

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 530**

51 Int. Cl.:

**B64D 47/02** (2006.01)

**B64D 47/04** (2006.01)

**B64D 47/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2011** **E 11188140 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.01.2015** **EP 2450279**

54 Título: **Dispositivo de iluminación LED de un avión, en particular para maniobras de aterrizaje, despegue, rodaje en pista y búsqueda, y avión incluyendo dicho dispositivo**

30 Prioridad:

**05.11.2010 IT TO20100886**

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

**17.03.2015**

73 Titular/es:

**SIRIO PANEL S.P.A. (100.0%)  
Località Levanella Becorpi  
52025 Montevarchi, IT**

72 Inventor/es:

**FABBRI, FRANCESCO;  
VANNI, PAOLO y  
LA PAOLA, DAVIDE**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 531 530 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**

Dispositivo de iluminación LED de un avión, en particular para maniobras de aterrizaje, despegue, rodaje en pista y búsqueda, y avión incluyendo dicho dispositivo

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de iluminación LED para un avión, en particular para maniobras de aterrizaje, y/o despegue, y/o rodaje en pista, y/o búsqueda, a un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, y a un avión incluyendo dicho sistema de iluminación.

10 Como es conocido, los aviones (por ejemplo, aeroplanos, helicópteros, etc) habilitados para operaciones nocturnas tienen que llevar una pluralidad de sistemas de iluminación, necesarios durante las operaciones de despegue y aterrizaje (luces de aterrizaje), rodaje en pista (luces de rodaje en pista), y búsqueda (luces de búsqueda). Dichas luces pueden tener además funciones de señalización para otros aviones, para la torre de control, etc.

15 Los sistemas de iluminación usados para operaciones de aterrizaje son de crucial importancia en la medida en que realizan la función de iluminar la pista durante el despegue y el aterrizaje de modo que los pilotos puedan determinar visualmente las condiciones de la pista. Además, en algunos casos, las mismas luces pueden ser usadas por los operadores de la torre de control (y posiblemente por los pilotos de otros aviones) para identificación visual de la presencia y/o dirección de vuelo del avión provisto de dichos sistemas de iluminación.

20 En cambio, las luces de rodaje en pista se usan cuando el avión está circulando por tierra y tienen la función de mejorar la visibilidad de los pilotos, ante todo en aeropuertos pobremente iluminados. En cualquier caso, las luces de rodaje en pista se mantienen encendidas, conjuntamente con las luces de aterrizaje, durante las operaciones de despegue y aterrizaje para mejorar más la visibilidad de la pista.

25 Los sistemas de iluminación para aterrizaje, rodaje en pista y búsqueda deben estar configurados de manera que proporcionen una iluminación a larga distancia (cientos de metros), y en consecuencia deben generar un haz de luz de una intensidad muy alta. Las normas de aviónica, como, por ejemplo, MIL-L-006730, MIL-L-6503 y SAE ARP 693, requieren, para sistemas de iluminación de aterrizaje, un valor de intensidad de luz máxima superior a aproximadamente 300.000 cd, con una difusión de haz (definida como el ángulo en el que la intensidad de luz disminuye a 10% con respecto a la intensidad máxima) de aproximadamente 10°. Dichas normas de aviónica requieren una intensidad de luz máxima para luces de rodaje en pista superior a aproximadamente 50.000 cd, con una difusión de haz de aproximadamente 40° en el plano horizontal y 10° en el plano vertical.

35 Para cumplir los requisitos de rendimiento, los sistemas de iluminación de un tipo conocido incluyen una sola lámpara incandescente, lámpara halógena, o lámpara de descarga de alta intensidad (HID) colocadas a lo largo del eje central de un reflector cilíndrico o semiesférico, o generalmente parabólico. Dicha configuración la hace necesaria el hecho de que las fuentes de luz incandescentes, halógenas e HID emiten un haz de luz con un ángulo sólido de aproximadamente 4°; por esta razón, el reflector tiene por lo general la forma de un paraboloide de revolución, y, en consecuencia, el sistema de iluminación en conjunto asume una forma cilíndrica con un diámetro superior a 10 cm.

45 Las luces que incluyen lámparas incandescentes, lámparas halógenas y lámparas HID presentan la desventaja de que tienen pobre fiabilidad (éstas últimas de sólo unos pocos miles de horas), que se reduce más por los esfuerzos medioambientales intensos a los que se someten durante su duración de servicio. En consecuencia, por razones de seguridad, muchos aviones llevan una pluralidad de sistemas de iluminación de reserva, que aumentan el peso del avión propiamente dicho, así como un aumento de los costos de producción y mantenimiento. Además de la pobre fiabilidad, el consumo de las lámparas incandescentes o halógenas tampoco es despreciable (varios cientos de vatios).

50 Dado que la posición ideal de dichas luces es típicamente debajo del morro del avión, su forma y dimensión crean rozamiento con el aire en vuelo. Por esta razón, las luces están equipadas frecuentemente con un sistema mecánico para desplegar las luces, que incrementa el costo de la luz así como los costos de mantenimiento.

55 Se deberá tener presente que el rendimiento de iluminación requerido por las normas de aviónica debe ser garantizado en todas las condiciones reales en las que pueda encontrarse el avión, por lo tanto incluso a temperaturas superiores a 50°C. Además, el rendimiento contemplado por dichas normas también es necesario cuando el dispositivo de iluminación está al final de su duración de servicio, después de un cierto número de horas de funcionamiento. Por estas razones, los dispositivos de iluminación para aviones, al inicio de su duración de servicio y en condiciones de operación estándar (de ordinario, a aproximadamente 25°C), frecuentemente tienen que estar diseñados para garantizar una intensidad de iluminación que sea considerablemente más alta que la intensidad de iluminación teórica requerida. Una alta intensidad de iluminación es una causa de alta generación de calor por las fuentes de luz propiamente dichas, del tipo que sean. Dicho calor, si no se disipa apropiadamente, produce un acortamiento de la duración de servicio de dichas fuentes de luz o el fallo de las mismas. En consecuencia, hay que proporcionar disipadores de calor apropiados, al costo de un aumento de las dimensiones generales que requieren los sistemas de iluminación y del peso. Éste es otro problema de los sistemas de

iluminación de un tipo conocido.

El documento EP 2 131 104 describe sistemas y método para una iluminación LED de alta intensidad.

5 La finalidad de la presente invención es proporcionar un dispositivo de iluminación de un avión para maniobras de aterrizaje, despegue, rodaje en pista y búsqueda, un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, y un avión incluyendo el sistema de iluminación, que serán capaces de superar los inconvenientes de la técnica conocida. En particular, el dispositivo y sistema de iluminación según la presente invención son capaces de minimizar simultáneamente los niveles de consumo de energía, la tasa de fallos, el espacio ocupado y el peso, y al mismo tiempo satisfacer los requisitos de intensidad de luz y difusión de haz especificados en las normas de aviónica MIL-L-006730, MIL-L-6503 y SAE ARP 693.

10 Según la presente invención, se facilita un dispositivo de iluminación LED para un avión, un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, y un avión incluyendo dicho sistema de iluminación como los definidos en las reivindicaciones anexas.

Para una mejor comprensión de la presente invención, ahora se describen realizaciones preferidas, puramente a modo de ejemplo no limitador, con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

20 La figura 1a representa una vista en perspectiva de un dispositivo de iluminación según una realización de la presente invención.

La figura 1b representa, en vista en sección transversal lateral, el dispositivo de iluminación de la figura 1a.

25 La figura 2 ilustra el rendimiento del dispositivo de iluminación de la figura 1a y la figura 1b en términos de intensidad de luz angular en los planos XY (curva de línea continua) y XZ (curva de trazos).

30 Las figuras 3a-3d muestran en vista en perspectiva, a modo de comparación, respectivos dispositivos de iluminación provistos de reflectores parabólicos o semiparabólicos que tienen dimensiones de apertura, cuerda y curvatura diferentes uno de otro.

35 La figura 4 representa una tabla que muestra, a modo de comparación, los valores de intensidad máxima, difusión del haz de luz emitido, y eficiencia para cada una de las realizaciones de las figuras 3a-3d y con LEDs que tienen emisión lambertiana.

La figura 5 representa una tabla que muestra, a modo de comparación, los valores de intensidad máxima, difusión del haz de luz emitido, y eficiencia para cada una de las realizaciones de las figuras 3a-3d y con LEDs que tienen emisión no lambertiana y con capuchón semiesférico.

40 Las figuras 6a-6c muestran, en vista en perspectiva, a modo de comparación, respectivos dispositivos de iluminación que tienen diferentes reflectores confocales.

45 Las figuras 7a-7c muestran curvas de variación de intensidad de luz de los dispositivos de iluminación, respectivamente, de las figuras 6a-6c, para LEDs que tienen emisión lambertiana y para las respectivas dimensiones del chip LED.

50 Las figuras 8a-8c muestran curvas de variación de la intensidad de luz de los dispositivos de iluminación, respectivamente, de las figuras 6a-6c, para LEDs que tienen emisión no lambertiana y con capuchón semiesférico, para las respectivas dimensiones del chip LED.

La figura 9 representa una vista en perspectiva de un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, según una realización de la presente invención.

55 La figura 10 representa curvas de intensidad angular en los planos XY y XZ obtenidas por simulaciones ópticas del sistema de la figura 9.

La figura 11 representa una vista en perspectiva de un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, según otra realización de la presente invención.

60 La figura 12 representa curvas de intensidad angular en los planos XY y XZ obtenidas por simulaciones ópticas del sistema de la figura 11.

65 Las figuras 13a-13c muestran, en vista en sección transversal lateral, respectivas realizaciones de dispositivos de iluminación según la presente invención, con mejor eficiencia de disipación de calor.

La figura 14 representa, en vista en perspectiva, un dispositivo de iluminación con mejor eficiencia de disipación de

calor, según una realización de la presente invención.

La figura 15 representa un sistema de iluminación incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación de la figura 14.

5 Y la figura 16 representa un avión incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, y/o sistemas de iluminación según alguna de las realizaciones de las figuras 1a, 3a-3d, 6a-6c, 9, 11, 13a-13c, 14, 15.

10 Las figuras 1a y 1b muestran un dispositivo de iluminación según una realización no limitadora de la presente invención. El dispositivo de iluminación de las figuras 1a y 1b usa una fuente de luz LED (diodo fotoemisor). El solicitante ha hallado que las fuentes LED son especialmente ventajosas para uso en luces de aterrizaje, luces de rodaje en pista, o luces de búsqueda para aviones en la medida en que permiten una reducción considerable del consumo de energía (aproximadamente un tercio en comparación con las lámparas incandescentes o halógenas) y poseen una tasa de fallos baja (decenas de veces inferior a la de las lámparas incandescentes o halógenas).  
 15 Además, las fuentes LED emiten un haz de luz con un ángulo sólido inferior a  $2^\circ$ , mientras que otras fuentes de luz (lámparas incandescentes, o halógenas o HID) emiten un haz de luz con un ángulo sólido de aproximadamente  $4^\circ$ . Por lo tanto, es posible proporcionar reflectores y lámparas que tienen formas no cilíndricas, optimizando así el volumen ocupado y reduciendo el impacto aerodinámico. Así, no es necesario que el sistema de iluminación sea retráctil para la única finalidad de reducir el impacto aerodinámico. Para reducir los costos de producción, dichas  
 20 luces se pueden mantener en una posición fija o semifija fuera del avión propiamente dicho, con reducido impacto aerodinámico. También se reducen los pesos, en la medida en que no se necesita un motor adaptado para mover el sistema de iluminación.

25 En el documento número US 6.945.672 se propone un sistema de iluminación incluyendo un LED que descansa en una superficie plana reflectora, donde alrededor de dicha fuente se ha colocado un reflector curvado que tiene una forma cóncava semiparabólica. La invención se refiere a un faro de perfil bajo para vehículos de motor. Se proponen sistemas de iluminación similares en los documentos números US 7.513.642 y EP 1 596 125, que describen un faro para vehículos de motor y difieren del documento anterior número US 6.945.672 en que proponen un sistema más elaborado de luz colimante.

30 Dichas lámparas están diseñadas explícitamente para ser usadas como faros para vehículos de motor o, en general, para vehículos para uso en carretera. Los faros de este tipo deben garantizar una emisión de luz que tenga una intensidad de aproximadamente 30.000 cd a lo largo del eje de emisión del haz de luz. En cualquier caso, la intensidad de luz generada debe ser tal que no moleste a otros conductores y no cree peligro. Para esta finalidad,  
 35 hay que usar fuentes LED que sean capaces de proporcionar un flujo luminoso de algunos cientos de lúmenes.

40 En cambio, las lámparas o los sistemas de iluminación para uso en aviónica deben garantizar una intensidad mínima de la luz emitida (y por lo tanto, un flujo luminoso generado por la fuente LED) de aproximadamente un orden de magnitud más alto (intensidad de luz superior a 300.000 cd). Frecuentemente, dicho rendimiento debe ser garantizado también en condiciones de temperatura ambiente alta (por ejemplo,  $50^\circ\text{C}$  o más), desde el inicio del ciclo de vida del dispositivo de iluminación hasta el final del ciclo de vida contemplado para el dispositivo de iluminación. Dado que el uso intenso de cualquier dispositivo de iluminación produce una degradación de su rendimiento con el tiempo (la intensidad de luz emitida disminuye con el uso), para garantizar el rendimiento requerido también al final de la vida, es evidente que al inicio de su duración de servicio la intensidad máxima tendrá  
 45 que ser considerablemente superior a 300.000 cd. Esto significa que, si se adaptase una lámpara de un tipo conocido usado para avión para uso en vehículos de motor, habría que aumentar al menos un orden de magnitud el tamaño de dichas lámparas y en consecuencia su peso. Es evidente que dicha solución es impracticable y no competitiva.

