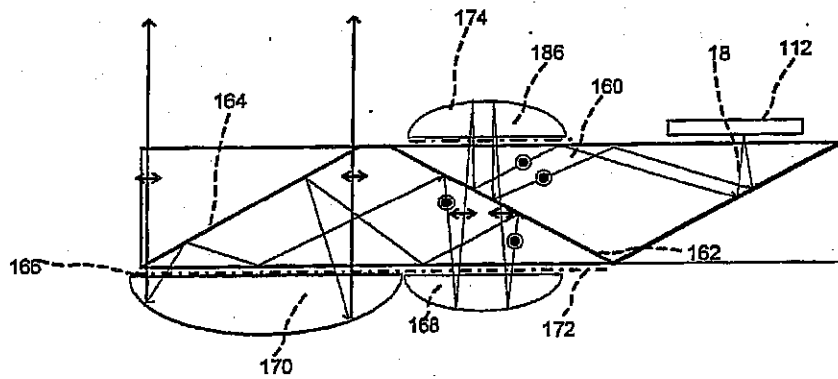


FIG. 8a

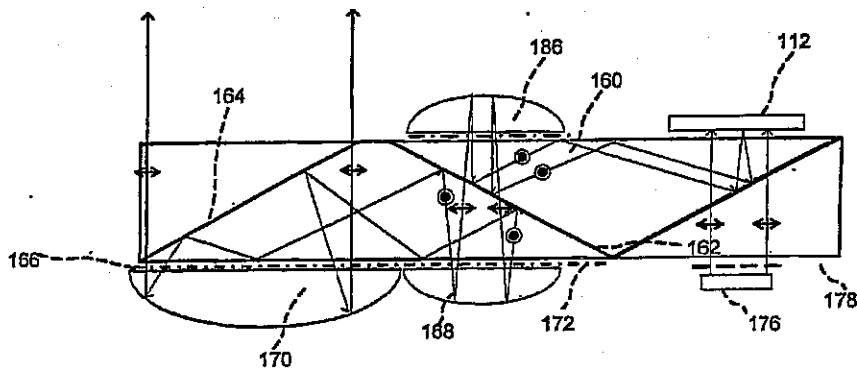


FIG. 8b

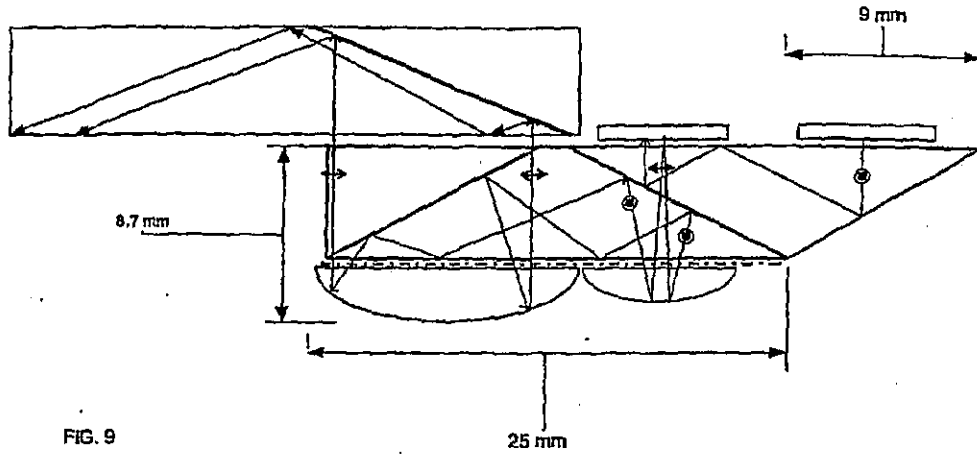


FIG. 9

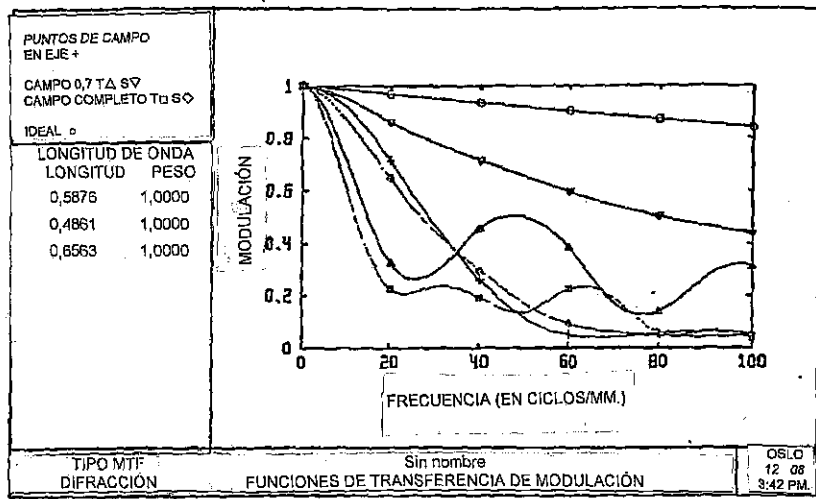


FIG. 10 (Invención Previa)

