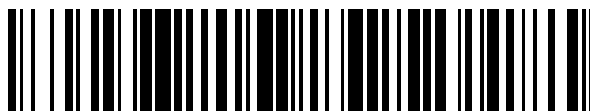


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 064**

51 Int. Cl.:

H04N 9/31 (2006.01)

G02B 27/14 (2006.01)

G03B 21/20 (2006.01)

G02B 27/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2005 E 19201299 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021 EP 3621301**

54 Título: **Conversión de longitud de onda remota en un dispositivo de iluminación**

30 Prioridad:

04.06.2004 US 861769

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

16.11.2021

73 Titular/es:

**SIGNIFY NORTH AMERICA CORPORATION
(100.0%)
200 Franklin Square Drive
Somerset NJ 08875, US**

72 Inventor/es:

**HARBERS, GERARD y
KEUPER, MATTHIJS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 877 064 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

Conversión de longitud de onda remota en un dispositivo de iluminación

5 **Campo de la invención**

La presente invención está relacionada con un dispositivo de iluminación y, en particular, a la conversión de longitud de onda de la luz producida por fuentes de luz de alta radiancia, incluidos los dispositivos emisores de luz semiconductores.

10 **ANTECEDENTES**

15 Con el desarrollo de diodos emisores de luz (LED) eficientes que emiten luz azul o luz ultravioleta o casi ultravioleta, comúnmente denominada en el presente documento como luz UV, se ha vuelto factible producir LED que generan luz a través de la conversión de fósforo de una parte de la emisión primaria del LED (o toda la emisión primaria) a longitudes de onda más largas. La conversión de la emisión primaria del LED a longitudes de onda más largas se denomina comúnmente conversión descendente de la emisión primaria. En algunos sistemas, una parte no convertida de la emisión primaria del LED se combina con la luz convertida de longitudes de onda más largas para producir la luz del color deseado, por ejemplo, luz blanca. Alternativamente, toda la emisión primaria se convierte en luz con longitudes de onda más largas y luego se combina para producir la luz deseada.

20 Convencionalmente, la conversión de la longitud de onda de la emisión primaria del LED se logra mediante el uso de un fósforo que se mantiene en un medio de unión, como epoxi, silicona u otro material similar. El fósforo está generalmente en forma de polvo que se mezcla con el medio de unión antes del curado. La suspensión sin curar que contiene el polvo de fósforo se deposita sobre el LED para encapsular el LED y posteriormente se cura.

25 Sin embargo, es deseable utilizar los LED convertidos en fósforo de alta radiancia en muchas aplicaciones de iluminación, tales como proyectores, faros de automóviles, fibra óptica y luces de teatro. Sin embargo, una dificultad con los LED encapsulados con fósforo es que el medio de unión se vuelve opaco y se vuelve marrón cuando se somete a altas temperaturas. Por consiguiente, esta limitación de temperatura del encapsulante limita la corriente a la que se puede activar el LED, lo que limita la radiancia del LED convertido en fósforo.

30 El documento JP2004071357A divulga una fuente de luz que emite luz primaria a una guía de luz, y una parte de conversión de longitud de onda que absorbe la luz primaria y luego emite una luz secundaria que tiene una longitud de onda máxima más larga que aquella de la luz primaria. La parte de conversión de longitud de onda se lamina en el orden de una dirección óptica desde el fósforo rojo, verde y azul. Una película óptica que transmite la luz primaria de la fuente de luz y refleja la luz secundaria emitida desde la unidad de conversión de longitud de onda está presente entre la guía de luz y la parte de conversión de longitud de onda.

40 **SUMARIO**

45 Según una realización de la presente invención, un dispositivo de iluminación usa un elemento de conversión de longitud de onda que está físicamente separado de una fuente de luz, tal como un diodo emisor de luz o una matriz de diodos emisores de luz, una lámpara de xenón o una lámpara de mercurio. El elemento de conversión de longitud de onda, que puede ser, por ejemplo, una capa de fósforo, está además ópticamente separado de la fuente de luz de manera que la luz convertida emitida por el elemento de conversión de longitud de onda no incide sobre la fuente de luz. Al separar físicamente el elemento de conversión de longitud de onda de la fuente de luz, se eliminan las limitaciones de temperatura del elemento de conversión de longitud de onda, permitiendo así que la fuente de luz sea activada con una corriente aumentada para producir una radiancia más alta. Además, al evitar que la luz convertida incida sobre la fuente de luz, se mejora la eficiencia de conversión y reciclado del dispositivo, lo que también aumenta la radiancia.

50 Por lo tanto, según la presente invención, un dispositivo de iluminación incluye una fuente de luz que emite luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda a lo largo de una primera trayectoria del haz y un elemento de conversión de longitud de onda en la primera trayectoria del haz. El elemento de conversión de longitud de onda está físicamente separado de la fuente de luz. El elemento de conversión de longitud de onda convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda a lo largo de una segunda trayectoria del haz. El dispositivo incluye además un elemento de separación de color que está dispuesto entre la fuente de luz y el elemento de conversión de longitud de onda. El elemento de separación de color está configurado para evitar sustancialmente que toda la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz. El elemento de conversión de longitud de onda comprende un elemento giratorio, el elemento giratorio tiene al menos una primera sección cubierta con un primer fósforo que convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda, y una segunda sección cubierta con un segundo fósforo que convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en la luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda, en donde el elemento de separación de color está configurado

para evitar además sustancialmente que toda la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz.

5 En otro aspecto de la presente invención, un dispositivo de iluminación incluye una fuente de luz que emite luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda y un primer elemento óptico que está asociado con la fuente de luz. El primer elemento óptico colima la luz emitida desde la fuente de luz a lo largo de una primera trayectoria del haz. El dispositivo de iluminación también incluye un elemento de separación de color en la primera trayectoria del haz, donde el elemento de separación de color está configurado para dirigir sustancialmente toda la luz colimada a lo largo de la primera trayectoria del haz hacia un segundo elemento óptico. El segundo elemento óptico enfoca la luz colimada. Un elemento de conversión de longitud de onda recibe la luz enfocada desde el segundo elemento óptico y está configurado para absorber, al menos parcialmente, luz del primer intervalo de longitud de onda y para emitir luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda. El segundo elemento óptico colima la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda emitida por el elemento de conversión de longitud de onda. El elemento de separación de color evita que la luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz.

10 En otro aspecto, un dispositivo incluye una fuente de luz que emite luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda y un primer elemento de separación de color que recibe la luz emitida. El primer elemento de separación de color está configurado para dirigir sustancialmente toda la luz emitida por la fuente de luz hacia un elemento de conversión de longitud de onda. El elemento de conversión de longitud de onda está configurado para absorber, al menos parcialmente, la luz del primer intervalo de longitud de onda y para emitir luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda. El primer elemento de separación de color evita que la luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz. Además, el dispositivo incluye un segundo elemento de separación de color que recibe la luz emitida por el elemento de conversión de longitud de onda. El segundo elemento de separación de color está configurado para reflejar la luz en el primer intervalo de longitud de onda de vuelta al elemento de conversión de longitud de onda, para transmitir luz en el segundo intervalo de longitud de onda que incide en el segundo elemento de separación de color en un primer intervalo de ángulos y para reflejar la luz que incide en el segundo elemento de separación de color fuera del primer intervalo de ángulos.

15 La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas 1 a 15.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra un dispositivo de iluminación según una realización de ejemplo de la presente invención.

35 Las figuras 2A y 2B ilustran el funcionamiento del elemento de conversión de longitud de onda con una estructura de mejora de la radiancia.

Las figuras 3A y 3B ilustran un dispositivo de iluminación utilizado como faro.

40 La figura 4 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que es similar al dispositivo mostrado en la figura 1, pero que incluye una fuente de luz adicional para duplicar aproximadamente la radiancia del dispositivo.

45 La figura 5 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación con una pluralidad de fuentes de luz y elementos de conversión de longitud de onda para producir, por ejemplo, luz roja, verde y azul combinada.

La figura 6 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que es similar al mostrado en la figura 5.

50 La figura 7 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que tiene una disposición lineal de la fuente de luz y el elemento de conversión de longitud de onda.

