

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 781**

51 Int. Cl.:

G03B 21/20 (2006.01)

G03B 21/14 (2006.01)

F21V 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2012 PCT/CN2012/084921**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13091453**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2012 E 12860277 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2793079**

54 Título: **Sistema de fuentes de luz y dispositivo de proyección que utiliza el mismo**

30 Prioridad:

18.12.2011 CN 201110424488
08.02.2012 CN 201210027483

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.04.2017

73 Titular/es:

APPOTRONICS CORPORATION LIMITED
(100.0%)
4th Floor, SZICC No.1089, Changuang Road Xili
Town, Nanshan District
Shenzhen, Guangdong 518055, CN

72 Inventor/es:

HU, FEI;
LI, YI y
CAO, LIANGLIANG

74 Agente/Representante:

MARTÍN BADAJOZ, Irene

ES 2 607 781 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

Sistema de fuentes de luz y dispositivo de proyección que utiliza el mismo

5

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de la tecnología óptica, y en particular se refiere a sistemas de fuente de luz y a dispositivos de proyección que usan las fuentes de luz.

Descripción de la técnica relacionada

Actualmente, son necesarias fuentes de luz de color de un alto brillo en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo la iluminación de escenarios, las pantallas de proyección y la retroiluminación RGB (rojo, verde y azul). Tradicionalmente, se ha utilizado una lámpara de descarga de gas (por ejemplo, una lámpara de mercurio de presión súper alta) como fuente de luz de alto brillo en los campos de la iluminación especial y las pantallas. Sin embargo, el mercurio puede provocar contaminación ambiental, y en la industria es muy deseable disponer de una fuente de luz ambientalmente respetuosa que pueda sustituir a la lámpara de mercurio de presión súper alta.

La figura 1 es un diagrama estructural de una tecnología de fuente de luz actual. Como se muestra en la figura 1, el sistema de fuente de luz comprende una fuente de luz de excitación 101, una lente óptica 102, una rueda de color 103 y un dispositivo de accionamiento 104. La fuente de luz de excitación 101 se usa para generar una luz de excitación 106. La lente óptica 102 hace converger la luz de excitación 106 y la reenvía a la rueda de color 103. La rueda de color 103 tiene diferentes segmentos con diferentes fósforos que la recubren. Cuando la rueda de color 103 rota alrededor del eje de rotación 105 accionada por el dispositivo de accionamiento 104, se genera una secuencia de color debido a la excitación de los recubrimientos de fósforo por la luz de excitación 106 de manera sucesiva. Por ejemplo, los recubrimientos de fósforo pueden incluir fósforo rojo, fósforo verde y fósforo amarillo. De modo que cuando el segmento de fósforo rojo de la rueda de color 103 se encuentra en el camino de propagación de la luz de excitación, se genera una luz roja de alto brillo debido al fósforo rojo excitado por la luz de excitación 106. El proceso de generación de la luz verde y la luz amarilla es igual que el de la luz roja.

Sin embargo, de entre todos los recubrimientos de fósforo actuales, la eficiencia de conversión del fósforo rojo es mucho menor que la del fósforo de otro color. Ello implica que es necesaria una fuente de luz adicional para mejorar la luz de color rojo.

La figura 2 es el diagrama estructural de otra tecnología de fuente de luz actual. Como se muestra en la figura 2, el sistema de fuente de luz comprende una fuente de luz de excitación 201, una fuente de luz suplementaria 202, un dispositivo de conversión de luz 203 que genera una luz roja, y un filtro dicroico 204. La luz roja 207 generada por la fuente de luz suplementaria 202 y la luz de excitación 205 generada por la fuente de luz de excitación 201 (por ejemplo, luz de color azul) se combinan por medio del filtro dicroico 204, y luego la luz roja 207 es incidente en, y transmitida por, el dispositivo de conversión de luz 203 mientras que la luz de excitación 205 se utiliza para excitar el dispositivo de conversión de luz 203 para generar luz roja convertida 206. De ese modo, la luz roja convertida 206 es suplementada por la luz roja 207. Desafortunadamente, el dispositivo de conversión de luz 203 tiene una alta reflectividad para la luz roja, que es normalmente de alrededor del 50%, de modo que la luz roja 207 reflejada por el dispositivo de conversión de luz 203 se propagará a lo largo del camino entrante de vuelta a la fuente de luz suplementaria 202, lo que resulta en una reducción de la eficiencia óptica. Además, para la luz roja convertida 206 generada por el dispositivo de conversión de luz 203, sólo una parte de la misma puede propagarse hacia adelante, y el resto se propagará hacia atrás en dirección al filtro dicroico 204 y en última instancia alcanza la fuente de luz de excitación 201 o es reflejada hacia la fuente de luz suplementaria 202. Esto provoca también una eficiencia óptica baja.

En conclusión, son deseables un sistema de fuente de luz y un dispositivo de proyección que puedan resolver los problemas de la tecnología descritos que existen en general en el sistema de fuente de luz actual.

Puede apreciarse otro ejemplo en el documento US 2011 0249436A1 que divulga un dispositivo de iluminación que usa luz de excitación y un material de conversión de longitud de onda para generar luz convertida para iluminación, donde el material de conversión de longitud de onda es excitado por múltiples luces de excitación desde ambos lados para conseguir un mayor brillo. Las luces de excitación incidentes en los dos lados del material de conversión de longitud de onda pueden tener el mismo color o colores diferentes. Se disponen estructuras de separación de luz en ambos lados del material de conversión de longitud de onda para separar la luz de excitación y la luz convertida. La separación de la luz puede basarse en una diferencia de color o diferencia de etendue de la luz de excitación y la luz convertida.

65

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un sistema de fuente de luz y un dispositivo de proyección para resolver los problemas anteriores y mejorar la eficiencia de la fuente de luz.

5 La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

10 Para resolver los problemas anteriores, la presente invención proporciona un sistema de fuente de luz que incluye: una fuente de luz de excitación, un dispositivo de conversión de longitud de onda, una primera fuente de luz suplementaria, un primer dispositivo de guiado de luz y un primer dispositivo de recogida de luz. La fuente de luz de excitación se utiliza para generar una luz de excitación. El dispositivo de conversión de longitud de onda se usa para convertir la luz de excitación en luz convertida. La primera fuente de luz suplementaria se usa para generar una primera luz suplementaria. El rango espectral de la primera luz suplementaria se superpone al rango espectral de la luz convertida. El primer dispositivo de guiado de luz se utiliza para dirigir la primera luz suplementaria al dispositivo de conversión de longitud de onda que dispersa y al menos refleja parcialmente la primera luz suplementaria. El primer dispositivo de recogida de luz recoge la luz dispersada y reflejada de la primera luz suplementaria. En este sistema, los tamaños del primer dispositivo de guiado de luz y el primer dispositivo de recogida de luz cumplen las condiciones de: el flujo luminoso de la primera luz suplementaria que es dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda y escapa del primer dispositivo de guiado de luz es menor o igual a un cuarto del flujo luminoso de la primera luz suplementaria recogida por el dispositivo de recogida de luz.

15 Preferiblemente, los rangos espectrales de la primera luz suplementaria y la luz convertida se superponen al menos parcialmente.

20 Preferiblemente, las áreas de iluminación de la luz de excitación y la primera luz suplementaria en el dispositivo de conversión de longitud de onda se superponen al menos parcialmente.

25 Preferiblemente, una diferencia de longitudes de onda dominantes de la luz convertida y la primera luz suplementaria es menor de 20 nanómetros.

