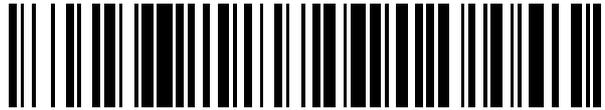


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 131**

51 Int. Cl.:

**H01L 33/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2001** **E 11155555 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013** **EP 2357678**

54 Título: **Fuente de luz para generar luz blanca**

30 Prioridad:

**28.12.2000 AT 21542000**

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

**09.01.2014**

73 Titular/es:

**LEUCHTSTOFFWERK BREITUNGEN GMBH  
(25.0%)**

**Lange Sömme 17**

**98597 Breitung, DE;**

**LITEC GBR (25.0%);**

**TRIDONIC JENNERSDORF GMBH (25.0%) y**

**TOYODA GOSEI CO., LTD. (25.0%)**

72 Inventor/es:

**TASCH, STEFAN;**

**PACHLER, PETER;**

**ROTH, GUNDULA;**

**TEWS, WALTER;**

**KEMPFERT, WOLFGANG y**

**STARICK, DETLEF**

74 Agente/Representante:

**LÓPEZ MARCHENA, Juan Luis**

ES 2 437 131 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

Fuente de luz para generar luz blanca

## 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una fuente de luz con un elemento emisor de luz que emite en un primer intervalo espectral, preferentemente en el intervalo del azul y/o ultravioleta del espectro óptico y con un luminóforo del grupo de los ortosilicatos alcalinotérreos o que al menos contiene una fracción de este grupo de sustancias luminiscentes y que absorbe una parte de la radiación emitida por el elemento emisor de luz emitiendo a su vez radiación en otro intervalo espectral, preferentemente en el intervalo del amarillo-verde, amarillo o del naranja. El luminóforo elegido se puede utilizar también mezclado con otros luminóforos de este grupo y/o con otras sustancias luminiscentes que no pertenecen a este grupo.

15 El elemento emisor de luz es preferentemente un diodo LED inorgánico aunque también puede ser un diodo LED orgánico, un diodo láser, una lámina electroluminiscente de capa gruesa inorgánica o un componente electroluminiscente de capa fina inorgánico.

## 20 ESTADO DE LA TÉCNICA

Los diodos LED inorgánicos se distinguen entre otras cosas por una larga vida útil, por ocupar poco espacio, por su insensibilidad a las vibraciones y por una emisión espectral de banda estrecha.

Muchos colores de emisiones, especialmente los que son de ancha banda espectral, no se pueden conseguir eficientemente mediante la emisión intrínseca de un material semiconductor de un diodo LED o ni tan siquiera conseguirse. Sobre todo esto se aplica a la generación de luz blanca.

De acuerdo con el estado de la técnica los colores de emisión que no se pueden conseguir intrínsecamente con el semiconductor se generan mediante conversión de color.

30 En lo fundamental la tecnología de conversión del color se basa en el principio de disponer al menos un luminóforo sobre el diodo LED. Éste absorbe una parte de la radiación emitida excitándose y produciéndose fotoluminiscencia. El color de la radiación emitida o de la luz de la fuente resulta entonces de la mezcla de la radiación transmitida y de la radiación emitida por la sustancia luminiscente.

35 Como luminóforo se pueden utilizar en principio tanto sistemas orgánicos como inorgánicos. La ventaja fundamental de los pigmentos inorgánicos está en la mayor estabilidad química relativa a la temperatura y la radiación en comparación con los sistemas orgánicos. En conjunción con la larga vida útil de los diodos LED inorgánicos los luminóforos inorgánicos de larga duración garantizan una gran estabilidad cromática de la fuente de luz formada por dichos componentes.

45 Si se va a convertir la radiación azul desprendida por el diodo emisor LED en luz blanca hacen falta sustancias luminiscentes que absorban con eficacia la luz azul (450-490 nm) y que la transformen con alta eficiencia en radiación de luminiscencia amarilla mayormente. Sin embargo, sólo existe un reducido número de luminóforos inorgánicos que cumplan estos requisitos. Por el momento, como pigmentos de conversión de color para diodos LED azules se utilizan sobre todo materiales de la clase de sustancias luminiscentes YAG (documentos WO 98/05078; WO 98/12757). Éstos presentan, sin embargo, el inconveniente de que sólo tienen una eficiencia suficientemente alta para un máximo de emisión menor que 560 nm. Por este motivo con los pigmentos YAG y los diodos azules (450-490 nm) se puede conseguir luz blanca fría de temperaturas cromáticas entre 6000 K y 8000 K y con una calidad de color comparativamente baja (los valores típicos del índice de calidad de color están entre 70 y 75). De ello resultan posibilidades de aplicación muy limitadas. Por un lado al utilizar fuentes de luz blanca en iluminación general normalmente se imponen mayores exigencias a la calidad del color del medio luminoso y por otro lado los consumidores prefieren, sobre todo en Europa y en Norteamérica, colores más cálidos con temperaturas entre 2700 K y 5000 K.

55 Por el documento WO/0033389 se conoce además la utilización, entre otros, del compuesto  $Ba_2SiO_4:Eu^{2+}$  como luminóforo para convertir la luz de los diodos LED azules. El máximo de la emisión de la sustancia luminiscente, sin embargo, está en 505 nm de modo que no se puede generar con garantías luz blanca con esta combinación.

60 En el trabajo de S.H.M. Poort y col. "Optical properties of  $Eu^{2+}$ -activated orthosilicates and orthophosphates" de la revista "Journal of Alloys and Compounds" nº 260 (1997) págs. 93-97 se estudian las propiedades del compuesto  $Ba_2SiO_4$ : activado con Eu así como los fosfatos  $KBaPO_4$  y  $KSrPO_4$ . En este caso también se determina que la emisión se produce a 505 nm.

