



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 298 207**

⑤1 Int. Cl.:
G02B 27/64 (2006.01)
F41G 7/22 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **01402747 .8**
⑧6 Fecha de presentación : **23.10.2001**
⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1203978**
⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **08.05.2002**

⑤4 Título: **Equipo óptico destinado a ser aerotransportado.**

③0 Prioridad: **24.10.2000 FR 00 13631**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2008

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2008

⑦3 Titular/es: **Thales**
173, boulevard Haussmann
75008 Paris, FR

⑦2 Inventor/es: **Pepin, Christian y**
Rollin, Joel

⑦4 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Equipo óptico destinado a ser aerotransportado.

La presente invención concierne al campo de los equipos ópticos destinados a ser aerotransportados. Un equipo óptico comprende un subconjunto óptico que tiene una línea de visión, por ejemplo, un sensor de luz y un emisor de luz. El sub-conjunto óptico está protegido del medio exterior por una envoltura exterior. La envoltura exterior comprende una funda continua móvil y al menos una ventana transparente en un campo espectral óptico dado. La ventana es solidaria de la funda continua y fijada con relación a la funda continua. La ventana permite una comunicación óptica entre el sub-conjunto óptico y el exterior. La funda continua móvil permite a la ventana, y a la línea de visión del sub-conjunto óptico cuyo desplazamiento es armonizado con el de la ventana, desplazarse en un campo angular importante del espacio exterior, por ejemplo efectuando un barrido en una parte de un espacio de observación durante el vuelo de la aeronave. En general, el sub-conjunto óptico está aislado de su estructura portadora por una suspensión anti-vibratoria que filtra los esfuerzos mecánicos.

De acuerdo al arte anterior, es conocido utilizar una ventana plana porque los movimientos residuales relativos entre la ventana y el sub-conjunto óptico son menos incómodos con una ventana plana que con una ventana no plana por ejemplo una ventana esférica.

En condiciones operacionales, el equipo óptico está integrado a una aeronave. La línea de visión del sub-conjunto óptico debe poder ser orientada en un campo angular importante, específicamente en el caso en que el equipo óptico tenga sensiblemente una forma de bola y donde la funda continua tiene una forma esférica. La ventana plana portada por la funda continua es entonces llevada a tomar posiciones con fuerte incidencia con relación a la dirección de desplazamiento de la aeronave en la que el equipo óptico está integrado, es decir que la normal exterior a la ventana puede hacer un ángulo importante con la dirección de desplazamiento de dicha aeronave, en particular, cuando el sub-conjunto óptico y también la ventana "miran" hacia atrás de dicha aeronave. La corriente aerodinámica al nivel de la ventana, es decir la corriente de aire delante de la ventana, es muy perturbada, es de hecho turbulenta. En efecto, las aristas en la interfase entre el plano de la ventana y la porción de esfera de la funda continua generan inicios de turbulencias haciendo turbulenta la corriente aerodinámica al nivel de la ventana. Esta corriente turbulenta delante de la pupila de entrada del sub-conjunto óptico implica por ejemplo pérdidas de resolución al nivel del sub-conjunto óptico que son incómodas, específicamente cuando el sub-conjunto óptico funciona en un campo espectral óptico de cortas longitudes de onda, por ejemplo, el visible o el infrarrojo cercano.

La invención se basa en la utilización, en el equipo óptico, de una ventana cuya superficie exterior esférica tiene una continuidad de forma con la superficie exterior de la funda continua. Esta continuidad de la forma es suficiente para no aumentar considerablemente las perturbaciones de la corriente aerodinámica al nivel de la ventana. Un aumento de estas perturbaciones deviene sustancial cuando, para la aplicación contemplada, este aumento de las perturbaciones degrade de manera significativa el funcionamiento del equipo óptico de acuerdo con la invención. Con el fin de disminuir fuertemente e incluso de eliminar los inconvenientes que constituyen los movimientos residuales relativos entre la ventana y el sub-conjunto óptico, la ventana se hace afocal.

De acuerdo con la invención según la reivindicación 1, se prevé un equipo óptico destinado para ser aerotransportado que comprende un sub-conjunto óptico protegido por una funda continua móvil y por una ventana solidaria con la funda continua y fijada con relación a la funda continua, caracterizado porque la ventana es afocal y porque la superficie exterior de la ventana es esférica, y porque la línea de visión del sub-conjunto óptico pasa por el centro de curvatura de la superficie exterior de la ventana, y porque la superficie exterior de la ventana presenta con la superficie exterior de la funda continua una continuidad de forma.