30 Preferiblemente, un rango espectral de la primera luz suplementaria es más estrecho que un rango espectral de la luz convertida.

35 Preferiblemente, el primer dispositivo de guiado de luz dirige además la luz de excitación hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda, y el primer dispositivo de recogida de luz recoge además la luz convertida generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda.

40 Preferiblemente, un rango espectral de la primera luz suplementaria es diferente del de la luz de excitación, y donde el sistema de fuente de luz comprende además un dispositivo de combinación de luz para combinar la primera luz suplementaria y la luz de excitación antes de que incidan en el primer dispositivo de guiado de luz.

45 Preferiblemente, el sistema de fuente de luz además comprende: un sustrato de reflexión de luz dispuesto en un lado del dispositivo de conversión de longitud de onda opuesto a la primera fuente de luz suplementaria para reflejar la primera luz suplementaria.

50 Preferiblemente, el sustrato de reflexión de luz es un filtro dicroico, donde la luz de excitación es incidente al filtro dicroico desde un lado del filtro dicroico opuesto al dispositivo de conversión de longitud de onda e incidente al dispositivo de conversión de longitud de onda después de la transmisión a través del filtro dicroico.

55 Preferiblemente, el dispositivo de conversión de longitud de onda transmite parcialmente la primera luz suplementaria; el sistema de fuente de luz comprende además un segundo dispositivo de recogida de luz para recoger la primera luz suplementaria que se transmite a través del dispositivo de conversión de longitud de onda, donde el primer dispositivo de recogida de luz recoge la primera luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda y la refleja de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda.

60 Preferiblemente, el primer dispositivo de recogida de luz incluye una superficie de reflexión para reflejar la primera luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda, y el primer dispositivo de guiado de luz es una abertura en la superficie de reflexión, a través del cual se transmite la primera luz suplementaria, y donde un área de la abertura es menor o igual a un cuarto de un área de la superficie de reflexión.

65 Preferiblemente, la superficie de reflexión es una superficie de reflexión plana o una superficie de reflexión curvada.

Preferiblemente, la superficie de reflexión es una superficie de reflexión esférica o una superficie de reflexión elipsoidal.

Preferiblemente, la abertura en la superficie de reflexión es un orificio pasante o una zona transparente.

5 Preferiblemente, el primer dispositivo de guiado de luz es un dispositivo de reflexión de luz, que refleja la primera luz suplementaria hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda, y un área de proyección del dispositivo de reflexión de luz en el primer dispositivo de recogida de luz es menor o igual que un cuarto del área del primer dispositivo de recogida de luz.

Preferiblemente, el primer dispositivo de recogida de luz es una lente o una superficie de reflexión de luz.

10 Preferiblemente, el sistema de fuente de luz además comprende: una segunda fuente de luz suplementaria para generar una segunda luz suplementaria, donde el primer dispositivo de guiado de luz dirige la segunda luz suplementaria al dispositivo de conversión de longitud de onda, y donde el dispositivo de recogida de luz recoge además la segunda luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda.

15 Preferiblemente, el sistema de fuente de luz comprende además: una segunda fuente de luz suplementaria para generar una segunda luz suplementaria; y un segundo dispositivo de guiado de luz para dirigir la segunda luz suplementaria al dispositivo de conversión de longitud de onda, donde el primer dispositivo de recogida de luz recoge además la segunda luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda, y donde los tamaños relativos del segundo dispositivo de guiado de luz y el primer dispositivo de recogida de luz son tales que un flujo luminoso de la segunda luz suplementaria que se pierde debido al segundo dispositivo de guiado de luz es menor o igual que una cuarta parte de un flujo luminoso de la segunda luz suplementaria recogida por el primer dispositivo de recogida de luz.

20 Preferiblemente, un rango espectral de la segunda luz suplementaria es diferente de un rango espectral de la primera suplementaria y se superpone con un rango espectral de luz convertida.

25 Para resolver los problemas técnicos anteriores, la presente invención también proporciona un dispositivo de proyección que incluye el sistema de fuente de luz anterior.

30 La ventaja de esta invención es: el dispositivo de guiado de luz se utiliza para dirigir la luz suplementaria al dispositivo de conversión de longitud de onda, el dispositivo de recogida de luz se usa para recoger la luz suplementaria que es dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda. Mediante el establecimiento de los tamaños del dispositivo de guiado de luz y el dispositivo de recogida de luz, el flujo luminoso de la luz suplementaria que es dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda y que escapa del dispositivo de guiado de luz es menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la luz suplementaria recogida por el dispositivo de recogida de luz, lo que puede evitar la pérdida de luz suplementaria provocada por la reflexión del dispositivo de conversión de longitud de onda y mejorar la eficiencia.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra un sistema de fuente de luz convencional.

La figura 2 ilustra otro sistema de fuente de luz convencional.

45 La figura 3 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un primer modo de realización de la presente invención.

La figura 4 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un segundo modo de realización de la presente invención.

50 La figura 5 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un tercer modo de realización de la presente invención.

55 La figura 6 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un cuarto modo de realización de la presente invención.

La figura 7 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un quinto modo de realización de la presente invención.

60 La figura 8 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un sexto modo de realización de la presente invención.

La figura 9 ilustra la estructura de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un séptimo modo de realización de la presente invención.

65

Descripción detallada de los modos de realización preferidos

La figura 3 es el diagrama estructural de un sistema de fuente de luz de acuerdo con un primer modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 3, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 301, una fuente de luz suplementaria 302, un dispositivo de combinación de luz 303, un dispositivo de recogida de luz 304, un dispositivo de reflexión de luz 305, un dispositivo de conversión de longitud de onda 306, un sustrato de reflexión 307 y un dispositivo de homogeneización de luz 308. El dispositivo de reflexión de luz 305 incluye una superficie de reflexión curvada 3051 (por ejemplo, una superficie de reflexión esférica o una superficie de reflexión elipsoidal) con una abertura 3052 en la misma. La abertura 3052 puede ser un orificio pasante o una zona transparente.

La fuente de luz de excitación 301 genera una luz de excitación 3011. La fuente de luz suplementaria 302 genera una luz suplementaria 3021. La luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 se combinan en el dispositivo de combinación de luz 303, a continuación la luz combinada incide en el dispositivo de recogida de luz 304. Después de ser recogida y reemitida por el dispositivo de recogida de luz 304, la luz combinada incide en el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 a través de la abertura 3052. El dispositivo de conversión de longitud de onda 306 absorbe la luz de excitación 3011 incidente y la convierte en una luz convertida 3012 cuya longitud de onda es diferente de la de la luz de excitación 3011. La luz convertida 3012 generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 es isotrópica, de manera que parte de la luz convertida 3012 se propagará en la dirección opuesta de la luz de excitación 3011 mientras que la otra parte de la luz convertida 3012 se propagará en la dirección hacia adelante. Mientras tanto, una parte de la luz de excitación 3011 transmitida a través del dispositivo de conversión de longitud de onda 306 será reflejada por el sustrato de reflexión 307 situado en el lado del dispositivo de conversión de longitud de onda 306 orientado en dirección opuesta a la fuente de luz de excitación 301. La luz suplementaria incidente es además dispersada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 306. Una parte de la luz suplementaria 3021 dispersada es reflejada directamente por el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 y se propaga en dirección al dispositivo de reflexión de luz 305, mientras que la otra parte de la luz suplementaria 3021 dispersada pasa a través del dispositivo de conversión de longitud de onda 306 y es reflejada por el sustrato de reflexión 307 de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda 306 y pasa a través del mismo. La superficie de reflexión curvada 3051 recoge la mayor parte de la luz convertida 3012 y la mayor parte de la luz suplementaria 3021 y la dirige hacia el dispositivo de homogeneización de luz 308 para su homogeneización.