El documento WO 00/19546 escribe un sistema de iluminación que presenta al menos dos fuentes de luz LED para proporcionar luz visible de longitudes de onda predefinidas y un sustancia luminiscente que emite radiación verde como medio de conversión para la transformación de al menos una parte de la luz visible que emite uno de los dos diodos LED en luz visible de otra longitud de onda, para optimizar la calidad del color del sistema de iluminación.

El documento WO01/89001 muestra un sistema de sustancias luminiscentes que presenta una fuente de luz LED y al menos tres sustancias luminiscentes diferentes: una primera sustancia luminiscente que emite luz naranja, una segunda sustancia luminiscente que emite luz azul-verde y una tercera sustancia luminiscente que emite luz azul. Mediante la mezcla de la radiación emitida de las tres sustancias luminiscentes diferentes un observador percibe luz blanca.

El documento WO 00/33390 divulga una fuente de luz que presenta un diodo LED emisor de luz azul y dos sustancias luminiscentes diferentes emitiendo una primera sustancia luminiscente luz verde con una longitud de onda de entre 510 nm y 560 nm y una segunda sustancia luminiscente luz roja con una longitud de onda de entre 600 nm y 630 nm.

En el trabajo de Thomas L. Barry "Fluorescence of Eu<sup>2+</sup>-activated phase in binary alkaline earth orthosilicate systems" de la revista Journal of the Electromechanical Society, en Manchester, New Hampshire, Bf. 115 N° 11, de 1 de noviembre de 1968, págs. 1181-1184, XP002631112 se estudia la emisión de un sistema de sustancias luminiscentes de (Ba, Sr)SiO<sub>4</sub> y (Ca, Sr) SiO<sub>4</sub> con una excitación mediante luz ultravioleta,

#### EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención es modificar una fuente de luz del tipo mencionado en la introducción de modo que con ella simultáneamente a un gran rendimiento luminoso y a una gran calidad del color se puedan generar colores de luz blanca con temperaturas cromáticas más cálidas, en particular, composiciones cromáticas que queden en el interior de las elipses de tolerancias definidas para la iluminación general por la CIE.

Este objetivo se consigue con el objeto de la reivindicación independiente 1. Las formas de realización ventajosas de la fuente de luz de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes y tienen su base en la siguiente descripción.

De acuerdo con la invención se proporciona una fuente de luz para generar luz blanca que comprende un diodo emisor de luz (LED) para la emisión de radiación azul y al menos un luminóforo que absorbe una parte de la radiación azul y que también emite radiación en otro intervalo espectral caracterizado por que:

- es un silicato alcalinotérreo activado con europio bivalente de una de las siguientes composiciones o una mezcla de estas composiciones:

a)  $(2-x-y)\text{SrO} \cdot x (\text{Ba}_u\text{Ca}_v)\text{O} \cdot (1-a-b-c-d)\text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c\text{B}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 \cdot y\text{Eu}^{2+}$

siendo:  $0 \leq x < 1,6$ ;  $0,005 < y < 0,5$   $x+y \leq 1,6$ ;  $0 \leq a, b, c, d < 0,5$   $u+v=1$

b)  $(2-x-y)\text{BaO} \cdot x (\text{Sr}_u\text{Ca}_v)\text{O} \cdot (1-a-b-c-d)\text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c\text{B}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 \cdot y\text{Eu}^{2+}$

siendo:  $0,01 < x < 1,6$ ;  $0,005 < y < 0,5$ ;  $0 \leq a, b, c, d < 0,5$   $u+v=1$ ;  $x \cdot u \geq 0,4$

- emite radiación en el intervalo espectral del amarillo-verde amarillo o naranja

- generándose la luz blanca por la mezcla de la luz transmitida del diodo LED y la luz de luminiscencia emitida por el luminóforo

En una forma de realización preferida al menos uno de los valores a, b, c y d es mayor que 0,01 y en ambas fórmulas una parte del silicio puede venir sustituido por galio.

Sorprendentemente se ha comprobado que la luz blanca se puede conseguir con una buena calidad de color y gran rendimiento luminoso mediante combinación de un diodo LED azul con un luminóforo elegido del grupo de los ortosilicatos alcalinotérreos activados con europio de acuerdo con la invención de la composición mencionada anteriormente. Al contrario que los luminóforos que se basan puramente en ortosilicatos de bario y que radian luz azulada-verde se puede generar concretamente mediante los cristales mixtos de ortosilicato de bario-estroncio luz de luminiscencia desde el amarillo al amarillo-naranja y añadiendo calcio en la red de ortosilicato incluso una luz de luminiscencia de color completamente naranja de modo que entonces mediante la mezcla de la luz transmitida del diodo LED azul y de la luz de luminiscencia emitida por el luminóforo elegido se puede generar luz blanca de gran calidad de color y gran eficiencia. El desplazamiento del color de la emisión debido a la sustitución de bario por estroncio en el ortosilicato sólo se conocía hasta la fecha para la excitación con radiación ultravioleta dura (excitación de 254 nm) del trabajo de Poort y col. mencionado anteriormente; el hecho de que este efecto se intensifique de forma sorprendente cuando se irradia con luz azul en el intervalo de 440 nm a 475 nm por contra aún no se había descrito. Los cristales mixtos de ortosilicato de bario-estroncio-calcio y su gran capacidad de emisión al excitarlos con radiación ultravioleta de gran longitud de onda o luz azul no se conocían en absoluto hasta la fecha.

