



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 248**

51 Int. Cl.:
G02B 27/01 (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05717588 .7**
96 Fecha de presentación : **09.02.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1714179**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.10.2006**

54 Título: **Proceso y dispositivo para crear imágenes de retina utilizando la estigmación de dos focos de una dioptría sensiblemente elíptica.**

30 Prioridad: **10.02.2004 FR 04 01311**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.04.2011

73 Titular/es: **LASTER**
1 avenue de la Terrasse
91190 Gif sur Yvette, FR

72 Inventor/es: **Liu, Zile y**
Hamdani, Rachid

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 356 248 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

Proceso y dispositivo para crear imágenes de retina utilizando la estigmatización de dos focos de una dioptría sensiblemente elíptica.

5 La presente invención se refiere a un proceso para la creación de imágenes de retina utilizando la estigmatización de dos focos de una dioptría sensiblemente elíptica.

Tiene más particularmente por objeto resolver los problemas de visión, por la retina de ojo, de realidades virtuales ó de realidades aumentadas.

De una manera general, se sabe que se han hecho numerosos trabajos en el dominio de la fijación de informaciones superpuestas a la visión del ambiente captado por la retina del ojo.

10 Estos procesos, destinados desde los primeros desarrollos en los años 1960 a aplicaciones militares, consisten en proyectar sobre una superficie transparente semireflectiva símbolos e informaciones relacionadas con pilotear aeronaves, es decir en la ocurrencia en una línea de horizonte, informaciones de velocidad, altitud y guía de acercamiento a la pista de aterrizaje. Estos dispositivos, llamados HUD por sus siglas en Inglés (Head-up Display) y que se pueden llamar "simuladores de cabeza levantada", facilitan pilotear aeronaves al permitir una percepción
15 directa del vector de velocidad, de la incidencia y de la pendiente potencial, lo mismo que un horizonte graduado y una pista sintética con las informaciones de posicionamiento del sistema de aterrizaje automático. Esta simbología permite un pilotear intuitivo y preciso de los acercamientos con ó sin visibilidad; esta sin embargo debe ser suficientemente pertinente para no ocultar el campo de visión real.

20 La introducción de estos HUD es hoy efectivo en las cabinas civiles porque permiten esencialmente facilitar el acercamiento y evitan así percepciones erróneas, en acercamientos por vista, de la altura y la trayectoria bajo condiciones atmosféricas particulares.

25 Recientemente, los constructores de automóviles desarrollaron dispositivos de visualización de cabeza levantada directamente sobre el parabrisas del vehículo; en efecto, los tiempos necesarios para el movimiento de los ojos (tiempo de desvío) para visualizar información, agregado a los tiempos de acomodación y lectura del ojo (tiempo de fijación), agregado a los tiempos de retorno (tiempos de desvío) es de 1 segundo dentro del ambiente convencional con tablero de instrumentos; este tiempo es de 0,5 segundos en visión con cabeza levantada; esta reducción del tiempo global de percepción de una información corresponde a un recorrido del vehículo de 8 metros a 60 kilómetros por hora.

30 Estos dispositivos necesitan que la imagen sea proyectada sobre una superficie transparente mediante un aparato óptico, colocado por debajo ó por encima del tablero de instrumentos, que tiene numerosos lentes y espejos. Así, estos dispositivos parecidos a retroproyectores incómodos y necesitan desarrollo en la cabina del piloto.

Otra solución consiste en proyectar la imagen sobre la visera de un casco; Esta solución adoptada por los pilotos de combate permite particularmente visualizar una vista sintética trasera; esta solución ha sido igualmente adoptada por los cirujanos en tanto que ayuda a la conducción de operaciones quirúrgicas, y también por los motociclistas.

35 La solución más ergonómica consiste en proyectar la imagen directamente sobre la retina; esta solución requiere sin embargo tener en cuenta el movimiento del ojo, un tiempo de baja latencia, un campo de visión horizontal y vertical cercano al del ojo y una auto colimación en el infinito de la imagen para permitir la acomodación natural del ojo.

40 Los dispositivos actuales consisten en colocar un módulo óptico, montado sobre un casco, cerca del ojo; el módulo óptico utiliza una fuente del tipo láser ó pantallas de tipo LCD, LCoS ó OLED y arquitecturas ópticas particularmente engorrosas en particular cuando los ángulos del campo de visión propuestos al usuario son altos; estos inconvenientes se aumentan aún más con el campo de visión propuesto al usuario.

Los documentos US 6.252.565 y US 5.384.654 describen estos dispositivos del estado de la técnica.

La invención por lo tanto tiene por objetivo en particular suprimir estos inconvenientes.

45 Al usar una dioptría sensiblemente elíptica que tiene una superficie semi reflectiva, la invención propone a este efecto:

- Posicionar en la vecindad de un primer foco (F) de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E):

- Un foco llamado “fuente” constituido por el diafragma con una cámara entenoipeica que forma un punto de convergencia de una imagen generada por una pantalla luminosa, ó por una fuente luminosa, ó
 - Una pantalla luminosa en donde cada punto objeto genera un haz primeramente convergente antes de su reflexión sobre la superficie semireflexiva de dicha dioptría sensiblemente elíptica, luego paralela en la vecindad de la pupila del ojo,
- 5
- Posicionar en la vecindad del segundo foco (F') de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E), un foco llamado “imagen” constituido por la pupila ó el centro del ojo (OE) del observador,
 - Proyectar cerca de la retina del ojo del observador la imagen generada por dicha pantalla luminosa ó por dicha fuente luminosa, y reflejarla en la superficie semireflexiva de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E).
- 10
- De una manera más precisa, en lo que se refiere al uso de una pantalla luminosa, una óptica genera, por cada punto fuente, un haz primeramente convergente antes de su reflexión sobre la superficie semireflexiva. Después de la reflexión, los rayos de luz que contienen la imagen invertida emitida por la pantalla llegan luego colimados en la vecindad del segundo foco de dicha dioptría sensiblemente elíptica.
- 15
- La utilización de una dioptría sensiblemente elíptica permite además reducir el diámetro del conjunto de haces luminosos que constituyen la imagen en la vecindad del foco llamado “fuente” donde está colocada la fuente y por lo tanto las dimensiones de los elementos ópticos en la vecindad de la pantalla luminosa, cuando se busca un campo de visión elevado con una colimación de los haces luminosos en la vecindad de la pupila del ojo.
- 20
- De otro lado, en lo que se refiere a la utilización de una cámara estenoipeica, entre los rayos luminosos emitidos por la pantalla luminosa, solos pueden atravesar la cámara estenoipeica situada en la vecindad del primer foco, los rayos de luz comprendidos dentro de los conos en donde las cimas se sitúan sobre la pantalla luminosa y se apoyan alrededor de la cámara estenoipeica; el conjunto de estos rayos luminosos constituyen una imagen invertida de aquella generada por la pantalla luminosa; la dimensión de cada punto imagen está determinada, por un lado, por la dimensión de la cámara estenoipeica y, por otro lado, por las distancias que separan la pantalla luminosa de la cámara estenoipeica y la distancia que separa el plano que contiene la imagen y la cámara estenoipeica.
- 25
- Así, los rayos luminosos que contienen la imagen invertida emitida por la pantalla son enseguida reflejados por la superficie semireflexiva de la dioptría sensiblemente elíptica y luego enfocados en la vecindad del segundo foco de dicha dioptría sensiblemente elíptica teniendo en cuenta la existencia el estigma absoluto entre dos puntos particulares que constituyen los focos de la elipse.
- 30
- De otro lado, la pupila del ojo situada en la vecindad del segundo foco, considerada como asimilada a un diafragma ó cámara estenoipeica, está a su vez atravesada por una imagen emitida de dichos rayos luminosos reflejados, dicha imagen se lleva hasta la retina del ojo.
- Debe notarse que el ojo por un lado y la pantalla luminosa asociada a su cámara estenoipeica por otro lado, constituyen dos cámaras negras en donde las “pupilas” están conjugadas en los dos focos de la elipse que constituye la superficie semireflexiva de la dioptría sensiblemente elíptica.
- 35
- Varios modos de ejecución de la invención serán descritos ahora, a título ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:
- la figura 1 es una representación esquemática del principio teórico del dispositivo según la invención,
 - la figura 2 es una representación esquemática de una primera realización del dispositivo,
 - la figura 3 es una representación esquemática de una segunda realización del dispositivo,
- 40
- la figura 4 es una representación esquemática de una tercera realización del dispositivo,
 - la figura 5 es una modelización del recorrido de los haces luminosos dentro del dispositivo,
 - la figura 6 es un ejemplo numérico de la variación de la “semi cuerdas” en función del ángulo de apertura de la fuente luminosa,
- 45
- la figura 7 es una representación esquemática de la ruta de los haces luminosos que permite visualizar la resolución óptica del dispositivo,