En el primer modo de realización, la superficie de reflexión curvada 3051 puede ser elipsoidal, lo que puede reflejar la luz desde un punto focal al otro. En esta situación, las posiciones incidentes en el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 de la luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 están situadas cerca de un punto focal, mientras que el puerto de entrada del dispositivo de homogeneización de luz 308 está situado cerca del otro punto focal. La superficie de reflexión curvada 3051 también puede ser esférica, de modo que puede reflejar la luz emitida desde un punto cerca del centro de la esfera a otro punto simétrico al primer punto con respecto del centro de la esfera. En esta situación, las posiciones incidentes en el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 de la luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 están situadas cerca de uno de los dos puntos simétricos, mientras que el puerto de entrada del dispositivo de homogeneización de luz 308 está situado en la cercanía del otro punto.

Debido que el etendue de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 emitida desde el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 es cuatro veces o más el etendue de la luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 incidente a través de la abertura 3052, en este modo de realización, al establecer los tamaños de la abertura 3052 y la superficie de reflexión curvada 3051 adecuadamente, el flujo luminoso de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 que escapa de la abertura 3052 será menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 recogidas por la superficie de reflexión curvada 3051. En consecuencia, la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 pueden recogerse de manera efectiva, y puede evitarse una pérdida de luz excesiva debido a la abertura 3052. Específicamente, en este modo de realización, el área de la abertura 3052 es menor o igual que un cuarto del área de la superficie de reflexión curvada 3051.

En el primer modo de realización, la fuente de luz de excitación 301 y la fuente de luz suplementaria 302 pueden ser un diodo láser o LED. El rango espectral de la luz suplementaria 3021 es diferente del de la luz de excitación 3011, y se superpone al menos parcialmente con la luz convertida 3012, de modo que es un suplemento a la luminancia de la luz convertida 3012. Preferiblemente, la longitud de onda dominante de la luz convertida 3012 es diferente de la de la luz suplementaria 3021 por menos de 20 nanómetros. Preferiblemente, el rango espectral de la luz suplementaria 3021 es más estrecho que el de la luz convertida 3012, de modo que puede mejorar la saturación de color de la mezcla de luz de la luz suplementaria 3021 y la luz convertida 3012. Además, las áreas de iluminación de la luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 se superponen al menos parcialmente en el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 para que la luz suplementaria 3021 y la luz convertida 3012 puedan mezclarse adecuadamente.

Es fácil entender que el rango espectral de la luz suplementaria y la luz convertida pueden no superponerse. Por ejemplo, el dispositivo de conversión de longitud de onda puede emitir luz verde convertida bajo excitación mientras

que la fuente de luz suplementaria es un LED rojo. En esta situación, la luz verde convertida y la luz roja suplementaria también pueden ser recogidas por el dispositivo de recogida de luz 304.

5 En este modo de realización, el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 puede ser un sustrato transparente con unos materiales de conversión de longitud de onda dopados en el interior, o un sustrato de reflexión 307 con una capa de materiales de conversión de longitud de onda recubriendo la superficie. El material de conversión de longitud de onda puede ser polvo de fósforo o un material de punto cuántico que es conocido en la técnica. Además, en el interior del sustrato transparente o en la superficie del sustrato transparente o el sustrato de reflexión, pueden disponerse partículas de dispersión o estructuras de dispersión para mejorar el efecto de dispersión del dispositivo de conversión de longitud de onda 306. El dispositivo de combinación de luz 303 puede ser un filtro dicroico o un divisor de haz de polarización que es conocido en la técnica. El dispositivo de recogida de luz 304 puede ser una lente o grupo de lentes. El dispositivo de homogeneización de luz 308 puede ser una varilla de integración conocida en la técnica. Y como es conocido en la técnica, el dispositivo de combinación de luz 303, el dispositivo de recogida de luz 304, el sustrato de reflexión 307 y el dispositivo de homogeneización de luz 308 no son los elementos esenciales para llevar a cabo el objetivo de la presente invención, de modo que pueden omitirse según las situaciones. Por ejemplo, cuando la luz de excitación 3011 y la luz suplementaria 3021 son incidentes en la abertura 3052 lado a lado o desde diferentes ángulos incidentes, puede omitirse el dispositivo de recogida de luz 304.

20 Utilizando el sistema de fuente de luz descrito anteriormente, la luz de excitación 3011 generada por la fuente de luz de excitación 301 y la luz suplementaria 3021 generada por la fuente de luz suplementaria 302 son dirigidas al dispositivo de conversión de longitud de onda 306 por la abertura 3052, y la mayor parte de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 emitidas desde el dispositivo de conversión de longitud de onda 306 son recogidas por la superficie de reflexión curvada 3051. Mediante el establecimiento de los tamaños de la abertura 3052 y la superficie de reflexión curvada 3051 adecuadamente, el flujo luminoso de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 que escapa de la abertura 3052 puede ser menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 recogida por la superficie de reflexión curvada 3051, lo que puede evitar la pérdida de la luz convertida 3012 y la luz suplementaria 3021 y se mejora la eficiencia del sistema de fuente de luz.

30 La figura 4 es el diagrama esquemático estructural de la fuente de luz de acuerdo con un segundo modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 4, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 401, una fuente de luz suplementaria 402, un dispositivo de combinación de luz 403, un dispositivo de recogida de luz 404, un dispositivo de reflexión de luz 405, un dispositivo de conversión de longitud de onda 406, un sustrato de reflexión 407, un dispositivo de homogeneización de luz 408 y una segunda fuente de luz suplementaria 409. En este modo de realización, el dispositivo de reflexión de luz 405 incluye una superficie de reflexión curvada 4051. Además, incluye una primera abertura 4052 y una segunda abertura 4053 situada en la superficie de reflexión curvada 4051. La luz de excitación 4011 y la primera luz suplementaria 4021 son incidentes en el dispositivo de conversión de longitud de onda 406 a través de la primera abertura 4052 del mismo modo que se muestra en la figura 3. El dispositivo de conversión de longitud de onda 406 emite entonces la luz convertida y la primera luz suplementaria (no mostrada) en la dirección inversa. La superficie de reflexión curvada 4051 recoge la mayor parte de estas dos luces y las dirige al dispositivo de homogeneización de luz 408. Las diferencias entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y el sistema de fuente de luz mostrado en la figura 3 son que: el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye además la segunda fuente de luz suplementaria 409, y existe una segunda abertura 4053 en la superficie de reflexión curvada 4051. La segunda luz suplementaria 4091 generada por la segunda fuente de luz suplementaria 409 es incidente sobre el dispositivo de conversión de longitud de onda 406 a través de la segunda abertura 4053, y es dispersada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 406. Una parte de la segunda luz suplementaria 4091 dispersada es reflejada por los dispositivos de conversión de longitud de onda 406 y se propaga en la dirección inversa de la luz suplementaria 4091 incidente, mientras que otra parte de la segunda luz suplementaria 4091 dispersada pasa a través del dispositivo de conversión de longitud de onda 406 y es reflejada por el sustrato de reflexión 407 de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda 407 y pasa a través del mismo de nuevo. La mayor parte de la segunda luz suplementaria 4091 es recogida por la superficie de reflexión curvada 4051 y dirigida hacia el dispositivo de homogeneización de luz 408 para su homogeneización con la luz convertida y la primera luz suplementaria interior.