El luminóforo elegido se puede utilizar mezclado con otros luminóforos de este grupo y/o con otras sustancias luminiscentes que no pertenezcan a este grupo. Entre estas últimas sustancias luminosas están, por ejemplo, aluminatos alcalinotérreos que emiten radiación azul activados con europio bivalente y/o manganeso así como los luminóforos que emiten radiación roja de los grupos  $Y(V, P, Si)O_4:Eu, Bi$   $Y_2O_2S:Eu, Bi$  o disilicatos de magnesio y alcalinotérreos activados con manganeso y europio:  $Eu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  de fórmula:

$Me_{(3-x-y)}MgSi_2O_8:xEu,yMn$  siendo:

$0,005 < x < 0,5$

$0,005 < y < 0,5$

y  $Me=Ba$  y/o  $Sr$  y/o  $Ca$

Como se mostrará en los ejemplos de realización citados a continuación la fracción de estroncio en los luminóforos de cristales mixtos de acuerdo con la invención no deberá ser demasiado pequeña para poder generar luz blanca.

De forma sorprendente se ha comprobado además que la inclusión adicional de  $P_2O_5$ ,  $Al_2O_3$  y/o  $B_2O_3$  en la retícula de ortosilicato así como la sustitución de una parte del silicio por germanio también tiene un efecto considerable en el espectro de emisión del luminóforo respectivo de modo que se puede variar más para la aplicación concreta de forma ventajosa. Los iones más pequeños que el silicio (IV) producen, por lo general, un desplazamiento del máximo de emisión al intervalo de longitudes de onda mayores mientras que los iones más grandes desplazan el centroide espectral de la emisión a longitudes de onda más cortas. Además se ha podido demostrar que puede ser ventajoso para la cristalinidad, la capacidad de emisión y, en particular, para la estabilidad del luminóforo de acuerdo con la invención que se incluyan adicionalmente pequeñas cantidades de iones monovalentes como, por ejemplo, los halogenuros y/o iones de metales alcalinos, en la retícula del luminóforo.

De acuerdo con otra configuración ventajosa de la invención la fuente de luz presenta al menos dos luminóforos diferentes siendo al menos uno de ellos un ortosilicato alcalinotérreo. De esta forma para la aplicación respectiva se pueden ajustar de forma particularmente precisa el tono de blanco exigido y se pueden conseguir en particular unos valores  $R_a$  mayores que 80. Otra variante ventajosa de la invención consiste en la combinación de un diodo LED que emita en el intervalo ultravioleta del espectro, por ejemplo, en el intervalo entre 370 nm y 390 nm con al menos tres sustancias luminiscentes de las cuales al menos una es ortosilicato alcalinotérreo de acuerdo con la invención.

Como sustancias luminiscentes adicionales se pueden utilizar en las mezclas luminiscentes correspondientes aluminatos alcalinotérreos que emitan luz azul activados con europio y/o manganeso y/o luminóforos que emitan luz roja del grupo  $y(V, P, Si)O_4:Eu, Bi$   $Y_2O_2S:Eu, Bi$  o del grupo de los disilicatos de magnesio alcalinotérreos activados con europio y manganeso.

Para la realización mecánica de la fuente de luz de acuerdo con la invención hay varias posibilidades. De acuerdo con una forma de realización está previsto que estén dispuestos uno o varios chips de diodos LED en una placa de circuito impreso dentro de un reflector y que el luminóforo esté dispersado en una plancha óptica colocada sobre el reflector.

También resulta posible que uno o varios de los chips de diodos LED estén dispuestos en una placa de circuito impreso dentro del reflector y que el luminóforo esté aplicado sobre el reflector.

Preferentemente los chips de diodos LED están encapsulados por una masa de impregnación transparente en forma de cúpula. La masa de impregnación que constituye por una parte una protección mecánica y por otra parte mejora también las propiedades ópticas (mejor salida de la luz de la pastilla de diodos LED).

El luminóforo también puede estar dispersado en la masa de impregnación que une el conjunto de chips LED colocado en una placa de circuito impreso y una lente polimérica con las mínimas inclusiones gaseosas posibles presentando la lente polimérica y la masa de impregnación índices de refracción que se diferencian como máximo en 0,1. Esta masa de impregnación puede encapsular directamente la pastilla de diodos aunque también es posible que queden encapsulados en una masa de impregnación transparente (entonces habrá por tanto una masa de impregnación transparente y una masa de impregnación con el luminóforo). Debido a los índices de refracción parecidos en las superficies límites prácticamente no hay pérdidas por reflexión.

Preferentemente la lente polimérica tiene un rebaje en forma de elipsoide o de esfera que está relleno con la masa de impregnación de modo que la hilera de diodos queda fijada a poca distancia de la lente polimérica. De esta forma se puede reducir la altura de la estructura mecánica.

Para conseguir una distribución uniforme del luminóforo resulta conveniente que el luminóforo esté depositado preferentemente en una matriz inorgánica.

Al utilizar al menos dos luminóforos resulta ventajoso que al menos dos luminóforos estén dispersados individualmente en matrices que, según la dirección de propagación de la luz queden, una detrás de otra. Así se

puede reducir la concentración de los luminóforos en comparación con una dispersión homogénea de los distintos luminóforos.

5 A continuación se exponen los pasos fundamentales de fabricación de los luminóforos en una variante preferida de la invención.