55 La figura 8 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que es similar al dispositivo mostrado en la figura 7, pero que incluye una fuente de luz adicional para duplicar aproximadamente la radiancia del dispositivo.

Las figuras 9A y 9B ilustran otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación en el que la función de los elementos ópticos y los dicróicos se combinan en una esfera dicróica.

60 La figura 10 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que es similar al dispositivo mostrado en la figura 9A, pero que incluye una fuente de luz adicional para duplicar aproximadamente la radiancia del dispositivo.

65 Las figuras 11A y 11B ilustran la realización según la invención de un dispositivo de iluminación que incluye un elemento de conversión de longitud de onda giratorio.

La figura 12 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación que incluye un elemento de conversión de longitud de onda con puntos de fósforo, que puede usarse como retroiluminación para un panel de pantalla de cristal líquido (LCD).

La figura 13 ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo que incluye un dispositivo semiconductor emisor de luz, un primer elemento de separación de color, un elemento de conversión de longitud de onda, un elemento de recuperación de polarización opcional y un segundo elemento de separación de color.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Según una realización de la presente invención, el elemento de conversión de longitud de onda está físicamente separado de la fuente de luz, lo que aumenta las temperaturas admisibles y, por lo tanto, la corriente a la que se puede activar un dispositivo semiconductor emisor de luz (si se utiliza como fuente de luz). Por consiguiente, las limitaciones de temperatura del medio de conversión de longitud de onda ya no supondrán una limitación a la radiancia de la fuente de luz. La fuente de luz puede ser, por ejemplo, un dispositivo semiconductor emisor de luz u otras fuentes de radiación de longitud de onda corta, tal como una lámpara de xenón o una lámpara de mercurio. Además, la trayectoria del haz de la luz convertida en longitud de onda se separa de la fuente de luz, es decir, se evita que la luz convertida incida sobre la fuente de luz. Por consiguiente, las pérdidas por absorción que pueden producirse en la fuente de luz se reducen ventajosamente, proporcionando así una gran ganancia de eficiencia en la conversión y el reciclado, lo que aumenta la radiancia.

La figura 1 ilustra un dispositivo de iluminación 100 según una realización de ejemplo de la presente invención. La figura 1 incluye una fuente de luz 102 que, en aras de simplicidad, a veces se denomina en la presente dispositivo emisor de luz (LED) 102. La fuente de luz puede ser un dispositivo semiconductor emisor de luz, tal como un diodo emisor de luz o una matriz de diodos emisores de luz, u otros tipos de fuentes de luz que pueden producir luz de longitud de onda corta, tal como una lámpara de xenón o una lámpara de mercurio. A modo de ejemplo, el LED 102 puede ser un dispositivo de alta radiancia, tal como el tipo descrito en USA1-2005045901, titulado "*Paquete para un dispositivo semiconductor emisor de luz*", de Frank Wall et al., presentado el 29 de agosto de 2003, que tiene el mismo cesionario que la presente divulgación. El LED 102 se muestra en un submontaje 104 opcional, que está montado en un disipador de calor 106.

Como se muestra en la figura 1, el dispositivo de iluminación 100 incluye un elemento de conversión de longitud de onda 112 que está físicamente separado del LED 102. El LED 102 y el elemento de conversión de longitud de onda 112 pueden estar separados a lo largo de la trayectoria del haz, por ejemplo, mediante aire, gas o vacío. La longitud de la separación física del LED 102 y el elemento de conversión de longitud de onda 112 pueden variar, pero en una realización es superior a 1 mm. La separación física entre el LED 102 y el elemento de conversión de longitud de onda 112 es suficiente para evitar un calentamiento conductivo sustancial (idealmente la separación es suficiente para evitar cualquier calentamiento conductivo) del elemento de conversión de longitud de onda 112 por el LED 102.

El elemento de conversión de longitud de onda 112 puede ser, por ejemplo, una capa de fósforo u otro material de conversión de longitud de onda producida convencionalmente en un medio de unión, tal como epoxi o silicona. El tipo y la cantidad de fósforo utilizado en el elemento de conversión de longitud de onda 112 dependen de factores tales como el intervalo de longitud de onda de emisión primaria del LED 102 y las longitudes de onda deseadas de la luz convertida. Debe entenderse que el LED 102 generalmente produce una emisión primaria que tiene un intervalo de longitudes de onda. El intervalo de longitudes de onda por lo general es estrecho y, por lo tanto, los LED a veces se caracterizan por una sola longitud de onda, que es la longitud de onda dominante o máxima en el espectro producido. En una realización, donde el LED 102 produce longitudes de onda en el espectro azul, UV o casi UV, el elemento de conversión de longitud de onda 112 puede usar fósforos tales como: tiogalato (TG), SrSiON:Eu o SrBaSiO:Eu para producir luz convertida en el espectro verde; BaSrSiN:Eu para producir luz convertida en el espectro ámbar; CaS:Eu, (Sr0.5,Ca0.5)S:Eu, SrS:Eu y SrSiN:Eu para producir luz convertida en el espectro rojo; y YAG para producir luz blanca convertida. Para facilitar la referencia, el elemento de conversión de longitud de onda a veces en la presente se denomina como un elemento de fósforo, pero debe entenderse que se pueden usar otros materiales de conversión de longitud de onda, tales como tintes.

El elemento de fósforo 112 se muestra montado sobre un sustrato 115 altamente reflectante, tal como una película reflectante especular ESR fabricada por 3M o una película reflectante difusa blanca E60L fabricada por Toray, y se acopla térmicamente a un disipador de calor 116. Debe entenderse que, si se desea, el LED 102 y el elemento de fósforo 112 pueden compartir el mismo disipador de calor si el disipador de calor es lo suficientemente grande para evitar un calentamiento por conducción significativo del elemento de fósforo 112. Debido a que el elemento de fósforo 112 está físicamente separado del LED 102, el calor producido por el LED 102 tendrá poco o ningún efecto sobre el funcionamiento del elemento de fósforo 112. Por consiguiente, el LED 102 puede activarse con una corriente elevada para producir una radiancia alta. Además, con el uso de un disipador de calor 116, se puede disipar el calor del elemento de fósforo 112 causado por la conversión de luz del fósforo. Debido a que el

calentamiento del fósforo puede degradar el rendimiento en aproximadamente un 20 a 30 por ciento, el uso de un disipador de calor 116 puede aumentar drásticamente el rendimiento del elemento de fósforo 112.

5 Además, al menos una parte de la trayectoria del haz 103 de la luz emitida desde el LED 102 está separada de la trayectoria del haz 113 de la luz convertida desde el elemento de fósforo 112. El dispositivo 100 usa un elemento de separación de color 110 que refleja longitudes de onda en la luz primaria emitida por el LED 102 y transmite longitudes de onda en la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112. En una realización, el elemento de separación de color 110 puede ser, por ejemplo, un espejo dicróico y, para facilitar la referencia, el elemento de separación de color algunas veces en la presente se denominará espejo dicróico. No obstante, debe entenderse que se pueden utilizar otros elementos de separación de color con la presente invención, tales como un cubo dicróico, un elemento óptico difractivo o un holograma. Se puede comprar un espejo dicróico adecuado en, por ejemplo, Unaxis Balzers Ltd. ubicado en Liechtenstein u Optical Coating Laboratory, Inc. ubicado en Santa Rosa, California.

10 El elemento de separación de color 110 se utiliza para evitar que una cantidad sustancial de la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112 incida sobre el LED 102. Lo ideal sería que ninguna luz convertida incidiera en el LED 102; sin embargo, los elementos de separación de color, tales como los espejos dicróicos, no son ideales y pueden tener fugas entre el 0 y el 30 por ciento de la luz convertida. En consecuencia, se reduce la absorción de la luz convertida por el LED 102, mejorando así la eficiencia en la conversión y el reciclado y, por lo tanto, en la radiancia del dispositivo de iluminación 100.