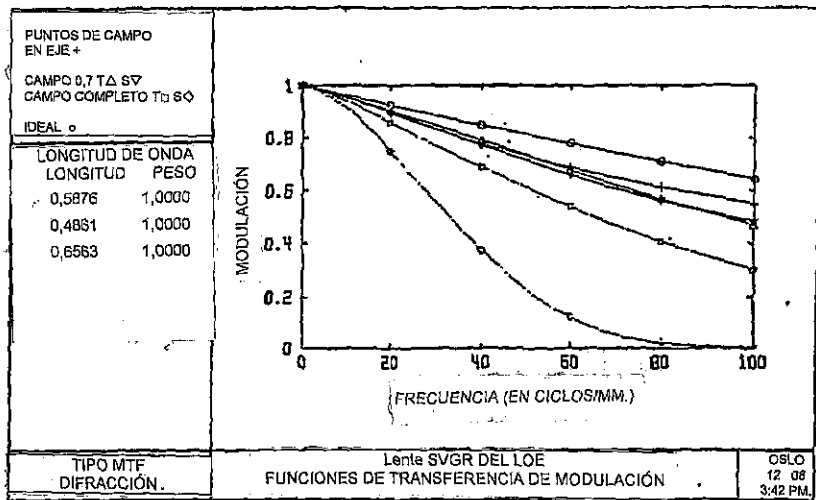


FIG. 11

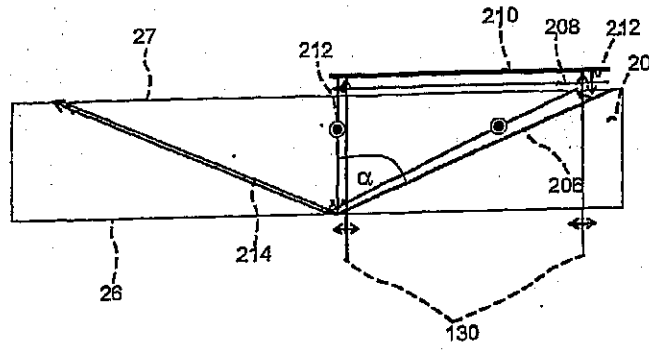


FIG. 12

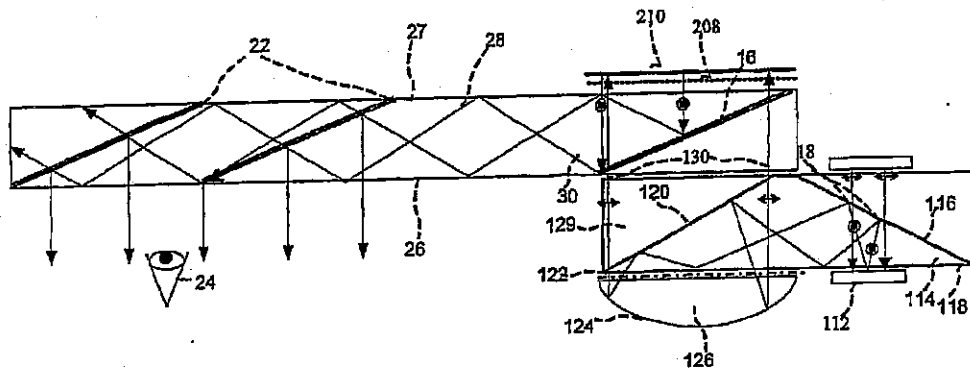


FIG. 13

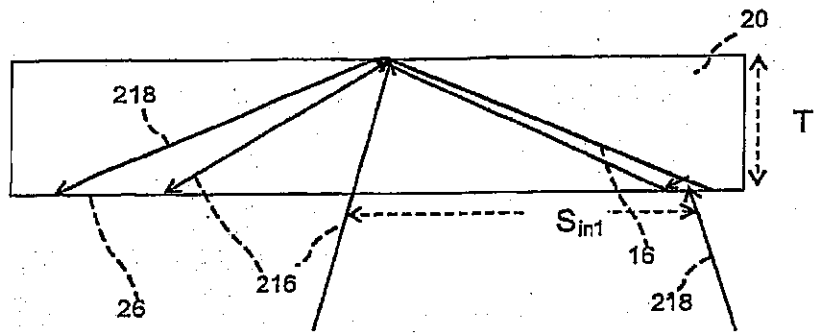