- la figura 8 es un ejemplo numérico de la variación de la resolución óptica en función del ángulo de dirección del haz emitido por la fuente luminosa,
 - la figura 9 representa la distorsión óptica generada por el dispositivo,
- 5
- la figura 10 es una representación esquemática de una configuración que permite la paralelización de los haces a la entrada del ojo,
 - la figura 11 es una representación esquemática de una primera solución que permite la corrección de la distorsión óptica,
 - la figura 12 es una representación esquemática de una realización relacionada con la primera solución que corrige la aberraciones ópticas particularmente aquellas ligadas a la distorsión, mediante un primer punto de campo,
- 10
- la figura 13 es una representación esquemática de una realización relacionada con la primera solución que corrige la aberraciones ópticas particularmente aquellas ligadas a la distorsión, mediante un segundo punto de campo,
 - la figura 14 es una representación esquemática de una segunda solución que permite corregir la aberraciones ópticas particularmente aquellas ligadas a la distorsión,
- 15
- las figuras 15 y 16 representan de manera esquemática otras realizaciones que permiten obtener rayos paralelos a la entrada del ojo y una corrección de las aberraciones ópticas
 - la figura 17 es un arreglo del dispositivo según la invención según las realizaciones representadas en las figuras 15 y 16, y
 - las figuras 18 y 19, representan esquemáticamente un desarrollo posible de las realizaciones citadas antes, que permite realizar un sistema de visualización más completo.
- 20
- En el ejemplo representado en la figura 1, el dispositivo 1 según la invención está constituido por:
- una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O,
 - dos cámaras negras CN, CN' en donde las pupilas están situadas respectivamente en la vecindad de los focos F, F'.
- 25
- Así, los haces, emitidos desde la cámara negra CN, atraviesan la pupila de dicha cámara negra CN, luego se reflejan sobre la pared cóncava de la dioptría óptica para llegar a la cámara negra CN' después de haber atravesado la pupila de dicha cámara negra CN'; tres rayos simbolizan la trayectoria de dichos haces, a saber:
- el rayo $AM_A A'$ emitido desde el punto fuente A de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto imagen A' de la cámara negra CN',
- 30
- el rayo $BM_B B'$ emitido desde el punto fuente B de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto imagen B' de la cámara negra CN',
 - el rayo $CM_C C'$ emitido desde el punto fuente C de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_C sobre la elipse para llegar al punto imagen C' de la cámara negra CN'.
- En el ejemplo representado en la figura 2, el dispositivo según la invención está constituido por:
- 35
- una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O,
 - una cámara negra CN, en donde la pupila están situada en la vecindad del foco F,
 - un ojo OE, representado esquemáticamente por un círculo y cuya pupila está situada en la vecindad del foco F'.
- 40
- Esta configuración constituye una primera realización del dispositivo según la invención. En efecto, los haces, emitidos desde la cámara negra CN, atraviesan la pupila de dicha cámara negra CN, luego se reflejan sobre la pared

cóncava de la dioptría óptica para llegar a la retina del ojo OE después de haber atravesado la pupila de dicho ojo OE; tres rayos simbolizan la trayectoria de dichos haces, a saber:

- el rayo $AM_A A'$ emitido desde el punto fuente A de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto imagen A' de la retina del ojo OE,

5 - el rayo $BM_B B'$ emitido desde el punto fuente B de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto imagen B' de la retina del ojo OE,

- el rayo $CM_C C'$ emitido desde el punto fuente C de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_C sobre la elipse para llegar al punto imagen C' de la retina del ojo OE.

10 Se puede constatar que esta primera configuración autoriza un campo de visión importante; esta necesita sin embargo que el ojo esté fijo con respecto a la dioptría sensiblemente elíptica.

En el ejemplo representado en la figura 3, el dispositivo 1 según la invención está constituido por:

- una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O,

- una cámara negra CN, en donde la pupila están situada en la vecindad del foco F,

15 - un ojo OE, representado esquemáticamente por un círculo y cuyo centro está situado en la vecindad del foco F'.

Esta configuración constituye una segunda realización del dispositivo según la invención. En efecto, los haces, emitidos desde la cámara negra CN, atraviesan la pupila de dicha cámara negra CN, luego se reflejan sobre la pared cóncava de la dioptría óptica para llegar a la retina del ojo OE después de haber atravesado la pupila de dicho ojo OE; tres rayos simbolizan la trayectoria de dichos haces, a saber:

20 - el rayo $AM_A A'$ emitido desde el punto fuente A de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto imagen A' de la retina del ojo OE,

- el rayo $BM_B B'$ emitido desde el punto fuente B de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto imagen B' de la retina del ojo OE,

25 - el rayo $CM_C C'$ emitido desde el punto fuente C de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_C sobre la elipse para llegar al punto imagen C' de la retina del ojo OE.

Se puede constatar que esta segunda configuración no permite un campo de visión importante, dado que el campo percibido está limitado por el diámetro de la pupila del ojo; esta autoriza sin embargo la exploración del campo mediante el giro del ojo.

En el ejemplo representado en la figura 4, el dispositivo 1 según la invención está constituido por:

30 - una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O,

- un láser LA que emite un haz luminoso colimado, de orientación variable, en donde el centro de deflexión está situado en la vecindad del foco F,

- un ojo OE, representado esquemáticamente por un círculo y cuya pupila está situada en la vecindad del foco F'.

35 Esta configuración constituye una tercera realización del dispositivo según la invención. En efecto, los haces, emitidos desde el láser LA, son deflectados a la vecindad del foco F, luego se reflejan sobre la pared cóncava de la dioptría óptica para llegar a la retina del ojo OE después de haber atravesado la pupila de dicho ojo OE; tres rayos simbolizan la trayectoria de dichos haces, a saber:

40 - el rayo $FM_A A'$ emitido desde el láser LA, que se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto imagen A' de la retina del ojo OE,

- el rayo $FM_B B'$ emitido desde el láser LA, que se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto imagen B' de la retina del ojo OE,

- el rayo FM_cC' emitido desde el laser LA, que se refleja en la vecindad del punto M_c sobre la elipse para llegar al punto imagen C' de la retina del ojo OE.

Se puede constatar que la imagen portada por la exploración del haz luminoso colimado emitido desde el láser A, está "inscrito" sobre la retina del ojo OE.

5 De una manera más precisa, el dicho haz luminoso colimado posee un cierto diámetro; por consecuencia, los rayos marginales, paralelos al rayo principal convergen después de la reflexión sobre la dioptría sensiblemente elíptica en la vecindad de la pupila; así el haz recibido por el ojo será ligeramente divergente en la vecindad de la retina, causando una visión por dicho ojo no conforme a la percepción de un objeto colocado en el infinito.

10 Así, una divergencia del haz captada por la retina de 1 mrad crea la ilusión de un punto fuente de 4 mm situado a 4 metros.

En cuanto al campo de visión del dispositivo según esta tercera realización, este está en función de la apertura de la exploración del haz luminoso colimado. De una manera general, se puede representar la estructura de propagación de los rayos, descritos antes, emitidos desde el foco F, reflejándose sobre la elipse E y llegando al foco F' , en una forma lineal.

15 En el ejemplo representado en la figura 5, la propagación de los rayos está simbolizada por un eje de propagación Δ'' que contiene los focos F, F' ; la porción de elipse E que refleja los rayos está simbolizada por un segmento de recta L perpendicular al eje de propagación Δ'' y situado entre los focos F, F' .

20 En el caso de un píxel dado de una pantalla colocada en la vecindad del foco F (foco fuente), dos rayos emitidos desde la extremidad A, B, de un píxel dado, se sitúan a una distancia D dada aguas arriba del foco F. Estos rayos emitidos desde la extremidad A, B, de un píxel, pasan por el foco F, y enseguida son reflejados por la elipse E, simbolizada por el segmento de recta L, respectivamente en la vecindad de los puntos M_A , M_B , luego pasan por el foco F' , situado a una distancia D' del segmento de recta L, para llegar a dos puntos "imágenes" A' , B' . Así, el ángulo $d\alpha'$ en la cima F' , contenida entre las dos rectas M_AA' y M_BB' es función de la distancia entre los dos puntos M_A y M_B y de la distancia D' que separa el segmento de recta L y el foco F' ; además, la distancia entre los puntos M_A y M_B es función de la distancia que separa los dos puntos A y B y la distancia D que separa los puntos A y B y el foco F:

- sea $d\alpha$ el ángulo en la cima F, entre las dos rectas M_AA y M_BB ,
- sea dy la distancia entre los dos puntos fuente A, B,
- sea D la distancia que separa los puntos fuente A, B del foco F,
- sea D' la distancia que separa el segmento de recta L del foco F' ,
- 30 - sea $d\alpha'$ el ángulo en la cima F' , entre las dos rectas M_AA' y M_BB' ,

considerando los dos puntos fuente A, B como el largo de un píxel elemental de una pantalla matricial lumina,

- el ángulo de apertura $d\alpha$ de un píxel está dado por la relación:

$$\tan d\alpha \approx d\alpha = dy/D$$

- el ángulo $d\alpha'$ bajo el cual el ojo ve el píxel está dado por la relación:

35 $\tan d\alpha' \approx d\alpha' = dy'/D'$

A título de ejemplo numérico, un píxel de $25\mu\text{m}$ de diámetro, colocado a una distancia D de 50 mm del foco F corresponde a un ángulo de apertura de alrededor de 0,5 miliradianes; este valor es aproximado a la agudeza visual, cerca de 0,3 miliradianes, lo que permite discernir un objeto de 1 mm a una distancia de 4 metros.

- un semi eje mayor de longitud a colineal con el eje Δ ,

40 - un semi eje menor de longitud b colineal con el eje Δ' ,

- la abscisa de los focos f , F' sobre el eje Δ respectivamente c y $-c$.

Además:

- sea i un punto fuente cualquiera, el rayo correspondiente que pasa por el foco F será reflejado en la dioptría sensiblemente elíptica en el punto M_i ; luego pasa por el foco F' para dar un punto imagen intermedio i' ,

5 - sea α el ángulo, dicho "ángulo de dirección", que hace la recta que pasa por los puntos i y F con el eje mayor Δ de la elipse E ,

- sea FM_i la longitud de la primera semicuerda,

- sea M_iF' la longitud de la segunda semicuerda.

Las longitudes de las semicuerdas FM_i y M_iF' están definidas por las siguientes relaciones:

$$10 \quad FM_i = \frac{b^2|c|\sqrt{(1 + \tan^2 \alpha)} \pm ab^2(1 + \tan^2 \alpha)}{(b^2 + a^2 \tan^2 \alpha)} \quad \left(-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}\right)$$

$$M_iF' = 2a - \frac{b^2|c|\sqrt{(1 + \tan^2 \alpha)} \pm ab^2(1 + \tan^2 \alpha)}{(b^2 + a^2 \tan^2 \alpha)} \quad \left(-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}\right)$$

El ángulo de dirección α puede variar entre 0 a $\pi/2$; las longitudes de las semicuerdas FM_i y M_iF' varían en consecuencia, su suma $FM_i + M_iF'$ permanece constante, e igual a $2a$.

A título de ejemplo, se supondrá que:

- 15 - $a = 30,46$ mm,
 - $b = 28$ mm,
 - $c = 12$ mm
 - la excentricidad de la elipse, sea $e = c/a = 0,39$,
 - α varía entre 0 a $\pi/2$,

20 La longitud de la semicuerda FM_i varía desde 42,46 mm a 25,74 mm, y la longitud de la semicuerda M_iF' varía desde 18,46 mm a 35,18 mm.

