

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 766 198**

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 18167801 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3383034**

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:

12.06.2020

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 2 766 198 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 se refiere a 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, incluyendo los dispositivos emisores de luz semiconductores.

10

Antecedentes

Con el desarrollo de diodos emisores de luz (LED) eficientes que emiten luz azul o luz ultravioleta o ultravioleta cercana, habitualmente denominada en el presente documento luz UV, se ha hecho posible producir unos LED que generan luz a través de la conversión de fósforo de una parte de la emisión primaria del LED (o la emisión primaria completa) en longitudes de onda más largas. La conversión de la emisión primaria del LED en longitudes de onda más largas se denomina habitualmente 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 de color deseada, por ejemplo, luz blanca. Como alternativa, la emisión primaria completa se convierte en luz con longitudes de onda más largas y, a continuación, se combina para producir la luz deseada.

20

Convencionalmente, la conversión de longitud de onda de la emisión primaria del LED se logra usando un fósforo que se mantiene en un medio aglutinante, tal como epoxi, silicona u otro material similar. El fósforo tiene, en general, la forma de un polvo que se mezcla con el medio aglutinante antes del curado. La suspensión no curada que contiene el polvo de fósforo se deposita sobre el LED para encapsular el LED y, posteriormente, se cura.

25

Es deseable, sin embargo, usar unos LED de fósforo convertido de alta radiancia en muchas aplicaciones de iluminación, tal como en proyectores, faros de automóviles, fibra óptica y luces de teatro. Sin embargo, una dificultad con los LED encapsulados en fósforo es que el medio aglutinante se vuelve opaco y se vuelve marrón cuando se somete a altas temperaturas. En consecuencia, esta limitación de temperatura del encapsulante limita la corriente a la que puede excitarse el LED, lo que limita la radiancia del LED de fósforo convertido.

30

Sumario

De acuerdo con 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, una lámpara de mercurio, o un dispositivo emisor de luz semiconductor. El elemento de conversión de longitud de onda, que puede ser, por ejemplo, una capa de fósforo, está, además, separado ópticamente de la fuente de luz, de tal manera que la luz convertida emitida por el elemento de conversión de longitud de onda no incida 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 de este modo que la fuente de luz se excite 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 reciclaje del dispositivo, lo que también aumenta la radiancia.

40

45

Por lo tanto, en un aspecto de la presente invención, un dispositivo de iluminación incluye una fuente de luz que emite una luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda a lo largo de una primera trayectoria de haz y un elemento de conversión de longitud de onda en la primera trayectoria de 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 una luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda a lo largo de una segunda trayectoria de 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. Un primer elemento óptico está dispuesto entre la fuente de luz y el elemento de separación de color, y colima la luz emitida desde la fuente de luz. Un segundo elemento óptico está dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda y el elemento de separación de color, enfoca la luz colimada procedente de la fuente de luz sobre el elemento de conversión de longitud de onda y colima la luz convertida que tiene un segundo intervalo de longitud de onda. El elemento de conversión de longitud de onda está montado sobre un sustrato reflectante o un espejo reflectante.

50

55

60

En otro aspecto de la presente invención, un dispositivo de iluminación incluye una fuente de luz que emite una 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 de haz. El dispositivo de iluminación también incluye un elemento de separación de color en la primera trayectoria de haz, donde el elemento de separación de color está configurado para dirigir sustancialmente toda la luz colimada a lo largo de la primera trayectoria de haz hacia un segundo elemento óptico. El segundo elemento óptico enfoca la luz

65

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 la luz del primer intervalo de longitud de onda y para emitir una 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.

En otro aspecto, un dispositivo incluye una fuente de luz que emite una 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 una 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 la luz en el segundo intervalo de longitud de onda que incide sobre el segundo elemento de separación de color en un primer intervalo de ángulos y para reflejar la luz que incide sobre el segundo elemento de separación de color fuera del primer intervalo de ángulos. La presente invención se define en las reivindicaciones 1 a 15.

El documento JP2004071357A desvela un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz que emite una luz primaria, y una parte de conversión de longitud de onda que absorbe la luz primaria y, a continuación, emite una luz secundaria que tiene una longitud de onda pico más larga que la de la luz primaria. La parte de conversión de longitud de onda está laminada en el orden de una dirección óptica por un fósforo rojo, verde y azul, y la luz se mezcla con la luz blanca. La parte de conversión de longitud de onda se coloca de manera remota desde la fuente de luz. La parte de conversión de longitud de onda se coloca en una capa óptica que transmite la luz primaria y refleja la luz secundaria. Una película óptica en la parte superior de la parte de conversión de longitud de onda transmite la luz secundaria y refleja la luz primaria.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

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

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

La figura 4 ilustra otra realización 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.

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

La figura 7 ilustra un 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.

La figura 8 ilustra un 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 un dispositivo de iluminación en el que la función de los elementos ópticos y los díodos se combinan en una esfera díodo.

La figura 10 ilustra otra realización 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.

Las figuras 11A y 11B ilustran otra realización de un dispositivo de iluminación que incluye un elemento de conversión de longitud de onda rotatorio.

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

La figura 13 ilustra una realización de un dispositivo que incluye un dispositivo emisor de luz semiconductor, 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

De acuerdo con 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 tanto, la corriente a la que puede excitarse un dispositivo emisor de luz semiconductor (si se usa como la fuente de luz). En consecuencia, las limitaciones de temperatura del medio de conversión de longitud de onda ya no impondrán una limitación a la radiancia de la fuente de luz. La fuente de luz puede ser, por ejemplo, un dispositivo emisor de luz semiconductor u otras fuentes de radiación de longitud de onda corta, tales como una lámpara de xenón o una lámpara de mercurio.

Además, la trayectoria de haz de la luz convertida de longitud de onda se separa de la fuente de luz, es decir, se evita que la luz convertida incida sobre la fuente de luz. En consecuencia, las pérdidas de absorción que pueden producirse en la fuente de luz se reducen ventajosamente, proporcionando de este modo una gran ganancia de eficiencia en la conversión y el reciclaje, lo que aumenta la radiancia.