15 Los elementos ópticos se utilizan para colimar la luz primaria y la luz convertida antes de incidir sobre el espejo dicróico 110. Por ejemplo, un colimador 108 entre el LED 102 y el espejo dicróico 110 se utiliza para colimar la luz emitida por el LED 102. Otro colimador 114 entre el elemento de fósforo 112 y el espejo dicróico 110 se utiliza para colimar la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112, y para enfocar la luz primaria reflejada por el espejo dicróico 110 sobre el elemento de fósforo 112. Debe entenderse que los elementos ópticos no necesitan ser colimadores, pero pueden ser otros elementos ópticos, tales como un elemento concentrador parabólico compuesto reflectante, un elemento óptico reflectante interno total, un transformador de ángulo reflectante rectangular, una lente condensadora, un conjunto de lentes, o una combinación de tales elementos. Debido a que los elementos de separación de color, tales como los espejos dicróicos, dependen del ángulo, los elementos ópticos producen preferiblemente un cono de luz estrecho. Los elementos ópticos pueden tener, por ejemplo, una geometría circular o rectangular y pueden estar formados convencionalmente de materiales tales como plástico moldeado o metal, como aluminio, o aleaciones metálicas. Si el LED 102 se activa a alta temperatura, el uso de un material insensible a la temperatura, como metal o vidrio, es particularmente ventajoso.

20 En funcionamiento, el elemento de fósforo 112 recibe la luz primaria del LED 102 y convierte la luz primaria en otro intervalo de longitud de onda absorbiendo la luz primaria y emitiendo la luz convertida. La luz desde el LED 102 que no es absorbida por el elemento de fósforo 112 es reflejada por el sustrato reflectante 115 y reflejada de regreso al LED 102 mediante el espejo dicróico 110, donde la luz se refleja de regreso al elemento de fósforo 112. Por lo tanto, la luz primaria no absorbida se recicla, al menos parcialmente, en el dispositivo de iluminación 100. Además, debido a que el elemento de fósforo 112 emite luz en todas las direcciones, el sustrato reflectante 115 se utiliza para reflejar una parte de la luz convertida hacia el espejo dicróico 110. La luz convertida luego es transmitida por el espejo dicróico 110.

25 Como se ilustra en la figura 1, se pueden ubicar elementos ópticos adicionales después del espejo dicróico 110. A modo de ejemplo, el dispositivo 100 puede incluir una película de mejora de la radiancia 118. Una película de mejora de la radiancia puede ser, por ejemplo, un elemento óptico difractivo, tal como el fabricado por Heptagon ubicado en Zurich, Suiza, o un elemento micro refractivo o una película de mejora del brillo, tal como el fabricado por 3M. Además, el dispositivo 100 puede incluir un componente de recuperación de polarización 120, a veces denominado polarizador no absorbente, tal como el fabricado por Moxtek, Inc. ubicado en Orem Utah, o por 3M conocido como película de mejora de brillo dual. En algunas realizaciones, las posiciones relativas de la película de mejora de la radiancia 118 y el componente de recuperación de polarización 120 pueden invertirse.

30 La película de mejora de la radiancia 118 y el componente de recuperación de polarización 120 restringen la distribución angular y el estado de polarización de la luz producida por el dispositivo de iluminación 100, al transmitir la luz deseada y reflejar la luz no deseada hacia el elemento de fósforo 112. Debido a que el elemento de fósforo 112 tiene muy poca absorción de la luz generada, la eficiencia de reciclado es muy alta.

35 Debe entenderse que aunque la figura 1 ilustra el LED 102 y el elemento de fósforo 112 orientados a 90 grados entre sí, se pueden utilizar otros ángulos. Por ejemplo, debido a que la separación de color y la eficiencia de los espejos dicróicos dependen del ángulo, puede ser deseable que el LED 102 y el elemento de fósforo 112 estén orientados a menos de 45 grados entre sí.

40 En una realización de ejemplo, se puede montar una estructura de mejora de la radiancia 122 (y/o un componente de recuperación de polarización) sobre el elemento de fósforo 112. Las figuras 2A y 2B ilustran vistas más cercanas del funcionamiento del elemento de fósforo 112 con una estructura de mejora de la radiancia 122. La estructura de

- mejora de la radiancia 122 puede estar separada del elemento de fósforo 112 o puede estar en contacto físico con el elemento de fósforo 112. La estructura de mejora de la radiancia 122 es, por ejemplo, un espejo dicróico o un elemento óptico difractivo. Si se utiliza un espejo dicróico, el espejo dicróico está diseñado de tal manera que la luz primaria emitida por el LED 102 se transmite en un amplio intervalo de ángulos de incidencia, pero la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112 se transmite en un intervalo limitado de ángulos de incidencia, por ejemplo, 30 grados o menos desde la superficie normal, como se ilustra en las figuras 2A y 2B. Al transmitir la luz convertida en un ángulo estrecho, la estructura de mejora de la radiancia 122 asegura que un gran porcentaje de la luz se utilizará corriente abajo.
- La figura 2B ilustra que la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112 en ángulos grandes será reflejada por la estructura de mejora de la radiancia 122 para ser reabsorbida y reemitida por el elemento de fósforo 112. Por lo tanto, parte de la luz se emitirá durante una segunda pasada, aumentando así la radiancia del dispositivo de iluminación 100.
- Las figuras 3A y 3B ilustran un dispositivo de iluminación 150 que es similar al dispositivo 100, y los elementos designados son los mismos. Como se ilustra, el dispositivo 150 está adaptado para su uso como faro de automóvil e incluye un cierre 152 para los componentes y una lente de proyección 154 que produce el haz resultante 156. Se puede utilizar una configuración similar como foco si se desea.
- Como se ilustra en la figura 3B, el elemento de fósforo 112' puede estar modelado con diferentes tipos o cantidades de fósforo para formar, por ejemplo, un patrón de haz de faro estandarizado. A modo de ejemplo, como se muestra en la figura 3B, una primera parte 112'a del elemento de fósforo 112' puede incluir una mezcla de fósforo amarillo y azul, en cuyo caso el LED 102 emite un intervalo de longitud de onda más bajo, por ejemplo, luz UV. Alternativamente, la primera parte 112'a puede usar un fósforo amarillo mientras que el LED 102 emite luz azul y el espejo dicróico 110 es parcialmente transparente a la luz azul. La segunda parte 112'b del elemento de fósforo 112' puede tener menos o ningún fósforo, o una mezcla diferente de fósforo. La parte 112'b con poco o ningún fósforo convertirá menos luz que la parte 112'a. El espejo dicróico 110 transmitirá la luz convertida por la parte 112'a y reflejará la mayoría de la luz azul no convertida de la parte 112'b de nuevo hacia el LED 102. Por lo tanto, el patrón del haz estandarizado formado por las partes 112'a y 112'b será proyectado por la lente de proyección 154.
- Debe entenderse que se pueden producir otros patrones mediante el dispositivo de iluminación 150 de una manera similar. Por ejemplo, con un patrón adecuado del elemento de fósforo 112', el dispositivo 150 puede proyectar mensajes y/o símbolos.
- La figura 4 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 200, que es similar al dispositivo 100, y los elementos designados son los mismos. El dispositivo de iluminación 200 duplica aproximadamente la radiancia con respecto al dispositivo 100 mediante el uso de dos LED 102 y 202. El segundo LED 202 se mantiene en un submontaje opcional 204 y puede compartir un disipador de calor 206 con el LED 102. El segundo LED 202 emite luz que es colimada por el colimador 208 y que se refleja hacia el elemento de fósforo 112 por un segundo elemento de separación de color, es decir, el espejo dicróico 210. En esta realización de ejemplo, la luz emitida por el segundo LED 202 tiene un intervalo de longitud de onda diferente al de la luz emitida por el LED 102. A modo de ejemplo, los LED 102 y 202 pueden emitir luz con longitudes de onda máximas que difieren en aproximadamente 20 nm, por ejemplo, aproximadamente 430 nm y 450 nm o 400 nm y 435 nm. El elemento de fósforo 112 debe tener un amplio espectro de absorción o una mezcla de fósforo para que la luz primaria de los LED 102 y 202 se convierta. Con el uso de los dos LED 102 y 202, el dispositivo 200 tiene aproximadamente el doble de radiancia que el dispositivo 100.
- La figura 5 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 300 que incluye una pluralidad de fuentes de luz y una pluralidad de elementos de conversión de longitud de onda remotos. El dispositivo 300 se puede utilizar para producir luz combinada roja, verde y azul, que se puede utilizar, por ejemplo, en un proyector secuencial de color, tal como un proyector de procesamiento de luz digital (DLP) o un proyector de cristal líquido sobre silicio (LCoS). Si se desea, el dispositivo 300 puede producir colores adicionales, tales como cian y ámbar.
- El dispositivo 300 tiene un funcionamiento similar al dispositivo 100, y los elementos designados son los mismos. Sin embargo, el dispositivo 300 incluye LED adicionales 302 y 322 que se mantienen en los respectivos submontajes opcionales 304 y 324. Todos los LED 102, 302 y 322 pueden compartir el mismo disipador de calor 306.
- El dispositivo 300 genera luz roja y verde mediante el uso de elementos de fósforo remotos 112 y 312, respectivamente, de la misma manera que se describió anteriormente con referencia a la figura 1. Por lo tanto, los elementos ópticos, tales como el colimador 308, coliman la luz primaria, que puede ser luz azul o UV, desde el LED 302 y el espejo dicróico 310 refleja la luz hacia un segundo elemento de fósforo 312. El colimador 314 enfoca la luz en el elemento de fósforo 312, que se mantiene en un espejo reflectante 315 y un disipador de calor 316. La luz verde convertida desde el elemento de fósforo 312 se transmite a través del espejo dicróico 310 y se transmite a través de (o se refleja para ser reciclada por) una película de mejora de la radiancia 318 y el componente de recuperación de polarización 320.