La figura 6 representa las variaciones de dichas semicuerdas FM_i y M_iF' . En el ejemplo representado en la figura 7, el dispositivo 1 según la invención está constituido por:

- 25 - una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O , y sus dos focos F , F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O ,
 - una cámara negra CN , en donde la pupila están situada en la vecindad del foco F ,
 - un ojo OE , representado esquemáticamente por un círculo y cuya pupila está situada en la vecindad del foco F' .

30 Los haces, emitidos desde la cámara negra CN , atraviesan la pupila de dicha cámara negra CN , luego se reflejan sobre la pared cóncava de la dioptría óptica para llegar a la retina del ojo OE después de haber atravesado la pupila de dicho ojo OE ; seis rayos simbolizan la trayectoria de dichos haces, a saber:

- el rayo $A_1M_{A_1}A_1'$ emitido desde el punto fuente A_1 de la cámara negra CN , que se refleja en la vecindad del punto M_{A_1} sobre la elipse para llegar al punto imagen A_1' de la retina del ojo OE ,

- el rayo $A_2M_{A_2}A_2'$ emitido desde el punto fuente A_2 de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_{A_2} sobre la elipse para llegar al punto imagen A_2' de la retina del ojo OE,

- el rayo $B_1M_{B_1}B_1'$ emitido desde el punto fuente B_1 de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_{B_1} sobre la elipse para llegar al punto imagen B_1' de la retina del ojo OE,

5 - el rayo $B_2M_{B_2}B_2'$ emitido desde el punto fuente B_2 de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_{B_2} sobre la elipse para llegar al punto imagen B_2' de la retina del ojo OE,

- el rayo $C_1M_{C_1}C_1'$ emitido desde el punto fuente C_1 de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_{C_1} sobre la elipse para llegar al punto imagen C_1' de la retina del ojo OE,

10 - el rayo $C_2M_{C_2}C_2'$ emitido desde el punto fuente C_2 de la cámara negra CN, que se refleja en la vecindad del punto M_{C_2} sobre la elipse para llegar al punto imagen C_2' de la retina del ojo OE.

Sea:

- A_1A_2 la longitud del píxel A,

- B_1B_2 la longitud del píxel B,

- C_1C_2 la longitud del píxel C,

15 - $d\alpha$ el ángulo de apertura del píxel correspondiente,

- α el ángulo de dirección correspondiente a los rayos asociados con dicho píxel.

Así el ángulo $d\alpha'$ visto desde el ojo por la pupila situada en la cercanía del foco F' será función del ángulo de dirección α ; el ángulo $d\alpha'$ disminuye cuando α varía entre 0 y $\pi/2$.

20 A partir del ejemplo numérico citado antes, se constata que para α comprendido entre 0° y 20° , cada píxel puede ser visto por el ojo como un punto de 1 mm de radio situado a una distancia de 1 metro ($d\alpha' = 1$ miliradián).

Para α superior a 20° , cada píxel puede ser visto por el ojo como un punto de radio inferior a 1 mm situado a una distancia de 1 metro ($d\alpha' < 1$ miliradián).

25 La figura 8 representa la variación del ángulo $d\alpha'$, expresada en radianes, en función del ángulo de dirección α , expresado en grados, en el caso de un haz luminoso colimado de $25 \mu\text{m}$ de diámetro (curva de trazo lleno), y en el caso de una cámara estenopéica de $25 \mu\text{m}$ de diámetro (curva de trazo punteado).

El campo de visión autorizado por la dioptría sensiblemente elíptica es teóricamente 180° ; sin embargo, este campo de visión está limitado, por un lado, por la pupila del ojo y, por otro lado, por la armonía de los componentes que constituyen el dispositivo.

30 Se sabe, además, que el campo de visión horizontal del ojo es de 120° aproximadamente; en cuanto al campo de visión vertical del ojo, este está en cerca de 60° .

Así como fue descrito antes, el campo de visión puede llegar a 60° con una resolución inferior a 1 miliradián, el ángulo de dirección debe ser superior a 20° .

El ángulo de apertura $d\alpha$ de un píxel está dado por la relación:

$$\tan d\alpha \approx d\alpha = dy/D$$

35 El ángulo $d\alpha'$ bajo el cual el ojo ve el píxel está dado por la relación:

$$\tan d\alpha' \approx d\alpha' = dy'/D'$$

Se puede constatar que la proporción $d\alpha'/d\alpha$ no es constante en función del ángulo de dirección α ; además, esta proporción es mayor a 1; en otros términos, la dioptría sensiblemente elíptica provoca un efecto de crecimiento variable en función del ángulo de dirección.

5 Esto es representado por la figura 9 donde se indica la variación de la proporción $d\alpha'/d\alpha$; el ángulo de dirección α varía entre 0 y $\pi/2$, la proporción $d\alpha'/d\alpha$ varía entre 2,7 a 1,4.

En consecuencia, los píxeles situados en el borde de la pantalla luminosa parecerán más grandes que aquellos situados al centro de dicha pantalla luminosa; se trata de la ocurrencia de un efecto de distorsión provocado por la dioptría sensiblemente elíptica.

Varias soluciones se visualizan:

10 - la compresión de la imagen fuente de acuerdo con una función matemática recíproca con la ayuda de un proceso informático,

- la inclinación de la imagen fuente de manera que los píxeles situado en el borda sean vistos bajo un ángulo menor que para aquellos situados en la extremidad opuesta,

15 - la implantación de un sistema óptico que genera una aberración de distorsión inversa, de manera que se compense la distorsión provocada por la dioptría sensiblemente elíptica.

Además, se constata que los rayos luminosos que atraviesan la pupila del ojo no son rigurosamente paralelos; una ligera convergencia en el ejemplo numérico citado antes, está en la vecindad de 0,5 miliradianes; esto tiene como efecto fatigar el ojo durante una observación prolongada sabiendo que la acomodación natural del ojo se efectúa mediante un objeto situado en el infinito.

20 Según la invención, una configuración óptica consistente en generar para cada punto objeto un haz más grande constituido por rayos cuyo ángulo de dirección es tal que los rayos convergen en un punto único, luego son reflejados sobre la dioptría sensiblemente elíptica E antes de llegar en rayos paralelos a la vecindad del segundo foco F'.

25 Esta configuración permite, por un lado, menor fatiga del ojo, y por otro lado, mejorar el contraste dado que a cada punto objeto corresponde n un rayo único sino una porción de rayo más grande.

En el ejemplo representado en la figura 10, el dispositivo 1 según la invención está constituido por una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , por un lado y otro de su centro O.

30 La cámara negra y el ojo están dispuestos de una manera idéntica a aquella propuesta en las configuraciones precedentes, pero no están representadas.

tres rayos simbolizan la trayectoria del haz asociado a un punto fuente, estos son emitidos desde tres puntos A, B, C, situados sobre un eje Δ'' , perpendicular al eje Δ y pasan por el primer foco F:

- el rayo $AM_A A'$ emitido desde el punto A, se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto A' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F',

35 - el rayo $BM_B B'$ emitido desde el punto B, se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto B' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F',

- el rayo $CM_C C'$ emitido desde el punto C, se refleja en la vecindad del punto M_C sobre la elipse para llegar al punto C' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F'.

40 Se podrá notar que los tres rayos reflejados $M_A A'$, $M_B B'$, $M_C C'$ son paralelos, lo que autoriza el desplazamiento de la pupila del ojo sin pérdida del campo de visión.

Este resultado es obtenido haciendo converger los tres rayos incidentes AM_A , BM_B , CM_C en un mismo punto I situado dentro del espacio definido por la recta Δ'' y la elipse E.

45 Así, haciendo converger cada punto fuente de la pantalla luminosa sobre puntos de convergencia siguiendo una cierta curva, se realiza de cualquier forma una "distorsión inversa" de los puntos fuente a aquella generada intrínsecamente por la dioptría sensiblemente elíptica.

En el ejemplo representado en la figura 11, cada haz emitido desde un punto fuente debe primero converger hacia un punto de convergencia propio antes de reflejarse en la dioptría sensiblemente elíptica; esto es en efecto la condición necesaria y suficiente para obtener haces paralelos que entran por la pupila del ojo para cada uno de los puntos fuente.

5 El conjunto de los diferentes puntos de convergencia siguen una curva E' .

Además, se puede constatar que el ángulo de apertura de los haces en la vecindad de dicha curva E' es constante; como consecuencia, en el caso de la tercera realización, descrita antes, que comprende un láser, es posible asociar al haz emitido por dicho láser un sistema de exploración y una lente convergente de foco variable y así hacer converger el haz emitido por el láser hacia dicho punto de convergencia asociado a cada punto de la imagen portada por la exploración de dicho haz.

10

Ventajosamente, dicho sistema de exploración, asociado al lente convergente de foco variable, puede estar constituido por dos espejos de exploración galvanométrica.

En el ejemplo representado en las figuras 12 y 13, se propone una realización relacionada con la primera solución, descrita antes, que corrige la distorsión óptica, respectivamente para un primer punto del campo y un segundo punto del campo.

15

Como se indicó en las figura 12, 13, la fuente láser LA colimada es seguida por un lente de foco variable LV y de dos espejos M_1 , M_2 , de exploración galvanométrica.

En el ejemplo representado en la figura 12, para un punto A del campo, dichos espejos M_1 , M_2 , están posicionados angularmente según ángulos respectivos M_{1A} , M_{2A} (definidos según el sentido trigonométrico con respecto al eje mayor Δ); Además, el foco F_A del lente de foco variable LV es tal que los rayos del haz del láser, después de la reflexión sobre los dos espejos M_1 , M_2 , se enfocan en un punto I_A , luego después de la reflexión sobre la dioptría sensiblemente elíptica E, llega colimados a la proximidad del ojo con un ángulo θ_A correspondiente al dicho punto A dentro del campo.