50 Volviendo ahora a las figuras 1a y 1b, éstas ilustran, respectivamente en vista en perspectiva y vista lateral, un dispositivo de iluminación 1 incluyendo: una placa de soporte 2, por ejemplo una placa de circuitos impresos (PCB), dispuesta paralela a un plano horizontal XY; un LED 4, dispuesto en la placa de soporte 2; y un reflector 6, que está provisto de una superficie reflectora interna 6a, mirando al LED 4, que tiene una forma cóncava.

55 El LED 4 emite una radiación de luz 8, representada esquemáticamente en la figura con una pluralidad de flechas, que choca en un plano de irradiación 5, paralelo al plano horizontal XY, con un ángulo sólido definido por el ángulo de emisión del LED 4. El reflector 6 tiene forma análoga a una "rodaja" de semiparaboloide y está dispuesto mirando al LED 4 y de tal forma que reciba la radiación de luz 8 mediante su superficie interna 6a y refleje la radiación de luz 8 en una dirección sustancialmente paralela al plano horizontal XY, generando una radiación de luz reflejada 10. La radiación de luz reflejada 10 es suministrada entonces en salida por el dispositivo de iluminación 1 en una forma colimada, sustancialmente perpendicular a un plano de emisión 11 ortogonal al plano horizontal XY. Con más detalle, la superficie interna 6a del reflector 6 tiene una forma semiparabólica obtenida seccionando un semiparaboloide a lo largo de un primer plano de corte 13 y un segundo plano de corte 15, que son mutuamente paralelos y perpendiculares al plano horizontal XY. Los planos de corte primero y segundo 13, 15 también son paralelos a un eje 12 que pasa a través del LED 4. El eje 12 es el eje a lo largo del que está la intensidad máxima del flujo emitido por el LED 4. La superficie interna 6a incluye una porción de base curvada 6' que está  
 65

substancialmente en el plano horizontal XY en el que está la placa de soporte 2, una porción de borde superior curvada 6" a una distancia de la porción de base 6', y dos porciones laterales curvadas 6"" que conectan los extremos de la porción de base 6' con los respectivos extremos de la porción de borde superior 6".

5 La porción de base 6', de un tipo curvado, está en una parábola 9 (representada con una línea de trazos) que tiene una apertura  $d$  y una curvatura  $c$ . Los extremos de la porción de base 6' delimitan una cuerda  $w$  de la parábola 9. La cuerda  $w$  define la anchura de la superficie interna 6a del reflector 6 del dispositivo de iluminación 1.

10 El reflector 6 está delimitado además en su lados externos por regiones laterales 6b (solamente una región lateral 6b es visible en la figura 1) de tal forma que la anchura total  $w$  de la superficie interna 6a sea menor que el diámetro  $d$ .

15 El reflector 6 está configurado de tal forma que reciba solamente una porción de la radiación de luz total emitida por el LED 4 y en particular la radiación de luz 8 que tiene intensidad máxima. Dicha radiación de luz 8 es la emitida en una dirección substancialmente perpendicular al plano horizontal XY en el que está la placa de soporte 2 (dirección definida por el eje 12 que pasa a través del LED 4) y, según la realización de las figuras 1a y 1b, ortogonal al plano horizontal XY. Por lo tanto, las variables geométricas del dispositivo de iluminación 1 son la cuerda  $w$ , la apertura  $d$ , y la curvatura  $c$ . Las variables  $w$  y  $d$  asumen, preferiblemente y según sea preciso, valores comprendidos entre unos pocos milímetros y algunas decenas de milímetros; la variable  $c$ , en cambio, asume preferiblemente valores comprendidos entre  $0,01 \text{ mm}^{-1}$  y  $0,1 \text{ mm}^{-1}$ .

20 Estos valores, sin embargo, representan intervalos y una geometría general que el solicitante ha identificado como especialmente adecuados para un dispositivo de iluminación base, que usa una sola fuente de luz LED. Si es necesario, se puede acoplar una pluralidad de dispositivos de iluminación uno a otro (por ejemplo, colocándolos uno al lado de otro o proporcionándolos como un solo bloque) para obtener luces de aterrizaje, luces de rodaje en pista y  
25 luces de búsqueda para avión, minimizando así el volumen y el peso.

Si la aplicación específica así lo requiere, las variables  $w$ ,  $d$  y  $c$  pueden asumir valores inferiores o más altos que los intervalos indicados anteriormente. En una realización del dispositivo de iluminación 1, dichas variables asumen los valores siguientes:  $w = 40 \text{ mm}$ ,  $d = 100 \text{ mm}$ , y  $c = 0,04 \text{ mm}^{-1}$ . En esta realización del dispositivo de iluminación 1, los  
30 valores de cuerda  $w$  y apertura  $d$  se eligen de tal forma que sean capaces de combinar conjuntamente una pluralidad de dispositivos de iluminación del tipo ilustrado en la figura 1 disponiéndolos uno al lado de otro (lateralmente, o verticalmente alineados a lo largo del eje Z, por ejemplo de tal forma que las respectivas placas de soporte 2 miren una a otra), y obteniendo un sistema de iluminación modular que en cualquier caso pueda estar alojado en un espacio cilíndrico que tenga un diámetro base de 10 cm (véase, por ejemplo, las figuras 9 y 11). Estas  
35 dimensiones también permiten obtener una luz de aterrizaje que cumple los requisitos SAE ARP 693C usando cuatro módulos (cuatro fuentes de luz) que pueden estar en un espacio cilíndrico con un diámetro de 10 cm, es decir, similar, en términos de espacio ocupado, a las luces de aterrizaje de un tipo conocido. El sistema de iluminación modular así obtenido se puede montar en aviones preexistentes en lugar de las luces de aterrizaje, las  
40 luces de rodaje en pista o las luces de búsqueda de un tipo conocido (que generalmente, como se ha indicado, tienen una forma cilíndrica con un diámetro de 10 cm) sin necesidad de hacer modificaciones estructurales en el avión.

Dado que el LED 4 es la única fuente de luz del dispositivo fotoemisor 1, debe emitir un flujo luminoso de algunos miles de lúmenes para que el dispositivo fotoemisor 1 cumpla las normas de aviónica. Hay disponibles en el  
45 mercado fuentes LED configuradas para suministrar un flujo luminoso de al menos 1000 lúmenes. Dicha característica depende del tamaño del chip LED, que, para fuentes LED de alta potencia, es del rango de  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  a  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ . La emisión de una fuente LED puede ser considerada, en una primera aproximación, de un tipo lambertiano a aproximadamente la mitad del ángulo sólido. Sin embargo, las fuentes LED comúnmente disponibles en el mercado están generalmente protegidas por medio de un capuchón transparente de forma semiesférica. Dicho  
50 capuchón modela la radiación de luz emitida por la fuente LED limitando su emisión alrededor de un ángulo sólido que tiene una sección plana de aproximadamente  $120^\circ$ . Por lo tanto, la radiación de luz pierde la característica lambertiana. El proceso de optimización descrito a continuación ha sido implementado mediante simulaciones ópticas considerando tamaños de chip del rango de  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  a  $3 \times 3 \text{ mm}^2$  y la emisión del LED de un tipo lambertiano o modificada de otro modo por la presencia de un capuchón de vidrio semiesférico. Analizando estos  
55 casos extremos, los resultados pueden ser considerados como representativo del mayor parte de los LEDs de alta potencia disponibles en el mercado. En las simulaciones ópticas, el LED 4 emite un flujo luminoso de 1700 lm. Este valor se ofrece naturalmente a modo de ejemplo, pero es representativo de un LED de alta potencia que tiene un consumo de 20-25 W.

60 La figura 2 representa el rendimiento del dispositivo de iluminación de las figuras 1a y 1b en términos de la intensidad de luz angular en los planos XY (curva de línea continua) y XZ (curva de trazos). El rendimiento ilustrado en la figura 5 indica una intensidad máxima superior a 80.000 cd y una difusión de haz superior a  $14^\circ$  (plano XY) y  $10^\circ$  (plano XZ). Dicho rendimiento se ha obtenido mediante simulaciones ópticas, considerando un LED que tiene un tamaño de chip de  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ , capuchón semiesférico, y flujo luminoso de 1700 lúmenes. Estos resultados han sido  
65 confirmados por mediciones realizadas en un prototipo del dispositivo de iluminación que tiene dichas características.

Las figuras 3a-3d muestran respectivas realizaciones de módulos de iluminación para diferentes valores de apertura  $d$  y cuerda  $w$ . Los valores de apertura  $d$  y cuerda  $w$  en las cuatro situaciones de las figuras 3a-3d se indican en las tablas ilustradas en las figuras 4 (diodo de emisión lambertiana) y 5 (diodo de emisión no lambertiana); a saber: la figura 3a representa un dispositivo de iluminación que tiene apertura  $d = 70$  mm y cuerda  $w = 40$  mm; la figura 3b representa un dispositivo de iluminación que tiene apertura  $d = 100$  mm y cuerda  $w = 40$  mm; la figura 3c representa un dispositivo de iluminación que tiene apertura  $d = 70$  mm y cuerda  $w = 70$  mm; y la figura 3d representa un dispositivo de iluminación que tiene apertura  $d = 100$  mm y cuerda  $w = 100$  mm.

La comparación entre las cuatro realizaciones de las figuras 3a-3d ilustradas en las tablas de la figura 4 y la figura 5 se ha efectuado en términos de intensidad máxima (cd), difusión (grados) del haz de luz (mitad del ángulo para el que la intensidad es 10% de la intensidad máxima), y eficiencia (porcentaje de los lúmenes usados dentro del ángulo útil). Los resultados para las cuatro situaciones se indican en la tabla de la figura 4 en el caso de un LED 4 que tiene emisión lambertiana y en la tabla de la figura 5 en el caso de un LED 4 que tiene un capuchón semiesférico transparente y por lo tanto una emisión no lambertiana. Se deberá indicar que la realización de la figura 3b corresponde a la realización preferida ya descrita previamente con referencia a las figuras 1a y 1b, y aquí se indica para proporcionar una comparación más conveniente con las otras realizaciones.

Usando un LED 4 con emisión lambertiana, el solicitante ha hallado que, en la situación de la figura 3b, se obtiene un valor de eficiencia de 71%, un valor de intensidad máxima de 89.600 cd y un valor de anchura de haz de  $6^\circ$ . En cambio, usando un LED 4 provisto del capuchón semiesférico transparente, el solicitante ha hallado que, de nuevo en la situación de la figura 3b, se obtiene un valor de eficiencia de 93%, un valor de intensidad máxima de aproximadamente 82.733 cd, y un valor de anchura de haz de  $7^\circ$ . Los valores de los datos que aparecen en las tablas de las figuras 4 y 5 muestran que el dispositivo de iluminación de la figura 3b es un compromiso especialmente ventajoso si se compara con los valores de eficiencia, intensidad máxima, y anchura de haz obtenidos en las realizaciones de las figuras 3a, 3c, y 3d, en la medida en que la realización de la figura 3b presenta al mismo tiempo un estorbo/peso reducido y un buen nivel de rendimiento óptico. En particular en el caso de un LED 4 con capuchón semiesférico, es decir, el caso más común entre LEDs disponibles en el mercado, la solución de la figura 3b presenta una intensidad y eficiencia máxima sólo ligeramente inferiores a la situación de la figura 3d, pero un estorbo/peso de aproximadamente un tercio. La apertura  $d$  del reflector 6, que se tendría que maximizar, desempeña un papel importante compatible con los espacios disponibles.

En el análisis siguiente se considera la solución de la figura 3b ( $d = 100$  mm,  $w = 40$  mm) cuando varía el valor de curvatura  $c$ .

El LED 4 está fijado en la posición focal del reflector 6, y se comparan las geometrías correspondientes a las curvaturas  $c$  en el rango comprendido entre  $0,06 \text{ mm}^{-1}$  y  $0,02 \text{ mm}^{-1}$ , es decir, los casos de interés práctico. Las figuras 6a-6c muestran respectivos módulos de iluminación con valores de curvatura diferentes, en particular curvatura  $c = 0,06 \text{ mm}^{-1}$  (primer caso límite, figura 6a), curvatura  $c = 0,04 \text{ mm}^{-1}$  (caso intermedio, figura 6b), y curvatura  $c = 0,02 \text{ mm}^{-1}$  (segundo caso límite, figura 6c).

Con simulaciones ópticas, el solicitante ha observado la evolución de la intensidad máxima en función de la curvatura  $c$  del reflector 6 para las realizaciones de las figuras 6a-6c. Dicha evolución se ha observado en el caso de un LED 4 con emisión lambertiana (figuras 7a-7c) y con capuchón semiesférico (figuras 8a-8c).