De acuerdo con la invención, se prevé también un equipo óptico destinado para ser aerotransportado que comprende una estructura portadora, un sub-conjunto óptico que tiene una línea de visión y que está a la vez suspendido de la estructura portadora y mecánicamente y aislado de la estructura portadora por una suspensión anti-vibratoria que filtra los esfuerzos mecánicos, una envoltura exterior que protege al sub-conjunto óptico del ambiente exterior, la envoltura exterior comprendiendo una funda continua móvil con relación a la estructura portadora y una ventana que permite una comunicación óptica en un campo espectral dado entre el sub-conjunto óptico y el exterior, la ventana estando rodeada por la funda continua y fijada con relación a la funda continua, caracterizado porque la superficie exterior de la ventana es esférica, porque la línea de visión del sub-conjunto óptico pasa por el centro de curvatura de la superficie exterior de la ventana en ausencia de esfuerzos mecánicos ejercidos sobre la estructura portadora, porque la superficie exterior de la ventana y la superficie exterior de la funda continua presentan una continuidad de forma entre ellas al nivel de la unión de manera de no aumentar sustancialmente las perturbaciones de la corriente aerodinámica en la ventana cualquiera que sea la posición relativa de la funda continua y de la estructura portadora, y porque la ventana comprende uno o más diópteros internos fijos con relación a la superficie exterior de la ventana, dicho o dichos diópteros internos haciendo la ventana afocal.

La invención será mejor comprendida y otras particularidades y ventajas aparecerán con la ayuda de la descripción a continuación y los dibujos adjuntos, dados a título de ejemplos donde:

- la figura 1 representa esquemáticamente la desviación de los haces luminosos inclinados al atravesar la ventana perteneciente a un equipo óptico de acuerdo con la invención;

- la figura 2 representa esquemáticamente la vista en corte de un primer modo de realización preferido de un equipo óptico de acuerdo con la invención;

5 - la figura 3 representa esquemáticamente la vista en corte de un segundo modo de realización de un equipo óptico de acuerdo con la invención.

La invención concierne a un equipo óptico destinado a ser aerotransportado. Un equipo óptico destinado a ser aerotransportado es un equipo destinado para ser integrado en una aeronave. El equipo óptico comprende un subconjunto óptico que tiene una línea de visión. El sub-conjunto óptico que tiene una línea de visión es, por ejemplo, uno o varios
10 sensores de luz o uno o varios emisores de luz o un dispositivo que reagrupa al mismo tiempo uno o varios emisores de luz y uno o varios sensores de luz.

El equipo óptico comprende una estructura portadora. El sub-conjunto óptico está suspendido de la estructura portadora. El sub-conjunto óptico está al mismo tiempo mecánicamente aislado de la estructura portadora por una
15 suspensión anti-vibratoria que filtra los esfuerzos mecánicos. Los esfuerzos mecánicos son por ejemplo vibraciones, choques, aceleraciones. Una atmósfera vibratoria importante podría generar imprecisiones por ejemplo al nivel de las imágenes proporcionadas por el sensor de luz cuando el sub-conjunto óptico comprende un sensor de luz. La suspensión anti-vibratoria comprende por ejemplo por una parte un bucle de estabilización giroscópico para filtrar los esfuerzos mecánicos a baja frecuencia y por otra parte, bloques de elastómeros para filtrar los esfuerzos mecánicos a alta frecuencia, la alta frecuencia comprendiendo preferentemente las frecuencias superiores a algunas decenas de Hertz, típicamente superiores a 30 Hertz.

El sub-conjunto óptico está protegido del medio exterior por una envoltura exterior. La envoltura exterior es preferentemente impermeable, garantizando una atmósfera seca y ventajosamente una temperatura controlada. La envoltura exterior comprende una funda continua móvil con relación a la estructura portadora y una ventana que permite una
25 comunicación óptica en un campo espectral dado entre el sub-conjunto óptico y el exterior. El campo espectral dado es un campo espectral óptico que comprende una o más rayas y/o una o más bandas espectrales en un campo que se extiende desde el ultravioleta al infrarrojo lejano. La ventana está rodeada por la funda continua y fijada con relación a la funda continua. La funda continua permite a la ventana, así como a la línea de visión del sub-conjunto óptico que es de preferencia estabilizado y cuyo desplazamiento es armonizado con el de la ventana, desplazarse en un campo angular importante del espacio exterior, por ejemplo efectuando un barrido en una porción de un espacio de observación dado, durante el vuelo de la aeronave, por ejemplo en el caso cuando el sub-conjunto óptico comprende por lo
30 menos un sensor luminoso. En el caso preferencial donde la ventana presenta una simetría de revolución, la línea de visión del sub-conjunto óptico y el eje de revolución de la ventana se armonizan, uno de los dos siendo generalmente esclavizado al otro. Al menos la parte útil de la ventana, es decir, la parte de la ventana por la cual pasa la información luminosa útil que circula entre el sub-conjunto óptico y el exterior, presenta por lo general una simetría de revolución.

La superficie exterior de la ventana es esférica, es decir, que esta superficie es una porción de esfera. La línea de visión del sub-conjunto óptico pasa por el centro de curvatura de la superficie exterior esférica de la ventana, cuando el
40 sub-conjunto óptico se encuentra en su posición de equilibrio, es decir, en ausencia de esfuerzos mecánicos ejercidos sobre la estructura portadora. De hecho, durante el vuelo de la aeronave, en condiciones operativas, la línea de visión pasará a las inmediaciones de ese centro de curvatura, por ejemplo, mediante la vibración o la oscilación alrededor a este centro de curvatura.