El dispositivo 300 puede producir directamente luz azul, por ejemplo, usando un LED 322 con una emisión primaria en el espectro azul. Como se ilustra en la figura 5, los elementos ópticos, tales como el colimador 328, coliman la luz azul emitida, que se transmite a través de (o se refleja para ser reciclada por) una película de mejora de la radiancia 338 y el componente de recuperación de polarización 340. El uso de películas de mejora de la radiancia y componentes de recuperación de polarización aumenta la radiancia y la polarización y hace que la iluminación del dispositivo 300 sea más uniforme.

Si se desea, las películas de mejora de la radiancia, como las descritas en referencia a las figuras 2A y 2B, pueden ubicarse antes de los elementos de fósforo 112 y 312.

Alternativamente, el dispositivo 300 puede producir luz azul de la misma manera que se describió anteriormente en referencia a la figura 1, es decir, usando un LED con una emisión primaria en el espectro UV y usando un elemento de fósforo físicamente separado que convierte la emisión primaria en luz azul. En una realización en la que se usa luz azul convertida, los componentes necesarios, es decir, el elemento de separación de color, los elementos ópticos y el elemento de fósforo, pueden extenderse dentro o fuera del plano de la figura 5.

El dispositivo 300 incluye una placa en X 342, por ejemplo, dos espejos dicróicos en una geometría cruzada, y una lente condensadora 344 para combinar la luz roja, verde y azul. Si se desea, una única película de mejora de la radiancia y un par de componentes de recuperación de polarización pueden ubicarse entre la placa en X 342 y la lente condensadora 344 obviando así la necesidad de tres pares de películas de mejora de la radiancia y componentes de recuperación de polarización.

Si se desea, el dispositivo 300 puede producir colores adicionales, por ejemplo, ámbar y cian, usando LED y elementos de fósforo adicionales de la misma manera que se describe en referencia a la figura 1. Los LED adicionales, los elementos de fósforo y los elementos ópticos asociados y los espejos dicróicos pueden extenderse dentro o fuera del plano de la página.

La figura 6 ilustra un dispositivo de iluminación 400 que es similar al dispositivo 300, y los elementos designados son los mismos. El dispositivo 400, sin embargo, está configurado para un dispositivo de proyección LCD de tres paneles, tal como el tipo fabricado por Epson (Japón). El dispositivo 400 incluye un cubo X 402 delante de una lente de proyección 403. El cubo X 402 combina las imágenes en rojo, verde y azul generadas por las micropantallas 404, 406 y 408, respectivamente, que son, por ejemplo, pantallas LCD de polisilicio de alta temperatura (HTPS).

La figura 7 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 500. El dispositivo 500 tiene una disposición lineal de la fuente de luz y un elemento de conversión de longitud de onda remota, es decir, físicamente separado, lo cual es particularmente ventajoso para dispositivos de iluminación con limitaciones de espacio, tales como una linterna. Como se muestra en la figura 7, el dispositivo 500 incluye un LED 502 en un submontaje opcional 504 y un disipador de calor 506. Un colimador 508, u otro elemento óptico, coliman la luz primaria emitida desde el LED 502, que se transmite a través del espejo dicróico 510 hacia el elemento de fósforo 512. Un segundo colimador 514 enfoca la luz primaria que se transmite a través del espejo dicróico 510 al elemento de fósforo 512.

El elemento de fósforo 512 absorbe la luz primaria emitida por el LED 502 y emite luz que tiene longitudes de onda más largas en ambas direcciones, es decir, hacia y fuera del espejo dicróico 510. El espejo dicróico 510 refleja la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 512 hacia el elemento de fósforo 512. Por lo tanto, el espejo dicróico 510 evita que la luz convertida incida sobre el LED 502, mejorando así la eficiencia del dispositivo 500.

Una parte de la luz convertida emitida desde el elemento de fósforo 512 es colimada por el colimador 516 u otro elemento óptico adecuado. Un segundo espejo dicróico 518 transmite la luz convertida y refleja cualquier luz no convertida hacia el elemento de fósforo 512. Una película de mejora de la radiancia 520 y un componente de recuperación de polarización 522 se pueden ubicar después del espejo dicróico 518 para reciclar la luz que no se puede usar aguas abajo del dispositivo 500. Si se desea, se puede colocar una película de mejora de la radiancia adicional 524 o un componente de recuperación de polarización en el elemento de fósforo 512, por ejemplo, como se describe en referencia a las figuras 2A y 2B.

La figura 8 es otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 550, que es similar al dispositivo 500, y los elementos designados son los mismos. El dispositivo 550, sin embargo, usa una fuente de luz adicional para que el elemento de fósforo 512 se ilumine desde la parte delantera y trasera, duplicando así aproximadamente la radiancia del dispositivo. Como se muestra en la figura 8, el dispositivo 550 utiliza un segundo LED 552 (en un submontaje opcional 554 y un disipador de calor 556) y un colimador 558 como una segunda fuente de luz. Un cubo dicróico 560, u otro dispositivo adecuado, tal como un espejo dicróico, reflejan la luz emitida por el LED 552 hacia el elemento de fósforo 512 y transmite la luz convertida desde el elemento de fósforo 512. Los dos LED 502 y 552 pueden emitir luz primaria que tiene los mismos intervalos de longitud de onda.

La figura 9A es otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 600. El dispositivo de iluminación 600 combina ventajosamente la función de los elementos ópticos y los dicroicos utilizando una esfera dicroica 610. Como se ilustra en la figura 9A, el dispositivo 600 incluye un LED 602 sostenido en un submontaje opcional 604 y un disipador de calor 606. Se puede utilizar una lente condensadora 608, que se mantiene cerca o en contacto con el LED 602, junto con una esfera dicroica 610 para formar una imagen del LED 602 sobre el elemento de fósforo 612. La esfera dicroica 610 puede ser, por ejemplo, una esfera de vidrio o plástico con una película dicroica depositada en el centro, similar a un cubo dicroico.

Una lente condensadora 614 puede mantenerse cerca o en contacto con el elemento de fósforo 612, que está montado en un submontaje reflectante 616 y un disipador de calor 618. El elemento de fósforo 612 convierte la luz emitida desde el LED 602 en luz con longitudes de onda más largas, que se transmite a través de la esfera dicroica 610 a la lente 620. La luz convertida es colimada o enfocada de otra manera por la lente 620. Si se desea, puede disponerse una película de mejora de la radiancia 622 y un componente de recuperación de polarización 624 después o antes de la lente 620.

La figura 9B es otra ilustración del dispositivo de iluminación 600 con la esfera dicroica 610 que funciona en un ángulo más eficiente. Como se analizó anteriormente, los dicroicos funcionan con una mejor separación de color y eficiencia en ángulos de incidencia más pequeños. Por lo tanto, la figura 9B ilustra que el LED 602 y el elemento de fósforo 612 están en un ángulo de aproximadamente 45 grados entre sí y, por lo tanto, la esfera dicroica 610 está en un ángulo de aproximadamente 22,5 grados con respecto a cada LED 602 y el elemento de fósforo 612. Por supuesto, se pueden utilizar otros ángulos, por ejemplo, menos de aproximadamente 22,5 grados.

