

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 344**

51 Int. Cl.:

C09K 11/02 (2006.01)
C09K 11/08 (2006.01)
H01L 33/50 (2010.01)
H01L 25/075 (2006.01)
F21V 9/16 (2006.01)
F21K 9/64 (2006.01)
F21Y 115/10 (2006.01)
F21Y 113/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2015 PCT/EP2015/068077**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2016 WO16037773**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 15748226 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 3149108**

54 Título: **Módulo PC-LED con reproducción de blancos y eficiencia de conversión mejoradas**

30 Prioridad:

11.09.2014 EP 14184423

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

14.03.2018

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 45
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, PETER JOSEF y
BECHTEL, HANS-HELMUT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 659 344 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

Módulo PC-LED con reproducción de blancos y eficiencia de conversión mejoradas

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de iluminación y a un elemento conversor de longitud de onda para su uso en tal dispositivo de iluminación.

10 Antecedentes de la invención

En la técnica se conocen sistemas de iluminación con múltiples fósforos. Por ejemplo, el documento US2012043552 describe una luz LED (diodo emisor de luz) de bomba de longitudes de onda seleccionadas con múltiples fósforos. En diversas realizaciones de esta técnica anterior, los LED que emiten radiación a longitudes de onda violeta y/o ultravioleta se usan para bombear materiales de fósforo que emiten luz a una frecuencia diferente. Los LED de bomba se caracterizan por tener una longitud de onda de emisión pico de aproximadamente 405 a 430 nm durante una operación normal. Se emplean junto con al menos un fósforo azul con una fuerte absorción a longitudes de onda superiores a aproximadamente 405 nm. En ciertas realizaciones, los LED que operan en diferentes intervalos de longitud de onda se disponen en una combinación para reducir la reabsorción de radiación y mejorar la eficiencia de producción de luz. El documento US2012043552 propone un dispositivo óptico que incluye un miembro de montaje y al menos un diodo emisor de luz superpuesto a una parte del miembro de montaje. El LED incluye un sustrato que contiene galio y nitrógeno que tiene una región superficial y una capa de protección que contiene galio y nitrógeno superpuesta a la región superficial. Una región activa emite radiación electromagnética con longitudes de onda pico en un intervalo de aproximadamente 405 nm a aproximadamente 430 nm. El LED incluye contactos eléctricos para suministrar la corriente eléctrica de región de unión. El dispositivo incluye adicionalmente una mezcla de tres materiales de fósforo dentro de un material aglutinante. La mezcla de materiales de fósforo está dispuesta en las proximidades del LED que interactúa con la radiación electromagnética del LED para convertir la radiación electromagnética a un intervalo de longitud de onda entre aproximadamente 440 y 650 nanómetros. En otra realización, el dispositivo incluye un material de fósforo azul en las proximidades del dispositivo de LED con fuerte absorción a longitudes de onda superiores a aproximadamente 405 nm.

El documento WO2014/068440 describe una unidad de iluminación que comprende una fuente de luz azul, una fuente de luz verde, una primera fuente de luz roja que comprende un primer material luminiscente rojo, configurado para proporcionar luz roja con una distribución de luz espectral de banda ancha, y una segunda fuente de luz roja que comprende un segundo material luminiscente rojo, configurado para proporcionar luz roja con una distribución de luz espectral que comprende una o más líneas de emisión rojas. Especialmente, el primer material luminiscente rojo comprende (Mg, Ca, Sr)AlSiN₃:Eu y/o (Ba, Sr, Ca)₂Si_{5-x}Al_xO_xN_{8-x}:Eu y el segundo material luminiscente rojo comprende K₂SiF₆:Mn.

El documento US2004217364 describe una lámpara de emisión de luz blanca que comprende un emisor de ultra violeta (UV) de estado sólido que emite luz en el espectro de longitud de onda UV. Un material de conversión está dispuesto para absorber al menos parte de la luz que emite desde el emisor UV y re-emitir luz a una o más longitudes de onda de luz diferentes. Se incluyen uno o más emisores de estado sólido complementarios que emiten a longitudes de onda de luz diferentes que el emisor UV y el material de conversión. La lámpara emite una combinación de luz blanca emitida desde los emisores complementarios y desde el material de conversión, teniendo la luz blanca una alta eficacia y una buena reproducción cromática. Otras realizaciones de la lámpara emisora de luz blanca de acuerdo con la presente invención comprenden un láser de estado sólido en lugar de un emisor de UV.

50 Sumario de la invención

Están disponibles en el mercado unas lámparas que contienen módulos LED de tipo chip integrado (CoB) que muestran una reproducción de blancura mejorada debido a la emisión en el intervalo espectral violeta. Estos módulos LED están basados, por ejemplo, en unos LED emisores de luz violeta y mezclas de fósforos azules, verdes y rojos para generar espectros blancos de alto CRI (índice de reproducción cromática) con una emisión adicional en el intervalo espectral violeta debido a la luz de bomba LED que se filtra a través de la capa de fósforo.

A pesar de que estas lámparas LED bombeadas violetas muestran una excelente reproducción cromática y una reproducción de blancos mejorada debido a un pico de emisión de aproximadamente 410 nm, la conversión de fotones violeta de alta energía en fotones visibles con la mezcla de fósforos RGB conduce a una eficiencia energética más bien baja debido a la gran pérdida de Stokes. Además, la fracción de luz violeta no convertida necesita ser bastante alta ya que un espesor óptico aumentado de la capa de fósforo que conduce a una conversión descendente de luminiscencia más fuerte disminuiría drásticamente la eficiencia de conversión debido a las pérdidas por dispersión. Las pérdidas por dispersión dentro de la capa de fósforo del concepto bomba violeta + fósforo RGB son altas debido a que una gran fracción de la luz azul emitida por el fósforo azul Eu(II) (M₃MgSi₂O₈:Eu o M₅(PO₄)₃Cl:Eu con M = Ca, Sr, Ba se usan habitualmente) se absorbe por los fósforos emisores de verde-amarillo y rojo aplicados.

Sin embargo, el alto contenido de emisión de luz violeta en el espectro de blancos se considera perjudicial debido a la fotorreactividad mejorada de la luz violeta en comparación con la luz azul. Un concepto mejorado con respecto al contenido de luz violeta reducido en el espectro y la eficiencia luminosa puede ser un módulo LED que combina LED violetas con LED azules y una mezcla de fósforo que muestra la conversión de luz verde a roja para proporcionar un sistema que combina una reproducción cromática de alta densidad con una reproducción de blancos mejorada. Debido a que los LED violetas se mezclan con los LED azules, la pérdida de Stokes se hace más pequeña y, por lo tanto, los módulos LED son más eficientes en términos de energía. El contenido espectral de la luz violeta fotoactiva puede ajustarse más fácilmente con este concepto sin una penalización por la eficiencia de conversión descendente de fósforo que con el enfoque de LED violeta + mezcla de fósforos RGB. Sin embargo, un inconveniente adicional de este concepto es que los fósforos emisores de rojo descritos, tales como $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{SiAlN}_3:\text{Eu}$ o $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_2\text{Si}_{5-x}\text{Al}_x\text{N}_8-x\text{O}_x:\text{Eu}$ muestran una absorción más fuerte en el violeta que en el intervalo espectral azul, por lo tanto, una cantidad significativa de fotones violetas se convierten en fotones rojos.

Por lo tanto, un aspecto de la invención es proporcionar un dispositivo alternativo con una reproducción de blancos mejorada y una eficiencia de conversión mejorada, que (por lo tanto) además, preferentemente, evita al menos en parte uno o más de los inconvenientes descritos anteriormente.

Por lo tanto, en un primer aspecto, la invención proporciona un dispositivo de iluminación ("módulo PC-LED (módulo LED de convertidor de fósforo)) que comprende:

- una primera fuente de luz de estado sólido (en el presente documento también indicada como "primera fuente de luz"), configurada para proporcionar una radiación UV ("primera radiación de fuente de luz" o "luz UV") que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de 380-420 nm;
- una segunda fuente de luz de estado sólido (en el presente documento también indicada como "segunda fuente de luz"), configurada para proporcionar una luz azul (en el presente documento también indicada como "segunda luz de fuente de luz") que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de 440-470 nm;
- un elemento convertidor de longitud de onda, comprendiendo el elemento convertidor de longitud de onda:
- un primer material luminiscente, configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul de la segunda fuente de luz de estado sólido, una primera luz de material luminiscente que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda verde y amarillo, y en el que la primera excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV es menor que para la luz azul; y
- un segundo material luminiscente, configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul de la segunda fuente de luz de estado sólido, una segunda luz de material luminiscente que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda naranja y rojo, y en el que la segunda excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV es (también) menor que para la luz azul, como se define adicionalmente en las reivindicaciones adjuntas.

Tal dispositivo puede proporcionar, sorprendentemente, luz blanca con una alta eficiencia, una reproducción cromática de alta densidad y una reproducción de blancos de alta densidad, a diferencia de los dispositivos del estado de la técnica en los que por ejemplo, un gran desplazamiento de Stokes conduce a pérdidas elevadas. Con la presente invención, los dos materiales luminiscentes pueden proporcionar, junto con la luz azul de la segunda fuente de luz de estado sólido, luz blanca. La radiación UV aumenta aún más la reproducción de blancos de la luz del dispositivo de iluminación, que comprende en una realización específica (al menos temporalmente) la primera radiación de fuente de luz (es decir, la luz UV de la primera fuente de luz), la segunda luz de fuente de luz o luz azul, y la luz de material luminiscente de los dos materiales luminiscentes. Por lo tanto, las fuentes de luz y los materiales luminiscentes están configurados para que la longitud de onda no convierta o convierta solo una parte de la radiación UV de la primera fuente de luz y están configurados para convertir parte de la luz azul de la segunda fuente de luz en radiación visible que emite al menos en una o más de las partes verde, amarilla, naranja y roja del espectro. Por lo tanto, la presente invención se basa especialmente en el principio de UVRVB (UV, rojo, amarillo y azul) o UVRGB (UV, rojo, verde y azul), aunque también pueden ser posibles combinaciones (es decir, UVRVB). Por ejemplo, algunos materiales luminiscentes de granate dopado con cerio emiten luminiscencia tanto en el verde como en el amarillo. La frase "que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de 380-420 nm" y frases similares, pueden indicar especialmente que la longitud de onda dominante se encuentra dentro de este intervalo de longitud de onda. Por lo tanto, especialmente, las longitudes de onda dominantes de la primera fuente de luz y de la segunda fuente de luz son (por supuesto) desiguales. De manera similar, las longitudes de onda dominantes del primer material luminiscente y el segundo material luminiscente son especialmente (por supuesto) desiguales (y ambas son desiguales independientemente de las longitudes de onda dominantes respectivas de la primera fuente de luz y de la segunda fuente de luz). Por lo tanto, el espectro óptico de la luz del dispositivo de iluminación de UV hasta rojo puede incluir especialmente al menos cuatro máximos.