5 La figura 1 ilustra un dispositivo de iluminación 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. La figura 1 incluye una fuente de luz 102 que, en aras de la simplicidad, en ocasiones se denomina en el presente documento dispositivo emisor de luz (LED) 102. La fuente de luz puede ser un dispositivo emisor de luz semiconductor, 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, tales 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 el documento U.S. número de serie 10/652.348, titulado "Package for a Semiconductor Light Emitting Device", de Frank Wall et al., presentado el 29 de agosto de 2003, que tiene el mismo cesionario que la presente divulgación y que se incorpora en el presente documento como referencia. El LED 102 se muestra en un subsoporte opcional 104, que está montado en un disipador de calor 106.

20 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 separarse a lo largo de la trayectoria de haz mediante, por ejemplo, aire, gas o vacío. La longitud de la separación física del LED 102 y el elemento de conversión de longitud de onda 112 puede variar, pero en una realización es mayor de 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.

25 El elemento de conversión de longitud de onda 112 puede ser, por ejemplo, una capa producida de manera convencional de fósforo u otro material de conversión de longitud de onda en un medio aglutinante, tal como epoxi o silicona. El tipo y la cantidad de fósforo usado 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 produce, en general, una emisión primaria que tiene un intervalo de longitudes de onda. El intervalo de longitudes de onda es, en general, 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 pico en el espectro producido. En una realización, donde el LED 102 produce longitudes de onda en el espectro azul, UV o UV cercano, el elemento de conversión de longitud de onda 112 puede usar fósforos tales como: tiogallato (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, (Sr_{0,5}, Ca_{0,5})S:Eu, SrS:Eu y SrSiN:Eu para producir luz convertida en el espectro rojo; y YAG para producir luz convertida blanca. Para facilitar la referencia, el elemento de conversión de longitud de onda a veces se denomina en el presente documento elemento de fósforo, pero debe entenderse que pueden usarse otros materiales de conversión de longitud de onda, tales como colorantes.

40 El elemento de fósforo 112 se muestra montado sobre un sustrato altamente reflectante 115, tal como una película reflectante especular ESR fabricada por 3M o una película reflectante difusa blanca E60L fabricada por Toray, y acoplado 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 como para evitar un calentamiento conductivo 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. En consecuencia, el LED 102 puede excitarse con una corriente alta para producir una alta radiancia. Además, con el uso de un disipador de calor 116, puede disiparse el calor procedente del elemento de fósforo 112 provocado por la conversión de luz de fósforo. Debido a que el calentamiento del fósforo puede degradar el rendimiento en aproximadamente un 20 a un 30 por ciento, el uso de un disipador de calor 116 puede aumentar drásticamente el rendimiento del elemento de fósforo 112.

55 Además, al menos una parte de la trayectoria de haz 103 de la luz emitida desde el LED 102 se separa de la trayectoria de haz 113 de la luz convertida procedente del 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 a veces se denominará en el presente documento espejo dicróico. Sin embargo, debe entenderse que pueden usarse otros elementos de separación de color con la presente invención, tales como un cubo dicróico, un elemento óptico difractivo o un holograma. Puede comprarse un espejo dicróico adecuado en, por ejemplo, Unaxis Balzers Ltd., localizada en Liechtenstein, o en Optical Coating Laboratory, Inc., localizada en Santa Rosa, California.

60 El elemento de separación de color 110 se usa para evitar que una cantidad sustancial de la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112 incida sobre el LED 102. Idealmente, ninguna luz convertida incidiría sobre el LED 102, sin embargo, los elementos de separación de color, tales como los espejos dicróicos, no son ideales y pueden filtrar entre un 0 y un 30 por ciento de la luz convertida. En consecuencia, se reduce la absorción de la luz convertida

por el LED 102, mejorando de este modo la eficiencia en la conversión y el reciclaje, y, por lo tanto, en la radiancia del dispositivo de iluminación 100.

Los elementos ópticos se usan para colimar la luz primaria y la luz convertida antes de que incidan sobre el espejo dicróico 110. Por ejemplo, se usa un colimador 108 entre el LED 102 y el espejo dicróico 110 para colimar la luz emitida por el LED 102. Otro colimador 114 entre el elemento de fósforo 112 y el espejo dicróico 110 se usa 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, sino que pueden ser otros elementos ópticos, tales como un elemento concentrador parabólico compuesto reflectante, un elemento óptico de reflexión interna total, un transformador de ángulo reflectante rectangular, una lente condensadora, un conjunto de lente o una combinación de estos elementos. Debido a que los elementos de separación de color, tales como los espejos dicróicos, dependen del ángulo, los elementos ópticos producen preferentemente un cono de luz estrecho. Los elementos ópticos pueden tener, por ejemplo, una geometría circular o rectangular y pueden estar formados convencionalmente por materiales tales como plástico moldeado o metal, tal como aluminio o aleaciones metálicas. Si el LED 102 se excita a una temperatura alta, el uso de un material insensible a la temperatura, tal como metal o vidrio, es especialmente ventajoso.

En funcionamiento, el elemento de fósforo 112 recibe la luz primaria procedente del LED 102 y convierte la luz primaria a otro intervalo de longitud de onda absorbiendo la luz primaria y emitiendo la luz convertida. La luz procedente del LED 102 que no se absorbe por el elemento de fósforo 112 se refleja por el sustrato reflectante 115 y se refleja de vuelta al LED 102 por el espejo dicróico 110, donde la luz se refleja de vuelta 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 usa para reflejar una parte de la luz convertida hacia el espejo dicróico 110. A continuación, la luz convertida se transmite por el espejo dicróico 110.

Tal como se ilustra en la figura 1, pueden localizarse elementos ópticos adicionales después del espejo dicróico 110. A modo de ejemplo, el dispositivo 100 puede incluir una película de mejora de radiancia 118. Una película de mejora de radiancia puede ser, por ejemplo, un elemento óptico difractivo, tal como el fabricado por Heptagon, localizado en Zurich, Suiza, o un elemento microrefractivo o una película de mejora de 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., localizada en Orem Utah, o por 3M, conocido como película de mejora de brillo doble. En algunas realizaciones, pueden invertirse las posiciones relativas de la película de mejora de radiancia 118 y el componente de recuperación de polarización 120.

La película de mejora de radiancia 118 y el componente de recuperación de polarización 120 restringen el estado de distribución y polarización angular de la luz producida por el dispositivo de iluminación 100, transmitiendo la luz deseada y reflejando la luz no deseada de vuelta 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 reciclaje es muy alta.

Debe entenderse que, aunque la figura 1 ilustra el LED 102 y el elemento de fósforo 112 orientados a 90 grados uno con respecto a otro, pueden usarse 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 uno con respecto a otro.