10 Para la fabricación de los luminóforos de ortosilicato alcalinotérreo se mezclan íntimamente de acuerdo con la composición elegida las cantidades estequiométricas de las sustancias de partida: carbonato de alcalinotérreo, dióxido de silicio y óxido de europio, y se transforman en una reacción de estado sólido habitual para la fabricación de sustancias luminiscentes, en una atmósfera reductora a temperaturas de entre 1100 °C y 1400 °C, en el luminóforo deseado. A este respecto resulta ventajoso para la cristalinidad añadir a la mezcla de reacción pequeñas fracciones, preferentemente menores que 0,2 mol, de cloruro de amonio u otros halogenuros. En la invención presentada también se puede sustituir una parte del silicio por germanio, boro, aluminio o fósforo lo que se consigue añadiendo las cantidades correspondientes de compuestos de los elementos mencionados que se pueden descomponer térmicamente en óxidos. De forma parecida se puede conseguir que pequeñas cantidades de iones de metales alcalinos se incrusten en la redícula respectiva.

20 Los luminóforos de ortosilicato insertados de acuerdo con la invención que emiten luz de longitudes de onda entre aproximadamente 510 nm y 600 nm y que tienen una anchura a mitad de valor de hasta 110 nm.

25 Mediante la configuración correspondiente de los parámetros de reacción y los aditivos específicos, por ejemplo, de iones de metales alcalinos y/o halogenuros monovalentes la distribución de tamaño de grano del luminóforo de acuerdo con la invención se puede ajustar a los requisitos de la aplicación correspondiente de forma óptima sin que se tengan que realizar procesos de machaque mecánicos dañinos. De esta forma se pueden ajustar todas las distribuciones de tamaño de grano de banda ancha y estrecha con tamaños de grano medio  $d_{50}$  de aproximadamente entre 2  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ .

30 La fuente de luz de acuerdo con la invención contiene preferentemente un luminóforo adicional del grupo de los aluminatos alcalinotérreos activados con europio bivalente y/o manganeso y/u otro luminóforo adicional que emite luz roja del grupo Y (V, P, Si)O<sub>4</sub>:Eu,Bi, Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu,Bi, o disilicato de magnesio alcalinotérreo: Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> de fórmula Me<sub>(3-x-y)</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>8</sub>:xEu,yMn siendo: 0,005 < x < 0,5; 0,005 < y < 0,5 y Me=Ba y/o Sr y/o Ca.

35 En la redícula de luminóforo están incrustados preferentemente iones monovalentes, en particular, halogenuros y/o metales alcalinos. El primer intervalo espectral de la fuente de luz de acuerdo con la invención está preferentemente entre 300 nm y 500 nm. El segundo intervalo espectral de la fuente de luz de acuerdo con la invención esta preferentemente entre 430 nm y 650 nm. La fuente de luz de acuerdo con la invención radia preferentemente luz blanca con unos valores Ra > 70 y más preferentemente > 72.

40 La fuente de luz de acuerdo con la invención presenta preferentemente al menos dos luminóforos distintos siendo al menos uno de ellos ortosilicato de alcalinotérreo.

45 Uno o varios chips de diodos están preferentemente dispuestos en una placa de circuito impreso dentro de un reflector de la fuente de luz de acuerdo con la invención. El luminóforo está dispersado en una plancha óptica que está colocada sobre el reflector. Alternativamente, preferentemente están dispuestos uno o varios chips de diodos LED en una placa de circuito impreso dentro de un reflector estando aplicado el luminóforo sobre el reflector. Los chips de diodos están preferentemente encapsulados por una masa de impregnación transparente que tiene forma de cúpula. El luminóforo de la fuente de luz de acuerdo con la invención está preferentemente dispersado en una masa de impregnación que une un conjunto de chips LED colocados en una placa de circuito impreso con una lente polimérica con las mínimas inclusiones gaseosas posibles presentando la lente polimérica y la masa de impregnación índices de refracción que se diferencian como máximo en 0,1. La lente polimérica presenta preferentemente un rebaje en forma de elipsoide o de esfera que se rellena con la masa de impregnación de modo que la hilera de diodos queda fijada a poca distancia de la lente polimérica. El luminóforo preferentemente se deposita en una matriz preferente inorgánica.

55 En una forma de realización preferida al menos dos de los luminóforos están dispersados individualmente en matrices que están dispuestas una detrás de otra según la dirección de propagación de la luz. El tamaño de grano medio  $d_{50}$  de la distribución en volumen está preferentemente entre 2  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ .

60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Otras ventajas de la invención se expondrán a continuación en base a ejemplos de realización y figuras.

Las figuras 1-6 muestran espectros (intensidad relativa I en función de la longitud de onda) de diferentes fuente de luz de diodo LED de acuerdo con la invención y las figuras 7-10 muestran diferentes formas de realización de las fuentes de luz de diodo LED de acuerdo con la invención.

## 5 MODOS ÓPTIMOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La figura 1 muestra el espectro de emisión de un diodo LED blanco con una temperatura cromática de 2700 K que resulta de la combinación de un diodo LED que emite luz azul en un primer intervalo espectral con un centroide espectral en 464 nm y un luminóforo de acuerdo con la invención de composición  $(\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+})$  que emite en un segundo intervalo espectral con un máximo de 596 nm.

Otros ejemplos de la combinación del respectivo luminóforo de ortosilicato de acuerdo con la invención y un diodo LED que emite a 464 nm se representan en las figuras 2 y 3. Si se utiliza un luminóforo que emite luz amarilla de composición  $\text{Sr}_{1,90}\text{Ba}_{0,08}\text{Ca}_{0,02}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  para la conversión de color se puede ajustar un color de luz blanca con una temperatura cromática de 4100 K mientras que si se usa el luminóforo  $\text{Sr}_{1,84}\text{Ba}_{0,16}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ , por ejemplo, se puede fabricar una luz blanca con una temperatura de color de 6500 K.