Los gráficos de las figuras 7a y 8a consideran un tamaño del chip LED de  $1 \times 1 \text{ mm}^2$ ; los gráficos de las figuras 7b y 8b consideran un tamaño del chip LED de  $2 \times 2 \text{ mm}^2$ ; y los gráficos de las figuras 7c y 8c consideran un tamaño del chip LED de  $3 \times 3 = 9 \text{ mm}^2$ . Los valores de tamaño del chip LED elegido son representativos de la mayoría de los LEDs de alta potencia disponibles en el mercado.

A partir de los gráficos de las figuras 7a-7c y 8a-8c (donde la línea continua representa los resultados de las simulaciones, y la línea de trazos es un ajuste de dichos resultados), se puede indicar que en los tres casos analizados la intensidad máxima tiene un máximo a valores de curvatura  $c$  comprendidos entre  $0,03 \text{ mm}^{-1}$  y  $0,055 \text{ mm}^{-1}$ . En particular, el máximo se puede aproximar al valor de curvatura  $c = 0,04 \text{ mm}^{-1}$ .

En conclusión, se puede indicar que, considerando el valor de apertura  $d$  en un rango de 70-100 mm y el valor de cuerda  $w$  en un rango de 40-100 mm, el valor preferido de curvatura  $c$  es constante e igual a  $0,04 \text{ mm}^{-1}$ .

El dispositivo de iluminación 1, por ejemplo del tipo ilustrado en las figuras 1a, 1b y 3b, y descrito con referencia a dichas figuras, puede ser usado individualmente o como módulo base para hacer sistemas de iluminación más complejos con rendimiento más alto, para aplicaciones de aviónica.

La figura 9 representa, en vista en perspectiva, un sistema de iluminación 100, especialmente configurado para ser usado como luz de aterrizaje de un avión. El sistema de iluminación 100 incluye un primer sector 102 y un segundo sector 104, separados por una plataforma de soporte 101. En el primer sector 102 están alojados dos dispositivos de iluminación 1, mientras que en el segundo sector 104 están alojados otros dos dispositivos de iluminación 1,

similares a los dispositivos de iluminación 1 alojados en el primer sector 102.

En particular, el sistema de iluminación 100 incluye dispositivos de iluminación 1 provistos de un chip LED que tiene un tamaño de  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ , capuchón semiesférico, y flujo luminoso de 1700 lúmenes.

Los dispositivos de iluminación 1 de los sectores primero y segundo 102, 104 respectivamente miran y están fijados, mediante las respectivas placas de soporte 2, a lados opuestos de la plataforma de soporte 101. Todos los dispositivos de iluminación 1 del sistema de iluminación 100 están orientados en la misma dirección de modo que, en el uso, la radiación de luz 10 reflejada por alguno de los dispositivos de iluminación 1 sea sustancialmente paralela a la radiación de luz 10 reflejada por cada uno de los otros dispositivos de iluminación 1.

Dicha configuración permite obtener un sistema de iluminación 100 que tiene un peso y dimensiones considerablemente minimizadas.

Además, dado que cada dispositivo de iluminación 1 genera una radiación de luz reflejada 10 que tiene una intensidad máxima superior a 80.000 cd (tanto en el caso de emisión lambertiana como en el caso de emisión no lambertiana), el sistema de iluminación 100 cumple el requisito especificado por las normas de aviónica MIL-L-006730 y SAE ARP 693 (que requieren una intensidad máxima mínima de 300.000 cd). Estos resultados se han obtenido mediante simulación óptica del sistema de la figura 9.

La figura 10 representa curvas de intensidad de luz angular en los planos XY y XZ (curva de línea continua y curva de trazos, respectivamente). Además, de la figura 9 se deduce que el sistema de iluminación 100 también cumple los requisitos de dichas normas de aviónica relativos a la difusión del haz emitido, que deberá ser al menos  $14^\circ$  en el plano horizontal XY y al menos  $10^\circ$  en el plano vertical YZ (intensidad a 10% del valor máximo).

La figura 11 representa, en vista en perspectiva, un sistema de iluminación 200, especialmente adaptado para uso como luz de rodaje en pista de un avión, incluyendo cuatro módulos fotoemisores según la presente invención, por ejemplo dispositivos de iluminación 1 del tipo ilustrado en las figuras 1a, 1b, y 2b, y descrito con referencia a dichas figuras. De forma similar a la descrita con referencia a la figura 9, también según la realización de la figura 11, los dispositivos de iluminación 1 están dispuestos de dos en dos en un primer sector respectivo 202 y el segundo sector 204 y están orientados en una e idéntica dirección de emisión. Cada dispositivo de iluminación 1 del sistema de iluminación de la figura 10 está provisto de un reflector 6 que tiene una superficie interna 6a de forma análoga a una "rodaja" semiparabólica y definida por una parábola que tiene un valor de curvatura de  $0,055 \text{ mm}^{-1}$  y una constante cónica horizontal de 0,9. Dichos valores se han elegido con el fin de obtener una radiación de luz reflejada que tiene una difusión de haz más grande, en el plano horizontal XY, que la difusión de haz obtenida mediante el sistema de iluminación 100 de la figura 9. Con el fin de limitar el estorbo de los módulos montados, en este caso la apertura d del reflector elegida es de 70 mm. Además, para ampliar más la difusión de haz de la radiación de luz emitida 10, los dispositivos de iluminación 1 pertenecientes al primer sector 202 están dispuestos uno al lado de otro pero alternativamente en planos inclinados uno con respecto a otro. Por ejemplo, el dispositivo de iluminación 1 dispuesto a la derecha (mirando en la figura) en el primer sector 202 está dispuesto de modo que su propia placa de soporte 2 sea paralela al plano horizontal XY, mientras que el dispositivo de iluminación 1 dispuesto a la izquierda (mirando en la figura) en el primer sector 202 está dispuesto de modo que su propia placa de soporte 2 esté inclinada con respecto al plano horizontal XY, en particular inclinada un ángulo  $\alpha$  de  $16,5^\circ$  en la dirección positiva del eje Z. Los dispositivos de iluminación 1 pertenecientes al segundo sector 204 están dispuestos de forma similar a la descrita con respecto a los dispositivos de iluminación 1 pertenecientes al primer sector 202, pero en este caso el dispositivo de iluminación 1 dispuesto a la izquierda (mirando en la figura) en el segundo sector 204 está dispuesto con su propia placa de soporte 2 paralela al plano horizontal XY, mientras que el dispositivo de iluminación 1 dispuesto a la derecha (mirando en la figura) en el segundo sector 204 está dispuesto con su propia placa de soporte 2 inclinada con respecto al plano horizontal XY un ángulo  $\beta$ , de un valor igual al valor elegido para el ángulo  $\alpha$ , pero en la dirección negativa del eje Z.

Los LEDs 4 usados tienen las mismas características que los LEDs usados en el sistema de iluminación 100 de la figura 9.

Dicha disposición mutua de los dispositivos de iluminación 1 se puede implementar, por ejemplo, proporcionando una plataforma de soporte 206 que esté en un plano paralelo al plano horizontal XY y provista de elementos espaciadores apropiados 208 y 209, por ejemplo en forma de cuña, adaptados para soportar los dispositivos de iluminación 1 en una posición inclinada, con respecto a un plano horizontal XY en el que está la plataforma de soporte 206, respectivos ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .

La realización del sistema de iluminación 200 de la figura 11 permite la generación de una radiación de luz reflejada total del sistema de iluminación 200 que tiene una difusión de haz mayor que la emitida por el sistema de iluminación 100 y en particular adaptada a aplicaciones del tipo de luz de rodaje en pista.

La figura 12 representa la intensidad de luz angular obtenida por simulación óptica del sistema de iluminación 200 (la curva de línea continua se refiere al plano XY, mientras que la curva de trazos se refiere al plano XZ). De la figura

12 se deduce que la realización de la figura 11 permite obtener una intensidad máxima superior a 50.000 cd y una difusión de haz superior a 40° en el plano XZ y superior a 10° en el plano XY, y por lo tanto cumple los requisitos contemplados por las normas de aviónica relativos a las luces de rodaje en pista.

5 Lo previamente ilustrado con referencia a todas las realizaciones descritas y a las simulaciones correspondientes se basa en el supuesto de que el LED 4 generará un flujo luminoso de 1000 lúmenes (o más, hasta algunos miles de lúmenes). Este supuesto halla confirmación práctica dado que los LEDs de última generación garantizan dicho rendimiento. Sin embargo, esto implica que en la zona de cada LED 4 o placa de soporte 2, se generarán 20W o más de calor (equivalente a una densidad de potencia superior a 2 W/mm<sup>2</sup>). Este calor debe ser disipado de forma efectiva; si no fuese así, el calor generado permanecería confinado cerca del LED 4, y podría ocasionar un aumento no controlado de la temperatura del LED 4, con el consiguiente fallo del LED, o la degradación de su rendimiento. En consecuencia, ya no se garantizaría el rendimiento mínimo requerido por las normas de aviónica, poniendo en peligro el grado de seguridad del avión durante el uso.

15 El solicitante ha hallado que un aumento de la temperatura en la zona del LED 4 (medida al nivel del paquete que suele alojar los LEDs) comprendida entre aproximadamente 100°C y 150°C produce una disminución considerable de la eficiencia del LED 4; por encima de dicho nivel de temperatura se observa en cambio fallo del LED 4, que deja de funcionar.

20 El problema de la regulación de la temperatura del dispositivo de iluminación 1 resulta aún más problemático por el hecho de que la operación del dispositivo de iluminación 1, para que sea de interés en el campo de la aviónica, debe ser garantizada en todas las condiciones operativas en las que se pueda encontrar el avión en el que se monte el dispositivo de iluminación 1, por ejemplo a temperaturas ambiente superiores a 50°C.

25 Para favorecer la disipación de calor, los dispositivos de iluminación LED de un tipo conocido están equipados con frecuencia con disipadores de calor de tamaño y peso no despreciables. Estos disipadores de calor producen un aumento considerable del peso del dispositivo de iluminación 1, como igualmente su estorbo. El peso y el estorbo son, como es conocido, parámetros críticos de la industria aviónica, y siempre se deben reducir al mínimo. En consecuencia, las soluciones conocidas no son aceptables.

30 Según una realización de la presente invención (véase la figura 13a, donde los elementos comunes a los de la figura 2b no se describen más), con el fin de garantizar la eficiencia alta de la disipación del calor generado, en el uso, por el LED 4, y de mantener al tiempo mismo un peso bajo y unas pequeñas dimensiones generales, el LED 4 está en contacto térmico directo con la placa de soporte 2, y, a su vez, ésta última está en contacto térmico directo con el reflector 6. Para esta finalidad, la placa de soporte 2 incluye uno o más recorridos térmicamente conductores 300 adaptados para conectar térmicamente la placa de soporte 2 (en particular, la región de ésta última donde se aloja el LED 4) al reflector 6. Dichos recorridos térmicamente conductores 300 (de los que solamente se ilustra uno en la figura 13a) se han formado, por ejemplo, en una superficie inferior 2b de la placa de soporte 2, enfrente (a lo largo del eje Z) de la superficie 2a donde está colocado el LED 4.

40 El reflector 6 incluye al menos una capa externa 301 hecha de material conductor térmico (por ejemplo, un metal que tiene un alto valor de conductividad térmica, por ejemplo, aluminio o cobre), que recubre la superficie externa 6c del reflector 6, que está térmicamente acoplada directamente a los recorridos térmicamente conductores 300 (por ejemplo, por medio de soldadura), sin regiones de interfaz que podrían degradar el acoplamiento térmico. Para favorecer el contacto entre los recorridos térmicamente conductores 300 y la capa externa 301 del reflector 6, dichos recorridos térmicamente conductores 300 se pueden extender también en las superficies laterales 2c de la placa de soporte 2.

50 Se puede contemplar posibles interfaces entre los recorridos térmicamente conductores 300 y la capa externa 301 del reflector 6 en el caso donde el material que forma dichas interfaces tenga un coeficiente de resistencia térmica inferior al del material o materiales que forme o formen los recorridos térmicamente conductores 300 y la capa externa 301 del reflector 6 (por ejemplo, se puede usar una cola conductora).

55 Los recorridos térmicamente conductores 300 y la capa externa hecha de material conductor térmico del reflector 6 se hacen, por ejemplo, de material metálico (por ejemplo, aluminio).

60 De esta forma, el reflector 6 actúa como elemento disipador con respecto al calor generado por el LED 4. También los recorridos térmicamente conductores 300 actúan como elementos disipadores con respecto al calor generado por el LED 4. Según la realización de la figura 13a, la superficie a través de la que tiene lugar disipación de calor es especialmente amplia, sin un aumento significativo del tamaño y del peso del dispositivo de iluminación 1 en comparación con el caso de la figura 2b.

65 La realización ilustrada en la figura 13a, en particular con referencia a la presencia de los recorridos térmicamente conductores 300 y de la capa externa 301 que recubre la superficie externa 6c del reflector 6, se puede aplicar a cualquiera de las realizaciones descritas previamente con referencia a las figuras 1a, 1b, 3a-3d, 6a-6c.