En una realización, una estructura de mejora de radiancia 122 (y/o el componente de recuperación de polarización) puede montarse 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 radiancia 122. La estructura de mejora de 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 radiancia 122 es, por ejemplo, un espejo dicróico o un elemento óptico difractivo. Si se usa un espejo dicróico, el espejo dicróico se diseña de tal manera que la luz primaria emitida por el LED 102 se transmite en un amplio intervalo de ángulos incidentes, pero la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 112 se transmite en un intervalo limitado de ángulos incidentes, 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 radiancia 122 garantiza 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 se reflejará por la estructura de mejora de radiancia 122 para reabsorberse y reemitirse por el elemento de fósforo 112. Por lo tanto, parte de la luz se emitirá durante un segundo paso, aumentando de este modo la radiancia del dispositivo de iluminación 100.

Las figuras 3A y 3B ilustran un dispositivo de iluminación 150 que es similar al dispositivo 100, siendo los elementos indicados los mismos. Tal como se ilustra, el dispositivo 150 está adaptado para su uso como faro de automóvil e incluye un recinto 152 para los componentes y una lente de proyección 154 que produce el haz resultante 156. Si se desea, puede usarse una configuración similar como un foco.

Tal como se ilustra en la figura 3B, el elemento de fósforo 112' puede modelarse 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. Como alternativa, 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 nada de fósforo o una mezcla diferente de fósforo. La parte 112'b con poco o nada de 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 mayor parte de la luz azul no convertida desde la parte 112'b hacia el LED 102. Por lo tanto, el patrón de haz estandarizado formado por las partes 112'a y 112'b se proyectará por la lente de proyección 154.

Debe entenderse que pueden producirse otros patrones por el dispositivo de iluminación 150 de una manera similar. Por ejemplo, con un modelado apropiado del elemento de fósforo 112', el dispositivo 150 puede proyectar mensajes y/o símbolos.

La figura 4 ilustra otra realización de un dispositivo de iluminación 200, que es similar al dispositivo 100, siendo los elementos indicados los mismos. El dispositivo de iluminación 200 duplica aproximadamente la radiancia con respecto al dispositivo 100 usando dos LED 102 y 202. El segundo LED 202 se mantiene en un subsoporte opcional 204 y puede compartir un disipador de calor 206 con el LED 102. El segundo LED 202 emite una luz que se colima 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, la luz emitida por el segundo LED 202 tiene un intervalo de longitud de onda diferente que la luz emitida por el LED 102. A modo de ejemplo, los LED 102 y 202 pueden emitir luz con unas longitudes de onda pico 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 debería tener un amplio espectro de absorción o una mezcla de fósforos de manera que se convierta la luz primaria procedente de los LED 102 y 202. 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 un dispositivo de iluminación 300 que incluye una pluralidad de fuentes de luz y una pluralidad de elementos de conversión de longitud de onda remota. El dispositivo 300 puede usarse para producir una luz roja, verde y azul combinada, que puede usarse, 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 el cian y el ámbar.

El dispositivo 300 es similar en funcionamiento al dispositivo 100, siendo los elementos indicados los mismos. Sin embargo, el dispositivo 300 incluye unos LED adicionales 302 y 322 que se mantienen en los subsoportes opcionales respectivos 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 usando los elementos de fósforo remotos 112 y 312, respectivamente, de la misma manera que la descrita anteriormente en referencia a la figura 1. Por lo tanto, los elementos ópticos, tales como el colimador 308, coliman la luz primaria, que puede ser una luz azul o UV, del LED 302 y el espejo dicróico 310 refleja la luz hacia un segundo elemento de fósforo 312. El colimador 314 enfoca la luz sobre el elemento de fósforo 312, que se mantiene en un espejo reflectante 315 y un disipador de calor 316. La luz verde convertida del elemento de fósforo 312 se transmite a través del espejo dicróico 310 y se transmite a través de (o se refleja para reciclarse por) una película de mejora de radiancia 318 y un 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. Tal como se ilustra en la figura 5, los elementos ópticos, tal como el colimador 328, coliman la luz emitida azul, que se transmite a través de (o se refleja para reciclarse por) una película de mejora de radiancia 338 y un componente de recuperación de polarización 340. El uso de películas de mejora de 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 radiancia, tales como la descrita en referencia a las figuras 2A y 2B, pueden localizarse antes de los elementos de fósforo 112 y 312.

Como alternativa, el dispositivo 300 puede producir luz azul de la misma manera que la descrita 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 radiancia y un par de componentes de recuperación de polarización pueden localizarse entre la placa en X 342 y la lente condensadora 344, evitando de este modo la necesidad de tres pares de películas de mejora de radiancia y componentes de recuperación de polarización.

Si se desea, el dispositivo 300 puede producir colores adicionales, por ejemplo, ámbar y cian, usando unos LED y unos elementos de fósforo adicionales de la misma manera como se describe en referencia a la figura 1. Los LED, los elementos de fósforo y los elementos ópticos y espejos dicróicos asociados adicionales 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, siendo los elementos indicados 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 en X 402 frente a una lente de proyección 403. El cubo en X 402 combina las imágenes rojas, verdes y azules 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 un 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, separado físicamente, que es especialmente ventajoso para dispositivos de iluminación con limitaciones de espacio, tales como una linterna. Tal como se muestra en la figura 7, el dispositivo 500 incluye un LED 502 en un subsoporte opcional 504 y un disipador de calor 506. Un colimador 508, u otro elemento óptico, colima la luz primaria emitida por 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 una luz que tiene longitudes de onda más largas en ambas direcciones, es decir, hacia y desde el espejo dicróico 510. El espejo dicróico 510 refleja la luz convertida emitida por el elemento de fósforo 512 de vuelta hacia el elemento de fósforo 512. Por lo tanto, el espejo dicróico 510 evita que la luz convertida incida sobre el LED 502, mejorando de este modo la eficiencia del dispositivo 500.