Un espectro típico para la combinación de un diodo LED de 484 nm con dos luminóforos de ortosilicato de acuerdo con la invención se muestra en la figura 4. Las sustancias luminiscentes utilizadas presentan las composiciones  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  y  $\text{Sr}_{1,00}\text{Ba}_{1,00}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ . Para el espectro concreto representado en la figura 4 se consiguen una temperatura cromática de 5088 K y una calidad de color  $\text{Ra}=82$ . Sin embargo en función de las proporciones de las cantidades elegidas del luminóforo se pueden conseguir todas las temperaturas cromáticas del intervalo que va de 3500 K a 7500 K aproximadamente siendo la gran ventaja de estas mezclas de dos luminóforos de ortosilicato alcalinotérreo de acuerdo con la invención ante todo que se pueden conseguir simultáneamente valores Ra mayores que 80.

Esto se documenta a modo de ejemplo en la figura 5. El espectro representado se corresponde con la combinación de un diodo LED de 464 nm con una mezcla de dos luminóforos:  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ca}_{0,4}\text{Si}_{0,98}\text{Ga}_{0,02}\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  y  $\text{Sr}_{1,10}\text{Ba}_{0,90}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ . que proporciona una temperatura cromática de 5000 K y un valor  $\text{Ra}=82$ .

Si se utiliza como elemento emisor de radiación un diodo LED ultravioleta que emita en un primer intervalo espectral con un máximo de entre 370 nm y 390 nm entonces se pueden conseguir valores Ra mayores que 90 mediante combinación de uno de estos diodos LED con una mezcla de sustancias luminiscentes que contienen los luminóforos de acuerdo con la invención de la figura 4 y simultáneamente una fracción determinada de una sustancia luminiscente de aluminato de bario-magnesio que emite luz azul-verde. La figura 6 muestra el espectro de emisión de la correspondiente fuente de luz blanca que presenta para una temperatura cromática de 6500 K un  $\text{Ra}=91$ .

Otros ejemplos se recogen en la siguiente lista. En ellos además de las longitudes de onda de emisión de los diodos LED inorgánicos utilizados y la composición respectiva de los luminóforos de acuerdo con la invención se indican las temperaturas cromáticas resultantes y los valores Ra así como las composiciones cromáticas de las fuentes de luz.

T = 2778 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4619, y = 0,4247, Ra = 72  
 T = 2950 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4380, y = 0,4004, Ra = 73  
 T = 3497 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4086, y = 0,3996, Ra = 74  
 T = 4183 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,9}\text{Ba}_{0,08}\text{Ca}_{0,02}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3762, y = 0,3873, Ra = 75  
 T = 6624 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,9}\text{Ba}_{0,02}\text{Ca}_{0,08}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3101, y = 0,3306, Ra = 76  
 T = 6385 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ca}_{0,4}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{Sr}_{0,4}\text{Ba}_{1,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3135, y = 0,3397, Ra = 82  
 T = 4216 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,9}\text{Ba}_{0,08}\text{Ca}_{0,02}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3710, Y = 0,3696, Ra = 82  
 T = 3954 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ba}_{0,4}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{Sr}_{0,4}\text{Ba}_{1,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ); x = 0,3756, y = 0,3816, Ra = 84  
 T = 6489 K (LED uv +  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ca}_{0,4}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{Sr}_{0,4}\text{Ba}_{1,6}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  + aluminato de bario-magnesio:  $\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3115, y = 0,3390, Ra = 86  
 T = 5097 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ba}_{0,4}(\text{Si}_{0,98}\text{B}_{0,02})\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{Sr}_{0,6}\text{Ba}_{1,4}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,3423, Y = 0,3485, Ra = 82  
 T = 5084 K (LED uv +  $\text{Sr}_{1,6}\text{Ca}_{0,4}(\text{Si}_{0,99}\text{B}_{0,01})\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  +  $\text{Sr}_{0,6}\text{Ba}_{1,4}\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  + aluminato de estroncio-magnesio); x = 0,3430, y = 0,3531, Ra = 83  
 T = 3369 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{Si}_{0,95}\text{Ge}_{0,05}\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4134, y = 0,3959, Ra = 74,  
 T = 2787 K (466 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{Si}_{0,98}\text{P}_{0,02}\text{O}_{4,01}:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4630, y = 0,4280, Ra = 72  
 T = 2913 K (464 nm +  $\text{Sr}_{1,4}\text{Ca}_{0,6}\text{Si}_{0,98}\text{Al}_{0,02}\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ ); x = 0,4425, Y = 0,4050, Ra = 73  
 T = 4201 K;

En una variante preferida de la invención se realiza la conversión de color como sigue:  
 Uno o varios chips de diodos LED 1 (véase la figura 7) se ensamblan en una placa de circuito impreso 2. Directamente sobre los diodos LED se coloca un medio de encapsulamiento 3 en forma de semiesfera o de

semielipsoide (por un lado para proteger los chips de diodos LED y por otro lado para poder extraer mejor la luz generada en el chip LED). Este medio de encapsulamiento puede comprender formas individuales o una forma común para todos los diodos LED. La placa de circuito impreso 2 así constituida se incrusta en un reflector 4 o éste se pone sobre los chips de diodos LED 1.

5 Sobre el reflector 4 se coloca una plancha óptica 5. Éste sirve por un lado para proteger el conjunto y por otro lado en esta plancha óptica 5 se incrustan los luminóforos 6. La luz azul (o la radiación ultravioleta) que atraviesa la plancha óptica 5 se convierte, cuando lo atraviesa, debido al luminóforo, parcialmente pasando a un segundo intervalo espectral de modo que en total da la impresión de un color blanco. Las pérdidas por el efecto “guía de ondas”, como los que aparecen para las placas paralelas planas, se reducen gracias a las propiedades dispersantes y opacas de la plancha óptica 5. Además el reflector 4 se encarga de que sólo la luz ya dirigida hacia delante incida en la plancha óptica 5 de modo que se reducen los efectos de reflexión total de antemano.