La superficie exterior de la ventana y la superficie exterior de la funda continua presentan una continuidad de forma entre ellas al nivel de su unión de manera de no aumentar sustancialmente las perturbaciones de la corriente aerodinámica al nivel de la ventana, y esto cualquiera que sea la posición relativa de la funda continua y de la estructura portadora, es decir, cualquiera que sea la posición que la funda continua pueda ser llevada a tomar con relación a la estructura portadora durante el desplazamiento de esta funda continua. Las perturbaciones de la corriente aerodinámica
50 al nivel de la ventana, es decir, en el exterior del equipo óptico y en las inmediaciones de la ventana, de hecho, delante de la ventana son muy molestas debido a que las mismas se sitúan sobre el camino de la línea de la vista de la sub-conjunto óptico.

La ventana comprende uno o varios diópteros internos fijados con relación a la superficie exterior de la ventana. Ese o esos diópteros internos hacen la ventana afocal, es decir, que sus características como por ejemplo los materiales constitutivos y dimensiones geométricas son seleccionados de manera que la ventana considerada globalmente, es decir, como elemento óptico yendo de su superficie exterior esférica a su superficie más interna, sea afocal, es decir, que todos los haces luminosos colimados a un lado de la ventana sean también colimados al otro lado de la ventana, después de atravesar la ventana. Con una ventana afocal, los movimientos de traslación relativos entre la ventana y el
60 sub-conjunto óptico ya no son incómodos, mientras que los movimientos de rotación relativos entre la ventana y el sub-conjunto óptico provocarían todavía una ligera desviación parásita cuya amplitud depende de la amplificación que presenta la ventana afocal.

La figura 1 representa esquemáticamente la desviación de los haces luminosos inclinados al atravesar la ventana perteneciente a un equipo óptico de acuerdo con la invención. Si se considera una ventana H globalmente afocal y que presenta una simetría de revolución alrededor de un eje de revolución representados en trazos mixtos en la figura 1. La ventana H puede descomponerse funcionalmente en una lente divergente DV situada del lado exterior de la ventana H ya que abarca la superficie exterior esférica de la ventana H y en una lente convergente CV situada

del lado interior de la ventana H. Las dos lentes DV y CV tienen el mismo eje de simetría ar y el mismo foco F. Sea A el centro del lente divergente DV y B el centro del lente convergente CV. Sea el haz luminoso f_0 que llega del exterior según una dirección paralela al eje de simetría ar de las lentes DV y CV. El sentido de propagación de los haces luminosos es representado por flechas en la figura 1. Después de atravesar las dos lentes de DV y CV, el haz luminoso f_0 se convirtió en el haz luminoso f_0' , que siempre es paralelo al eje de simetría ar. Por el contrario un haz luminoso f_1 que llega del exterior y cuya dirección representada en líneas punteadas en la figura 1 forma un ángulo el no nulo con el eje de simetría ar, se convierte, después de atravesar las lentes DV y CV, en un haz luminoso f_1' cuya dirección forma un ángulo θ_2 con el eje de simetría ar, el ángulo θ_2 siendo diferente del ángulo θ_1 . La desviación α sufrida por el haz luminoso f_1 al atravesar dos lentes DV y CV es decir al atravesar la ventana H, vale $\theta_1 - \theta_2$. Sea el valor de la perpendicular disminuido de la dirección del haz luminoso f_1 sobre el eje de simetría ar al nivel del foco F. Sean F_1 el valor de la longitud del segmento AF y F_2 el valor de la longitud del segmento BF. Sea G la amplificación de la ventana afocal H, G vale F_1/F_2 . Se tiene $\tan\theta_1 = a/F_1$ y $\tan\theta_2 = a/F_2$. Para pequeños ángulos, se pueden hacer las siguientes aproximaciones: $\tan\theta_1 = \theta_1$ y $\tan\theta_2 = \theta_2$. Se obtiene entonces $\alpha = a/F_1 - a/F_2$ es decir, teniendo en cuenta el valor de la amplificación G de la ventana afocal H, $\alpha = \theta_1(1-G)$. Así, para un movimiento de rotación parásito, relativo entre la ventana H y el sub-conjunto óptico, correspondiente a un ángulo θ_1 , un haz luminoso dado será desviado un ángulo que vale $\alpha = \theta_1(1-G)$.

Por lo tanto, para disminuir el efecto de los movimientos de rotación parásitos relativos entre la ventana afocal y el sub-conjunto óptico, más precisamente entre el eje de simetría de revolución de la ventana y la línea de visión del sub-conjunto óptico, es interesante hacer la amplificación G lo más cerca posible de 1. Hay varias formas, posiblemente combinables entre ellas, para hacer la amplificación de una ventana más cercana a 1. Por ejemplo, aumentar el radio de curvatura de la superficie exterior de la ventana, elegir como material constitutivo de la ventana un material de índice más bajo, disminuir el espesor de la ventana sin dejar de respetar el espesor mínimo requerido por los esfuerzos mecánicos que tendrá que sufrir la ventana en condiciones de operación durante el vuelo de la aeronave.