La expresión "material luminiscente" también puede referirse a una pluralidad de materiales luminiscentes diferentes. Por lo tanto, el dispositivo de iluminación puede comprender más de dos materiales luminiscentes diferentes, pero al menos uno cumple los requisitos como primer material luminiscente y al menos uno cumple los requisitos como segundo material luminiscente. Los materiales luminiscentes primero y segundo son (por lo tanto) materiales luminiscentes diferentes.

La expresión "fuente de luz" también puede referirse a una pluralidad de fuentes de luz, tales como 2-20 fuentes de luz LED (estado sólido). Por lo tanto, el término LED también puede hacer referencia a una pluralidad de LED. Por lo tanto, el dispositivo de iluminación puede comprender más de dos fuentes de luz diferentes, pero al menos una cumple los requisitos como primera fuente de luz y al menos una cumple los requisitos como segunda fuente de luz.

5 Las fuentes de luz primera y segunda son (por lo tanto) fuentes de luz diferentes. Especialmente, las fuentes de luz comprenden fuentes de luz LED de estado sólido (como un LED o un diodo láser).

Una característica específica del material luminiscente es que la primera excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV es menor que para la luz azul y que la segunda excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV es menor que para la luz azul. En otras palabras, cuando se registra un espectro de excitación de los materiales luminiscentes, habrá un máximo de excitación más alto en el intervalo de longitud de onda azul que en el intervalo de longitud de onda UV. Esto también puede redefinirse en términos de espectro de absorción o de espectro de reflexión: el máximo de absorción es más alto y el mínimo de reflexión es más bajo en el intervalo de longitud de onda azul que el máximo de absorción y el mínimo de reflexión en el intervalo de longitud de onda UV, respectivamente. De esta manera, la absorción de UV puede ser relativamente baja, lo que conduce a una mayor eficiencia y una mayor reproducción cromática, mientras que la absorción azul puede ser relativamente alta, lo que también conduce, por lo tanto, a una mayor eficacia (menos pérdidas de Stokes).

10
15

Una serie de materiales luminiscentes pueden cumplir los requisitos para la presente solicitud. A continuación, en primer lugar, se exponen en general algunas clases de material luminiscente y, posteriormente, se exponen algunas clases específicas con más detalle.

20

Exposición general sobre materiales luminiscentes adecuados

25 En la exposición general, se han unificado sustancialmente las indicaciones de los elementos específicos.

En una realización específica, el primer material luminiscente se selecciona del grupo que consiste en la clase A3B5O12:Ce³⁺, la clase MA₂O₄:Ce³⁺, la clase MS:Ce³⁺, y la clase A₃Z₆N₁₁:Ce³⁺, donde A se selecciona del grupo de lantánidos (tales como Gd, Tb, Lu), escandio, itrio y lantano, donde B se selecciona del grupo de aluminio y galio, donde M se selecciona del grupo de elementos alcalinotérreos (tales como Mg, Ca, Sr, Ba), y donde Z se selecciona del grupo de silicio y germanio.

30

La primera clase (clase A3B5O12:Ce³⁺; en el presente documento también indicada como Y, Gd, Lu)3(Al, Ga) clase 5O12:Ce³⁺) es la clase de los sistemas de granate (que se describe más adelante en la más detallada exposición sobre materiales luminiscentes adecuados). Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina cúbica, Ia-3d. Ejemplos de miembros de esta clase son Y3Al5O12:Ce³⁺ y Lu3Al5O12:Ce³⁺, etc.

35

La segunda clase (clase MA2O4:Ce³⁺; en el presente documento también indicada como clase CaSc2O4:Ce³⁺) es la clase de sistemas de oxoaniones de escandio alcalinotérreos. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina ortorrómbica tipo CaFe2O4. Un ejemplo de un miembro de esta clase es CaSc2O4:Ce³⁺.

40

La tercera clase (clase MS:Ce³⁺; en el presente documento también indicada como la clase (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Ce³⁺) es la clase de sistemas de sulfuros alcalinotérreos que cristalizan en el tipo de estructura de sal de roca cúbica. Un ejemplo de un miembro de esta clase es CaS:Ce³⁺.

45

La cuarta clase (clase A3Z6N11:Ce³⁺; en el presente documento también indicada como la clase La3Si6N11:Ce³⁺) es la clase de sistemas de nitridosilicato de tierras raras. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina tipo tetragonal Sm3Si6N11. Un ejemplo de un miembro de esta clase es La3Si6N11:Ce³⁺.

50

Téngase en cuenta que cada uno de estos sistemas tiene cerio como dopante, aunque no se excluyen co-dopantes (tales como el praseodimio).

Otros miembros de las clases anteriores pueden proporcionar luz verde y/o amarilla tras la excitación por luz azul y pueden excitarse mejor en la azul que en la UV.

55

En una realización específica adicional, el segundo material luminiscente se selecciona del grupo de la clase MD:Eu, la clase MGB₃N₄:Eu y/o la clase MM'³ZN₄:Eu y/o la clase M'B₂M''₂N₄:Eu (opcionalmente, puede considerarse que pertenecen a una única clase (véase también a continuación)), y la clase G₂ZF₆:Mn, donde M se selecciona del grupo de elementos alcalinotérreos, donde M' se selecciona del grupo de Sr, Ba y Ca, donde M'' se selecciona del grupo de Mg, Mn, Zn y Cd, donde D se selecciona del grupo de S y Se, donde Z se selecciona del grupo de Si, Ge, Ti, Hf, Zr, Sn, B se selecciona del grupo de B, Al, Ga, Sc y donde G se selecciona del grupo de elementos alcalinos (tales como Li, Na, K, etc.).

60

La primera clase (clase MD:Eu; en el presente documento también indicada como la clase (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Eu) es la clase de sistemas de calcogenuros alcalinotérreos. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina de sal de roca cúbica. Ejemplos de miembros de esta clase son SrS:Eu, CaS:Eu, CaSe:Eu, etc.

65

La segunda clase (clase MGB3N4:Eu; en el presente documento también indicada como la clase SrLiA13N4:Eu) es la clase de sistemas de nitridoaluminato. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina de tipo plumbato de litio potasio tetragonal. Un ejemplo de un miembro dentro de esta clase es SrLiA13N4:Eu.

5 La tercera clase (clase MM"3ZN4:Eu; en el presente documento también indicada como la clase CaBe3SiN4:Eu) es la clase de sistemas de orto nitridosilicato. Los materiales dentro de esta clase tienen una estructura cristalina de tipo silicato de litio sodio tetragonal. Un ejemplo de un miembro de esta clase es CaBe3SiN4:Eu.

10 La cuarta clase (clase M'B2M"2N4:Eu; en el presente documento también indicada como la clase SrA12Mg2N4:Eu) es la clase de sistemas de nitridoaluminato de magnesio. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina de tipo carburo de cromo uranio tetragonal. Un ejemplo de un miembro de esta clase es SrA12Mg2N4:Eu.

15 La quinta clase (clase G2ZF6:Mn; en el presente documento también indicada como la clase K2SiF6:Mn) es la clase de sistemas de fluoruro complejos. Los materiales de esta clase tienen una estructura cristalina de tipo hieratita cúbica o demartinita hexagonal. Un ejemplo de un miembro de esta clase es K2SiF6:Mn (IV, es decir, manganeso tetravalente).

20 Además, a continuación se dan ejemplos de miembros de esta clase. Téngase en cuenta que la mayoría de estos sistemas tienen europio divalente como dopante, aunque no se excluyen los co-dopantes (como el cerio y/o el manganeso divalente). La última clase en el grupo comprende manganeso tetravalente.

25 Por lo tanto, en una realización específica el primer material luminiscente se selecciona del grupo que consiste en (Y, Gd, Lu)3(Al, Ga)5O12:Ce3+, CaSc2O4:Ce3+, CaS:Ce3+ y La3Si6N11:Ce3+, y el segundo material luminiscente se selecciona del grupo de (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Eu, SrLiA13N4:Eu, CaBe3SiN4:Eu, SrA12Mg2N4:Eu y K2SiF6:Mn.

30 Por lo tanto, en un aspecto adicional, la invención también proporciona un conversor de luz *per se*, es decir, un conversor de luz que comprende un primer material luminiscente seleccionado del grupo que consiste en la clase (Y, Gd, Lu)3(Al, Ga)5O12:Ce3+, la clase CaSc2O4:Ce3+, la clase (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Ce, y la clase La3Si6N11:Ce3+, y un segundo material luminiscente seleccionado del grupo de la clase (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Eu, la clase SrLiA13N4:Eu, la clase CaBe3SiN4:Eu, la clase SrA12Mg2N4:Eu y la clase K2SiF6:Mn, incluso más especialmente un conversor de luz que comprende un primer material luminiscente seleccionado del grupo que consiste en (Y, Gd, Lu)3(Al, Ga)5O12:Ce3+, CaSc2O4:Ce3+ y La3Si6N11:Ce3+, y un segundo material luminiscente seleccionado del grupo de (Sr, Ba, Ca)(Se, S):Eu, SrLiA13N4:Eu, CaBe3SiN4:Eu, SrA12Mg2N4:Eu y K2SiF6:Mn.