20

En el ejemplo representado en la figura 13, por un punto B del campo, dichos espejos M_1 , M_2 , están posicionados angularmente según los ángulos respectivos M_{1B} , M_{2B} (definidos según el sentido trigonométrico con respecto al eje mayor Δ); además, el foco F_B del lente de foco variable LV es tal que los rayos del haz del láser, después de su reflexión sobre los dos espejos M_1 , M_2 , se enfocan en un punto I_B , luego después de reflejarse sobre la dioptría sensiblemente elíptica E, llegan colimados a la proximidad del ojo con un ángulo θ_B correspondiente al dicho B dentro del campo.

25

Así, cada punto i de la imagen está descrito por una tripleta de tensiones (V_{LV_i} , V_{M1_i} , V_{M2_i}) correspondientes respectivamente a las tensiones eléctricas aplicadas sobre el lente de foco variable LV y sobre los espejos M_1 , M_2 , de exploración galvanométrica.

30

Esta solución, que utiliza un sistema de foco variable, (a partir del lente existente de 8 mm de diámetro, por ejemplo) y dos espejos de exploración galvanométrica, constituye una primera solución que permite suprimir la convergencia de los rayos que atraviesan la pupila del ojo.

35

Una segunda solución, que permite suprimir esta distorsión, consiste en introducir en el trayecto de los rayos una segunda distorsión rigurosamente inversa utilizando una segunda dioptría sensiblemente elíptica idéntica a la primera.

En el ejemplo representado en la figura 14, el dispositivo 1 según la invención está constituido por:

40 - dos dioptrías sensiblemente elípticas E_1 , E_2 , dispuestas imbricadas, cuyos ejes mayores Δ_1 , Δ_2 son colineales, dos de sus focos se confunden en un mismo punto O, los otros dos focos, respectivamente F_1 , F_2 , son equidistantes a un lado y otro del dicho punto O,

- un lente convergente LE situado en la vecindad del punto O,

45 - una fuente luminosa SO constituida por un láser asociado a un sistema de exploración, situado dentro de la primera dioptría sensiblemente elíptica E_1 , ó de una pantalla luminosa elíptica colimada,

- el ojo, situado dentro de la segunda dioptría sensiblemente elíptica E_2 .

- Los rayos emitidos por la fuente luminosa SO convergen después de la reflexión sobre la primera dioptría sensiblemente elíptica E_1 , luego son dirigidos hacia el lente LE. Este lente LE asegura un agrandamiento transversal igual a -1 en el ejemplo citado y hace converger los haces antes de la reflexión sobre la segunda dioptría sensiblemente elíptica E_2 para llegar finalmente a la vecindad del ojo OE bajo la forma de rayos paralelos asociados con cada punto imagen, después de la reflexión sobre la segunda dioptría sensiblemente elíptica E_2 .
- 5
- Debe notarse que en el caso donde la segunda dioptría óptica es rigurosamente idéntica a la primera dioptría óptica, el lente LE debe permitir un agrandamiento transversal igual a -1.
- Mientras tanto, para reducir el tamaño del ensamble del dispositivo según la invención, uno puede escoger una segunda dioptría óptica más pequeña que la primera dioptría óptica, en cuyo caso se adaptará el agrandamiento transversal del lente LE.
- 10
- Otras configuraciones se pueden visualizar para obtener una focalización de diferentes "puntos objeto" siguiendo la curvatura específica descrita precedentemente, antes de la reflexión efectiva sobre la dioptría sensiblemente elíptica.
- Estas configuraciones pueden constituir en la implantación:
- un espejo esférico fuera del eje y un grupo de lentes,
- 15
- uno ó varios grupos de lentes esféricos ó esféricos,
 - un cuerpo prismático y un grupo de lentes,
 - una matriz de micro lentes y un cuerpo prismático,
 - una fibra óptica y un grupo de lentes,
- 20
- elementos ópticos en los cuales las redes de difracción (red ardía) ó redes holográficas (HOE: Elementos Ópticos Holográficos).
- En los ejemplos representados en las figuras 15, 16, el dispositivo 1 según la invención, permite obtener rayos paralelos que entran en la pupila del ojo por cada uno de los puntos fuente como se indicó en las figuras 10, 11.
- El dispositivo está constituido por:
- 25
- una dioptría sensiblemente elíptica representada por la semielipse E definida por su eje mayor Δ , su eje menor Δ' , su centro O, y sus dos focos F, F' situados sobre el eje mayor Δ , a un lado y otro del centro O,
 - el foco llamado "fuente", constituido por una pantalla luminosa y uno ó varios grupos de lentes alineados que siguen el eje Δ'' , está posicionado en la vecindad del primer foco F de dicha dioptría sensiblemente elíptica E de tal suerte que los rayos llegan paralelos a la vecindad del segundo foco F' de dicha dioptría sensiblemente elíptica E donde se posiciona el centro del ojo OE del observador.
- 30
- Esta realización, que utiliza uno ó varios grupos de lentes, presenta la ventaja de una configuración óptica más sencilla de realizar técnicamente permitiendo obtener haces paralelos que entran por la pupila del ojo para cada uno de los puntos fuente con una corrección de las aberraciones ópticas.
- En el ejemplo representado en la figura 15, en donde se utilizan dos grupos de lentes DL, la trayectoria de cada uno de los dos haces es simbolizada por tres rayos, y cada uno de los haces está asociado con un punto fuente SO1, SO2.
- 35
- En el caso de un solo haz, sus tres rayos son emitidos desde tres puntos A, B, C, situados sobre un eje Δ'' . Perpendicular al eje Δ y pasan por el primer foco F:
- el rayo $AM_A A'$ emitido desde el punto A, se refleja en la vecindad del punto M_A sobre la elipse para llegar al punto A' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F',
- 40
- el rayo $BM_B B'$ emitido desde el punto B, se refleja en la vecindad del punto M_B sobre la elipse para llegar al punto B' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F',
 - el rayo $CM_C C'$ emitido desde el punto C, se refleja en la vecindad del punto M_C sobre la elipse para llegar al punto C' situado sobre el eje Δ , cerca del segundo foco F'.

Los tres rayos reflejados $M_{AA'}$, $M_{BB'}$, $M_{CC'}$ son paralelos. Aquí se podrá notar que:

- los puntos A, B, C son emitidos desde un mismo punto fuente SO1 de la pantalla luminosa,
- dicha pantalla luminosa que está dispuesta sobre el eje óptico puede ser inclinada en un ángulo α ,
- cada punto fuente SO1, SO2, emite un haz de luz,

5 - todos los rayos principales ó centrales se cruzan en la vecindad del foco F y en la vecindad del foco F'.

En el ejemplo representado en la figura 16, el dispositivo 1, según la invención está constituido de una manera idéntica a aquel representado en la figura 15, salvo por la presencia de un solo grupo de lentes LT en vez de colocar dos grupos de lentes DL.

10 En el ejemplo representado en la figura 17, con el objeto de volver el dispositivo menos complicado en el espacio, un espejo de reflexión óptica MRO es insertado en el camino óptico en la vecindad del foco (F), para poder desplazar el eje Δ'' , la alineación del ó de los grupos de lentes y la pantalla según un ángulo escogido.

En el caso presente, se trata de una realización derivada del dispositivo 1 según la invención representado en la figura 15 y previamente descrito.

15 Así, la explotación del estigma propio a los dos focos de una elipse, permite realizar un sistema óptico monocular ó estereoscópico que autoriza la creación de imágenes retinianas; dicho sistema óptico propuesto permite la visualización, por la retina del ojo, de realidades virtuales, tal como imágenes emitidas desde una pantalla matricial luminosa ó llevadas por un sistema láser de exploración; además, el sistema óptico permite la visualización, por la retina del ojo, de realidades aumentadas teniendo en cuenta características de transparencia y de semireflexión de la dioptría óptica.

20 Se debe entender, que las secciones de dioptrías ópticas, tales como las ya descritas, pueden ser de forma circular, ó sensiblemente circular, dichas secciones están definidas en función de una mayor comodidad de visualización de dichas realidades aumentadas ó virtuales.

En los ejemplos representados en las figuras 18, 19, un desarrollo posible de algunas realizaciones según la invención se representan, permitiendo realizar un sistema de visualización más completo.

25 Este desarrollo reposa en la explotación de espejos de reflexión óptica MRO, descritos previamente. El dispositivo está constituido por:

30 - dos dioptrías sensiblemente elípticas dispuestas una al lado de la otra, representadas por sus semi elipses respectivas, ED ó EG, definidas por sus ejes mayores respectivos ΔD ó ΔG , sus ejes menores respectivos $\Delta D'$ ó $\Delta G'$, y sus dos focos respectivos FD, FD' ó FG, FG' situados sobre sus ejes mayores respectivos ΔD ó ΔG , de un lado y otro de sus centros respectivos OD, ó OG.

35 - un foco llamado "fuente", constituido en este caso, con respecto a las dioptrías ED ó EG, por una pantalla luminosa, un espejo respectivo, MROD ó MROG, un grupo de lentes DLD ó DLG alineados sobre el eje respectivo $\Delta D''$ ó $\Delta G''$, está posicionado respectivamente en la vecindad del primer foco FD ó FG de dicha dioptría sensiblemente elíptica ED ó EG, de forma que los rayos llegan paralelos en la vecindad del segundo foco FD' ó FG' de dicha dioptría sensiblemente elíptica respectiva ED ó EG ó está posicionado en el centro del ojo derecho OED ó en el centro del ojo izquierdo OEG del observador.

Este desarrollo ofrece la posibilidad de extender el campo de capacidades del proceso según la invención, dentro del cuadro de visualización binocular ó estereoscópica.

Ventajosamente, se puede constatar que:

40 - en el ejemplo representado en la figura 18, los dispositivos P1, P2 están posicionados los dos con: los focos FD, FD', FG, FG' situados sobre el mismo plano geométrico, los focos FD, FG están situados al exterior y los focos FD', FG' están situados al interior, en otros términos, los dispositivos P1, P2 están posicionados de manera simétrica,

45 - en el ejemplo representado en la figura 19, los dispositivos P1, P2 están posicionados los dos: alineando los focos FD, FG, situados paralelos con la alineación de los focos FD', FG', es decir, el eje ΔD es paralelo al eje ΔG , dichos alineamientos de los focos FD, FG, y de los focos FD', FG', se posicionan "arriba; abajo", es decir, los focos FD, FG,

se posicionan hacia arriba y los focos FD' , FG' , son posicionados hacia abajo, de tal forma que los oculares OED, OEG, estén colocados en la vecindad de sus focos respectivos FD' ó FG' .