55 En este modo de realización, al establecer el tamaño de la segunda abertura 4053 y el tamaño de la superficie de reflexión curvada 4051 adecuadamente, el flujo luminoso de la segunda luz suplementaria 4091 que es dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 406 y escapa de la segunda abertura 4053 es menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la segunda luz suplementaria 4091 recogida por la superficie de reflexión curvada 4051. Correspondientemente, el área de la segunda abertura 4053 es menor o igual que un cuarto del tamaño de la superficie de reflexión curvada. Además, el rango espectral de la segunda luz suplementaria 4091 y la primera luz suplementaria 4021 pueden ser el mismo, o pueden ser diferentes pero superponerse ambos con el rango espectral de la luz convertida. Por ejemplo, la luz convertida es una luz de fósforo amarilla, y la primera luz suplementaria 4021 puede ser una luz roja de un diodo láser rojo o LED rojo, mientras que la segunda luz suplementaria 4091 puede ser una luz verde de un diodo láser verde o un LED verde. La figura 10 muestra el

espectro de un YAG típico: emisión de fósforo Ce, así como el espectro de un láser azul (que puede utilizarse como luz de excitación), un láser verde y un láser rojo. En otro modo de realización, la segunda luz suplementaria 4091 generada por la segunda fuente de luz suplementaria 409 pasa a través de la primera abertura 4052 para ser incidente sobre el dispositivo de conversión de longitud de onda 406. En otros modos de realización, se pueden añadir otras fuentes de luz suplementarias y aberturas correspondientes al sistema de fuente de luz, que pueden mejorar aún más el flujo luminoso de la luz convertida generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 406.

Al usar el sistema de fuente de luz anteriormente descrito, mediante el uso de la primera fuente de luz suplementaria 402 y la segunda fuente de luz suplementaria 409 para complementar el flujo luminoso de la luz convertida generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 406 simultáneamente, mediante el uso de la superficie de reflexión curvada 4051 para recoger de manera eficiente la luz convertida, la primera luz suplementaria 4021 y la segunda luz suplementaria 4091, puede mejorarse la eficiencia del sistema de fuente de luz.

La figura 5 es el diagrama esquemático estructural del sistema de fuente de luz de acuerdo con un tercer modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 5, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 501, una fuente de luz suplementaria 502, un dispositivo de combinación de luz 503, un dispositivo de recogida de luz 504, un dispositivo de reflexión de luz 505, un dispositivo de conversión de longitud de onda 506, y otro dispositivo de recogida de luz 507. En este modo de realización, el dispositivo de reflexión de luz 505 incluye una superficie de reflexión curvada 5051 con una abertura 5052 en la misma. La luz de excitación 5011 generada por la fuente de luz de excitación 501 y la luz suplementaria 5021 generada por la fuente de luz suplementaria 502 son incidentes sobre el dispositivo de conversión de longitud de onda 506 a través de la abertura 5052 del mismo modo mostrado en la figura 3.

Las diferencias entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y en el sistema mostrado en la figura 3 son que: en este modo de realización, no hay un sustrato de reflexión en el lado del dispositivo de conversión de longitud de onda 506 que esté enfrentado en sentido opuesto a la fuente de luz de excitación 501 y la fuente de luz suplementaria 502. Por tanto, una parte de la luz convertida 5012 generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 506 que se propaga en la dirección hacia adelante será recogida por el dispositivo de recogida de luz 507 (tal como lente o lentes). La luz convertida 5012 generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 506 que se propaga en la dirección hacia atrás incide sobre la superficie de reflexión curvada 5051 y se refleja de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda 506 y pasa a través del mismo de nuevo antes de ser recogida por el dispositivo de recogida de luz 507. En este modo de realización, cuando la superficie de reflexión curvada 5051 es esférica, la posición de incidencia de la luz de excitación 5011 y la luz suplementaria 5021 sobre el dispositivo de conversión de longitud de onda 506 está situada en la cercanía del centro de la superficie de reflexión curvada 5051.

La figura 6 es el diagrama esquemático estructural del sistema de fuente de luz de acuerdo con un cuarto modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 6, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 601, una fuente de luz suplementaria 602, un dispositivo de reflexión de luz 605, un dispositivo de conversión de longitud de onda 606, un sustrato de reflexión 607 y un dispositivo de homogeneización de luz 608. En este modo de realización, el dispositivo de reflexión de luz 605 incluye una superficie de reflexión curvada 6051 con una abertura 6052 en la misma.

Las diferencias entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y el sistema mostrado en la figura 3 consisten en: en este modo de realización, la fuente de luz de excitación 601 y la fuente de luz suplementaria 602 están situadas en lados diferentes del dispositivo de conversión de longitud de onda 606, y el sustrato de reflexión 607 está situado en el lado del dispositivo de conversión de longitud de onda 606 que está orientado en dirección opuesta al dispositivo de reflexión de luz 605 y la fuente de luz suplementaria 602. El sustrato de reflexión 607 es un filtro dicroico que puede transmitir la luz de excitación 6011 generada por la fuente de luz de excitación 601, reflejar la luz suplementaria 6021 generada por la fuente de luz suplementaria 602, y reflejar la luz convertida 6012 generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 606. La luz de excitación 6011 generada por la fuente de luz de excitación 601 incide sobre el filtro dicroico 607 desde el lado que está orientado en dirección opuesta al dispositivo de conversión de longitud de onda 606, a continuación se transmite a través del mismo e incide en el dispositivo de conversión de longitud de onda 606. La luz convertida 6012 se propaga en la dirección hacia delante de la luz de excitación es incidente en la superficie de reflexión curvada 6051 directamente, mientras que la luz convertida 6012 se propaga en la dirección hacia atrás es reflejada por el filtro dicroico 607 de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda 606 de nuevo y se transmite a través del mismo antes de incidir sobre la superficie de reflexión curvada 6051. Estas dos luces convertidas 6012 son reflejadas por la superficie de reflexión curvada 6051 y recogidas por el dispositivo de homogeneización de luz 608. La luz suplementaria 6021 generada por la fuente de luz suplementaria 602 es incidente al dispositivo de conversión de longitud de onda a través de la abertura 6052. La luz suplementaria 6021 dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda 606 y el filtro dicroico 607 incide en la superficie de reflexión curvada 6051 y a continuación es recogida por el dispositivo de homogeneización de luz 608.

En el otro modo de realización, el filtro dicróico 607 puede ser sustituido por un sustrato de reflexión con una abertura en el mismo. En esta situación, la luz de excitación 6011 generada por la fuente de luz de excitación 601 incide en el dispositivo de conversión de longitud de onda 606 a través de esta abertura, mientras que la luz suplementaria 6021 y la luz convertida que se propaga en dirección a la fuente de luz de excitación 601 son reflejadas por el sustrato de reflexión.

El filtro dicróico 607 también puede ser sustituido por un sustrato de reflexión esférico con una abertura en el mismo, que está separado del dispositivo de conversión de longitud de onda 606, de un modo similar al reflector 605 pero situado entre la fuente de luz de excitación 601 y el dispositivo de conversión de longitud de onda 606. La luz de excitación 6011 generada por la fuente de luz de excitación 601 incide en el dispositivo de conversión de longitud de onda 606 a través de la abertura, y la luz convertida que se propaga en dirección a la fuente de luz de excitación será reflejada de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda 606 de nuevo y transmitida.

