



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo  
con los datos que figuran en la pre-  
sente descripción y según el con-  
tenido de la Memoria adjunta.

19 ES	11 NUMERO	10 A1
	21 475.563	
	22 FECHA DE PRESENTACION	
	30-11-1978	

20 FEB. 1979

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
77/36340	2-12-1977	Francia

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G02B; H04N	

64 TITULO DE LA INVENCION
"UN OBJETIVO OPTICO MULTI-AXIAL"

71 SOLICITANTE (S)
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN (PHF 77-586 Spain HK/TS)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
29-Emmasingel, Eindhoven, Holanda

72 INVENTOR (ES)
Jean-Jacques HUNZINGER y Claude HILY

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ (P-70.610)

jga

El invento se refiere a un objetivo óptico multi-axial que tiene una configuración alargada para formar una imagen lineal y que consiste en una pluralidad de sistemas ópticos mono-axiales adyacentemente dispuestos, cuyos ejes se extienden paralelos uno a otro.

De acuerdo con una técnica conocida se utilizan fibras ópticas dispuestas en posiciones adyacentes para realizar objetivos de esta clase. En objetivos ópticos que utilizan fibras ópticas con un diámetro pequeño, cada punto de la línea del objeto requiere el uso de una fibra cuya entrada es iluminada por un flujo luminoso que es proporcional al brillo del "punto". Parte de este flujo luminoso se transmite a través de la fibra y es interceptado por un detector que está acoplado únicamente a dicha fibra. Los inconvenientes de un sistema de esta clase consisten en que el número de fibras ha de ser igual al número de puntos de imagen, y en que el documento a "leer" ha de estar situado en las proximidades de la entrada de las fibras (distancia aproximadamente 0,05 mm), lo que dificulta la iluminación del documento y las fibras están expuestas a dañarse durante el paso del documento. Otros objetivos utilizan fibras de diámetro mayor que forman las denominadas lentes "SELFOC". Cada lente realizada de esta manera está configurada como un cilindro circular de vidrio que tiene un diámetro de aproximadamente 1 mm y una longitud de unos cuantos centímetros. El índice de refracción del vidrio varía desde el centro del vidrio hasta la circunferencia del mismo. Cada una de estas lentes pueden producir una imagen real de un objeto real con un aumento de  $+ 1$ . Cuando la longitud de la lente se escoge adecuadamente con respecto al índice de refracción, el campo útil es lige

ramente mayor que el diámetro de una sola lente, de modo que la disposición adyacente de una pluralidad de lentes hace posible una extensión adicional del campo sin que el número de fibras tenga que ser igual al número de puntos de la imagen. Además, cuando se utilizan lentes de esta clase, existe una distancia relativamente grande (unos cuantos milímetros) entre el documento y las fibras. Sin embargo, estas lentes tienen también una serie de inconvenientes. Uno de estos inconvenientes consiste en la compleja estructura de las lentes que, como consecuencia, son caras. Otro inconveniente consiste en la pequeña abertura fotométrica que puede utilizarse para cada una de dichas lentes cuando se ha de evitar una variación periódica del nivel de iluminación en el plano de imagen sensible, limitando dicha abertura pequeña al flujo luminoso en cada detector. Otro inconveniente consiste en la dispersión de las características ópticas de una lente con respecto a otra lente; esto origina diferencias en las distancias entre el objeto y la imagen, lo que a su vez produce una variación de la resolución en el plano de la imagen.

El invento tiene por objeto mitigar los inconvenientes inherentes a los objetivos ópticos de la técnica anterior que utilizan fibras ópticas.

A este fin, el dispositivo de acuerdo con el invento se caracteriza porque cada sistema óptico mono-axial está formado por un conjunto que consta de tres esferas de un material óptico, denominado triplete en lo que sigue, estando los centros de dichas esferas situados sobre una línea, siendo dicho triplete simétrico con respecto al centro de la esfera central, en cuanto a la distancia geométrica, inclu-

yendo la distancia del objeto y la distancia de la imagen, así como en cuanto a las propiedades ópticas, siendo el índice de refracción de la esfera central mayor que el índice de refracción de las esferas exteriores, siendo el diámetro de la esfera central a lo sumo igual al diámetro de las esferas exteriores, estando delimitado cada triplete en su entrada y también en su salida por medio de una ventanilla que determina el campo límite y de cada triplete, relacionándose dicho campo límite y el radio R de las esferas exteriores por la ecuación  $y = \alpha R$ , en la que  $\alpha$  es una constante que depende de la configuración de las ventanillas.