La figura 10 es otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 650 que es similar al dispositivo 600, y los elementos designados son los mismos. El dispositivo 650, sin embargo, incluye un segundo LED 652 en un submontaje opcional 654 y un disipador de calor 656, que está acoplado ópticamente a la esfera dicroica 660 a través de, por ejemplo, una lente condensadora 658. Los LED 602 y 652 pueden emitir luz con diferentes longitudes de onda. La esfera dicroica 660 incluye dos espejos dicroicos que responden a las longitudes de onda emitidas por los LED 602 y 652. El elemento de fósforo 612 puede incluir una combinación de fósforos para las diferentes longitudes de onda de la luz.

Si se desea, como se describió en la figura 9B, el elemento de fósforo 612 puede estar en otros ángulos, por ejemplo, aproximadamente 45 grados o menos, con respecto al LED 602 y al LED 652 y, por lo tanto, el elemento de separación de color en la esfera dicroica 610 puede estar en otros ángulos, por ejemplo, aproximadamente 22,5 grados o menos, con respecto a cada LED 602 y 652 y el elemento de fósforo 612.

La figura 11A ilustra la realización según la invención de un dispositivo de iluminación 700 que puede utilizarse, por ejemplo, como un proyector secuencial de color o una luz de estudio o teatro. El dispositivo 700 es similar al dispositivo 100 mostrado en la figura 1, y los elementos designados son los mismos. Sin embargo, el dispositivo 700 utiliza un cubo dicroico 710 en lugar de un espejo dicroico 110. Además, el elemento de conversión de longitud de onda en el dispositivo 700 es un disco cubierto de fósforo 712, que tiene un sustrato altamente reflectante. El disco 712 puede tener múltiples secciones coloreadas, cada una de las cuales tiene diferentes tipos y/o cantidades de fósforo. La figura 11B ilustra una vista plana del disco 712, con tres secciones diferentes del disco 712 con diferentes tipos de fósforos.

El disco 712 gira mediante el motor 714. A medida que el disco 712 gira, las diferentes secciones del disco 712 y, por lo tanto, los diferentes fósforos, se iluminan produciendo así diferentes colores. El giro del disco 712, además, puede utilizarse para enfriar el fósforo y puede utilizarse para generar un flujo de aire para enfriar el disipador de calor 106.

El color emitido por el dispositivo 700 puede controlarse sincronizando el ciclo de trabajo del LED 102 y el giro del disco. De manera alternativa, el disco 712 puede mantenerse girado y detenido para iluminar una parte diferente del disco 712 cuando se desea un color diferente. En otra aplicación, el disco 712 puede incluir fósforos multicolores o puede contener secciones con diferentes mensajes o símbolos, como logotipos. El dispositivo 700 proyectaría así el mensaje o símbolo, que luego se puede cambiar girando el disco 712 para iluminar otro mensaje o símbolo de fósforo en el disco 712.

La figura 12 ilustra otra realización de ejemplo de un dispositivo de iluminación 800 que puede utilizarse, por ejemplo, como retroiluminación para un panel de pantalla de cristal líquido (LCD). En esta realización, se utiliza un LED para producir una retroiluminación azul que se utiliza en combinación con un patrón de puntos de fósforo que consiste en puntos de fósforo rojo y verde, que están alineados con píxeles de LCD que representan los píxeles de imagen rojo y verde, respectivamente, mientras que los píxeles azules se dejan en blanco o se aplican con un material de dispersión sin fósforo. Si se desea, el LED puede producir luz UV o casi luz UV en donde se utilizan puntos de fósforo azul junto con los puntos de fósforo rojo y verde.

Como se ilustra en la figura 12, un LED 802, en un submontaje opcional 804 y un disipador de calor 806, se utiliza con un colimador 808 u otro elemento óptico adecuado. El LED 802 produce, por ejemplo, luz azul o UV. Un

5 elemento de conversión de longitud de onda 812, que incluye, por ejemplo, puntos de fósforo rojo y verde (y puntos de fósforo azul si el LED 802 produce luz UV), está ubicado en el extremo del colimador 808 opuesto al LED 802. Un espejo dicroico 810 está dispuesto entre el LED 802 y el elemento de conversión de longitud de onda 812, por ejemplo, en el LED 802. El espejo dicroico 810 transmite la luz azul o UV emitida por el LED 802, pero refleja longitudes de onda largas. Por lo tanto, sustancialmente toda la luz emitida por el elemento de conversión de longitud de onda 812 hacia el LED 802 será reflejada por el espejo dicroico 810 y no incidirá en el LED 802.

10 Un segundo espejo dicroico 814, o película de mejora de la radiancia, está dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda 812 y un panel de LCD 816 y una lente 818. El segundo espejo dicroico 814 puede configurarse con una pluralidad de elementos dicroicos, cada elemento dicroico está alineado con un punto de fósforo correspondiente, por ejemplo, los elementos dicroicos rojo, verde y azul están alineados con puntos de fósforo emisores de color rojo, verde y azul, respectivamente. Como se analizó con referencia a las figuras 2A y 2B, el segundo espejo dicroico 814 está configurado para transmitir la luz en un intervalo estrecho de ángulos y refleja la luz fuera del intervalo de ángulos de vuelta hacia el elemento de conversión de longitud de onda 812 y el espejo dicroico 810. Por ejemplo, la luz emitida por los puntos de fósforo en un ángulo inferior a aproximadamente 30
15 grados de lo normal se transmitirá a través del segundo espejo dicroico 814, mientras se refleja la luz fuera de ese intervalo. Por consiguiente, los píxeles en el panel de LCD 816 reciben ventajosamente luz en un intervalo estrecho de ángulos, mejorando así el rendimiento del dispositivo.

20 La figura 13 ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo 850 que incluye un dispositivo semiconductor emisor de luz 852, un primer elemento dicroico 854, un elemento convertidor de longitud de onda 856, un elemento polarizador 858 y un segundo elemento dicroico 860. Algunos o todos los diversos elementos mostrados en la figura 13 pueden estar separados, por ejemplo, por un espacio de aire. Por ejemplo, en una realización, los diversos elementos 852, 854, 856, 858 y 860 están separados entre sí por 1 mm o más. Alternativamente, algunos o todos los
25 elementos que se muestran en la figura 13 pueden estar en contacto físico, es decir, con un elemento en la parte superior y en contacto físico con el siguiente.

30 En esta realización de ejemplo, el dispositivo semiconductor emisor de luz 852 emite luz en las longitudes de onda azul o UV. El elemento de conversión de longitud de onda 856 convierte la luz desde el dispositivo semiconductor emisor de luz 852 a otras longitudes de onda, por ejemplo, rojo, verde o azul. Como se ilustra mediante las flechas en la figura 13, el primer elemento dicroico 854 transmite la luz que es emitida por el dispositivo semiconductor emisor de luz 852 y refleja la luz emitida por el elemento de conversión de longitud de onda 856. El elemento de polarización 858, que puede omitirse si se desea, sirve como componente de recuperación de polarización y transmite un estado de polarización y refleja los otros estados de polarización de vuelta al elemento de conversión
35 de longitud de onda 856. El segundo elemento dicroico 860 sirve como una película de mejora de la radiancia al transmitir la luz emitida por el elemento convertidor de longitud de onda 856 en un intervalo estrecho de ángulos, por ejemplo, dentro de los 25 grados de lo normal, y al reflejar la luz que está fuera del intervalo de ángulos de vuelta hacia el elemento de conversión de longitud de onda 856. El segundo elemento dicroico 860 también refleja la luz no convertida desde el dispositivo semiconductor emisor de luz 852 que se filtró a través del elemento de conversión de longitud de onda 856 de vuelta al elemento de conversión de longitud de onda 856. Por lo tanto, el segundo elemento dicroico 860 separa la luz basándose tanto en el color como en el ángulo de incidencia. La luz que sale del elemento dicroico 860 es, por lo tanto, luz convertida que está polarizada y se encuentra dentro de un intervalo estrecho de ángulos.