Según otra realización (figura 13b), la superficie inferior 2b de la placa de soporte 2 y la superficie externa 6c del reflector 6 se recubren con una sola capa de material conductor térmico (designado con el número de referencia 305, por ejemplo material metálico que tiene un alto valor de conductividad térmica, por ejemplo, aluminio o cobre) que envuelve completamente el dispositivo de iluminación 1 en el exterior (en consecuencia, a excepción de la superficie interna 6a del reflector 6, que, dado el requisito de reflejar efectivamente la radiación de luz 8, se podría hacer de un material diferente).

La realización ilustrada en la figura 13b, en particular con referencia a la presencia de la única capa 305 que recubre completamente el dispositivo de iluminación 1 por fuera, se puede aplicar a cualquiera de las realizaciones descritas previamente con referencia a las figuras 1a, 1b, 3a-3d, 6a-6c.

Según otra realización, ilustrada en la figura 13c, el dispositivo de iluminación 1 incluye: un reflector 6 hecho de una sola pieza de un material conductor térmico, por ejemplo un metal que tenga un alto valor de conductividad térmica, tal como aluminio; y una superficie de apoyo 306, que también se hace de una sola pieza de un material conductor térmico, por ejemplo un metal que tenga un alto valor de conductividad térmica, tal como aluminio. El reflector 6 y la superficie de apoyo 306 están térmicamente acoplados uno a otro, por ejemplo por soldadura. Alternativamente, el reflector 6 y la superficie de apoyo 306 están formados como una sola pieza hecha de material conductor térmico, por ejemplo un metal que tenga un alto valor de conductividad térmica, tal como aluminio. La superficie interna 6a del reflector 6 puede estar recubierta, en cualquier caso, con un material diferente de aquel del que se hace el reflector 6, y elegido según las características deseadas de reflexión de la radiación de luz 8. La superficie de apoyo 306 tiene la función de soportar la placa de soporte 2 que aloja el LED 4 y funciona al mismo tiempo como disipador del calor generado, en el uso, por el LED 4. Dado que la superficie de apoyo 306 y el reflector 6 están acoplados térmicamente conjuntamente (preferiblemente, se hacen de una sola pieza), también el reflector 6 funciona como disipador del calor generado por el LED 4.

La realización ilustrada en la figura 13c, en la que hay una superficie de apoyo 306 para alojar la placa de soporte 2 térmicamente acoplada directamente al reflector 6 (en particular, hecha como una sola pieza de material conductor térmico), se puede aplicar a cualquiera de las realizaciones descritas previamente con referencia a las figuras 1a, 1b, 3a-3d, 6a-6c.

Independientemente de las realizaciones de las figuras 13a-13c, las características de emisión de luz y las características relativas a la forma y los parámetros críticos del dispositivo de iluminación 1 (como se ha descrito previamente) no se han alterado.

La figura 14 representa, en vista en perspectiva, un dispositivo de iluminación 1' según otra realización de la presente invención.

El dispositivo de iluminación 1' de la figura 14 tiene una estructura similar a la de la figura 13c, e incluye la superficie de apoyo 306 y el reflector 6 hechos de una sola pieza de material conductor térmico (en particular metal, por ejemplo aluminio). La placa de soporte 2, que aloja el LED 4, está dispuesta en la superficie de apoyo 306, en contacto térmico directo con ésta última (por ejemplo, acoplada a la superficie de apoyo por medio de una cola conductora o tornillos, u otro medio de fijación). La superficie de apoyo 306 incluye además una pluralidad de aletas 310, formadas en una posición correspondiente a un lado 306b de la superficie de apoyo 306 opuesto a un lado 306a de la superficie de apoyo 306 donde está dispuesta la placa de soporte 2. Las aletas 310 garantizan un intercambio térmico aún más eficiente con el entorno circundante. La superficie de intercambio térmico del dispositivo de iluminación 1' de la figura 14 la representa en consecuencia la superficie definida por las aletas 310 y por la superficie externa 6c del reflector 6. Se deberá indicar que por "superficie externa" se entiende aquí toda la superficie del reflector 6 y de la superficie de apoyo 306, a excepción posiblemente de la superficie interna 6a del reflector. Sin embargo, en el caso donde también la superficie interna 6a se hace de material conductor térmico, también ésta participa en la dispersión de calor.

La realización de la figura 14, donde hay una superficie de apoyo 306 para alojar la placa de soporte 2 hecha como una sola pieza de material conductor térmico, y donde la superficie de apoyo 306 tiene aletas 310, se puede facilitar según las características dimensionales y las características de rendimiento descritas con referencia a cualquiera de las realizaciones de las figuras 1a, 1b, 3a-3d, 6a-6c.

Es evidente que es posible cualquier otra realización, obtenida a partir de cualquier combinación de las realizaciones de las figuras 1a, 1b, 3a-3d, 6a-6c, 13a-13c y 14. Por ejemplo, es posible formar el recorrido térmicamente conductor 300 de la figura 13a de modo que presente una aspereza superficial que tenga la función de maximizar la superficie de intercambio térmico (por ejemplo, aletas similares a las aletas 310 de la figura 14).

La figura 15 representa, en vista en perspectiva según una realización de la presente invención, un sistema de iluminación 400 incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación 1' del tipo ilustrado en la figura 14. Es evidente que lo descrito con referencia a la figura 15 puede ser aplicado a dispositivos de iluminación 1 según cualquiera de las realizaciones descritas previamente. Alternativamente, los dispositivos de iluminación 1, 1' del sistema de iluminación 400 se pueden elegir combinando alguna de las realizaciones descritas previamente con la

realización de la figura 14.

El sistema de iluminación 400 incluye un primer sector 402 y un segundo sector 404. En el primer sector 402 están alojados dos dispositivos de iluminación 1', y en el segundo sector 404 están alojados otros dos dispositivos de iluminación 1', similares a los dispositivos de iluminación 1' alojados en el primer sector 402. Es evidente que cada sector puede incluir más de dos dispositivos de iluminación 1' en cada sector 402, 404.

En particular, el sistema de iluminación 400 incluye dispositivos de iluminación 1' provistos de un chip LED que tiene un tamaño de  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ , capuchón semiesférico, y flujo luminoso de 1700 lúmenes.

Los dispositivos de iluminación 1' del primer sector 402 están dispuestos mirando y fijados, mediante las respectivas placas de soporte 2, a una superficie de apoyo 407. Los dispositivos de iluminación 1' del segundo sector 404 están dispuestos mirando y fijados, mediante las respectivas placas de soporte 2, a una superficie de apoyo respectiva (no visible en la figura), similar a la superficie de apoyo 407.

Todos los dispositivos de iluminación 1' del sistema de iluminación 400 están orientados en una e idéntica dirección de modo que, en el uso, la radiación de luz 10 reflejada por cualquiera de los dispositivos de iluminación 1' sea sustancialmente paralela a la radiación de luz 10 reflejada por cada uno de los otros dispositivos de iluminación 1'.

Son posibles otras realizaciones, por ejemplo del tipo ilustrado en la figura 11, donde no todas las radiaciones de luz reflejada 10 son paralelas una a otra.

Con el fin de disipar de forma eficiente el calor generado por los dispositivos de iluminación 1' sin afectar significativamente al peso y al tamaño del sistema de iluminación 400, los dispositivos de iluminación 1' están alojados dentro de una caja 410 hecha de material conductor térmico, por ejemplo un metal que tiene un alto valor de conductividad térmica, por ejemplo aluminio. En concreto, la caja 410 tiene una forma cuadrangular, que define una cavidad interna definida por cuatro paredes de la caja 410. La caja 410 está provista de una abertura delantera 411, y en la cavidad interna están alojados los dispositivos de iluminación 1' y las superficies de apoyo 407 de éstos últimos. Más en concreto aún, las superficies de apoyo 407 están dispuestas de tal forma que estén en contacto térmico directo con respectivas paredes internas, diametralmente opuestas una a otra, de la caja 410.

La abertura delantera 411 se puede cerrar por medio de un panel protector hecho de material transparente a la radiación de luz reflejada 10.

Cada superficie de apoyo 407 está fijada a (por ejemplo, se hace de una sola pieza con) una pluralidad de reflectores 6; de esta forma, los dispositivos de iluminación 1' que forman el sistema de iluminación 400 comparten una e idéntica superficie de apoyo 407. Una superficie de apoyo 407, conjuntamente con los reflectores 6 fijados a ella, está térmicamente acoplada directamente a un primer lado interno 410a de la caja 410, mientras que la otra superficie de apoyo 407, conjuntamente con los reflectores 6 fijados a ella, está térmicamente acoplada directamente a un segundo lado interno 410b de la caja 410, opuesto al primer lado interno 410a a lo largo del eje Z. De esta forma, los reflectores 6 pertenecientes al primer sector 402 están verticalmente alineados (a lo largo del eje Z) a respectivos reflectores 6 pertenecientes al segundo sector 404.

La caja 410 incluye además aletas de disipación de calor 415, dispuestas fuera de la caja 410 en zonas correspondientes a los lados internos primero y segundo 410a, 410b (solamente las aletas 415 dispuestas en una zona correspondiente al segundo lado interno 410b son visibles en la figura). De esta forma, tanto para el primer sector 402 como para el segundo sector 404, los LEDs 4, las placas de soporte 2, las superficies de apoyo 407, la caja 410, y las aletas de disipación de calor 415 están en conexión térmica directa uno con otro, sin interfaces. Se puede contemplar posibles interfaces entre uno o más de los elementos que forman el sistema de iluminación 400 mencionado anteriormente en el caso donde dichas interfaces se hagan de un material que tenga un coeficiente de resistencia térmica inferior al del material/materiales que forme/formen dichos elementos del sistema de iluminación 400.

Según una realización, las superficies de apoyo 407, los reflectores 6, la caja 410 y las aletas de disipación de calor 415 se hacen de una sola pieza. De esta forma, se evita toda formación de cavidades de aire que se podrían generar en el caso donde las superficies de apoyo 407 y los reflectores 6 se acoplan a la caja 410 en un paso posterior. De hecho, dichas cavidades de aire limitarían la eficiencia de disipación de calor.

Según una realización (no ilustrada) alternativa a la de la figura 15, las superficies de apoyo 407 no están presentes, y las placas de soporte 2 están directamente acopladas a los lados respectivos 410a, 410b de la caja 410.

Según otra realización (no ilustrada), la caja 410 no está presente, y las superficies de apoyo 407, los reflectores 6 y las aletas 415 se hacen de una sola pieza en la ausencia de la protección externa adicional que ofrece la caja 410.

Con referencia a las realizaciones de las figuras 13a-13c, 14, 15, los valores de conductividad térmica aceptables para los elementos que forman el disipador de calor del dispositivo y del sistema de iluminación según la presente

invención (en particular, los recorridos conductores 300, la capa externa 301, la capa de recubrimiento 305, la base de soporte 306 y el reflector 6 de la figura 13c, la base de soporte 306, el reflector 6, y las aletas 310 de la figura 14, la caja 410, las aletas 415, y la base de soporte 407 de la figura 15) son iguales o superiores a aproximadamente  $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , preferiblemente superiores a aproximadamente  $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

5 La posibilidad de proporcionar sistemas de iluminación modulares, incluyendo una pluralidad de dispositivos de iluminación, permite la optimización del espacio ocupado por dichos sistemas de iluminación para adaptarlo a cada avión en el que se monten los sistemas de iluminación.

10 Por ejemplo, con referencia a la figura 15, es posible inclinar la superficie interna 6a del reflector 6 de uno o más dispositivos de iluminación 1' con respecto al plano horizontal XY con el fin de obtener un haz de luz reflejada inclinado 10, de forma similar a lo ilustrado en la figura 11 y descrito con referencia a dicha figura.

15 En algunos casos, puede ser útil seccionar lateralmente el dispositivo de iluminación 1, 1' (a lo largo de las regiones laterales 6b) con planos 13 y 15 que no sean mutuamente paralelos, sino inclinados con el fin de cortar una cuña del paraboloide de revolución en lugar de una sección; de esta forma, es posible minimizar más el volumen y el peso del dispositivo de iluminación.

20 En otros casos, la superficie interna 6a del reflector 6 se puede obtener, en lugar de como sección del semiparaboloide entre dos planos paralelos, como intersección del semiparaboloide, por ejemplo, con un cono con una base circular o elíptico con eje coincidente con el eje 12 del LED 4. De esta forma, se recoge la parte más energética de la radiación emitida por el LED 4, que es alrededor de su eje 12, y es posible minimizar el peso y el volumen reduciendo la parte útil del reflector. El haz de luz reflejada 10 que se obtiene en este caso presenta contornos más afilados, dado que la superficie reflectora se corta alrededor del eje 12 del LED 4.

25 La figura 16 representa en vista superior, un avión 500, en particular un avión para uso civil, provisto de una pluralidad de sistemas de iluminación 510-518. Realizaciones alternativas (no ilustradas en la figura) pueden contemplar el uso de un solo sistema de iluminación.

30 Cada uno de los sistemas de iluminación 510-518 se elige entre los sistemas de iluminación 100, 200, y 400 descritos con referencia a las figuras 9, 11, y 15, respectivamente. El mejor rendimiento se obtiene, como se ha explicado previamente, en el caso de usar el sistema de iluminación 400, que garantiza la máxima disipación de calor manteniendo bajo el peso y pequeñas las dimensiones generales.