15 También es posible aplicar el luminóforo 6 sobre el reflector 4 como queda representado en la figura 8. Entonces no hace falta plancha óptica.

Alternativamente a esto sobre cada chip de diodo LED 1 (véase figura 9) puede estar colocado un reflector 4' y este conformarse como una cúpula (medio de encapsulamiento 3') y colocar una plancha óptica 5 sobre cada reflector 3' o sobre todo el conjunto.

20 Para la fabricación de fuentes de iluminación resulta conveniente utilizar en lugar de diodos LED individuales hileras de diodos. En una variante preferida de la invención la conversión del color se realiza sobre la hilera de LED 1 (véase figura 10) en la que los chips de diodos LED 1 están ensamblados directamente en la placa de circuito impreso 2; el proceso es el siguiente:

25 una hilera de diodos LED 1' (véase la figura 10) se pega mediante una masa de impregnación 3, por ejemplo, resina, a una lente polimérica 7 transparente que es de otro material (por ejemplo PMMA). El material de la lente polimérica 7 y la masa de impregnación 3 se eligen de modo que tengan unos índices de refracción lo más parecidos que sea posible, es decir, que estén interadaptados en fase. La masa de impregnación 3 se encuentra en una muesca de la lente polimérica 7 que como máximo tiene la forma de una esfera o de un elipsoide. La forma de la muesca tiene importancia en la medida en que en la masa de impregnación está disperso el material de conversión de color y por ello se puede garantizar mediante su configuración que se generen colores de emisión sin dependencia angular. Alternativamente a esto la hilera puede impregnarse primero con una masa de impregnación transparente y a continuación mediante la masa de impregnación que contiene el material de conversión de color pegarse a la lente polimérica.

35 Para la fabricación de diodos LED blancos de calidad de color especialmente buena en los que al menos se utilicen dos luminóforos diferentes resulta ventajoso no dispersarlos y aplicarlos en común en una matriz sino por separado. Esto se aplica especialmente a las combinaciones en las que el color de la luz definitivo se genera mediante un proceso de conversión de color de varias etapas, es decir, que el color de la emisión de mayor longitud de onda se genera mediante un proceso de emisión que se desarrolla como sigue: absorción de la emisión del diodo LED por un primer luminóforo; emisión del primer luminóforo; absorción de la emisión del primer luminóforo por un segundo luminóforo y emisión del segundo luminóforo. Especialmente para un proceso así se preferirá colocar los materiales individuales uno detrás de otro según la dirección de propagación de la luz puesto que así la concentración de los materiales se puede reducir en comparación con una dispersión homogénea de los distintos materiales.

45 La presente invención no está limitada a los ejemplos descritos. Los luminóforos se pueden introducir también en lentes poliméricas (o en otros sistemas ópticos). También es posible colocar el luminóforo directamente sobre la pastilla de diodos LED o sobre la superficie de la masa de impregnación transparente. También se puede incrustar el luminóforo conjuntamente con partículas de dispersión en una matriz. Así se impide su descenso por la matriz y se garantiza una salida de la luz uniforme.

50

**DOCUMENTOS CITADOS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de documentos citados por el solicitante se ha incluido exclusivamente para información del lector y no es parte del documento de patente europea. Se ha elaborado con la mayor meticulosidad; sin embargo, la Oficina europea de patentes no asume ninguna responsabilidad por omisiones o errores eventuales.*

**Documentos citados en la descripción**

- WO 9805078 A [0008]
- WO 9812757 A [0008]
- WO 0033389 A [0009]
- WO 0019546 A [0011]
- WO 0189001 A [0012]
- WO 0033390 A [0013]

10 **Documentos citados en la descripción de literatura no patente**

- **SHM Poort y col:** Propiedades ópticas de ortosilicatos y ortofosfatos activados con  $\text{Eu}^{2+}$ ”  
Revista Journal of alloys and compounds, 1997 vol. 260, 93-97 [0010]
- Thomas L. Barry “Fluorescencia de fase activada con  $\text{Eu}^{2+}$  en sistemas de ortosilicatos alcalinotérreos binarios, revista Journal of the electrochemical society, Electrochemical society, Manchester, New Hampshire; 1 de noviembre de 1968 vol. 115 (11) 1181-1184 [0014]