Dentro del cuadro de una utilización normal de los dispositivos, tal como los descritos previamente, es deseable tener en cuenta todo el espectro de usuarios posibles.

- 5 Sabiendo que un cierto número de usuarios potenciales usan gafas de corrección óptica debido a una deficiencia natural de su propio sistema ocular, es posible integrar dentro de los dispositivos, tal como los descritos previamente, medios de corrección óptica personalizados en función de cada usuario.

- 10 Ventajosamente, para una mejor reducción de la complejidad, dichos medios de corrección óptica pueden ser colocados más cerca de los oculares OED, OEG, en asociación con cada montura de los dispositivos P1, P2, un brazo rígido, dicho brazo rígido está asociado con la montura que tiene los medios de corrección óptica.

Teniendo en cuenta que los usuarios potenciales presentan diferencias de naturaleza óptica en su propio sistema ocular así como diferencias morfológicas, como la distancia interpupilar ó la forma cefálica por ejemplo, es preferible poder integrar en los dispositivos tal como los previamente descritos, medios de calibración óptica personalizados.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la creación de imágenes retinianas que utilizan el estigma de dos focos (F , F') de una dioptría sensiblemente elíptica (E) que tiene una superficie semireflexiva, que comprende etapas para efectuar:
- 5
- un posicionamiento en la vecindad del primer foco (F) de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E) de una pantalla luminosa en donde cada punto objeto genera un haz de luz que se refleja en dicha dioptría sensiblemente elíptica (E),
 - un posicionamiento en la vecindad del segundo foco (F') de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E), de un foco llamado "imagen" constituido por la pupila ó en centro del ojo (OE) del observador,
- 10
- una proyección en la vecindad de la retina del ojo del observador de la imagen generada por dicha pantalla luminosa ó por dicha fuente luminosa, y reflejada en la superficie semireflexiva de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E),
- 15
- el procedimiento comprende además la etapa que consiste de volver convergente, antes de la reflexión en dicha superficie semireflexiva, por medio de un dispositivo óptico, dicho haz generado por cada uno de los puntos de dicha pantalla luminosa, para obtener, después de la reflexión en dicha dioptría sensiblemente elíptica (E), un haz de rayos sensiblemente paralelos que son centrados sobre la pupila de dicho observador, dicho dispositivo óptico asegura una convergencia específica para cada punto de dicha pantalla luminosa, caracterizado porque la dicha imagen generada por la pantalla luminosa está ligeramente inclinada de manera que los píxeles situados en el borde son vistos bajo un ángulo menor que aquellos situados en el extremo opuesto para disminuir la distorsión provocada por dicha dioptría sensiblemente elíptica (E).
- 20
2. El procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha imagen generada por la pantalla luminosa está comprimida según una función matemática recíproca con respecto a la distorsión provocada por dicha dioptría sensiblemente elíptica (E).
3. El procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un sistema óptico que genera una distorsión inversa para compensar la distorsión provocada por dicha dioptría sensiblemente elíptica (E).
- 25
4. Un dispositivo para la puesta en obra del procedimiento definido en la reivindicación 1, comprende:
- una dioptría sensiblemente elíptica (E) que tiene un primer foco (F), un segundo foco (F') y una superficie semireflexiva,
 - un foco llamado "fuente" constituido por una pantalla luminosa en donde cada punto objeto genera un haz de luz, dicho foco fuente está colocado en la vecindad del primer foco (F) de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E),
- 30
- un dispositivo óptico previsto para hacer converger dicho haz de luz, antes de la reflexión en dicha superficie semireflexiva de dicha dioptría sensiblemente elíptica, de forma que dicho haz es paralelo en la vecindad del segundo foco (F'), y
 - medios para posicionar un foco llamado "imagen", constituido por la pupila ó centro del ojo (OE) del observador, en la vecindad del segundo foco (F') de dicha dioptría sensiblemente elíptica (E),
- 35
- caracterizado porque la pantalla luminosa está ligeramente inclinada de manera que los píxeles situados en el borde son vistos bajo un ángulo menor que aquellos situados en el extremo opuesto para disminuir la distorsión provocada por dicha dioptría sensiblemente elíptica (E).
5. El dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque comprende medios de corrección óptica adaptados al sistema ocular del usuario.
- 40
6. El dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque dichos medios de corrección óptica adaptados al sistema ocular del usuario se pueden calibrar.