La figura 7 es un diagrama esquemático estructural del sistema de fuente de luz de acuerdo con un quinto modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 7, el sistema de fuente de luz de este modo de realización principalmente incluye una fuente de luz de excitación 701, una fuente de luz suplementaria 702, un dispositivo de combinación de luz 703, un dispositivo de recogida de luz 704, un dispositivo de reflexión de luz 705, un dispositivo de conversión de longitud de onda 706, y un sustrato de reflexión 707. La diferencia entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y el sistema mostrado en la figura 3 consiste en que el dispositivo de reflexión de luz 305 de la figura 3 es sustituido por el dispositivo de reflexión de luz 705 y el dispositivo de recogida de luz 704. El dispositivo de reflexión de luz 705 incluye una superficie de reflexión plana 7051 con una abertura 7052 en la misma. En este modo de realización, la luz de excitación 7011 generada por la fuente de luz de excitación 701 y la luz suplementaria 7021 generada por la fuente de luz suplementaria 702 inciden en el dispositivo de recogida de luz 704 a través de la abertura 7052 y luego es reemitida hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda 706 por el dispositivo de recogida de luz 704 (tal como una lente o lentes). Debido al sustrato de reflexión 707 situado en el lado del dispositivo de conversión de longitud de onda 706 que está orientado en dirección opuesta a la fuente de luz de excitación 701, la luz convertida 7012 y la luz suplementaria 7021 se propagarán en dirección hacia la fuente de luz de excitación 701 y serán reflejadas por la superficie de reflexión plana 7051 como la salida de este sistema de fuente de luz. En este modo de realización, mediante el establecimiento adecuado de los tamaños de la abertura 7052 y la superficie de reflexión plana 7051, el flujo luminoso de la luz convertida 7012 y la luz suplementaria 7021 que escapan de la abertura 7052 serán igual e menores que un cuarto del flujo luminoso de la luz convertida y la luz suplementaria recogidas por la superficie de reflexión plana 7051. Correspondientemente, en este modo de realización, el área de la abertura 7052 es menor o igual que un cuarto del área de la superficie de reflexión plana 7051. En otros modos de realización, cuando el área de la superficie de reflexión plana es suficientemente grande como para recoger completamente la luz convertida 7012 y la luz suplementaria 7021, puede omitirse el dispositivo de recogida de luz 704.

La figura 8 es el diagrama esquemático estructural del sistema de fuente de luz de acuerdo con un sexto modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 8, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 801, una fuente de luz suplementaria 802, un dispositivo de combinación de luz 803, un dispositivo de reflexión de luz 804, un dispositivo de recogida de luz 805, un dispositivo de conversión de longitud de onda 806, y un sustrato de reflexión 807.

La diferencia entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y el sistema mostrado en la figura 3 es que el dispositivo de reflexión de luz 305 es sustituido por el dispositivo de reflexión de luz 804 y el dispositivo de recogida de luz 805. En este modo de realización, después de que la luz de excitación 8011 generada por la fuente de luz de excitación 801 y la luz suplementaria 8021 generada por la fuente de luz suplementaria 802 hayan sido combinadas por el dispositivo de combinación de luz 803, la luz combinada es reflejada por el dispositivo de reflexión 804 y dirigida hacia el dispositivo de recogida de luz 805 (tal como una lente o lentes) para ser reemitida hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda 806. La luz convertida 2012 y la luz suplementaria 8021 del dispositivo de conversión de longitud de onda 806 son recogidas por el dispositivo de recogida de luz 805 para salir a través del área alrededor del dispositivo de reflexión de luz 804.

En este modo de realización, mediante el establecimiento de los tamaños del dispositivo de reflexión de luz 804 y el dispositivo de recogida de luz 805, el flujo luminoso de la luz convertida 2012 y la luz suplementaria 8021 bloqueado por el dispositivo de reflexión de luz 804 será menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la luz convertida 2012 y la luz suplementaria 8021 recogidas por el dispositivo de recogida de luz 805. Correspondientemente, el área de proyección del dispositivo de reflexión 804 en el dispositivo de recogida de luz 805 es menor o igual que un cuarto del área del dispositivo de recogida de luz 805. En otros modos de realización, el dispositivo de recogida de luz 805 también puede ser una superficie de reflexión (tal como un dispositivo de reflexión plano o un dispositivo de reflexión curvado) situada en un lado del dispositivo de reflexión 804 que es opuesto al dispositivo de conversión de longitud de onda 806. En esta situación, el área de proyección del dispositivo de reflexión 804 en esta superficie de recogida es menor o igual que un cuarto del área de la superficie de recogida.

La figura 9 es un diagrama esquemático estructural del sistema de fuente de luz de acuerdo con un séptimo modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 9, el sistema de fuente de luz de este modo de realización incluye principalmente una fuente de luz de excitación 901, una fuente de luz suplementaria 902, un dispositivo de combinación de luz 903, un dispositivo de recogida de luz 904, un dispositivo de reflexión de luz 905, un dispositivo de conversión de longitud de onda 906, un sustrato de reflexión 907, y un dispositivo de homogeneización de luz 908. La diferencia entre el sistema de fuente de luz de este modo de realización y el sistema mostrado en la figura 3 radica en que la superficie reflectora del dispositivo de reflexión de luz 905 comprende dos superficies reflectoras esféricas concéntricas anidadas 9051 y 9052 con diferentes diámetros. La función del dispositivo de reflexión de luz 905 es la misma que la de las superficies de reflexión 305, 405, 505 y 605 de los modos de realización anteriores. En otros modos de realización, el dispositivo de reflexión 905 puede incluir más de dos superficies de reflexión esféricas concéntricas anidadas o al menos dos superficies de reflexión elipsoidales que están anidadas.

En los modos de realización anteriores, el dispositivo de conversión de longitud de onda puede estar dispuesto en una rueda de color como la descrita en la sección de antecedentes (véase la figura 1, rueda de color 103) u otro elemento convencional tal como una tira de color o un tambor de color que puede accionarse para que se mueva lateralmente o rote.

Esta invención proporciona además un dispositivo de proyección que incluye un sistema de fuente de luz como el descrito en los modos de realización anteriores.

En el sistema de fuente de luz y el dispositivo de proyección de acuerdo con varios modos de realización de esta invención, la luz suplementaria está dirigida al dispositivo de conversión de longitud de onda por medio del dispositivo de guiado de luz, es dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda antes de ser recogida por el dispositivo de recogida de luz. Al establecer el tamaño relativo del dispositivo de guiado de luz y el dispositivo de recogida de luz, el flujo luminoso de la luz suplementaria del dispositivo de conversión de longitud de onda que se pierde debido al dispositivo de guiado de luz es menor o igual que un cuarto del flujo luminoso de la luz suplementaria recogida por el dispositivo de recogida de luz, lo que evita la pérdida de la luz suplementaria debido a la reflexión por el dispositivo de conversión de longitud de onda, de modo que se puede mejorar la eficiencia del sistema de fuente de luz. Además, la luz de excitación es dirigida al dispositivo de conversión de longitud de onda por medio del dispositivo de guiado de luz y la luz convertida que se propaga en dirección a la fuente de luz de excitación es recogida por el dispositivo de recogida de luz, lo que puede evitar la pérdida de la luz convertida y se puede así mejorar más la eficiencia del sistema de fuente de luz.