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

La figura 8 es un ejemplo de un dispositivo de iluminación 550, que es similar al dispositivo 500, siendo los elementos indicados los mismos. Sin embargo, el dispositivo 550 usa una fuente de luz adicional, de manera que el elemento de fósforo 512 se ilumina desde delante y hacia atrás, duplicando aproximadamente de este modo la radiancia del dispositivo. Tal como se muestra en la figura 8, el dispositivo 550 usa un segundo LED 552 (en un subsoporte opcional 554 y un disipador de calor 556) y un colimador 558 como segunda fuente de luz. Un cubo dicróico 560 u otro dispositivo adecuado, tal como un espejo dicróico, refleja 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 una luz primaria que tiene los mismos intervalos de longitud de onda.

La figura 9A es otra realización de un dispositivo de iluminación 600. El dispositivo de iluminación 600 combina ventajosamente la función de los elementos ópticos y los dicróicos usando una esfera dicróica 610. Como se ilustra en la figura 9A, el dispositivo 600 incluye un LED 602 mantenido en un subsoporte opcional 604 y un disipador de calor 606. Puede usarse una lente condensadora 608, que se mantiene cerca de o en contacto con el LED 602, junto con una esfera dicróica 610 para formar imágenes del LED 602 sobre el elemento de fósforo 612. La esfera dicróica 610 puede ser, por ejemplo, una esfera de vidrio o plástico con una película dicróica depositada en el centro, similar a un cubo dicróico.

Una lente condensadora 614 puede mantenerse cerca de o en contacto con el elemento de fósforo 612, que está montado en un subsoporte reflectante 616 y un disipador de calor 618. El elemento de fósforo 612 convierte la luz emitida desde el LED 602 en una luz con longitudes de onda más largas, que se transmite a través de la esfera dicróica 610 a la lente 620. La luz convertida se colima o se enfoca de otro modo por la lente 620. Si se desea, puede disponerse una película de mejora de 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 dicróica 610 operando en un ángulo más eficiente. Como se ha expuesto anteriormente, los dicróicos operan con una mejor separación de color y eficiencia en ángulos de incidencia más pequeños. De este modo, la figura 9B ilustra el LED 602 y el elemento de fósforo 612 en un ángulo de aproximadamente 45 grados uno con respecto a otro y, por lo tanto, la esfera dicróica 610 está en un ángulo de aproximadamente 22,5 grados con respecto tanto al LED 602 como al elemento de fósforo 612. Por supuesto, pueden usarse otros ángulos, por ejemplo, menos de aproximadamente 22,5 grados.

La figura 10 es otra realización de un dispositivo de iluminación 650 que es similar al dispositivo 600, siendo los

elementos indicados los mismos. Sin embargo, el dispositivo 650 incluye un segundo LED 652 en un subsoporte opcional 654 y un disipador de calor 656, que está acoplado ópticamente a la esfera dicroica 660 a través, por ejemplo, de 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 ha descrito en la figura 9B, el elemento de fósforo 612 puede estar en otros ángulos, por ejemplo, aproximadamente 45 grados o menos, con respecto tanto al LED 602 como al LED 652 y, por 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 tanto a los LED 602 y 652 como al elemento de fósforo 612.

La figura 11A ilustra otra realización de un dispositivo de iluminación 700 que puede usarse, por ejemplo, como un proyector secuencial de color o una luz de estudio o de teatro. El dispositivo 700 es similar al dispositivo 100 mostrado en la figura 1, siendo los elementos indicados los mismos. Sin embargo, el dispositivo 700 usa 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, teniendo cada una diferentes tipos y/o cantidades de fósforo. La figura 11B ilustra una vista en planta del disco 712, que tiene tres secciones diferentes del disco 712 con diferentes tipos de fósforos.

El disco 712 se hace rotar por 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 de este modo diferentes colores. Además, girar el disco 712 puede usarse para enfriar el fósforo y puede usarse 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. Como alternativa, el disco 712 puede mantenerse rotado 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, tales como logotipos. El dispositivo 700 proyectaría de este modo el mensaje o símbolo, que, a continuación, podría cambiarse haciendo rotar el disco 712 para iluminar otro mensaje o símbolo de fósforo en el disco 712.

La figura 12 ilustra otra realización de un dispositivo de iluminación 800 que puede usarse, por ejemplo, como iluminación de fondo para un panel de pantalla de cristal líquido (LCD). En esta realización, se usa un LED para producir una luz de fondo azul que se usa en combinación con un patrón de puntos de fósforo que consiste en puntos de fósforo rojos y verdes, que están alineados con píxeles de LCD que representan los píxeles de imagen rojos y verdes, 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 luz UV cercana en la que los puntos de fósforo azules se usan junto con los puntos de fósforo rojos y verdes.

Como se ilustra en la figura 12, un LED 802, en un subsoporte opcional 804 y un disipador de calor 806, se usa con un colimador 808 u otro elemento óptico adecuado. El LED 802 produce, por ejemplo, luz azul o UV. Un elemento de conversión de longitud de onda 812, que incluye, por ejemplo, puntos de fósforo rojos y verdes (y puntos de fósforo azules si el LED 802 produce luz UV), se localiza 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 se reflejará por el espejo dicroico 810 y no incidirá sobre el LED 802.

Un segundo espejo dicroico 814, o una película de mejora de radiancia, está dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda 812 y un panel de LCD 816 y la lente 818. El segundo espejo dicroico 814 puede configurarse con una pluralidad de elementos dicroicos, estando cada elemento dicroico alineado con un punto de fósforo correspondiente, por ejemplo, los elementos dicroicos rojos, verdes y azules están alineados con los puntos de fósforo emisores rojos, verdes y azules, respectivamente. Como se ha expuesto en referencia a las figuras 2A y 2B, el segundo espejo dicroico 814 está configurado para transmitir luz sobre 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 de menos de aproximadamente 30 grados con respecto a la normal se transmitirá a través del segundo espejo dicroico 814, mientras se refleja la luz fuera de ese intervalo. En consecuencia, los píxeles en el panel de LCD 816 reciben ventajosamente luz en un intervalo estrecho de ángulos, mejorando de este modo el rendimiento del dispositivo.

La figura 13 ilustra una realización de un dispositivo 850 que incluye un dispositivo emisor de luz semiconductor 852, un primer elemento dicroico 854, un elemento de conversión de longitud de onda 856, un elemento de polarización 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 entrehierro. Por ejemplo, en una realización, los diversos elementos 852, 854,

856, 858 y 860 están separados entre sí 1 mm o más. Como alternativa, algunos o todos los elementos mostrados 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.