## REIVINDICACIONES

1. Fuente de luz para la generación de luz blanca que comprende un diodo emisor de luz (LED) para la emisión de radiación azul y al menos un luminóforo que absorbe una parte de la radiación azul y que también emite radiación en otro intervalo espectral **caracterizada por qué:**
- 5 - el luminóforo es un ortosilicato alcalinotérreo activado con europio bivalente de una de las siguientes composiciones o de una mezcla de dichas composiciones:
- 10 a)  $(2-x-y)\text{SrO} \cdot x(\text{Ba}_u\text{Ca}_v)\text{O} \cdot (1-a-b-c-d)\text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 \cdot y\text{Eu}^{2+}$   
siendo:  $0 \leq x < 1,6$ ;  $0,005 < y < 0,5$   $x+y \leq 1,6$ ;  $0 \leq a, b, c, d < 0,5$   $u+v=1$   
b)  $(2-x-y)\text{BaO} \cdot x(\text{Sr}_u\text{Ca}_v)\text{O} \cdot (1-a-b-c-d)\text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 \cdot y\text{Eu}^{2+}$   
siendo:  $0,01 < x < 1,6$ ;  $0,005 < y < 0,5$ ;  $0 \leq a, b, c, d < 0,5$   $u+v=1$ ;  $x \cdot u \geq 0,4$
- 15 - el luminóforo emite en el intervalo espectral de la luz amarilla-verde, amarilla o naranja  
- generándose la luz blanca mediante mezcla de la luz transmitida por el diodo LED y la luz de luminiscencia emitida por el luminóforo.
2. Fuente de luz de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el diodo emisor de luz (LED) produce radiación azul en el intervalo de longitudes de onda que va entre 450 nm y 490 nm comprendiendo la fuente de luz además un luminóforo adicional que emite luz roja radiando la fuente de luz blanca con un índice de calidad de color  $\geq 72$ .
- 20 3. Fuente de luz de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2 **caracterizada por que** emite luz con una temperatura cromática entre 2700 K y 6500 K, en particular, una temperatura cromática de 2700 K, 4100 K, 5000 K, 5088 K o 6500 K.
- 25 4. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizada por que** en el luminóforo se sustituye una parte del silicio por galio.
- 30 5. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizada por que** se incluyen iones monovalentes, en particular, halogenuros y/o metales alcalinos, en la retícula del luminóforo.
- 35 6. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizada por que** están colocados uno o varios chips de diodos LED (1) en una placa de circuito impreso (2) dentro de un reflector (4) y el luminóforo está dispersado en una plancha óptica (5) que está colocada sobre el reflector (4).
- 40 7. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizada por que** están dispuestos uno o varios chips de diodo LED (1) en una placa de circuito impreso (2) dentro de un reflector (4) y el luminóforo (6) está aplicado sobre el reflector (4).
- 45 8. Fuente de luz de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7 **caracterizada por que** los chips de diodos LED (1) están encapsulados por una masa de impregnación (3, 3') transparente que tiene la forma de cúpula.
- 50 9. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizada por que** el luminóforo está dispersado en una masa de impregnación (3) que une el conjunto de chips de diodos LED (1) colocado en una placa de circuito impreso (2) y una lente polimérica (7) con las mínimas inclusiones gaseosas posibles presentando la lente polimérica (7) y la masa de impregnación (3) índices de refracción que se diferencian como máximo en 0,1.
10. Fuente de luz de acuerdo con la reivindicación 9 **caracterizada por que** la lente polimérica (7) presenta un rebaje en forma de esfera o de elipsoide que está relleno por la masa de impregnación (3) de modo que el conjunto de diodos LED (1) queda fijado a poca distancia de la lente polimérica.
11. Fuente de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10 **caracterizada por que** el luminóforo está depositado en una matriz preferentemente inorgánica.