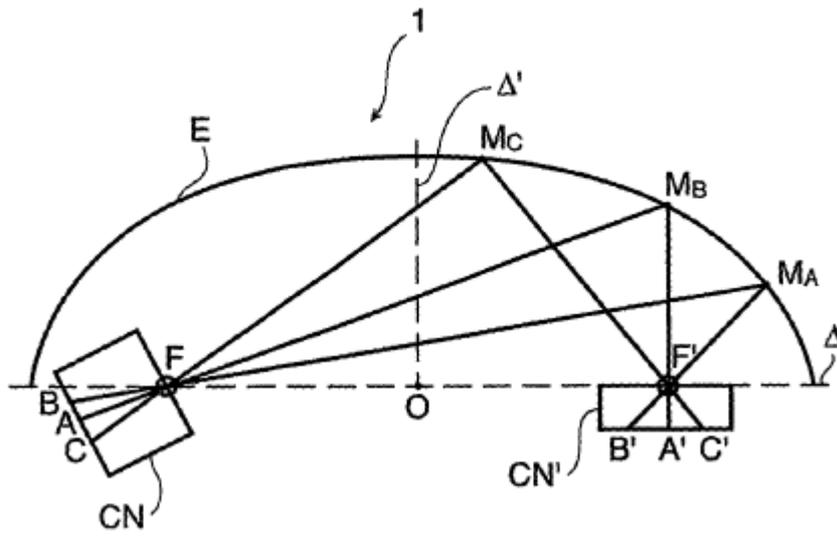


Figura 1

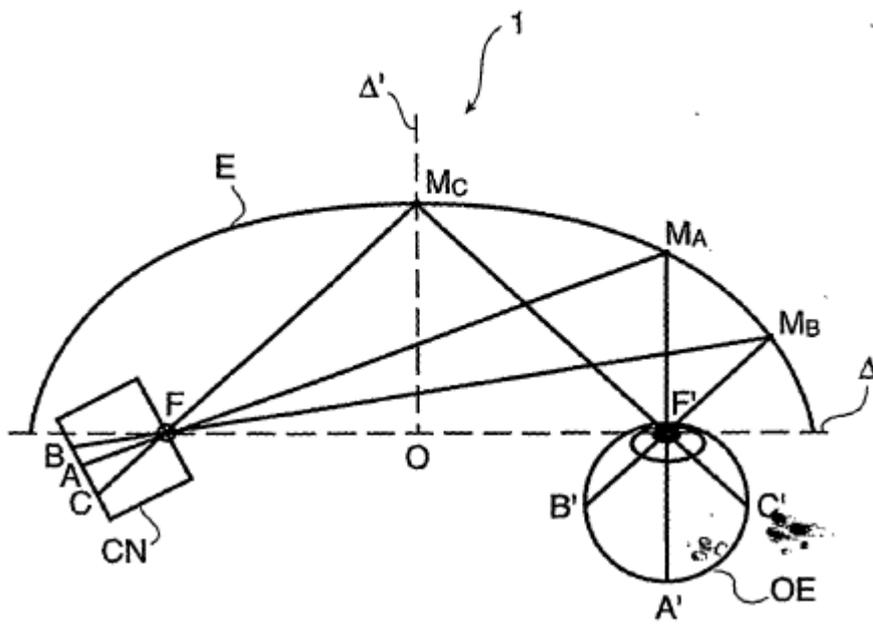


Figura 2

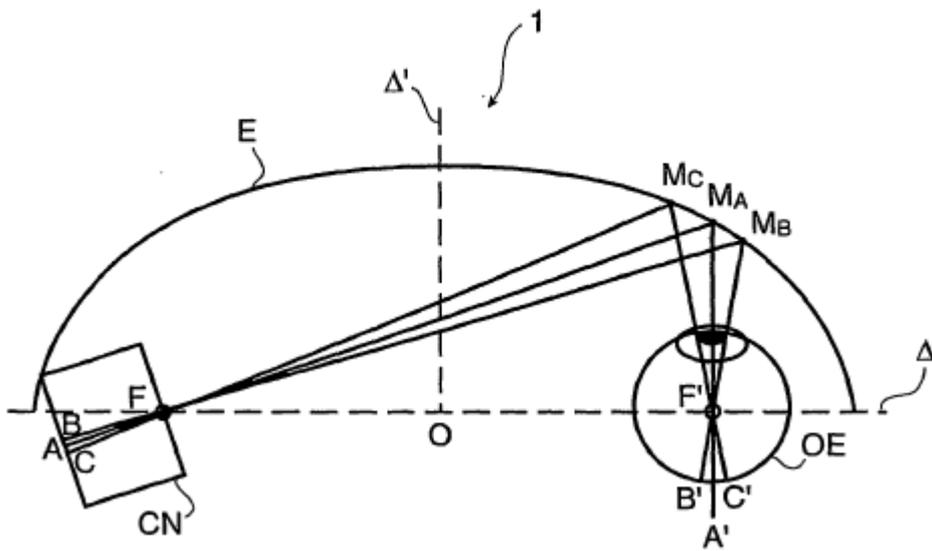


Figura 3

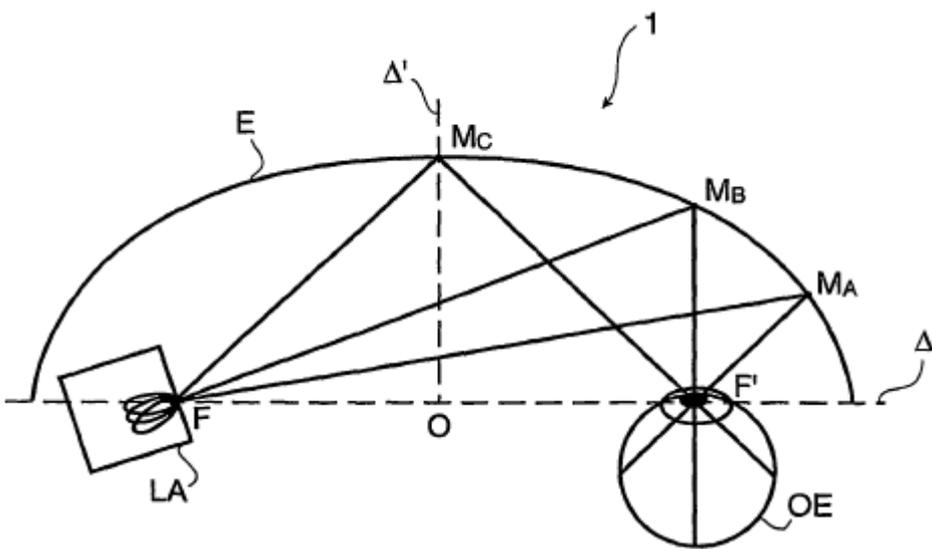


Figura 4

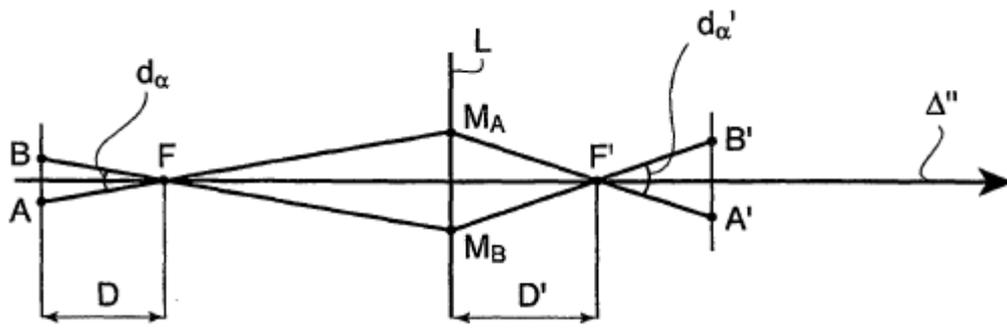


Figura 5

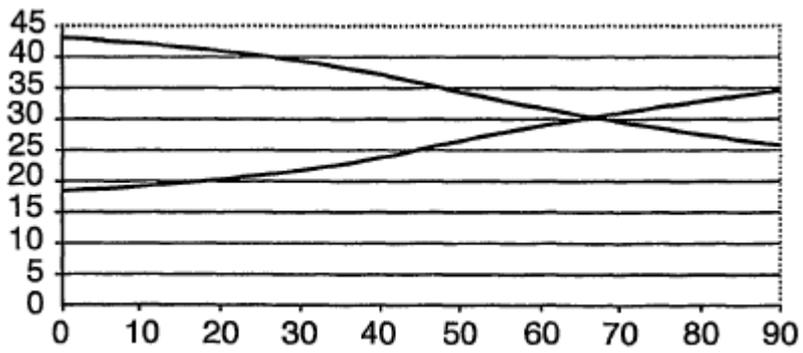