40 Aunque la presente invención se ilustra en conexión con realizaciones específicas con fines de instrucción, la presente invención no se limita a las mismas. Pueden realizarse diversas adaptaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas 1 a 15.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de iluminación (100, 150, 200, 300, 400, 500, 550, 600, 650, 800, 850) que comprende:
- una fuente de luz (102, 202, 302, 322, 502, 522, 602, 652, 802, 852) que emite luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda a lo largo de una primera trayectoria del haz;
- 10 un elemento de conversión de longitud de onda (112, 112', 512, 612, 812, 856) en la primera trayectoria del haz, el elemento de conversión de longitud de onda está físicamente separado de la fuente de luz, el elemento de conversión de longitud de onda convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda a lo largo de una segunda trayectoria del haz; y
- 15 un elemento de separación de color (110, 210, 310, 510, 610, 810, 854) dispuesto entre la fuente de luz y el elemento de conversión de longitud de onda, el elemento de separación de color está configurado para evitar sustancialmente que toda la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda incida en la fuente de luz, caracterizado porque
- el elemento de conversión de longitud de onda comprende un elemento giratorio 2), el elemento giratorio tiene al menos una primera sección cubierta con un primer fósforo que convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda, y una segunda sección cubierta con
- 20 un segundo fósforo que convierte la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en la luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda, en donde el elemento de separación de color está configurado para evitar además sustancialmente que toda la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz.
- 25 2. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, en donde la fuente de luz es un dispositivo semiconductor emisor de luz.
3. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, que comprende además un segundo elemento de separación de color dispuesto sobre el elemento de conversión de longitud de onda, el segundo elemento de separación de color está configurado para transmitir la luz que tiene el primer intervalo de longitud de onda en un primer intervalo de ángulos y para transmitir la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda en un segundo intervalo de ángulos, el segundo intervalo de ángulos es más pequeño que el primer intervalo de ángulos, en donde el segundo elemento de separación de color refleja la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda fuera del segundo intervalo de ángulos de vuelta al elemento de conversión de longitud de onda.
- 30 4. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, que comprende además al menos una película de mejora de la radiancia (118, 318, 520, 622, 814) y un componente de recuperación de polarización (120, 320, 522, 624, 858) acoplada para recibir la luz emitida desde el elemento de conversión de longitud de onda.
- 40 5. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 4, en donde la película de mejora de la radiancia comprende al menos uno de un elemento óptico difractivo y un elemento micro refractivo y en donde el componente de recuperación de polarización comprende un polarizador no absorbente.
- 45 6. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, en donde el elemento de separación de color se selecciona del grupo que consiste en un espejo dicróico, un cubo dicróico, una esfera dicróica, un elemento óptico difractivo y un holograma.
7. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, en donde el elemento de conversión de longitud de onda está montado sobre un submontaje reflectante.
- 50 8. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, que comprende además una lente, en donde el elemento de separación de color refleja la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda desde la fuente de luz al elemento de conversión de longitud de onda y transmite la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda desde el elemento de conversión de longitud de onda a la lente.
- 55 9. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 1, que comprende, además:
- un primer elemento óptico dispuesto entre la fuente de luz y el elemento de separación de color, el primer elemento óptico colima la luz emitida desde la fuente de luz; y
- 60 un segundo elemento óptico dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda y el elemento de separación de color, el segundo elemento óptico enfoca la luz colimada desde la fuente de luz en el elemento de conversión de longitud de onda y colima la luz convertida que tiene un segundo intervalo de longitud de onda.
- 65 10. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 9, en donde el primer elemento óptico y el segundo elemento óptico incluyen cada uno al menos uno de un colimador, un elemento concentrador parabólico compuesto

reflectante, un elemento óptico reflectante interno total, un transformador de ángulo reflectante rectangular, una lente condensadora y un conjunto de lentes.

5 11. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 9, que comprende además:

una segunda fuente de luz (202) que emite luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda a lo largo de una tercera trayectoria del haz;
10 en donde el elemento de separación de color es un primer elemento de separación de color (110) que está además dispuesto entre la segunda fuente de luz y el elemento de conversión de longitud de onda, el primer elemento de separación de color está configurado para transmitir sustancialmente toda la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda y la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda y para reflejar sustancialmente toda la luz que tiene el primer intervalo de longitud de onda; y un segundo elemento de separación de color (210) dispuesto entre la segunda fuente de luz y el primer elemento de separación de color (110), el segundo elemento de separación de color está configurado para transmitir sustancialmente toda la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda y para reflejar sustancialmente toda la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda;
15 en donde el elemento de conversión de longitud de onda está en la primera trayectoria del haz y la tercera trayectoria del haz, el elemento de conversión de longitud de onda convierte tanto la luz que tiene el primer intervalo de longitud de onda como la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda en luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda.

20 12. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 11, que comprende además:

un tercer elemento óptico (208) dispuesto entre la segunda fuente de luz y el segundo elemento de separación de color, el tercer elemento óptico colima la luz emitida desde la segunda fuente de luz.

25 13. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 9, que comprende además:

una segunda fuente de luz (302) que emite luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda a lo largo de una tercera trayectoria del haz;
30 un segundo elemento de conversión de longitud de onda (312) en la tercera trayectoria del haz, el segundo elemento de conversión de longitud de onda está físicamente separado de la segunda fuente de luz, el segundo elemento de conversión de longitud de onda convierte la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda en luz que tiene un cuarto intervalo de longitud de onda a lo largo de la cuarta trayectoria del haz; y
un segundo elemento de separación de color (310) dispuesto entre la segunda fuente de luz y el segundo elemento de conversión de longitud de onda, el segundo elemento de separación de color está configurado para evitar sustancialmente que toda la luz que tiene el cuarto intervalo de longitud de onda desde el segundo elemento de conversión de longitud de onda incida sobre la segunda fuente de luz; y
35 un tercer elemento de separación de color (342) dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda y el segundo elemento de conversión de longitud de onda, el tercer elemento de separación de color está configurado para combinar la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda y la luz que tiene el cuarto intervalo de longitud de onda.

40 14. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 13, que comprende además una lente (344) dispuesta después del tercer elemento de separación de color.

45 15. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 13, que comprende además una tercera fuente de luz (322) que emite una luz que tiene un quinto intervalo de longitud de onda, en donde el tercer elemento de separación de color está configurado además para combinar la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda, la luz que tiene el cuarto intervalo de longitud de onda y la luz que tiene el quinto intervalo de longitud de onda.