Ejemplos de la amplificación G obtenida se dan en la siguiente descripción, a nivel de ejemplos numéricos descritos más adelante. La amplificación G de la afocal es de preferencia lo suficientemente cerca a 1 para que, teniendo en cuenta el valor máximo de la amplitud de la relación entre los movimientos de rotación relativos entre el eje de simetría de revolución de la ventana y la línea de visión del sub-conjunto óptico, la desviación parásita de un haz luminoso que atraviesa la ventana es lo suficientemente baja para no perturbar de manera sustancial el funcionamiento del equipo óptico de acuerdo con la invención. Por ejemplo, si el sub-conjunto óptico es una cámara que comprende una matriz de detectores elementales que tienen un paso dado, el valor de la amplificación G de la ventana afocal será ventajosamente seleccionado de manera que la desviación parásita resultante del haz luminoso al nivel de la cámara no exceda la mitad del paso de detectores elementales de la matriz. La amplificación G es seleccionada de preferencia lo más cerca posible a 1. De preferencia, la amplificación G de la ventana afocal está comprendida entre 0,95 y 1. Una amplificación G cuyo valor no es lo suficientemente cercano a 1, a menudo necesitará una corrección suplementaria por ejemplo de naturaleza electrónica en la parte de tratamiento electrónico cuando es asociada al sub-conjunto óptico.

En el caso donde el equipo óptico comprende al menos dos vías ópticas con pupilas de entrada separadas, las dos vías ópticas pasan preferentemente a través de la misma ventana o a través de dos ventanas distintas, pero de igual amplificación. Cuando la línea de visión del sub-conjunto óptico es angularmente desplazada con la funda continua, es decir, con el eje de simetría de revolución o de las ventanas, una falta de armonización entre las vías ópticas es así evitada.

En el caso donde por ejemplo el sub-conjunto óptico comprende un dispositivo de imagen, existen de preferencia medios de corrección electrónicos integrados o asociados al sub-conjunto óptico que permiten corregir electrónicamente las imágenes. Estos medios de corrección electrónicos compensan el intervalo entre el eje de revolución de la ventana y la línea de visión del sub-conjunto óptico. En efecto, la desviación parásita del haz luminoso que atraviesa la ventana afocal se traduce por una traslación, sobre el sensor del dispositivo de imágenes que es por ejemplo una cámara, la imagen representando una porción del espacio de observación. Ahora bien, esta traslación depende del valor de la desviación angular entre el eje de simetría de revolución de la ventana y la línea de visión del dispositivo de imágenes. El valor de esta desviación angular puede ser conocido y se puede incluso medir en tiempo real por intermedio de la medición de las posiciones angulares respectivas de una parte de la línea de visión del dispositivo de imágenes y por otra parte de la funda continua. La corrección electrónica de las imágenes del sensor es posible en tiempo real a condición de que siempre la frecuencia de las oscilaciones parásitas provoquen la desviación parásita de los haces luminoso que atraviesan la ventana sean lo suficientemente bajos frente al inverso del tiempo de integración del sensor del dispositivo de imágenes. Por ejemplo, en el caso de una cámara numérica, la corrección puede reducirse a un cambio de dirección en una imagen digitalizada.

La ventana afocal tiene una superficie exterior que es esférica. Si la ventana es una ventana mono-elemento, es decir, que consta de un solo menisco, la superficie interior de la ventana no puede ser una simple superficie esférica concéntrica a la superficie exterior, porque entonces la ventana sería divergente en lugar de ser afocal. La superficie interior de la ventana que es entonces el único dióptero interno de la ventana es de preferencia esférica no concéntrica a la superficie exterior y/o asférica y/o difractiva es decir, que comprende al menos una red. Una superficie interna asférica y/o difractiva permite igualmente corregir o corregir mejor algunos defectos ópticos del equipo óptico de acuerdo con la invención. Una superficie interior difractiva permite, por ejemplo, incluir correcciones cromáticas en la ventana. Si la ventana es una ventana de dos elementos, es decir, que consta de dos meniscos, los diópteros internos en número de tres no pueden ser simples superficies esféricas concéntricas de la superficie exterior, porque entonces la

ventana sería divergente en lugar de ser afocal. Todo o parte de estos diópteros internos es preferentemente esférica no concéntrica a la superficie exterior y/o asférica y/o difractiva según el tipo de equipo óptico considerado. La ventana también puede ser multi-elemento y comprender entonces más de tres diópteros internos.

5 En un primer modo de realización preferencial la ventana es mono-elemento, la ventana está por lo tanto formada por un solo menisco. La superficie exterior de la ventana es esférica, y por tanto posee una potencia óptica que es divergente. El único dióptero interno de la ventana que es la superficie interior de la ventana, posee entonces una potencia óptica que es convergente de manera de hacer la ventana afocal. Con una ventana de dos elementos, es posible obtener una amplificación más próxima a 1 que con una ventana mono-elemento. Sin embargo, una vez
10 que se desvía del eje de simetría de revolución, la ventana de dos elementos presenta una ruptura de simetría más importante que la ventana mono-elemento, y en consecuencia, las aberraciones y los defectos de cromatismo son más difíciles de corregir con la ventana de dos elementos que con la ventana mono-elemento. Sin embargo, ya que con la ventana mono-elemento, las lentes funcionales divergentes y convergentes que constituyen la ventana globalmente afocal pueden ser llevadas muy cerca una de la otra, la amplificación de la ventana afocal así obtenida puede ser
15 entonces hecha suficientemente cerca de 1. Esa es la razón por la que la ventana mono-elemento es preferida a la ventana de dos elementos.