35 El término "clase" hace referencia en el presente documento, especialmente, a un grupo de materiales que tienen la misma estructura cristalográfica. Además, el término "clase" también puede incluir sustituciones parciales de cationes y/o aniones. Por ejemplo, en algunas de las clases mencionadas anteriormente, Al-O puede reemplazarse parcialmente por Si-N (o al revés).

40 Además, el hecho de que los materiales luminiscentes indicados anteriormente se indiquen para doparse con europio (Eu), o cerio (Ce), o manganeso (Mn), no excluye la presencia de co-dopantes, tales como el Eu, Ce, donde el europio está co-dopado con cerio, Ce, Pr, donde el cerio está co-dopado con praseodimio, Ce, Na, donde el cerio está co-dopado con sodio, Ce, Mg, donde el cerio está co-dopado con magnesio, Ce, Ca, donde el cerio está co-dopado con calcio, etc. El co-dopaje es conocido en la técnica y se sabe que a veces mejora la eficiencia cuántica y/o ajusta el espectro de emisión.

45 En una realización, la relación de absorción (o relación de excitación) para el máximo azul con respecto a la máxima UV es al menos 1,5, tal como al menos 1,6, para los primeros materiales luminiscentes emisores de verde a amarillo, la relación de absorción (o relación de excitación) para el máximo azul con respecto a la máxima UV es al menos 1,1, tal como al menos 1,15 para el segundo material luminiscente emisor de rojo. En una realización más específica, la relación de absorción (o relación de excitación) ABS_{460}/ABS_{410} es al menos 1,5 para el primer material luminiscente emisor de verde a amarillo y donde la relación de absorción (o relación de excitación) ABS_{460}/ABS_{410} es al menos 1,1 para el segundo material luminiscente emisor de rojo. Las relaciones de excitación indicadas anteriormente hacen referencia a las relaciones de excitación cuando se monitoriza la emisión en las emisiones indicadas (es decir, por ejemplo, verde o amarillo, y rojo, respectivamente). Cuando se mide un espectro de excitación, la emisión se mide en general, a la máxima intensidad de emisión.

60 Especialmente, las fuentes de luz están configuradas para proporcionar menos del 10 %, especialmente menos del 5 %, de su potencia óptica total en el intervalo de longitud de onda de 380-430 nm, incluso más especialmente en el intervalo de longitud de onda de 400-430 nm.

Exposición detallada sobre materiales luminiscentes específicos

65 En la descripción más detallada de los materiales luminiscentes específicos, la formulación de las fórmulas químicas puede diferir de las formulaciones anteriores. Esto se ha hecho para definir estos materiales luminiscentes específicos con más detalle.

En una realización específica, el primer material luminiscente comprende $A_3B_5O_{12}:Ce^{3+}$, donde A se selecciona del grupo que consiste en Sc, Y, Tb, Gd, y Lu, donde B se selecciona del grupo que consiste en Al y Ga. Preferentemente, M comprende al menos uno o más de Y y Lu, y donde B comprende al menos Al. Este tipo de materiales pueden ofrecer la mayor eficiencia. En una realización específica, el segundo material luminiscente comprende al menos dos materiales luminiscentes del tipo $A_3B_5O_{12}:Ce^{3+}$, donde A se selecciona del grupo que consiste en Y y Lu, donde B se selecciona del grupo que consiste en Al, y donde la relación Y:Lu difiere para los al menos dos materiales luminiscentes. Por ejemplo, uno de los mismos puede basarse exclusivamente en Y, tal como $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, y uno de los mismos puede ser un sistema basado en Y, Lu, tal como $(Y_{0,5}Lu_{0,5})_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$. Las realizaciones de los granates incluyen especialmente los granates $A_3B_5O_{12}$, donde A comprende al menos itrio o lutecio y donde B comprende al menos aluminio. Dicho granate puede doparse con cerio (Ce), con praseodimio (Pr) o una combinación de cerio y praseodimio; especialmente, sin embargo, con Ce. Especialmente, B comprende aluminio (Al), sin embargo, B también puede comprender parcialmente galio (Ga) y/o escandio (Sc) y/o indio (In), especialmente hasta aproximadamente un 20 % de Al, más especialmente hasta aproximadamente un 10 % de Al (es decir, los iones B consisten esencialmente en un 90 % en moles o más de Al y un 10 % en moles o menos de uno o más de Ga, Sc e In); B puede comprender especialmente hasta aproximadamente un 10 % de galio. En otra variante, B y O pueden reemplazarse al menos parcialmente por Si y N. El elemento A puede seleccionarse especialmente del grupo que consiste en itrio (Y), gadolinio (Gd), terbio (Tb) y lutecio (Lu). Además, Gd y/o Tb están especialmente presentes solo hasta una cantidad de aproximadamente un 20 % de A. En una realización específica, el material luminiscente de granate comprende $(Y_{1-x}Lu_x)_3Al_5O_{12}:Ce$, donde x es igual o mayor que 0 e igual o menor que 1. Los términos “:Ce” o “:Ce³⁺” (o términos similares), indican que parte de los iones metálicos (es decir, en los granates: parte de los iones “M”) en el material luminiscente se reemplazan por Ce (u otra especie luminiscente cuando el o los términos indiquen eso, como “:Yb”). Por ejemplo, suponiendo que $(Y_{1-x}Lu_x)_3Al_5O_{12}:Ce$, parte de Y y/o de Lu se reemplaza por Ce. Esta notación es conocida por los expertos en la materia. Ce reemplazará a M, en general, en no más del 10 %; en general, la concentración de Ce estará en el intervalo de 0,1-4 %, especialmente 0,1-2 % (con respecto a M). Suponiendo un 1 % de Ce y un 10 % de Y, la fórmula correcta completa podría ser $(Y_{0,1}Lu_{0,89}Ce_{0,01})_3Al_5O_{12}$. Ce en granates está sustancialmente o solo en el estado trivalente, como se sabe por los expertos en la materia.

En una realización adicional más, que puede combinarse especialmente con la realización anterior, el segundo material luminiscente comprende $M_{1-x-y-z}Z_aA_bB_cD_dE_eN_4-n}O_n:ES_xRE_y$, con M = seleccionado del grupo que consiste en Ca (calcio), Sr (estroncio) y Ba (bario); Z seleccionado del grupo que consiste en Na (sodio), K (potasio) y Rb (rubidio) monovalentes; A = seleccionado del grupo que consiste en Mg (magnesio), Mn (manganeso), Zn (zinc) y Cd (cadmio) divalentes (especialmente, A = seleccionado del grupo que consiste en Mg (magnesio), Mn (manganeso), y Zn (zinc) divalentes, aún más especialmente seleccionado del grupo que consiste en Mg (magnesio), Mn (manganeso) divalentes; B = seleccionado del grupo que consiste en B (boro), Al (aluminio) y Ga (galio) trivalentes; C = seleccionado del grupo que consiste en Si (silicio), Ge (germanio), Ti (titanio) y Hf (hafnio) tetravalentes; D seleccionado del grupo que consiste en Li (litio) y Cu (cobre) monovalentes; E seleccionado para el grupo que consiste en P (el elemento de fósforo), V (vanadio), Nb (niobio) y Ta (tantalio); ES = seleccionado del grupo que consiste en Eu (europio), Sm (samario) e iterbio divalentes, especialmente seleccionado del grupo que consiste en Eu y Sm divalentes; RE = seleccionado del grupo que consiste en Ce (cerio), Pr (praseodimio), Nd (neodimio), Sm (samario), Eu (europio), Gd (gadolinio), Tb (terbio), Dy (disprobio), Ho (holmio), Er (erbio) y Tm (tulio) trivalentes; con $0 \leq x \leq 0,2$; $0 \leq y \leq 0,2$; $0 < x + y \leq 0,4$; $0 \leq z < 1$; $0 \leq n \leq 0,5$; $0 \leq a \leq 4$ (tal como $2 \leq a \leq 3$); $0 \leq b \leq 4$; $0 \leq c \leq 4$; $0 \leq d \leq 4$; $0 \leq e \leq 4$; $a + b + c + d + e = 4$; $y 2a + 3b + 4c + d + 5e = 10 - y - n + z$. Especialmente, $z \leq 0,9$, tal como $z \leq 0,5$. Además, especialmente, $x + y + z \leq 0,2$.

Las ecuaciones $a + b + c + d + e = 4$; $y 2a + 3b + 4c + d + 5e = 10 - y - n + z$, respectivamente, determinan especialmente los cationes Z, A, B, C, D y E y los aniones O y N en la red cristalina y, por lo tanto, definen (también) la neutralidad de carga del sistema. Por ejemplo, la compensación de carga se cubre por la fórmula $2a + 3b + 4c + d + 5e = 10 - y - n + z$. Por ejemplo, la compensación de carga se cubre disminuyendo el contenido de O, o sustituyendo un catión C por un catión B o un catión B por un catión A, etc. Por ejemplo: $x = 0,01$, $y = 0,02$, $n = 0$, $a = 3$; entonces $6 + 3b + 4c = 10 - 0,02$; con $a + b + c = 4$: $b = 0,02$, $c = 0,98$.

Como será evidente para los expertos en la materia, a, b, c, d, e, n, x, y, z son siempre igual o mayor que cero. Cuando a se define en combinación con las ecuaciones $a + b + c + d + e = 4$; $y 2a + 3b + 4c + d + 5e = 10 - y - n + z$, entonces, en principio, b, c, d y e no necesitan definirse más. Sin embargo, en aras de la exhaustividad, en el presente documento también se definen $0 \leq b \leq 4$; $0 \leq c \leq 4$; $0 \leq d \leq 4$; $0 \leq e \leq 4$.

Supongamos un sistema como $SrMg_2Ga_2N_4:Eu$. En este caso, $a = 2$, $b = 2$, $c = d = e = y = z = n = 0$. En dicho sistema, $2 + 2 + 0 + 0 + 0 = 4$ y $2 * 2 + 3 * 2 + 0 + 0 + 0 = 10 - 0 - 0 + 0 = 10$. Por lo tanto, se cumplen ambas ecuaciones. Supongamos que se introduce 0,5 O. Por ejemplo, puede obtenerse un sistema con 0,5 O cuando 0,5 Ga-N se reemplaza por 0,5 Mg-O (que es un reemplazo de carga neutral). Esto daría como resultado $SrMg_{2,5}Ga_{1,5}N_{3,5}O_{0,5}:Eu$. En este caso, en dicho sistema $2,5 + 1,5 + 0 + 0 + 0 = 4$ y $2 * 2,5 + 3 * 1,5 + 0 + 0 + 0 = 10 - 0 - 0,5 + 0 = 9,5$. Por lo tanto, en este caso también se cumplen ambas ecuaciones.