5 En esta realización, el dispositivo emisor de luz semiconductor 852 emite luz en las longitudes de onda azules o UV. El elemento de conversión de longitud de onda 856 convierte la luz del dispositivo emisor de luz semiconductor 852 a otras longitudes de onda, por ejemplo, rojo, verde o azul. Como se ilustra con las flechas en la figura 13, el primer elemento dicroico 854 transmite la luz que se emite por el dispositivo emisor de luz semiconductor 852 y refleja la luz emitida por el elemento de conversión de longitud de onda 856. El elemento de polarización 858, que puede omitirse
10 si se desea, sirve como un componente de recuperación de polarización y transmite un estado de polarización y refleja los otros estados de polarización de vuelta al elemento de conversión de longitud de onda 856. El segundo elemento dicroico 860 sirve como una película de mejora de radiancia transmitiendo la luz emitida por el elemento de conversión de longitud de onda 856 sobre un estrecho intervalo de ángulos, por ejemplo, dentro de 25 grados con respecto a la normal, y la luz reflejada 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 del dispositivo emisor de luz semiconductor 852 que se ha filtrado 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 en función tanto del color como del ángulo de incidencia. La luz que sale del elemento dicroico 860 es, por lo tanto, luz convertida que se polariza y está dentro de un intervalo estrecho de ángulos.

20 Aunque la presente invención se ilustra en relación con realizaciones específicas con fines de instrucción, la presente invención no se limita a esto. Pueden realizarse diversas adaptaciones y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas 1 a 15.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iluminación (100, 150, 200, 300, 400, 500, 550, 600, 650, 800, 850) que comprende:

5 una fuente de luz (102, 202, 302, 322, 502, 522, 602, 652, 802, 852) que emite una luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda a lo largo de una primera trayectoria de haz (103);
 un elemento de conversión de longitud de onda (112, 112', 512, 612, 812, 856) en la primera trayectoria de haz, estando el elemento de conversión de longitud de onda físicamente separado de la fuente de luz, convirtiendo el
 10 elemento de conversión de longitud de onda la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda en una luz que tiene un segundo intervalo de longitud de onda a lo largo de una segunda trayectoria de haz (113);
 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, estando el elemento de separación de color configurado para evitar sustancialmente que toda la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz;
 15 en el que el elemento de conversión de longitud de onda está montado en un sustrato reflectante o un espejo reflectante, caracterizado por:
 un primer elemento óptico (108, 208, 308, 328, 508, 808) dispuesto entre la fuente de luz y el elemento de separación de color, colimando el primer elemento óptico la luz emitida desde la fuente de luz; y
 un segundo elemento óptico (114, 314, 514) dispuesto entre el elemento de conversión de longitud de onda y el elemento de separación de color, enfocando el segundo elemento óptico la luz colimada procedente de la fuente
 20 de luz sobre el elemento de conversión de longitud de onda y colimando la luz convertida que tiene un segundo intervalo de longitud de onda.

2. El dispositivo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además al menos uno de una película de mejora de radiancia (118, 318, 520, 622, 814) y un componente de recuperación de polarización (120, 320, 522, 624, 858) acoplado para recibir la luz emitida desde el elemento de conversión de longitud de onda.

3. El dispositivo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la película de mejora de radiancia comprende un espejo dicróico o un elemento óptico difractivo.

4. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 o 2, en el que la película de mejora de radiancia comprende al menos uno de un elemento óptico difractivo y un elemento microrefractivo y en el que el componente de recuperación de polarización comprende un polarizador no absorbente.

5. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de conversión de longitud de onda es un fósforo.

6. El dispositivo de iluminación de la reivindicación 5, en el que el fósforo está modelado.

7. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 5-6, en el que el elemento de conversión de longitud de onda comprende un elemento rotatorio, teniendo el elemento rotatorio al menos una primera sección que está 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 que está 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 el que el elemento de separación de color está configurado para evitar aún más sustancialmente que toda la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda incida sobre la fuente de luz.

8. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que 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.

9. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una lente (154, 620), en el que el elemento de separación de color refleja la luz que tiene un primer intervalo de longitud de onda desde la fuente de luz hasta el 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 hasta la lente.

10. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer elemento óptico y el segundo elemento óptico incluyen, cada uno de los mismos, al menos uno de un colimador, un elemento concentrador parabólico compuesto reflectante, un elemento óptico de reflexión interna total, un transformador de ángulo reflectante rectangular, una lente condensadora y un conjunto de lente.

11. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 9-10, que comprende además:

una segunda fuente de luz (202) que emite una luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda a lo largo de

una tercera trayectoria de haz;

en el que el elemento de separación de color es un primer elemento de separación de color (110) que está dispuesto adicionalmente entre la segunda fuente de luz y el elemento de conversión de longitud de onda, estando el primer elemento de separación de color 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 un primer intervalo de longitud de onda; y

un segundo elemento de separación de color (210) dispuesto entre la segunda fuente de luz (202) y el primer elemento de separación de color (110), estando el segundo elemento de separación de color 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;

en el que el elemento de conversión de longitud de onda está en la primera trayectoria de haz y la tercera trayectoria de haz, convirtiendo el elemento de conversión de longitud de onda 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 la luz que tiene el segundo intervalo de longitud de onda.

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, colimando el tercer elemento óptico la luz emitida desde la segunda fuente de luz.

13. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 9-10, que comprende además:

una segunda fuente de luz (302) que emite una luz que tiene un tercer intervalo de longitud de onda a lo largo de una tercera trayectoria de haz;

un segundo elemento de conversión de longitud de onda (312) en la tercera trayectoria de haz, estando el segundo elemento de conversión de longitud de onda físicamente separado de la segunda fuente de luz, convirtiendo el segundo elemento de conversión de longitud de onda la luz que tiene el tercer intervalo de longitud de onda en una luz que tiene un cuarto intervalo de longitud de onda a lo largo de una cuarta trayectoria de 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, estando el segundo elemento de separación de color configurado para evitar sustancialmente que toda la luz que tiene el cuarto intervalo de longitud de onda procedente del segundo elemento de conversión de longitud de onda incida sobre la segunda fuente de luz; y

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, estando el tercer elemento de separación de color 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.

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

15. El dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 11-14, que comprende además una tercera fuente de luz (322) que emite una luz que tiene un quinto intervalo de longitud de onda, en el que 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.