El invento se describirá con detalle en lo que sigue haciendo referencia al dibujo diagramático que se acompaña en el que:

la Figura 1 muestra una primera realización de un sistema óptico elemental que se denomina triplete,

la Figura 2 es una vista en perspectiva de un objetivo multi-axial de acuerdo con el invento, y

la Figura 3 muestra una segunda realización de un sistema óptico elemental.

Los números de referencia 11, 12 y 13 de la Figura 1 denotan tres lentes convexas (esferas) de un triplete de acuerdo con el invento. La lente de entrada situada en el lado del objeto está denotada por el número de referencia 11, la lente central por el número de referencia 12 y la lente de salida situada en el lado de la imagen por el número de referencia 13. Los centros de dichas lentes están denotados por las referencias  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , respectivamente, y están situados sobre el eje 14. A título de ejemplo, la Figura 1 muestra lentes que tienen el mismo diámetro y que hacen contacto una con otra. Como se explicará más adelan-

te, esto no constituye un requisito absoluto. Es necesario simplemente que las esferas exteriores tengan las mismas dimensiones y el mismo índice de refracción y estén situadas a distancias iguales de la esfera central.

5

Se ensambla una pluralidad de estos triplete de tal manera que sus ejes sean paralelos (véase la Figura 2). En la realización mostrada, dichos ejes 20, 21, 22, 23, 24, están situados en el mismo plano, de modo que la línea 28 del objeto y la línea 29 de la imagen son líneas rectas. Los centros de la lente de entrada, la lente central y la lente de salida están situados sobre las líneas 25, 26, 27, respectivamente, que son perpendiculares a los ejes ópticos de los triplete. En el caso más general en que los ejes de los triplete no están situados en el mismo plano, la línea de imagen y la línea de objeto serían dos líneas curvas paralelas.

10

15

20

25

30

De acuerdo con el invento, con el fin de permitir el solapamiento de los planos de imagen de los sistemas ópticos elementales al objeto de limitar el número de sistemas, cada triplete tiene un aumento de  $\pm 1$ . La lente 11 forma una imagen intermedia de un segmento AB de la línea de objeto 28 en el plano ecuatorial de la lente central 12 que se extiende perpendicularmente al eje óptico 14. La imagen se muestra como  $A'B_1$ . Esta es la imagen que aparecería si estuviera ausente la lente 12. Bajo la influencia de la lente 12 se forma realmente la imagen  $A'B'$ . Sobre la base de la misma, la lente 13 forma la imagen  $A''B''$  sobre la línea de imagen 29. Los segmentos de línea AB y  $A''B''$  son iguales y tienen la misma dirección. Como quiera que la imagen intermedia  $A'B_1$  está situada en el centro de la lente cen-

tral 12, la última lente actúa como lente estigmática apla-  
nática. Además, la lente 12 elimina la curvatura de la ima-  
gen. Con el fin de asegurar que las esferas exteriores 11 y  
13 funcionen sin astigmatismo, coma y aberración cromática  
5 lateral, el ángulo de abertura de un haz útil proveniente  
de un punto del objeto está limitado de modo que forme un  
haz estrecho cuyo rayo mediano se extiende a través del cen-  
tro de la primera esfera y del de la tercera esfera. Se ob-  
tiene este resultado, por una parte, debido al hecho de que  
10 la lente 12 acopla los centros  $C_1$  y  $C_3$ , actuando como una  
lente de campo, y, por otra parte, debido a la introducción  
de una pupila que limita el ángulo de abertura del haz útil.  
Como quiera que esta pupila no puede estar formada por la  
abertura de un orificio practicado en el centro de la lente  
15 11, tal pupila se realiza por medio de dos ventanillas 15,  
16 que están dispuestas simétricamente con respecto a la en-  
trada y la salida del triplete. Para el punto B del segmen-  
to de línea AB, estas ventanillas limitan el haz de luz son-  
breado estrecho que tiene un rayo mediano 19 y rayos exte-  
20 riores 17 y 18, siendo el primer rayo (17) tangente al bor-  
de superior de la ventanilla de entrada 15, mientras que el  
otro es tangente al borde superior de la ventanilla de sali-  
da 16. Como resultado de la presencia de las ventanillas,  
el triplete funciona, con respecto al punto B, con la pupi-  
25 la de entrada efectiva 10 y con la pupila de salida efecti-  
va 9, la primera de las cuales (10) está situada en el cen-  
tro  $C_1$  y la otra (9) en el centro  $C_2$ . El área superficial  
efectiva de la pupila de entrada es variable e igual al  
"ojo de gato" formado por las ventanillas. Dicha área super-  
30 ficial disminuye a medida que aumenta el ángulo del rayo me