Figura 6

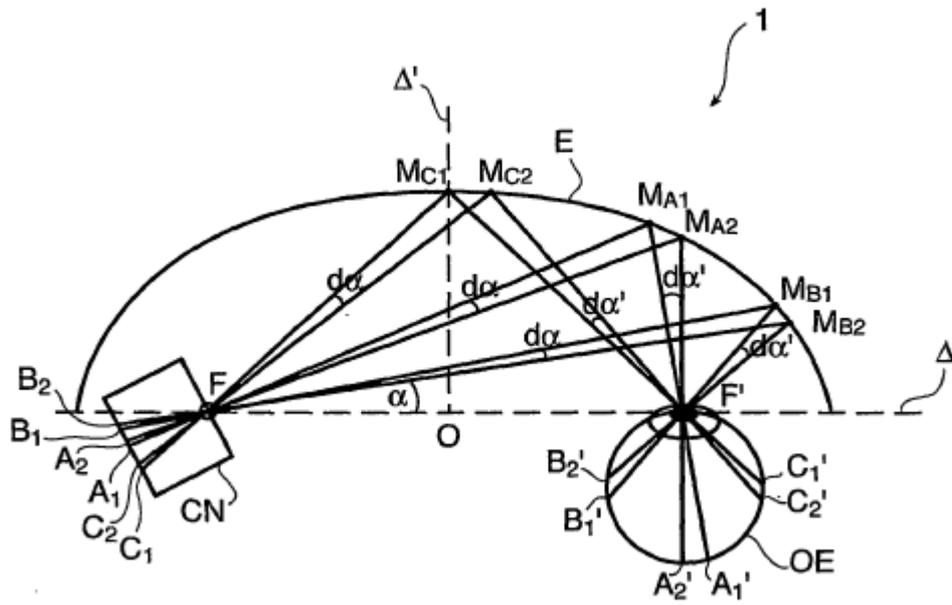


Figura 7

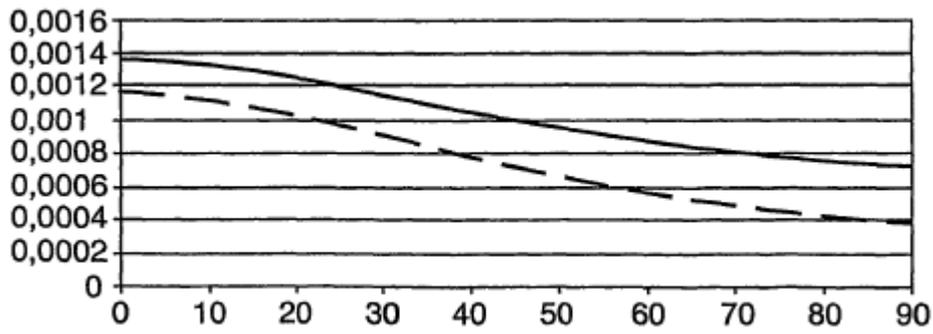


Figura 8

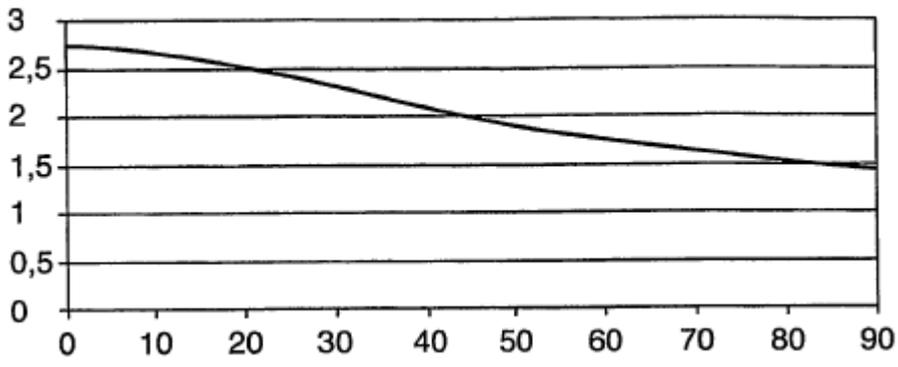


Figura 9

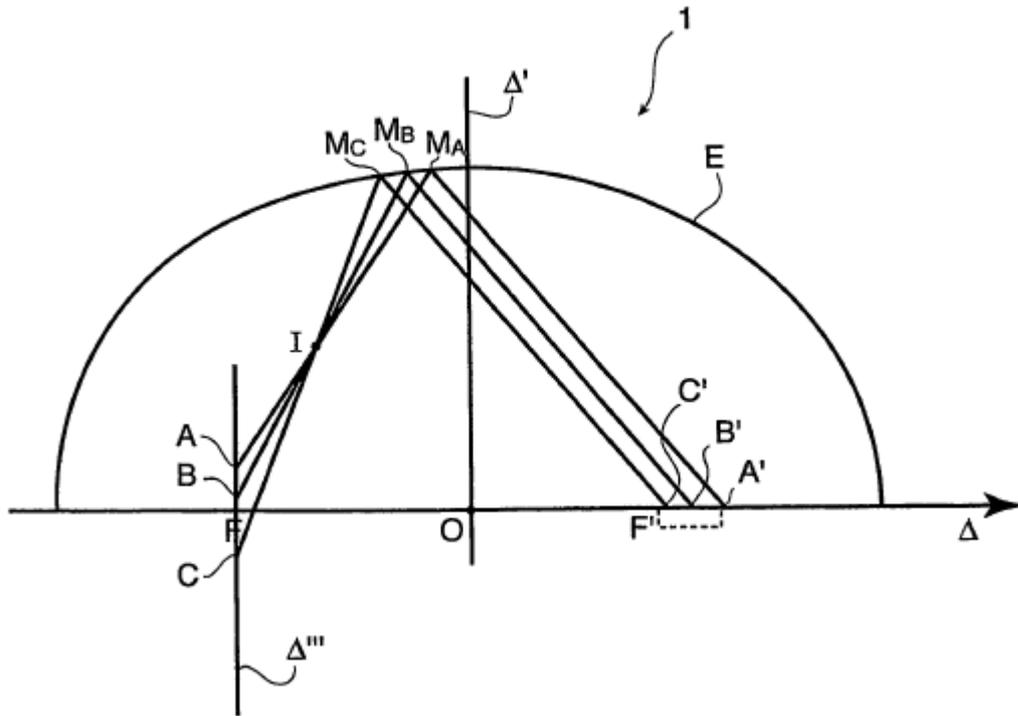


Figura 10

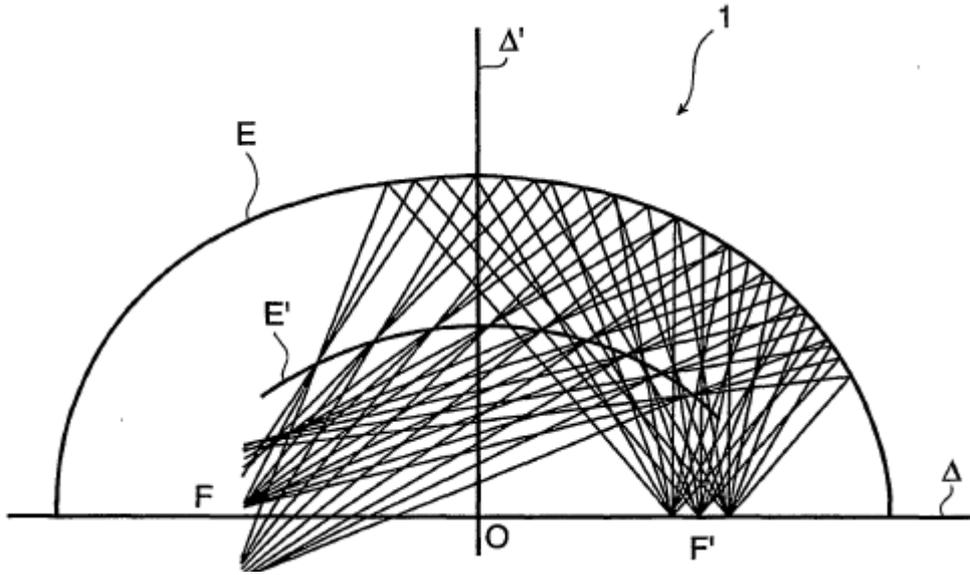


Figura 11