Como se ha indicado anteriormente, en una realización ventajosa $d > 0$ y/o $z > 0$, especialmente al menos $d > 0$. Especialmente, el fósforo comprende al menos litio.

En otra realización más, $2 \leq a \leq 3$, y especialmente también $d = 0$, $e = 0$ y $z = 0$. En tales casos, el fósforo se caracteriza entre otros por $a + b + c = 4$; $y \ 2a + 3b + 4c = 10 - y - n$.

5 En una realización específica adicional, que puede combinarse con las realizaciones anteriores, $e = 0$. En otra realización específica más, que puede combinarse con las realizaciones anteriores, M es Ca y/o Sr.

10 Por lo tanto, en una realización específica, el fósforo tiene la fórmula $M(\text{Ca y/o Sr})_{1-x-y}\text{Mg}_a\text{Al}_b\text{Si}_c\text{N}_{4-n}\text{O}_n:\text{ES}_x, \text{RE}_y$ (I), con ES = seleccionado del grupo que consiste en Eu (europio) o Sm (samario) o Yb (iterbio) divalentes; RE = seleccionado del grupo que consiste en Ce (cerio), Pr (praseodimio), Nd (neodimio), Sm (samario), Eu (europio), Gd (gadolinio), Tb (terbio), Dy (disprobio), Ho (holmio), Er (erbio) y Tm (tulio) trivalentes, donde $y/x < 0,1$, especialmente $< 0,01$, y $n \leq 0,1$, especialmente $< 0,01$, incluso más especialmente $< 0,001$, incluso aún más especialmente $< 0,0001$. Por lo tanto, en esta realización, se describen fósforos que contienen sustancialmente samario y/o europio. Por ejemplo, cuando está presente Eu divalente, con $x = 0,05$, y por ejemplo y_1 para Pr puede ser 0,001, e y_2 para Tb puede ser 0,001, lo que lleva a $y = y_1 + y_2 = 0,002$. En tal caso, $y/x = 0,04$. Incluso más especialmente, $y = 0$. Sin embargo, como se indica en otro lugar cuando se aplican Eu y Ce, la relación y/x puede ser mayor que 0,1.

15 La condición $0 < x+y \leq 0,4$ indica que M puede sustituirse por un total de hasta un 40 % de ES y/o RE. La condición " $0 < x+y \leq 0,4$ " en combinación con x e y que está entre 0 y 0,2 indica que está presente al menos uno de ES y RE. No necesariamente están presentes ambos tipos. Como se ha indicado anteriormente, tanto ES como RE pueden hacer referencia individualmente a una o más subespecies, tal como ES haciendo referencia a uno o más de Sm y Eu, y RE haciendo referencia a uno o más de Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er y Tm.

20 Especialmente, cuando se aplica europio como especie o dopante luminiscente divalente, la relación molar entre samario y europio (Sm/Eu) es $< 0,1$, especialmente $< 0,01$, especialmente $< 0,001$.

25 Lo mismo se aplica cuando se aplica europio en combinación con iterbio. Cuando se aplica europio como especie o dopante luminiscente divalente, la relación molar entre iterbio y europio (Yb/Eu) es $< 0,1$, especialmente $< 0,01$, especialmente $< 0,001$. Si se aplicaran los tres juntos, entonces podrían aplicarse las mismas relaciones molares, es decir, $((\text{Sm} + \text{Yb})/\text{Eu})$ es $< 0,1$, especialmente $< 0,01$, especialmente $< 0,001$.

30 Especialmente, x está en el intervalo de 0,001-0,2 (es decir, $0,001 \leq x \leq 0,2$), como 0,002-0,2, tal como 0,005-0,1, especialmente 0,005-0,08. Especialmente en el caso del europio divalente en los sistemas descritos en el presente documento, el porcentaje molar puede estar en el intervalo de 0,1-5 % ($0,001 \leq x \leq 0,05$), tal como 0,2 - 5 %, como 0,5 - 2 %. Para otros iones luminiscentes, x puede (pero no necesariamente) en las realizaciones ser igual o mayor que el 1 % (x igual o mayor que 0,01).

35 En una realización específica, el fósforo se selecciona del grupo que consiste en $(\text{Sr,Ca})\text{Mg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$, $(\text{Sr,Ca})\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $(\text{Sr,Ca})\text{LiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}$ y $(\text{Sr,Ca})\text{Li}_d\text{Mg}_a\text{Al}_b\text{N}_4:\text{Eu}$, con a, b, d como se ha definido anteriormente.

40 Como también se indica en el presente documento, la notación "(Sr, Ca)", y notaciones similares con otros elementos, indica que las posiciones M están ocupadas con cationes Sr y/o Ca (u otros elementos, respectivamente).

45 En una realización específica adicional el fósforo se selecciona del grupo que consiste en $\text{Ba}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Mg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{BaMg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_2\text{Al}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{BaMg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$, $\text{CaLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{CaLi}_{0,5}\text{MgAl}_{2,5}\text{N}_4:\text{Eu}$ y $\text{SrLi}_{0,5}\text{MgAl}_{2,5}\text{N}_4:\text{Eu}$.

50 Otros ejemplos (no limitantes) para tales fósforos son, por ejemplo $(\text{Sr}_{0,8}\text{Ca}_{0,2})_{0,995}\text{LiAl}_{2,91}\text{Mg}_{0,09}\text{N}_{3,91}\text{O}_{0,09}:\text{Eu}_{0,005}$; $(\text{Sr}_{0,9}\text{Ca}_{0,1})_{0,905}\text{Na}_{0,09}\text{LiAl}_3\text{N}_{3,91}\text{O}_{0,09}:\text{Eu}_{0,005}$; $(\text{Sr}_{0,8}\text{Ca}_{0,03}\text{Ba}_{0,17})_{0,989}\text{LiAl}_{2,99}\text{Mg}_{0,01}\text{N}_4:\text{Ce}_{0,01}, \text{Eu}_{0,001}$; $\text{Ca}_{0,995}\text{LiAl}_{2,995}\text{Mg}_{0,005}\text{N}_{3,995}\text{O}_{0,005}:\text{Yb}_{0,005}$ (YB (II)); $\text{Na}_{0,995}\text{MgAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}_{0,005}$; $\text{Na}_{0,895}\text{Ca}_{0,1}\text{Mg}_{0,9}\text{Li}_{0,1}\text{Al}_3\text{N}_4:\text{Eu}_{0,005}$; $\text{Sr}_{0,99}\text{LiMgAlSiN}_4:\text{Eu}_{0,01}$; $\text{Ca}_{0,995}\text{LiAl}_{2,955}\text{Mg}_{0,045}\text{N}_{3,96}\text{O}_{0,04}:\text{Ce}_{0,005}$; $(\text{Sr}_{0,9}\text{Ca}_{0,1})_{0,998}\text{Al}_{1,99}\text{Mg}_{2,01}\text{N}_{3,99}\text{O}_{0,01}:\text{Eu}_{0,002}$; $(\text{Sr}_{0,9}\text{Ba}_{0,1})_{0,998}\text{Al}_{1,99}\text{Mg}_{2,01}\text{N}_{3,99}\text{O}_{0,01}:\text{Eu}_{0,002}$.

55 En una realización específica adicional, el fósforo se selecciona del grupo que consiste en $(\text{Sr, Ca})\text{Mg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$ y $(\text{Sr, Ca})\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{N}_4:\text{Eu}$. En otra realización específica más, el fósforo se selecciona del grupo que consiste en $\text{Ba}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Mg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{BaMg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_2\text{Al}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, $\text{SrMg}_2\text{Ga}_2\text{N}_4:\text{Eu}$, y $\text{BaMg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$. Especialmente, estos fósforos, y aún más especialmente $(\text{Sr, Ca})\text{Mg}_3\text{SiN}_4:\text{Eu}$ y $(\text{Sr, Ca})\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{N}_4:\text{Eu}$ puede ser fósforos que tienen buenas propiedades luminiscentes, entre otras en términos de posición y distribución espectral de la luminiscencia.

60 De especial interés son los fósforos en los que el fósforo cumple con $0 \leq x \leq 0,2$, $y/x < 0,1$, M comprende al menos Sr, $z \leq 0,1$, $a \leq 0,4$, $2,5 \leq b \leq 3,5$, B comprende al menos Al, $c \leq 0,4$, $0,5 \leq d \leq 1,5$, D comprende al menos Li, $e \leq 0,4$, $n \leq 0,1$, y en el que ES comprende al menos Eu.

65 Especialmente, $y + z \leq 0,1$. Además, especialmente, $x + y + z \leq 0,2$. Además, especialmente a está cerca de 0 o es cero. Además, especialmente, b es aproximadamente 3. Además, especialmente c está cerca de 0 o es cero.

Además, especialmente, d es de aproximadamente 1. Además, especialmente e está cerca de 0 o es cero. Además, especialmente, n está cerca de 0 o es cero. Además, especialmente, y está cerca de 0 o es cero.

5 Especialmente, buenos sistemas, en términos de eficiencia cuántica y estabilidad hidrolítica son aquellos con $z + d > 0$, es decir, uno o más de Na, K, Rb, Li y Cu (I), están disponibles, especialmente al menos Li, tales como por ejemplo (Sr, Ca)LiAl₃N₄:Eu y (Sr, Ca)Li_dMg_aAl_bN₄:Eu, con a, b, d como se ha definido anteriormente. En una realización específica adicional el fósforo se selecciona del grupo que consiste en CaLiAl₃N₄:Eu, SrLiAl₃N₄:Eu, CaLi_{0,5}MgAl_{2,5}N₄:Eu, y SrLi_{0,5}MgAl_{2,5}N₄:Eu.