35 Es evidente que, según otras realizaciones de la presente invención, uno o varios sistemas de iluminación 510-518 del avión 500 pueden incluir un solo dispositivo de iluminación 1, 1' según la presente invención (en particular, uno de los módulos fotoemisores de las figuras 3a-3d, 6a-6c, 13a-13c, 14).

40 Además, según otras realizaciones de la presente invención, uno o varios sistemas de iluminación 510-518 del avión 500 pueden incluir una pluralidad de dispositivos de iluminación 1, 1' dispuestos uno al lado de otro según configuraciones diferentes de las ilustradas en las figuras 9, 11, y 15. El avión 500 incluye, según la realización de la figura 15, un primer sistema de iluminación 510 y un segundo sistema de iluminación 511 dispuestos cerca del morro 501 del avión 500. Los sistemas de iluminación primero y segundo 510, 511 generan, en el uso, un haz de luz respectivo 610, 611 en una dirección al menos parcialmente frontal (eje F de la figura 15), y tienen la función de luces de aterrizaje. El avión 500 incluye además un tercer sistema de iluminación 512, que también está dispuesto cerca del morro 501 del avión 500, por ejemplo en una posición intermedia entre los sistemas de iluminación primero y segundo 510, 511. El tercer sistema de iluminación 512 genera un haz de luz 612 en una dirección frontal, y tiene la función de luz de rodaje en pista o luz de búsqueda.

50 El avión 500 incluye además un cuarto sistema de iluminación 513 y un quinto sistema de iluminación 514, dispuestos en el avión 500 cerca de las zonas de unión entre las alas 552, 553 del avión 500 y el fuselaje 504. Los sistemas de iluminación cuarto y quinto 513, 514 están adaptados para generar un haz de luz respectivo 613, 614 en una dirección frontal y parcialmente lateral del avión 500, y tienen la función de luces de rodaje en pista.

55 El avión 500 incluye además un sexto sistema de iluminación 515 y un séptimo sistema de iluminación 516, que están dispuestos cerca de los sistemas de iluminación cuarto y quinto 513, 514 y están adaptados para generar un haz de luz respectivo 615, 616 en una dirección de los motores 505, 506 del avión 500, para su iluminación.

60 Finalmente, el avión 500 incluye sistemas de iluminación adicionales (designados en conjunto con los números de referencia 517 y 518) dispuestos cerca de las porciones de extremo externo de las alas 502, 503. Dichos sistemas de iluminación 517, 518 están adaptados para generar respectivos haces de luz 617, 618 que tienen funciones de señalización, por ejemplo para otro avión, para la torre de control, etc.

65 A partir de un examen de las características de la descripción proporcionada según la presente invención las ventajas que proporciona son evidentes.

En concreto, las realizaciones de las figuras 13c, 14, y 15 permiten la reducción de la resistencia térmica general de los respectivos dispositivos de iluminación 1, 1' y del sistema de iluminación 400 en la medida en que se minimizan las interfaces para conexión entre los varios elementos. La disipación de calor se mejora considerablemente, garantizando una duración de servicio más larga del dispositivo de iluminación 1, 1'.

La posibilidad de contemplar una composición modular, en la etapa de diseño, del sistema de iluminación 100, 200, 400 proporciona numerosas ventajas. En concreto, el rendimiento se puede adaptar según sea preciso. Cuando se requiere una intensidad alta, es suficiente combinar tantos módulos fotoemisores como sean necesarios para lograr dicha intensidad de luz con el fin de formar un sistema de iluminación según la presente invención.

En el paso de producción, cuando la estructura resultante del dispositivo de iluminación 11 (figura 14) o del sistema de iluminación 400 (figura 15) se obtiene como una sola pieza, la efectividad de la disipación se incrementa considerablemente.

Además, se puede usar los mismos módulos fotoemisores para producir indiferentemente luces de aterrizaje, luces de rodaje en pista, y luces de búsqueda u otros tipos de luces, a condición de que se coloquen de forma apropiada uno con respecto a otro (como se ha descrito previamente, por ejemplo, con referencia a las figuras 9, 11, 15).

Finalmente, es claro que se puede hacer modificaciones y variaciones en lo aquí descrito e ilustrado, sin apartarse por ello del ámbito de protección de la presente invención, definido en las reivindicaciones anexas.

Por ejemplo, las fuentes LED usadas pueden ser del tipo de emisión lateral. En este caso, para cada dispositivo de iluminación 1, 1', el reflector 6 (también en este caso proporcionado como una o más "rodajas" de semiparábola) está dispuesto solamente al lado de cada LED, de tal forma que recoja la radiación de luz emitida en una dirección paralela al plano horizontal XY (es decir, sustancialmente perpendicular al LED) y genere una radiación de luz emitida 10 que también es paralela al plano horizontal XY, pero ortogonal a la radiación de luz recogida por el reflector 6. Esta realización permite la optimización de la ocupación de espacio en la dirección vertical (a lo largo del eje Z).

Como una alternativa a la realización de la figura 11, se puede proporcionar un sistema de iluminación para aplicaciones de un tipo de luz de rodaje en pista comenzando con la realización del sistema de iluminación 100 de la figura 9 proporcionando cada dispositivo de iluminación 1, 1' con una lente (no ilustrada) dispuesta paralela al plano de emisión 11 y configurada para actuar como elemento óptico refractivo para modelar la radiación de luz 10 reflejada por cada dispositivo de iluminación 1, 1' de tal forma que la radiación de luz emitida 10 tenga la difusión de haz en el plano horizontal XY requerida para uso como luz de rodaje en pista. También se aplican consideraciones similares con referencia a la realización del sistema de iluminación 400 de la figura 15.

Un sistema de iluminación para aplicaciones de un tipo de luz de búsqueda se puede disponer de forma similar a la descrita para el sistema de iluminación 100 de la figura 9 o para el sistema de iluminación 400 de la figura 15 (obteniendo así una luz de búsqueda con alta intensidad y reducida apertura angular), o de otro modo, en el caso donde se requiera un haz de luz con diferentes características, es posible actuar en la forma del reflector con el fin de variar la intensidad de luz máxima, la dirección de la intensidad máxima, y la difusión angular del haz de luz.

Además, las realizaciones del sistema de iluminación descrito e ilustrado no se limitan al uso como luces de aterrizaje, rodaje en pista o búsqueda, sino que se pueden usar como luces para exploración de las alas, exploración del motor, etc.

Además, la descripción según la presente invención también puede ser usada para iluminación encubierta por infrarrojos. En este caso, el LED 4 está configurado para emitir radiación infrarroja (por ejemplo, con una longitud de onda en el rango 780-930 nm), preferiblemente a alta potencia, por ejemplo una radiación de luz con una potencia óptica de 3,6 W. La intensidad máxima y la apertura angular pueden variar considerablemente según la aplicación específica.

Además, la superficie interna 6a del reflector 6 puede ser de tipo facetado.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo fotoemisor (1, 1') para un avión, incluyendo:

5 - un dispositivo semiconductor fotoemisor (4) configurado para emitir una radiación de luz (8);

- un sustrato (2), que tiene un primer lado (2a) y un segundo lado (2b) uno enfrente de otro, alojando el dispositivo semiconductor fotoemisor (4) en el primer lado (2a);

10 - un reflector curvado (6) que tiene una superficie reflectora cóncava (6a) y que define un plano de emisión (11),

**caracterizado** porque la superficie reflectora cóncava (6a) tiene una forma semiparabólica obtenida seccionando un semiparaboloide a lo largo de dos planos de corte mutuamente paralelos (13), o seccionando un semiparaboloide a lo largo de dos planos de corte (13) que tienen un punto de intersección, o intersecando un semiparaboloide con un cono con una base circular o elíptica que tiene un eje alineado con un eje principal de emisión (12) de la radiación de luz (8),

15

mirando la superficie reflectora cóncava (6a) al dispositivo semiconductor fotoemisor (4) de tal forma que recoja la radiación de luz (8) y genere una radiación (10) reflejada a través del plano de emisión (11),

20 teniendo la superficie reflectora cóncava (6a) un valor de curvatura ( $c$ ) en el rango comprendido entre  $0,02 \text{ mm}^{-1}$  y  $0,06 \text{ mm}^{-1}$ ,

25 incluyendo el reflector curvado (6) un cuerpo hecho de material conductor térmico y formando una primera porción de un disipador de calor de dicho dispositivo fotoemisor (1, 1'),

incluyendo además el dispositivo fotoemisor una base de soporte (306) hecha de material conductor térmico, configurada para soportar dicho sustrato (2) y formando una segunda porción de dicho disipador de calor, estando la base de soporte (306) y el sustrato (2) en contacto térmico directo uno con otro,

30 donde la base de soporte (306) y el reflector curvado (6) se hacen de una sola pieza que forma dicho disipador de calor.

35 2. El dispositivo según la reivindicación 1, incluyendo además una pluralidad de aletas conductoras térmicas (310; 415) que se extienden desde la base de soporte y en contacto térmico con la base de soporte (306).

40 3. El dispositivo según la reivindicación 1, donde el sustrato (2) incluye uno o más recorridos metálicos (300) formados en el segundo lado (2b) del sustrato (2), y la segunda región conductora térmica incluye una capa de recubrimiento metálico (301; 305) adaptada para recubrir el reflector curvado (6).

4. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la superficie reflectora cóncava (6a) es de tipo facetado.

45 5. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la radiación de luz es de tipo lambertiano.

6. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde la radiación de luz es colimada.

50 7. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la superficie reflectora cóncava (6a) tiene un valor de curvatura ( $c$ ) de aproximadamente  $0,04 \text{ mm}^{-1}$ , un valor de cuerda ( $w$ ) de aproximadamente 40 mm, y un valor de apertura ( $d$ ) igual a aproximadamente 100 mm.

8. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo semiconductor fotoemisor (4) tiene una zona emisora comprendida entre  $1 \text{ mm}^2$  y  $9 \text{ mm}^2$ .

55 9. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la radiación de luz tiene un valor de flujo luminoso superior a 1500 lúmenes.

60 10. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo semiconductor fotoemisor (4) es de un tipo de emisor lateral configurado para emitir una radiación de luz (8) sustancialmente en una dirección paralela al plano horizontal (XY), mirando dicha superficie reflectora cóncava (6a) al dispositivo semiconductor fotoemisor (4) de manera que recoja la radiación de luz.

65 11. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde el dispositivo semiconductor fotoemisor (4) está configurado para emitir una radiación de luz (8) en un plano que tiene un ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal (XY).

12. El dispositivo según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo semiconductor fotoemisor (4) emite una radiación de luz (8) en el rango del infrarrojo.
- 5 13. Un sistema de iluminación (100; 200; 400) para un avión incluyendo una serie de dispositivos fotoemisores (1, 1') según cualquiera de las reivindicaciones 1-12.
- 10 14. El sistema según la reivindicación 13, donde dichos dispositivos fotoemisores (1, 1') de dicha serie están alojados en un soporte mecánico (410) hecho de material conductor térmico y están en contacto térmico directo con dicho soporte mecánico (410), siendo el soporte mecánico (410) parte de dicho disipador de calor de dichos dispositivos fotoemisores (1, 1').
- 15 15. El sistema según la reivindicación 14, donde los reflectores curvados (6) de dichos dispositivos fotoemisores (1, 1') se hacen de una sola pieza con el soporte mecánico (410).
- 15 16. El sistema según la reivindicación 14 o la reivindicación 15, donde dicho soporte mecánico (410) está provisto de aletas (415) para favorecer la disipación de calor.
- 20 17. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 13-16, incluyendo dicha serie al menos un primer dispositivo fotoemisor (1) y un segundo dispositivo fotoemisor (1') formados uno al lado de otro a lo largo de dos planos de corte respectivos y teniendo el respectivo sustrato de soporte (2) que está en uno e idéntico primer plano horizontal (XY).
- 25 18. El sistema según la reivindicación 17 en cuanto dependiente de la reivindicación 14, incluyendo además dicha serie un tercer dispositivo fotoemisor (1) y un cuarto dispositivo fotoemisor (1, 1') dispuestos uno al lado de otro en dos planos de corte respectivos y teniendo el respectivo sustrato de soporte (2) que está en uno y el mismo segundo plano horizontal paralelo al primer plano horizontal (XY),
- 30 teniendo el soporte mecánico (410) una forma sustancialmente cuadrangular provista de un alojamiento interno definido por una primera pared interna, una segunda pared interna, una tercera pared interna y una cuarta pared interna (410a, 410b),
- 35 estando dispuestos dichos dispositivos fotoemisores primero y segundo (1, 1') dentro del soporte mecánico (410) en una posición correspondiente a la primera pared interna (410a), y estando dispuestos dichos dispositivos fotoemisores tercero y cuarto (1, 1') dentro del soporte mecánico (410) en una posición correspondiente a la segunda pared interna (410b) diametralmente opuesta a la primera pared interna (410a).
- 40 19. El sistema según la reivindicación 18, donde uno entre dicho primer dispositivo fotoemisor (1) y dicho segundo dispositivo fotoemisor (1') y/o uno entre dicho tercer dispositivo fotoemisor (1) y dicho cuarto dispositivo fotoemisor (1') están inclinados en direcciones opuestas con respecto a los planos horizontales primero y segundo.
- 40 20. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14-19, donde el soporte mecánico está provisto de una ventana transparente a la radiación reflejada (10).
- 45 21. Un avión (500) incluyendo al menos un sistema de iluminación (100; 200; 400) según cualquiera de las reivindicaciones 13-20, formando dicho sistema de iluminación una luz de aterrizaje, y/o una luz de rodaje en pista y/o una luz de búsqueda.