FIG. 14

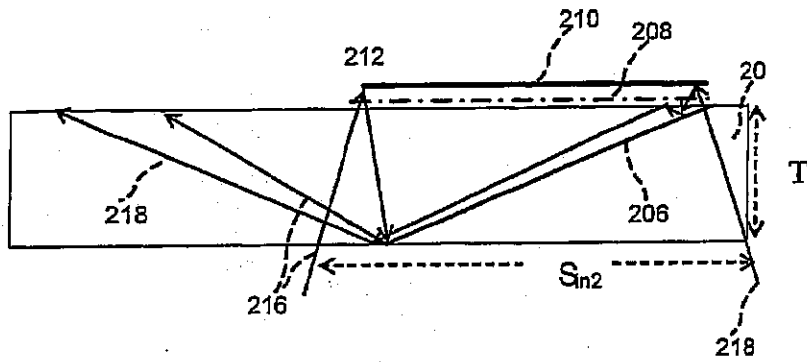


FIG. 15

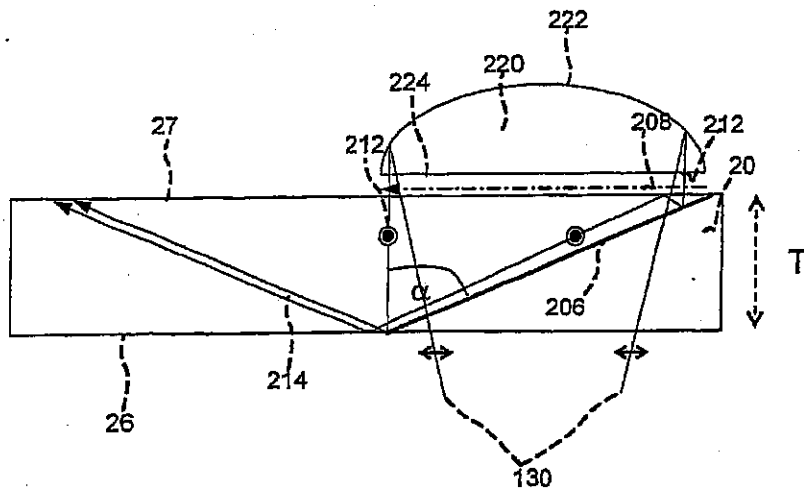


FIG. 16

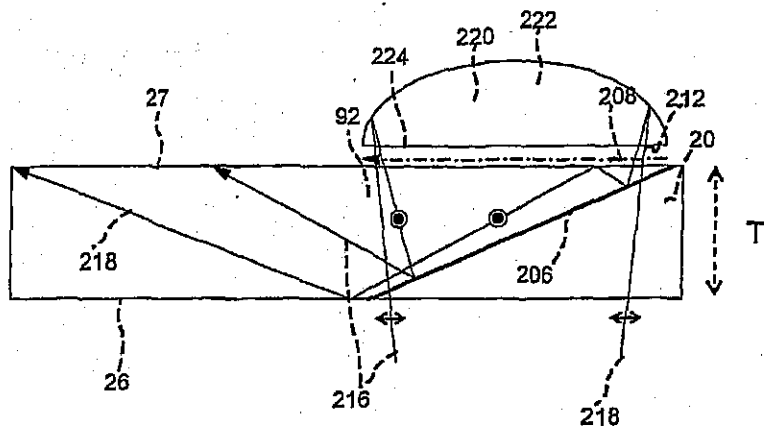