10 Otros fósforos de especial interés son (Sr, Ca, Ba)(Li, Cu)(Al, B, Ga)₃N₄:Eu, que comprende como ion M al menos Sr, como ion B al menos Al, y como ion D al menos Li.

Otras realizaciones

15 El elemento conversor de longitud de onda puede ser una capa de polvo, polvo dispensado sobre un material de matriz absorbente, una película, una placa polimérica, una placa de cerámica, etc. El elemento conversor de longitud de onda puede estar en una realización autoportante.

20 El elemento conversor de longitud de onda es especialmente transmisivo, al menos parcialmente, para la luz azul y también transmisivo, al menos parcialmente, para la radiación UV. Esto implica que el material, el espesor y el contenido de los materiales luminiscentes se eligen especialmente, que parte de la luz azul y la radiación UV pasa a través del elemento conversor de longitud de onda y se encuentran corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda. El elemento conversor de longitud de onda está, por lo tanto, especialmente dispuesto en el modo transmisivo.

25 En una realización, el elemento conversor de longitud de onda comprende una matriz en la que se integran el primer material luminiscente y el segundo material luminiscente. Esta matriz puede ser una matriz inorgánica o una matriz orgánica o una matriz híbrida, tal como una matriz de siloxano. Además, el término "matriz" puede hacer referencia a una pluralidad de matrices. Por ejemplo, el primer fósforo puede integrarse en una primera matriz y un segundo fósforo puede integrarse en una segunda matriz, formando las dos matrices el elemento conversor de longitud de onda.

Opcionalmente, un material luminiscente puede ser una matriz para otro material luminiscente.

35 Cuando los materiales luminiscentes se integran en la matriz, los materiales luminiscentes pueden distribuirse de manera especialmente homogénea. Esto también conducirá a la mejor distribución de luz del dispositivo de luz.

40 En otra realización, el elemento conversor de longitud de onda comprende un soporte que comprende uno o más recubrimientos, en el que uno o más de los recubrimientos comprenden uno o más del primer material luminiscente y el segundo material luminiscente. Téngase en cuenta que, opcionalmente, un soporte puede comprender la matriz mencionada anteriormente.

45 Especialmente, el elemento conversor de longitud de onda está configurado a una distancia no nula de la primera fuente de luz de estado sólido y la segunda fuente de luz de estado sólido. De esta manera, por ejemplo, puede crearse una cámara de mezcla. Por lo tanto, en una realización adicional, el elemento conversor de longitud de onda está configurado como una ventana de una cámara de mezcla, estando la primera fuente de luz de estado sólido y la segunda fuente de luz de estado sólido configuradas para proporcionar su luz de fuente de luz de estado sólido en la cámara de mezcla, y estando las fuentes de luz de estado sólido y el elemento conversor de longitud de onda configurados para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda, comprendiendo la luz de dispositivo de iluminación una luz blanca o pudiendo el dispositivo de iluminación controlarse para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación que sea luz blanca. Cuando se aplican más de una primera fuente de luz de estado sólido y más de una segunda fuente de luz de estado sólido, estas fuentes de luz se distribuyen de manera especialmente homogénea (por ejemplo, en una cámara).

55 La frase "comprendiendo el dispositivo de iluminación una luz blanca o pudiendo el dispositivo de iluminación controlarse para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación que sea luz blanca" indica que el dispositivo de iluminación en una realización puede tener una distribución espectral sustancialmente fija de la luz de dispositivo. Sin embargo, el dispositivo de iluminación también puede incluir un controlador, configurado para controlar una o más de las fuentes de luz de estado sólido. De esta manera, también puede controlarse la distribución espectral (y la intensidad) de la luz de dispositivo. En la última realización, el dispositivo de iluminación puede controlarse para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación que sea luz blanca.

65 Una ventaja importante de la presente invención es, junto a la alta eficiencia y reproducción cromática, que al tener los dos materiales luminiscentes que convierten la luz, puede crearse una distribución sustancialmente uniforme de la luz corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda. Por lo tanto, no son necesarias ópticas descendentes, y en especial no se necesita ningún difusor, mientras que en las soluciones del estado de la técnica

dicho difusor puede ser necesario. Por lo tanto, en una realización adicional, el dispositivo de iluminación no comprende un elemento difusor dispuesto corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda.

Además, parece que con la presente solución el contenido de UV con respecto a la radiación total de la fuente de luz LED puede ser menor que en las soluciones del estado de la técnica. En algunas realizaciones, la potencia de las segundas fuentes de luz de estado sólido (azul) puede ser mayor que el 80 % de la potencia total de las fuentes de luz de estado sólido (UV y azul). Por lo tanto, en una realización, la potencia (en vatios) de la segunda fuente de luz de estado sólido es igual a o mayor que el 80 % de la potencia total (en vatios) de la primera fuente de luz de estado sólido y la segunda fuente de luz de estado sólido. En el presente documento, el término "potencia" hace referencia a la potencia en vatios proporcionada en los dominios espectrales indicados cuando la fuente de luz de estado sólido está a la máxima potencia.

Los términos "corriente arriba" y "corriente abajo" se refieren a una disposición de elementos o características con respecto a la propagación de la luz desde un medio generador de luz (en este caso, especialmente, la primera fuente de luz), en la que en relación con una primera posición dentro de un haz de luz procedente del medio generador de luz, una segunda posición en el haz de luz más cerca del medio generador de luz es "corriente arriba", y una tercera posición dentro del haz de luz más lejos del medio generador de luz es "corriente abajo".

El dispositivo de iluminación puede ser parte de o puede aplicarse en, por ejemplo, sistemas de iluminación de oficinas, sistemas de aplicación doméstica, sistemas de iluminación de tiendas, sistemas de iluminación doméstica, sistemas de iluminación acentuada, sistemas de iluminación de focos, sistemas de iluminación de escenarios, sistemas de aplicación de fibra óptica, sistemas de proyección, sistemas de visualización con auto-encendido, sistemas de visualización pixelados, sistemas de visualización segmentados, sistemas de signos de advertencia, sistemas de aplicaciones de iluminación médica, sistemas de signos indicadores, sistemas de iluminación decorativa, sistemas portátiles, aplicaciones de automoción, sistemas de iluminación de invernaderos, iluminación de horticultura, o retroiluminación LCD.

Como se ha indicado anteriormente, la unidad de iluminación puede usarse como unidad de retroiluminación en un dispositivo de visualización LCD. Por lo tanto, la invención también proporciona un dispositivo de visualización LCD que comprende la unidad de iluminación como se define en el presente documento, configurada como unidad de retroiluminación. La invención también proporciona en un aspecto adicional un dispositivo de visualización de cristal líquido que comprende una unidad de retroiluminación, comprendiendo la unidad de retroiluminación uno o más dispositivos de iluminación tal como se define en el presente documento.

La expresión luz blanca en el presente documento, se conoce por los expertos en la materia. Se refiere especialmente a la luz que tiene una temperatura de color correlacionada (CCT) entre aproximadamente 2000 y 20000 K, especialmente 2700-20000 K, para la iluminación general, especialmente en el intervalo de aproximadamente 2700 K y 6500 K, y con fines de retroiluminación especialmente en el intervalo de aproximadamente 7000 K y 20000 K, y especialmente dentro de aproximadamente 15 SDCM (desviación estándar de la coincidencia de color) con respecto al BBL (lugar geométrico de cuerpo negro), especialmente dentro de aproximadamente 10 SDCM con respecto al BBL, incluso más especialmente dentro de aproximadamente 5 SDCM con respecto al BBL.

Las expresiones "luz violeta" o "emisión violeta" se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 380-440 nm. Las expresiones "luz azul" o "emisión azul" se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 440-490 nm (incluyendo algunos tonos violetas y cian). Las expresiones "luz verde" o "emisión verde" se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 490-560 nm. Las expresiones "luz amarilla" o "emisión amarilla" se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 540-570 nm. Las expresiones "luz naranja" o "emisión naranja", se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 570-600 nm. Las expresiones "luz roja" o "emisión roja", se refieren especialmente a la luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 600-750 nm. Las expresiones "luz rosa" o "emisión rosa" hacen referencia a la luz que tiene un componente de color azul y uno de color rojo. Las expresiones "visible", "luz visible" o "emisión visible" hacen referencia a luz que tiene una longitud de onda en el intervalo de aproximadamente 380-750 nm.

El término "sustancialmente" en el presente documento, tal como en "sustancialmente toda la luz" o en "consiste sustancialmente", se entenderá por los expertos en la materia. El término "sustancialmente" también puede incluir realizaciones con "totalmente", "completamente", "todo", etc. Por lo tanto, en las realizaciones, el adjetivo sustancialmente también puede eliminarse. Cuando proceda, el término "sustancialmente" también puede referirse al 90 % o más, tal como el 95 % o más, especialmente el 99 % o más, incluso más especialmente el 99,5 % o más, incluyendo el 100 %. El término "comprender" también incluye realizaciones en las que el término "comprende" significa "consiste en". La expresión "y/o", se refiere especialmente a uno o más de los elementos mencionados antes y después de "y/o". Por ejemplo, la frase "el elemento 1 y/o el elemento 2" y frases similares pueden referirse a uno o más del elemento 1 y el elemento 2. La expresión "que comprende" puede en una realización hacer referencia

a “que consiste en”, pero, en otra realización, también puede hacer referencia a “que contiene al menos las especies definidas y, opcionalmente, una o más especies diferentes”.

5 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Debe entenderse que los términos usados de este modo pueden intercambiarse en las circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en el presente documento son capaces de funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas en el presente documento.

10 Los dispositivos del presente documento son, entre otros, descritos durante el funcionamiento. Como será evidente para los expertos en la materia, la invención no se limita a los métodos de funcionamiento o los dispositivos en funcionamiento.

15 Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la materia serán capaces de diseñar muchas realizaciones alternativas sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia colocado entre paréntesis no se interpretará como limitante de la reivindicación. El uso del verbo “comprender” y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o etapas distintos de los indicados en una reivindicación. El artículo “un” o “una” precediendo a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de dichos elementos. La invención puede implementarse por medio de un hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un ordenador programado adecuadamente. En la reivindicación de dispositivo que enumera varios medios, varios de estos medios pueden realizarse por uno y el mismo elemento de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no pueda usarse con ventaja una combinación de estas medidas.