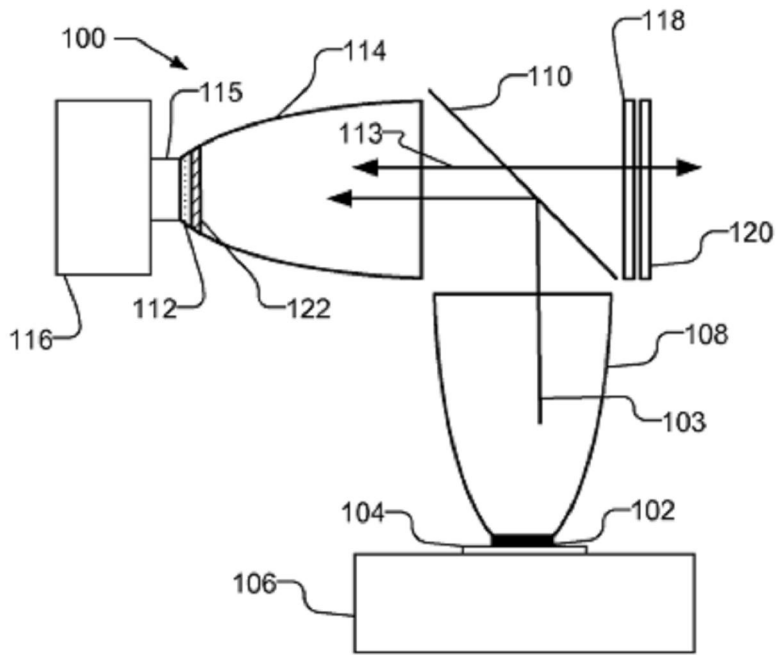


Fig. 1

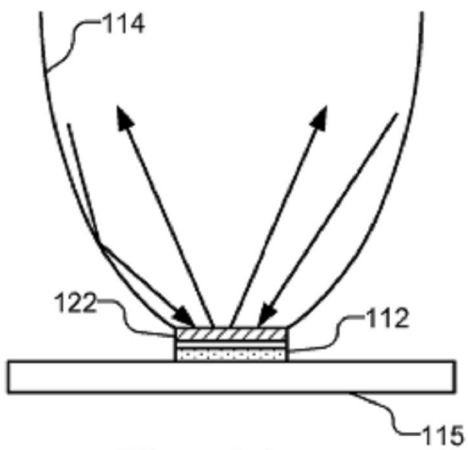


Fig. 2A

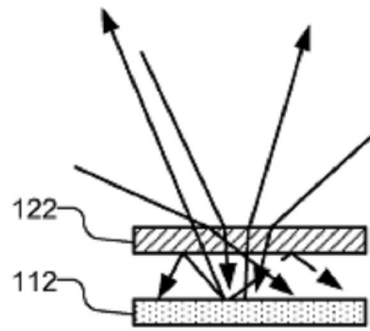


Fig. 2B

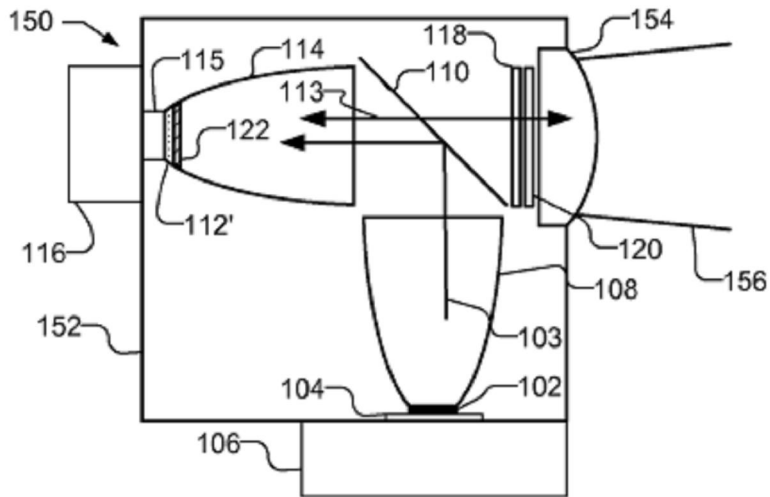


Fig. 3A

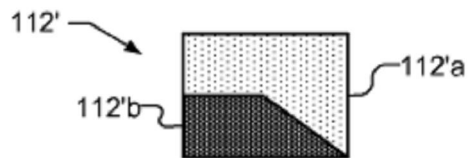


Fig. 3B

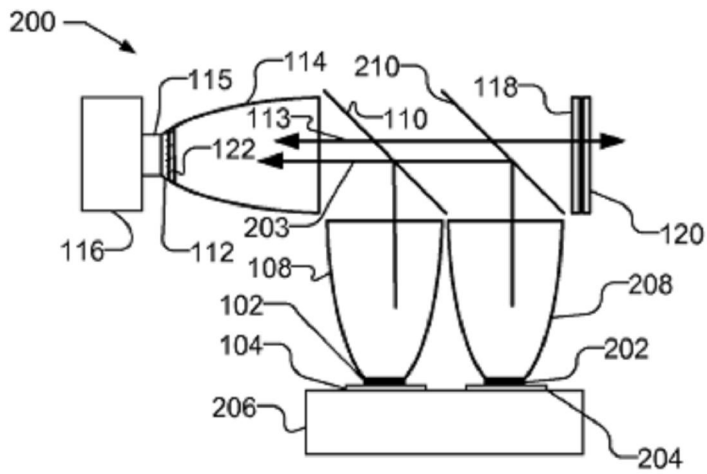


Fig. 4

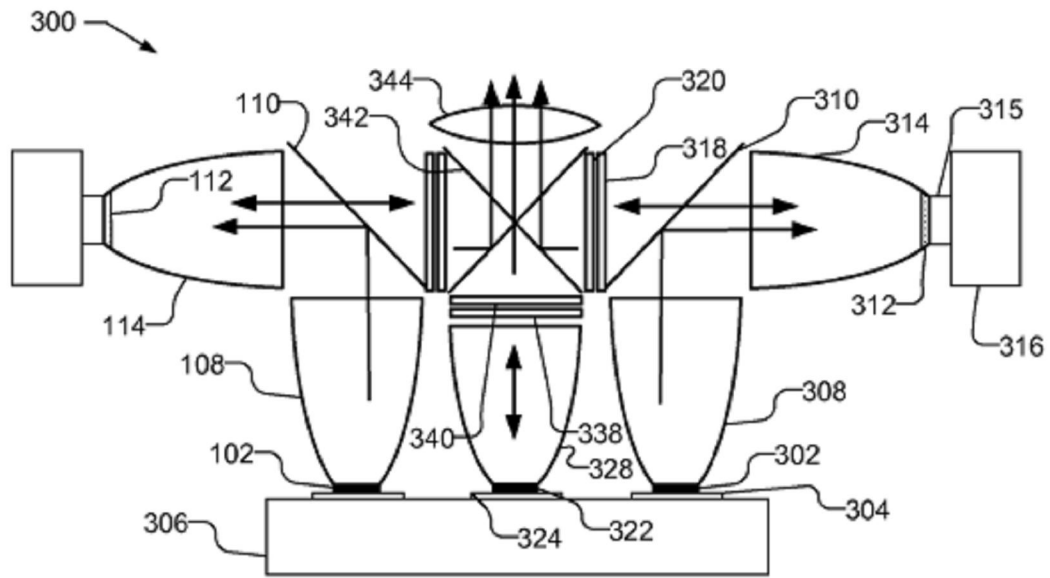


Fig. 5

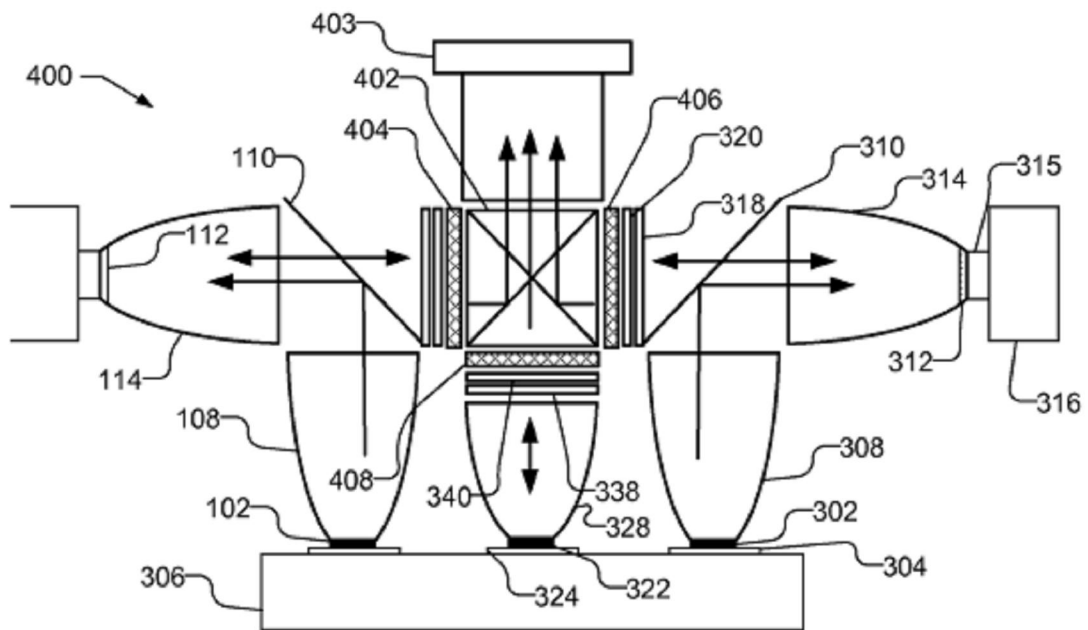


Fig. 6