FIG. 17

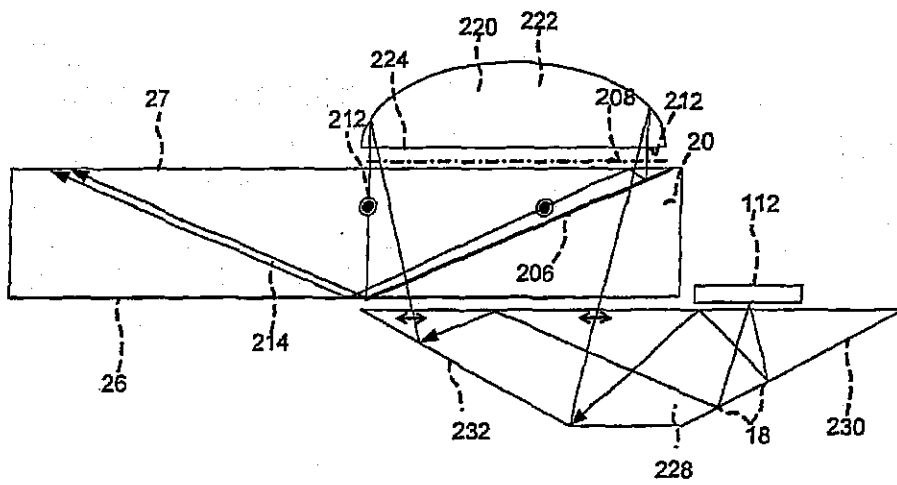


FIG. 18

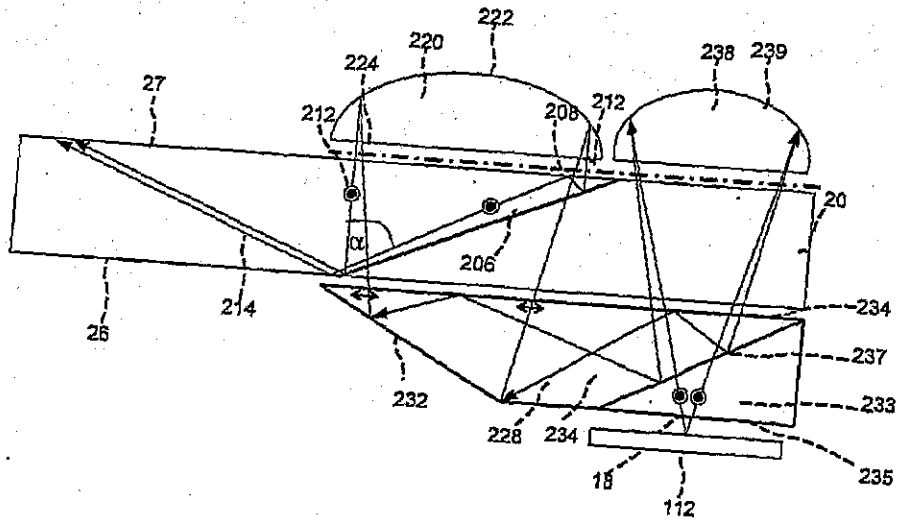


FIG. 19

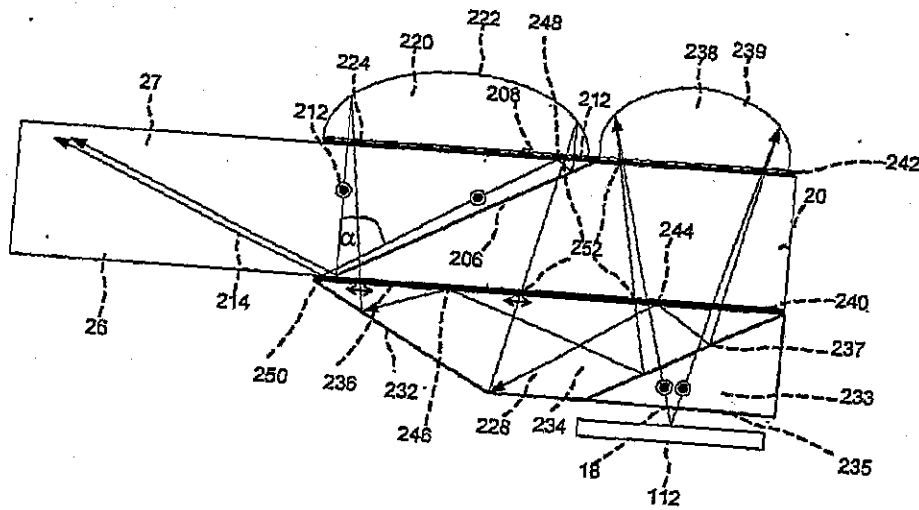


FIG. 20