25 La invención se aplica además a un dispositivo que comprende uno o más de los rasgos característicos descritos en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos. La invención se refiere además a un método o proceso que comprende uno o más de los rasgos característicos descritos en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos.

30 Los diversos aspectos expuestos en la presente patente pueden combinarse con el fin de proporcionar ventajas adicionales. Además, algunas de las características pueden formar la base para una o más solicitudes divisionales.

35 Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán las realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en los que:

40 las figuras 1a-1b representan esquemáticamente algunas realizaciones del dispositivo de iluminación como se describe en el presente documento; y
las figuras 2a-2c muestran la reflexión y la luminiscencia de algunos de los posibles materiales luminiscentes, también en relación con otras soluciones alternativas, respectivamente.

45 Los dibujos esquemáticos no son necesariamente a escala.

Descripción detallada de las realizaciones

50 Las figuras 1a y 1b representan esquemáticamente un dispositivo de iluminación 100 que comprende una primera fuente de luz de estado sólido 10, configurada para proporcionar una radiación UV 11 que tiene una longitud de onda seleccionada en el intervalo de 380-420 nm y una segunda fuente de luz de estado sólido 20, configurada para proporcionar una luz azul 21 que tiene una longitud de onda seleccionada en el intervalo de 440-470 nm. Además, el dispositivo 100 comprende un elemento conversor de longitud de onda 200. El elemento conversor de longitud de onda 200 comprende un primer material luminiscente 210, configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul 21 de la segunda fuente de luz de estado sólido 20, una primera luz de material luminiscente 211 que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda de verde y amarillo, y un segundo material luminiscente 220, configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul 21 de la segunda fuente de luz de estado sólido 20, una segunda luz de material luminiscente 221 que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda de naranja y rojo.

60 Como se ha indicado anteriormente, la primera excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV 11 es menor que para la luz azul 21, y la segunda excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV 11 es menor que para la luz azul 21 (véanse también los ejemplos siguientes).

65 En ambas realizaciones representadas esquemáticamente el elemento conversor de longitud de onda 200 está configurado a una distancia no nula (d) de la primera fuente de luz de estado sólido 10 y la segunda fuente de luz de

estado sólido 20. La distancia d puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,1-100 mm, tal como especialmente 1-50 mm, como 5-50 mm.

5 En ambas realizaciones, a modo de ejemplo, el elemento conversor de longitud de onda 200 está configurado como una ventana 210 de una cámara de mezcla 120.

10 En otra realización, no representada, las fuentes de luz de estado sólido están completamente integradas dentro de un material de matriz, que contiene los materiales conversores de longitud de onda. Los materiales conversores de longitud de onda pueden distribuirse homogéneamente dentro de la matriz o formar una capa homogénea, ya que pueden generarse por la sedimentación de un polvo en la matriz.

15 El dispositivo de iluminación proporciona una luz 201 corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda 200. En las realizaciones, la luz de dispositivo de iluminación 201 es luz blanca. Opcionalmente, puede configurarse un controlador 50 para controlar la luz de dispositivo de iluminación. Por lo tanto, puede controlarse el dispositivo de iluminación 100 para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación 201 que sea luz blanca o luz coloreada. De esta manera, también puede controlarse la temperatura de color. Especialmente, la capacidad de controlar la luz de dispositivo 201 puede mejorarse añadiendo una o más fuentes de luz diferentes, especialmente configuradas para emitir en otros intervalos de longitud de onda que la primera fuente de luz de estado sólido 210 y la segunda fuente de luz de estado sólido 220. Especialmente, tal fuente de luz adicional, especialmente una fuente de luz de estado sólido adicional, está configurada para proporcionar una luz de fuente de luz (de estado sólido) en longitudes de onda donde al menos uno de los materiales luminiscentes 210, 220 no se absorbe (sustancialmente). Por lo tanto, la longitud de onda dominante de la luz de fuente de luz de dicha fuente de luz adicional se diferencia especialmente de las longitudes de onda dominantes de la primera fuente de luz y la segunda fuente de luz, respectivamente, y puede incluso diferir especialmente de las longitudes de onda dominantes de la primera emisión de material luminiscente y la segunda emisión de material luminiscente, respectivamente.

20 En la figura 1a, el elemento conversor de longitud de onda 200 comprende una matriz 230 donde están integrados el primer material luminiscente 210 y el segundo material luminiscente (220). Puede ser un material luminiscente de partículas, integrado en, por ejemplo, un polímero, tal como un polímero seleccionado del grupo PE (polietileno), PP (polipropileno), PEN (naftalato de polietileno), PC (policarbonato), polimetilacrilato (PMA), polimetilmetacrilato (PMMA) (Plexiglas o Perspex), butirato de acetato de celulosa (CAB), cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), (PETG) (glicol de tereftalato de polietileno modificado), PDMS (polidimetilsiloxano), y COC (copolímero de olefina cíclica). Sin embargo, en otra realización, la matriz puede comprender un material inorgánico. Los materiales inorgánicos preferidos se seleccionan del grupo que consiste en vidrio, cuarzo (fusionado), materiales cerámicos transmisivos, y siliconas. También pueden aplicarse materiales híbridos que comprenden partes tanto inorgánicas como orgánicas. Especialmente preferidos como material para la matriz son el PMMA, el PC transparente, la silicona o el vidrio. La silicona puede ser de especial interés, pero también el PDMS y el polisilsesquioxano. De esta manera, el elemento conversor también puede usarse como guía de ondas.

30 En la figura 1b, el elemento conversor de longitud de onda 200 comprende un soporte 240 que comprende uno o más recubrimientos 241, en el que uno o más de los recubrimientos comprenden uno o más del primer material luminiscente 210 y el segundo material luminiscente 220. Téngase en cuenta que el soporte 240 puede ser opcionalmente la matriz de la realización anterior. En el presente documento, a modo de ejemplo, los recubrimientos 241 se proporcionan en el lado descendente del soporte 240. Sin embargo, como alternativa o adicionalmente, pueden proporcionarse uno o más recubrimientos en el lado ascendente del soporte 240. Además, a modo de ejemplo, el primer recubrimiento 241a comprende el primer material luminiscente 210 y un segundo recubrimiento 241b comprende el segundo material luminiscente 220.

35 Para realizar el sistema de LED reivindicado, necesitan seleccionarse sistemas de fósforo que muestren la absorción de luz más fuerte en el intervalo espectral azul y solo una baja absorción en el intervalo espectral violeta. Unos fósforos emisores del verde al amarillo bien conocidos y ampliamente aplicados son los materiales de granate dopados con Ce(III) tales como $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (LuAg) o $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (YAG). Sistemas de materiales alternativos que están disponibles en el mercado por Mitsubishi Chemical Company son, por ejemplo oxioaniones de escandio dopados con Ce(III) tales como $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}$ (verde) o nitridos dopados con Ce(III) tales como $\text{La}_3\text{Si}_6\text{N}_{11}:\text{Ce}$ (amarillo). Para el intervalo espectral rojo, fósforos dopados con Eu(II) que combinan un sitio dopante de alta simetría (coordinación octaédrica o cúbica) con un campo ligando fuerte. Ejemplos del mismo son los sulfuros alcalinotérreos tales como $\text{SrS}:\text{Eu}$ o $\text{Ca}(\text{Se}, \text{S}):\text{Eu}$ o nitridos de composición $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}$ o $\text{SrAl}_2\text{Mg}_2\text{N}_4:\text{Eu}$. Otras opciones para fósforos rojos son materiales de fluoruro dopados con Mn(IV) tales como $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$ que muestran bandas de absorción estrechas en el intervalo espectral azul debido a la promoción de un electrón 3d del estado 4A_2 octaédrico en el estado 4T_2 .

40 Especialmente, el sistema de LED comprende una combinación de $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (LuAg) o $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ (YAG) para fósforos emisores de verde y amarillo y $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu}$ como fósforos rojos. La combinación de estos fósforos es especialmente eficiente a altas temperaturas de funcionamiento que normalmente se alcanzan en módulos LED usados, por ejemplo, para la iluminación de focos debido a las altas densidades de flujo requeridas. La figura 2a muestra los espectros de reflectancia de lecho de polvo grueso de los materiales preferidos de la invención. Los

materiales muestran una absorción significativamente más fuerte en el intervalo espectral azul que en el intervalo espectral violeta, mientras que, por ejemplo, un material de fósforo rojo, tal como $\text{CaSiAlN}_3:\text{Eu}$ muestra una fuerte absorción en el intervalo espectral violeta (no mostrado). Con el fin de alcanzar las ganancias de eficiencia de conversión deseadas, los sistemas de fósforo adecuados para la presente invención deberían tener relaciones de absorción ($\text{ABS} = 1 - \text{REF}$) para una excitación de 460 nm y 410 nm de al menos $\text{ABS}_{460}/\text{ABS}_{410} > 1,6$ para fósforos emisores de verde a amarillo y $\text{ABS}_{460}/\text{ABS}_{410} > 1,17$ para fósforos emisores de rojo para espectros de reflectancia de muestras de polvo espeso ópticamente infinitas medidas en el aire a temperatura ambiente.

Ejemplos:

La figura 2a muestra los espectros de reflectancia de capas de polvo espeso de $\text{Ca} (0,7 \text{ Se}, 0,3 \text{ S}):\text{Eu} (1)$; $(0,25 \text{ Ca}, 0,75 \text{ Sr})\text{S}:\text{Eu} (2)$; $\text{CaS}:\text{Eu} (3)$; $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn} (4)$; $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu} (5)$; $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (6)$; y $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (7)$ (reflexión en el eje y como una función de la longitud de onda (nm) en el eje x).