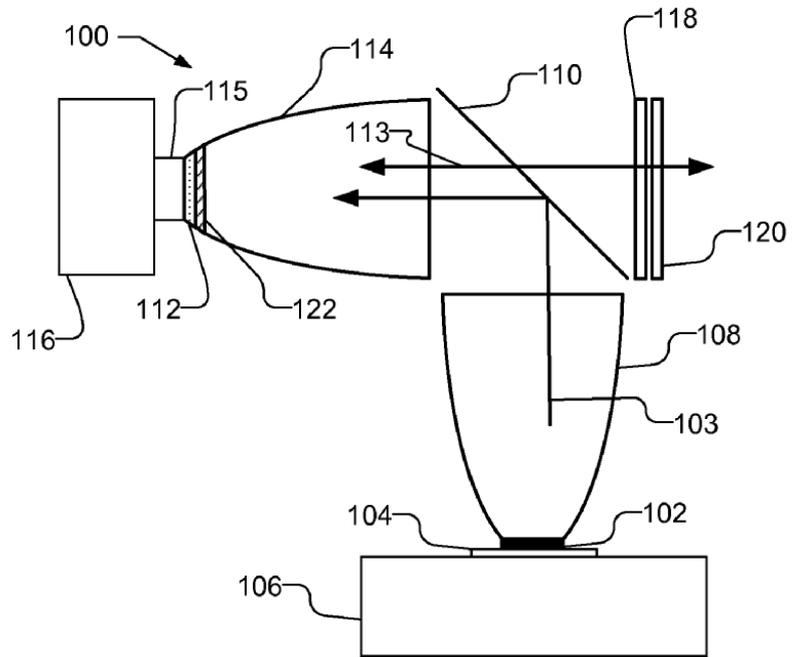


Fig. 1

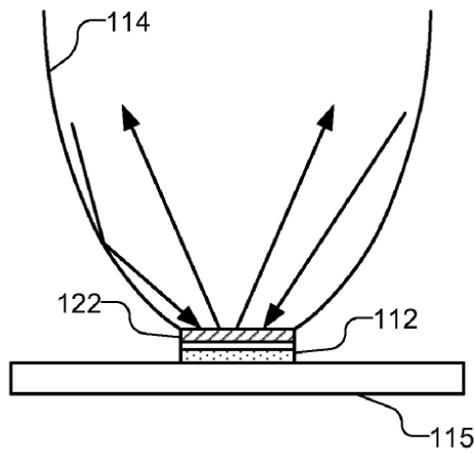


Fig. 2A

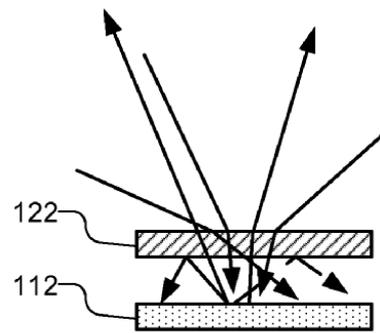


Fig. 2B

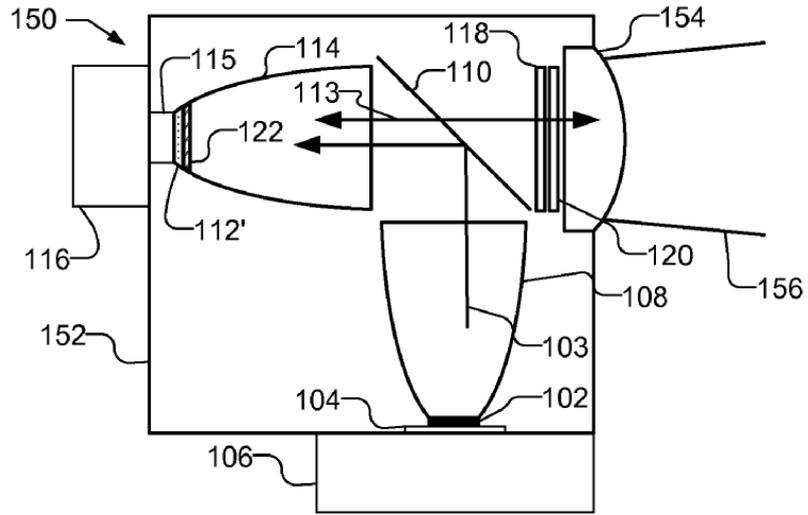


Fig. 3A

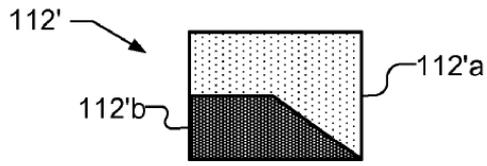


Fig. 3B