La figura 2 representa esquemáticamente la vista en corte de un ejemplo de equipo óptico de acuerdo con la invención que comprende una ventana mono-elemento. Por razones de claridad de la figura 2, ningún sombreado es
20 representado. El único menisco 10 que constituye la ventana afocal H tiene una superficie exterior 1 que es esférica y una superficie interior 2 que es por ejemplo esférica no concéntrica a la superficie exterior 1. La ventana H presenta un eje de simetría de revolución ar. La ventana H está integrada a una funda continua 50 cuya superficie exterior 51 presenta una continuidad de forma con la superficie exterior 1 de la ventana H al nivel de su unión 52. La funda continua 50 tiene de preferencia una forma esférica que le permite cubrir un amplio campo angular en el espacio. La
25 funda continua es móvil en rotación alrededor de su centro C que también es el centro de curvatura de la ventana H. Un sub-conjunto óptico 80 es suspendido de una estructura portadora 60 por una suspensión anti-vibratoria 70 la cual aísla mecánicamente el sub-conjunto óptico 80 filtrando los esfuerzos mecánicos provenientes de la estructura portadora 60. El sub-conjunto óptico 80 tiene una línea de visión LDV cuya armonización con el eje de simetría de revolución ar es garantizada por ejemplo a través de dos espejos M₁ y M₂, el espejo M₂ es una parte fija del sub-conjunto óptico
30 80 mientras que el espejo M₁, que está igualmente montado sobre el sub-conjunto óptico 80, es móvil en rotación alrededor del centro C de curvatura de la superficie exterior 1 de la ventana H, es decir más específicamente alrededor de un eje que pasa por el centro C de curvatura de la superficie exterior 1 de la ventana H en ausencia de esfuerzos mecánicos ejercidos sobre la estructura portadora 60. El sub-conjunto óptico 80 puede estar situado en la parte exterior del bucle formado por la funda continua 50 de superficie exterior 51 esférica.

35 En el caso donde el campo espectral de sensibilidad del sub-conjunto óptico 80 es una raya láser o una banda espectral estrecha como por ejemplo la banda visible o la banda cercana al infrarrojo, la superficie interior 2 del menisco consiste preferentemente en un dióptero que es por una parte esférico no concéntrico con la superficie exterior 1 de la ventana H y por otra parte difractivo. Un dióptero se hace difractivo por ejemplo por adjunción de un holograma.

40 En el caso donde el dióptero más interno 2 de la ventana H, es decir, la superficie interior de la ventana H, es esférica no concéntrica a la superficie exterior 1 de la ventana H, sean R₂ el radio de curvatura del dióptero 2 más interno de la ventana H, R₁ el radio de curvatura de la superficie exterior 1 de la ventana H, e el espesor de la ventana H al nivel de su centro, es decir, al nivel del eje de simetría ar de revolución, N el índice del material que constituye el
45 menisco 10, la siguiente relación es sensiblemente verificada:

$$R_2 = R_1 - e + \frac{e}{N}, \text{ para nacer la ventana H afocal.}$$

50 Considerando un ejemplo numérico. El radio de curvatura R₁ es seleccionado igual a 200 mm. El radio de curvatura R₂ valdrá 180+20/N para e=20 mm y 190+10/N para e=10 mm, con N el índice del material que constituye el menisco 10, a fin de satisfacer la relación precedente. Los diferentes materiales utilizados son por ejemplo: el zafiro que tiene un índice que vale N=1,7; el ZnS que tiene un índice que vale N=2,2; el Silicio que tiene un índice que vale N=3,4. Los valores de amplificación G de la ventana afocal obtenidos se muestran en la siguiente tabla, para dos valores de
55 espesor y con un valor de 20 mm y 10 mm:

Espesor e	20mm	10mm
Índice N		
1, 7	G=0, 96	G=0, 98
2, 2	G=0, 95	G=0, 97
3, 4	G=0, 93	G=0, 96

ES 2 298 207 T3

El valor de la amplificación G ha sido obtenido por la siguiente fórmula $G = 1 - \frac{e(N-1)}{NR_1}$. El material preferido es el zafiro cuyo índice $N=1,7$ es la más bajo de los tres materiales considerados; además el zafiro es un material muy duro que ofrece una buena resistencia a los esfuerzos mecánicos, el zafiro es igualmente sensiblemente transparente en una gran banda espectral. Un espesor e más bajo permite una importante mejora en el rendimiento. En efecto, retomando la fórmula que da la desviación parásita α de los rayos luminosos que llegan bajo incidencia θ_1 no nula después de atravesar la ventana afocal de amplificación G, a saber, $\alpha = \theta_1 (1-G)$, se constata que un espesor dos veces más bajo (e valiendo 10 mm en lugar de 20 mm) permite reducir la desviación parásita α de un factor cercano a 2, lo que es muy interesante; a pesar de la reducción en el espesor e está limitado por un espesor mínimo necesario para que la ventana resista los esfuerzos mecánicos a los que será sometido en condiciones operacionales durante el vuelo de la aeronave portadora.