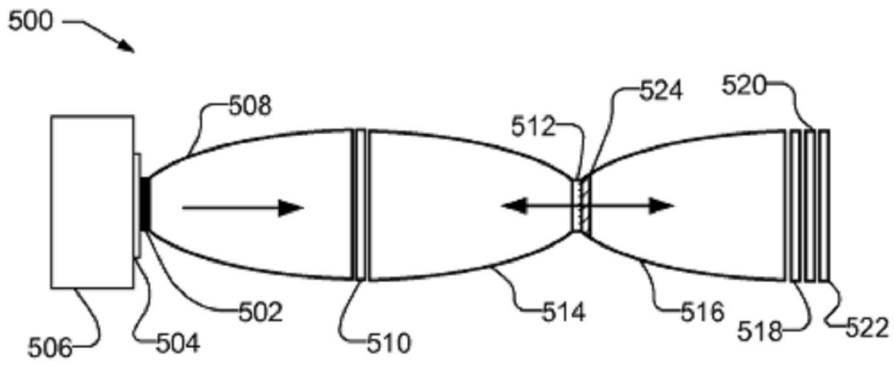


Fig. 7

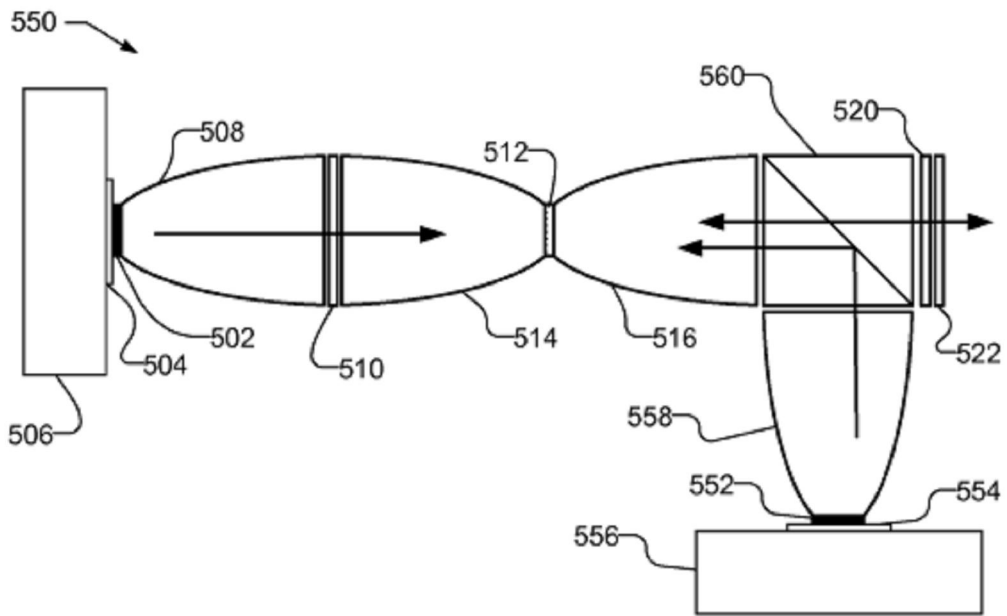


Fig. 8

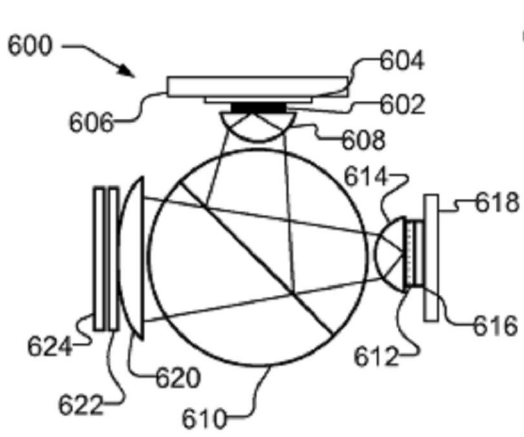


Fig. 9A

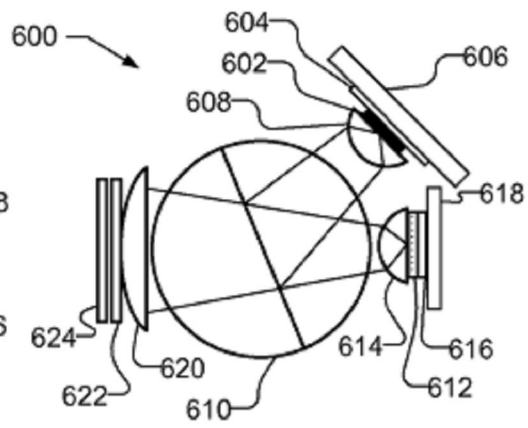


Fig. 9B

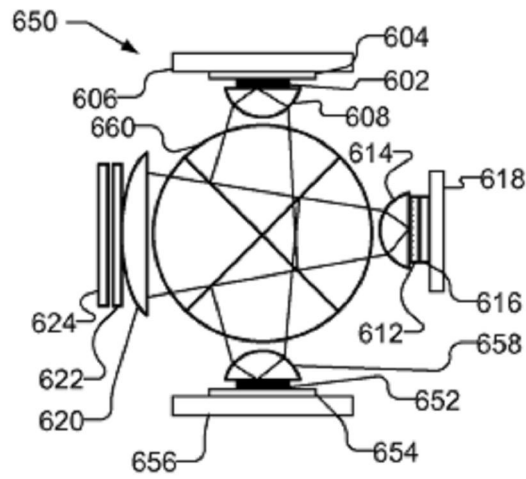


Fig. 10

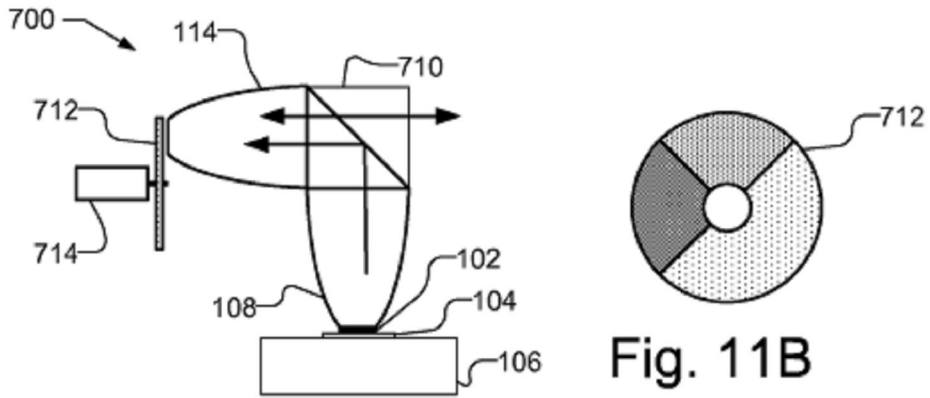


Fig. 11A

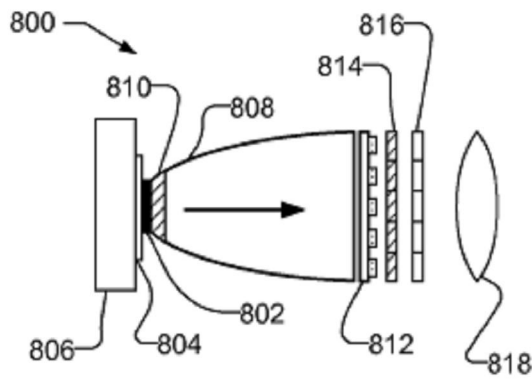


Fig. 12

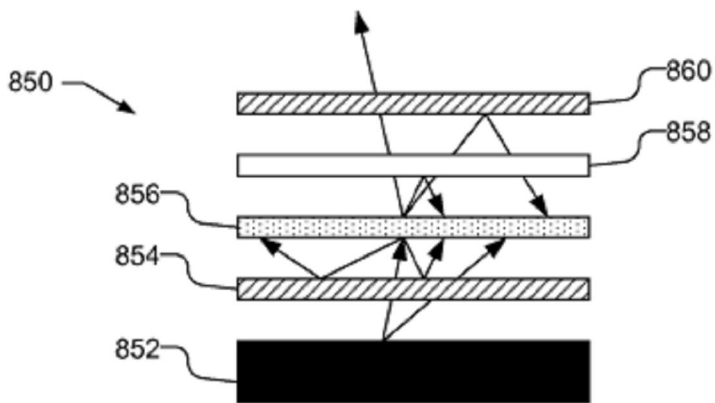


Fig. 13