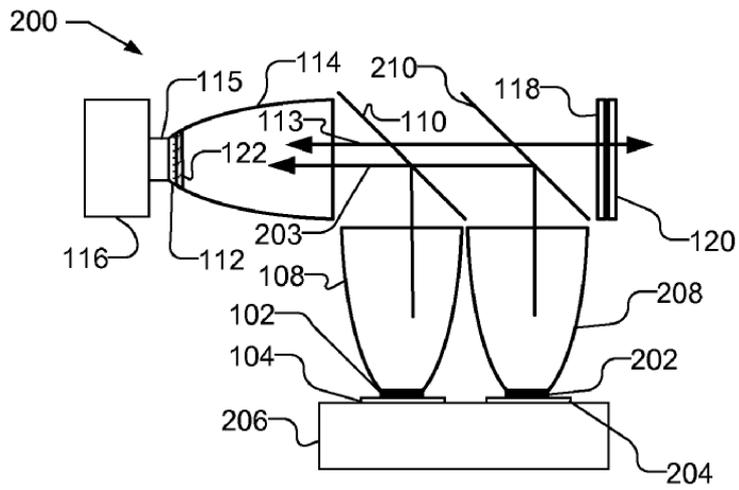


Fig. 4

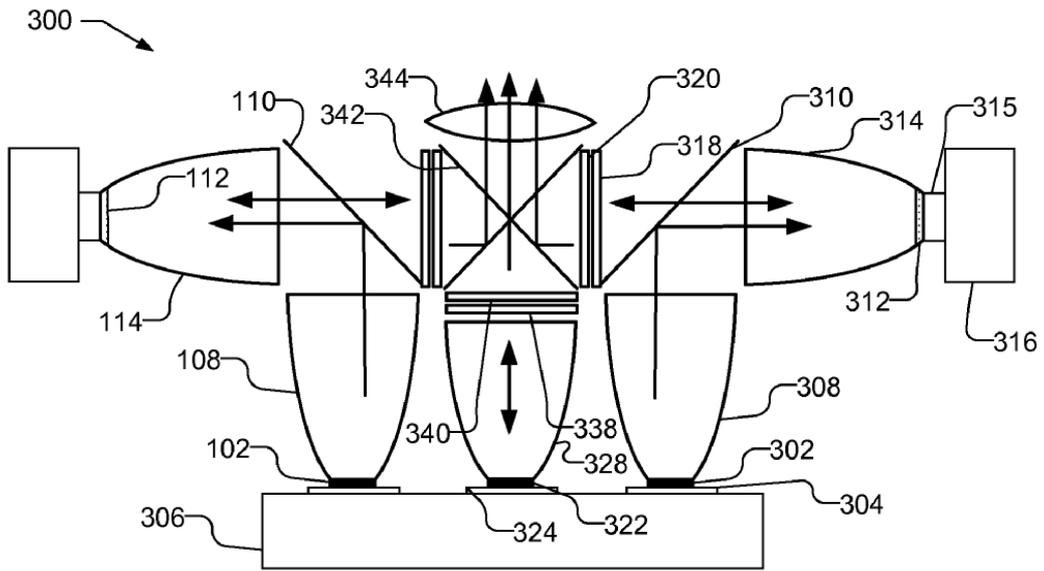


Fig. 5

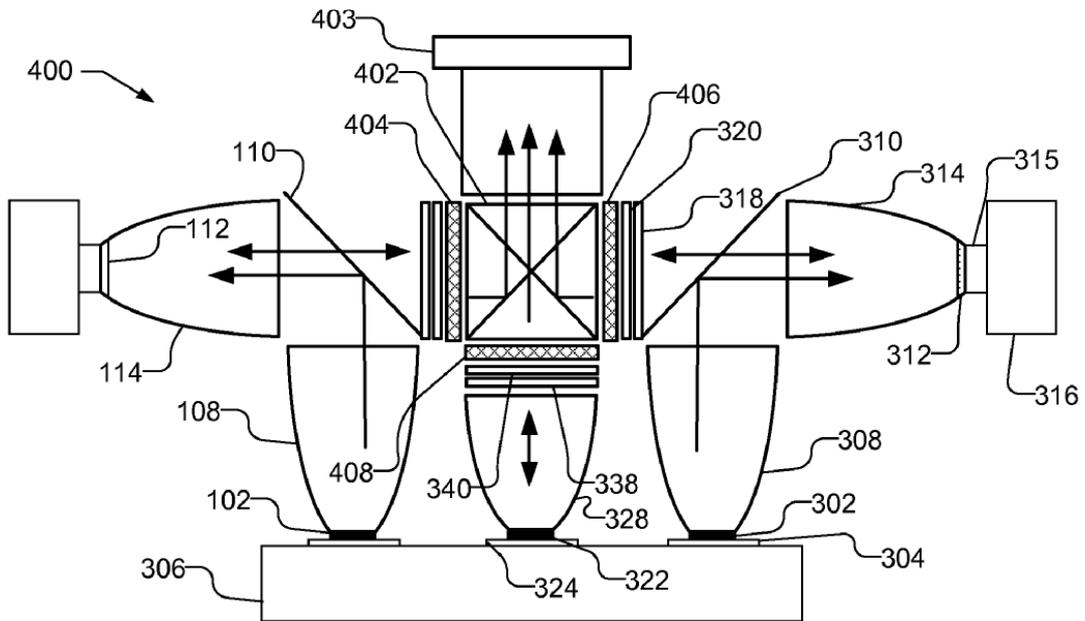


Fig. 6

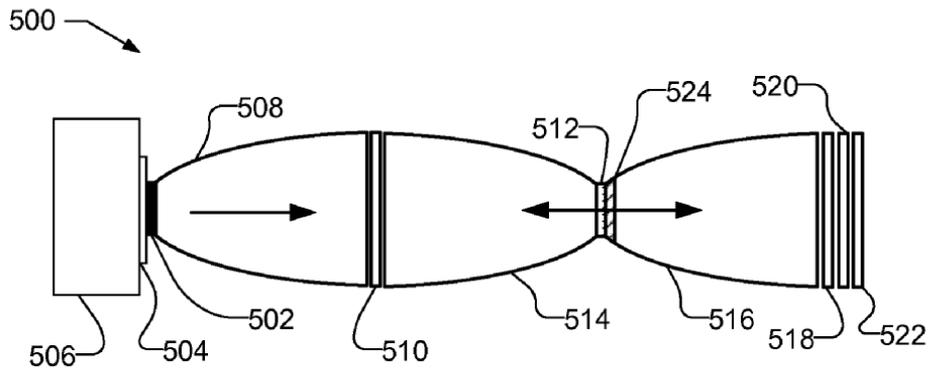


Fig. 7

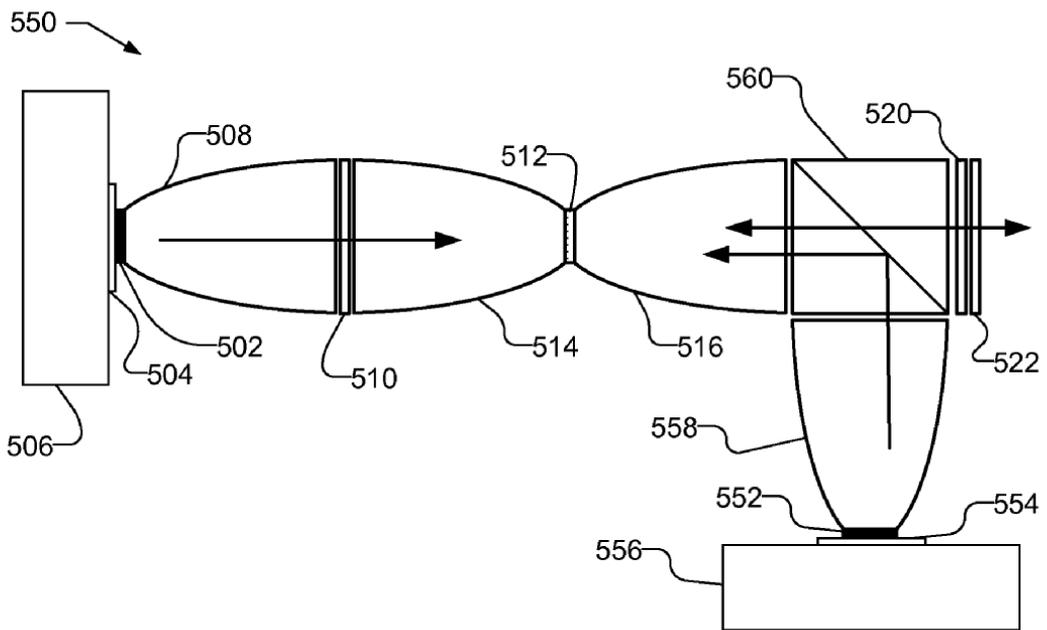


Fig. 8