Fig. 1

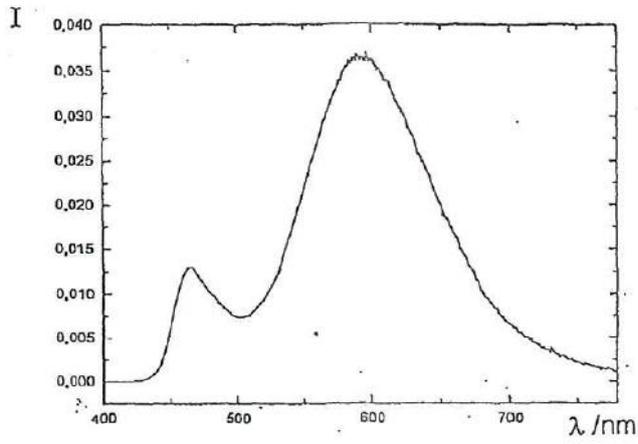


Fig. 2

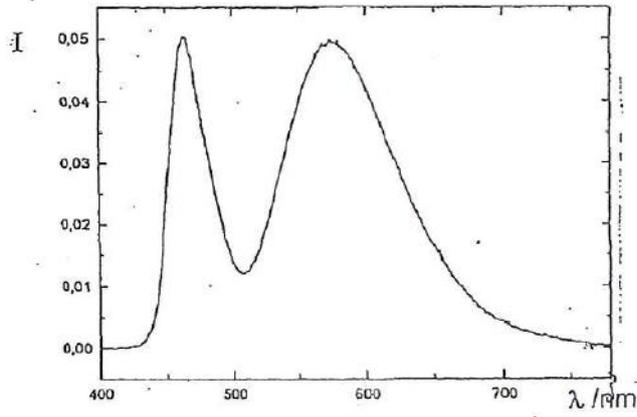


Fig. 3

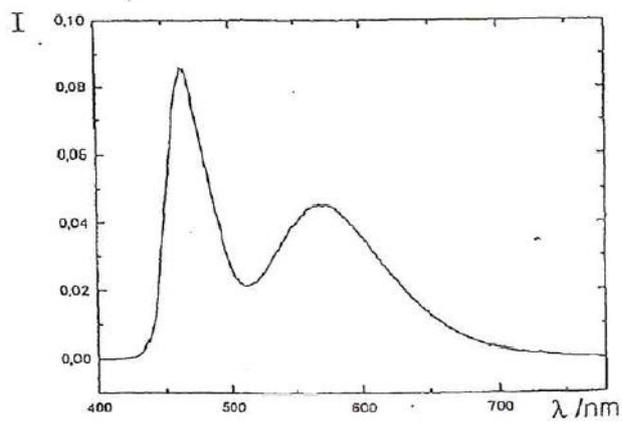


Fig. 4

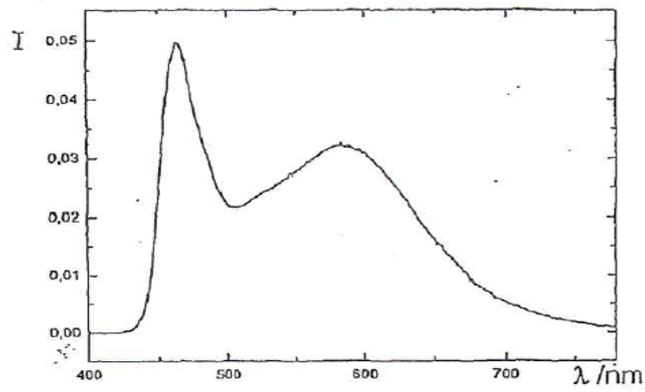


Fig. 5

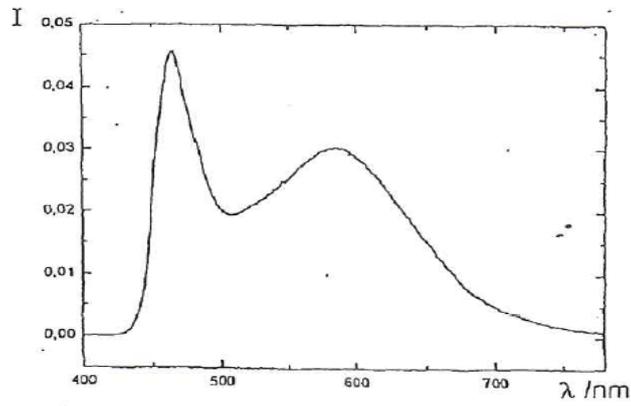
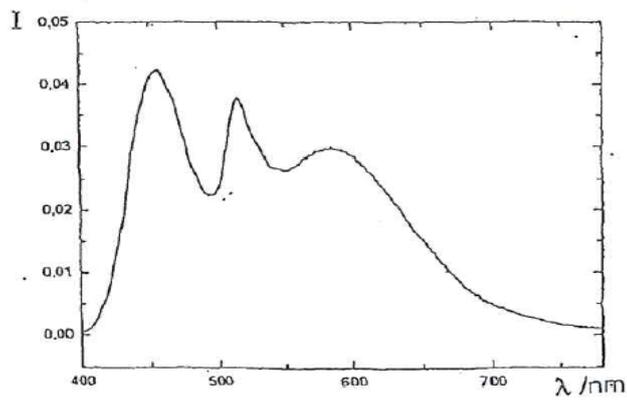


Fig. 6



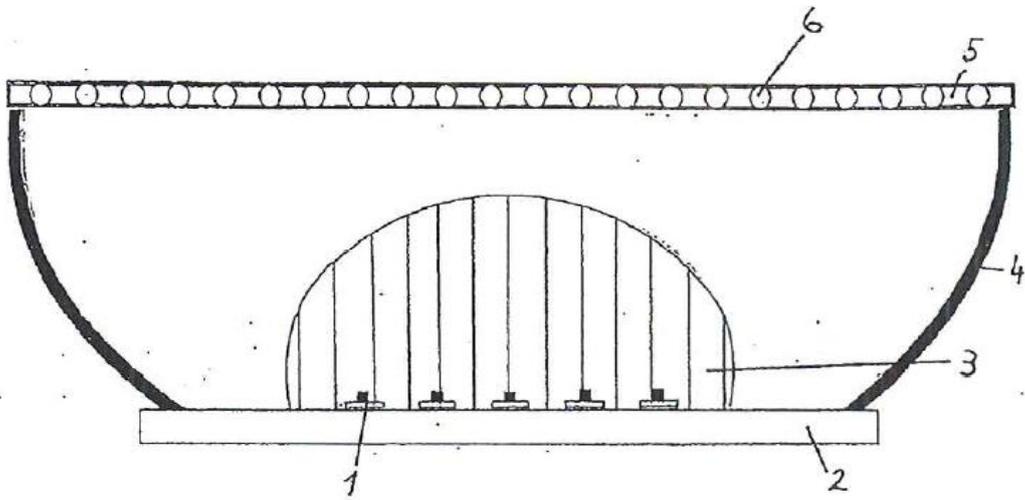


Fig. 7

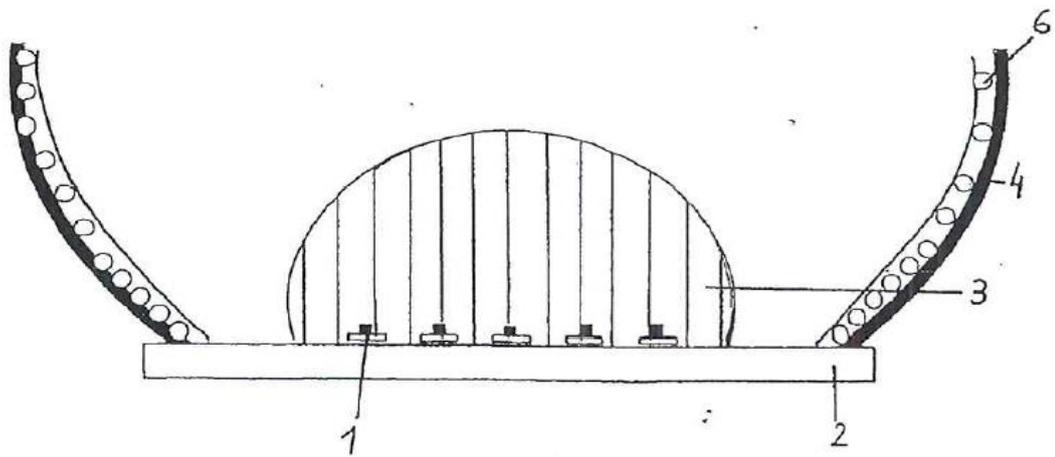


Fig. 8