Será evidente para los expertos en la materia que es posible realizar diferentes modificaciones y variaciones en el dispositivo y sistema de fuente de luz de la presente invención sin salirse del alcance de la invención. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de fuente de luz, que comprende:
 - una fuente de luz de excitación (301; 401; 501; 601; 701; 801; 901) para generar una luz de excitación;
 - un dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) para convertir la luz de excitación en una luz convertida;
 - una primera fuente de luz suplementaria (402) para generar una primera luz suplementaria;
 - un primer dispositivo de guiado de luz para dirigir la primera luz suplementaria hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) que dispersa y al menos parcialmente refleja la primera luz suplementaria;
 - un primer dispositivo de recogida de luz para recoger la primera luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906), donde los tamaños relativos del primer dispositivo de guiado de luz y el dispositivo de recogida de luz son tales que un flujo luminoso de la primera luz suplementaria que se pierde debido al primer dispositivo de guiado de luz es menor o igual que un cuarto de la primera luz suplementaria recogida por el primer dispositivo de recogida de luz;
 - donde el primer dispositivo de recogida de luz incluye una superficie de reflexión (3051; 4051; 5051; 6051; 7051) para reflejar la primera luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 906), y el primer dispositivo de guiado de luz es una abertura (3052; 4052; 5052; 6052; 7052; 9052) en la superficie de reflexión, a través de la cual se transmite la primera luz suplementaria; o donde el primer dispositivo de guiado de luz es un dispositivo de reflexión de luz (804), que refleja la primera luz suplementaria hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda (806), caracterizado porque
 - un área de la abertura (3052; 4052; 5052; 6062; 7072) es menor o igual que un cuarto de un área de la superficie de reflexión (3051; 4051; 5051; 6051; 7051); o un área de proyección del dispositivo de reflexión de luz (804) en el primer dispositivo de recogida de luz es menor o igual que un cuarto del área del primer dispositivo de recogida de luz, donde el primer dispositivo de recogida de luz es una lente o una superficie de reflexión de luz; estando el sistema de fuente de luz además caracterizado porque los rangos espectrales de la primera luz suplementaria y la luz convertida se superponen al menos parcialmente, o una diferencia de longitudes de onda dominantes de la luz convertida y la primera luz suplementaria es menor de 20 nanómetros.
2. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, donde las áreas de iluminación de la luz de excitación y la primera luz suplementaria en el dispositivo de conversión de longitud de onda se superponen al menos parcialmente.
3. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, donde un rango espectral de la primera luz suplementaria es más estrecho que un rango espectral de la luz convertida.
4. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, donde el primer dispositivo de guiado de luz (3052; 4052; 5052; 6052; 7052; 9052; 804) dirige además la luz de excitación hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906), y el primer dispositivo de recogida de luz recoge además la luz convertida generada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906).
5. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 4, donde un rango espectral de la primera luz suplementaria es diferente del de la luz de excitación, y donde el sistema de fuente de luz además comprende un dispositivo de combinación de luz (303, 403, 503, 703, 803, 903) para combinar la primera luz suplementaria y la luz de excitación antes de que incidan en el primer dispositivo de guiado de luz (3052; 4052; 5052; 6052; 7052; 9052; 804).
6. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, que además comprende:
 - un sustrato de reflexión de luz dispuesto en un lado del dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) opuesto a la primera fuente de luz suplementaria para reflejar la primera luz suplementaria.
7. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 6, donde el sustrato de reflexión de luz es un filtro dicróico, donde la luz de excitación incide en el filtro dicróico desde un lado del filtro dicróico opuesto al dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) e incide en el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) después de transmitirse a través del filtro dicróico.
8. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, donde el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) transmite parcialmente la primera luz suplementaria; comprendiendo además el sistema de fuente de luz un segundo dispositivo de recogida de luz para recoger la primera luz suplementaria que se transmite a través del dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906), donde el primer dispositivo de recogida de luz recoge la primera luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906) y se refleja de vuelta al dispositivo de conversión de longitud de onda.

- 5 9. El sistema de fuente de luz de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la superficie de reflexión es una superficie de reflexión plana o una superficie de reflexión curvada, la superficie de reflexión curvada es una superficie de reflexión esférica o una superficie de reflexión elipsoidal, la abertura en la superficie de reflexión es un orificio pasante o una zona transparente.
- 10 10. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, que además comprende:
una segunda fuente de luz suplementaria para generar una segunda luz suplementaria, donde el primer dispositivo de guiado de luz dirige la segunda luz suplementaria hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906), y donde el dispositivo de recogida de luz recoge además la segunda luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (306; 406; 506; 606; 706; 806; 906).
- 15 11. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 1, que además comprende:
una segunda fuente de luz suplementaria (409) para generar una segunda luz suplementaria; y
un segundo dispositivo de guiado de luz para dirigir la segunda luz suplementaria hacia el dispositivo de conversión de longitud de onda (406),
donde el primer dispositivo de recogida de luz recoge además la segunda luz suplementaria dispersada y reflejada por el dispositivo de conversión de longitud de onda (406), y
20 donde los tamaños relativos del segundo dispositivo de guiado de luz y el primer dispositivo de recogida de luz son tales que un flujo luminoso de la segunda luz suplementaria que se pierde debido al segundo dispositivo de guiado de luz es menor o igual que un cuarto de un flujo luminoso de la segunda luz suplementaria recogida por el primer dispositivo de recogida de luz.
- 25 12. El sistema de fuente de luz de la reivindicación 10 u 11, donde un rango espectral de la segunda luz suplementaria es diferente de un rango espectral de la primera luz suplementaria y se superpone a un rango espectral de luz convertida.
- 30 13. Un dispositivo de proyección, que comprende una fuente de luz de acuerdo con la reivindicación 1 a la reivindicación 12.