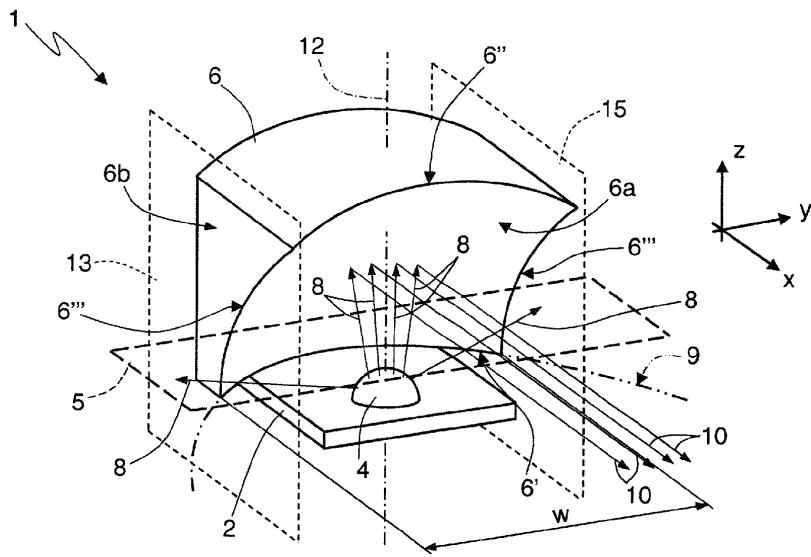


Fig.1a

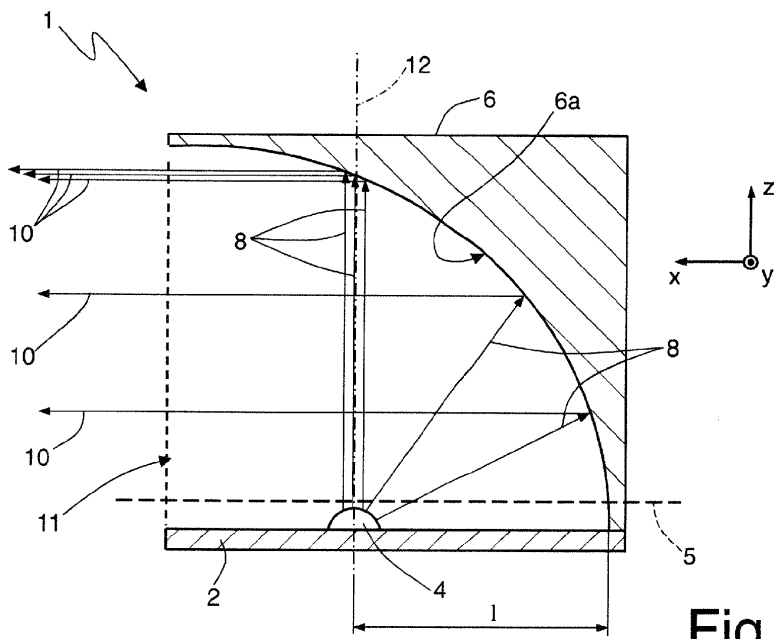


Fig.1b

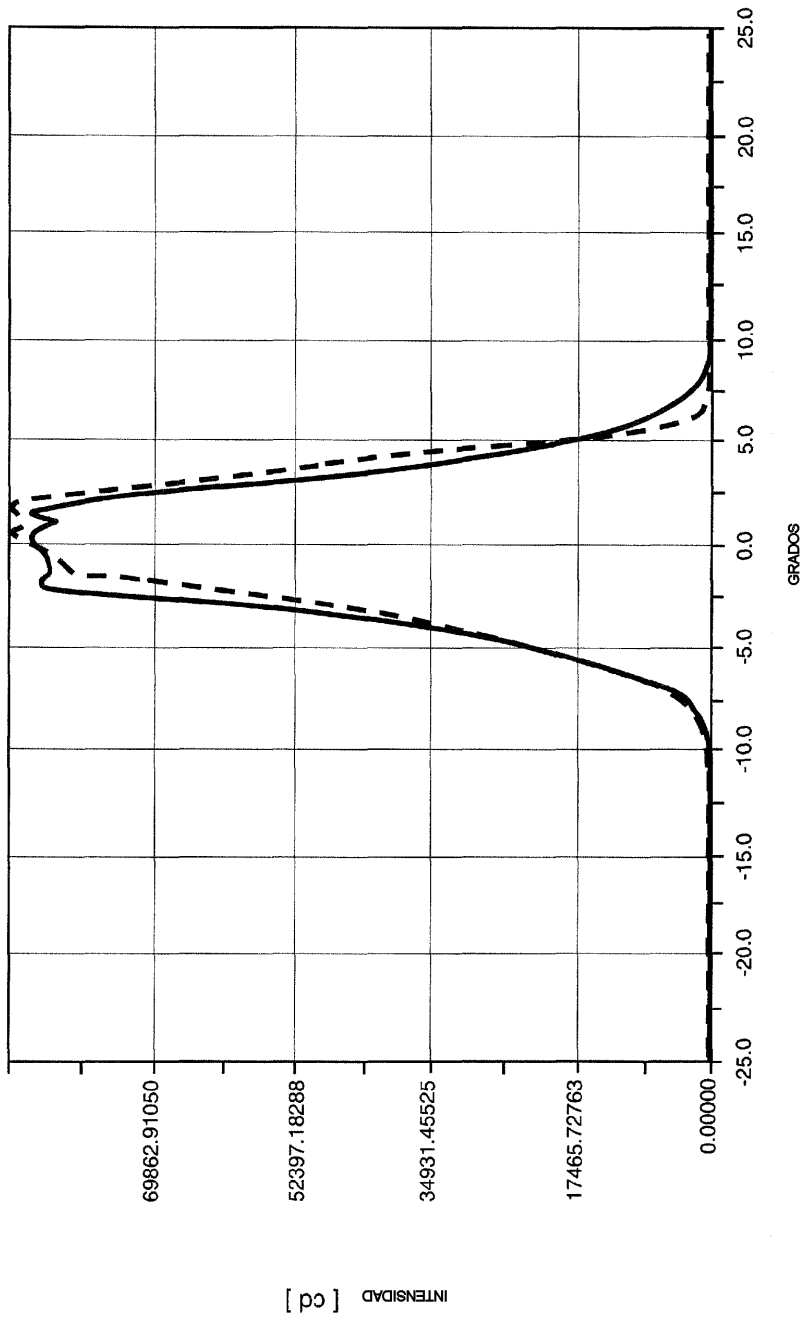


Fig.2



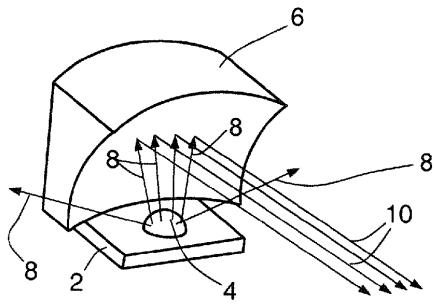


Fig.3a

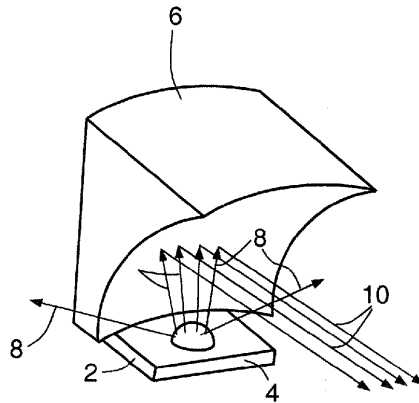


Fig.3b

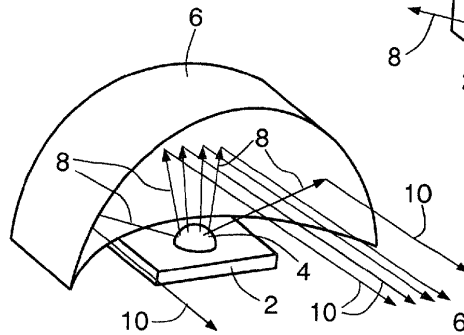


Fig.3c

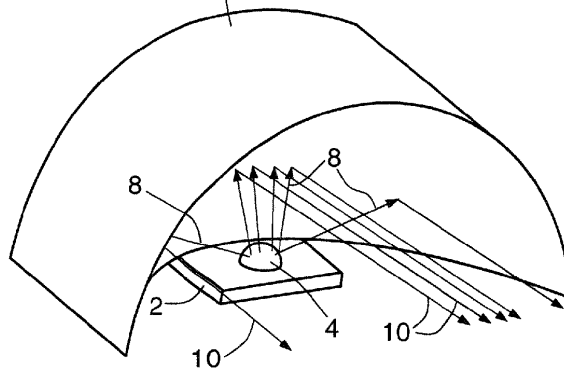


Fig.3d

Fig.4

	Fig.3a	Fig.3b	Fig.3c	Fig.3d
d (mm)	70	100	70	100
w (mm)	40	40	70	100
eficiencia (%)	63	71	72	87
int. máxima (cd)	62212.39	89602.95	77752.97	136142.1
FWHM (grados)	6	6	6	5

Fig.5

	Fig.3a	Fig.3b	Fig.3c	Fig.3d
d (mm)	70	100	70	100
w (mm)	40	40	70	100
eficiencia (%)	77	94	78	97
int. máxima (cd)	46620.25	82733.33	48141.72	91833.84
FWHM (grados)	8	7	8	7