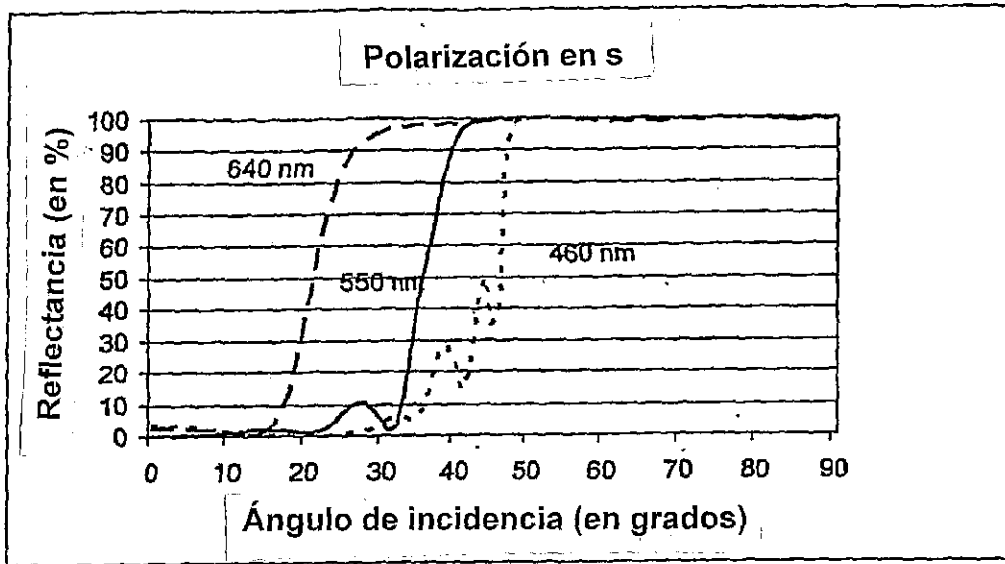


FIG. 21

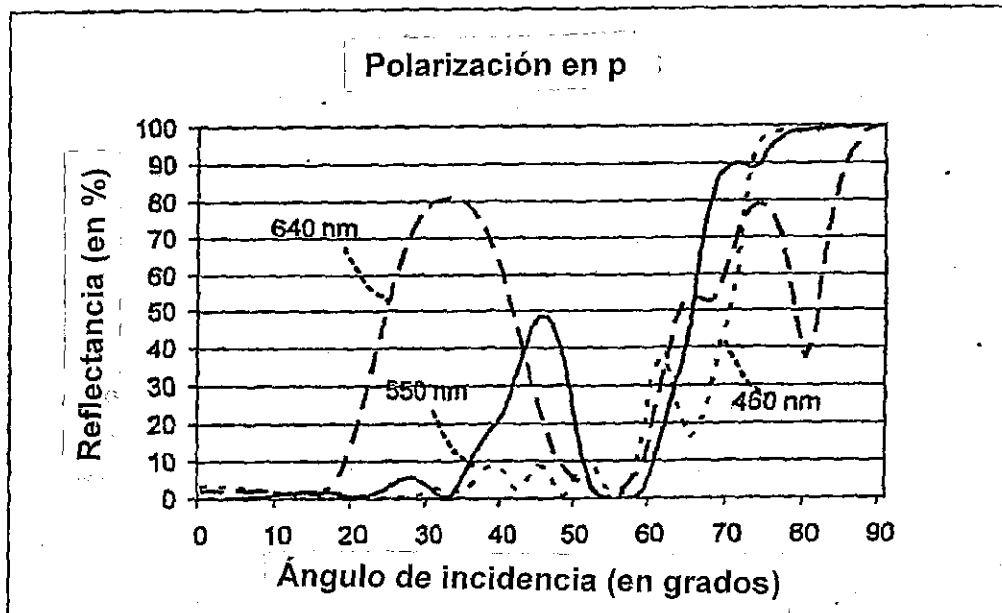


FIG. 22

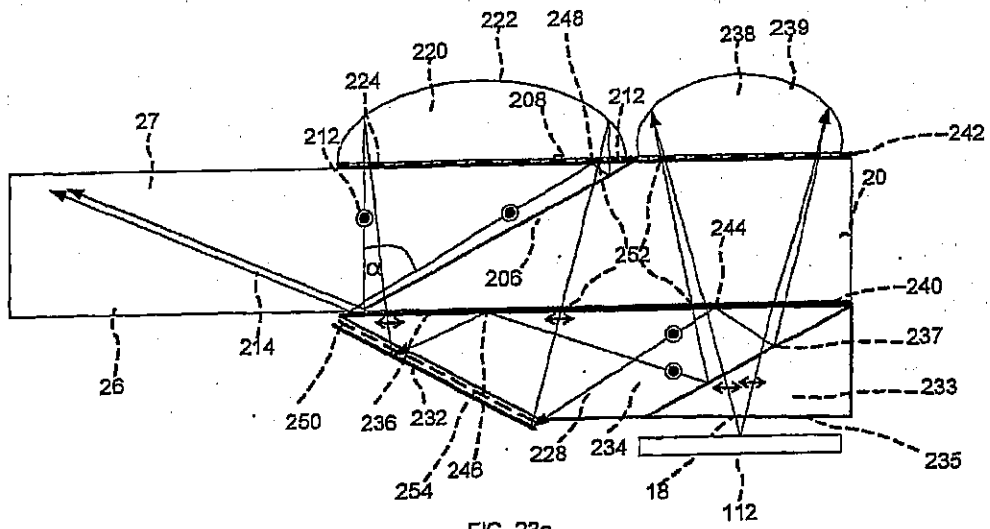


FIG. 23a

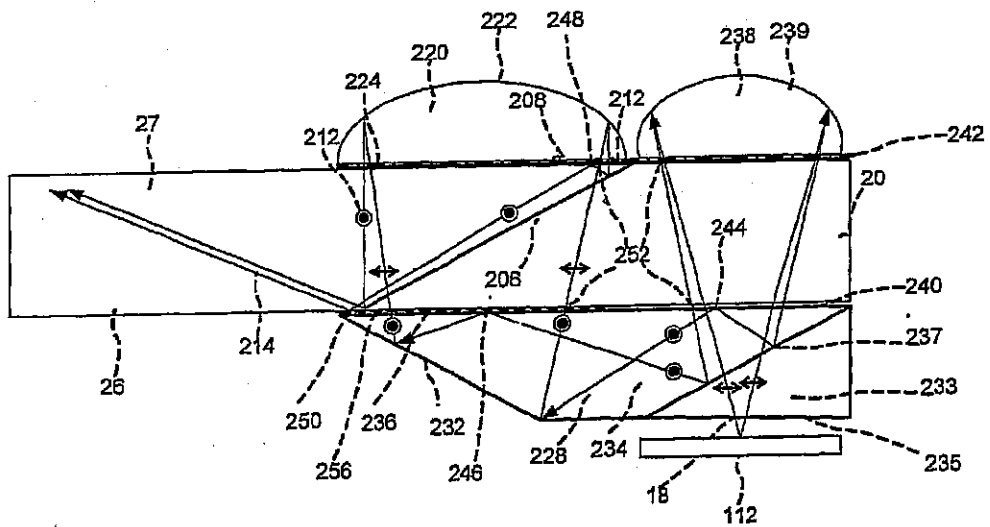