Examinando las ejecuciones de este ejemplo numérico considerando la desviación aberrante Δ vinculada al cromatismo que vale: $\Delta = \frac{\Phi^2}{8X}$, con Φ el diámetro de la pupila de entrada del sub-conjunto óptico, X la impresión de la imagen, en presencia de una deriva de índice relativo que vale 1%. La tabla siguiente dada, en función del índice N y del espesor e, los valores de la desviación aberrante Δ en μm :

Índice N	1, 7	2, 2
Espesor e		
10mm	$\Delta=5, 2\mu\text{m}$	$\Delta =6, 9\mu\text{m}$
20mm	$\Delta=10, 5\mu\text{m}$	$\Delta=13, 8\mu\text{m}$

El caso de una ventana de zafiro que tiene un espesor que vale 10 mm corresponde a la desviación aberrante más baja, y por lo tanto al mejor resultado.

En un segundo modo de realización, la ventana es de dos elementos, la ventana está entonces constituida por dos meniscos. La ventana está constituida por un menisco divergente dispuesto hacia el exterior de la ventana y un menisco convergente dispuesto hacia el interior de la ventana, los dos meniscos estando separados por un espacio de aire o por una capa de pegamento. Con la ventana de dos elementos, es posible obtener una amplificación más cercana a 1 que con la ventana mono-elemento. Sin embargo, una vez que se desvía del eje de simetría de revolución, la ventana de dos elementos presenta una ruptura de la simetría más importante que la ventana mono-elemento, y en consecuencia las aberraciones y los defectos de cromatismo son más difíciles de corregir con la ventana de dos elementos que con la ventana mono-elemento. Un ejemplo numérico posterior permitirá comparar las desviaciones aberrantes encontradas previamente para la ventana mono-elemento con las desviaciones aberrantes existentes para un ejemplo de ventana de dos elementos.

La figura 3 representa esquemáticamente la vista en corte de un ejemplo de equipo óptico de acuerdo con la invención que comprende una ventana de dos elementos. Por razones de claridad de la figura 3, ningún sombreado es representado. La diferencia esencial con el caso de la figura 2 descrita previamente representando un equipo óptico de acuerdo con la invención que comprende una ventana mono-elemento reside en la constitución de la propia ventana. La ventana H afocal de dos elementos consiste en un primer menisco divergente 10 que tiene una superficie exterior 1 que es esférica y una superficie interior 2. La superficie interior 2 puede ser por ejemplo esférica concéntrica con la superficie exterior 1, lo que permite el uso del primer menisco 10 de una ventana tradición clásica. La ventana H comprende igualmente un segundo menisco 30 que tiene un dióptero externo 3 y un dióptero interno 4 que es la superficie interior de la ventana H. Un espacio de aire 20 o una capa de pegamento 20 separan generalmente los dos meniscos 10 divergente y 30 convergente. El resto del equipo óptico es similar al que se describe al nivel de la figura 2.

Considerando un ejemplo numérico de una ventana de dos elementos que permite comparar las desviaciones aberrantes obtenidas con las obtenidas anteriormente para la ventana mono-elemento. El radio de curvatura R_1 es seleccionado igual a 200 mm. El radio de curvatura R_2 es seleccionado valiendo 165 mm debido a que es el valor que da sensiblemente los mejores resultados, es decir, las desviaciones aberrantes más bajas. El espesor de cada ventana es seleccionado igual a 10 mm. Dos valores diferentes del espacio inter-menisco el son considerados, a saber $e_i=30$ mm y $e_i=40$ mm. El espacio inter-menisco el es también el espesor del espacio de aire 20 o de la capa adhesiva 20. Los radios de curvatura R_3 y R_4 , respectivamente de los diópteros 3 y 4 del segundo menisco 30 son dados en las siguientes tablas con las desviaciones aberrantes Δ . El mismo material constituye cada uno de los dos meniscos 10 y 30. Una primera tabla es dada para el zafiro teniendo un índice que vale $N=1,7$:

ES 2 298 207 T3

ei	30mm	40mm
R ₃	1410mm	437mm
R ₄	-4400mm	733mm
Δ	6,8 μm	7,7 μm

Las desviaciones aberrantes $\Delta=6,8 \mu\text{m}$ y $\Delta=7,7 \mu\text{m}$ para la ventana de dos elementos se comparan con la desviación aberrante obtenida anteriormente para la ventana mono-elemento con un espesor de ventana que vale 10 mm, a saber, $\Delta=5,2 \mu\text{m}$. La desviación aberrante obtenida para la ventana mono-elemento es más baja que la obtenida para la ventana, de dos elementos, lo que hace la ventana mono-elemento más interesante a este respecto.