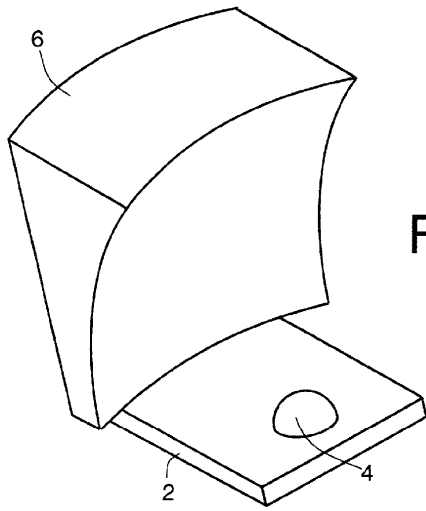


Fig. 6a

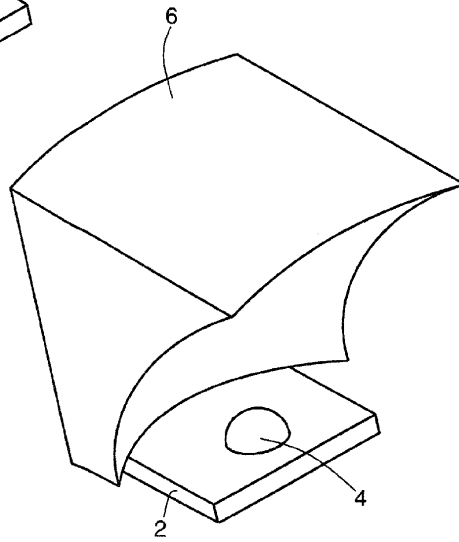


Fig. 6b

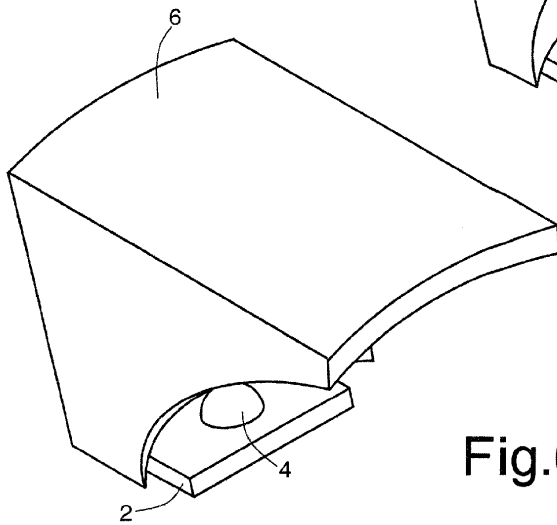


Fig. 6c

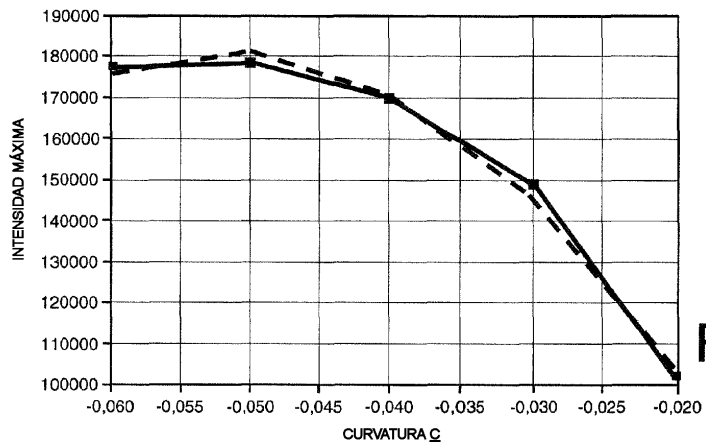


Fig.7a

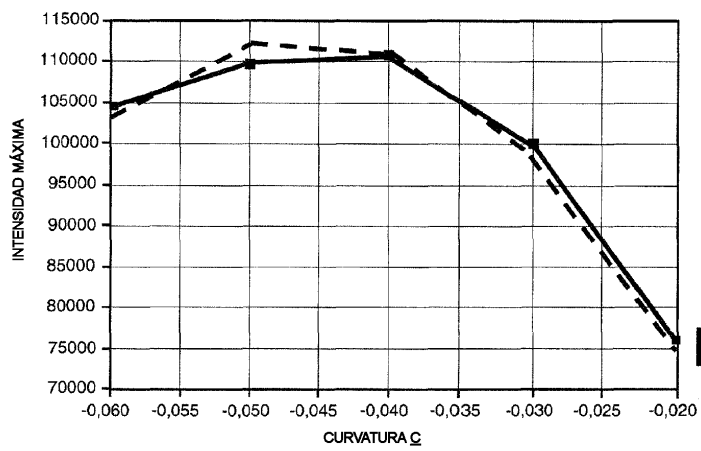


Fig.7b

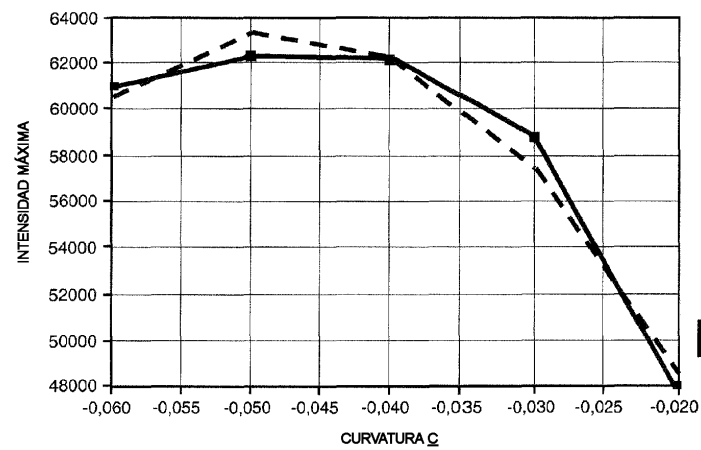


Fig.7c

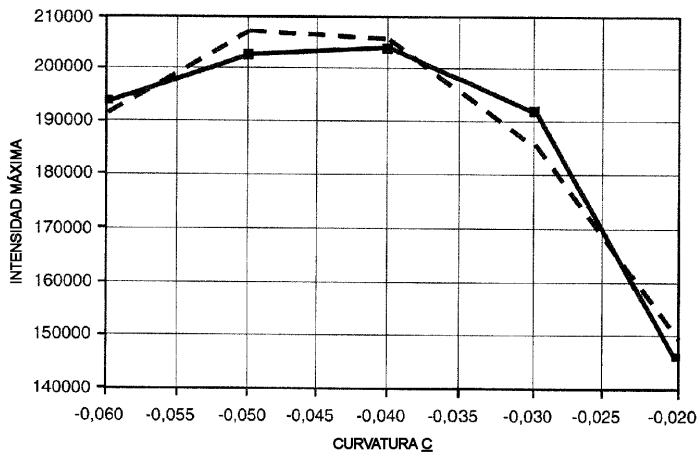


Fig.8a

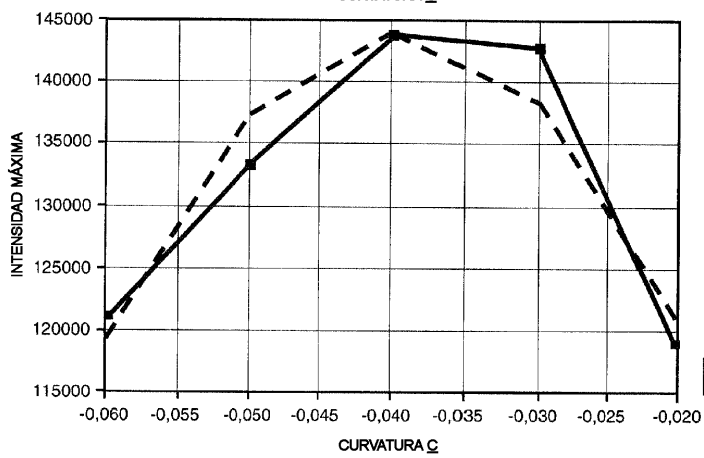


Fig.8b

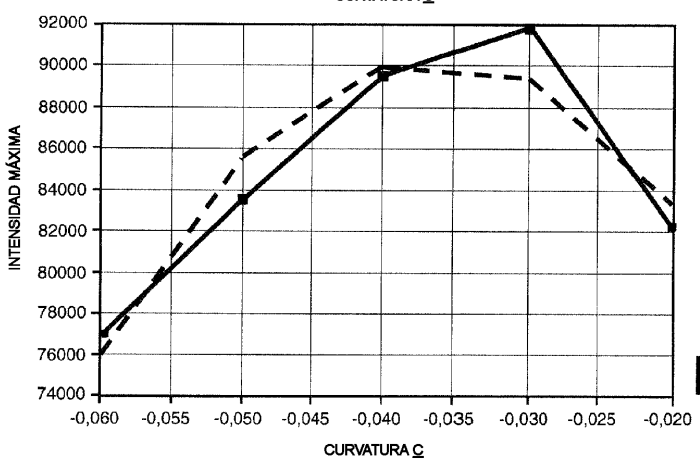
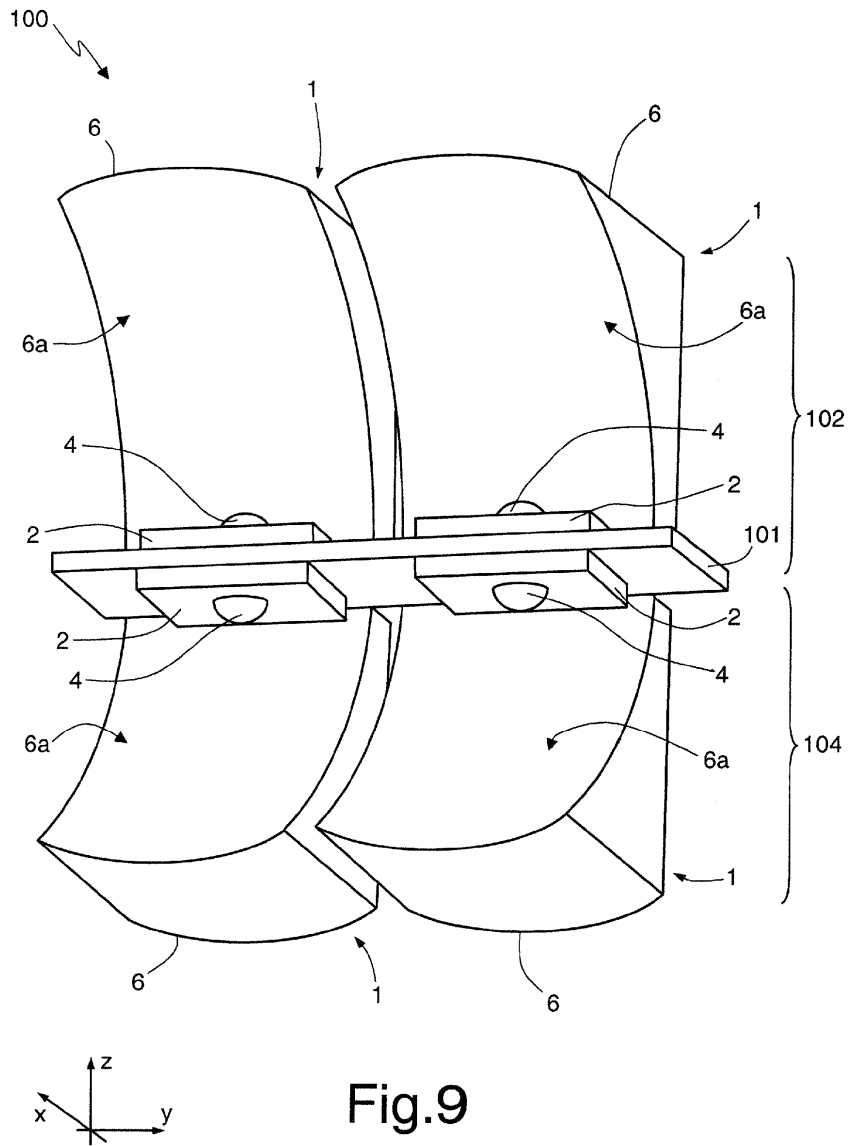


Fig.8c



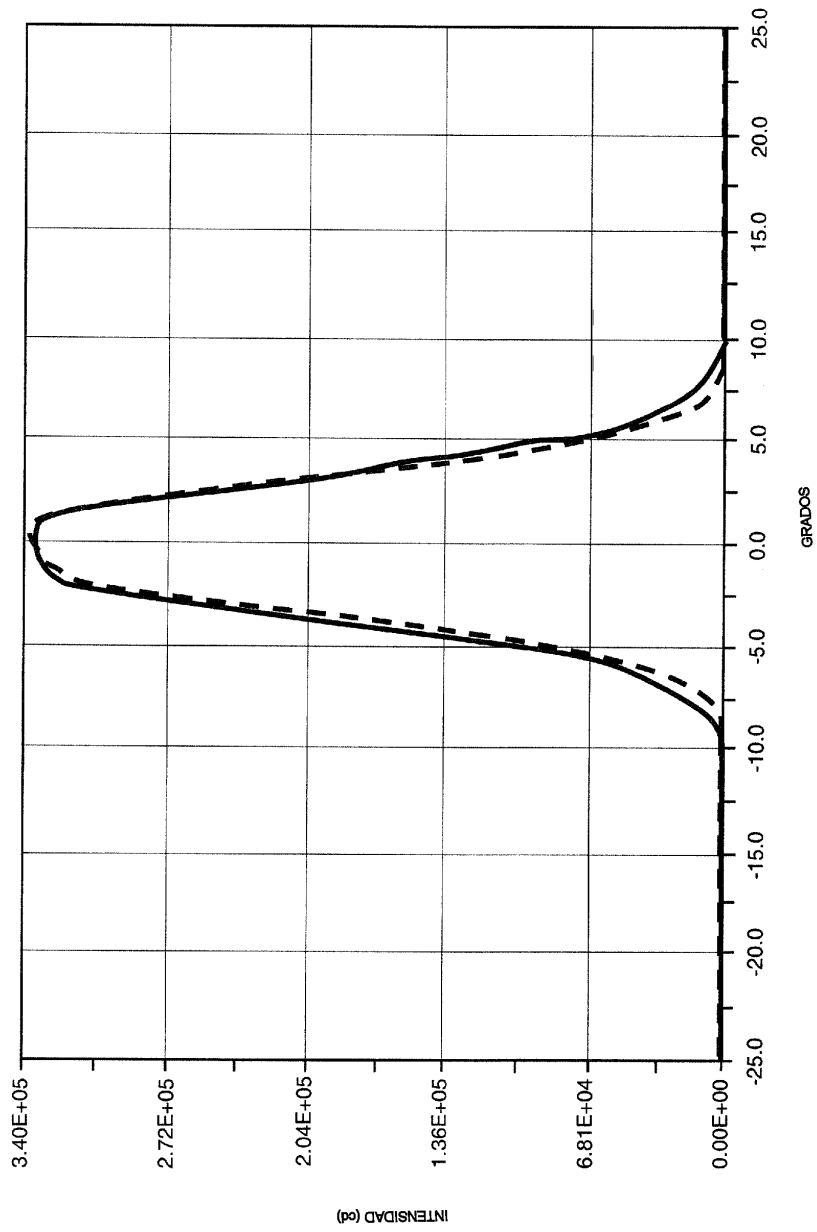


Fig.10

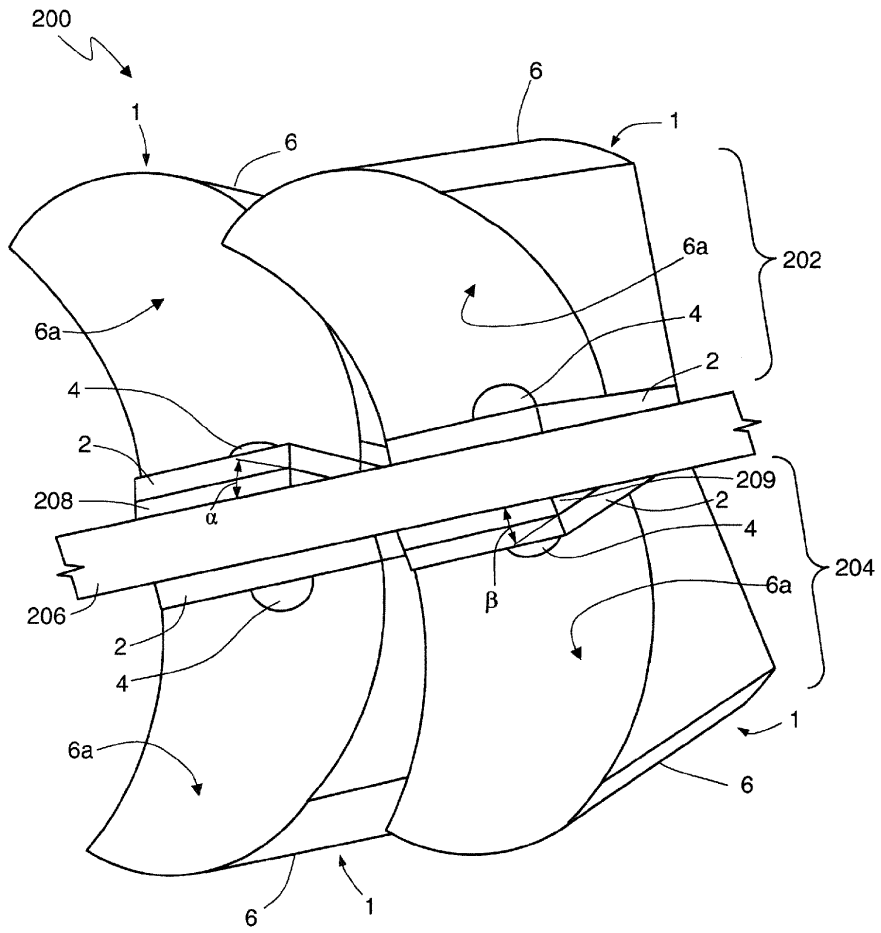
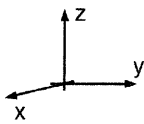