diano. Por consiguiente, el nivel de iluminación del campo de imagen de un triplete no es uniforme. Para un objetivo multi-axial compuesto de tripletes, se puede obtener un nivel de iluminación uniforme mediante un dimensionamiento adecuado del diámetro de las esferas en relación con la dimensión máxima  $AB = y$  (campo límite) del objeto a reproducir como imagen por medio de un solo triplete. Se ha visto que pueden obtenerse resultados favorables cuando la relación entre el campo límite  $y$  y el radio  $R$  de las esferas exteriores es lineal:  $y = \alpha R$ . La constante  $\alpha$  depende de la configuración de las ventanillas y asciende aproximadamente a 2,3 para ventanillas circulares. Una desviación del 5% ofrece todavía una homogeneidad aceptable del nivel de iluminación.

El dimensionamiento final del objetivo multi-axial se obtiene determinando, por una parte, la abertura numérica  $N$  de cada triplete, que determina los índices de refracción  $n$  y  $N$  de las esferas exteriores y de la esfera central, respectivamente, y, por otra parte, la resolución deseada, que determina el valor absoluto del radio  $R$ .

La tabla que sigue contiene una serie de ejemplos numéricos, teniendo los diversos símbolos utilizados el siguiente significado:

$R$ : radio de curvatura, que en este caso es el mismo para las tres esferas en contacto

$n$ : índice de refracción del material de las dos esferas exteriores

$N$ : índice de refracción del material de la esfera central

$p$ : distancias paraxial entre el objeto y el centro de la primera esfera, siendo dicha distancia igual a la distan

cia entre el centro de la tercera esfera y la imagen  
 $y$  : dimensión lineal del campo de cada triplete, medida a  
 partir del eje óptico

$\rho$  : radio de la abertura de la ventanilla

5  $\omega$  : ángulo de campo (objeto o imagen)

$\mathcal{N}$  : abertura numérica

$t_a$  : diámetro de la mancha luminosa de aberración esférica

$t_c$  : diámetro de la mancha luminosa de aberración cromática

$t$  : diámetro de la mancha luminosa de aberración global

10 Existen las relaciones siguientes entre los símbolos  
 anteriores:

$$y = 2,3 R; \frac{1}{p} + \frac{1}{2R} = \frac{2(n-1)}{nR};$$

$$\rho = \frac{y}{p} R; \quad \operatorname{tg} \omega = \frac{y}{p};$$

15

$$\mathcal{N} = \frac{p}{2\rho} = \frac{R}{2p}; \quad \mathcal{N} = \left[ \cos \omega - \frac{1}{2} \sqrt{1 - 4 \operatorname{sen}^2 \omega} \right]^{-1};$$

$$t_c = \frac{4R \Delta n}{(2n-4)^2} \cdot \frac{1}{\mathcal{N}},$$

en donde  $\Delta n$  es el índice de refracción del espectro útil.

$N$	4	4,76	5,66	6,73	8	9,51	11,3	13,45	16
$P/R$	4,82	5,20	5,63	6,08	6,59	7,13	7,73	8,38	9,09
$P/R$	0,48	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30	0,27	0,25
$\omega$ (grados)	25,51	23,83	22,23	20,70	19,25	17,87	16,57	15,34	14,19
$n$	1,547	1,529	1,513	1,497	1,483	1,471	1,459	1,449	1,439
$N$	1,542	1,612	1,670	1,719	1,760	1,795	1,826	1,851	1,874
$t^a/R$	0,2216	0,1721	0,1366	0,1098	0,0890	0,0725	0,0592	0,0485	0,0397
$t^c/R$	0,0194	0,0195	0,0196	0,0196	0,0197	0,0198	0,0199	0,0199	0,0200
$t/R$	0,2410	0,1916	0,1562	0,1294	0,1087	0,0923	0,0791	0,0684	0,0597

Estos resultados dan lugar a los ejemplos siguientes que corresponden a una mancha luminosa de aberración de 0,125 mm, que permite una resolución del orden de 8 puntos por mm.