Se ha fabricado una fuente de luz que comprende 30 chips de LED de color azul que emiten a 455 nm y 6 chips de LED de color violeta que emiten a 415 nm y un fósforo en una capa de silicona que comprende $\text{LuAG} (\text{GAL}515)$, $\text{YAG} (\text{NYAG}4653)$ y $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu} (0,3 \%)$. La mezcla de fósforo del módulo de LED se ha ajustado para maximizar la reproducción cromática en el intervalo espectral rojo ($\text{R}_9 = 97$, $\text{CRI} (8) = 90$) y para aumentar la emisión de separación de colores de la parte amarilla y roja (caída de emisión a $\sim 600 \text{ nm}$) para mejorar la reproducción cromática saturada de manera similar a las soluciones de la técnica anterior. Cambiando la relación de, por ejemplo, fósforos LuAG y YAG el espectro puede ajustarse para, por ejemplo, optimizar la eficacia luminosa máxima o la reproducción cromática general. La tabla 1 resume los datos de rendimiento de un ejemplo del sistema de iluminación reivindicado. Debido a que la selección de fósforo solo muestra una absorción débil en el intervalo espectral violeta, podría reducirse el número de chips de LED de color violeta y mejorarse aún más la eficacia luminosa en comparación con los sistemas de iluminación de la técnica anterior con una reproducción de blancos mejorada.

La figura 2b muestra los espectros de emisión del sistema LED de la invención (curva B) y la comparación con dos soluciones disponibles alternativas (A y C) (intensidad en el eje y en unidades arbitrarias como una función de la longitud de onda (nm) en el eje x). Todas las temperaturas de color correlacionadas a 3000 K. El sistema LED de la invención muestra al menos cuatro máximos.

Tabla 1: datos de rendimiento del sistema de iluminación LED de la invención

Sistema LED	Intensidad relación azul/violeta	u'	v'	LE [lm/W]	CE [lm/W opt.]	CRI(8)	R9
B	85 %	0,247	0,516	272	184	90	97
A	60 %	0,256	0,518	262	169	97	90
C	0 %	0,247	0,518	251	156	97	97
D	88 %	0,258	0,525	316	210	93	86
E	79 %	0,247	0,519	315	208	94	56

Ejemplo D: $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}$, $\text{YAG}:\text{Ce}$, $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$

Ejemplo E: $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}$, $\text{Ca}(\text{Se}, \text{S}):\text{Eu}$

Como puede concluirse a partir de la tabla, la eficiencia es muy alta, mientras que también tiene un buen índice de reproducción cromática CRI y una buena reproducción cromática R9.

La figura 2c muestra los espectros de emisión (intensidad en el eje y en unidades arbitrarias como una función de la longitud de onda (nm) en el eje x) de ejemplos de materiales adecuados: $\text{CaS}:\text{Eu} (1)$; $\text{Ca}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}:\text{Eu} (2)$; $\text{Ca}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}:\text{Eu} (3)$; $\text{Ca}_{0,25}\text{Sr}_{0,75}\text{S}:\text{Eu} (4)$; $\text{SrS}:\text{Eu} (5)$; $\text{Ca} (\text{S}, \text{Se}):\text{Eu} (6)$; $\text{CaS}:\text{Ce} (7)$; $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn} (8)$; $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4:\text{Eu} (9)$; $\text{YAG}:\text{Ce} (10)$; $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (\text{LuAG}) (11)$; $\text{Y}_3 (\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (12)$; $\text{Lu}_3 (\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (13)$; $(\text{Lu}, \text{Y})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce} (14)$.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iluminación (100) que comprende:

- 5 - una primera fuente de luz de estado sólido (10), configurada para proporcionar una radiación UV (11) que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de 380-420 nm;
- una segunda fuente de luz de estado sólido (20), configurada para proporcionar una luz azul (21) que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de 440-470 nm;
- 10 - un elemento conversor de longitud de onda (200), comprendiendo el elemento conversor de longitud de onda (200):
- un primer material luminiscente (210), configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul (21) de la segunda fuente de luz de estado sólido (20), una primera luz de material luminiscente (211) que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda de verde y amarillo, y en el que la primera excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV (11) es menor que para la luz azul (21); y
- 15 - un segundo material luminiscente (220), configurado para proporcionar, tras la excitación con la luz azul (21) de la segunda fuente de luz de estado sólido (20), una segunda luz de material luminiscente (221) que tiene una longitud de onda seleccionada del intervalo de longitud de onda de naranja y rojo, y en el que la segunda excitabilidad de material luminiscente para la radiación UV (11) es menor que para la luz azul (21);

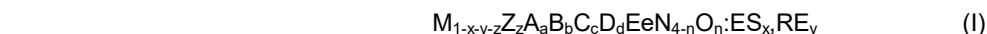
20 en el que el dispositivo de iluminación (100) está configurado para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación (201) que comprende dicha radiación UV (11), dicha luz azul (21), dicha primera luz de material luminiscente (211) y dicha segunda luz de material luminiscente (221).

25 2. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer material luminiscente (210) se selecciona del grupo que consiste en la clase A3B5O12:Ce3+, la clase MA2O4:Ce3+, la clase MS:Ce3+, y la clase A3Z6N11:Ce3+, en el que A se selecciona del grupo de lantánidos, escandio, itrio y lantano, en el que B se selecciona del grupo de aluminio y galio, en el que M se selecciona del grupo de los elementos alcalinotérreos, y en el que Z se selecciona del grupo de silicio y germanio.

30 3. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo material luminiscente (220) se selecciona del grupo de la clase MD:Eu, la clase MGB3N4:Eu, la clase M'B2M''2N4:Eu, la clase MM''3ZN4:Eu y la clase G2ZF6:Mn, en el que M se selecciona del grupo de los elementos alcalinotérreos, en el que M' se selecciona del grupo de Sr, Ba y Ca, en el que M'' se selecciona del grupo de Be, Mg, Mn, Zn y Cd, en el que D se selecciona del grupo de S y Se, en el que Z se selecciona del grupo de Si, Ge, Ti, Zr, Hf, Sn y en el que G se selecciona del grupo de los elementos alcalinos.

40 4. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer material luminiscente (210) comprende A3B5O12:Ce³⁺, en el que A se selecciona del grupo que consiste en Sc, Y, Tb, Gd, y Lu, y en el que B se selecciona del grupo que consiste en Al y Ga.

5. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo material luminiscente (220) comprende:



con

- M = seleccionado del grupo que consiste en Ca, Sr, y Ba
- Z = seleccionado del grupo que consiste en Na, K, y Rb monovalentes
- 50 A = seleccionado del grupo que consiste en Mg, Mn, Zn, y Cd divalentes
- B = seleccionado del grupo que consiste en B, Al y Ga trivalentes
- C = seleccionado del grupo que consiste en Si, Ge, Ti, y Hf tetravalentes
- D = seleccionado del grupo que consiste en Li, y Cu monovalentes
- E = seleccionado para el grupo que consiste en P, V, Nb, y Ta
- 55 ES = seleccionado del grupo que consiste en Eu, Sm y Yb divalentes
- RE = seleccionado del grupo que consiste en Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, y Tm trivalentes

$$0 \leq x \leq 0,2; 0 \leq y \leq 0,2; 0 < x + y \leq 0,4;$$

60
$$0 \leq z < 1;$$

$$0 \leq n \leq 0,5;$$

$$0 \leq a \leq 4; 0 \leq b \leq 4; 0 \leq c \leq 4; 0 \leq d \leq 4; 0 \leq e \leq 4;$$

$$a + b + c + d + e = 4;$$

y

$$2a + 3b + 4c + d + 5e = 10 - y - n + z.$$

6. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer material luminiscente (210) se selecciona del grupo que consiste en $(Y, Gd, Lu)_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce^{3+}$, $CaSc_2O_4:Ce^{3+}$, $CaS:Ce^{3+}$ y $La_3Si_6N_{11}:Ce^{3+}$, y en el que el segundo material luminiscente (220) se selecciona del grupo de $(Sr, Ba, Ca)(Se, S):Eu$, $SrLiAl_3N_4:Eu$, $CaBe_3SiN_4:Eu$, $SrAl_2Mg_2N_4:Eu$, y $K_2SiF_6:Mn$.
7. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento conversor de longitud de onda (200) está configurado a una distancia no nula (d) de la primera fuente de luz de estado sólido (10) y la segunda fuente de luz de estado sólido (20).
8. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento conversor de longitud de onda (200) está configurado como una ventana (210) de una cámara de mezcla (120), en el que la primera fuente de luz de estado sólido (10) y la segunda fuente de luz de estado sólido (20) están configuradas para proporcionar su luz de fuente de luz de estado sólido (11, 21) en la cámara de mezcla (120), y en el que las fuentes de luz de estado sólido (10, 20) y el elemento conversor de longitud de onda (200) están configurados para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación (201) corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda (200), en el que la luz de dispositivo de iluminación (201) comprende una luz blanca o en el que el dispositivo de iluminación (100) puede controlarse para proporcionar una luz de dispositivo de iluminación (201) que sea luz blanca.
9. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento conversor de longitud de onda (200) comprende una matriz (230) donde se integran el primer material luminiscente (210) y el segundo material luminiscente (220).
10. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento conversor de longitud de onda (200) comprende un soporte (240) que comprende uno o más recubrimientos (241), en el que uno o más de los recubrimientos comprenden uno o más del primer material luminiscente (210) y el segundo material luminiscente (220).
11. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de iluminación (100) no comprende un elemento difusor dispuesto corriente abajo del elemento conversor de longitud de onda (200).
12. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la potencia (en vatios) de la segunda fuente de luz de estado sólido (210) es igual o superior al 80 % de la potencia total (en vatios) de la primera fuente de luz de estado sólido (210) y la segunda fuente de luz de estado sólido (220), en el que el número de segundas fuentes de luz de estado sólido (220) es mayor que 4 veces el número de primeras fuentes de luz de estado sólido (210).
13. El dispositivo de iluminación (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación de absorción ABS_{460}/ABS_{410} es de al menos 1,5 para el primer material luminiscente (210) y en el que la relación de absorción ABS_{460}/ABS_{410} es de al menos 1,1 para el segundo material luminiscente (220).