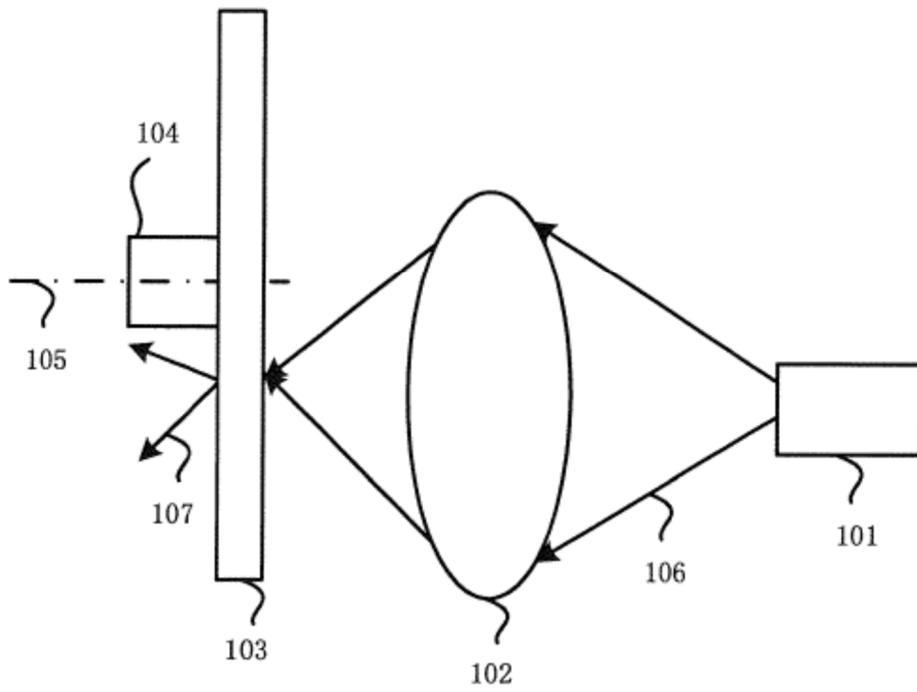


Fig. 1

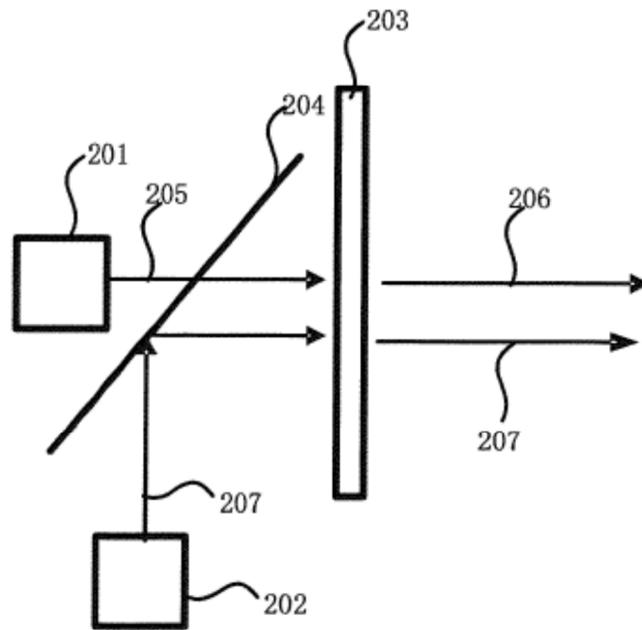


Fig. 2

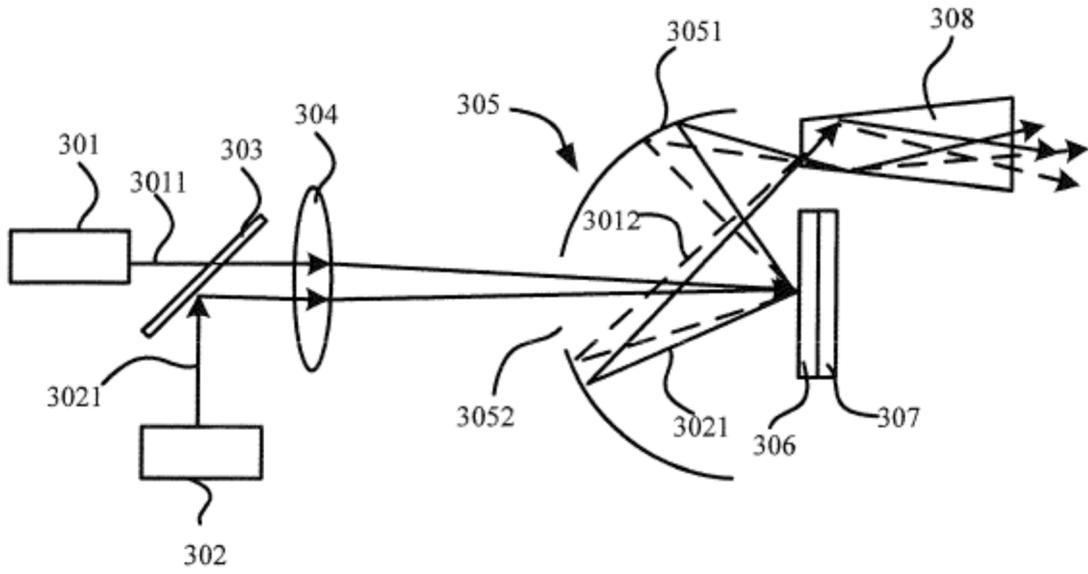


Fig. 3

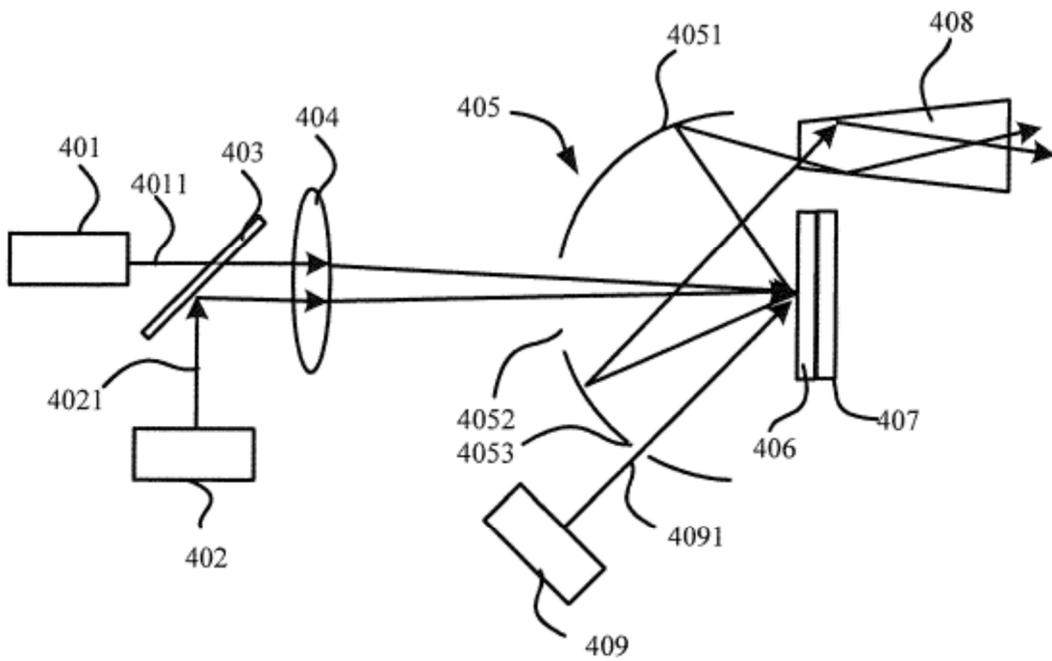


Fig. 4

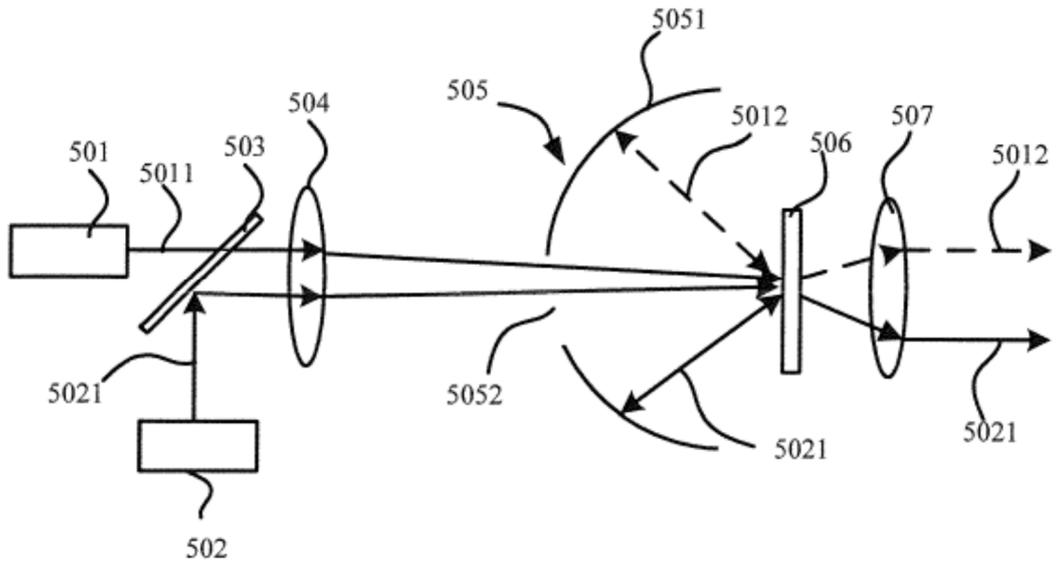