FIG. 23b

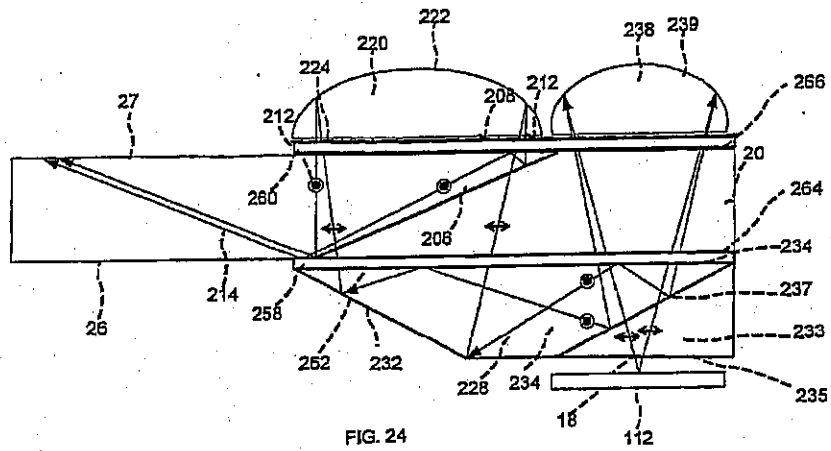


FIG. 24

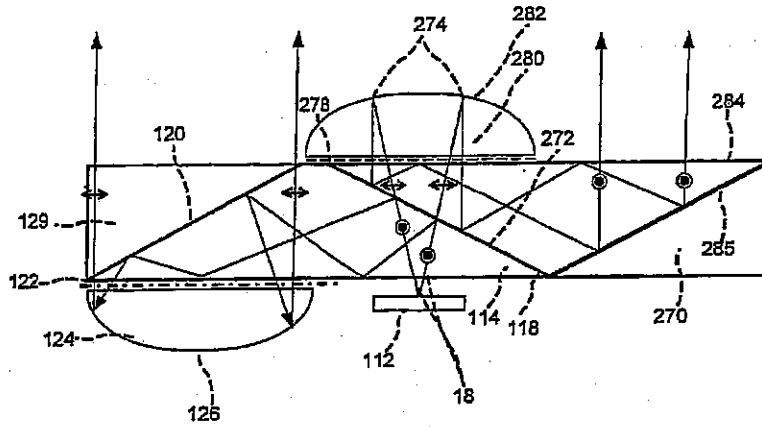


FIG. 25

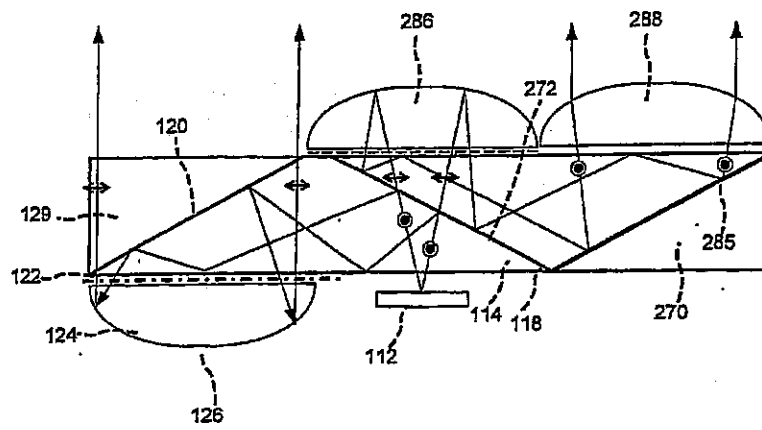


FIG. 26