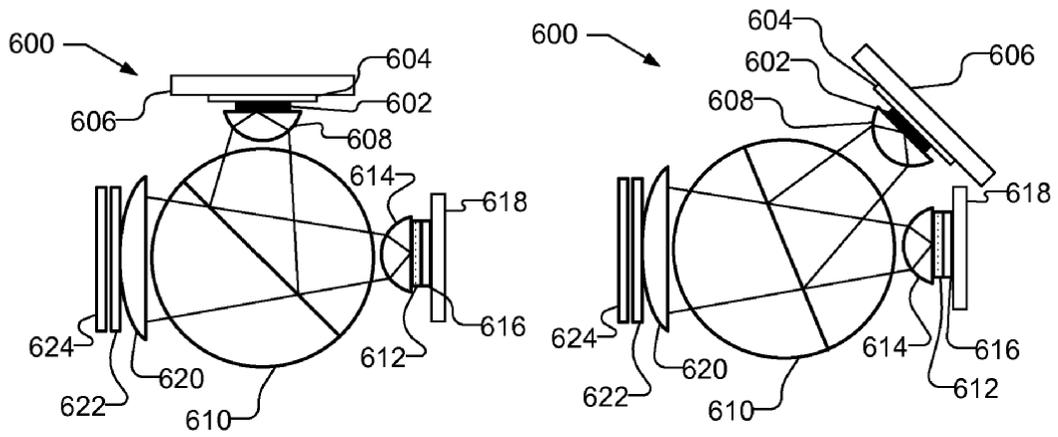


Fig. 9A

Fig. 9B

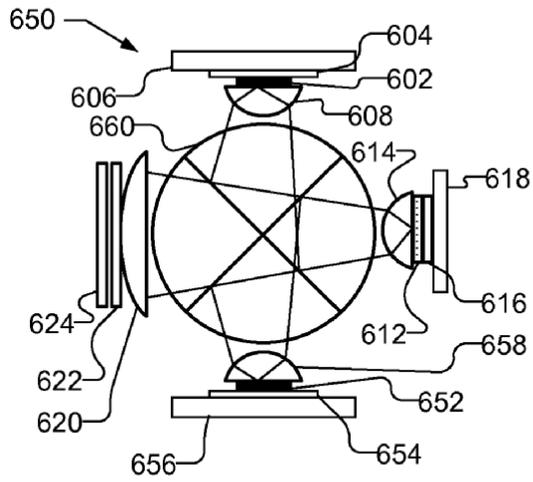


Fig. 10

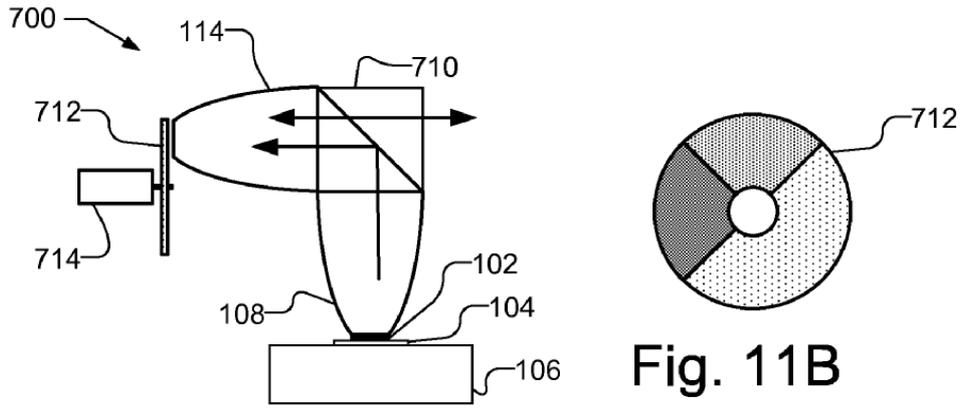


Fig. 11A

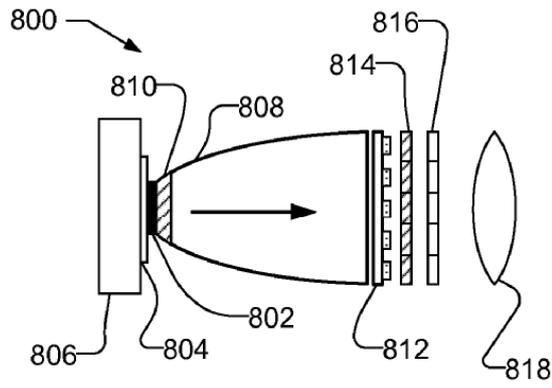


Fig. 12

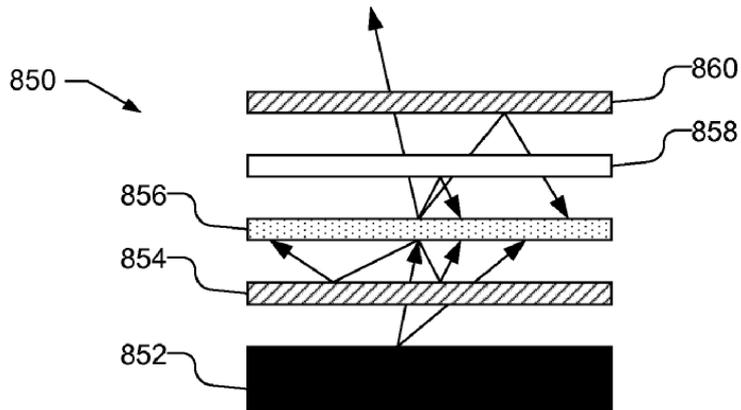


Fig. 13