5

En el caso de una abertura numérica  $\mathcal{N} = 8$ , se deduce de la columna 5 de la tabla que:

$$\frac{t}{R} = 0,1087, \text{ de donde se deduce que:}$$

$$2R = 2,3 \text{ mm}$$

$$n = 1,483$$

10

$$N = 1,76$$

$$D \text{ (distancia entre el objeto y la imagen)} = 2p + 4R = 17,18 \text{ mm.}$$

Para una abertura numérica  $\mathcal{N} = 11,3$  la columna 7 proporciona los valores siguientes:

15

$$\frac{t}{R} = 0,0791, \text{ de donde se deduce que:}$$

$$2R = 3,16$$

$$n = 1,459$$

$$N = 1,826$$

$$D = 19,46 \text{ mm.}$$

20

Estos ejemplos demuestran, por una parte, que las esferas de acuerdo con el invento tienen dimensiones que permiten una fácil manipulación y, por otra parte, que los índices de refracción de los materiales de las esferas corresponden a los índices de refracción de los tipos usuales de vidrio.

25

En una realización alternativa del invento, solamente las esferas exteriores de los tripletes tienen el mismo diámetro  $2R$ , mientras que el diámetro  $2r$  de la esfera central es menor que  $2R$  de tal manera que la distancia entre las esferas exteriores es ligeramente menor (hasta 20%) que su diámetro.

30

metro. Como resultado, la distancia entre el objeto y la imagen puede incrementarse, de modo que se facilita la iluminación del documento en una cabeza de lectura para facsimil. Además, se ha visto que para la esfera central puede hacerse uso entonces de un tipo de vidrio cuyo índice de refracción sea menor que el indicado en la tabla precedente, es decir, se puede utilizar un tipo de vidrio más usual y más barato.

En el caso de un diámetro reducido de la esfera central y una reducción de la distancia entre las esferas exteriores se puede realizar, además, un pequeño espacio de aire de separación entre la esfera central 12 y las esferas contiguas 11 y 13, como se muestra en la Figura 3, sin que se altere el funcionamiento del triplete. De acuerdo con esta alternativa, los valores de  $R$ ,  $r$  y  $e$  son tales que se satisfacen las desigualdades siguientes:

$$0,8 R < r + e \leq R$$

$$0 < e < 0,2r$$

En otra alternativa, las ventanillas están formadas por rectángulos que tienen dos lados que son paralelos a la línea de objeto 28. En este caso, el valor de  $\alpha$  en la fórmula  $y = \alpha R$  es igual aproximadamente a 2. Es admisible nuevamente una desviación del 5%. Como se muestra en la Figura 2, se puede disponer una serie de objetivos multi-axiales uno encima de otro en capas, de modo que una serie de líneas de objeto estén acopladas a una serie correspondiente de líneas de imagen.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de In-  
vención en España, por VEINTE años, son los que se recogen  
5 en las reivindicaciones siguientes:

1<sup>a</sup>.- Un objetivo óptico multi-axial que tiene una configuración alargada para formar una imagen líneal y que consta de una pluralidad de sistemas ópticos mono-axiales dispuestos en posiciones adyacentes, cuyos ejes se extienden  
10 paralelos unos a otros, caracterizado porque cada sistema óptico mono-axial está formado por un conjunto que consta de tres esferas de un material óptico, denominado triplete en lo que sigue, estando situados los centros de dichas esferas  
15 sobre una línea, siendo dicho triplete simétrico con respecto al centro de la esfera central, en cuanto a la distancia geométrica, incluyendo la distancia del objeto y la distancia de la imagen, así como en cuanto a las propiedades ópticas, siendo el índice de refracción de la esfera central, ma  
20 yor que el índice de refracción de las esferas exteriores, siendo el diámetro de la esfera central a lo sumo igual al diámetro de las esferas exteriores, estando delimitado cada triplete en su entrada y también en su salida por medio de una ventanilla que determina el campo límite y de cada tri-  
25 plete, relacionándose dicho campo y el radio  $R$  de las esferas exteriores según la ecuación  $y = \alpha R$ , en donde  $\alpha$  es una constante que depende de la configuración de las ventanillas.