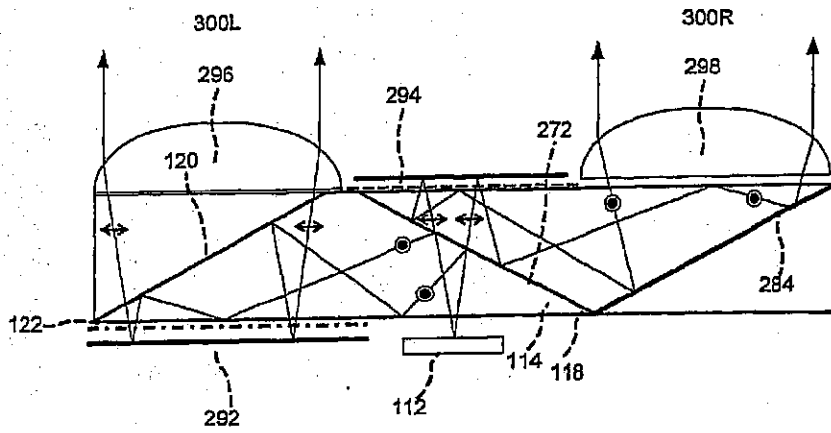


FIG. 27

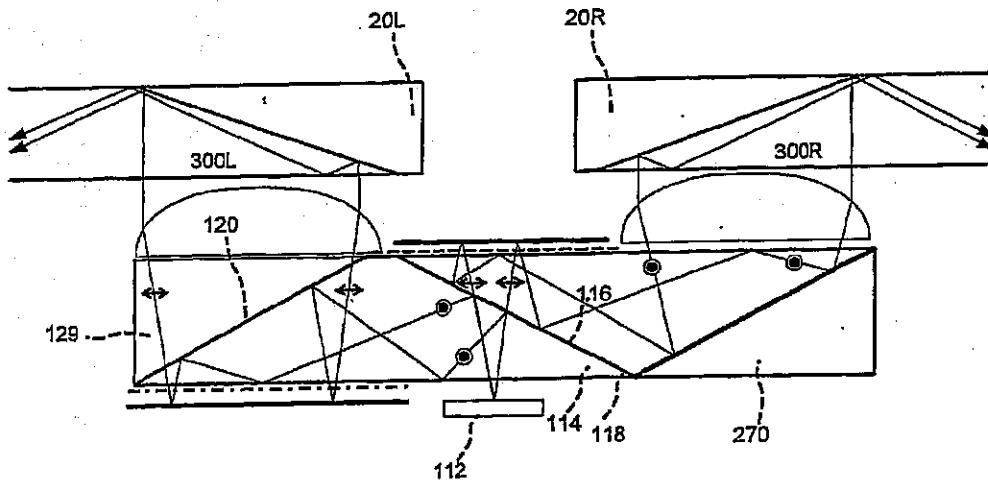


FIG. 28

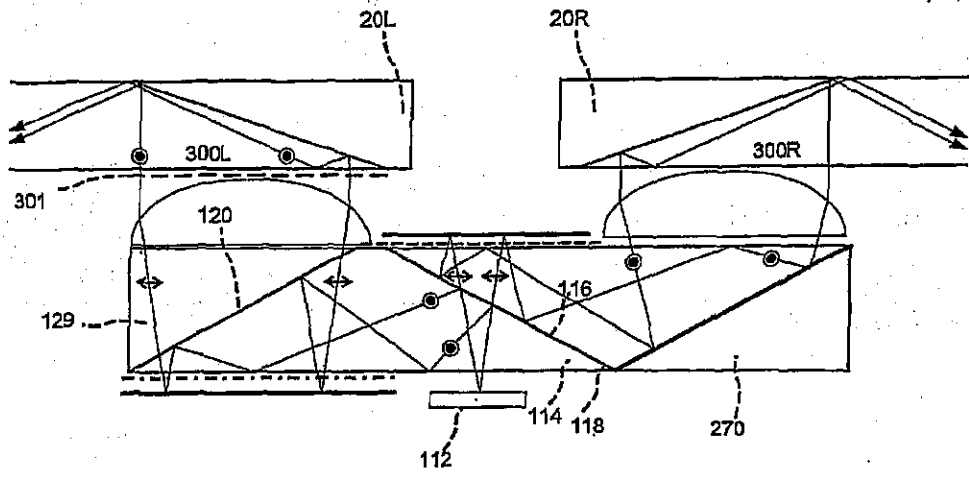


FIG. 29

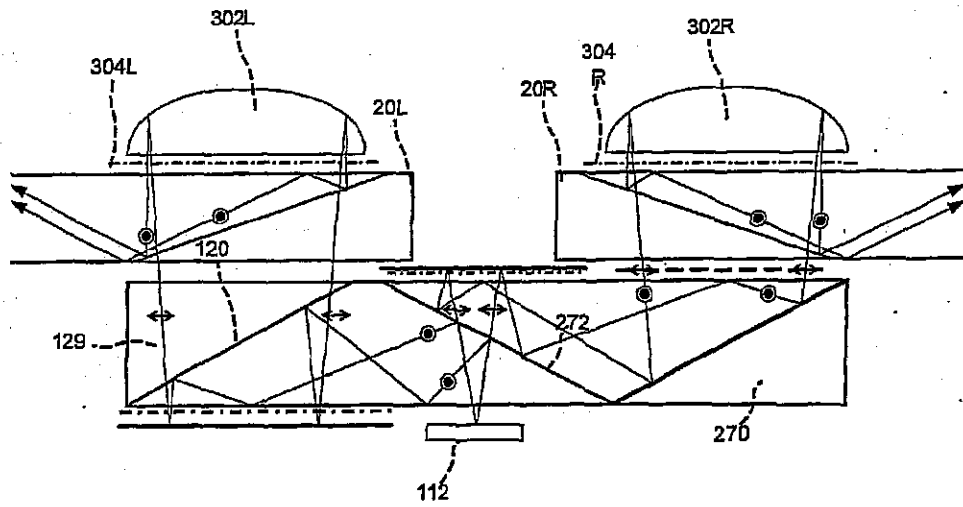