Fig. 5

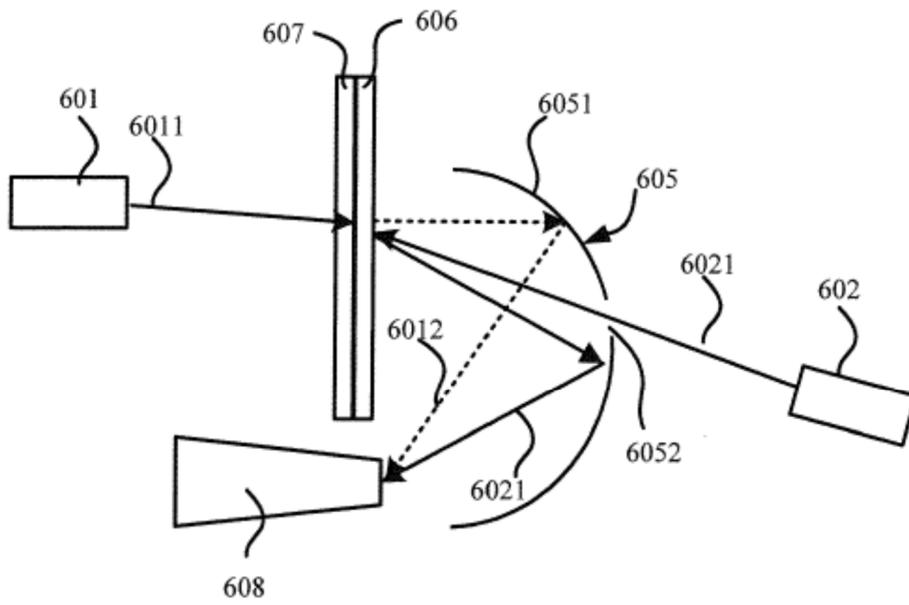


Fig. 6

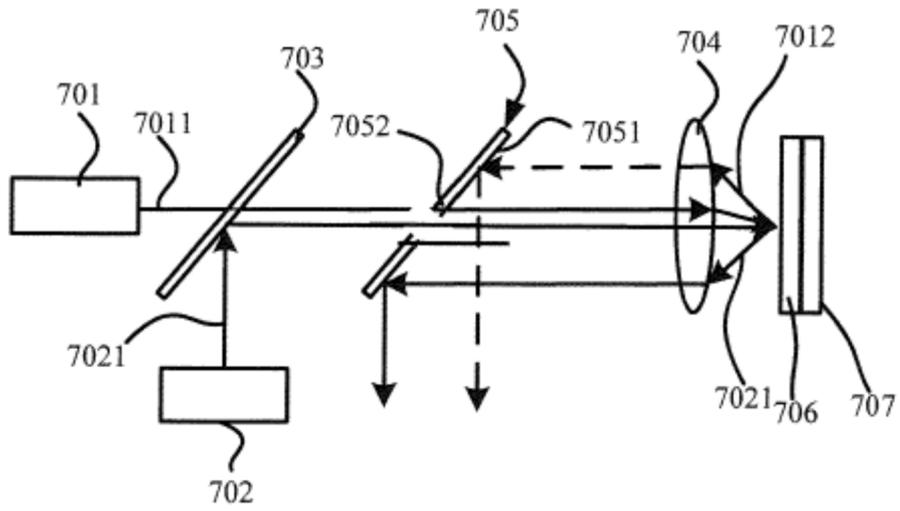


Fig. 7

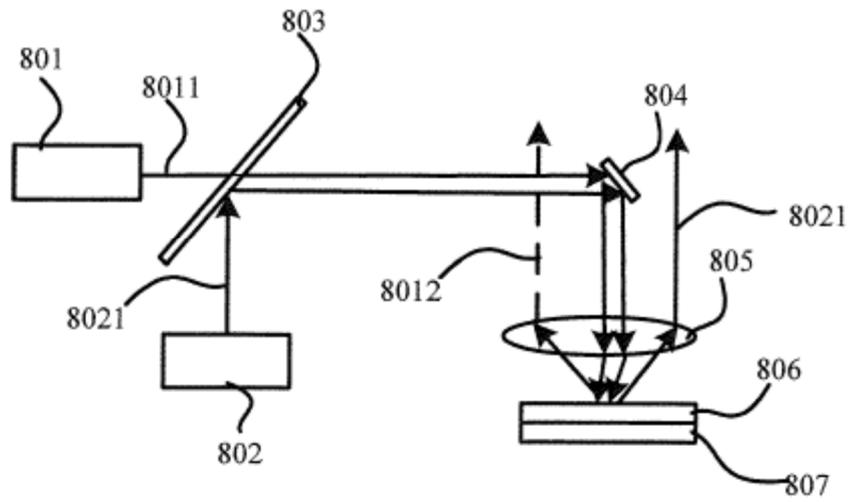


Fig. 8

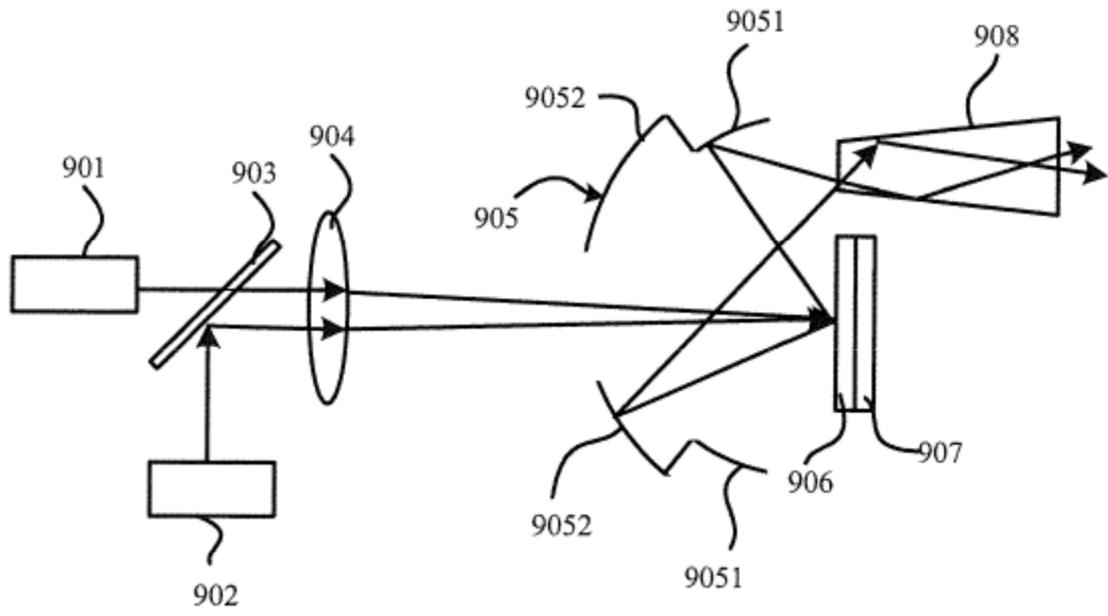


Fig. 9