30 2<sup>a</sup>.- Un objetivo según la reivindicación 1<sup>a</sup>, caracterizado porque las ventanillas son circulares, siendo  $\alpha$  igual

a  $2,3 \pm 5\%$ .

3ª.- Un objetivo según la reivindicación 1ª, caracterizado porque las ventanillas son rectangulares, siendo  $\alpha$  igual a  $2 \pm 5\%$ .

5

4ª.- Un objetivo según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque las esferas hacen contacto una con otra y tienen el mismo diámetro.

10

5ª.- Un objetivo según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque las esferas hacen contacto una con otra, siendo el diámetro de la esfera central menor que el diámetro de las esferas exteriores.

15

6ª.- Un objetivo según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque las esferas no hacen contacto una con otra, siendo el diámetro de la esfera central menor que el diámetro de las esferas exteriores.

20

7ª.- Un objetivo según cualquiera de las reivindicaciones 5ª y 6ª, caracterizado porque el radio  $R$  de las esferas exteriores, el radio  $r$  de la esfera central y el espacio de aire de separación  $e$  entre las esferas están sujetos a las relaciones siguientes:  $0,8 R < r + e \leq R$  ;  
 $0 < e < 0,2r$ .

25

8ª.- "UN OBJETIVO OPTICO MULTI-AXIAL"

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representando en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de doce hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 19.DIC.1978

P.A.

Alberto de Elzabur  
Por

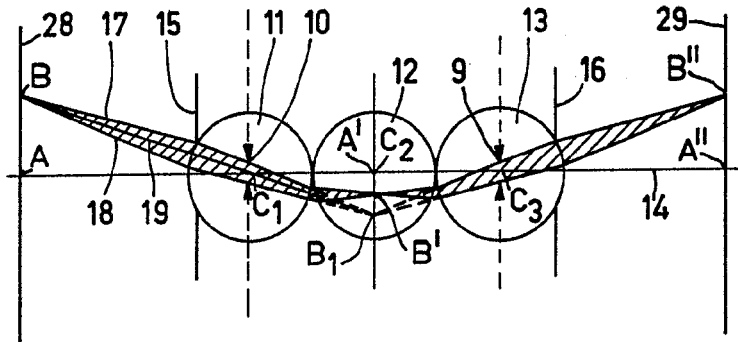


FIG. 1

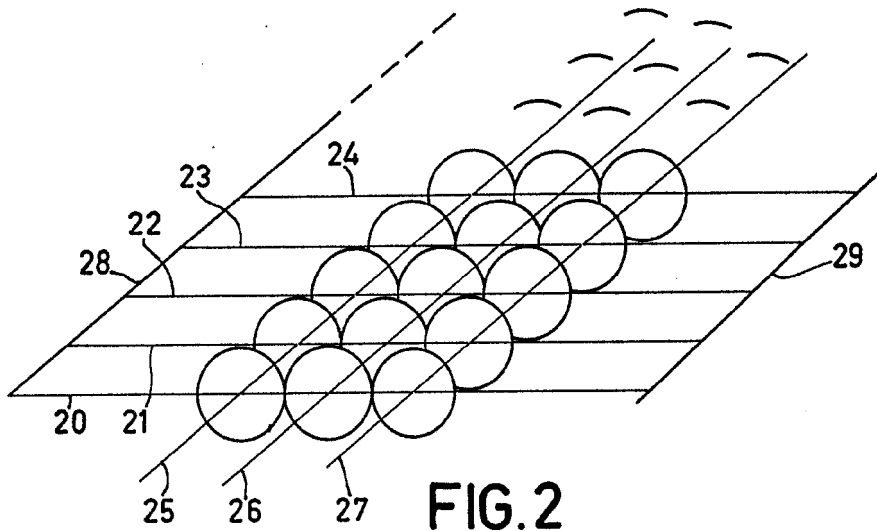


FIG. 2

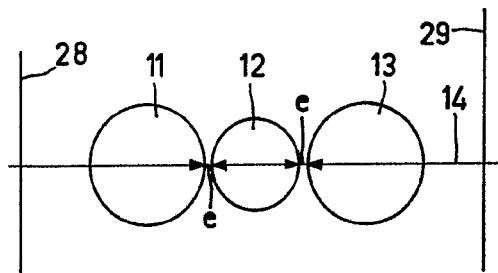


FIG. 3