Fig.11





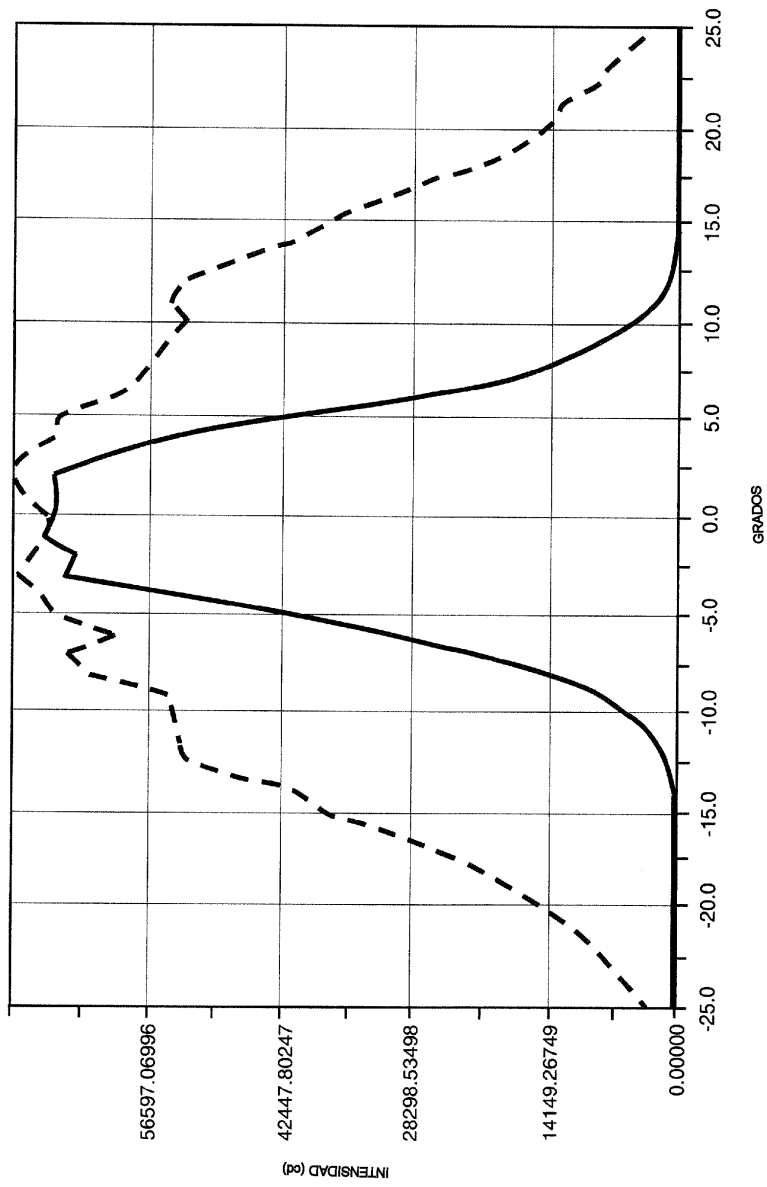


Fig.12

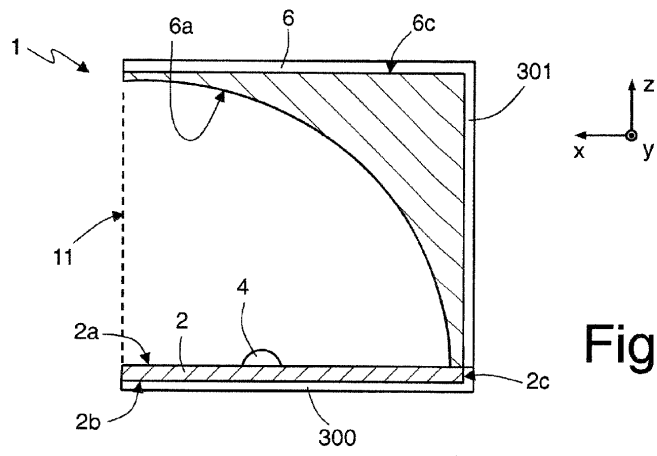


Fig. 13a

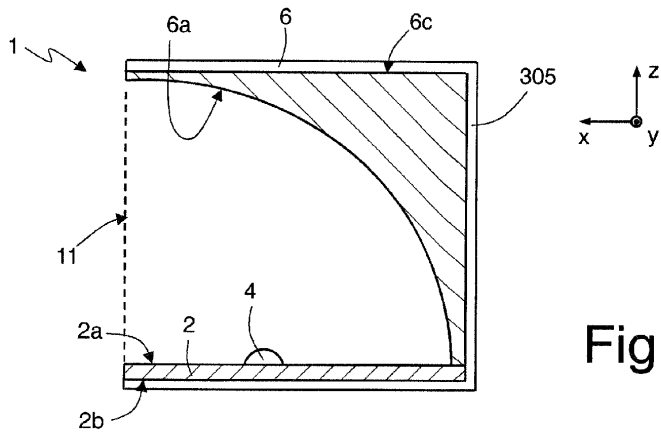


Fig. 13b

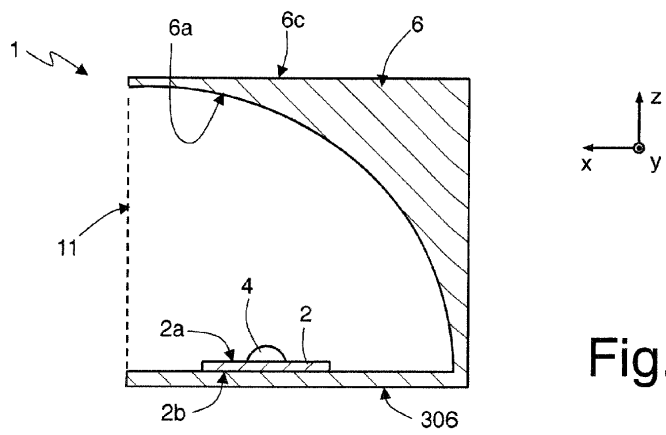


Fig. 13c

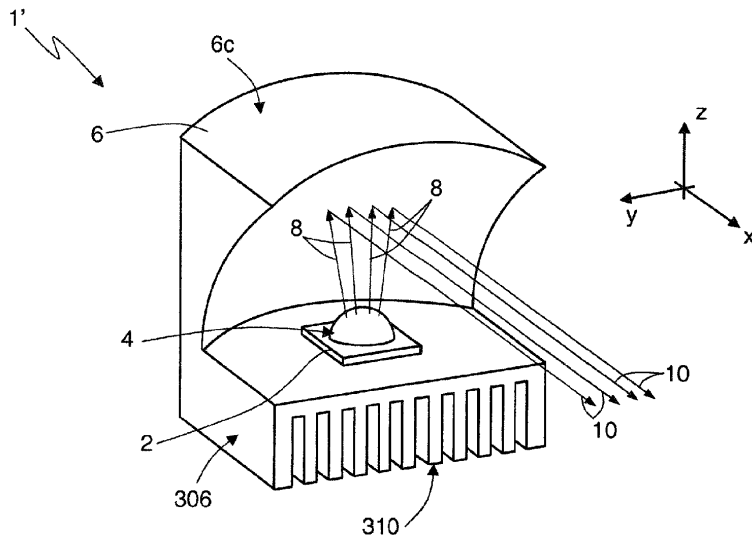


Fig.14

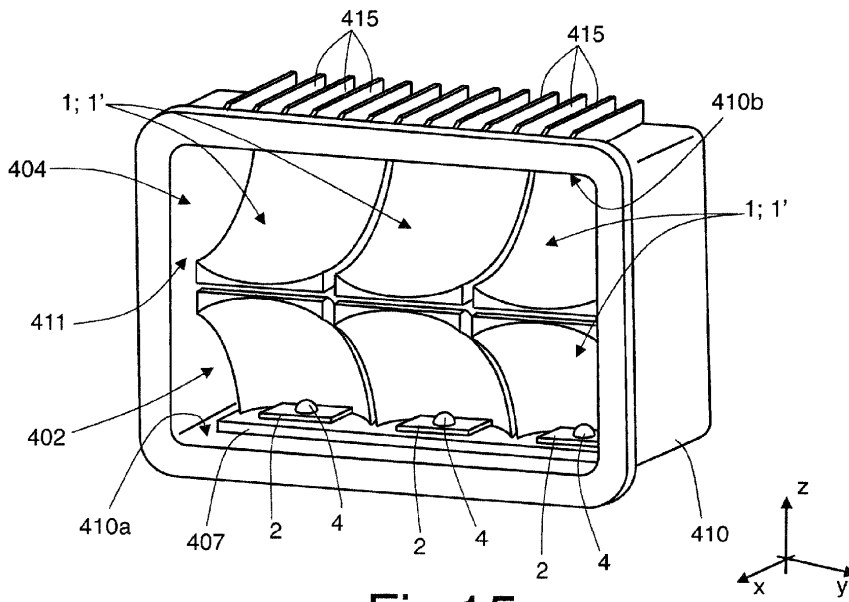


Fig.15

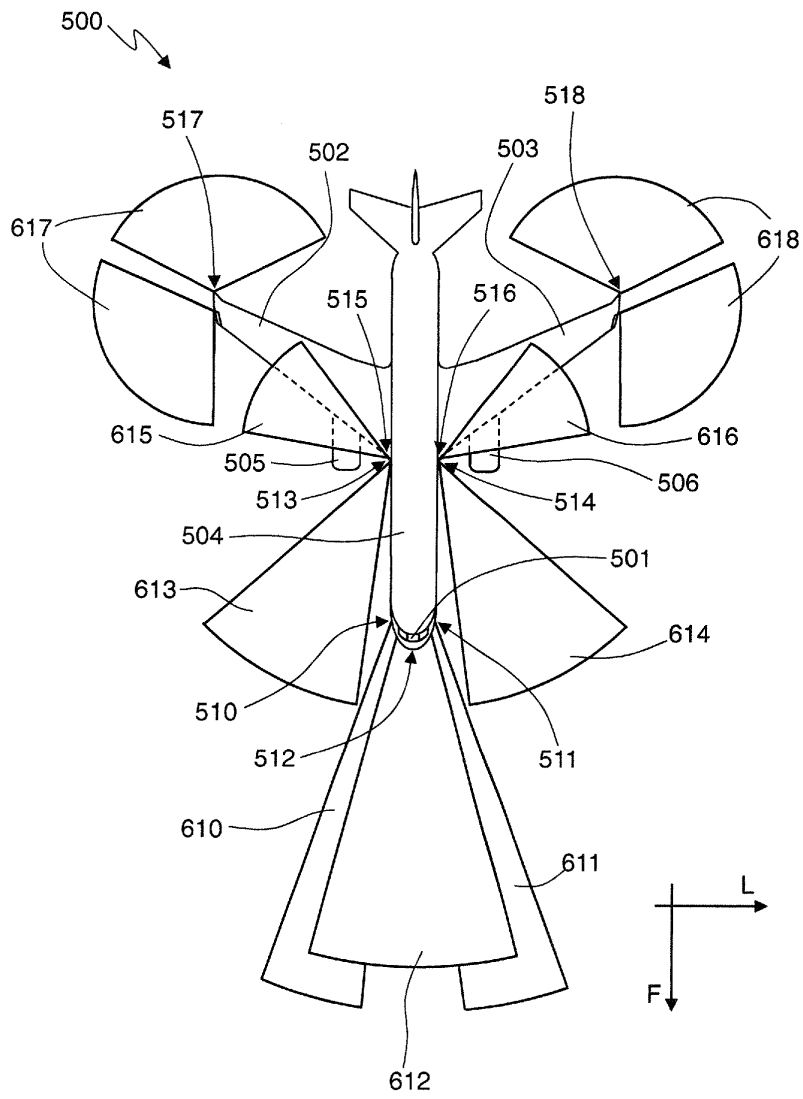


Fig.16