FIG. 30

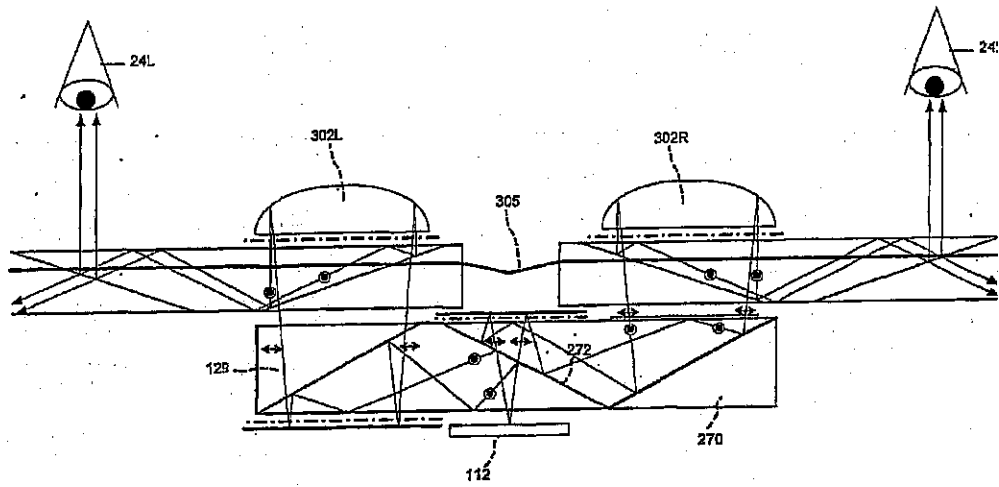


FIG. 31

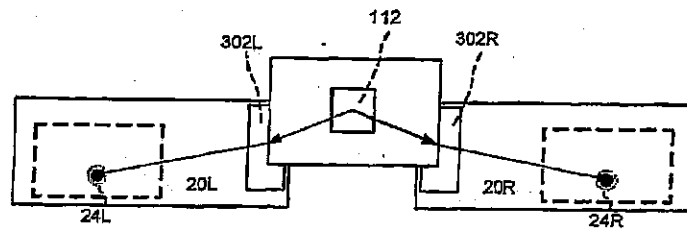


FIG. 32

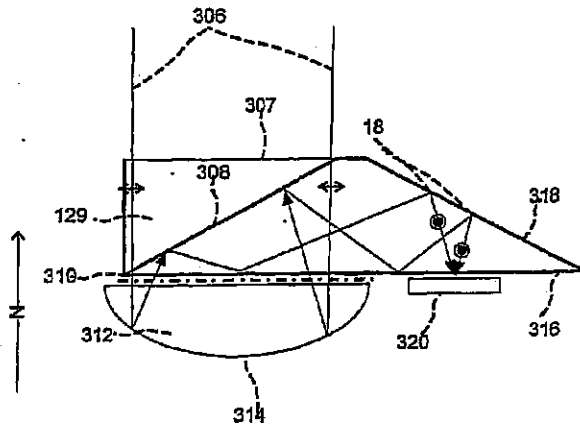


FIG. 33