Una segunda tabla es dada para el ZnS teniendo un índice que vale $N=2,2$:

ei	30mm	40mm
R ₃	557mm	269mm
R ₄	1100mm	347mm
Δ	10,3 μm	13,8 μm

Las desviaciones aberrantes $\Delta=10,3 \mu\text{m}$ y $\Delta=13,8 \mu\text{m}$ para la ventana de dos elementos se comparan con la desviación aberrante obtenida anteriormente para la ventana mono-elemento con un espesor de ventana que vale 10 mm, a saber, $\Delta=6,9 \mu\text{m}$. La desviación aberrante obtenida para la ventana mono-elemento es más baja que la obtenida para la ventana de dos elementos, lo que hace que la ventana mono-elemento más interesante a este respecto.

En el caso de la ventana de dos elementos, el interior de los dos meniscos 10 y 30 de la ventana es de preferencia constituido por el mismo material para los dos meniscos 10 y 30. Así, la corrección del cromatismo, sobre todo cuando el equipo óptico de acuerdo con la invención trabaja en un campo espectral que es multi-banda, es facilitada. La variación, en función de la temperatura, del índice del material constitutivo de la ventana afocal de amplificación cercana a 1, se compensa por sí mismo, que no es el caso cuando los dos meniscos 10 y 30 están constituidos de diferentes materiales.

Tanto en el caso de la ventana mono-elemento como en el caso de la ventana de dos elementos, de manera opcional el dióptero más exterior del menisco más exterior de la ventana es recubierto con una película delgada de algunos micrómetros de DLC (por diamond light carbon en terminología anglo-sajona) o de fosfato de boro, con el fin de hacer la ventana más resistente a la erosión.

El campo espectral de sensibilidad del equipo óptico comprende de preferencia una parte del campo espectral visible y/o una parte del campo espectral cercano infrarrojo. Este campo espectral de sensibilidad está por ejemplo constituido por la banda visible o por la banda cercana infrarroja.

El equipo óptico es de preferencia un sistema de reconocimiento terrestre de largo alcance. El equipo óptico es entonces integrado en una aeronave cuya misión es por ejemplo la de recoger imágenes en el paisaje terrestre de un país vecino sin volar en el espacio aéreo de dicho país vecino. Este tipo de sistema tiene en efecto una resolución muy elevada que lo hace especialmente sensible a las turbulencias de la corriente aerodinámica al nivel de la ventana. En condiciones operacionales, el equipo óptico está montado en una aeronave o integrado en una aeronave. La aeronave es de preferencia rápida, es decir, que su velocidad de vuelo es comparable a la de un avión, en contraposición a las aeronaves de vuelo lento de tipo helicóptero.

REIVINDICACIONES

1. Equipo óptico destinado a ser aerotransportado que comprende un sub-conjunto óptico (80) que tiene una línea de visión (LDV), protegida por una funda continua (50) móvil y una ventana (H) solidaria a la funda continua (50) y fijada con relación a la funda continua (50), **caracterizado** porque la superficie exterior (1) de la ventana (H) es esférica, porque la línea de visión (LDV) del sub-conjunto óptico (80) pasa por el centro de curvatura (C) de la superficie exterior (1) de la ventana (H), y porque la superficie exterior (1) de la ventana (H) presenta con la superficie exterior (51) de la funda continua (50) una continuidad de forma, y porque la ventana (H) comprende uno o varios diópteros internos (2, 3, 4) fijados con relación a la superficie exterior (1) de la ventana (H), dicho o dichos diópteros internos (2, 3, 4) haciendo la ventana (H) afocal.

2. Equipo óptico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende una estructura portadora (60), el sub-conjunto óptico (80) siendo a la vez suspendido de la estructura portadora (60) y mecánicamente aislado de la estructura portadora (60) por una suspensión anti-vibratoria (70) que filtra los esfuerzos mecánicos, la línea de visión (LDV) del sub-conjunto óptico (80) que pasa por el centro de curvatura (C) de la superficie exterior (1) de la ventana (H) en ausencia de esfuerzos mecánicos ejercidos sobre la estructura portadora (60), la funda continua (50) siendo móvil con relación a la estructura portadora (60), y porque comprende una envoltura exterior (50, H) que protege el sub-conjunto óptico (80) del medio exterior, la envoltura exterior (50, H) comprendiendo la funda continua (50) y la ventana (H) que permite una comunicación óptica en un campo espectral dado entre el sub-conjunto óptico (80) y el exterior.

3. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la amplificación (G) de la ventana (H) afocal está comprendida entre 0,95 y 1.

4. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el equipo óptico comprende al menos dos vías ópticas que tienen pupilas de entrada separadas, y porque las dos vías ópticas pasan ya sea a través de la misma ventana (H) o a través de dos ventanas (H) distintas pero de igual amplificación (G).

5. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la ventana (H) presenta un eje de revolución (ar), porque el sub-conjunto óptico (80) comprende un dispositivo de imagen y medios de corrección electrónica de las imágenes compensando la desviación entre el eje de revolución (ar) de la ventana (H) y la línea de visión (LDV) del sub-conjunto óptico (80).

6. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la ventana (H) está constituida de un solo menisco (10).

7. Equipo óptico de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque la superficie interior (2) del menisco (10) consiste en un dióptero que es por una parte esférico no concéntrico con la superficie exterior (1) de la ventana (H) y otra parte difractivo.

8. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, **caracterizado** porque, R_2 siendo el radio de curvatura del dióptero más interno (2) de la ventana (H), R_1 siendo el radio de curvatura de la superficie exterior (1) ventana (H), e siendo el espesor de la ventana (H) al nivel de su centro, N siendo el índice del material que constituye dicho menisco (10), la siguiente relación es sensiblemente verificada: $R_2 = R_1 - e + \frac{e}{N}$.

9. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la ventana (H) está constituida por un menisco divergente (10) dispuesto hacia el exterior de la ventana (H) y por un menisco convergente (30) dispuesto hacia el interior de la ventana (H), los dos meniscos (10 y 30) estando separados por un espacio de aire (20) o por una capa de pegamento (20).

10. Equipo óptico de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque el material que constituye el interior de los dos meniscos (10 y 30) de la ventana (H) es el mismo.

11. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado** porque el material que constituye el interior del o de los meniscos (10, 30) es de zafiro teniendo un índice que vale sensiblemente $N=1,7$ o de ZnS teniendo un índice que vale sensiblemente $N=2,2$ o de Silicio teniendo un índice que vale sensiblemente $N=3,4$.

12. Equipo óptico de acuerdo con la reivindicación 6 a 11, **caracterizado** porque el dióptero más exterior (1) del menisco más exterior (10) de la ventana (H) está revestido con una película delgada de algunos micrómetros DLC o de fosfato de boro.

13. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el campo espectral dado comprende una parte del campo espectral visible y/o una parte del campo espectral cercano infrarrojo.

14. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la funda continua (50) tiene una forma esférica.

ES 2 298 207 T3

15. Equipo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** el equipo óptico es un sistema de reconocimiento terrestre de largo alcance.

5 16. Aeronave rápida **caracterizada** porque comprende un equipo óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

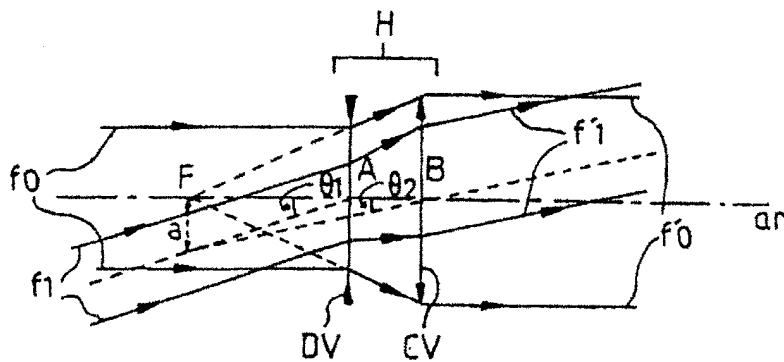


FIG. 1

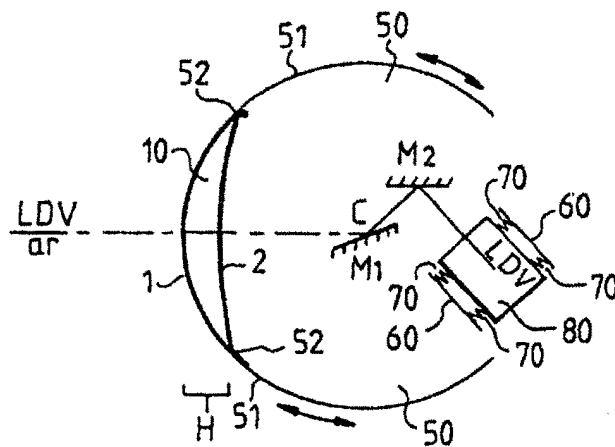


FIG. 2

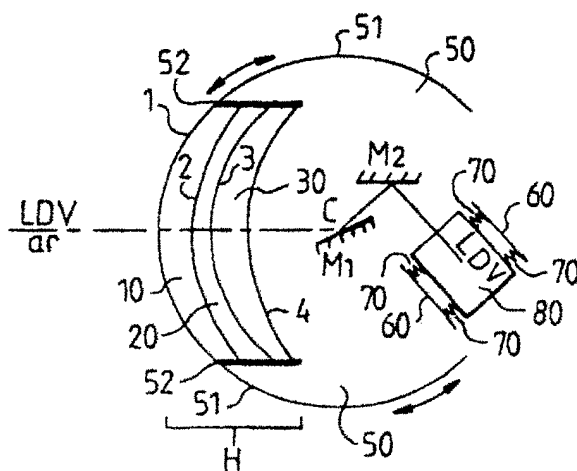


FIG.3