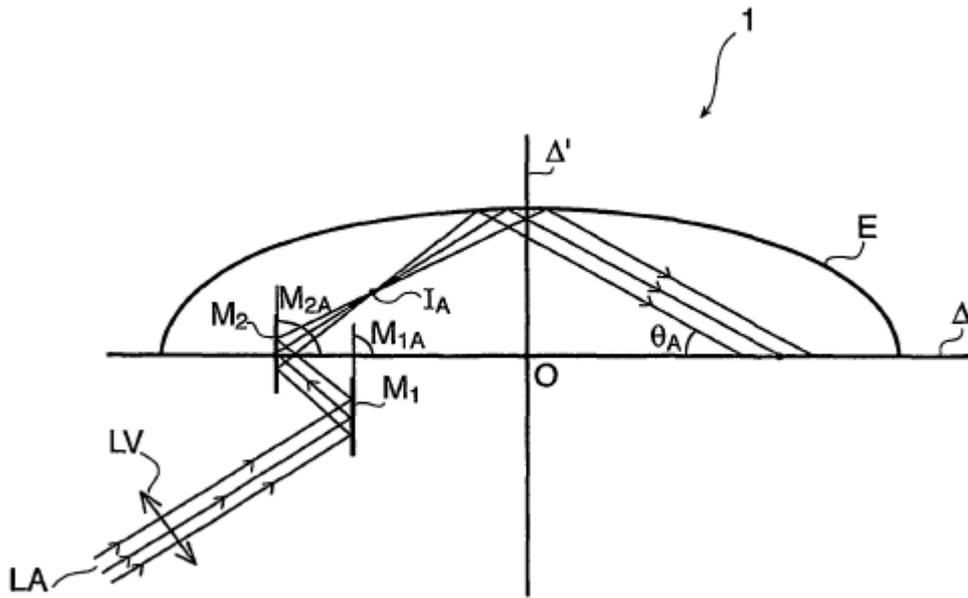


Figura 12

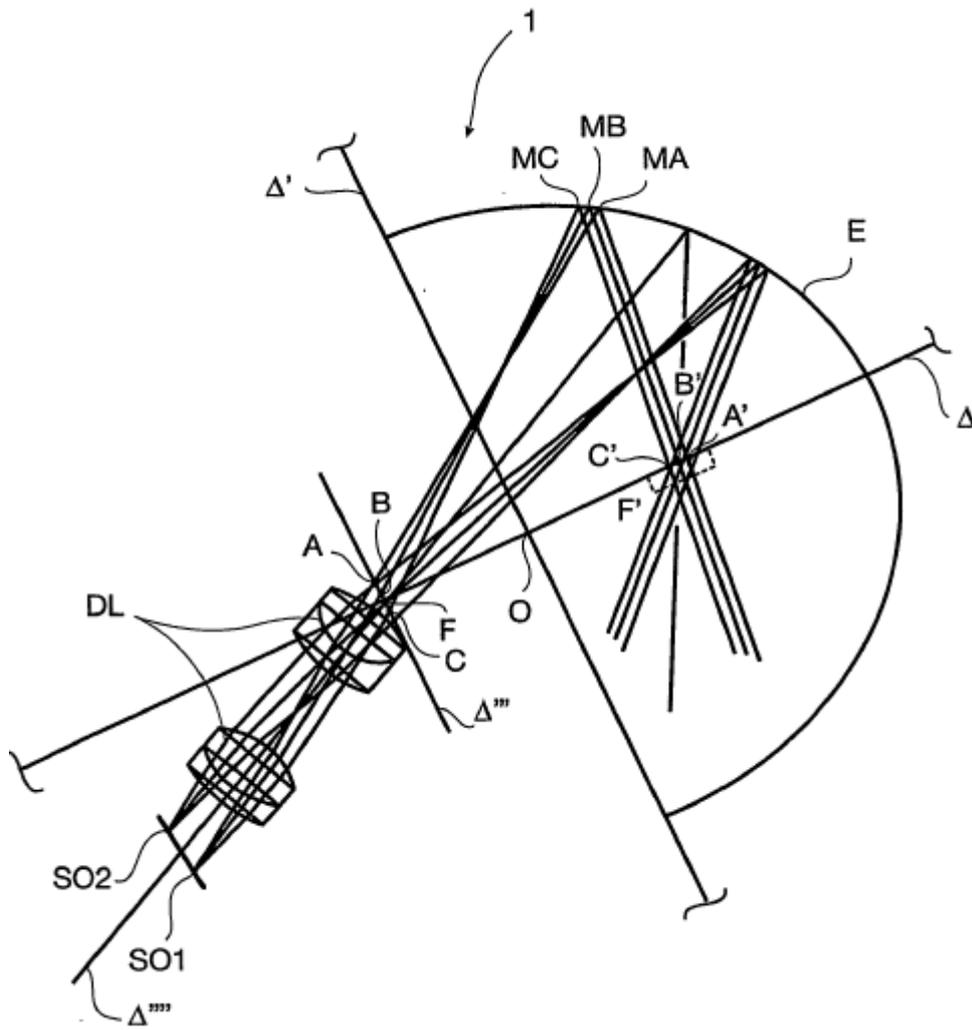


Figura 15

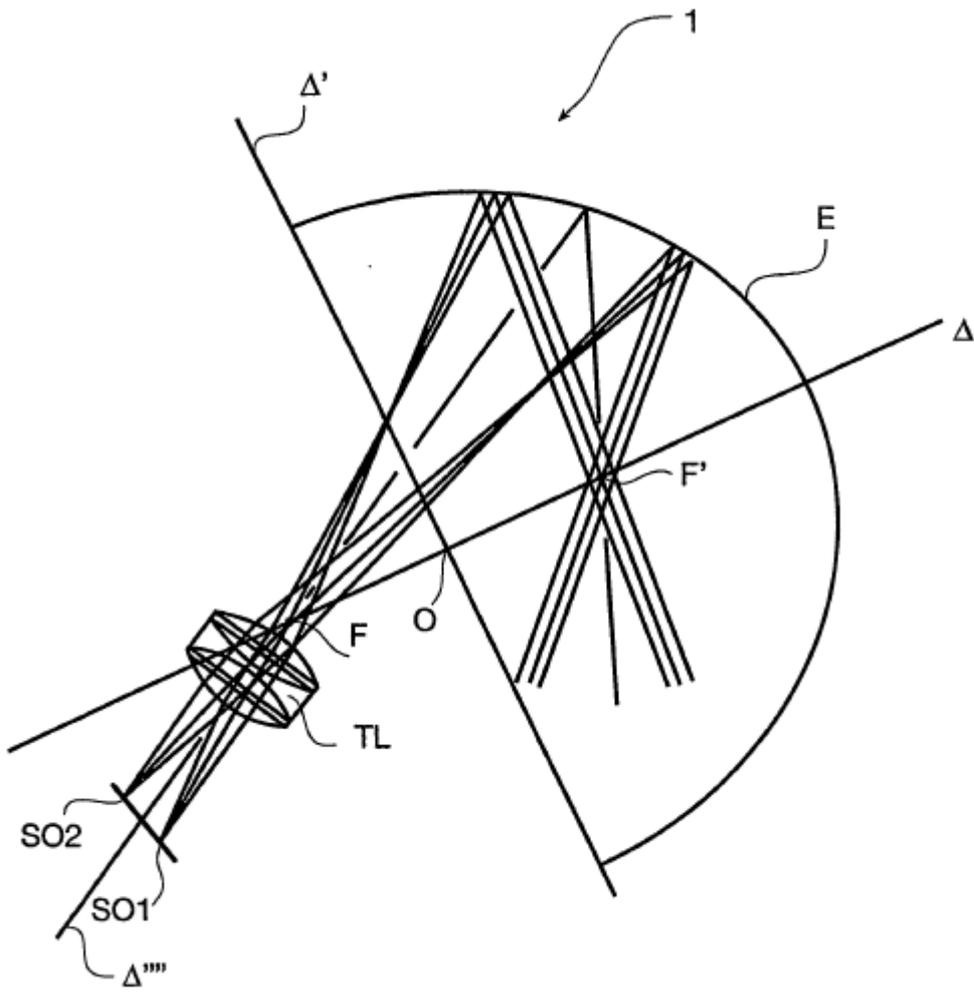


Figura 16

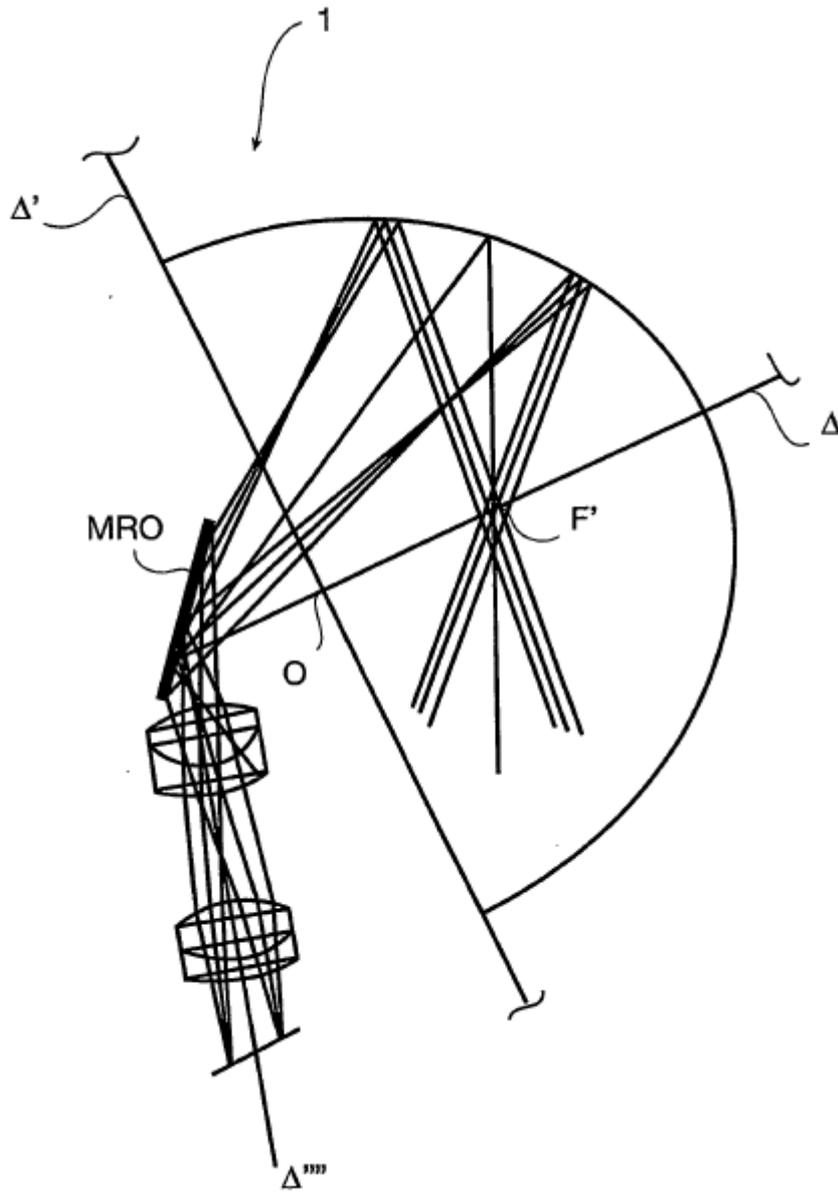


Figura 17

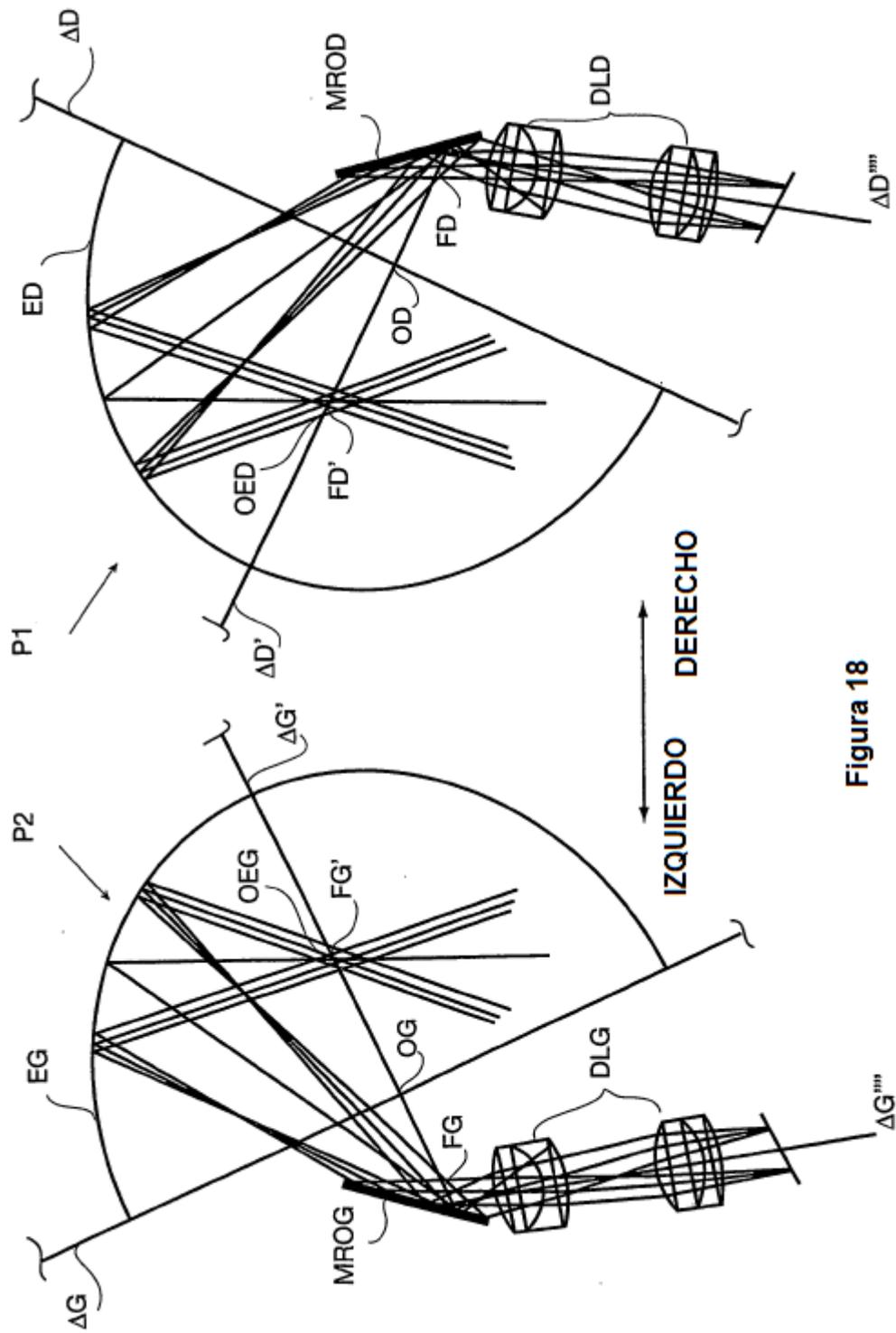


Figura 18

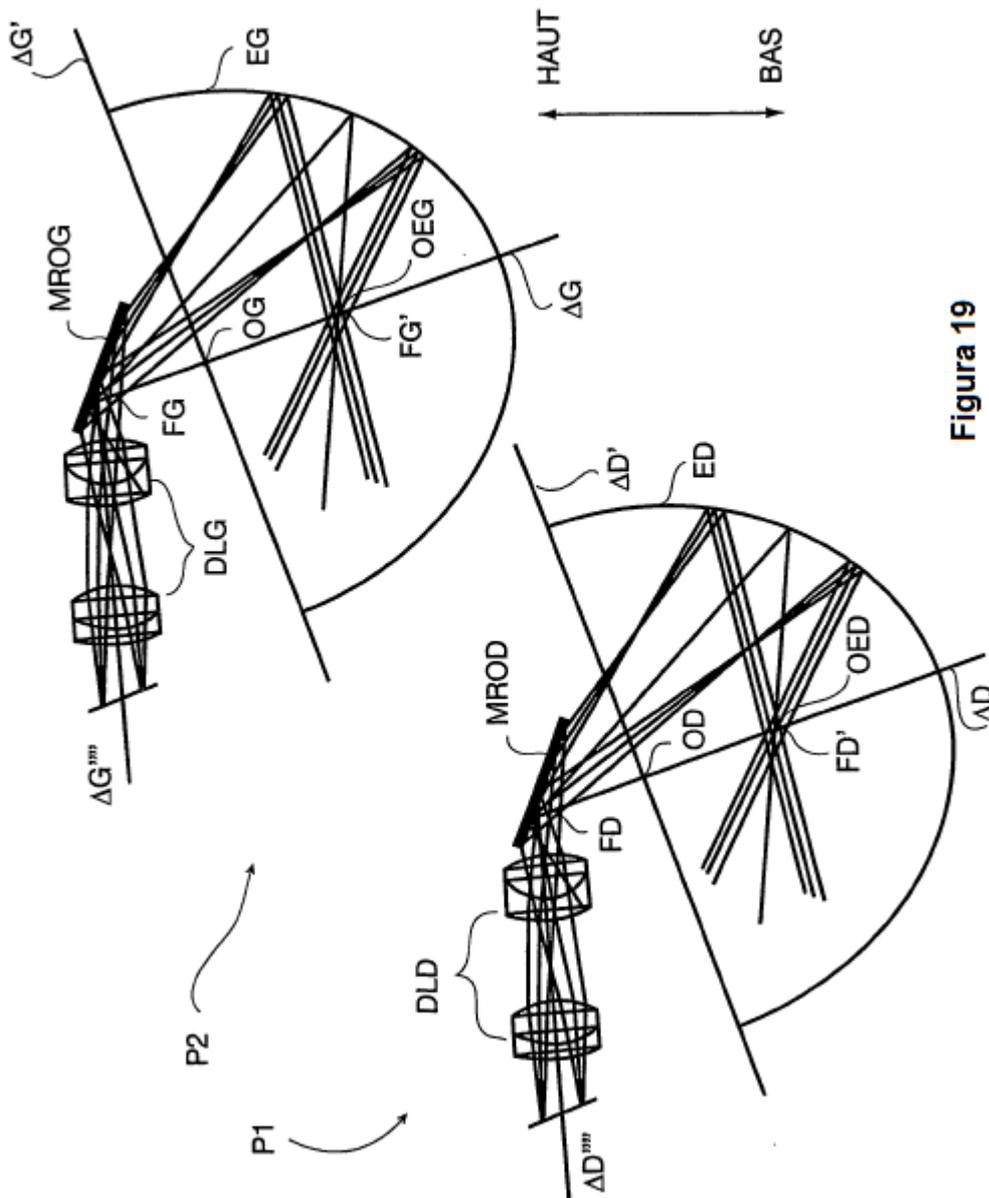


Figure 19