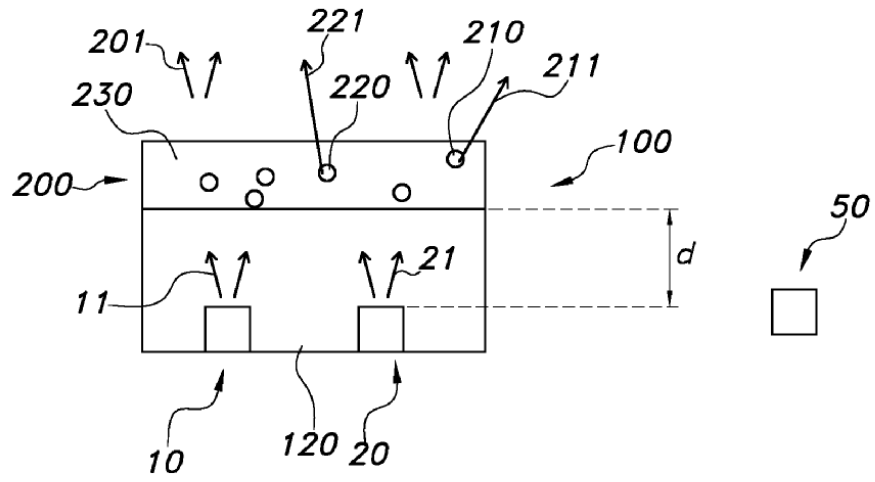


FIG. 1a

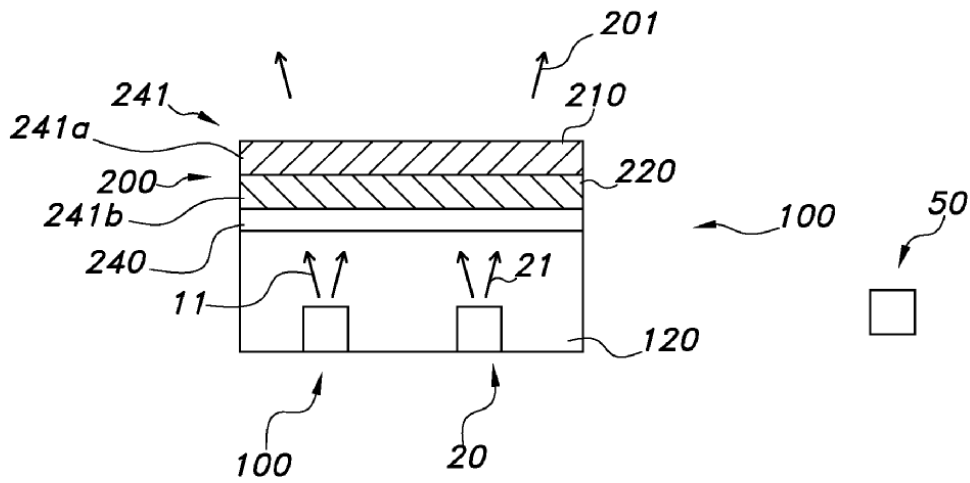


FIG. 1b

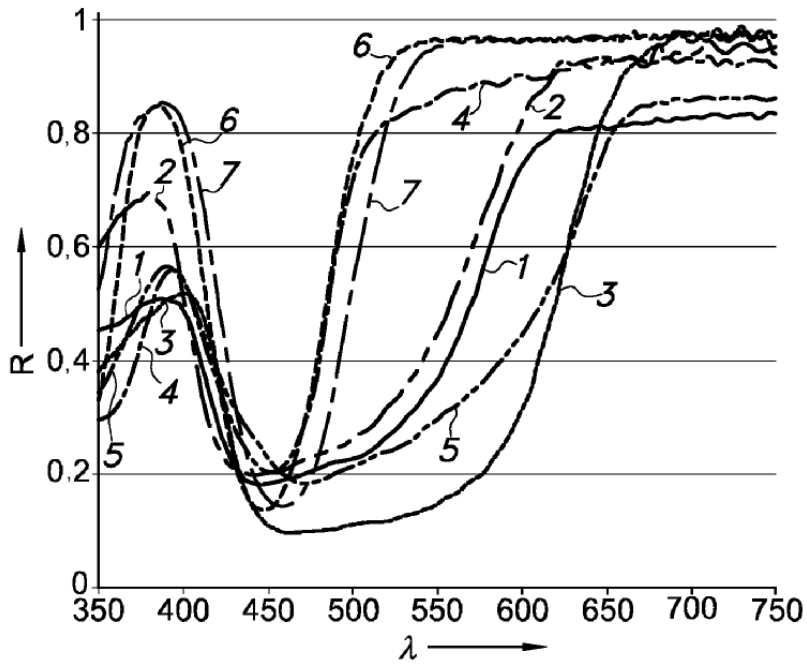


FIG. 2a

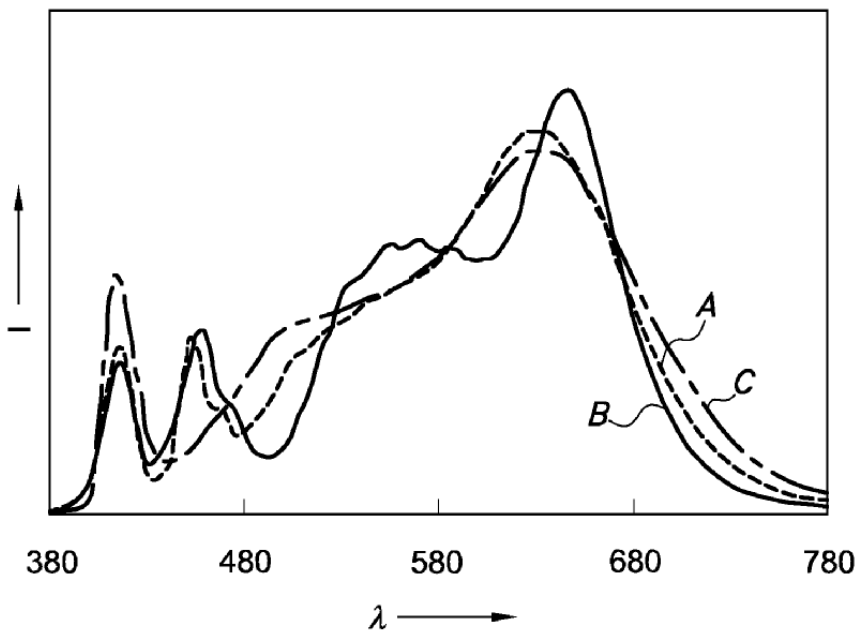


FIG. 2b

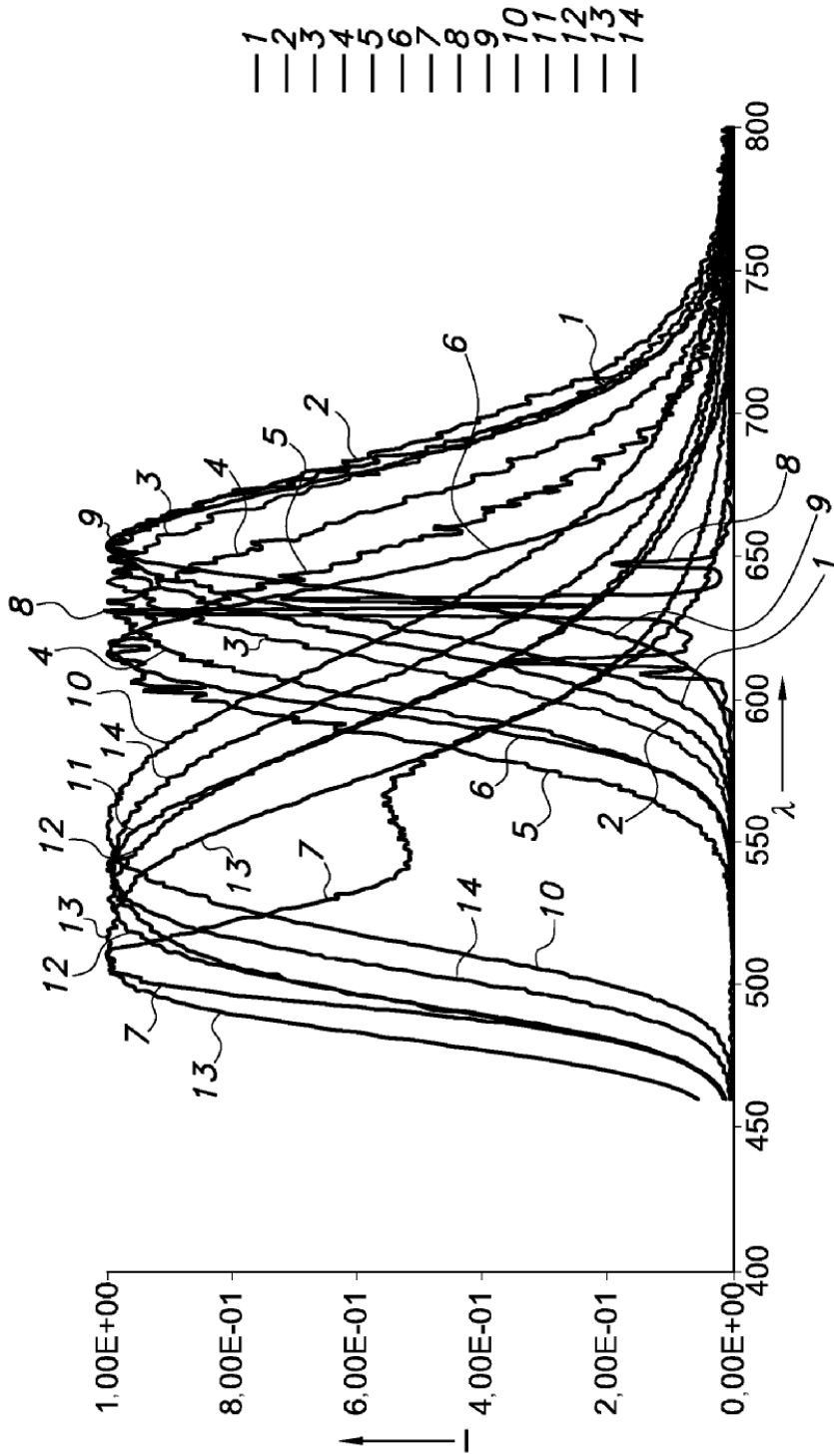


FIG. 2c