

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 742**

51 Int. Cl.:

H05B 33/14 (2006.01)

H01L 33/50 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2013 PCT/IB2013/056846**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO14030148**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2013 E 13785614 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 2835036**

54 Título: **Un conjunto electroluminiscente, una lámpara y una luminaria**

30 Prioridad:

24.08.2012 US 201261692722 P

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

24.07.2019

73 Titular/es:

SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)

High Tech Campus 48

Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

VAN BOMMEL, TIES y

HIKMET, RIFAT ATA MUSTAFA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 720 742 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

Un conjunto electroluminiscente, una lámpara y una luminaria

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a conjuntos de conversión de color para convertir la luz emitida por fuentes de luz en luz de un color diferente.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En varias aplicaciones, un diodo electroluminiscente (LED, por sus siglas en inglés), que emite luz azul, se combina con un material luminiscente que convierte una parte de la luz en luz de otro color, por ejemplo, en luz amarilla, naranja o roja. A menudo, la luz azul se convierte parcialmente en el otro color, debido a que la luz blanca ha de ser emitida por un conjunto de LED y el material luminiscente. La cantidad y las características del material luminiscente se seleccionan de modo que una cantidad requerida de luz azul se convierte en una cantidad específica del otro color de modo que la emisión combinada de luz azul restante y la cantidad específica de la luz del otro color se combinan en luz blanca, lo que significa, en una luz con un punto de color que está cerca de la línea de un cuerpo negro en un espacio de color.

20 Por ejemplo, la solicitud de patente publicada US2012/0001204 desvela una disposición de ajuste del color en el que los fotoemisores se combinan con capas de materiales luminiscentes para obtener una emisión de luz de un color específico.

25 No obstante, un problema surge durante la producción de los conjuntos de iluminación que utilizan una combinación de una fuente de luz azul y una capa de material luminiscente que convierte parcialmente la luz azul en luz de otro color. Es relativamente difícil fabricar fotoemisores, por ejemplo, LEDs, que emiten exactamente el mismo espectro de emisión de luz azul. No es aceptable combinar fotoemisores, que se desvían ligeramente uno del otro, con solo un tipo de una capa con una cantidad específica de material luminiscente, ya que daría lugar a conjuntos de iluminación que emiten colores de luz ligeramente diferentes. La emisión de colores ligeramente diferentes es perceptible a simple vista por el ojo humano y puede conducir, por ejemplo, a luminarias con diferentes fuentes de luz que emiten colores de luz ligeramente diferentes. Una solución conocida es: cada fotoemisor azul se caracteriza y descarta, tras la fabricación de los fotoemisores que emiten luz azul, y cada fotoemisor azul se combina con una capa con un material luminiscente de un cierto espesor en relación con las características del fotoemisor azul específico para obtener una emisión de luz que tiene el punto de color deseado. La caracterización y el descarte de los fotoemisores fabricados son relativamente caros, y una cantidad relativamente grande de diferentes capas con material luminiscente requiere ser mantenida en almacenamiento, lo cual también es relativamente caro.

40 El documento US7791092B2 desvela una lámpara que emite luz blanca. La lámpara de emisión de luz blanca comprende un emisor de ultravioleta (UV) de estado sólido que emite luz en el espectro de longitud de onda UV. Un material de conversión se dispone para absorber al menos parte de la luz que se emite del emisor UV y volver a emitir luz a una o más longitudes de onda diferentes de luz. Se incluyen uno o más emisores de estado sólido complementarios que emiten en diferentes longitudes de onda de luz al emisor de UV y el material de conversión. La lámpara emite una combinación de luz blanca de luz emitida de los emisores complementarios y del material de conversión, teniendo la luz blanca una eficacia elevada y una buena calidad del color. Otras realizaciones de una lámpara de emisión de luz blanca según la presente invención comprenden un láser de estado sólido en lugar de un emisor de UV. Una realización de lámpara de emisión de luz con flujo elevado según la invención comprende un diodo electroluminiscente (LED) de gran área que emite luz en un primer espectro de longitud de onda e incluye un material de conversión. Una pluralidad de emisores de estado sólido complementarios rodea el LED de gran área, emitiendo cada emisor luz en un espectro diferente del LED de gran área y material de conversión de tal manera que la lámpara emite una luz blanca equilibrada. Partículas de dispersión pueden incluirse en cada una de las realizaciones para dispersar la luz de los emisores, material de conversión y emisores complementarios para proporcionar una emisión más uniforme.

55 El documento EP2172984A1 desvela un dispositivo de iluminación LED que comprende una pluralidad de unidades de emisión de luz que se configura para emitir una luz visible que tiene diferentes colores que se mezclan entre sí para producir una luz blanca. Cada una de las unidades electroluminiscentes está compuesta por un chip de LED y un luminóforo. El chip de LED está configurado para generar luz. El luminóforo tiene una propiedad que produce una luz de un color predeterminado cuando el luminóforo es excitado por la luz del chip de LED. El chip de LED se selecciona entre un grupo que consiste en un chip de LED azul, un chip de LED UV, y un chip de LED violeta. Cada luminóforo se selecciona para producir la luz de un color predeterminado diferente de otro.

RESUMEN DE LA INVENCION

65 Un objeto de la invención es proporcionar un conjunto electroluminiscente que emite luz de un punto de color bien definido independiente de pequeñas desviaciones en el color emitido por las fuentes de luz utilizadas.

Un primer aspecto de la invención proporciona un conjunto electroluminiscente. Un segundo aspecto de la invención proporciona una lámpara. Un tercer aspecto de la invención proporciona una luminaria. Realizaciones ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes.

5 Un conjunto electroluminiscente según el primer aspecto de la invención comprende una primera fuente de luz, una segunda fuente de luz, un primer material luminiscente, un segundo material luminiscente y una ventana de salida de luz. La primera fuente de luz emite luz en el intervalo espectral ultravioleta. La segunda fuente de luz emite luz en un intervalo espectral azul con una primera longitud de onda de pico. El primer material luminiscente está dispuesto para recibir luz de la primera fuente de luz y está configurado para absorber luz en el intervalo espectral ultravioleta y
 10 convertir una parte de la luz absorbida en luz en el intervalo espectral azul. El segundo material luminiscente está dispuesto para recibir luz de la segunda fuente de luz y está configurado para convertir casi por completo la luz recibida en el intervalo espectral azul recibida de la segunda fuente de luz en una luz de un intervalo espectral de luz con una segunda longitud de onda de pico. La segunda longitud de onda de pico es superior a la primera longitud de onda de pico. La ventana de salida de luz está dispuesta para transferir luz emitida por el primer material
 15 luminiscente y por el segundo material luminiscente en un entorno del conjunto electroluminiscente.

El conjunto electroluminiscente comprende dos fuentes de luz que cada una emite luz en un intervalo espectral específico. La posición exacta de la emisión de luz de esta fuente de luz en los intervalos espectrales específicos puede desviarse ligeramente debido a la luz en el visible, que se emite a través de la ventana de salida de luz en el
 20 entorno, se genera por el material luminiscente y no se origina directamente de la segunda fuente de luz. En general, la luz emitida por el material luminiscente tiene un color bien definido (lo que significa: un espectro de emisión de luz bien definido) independiente de las ligeras desviaciones del espectro de la luz que es absorbida por el material luminiscente. Por ende, cuando se utilizan fuentes de luz cuya posición exacta de su espectro de emisión es desconocida, los materiales luminiscentes convierten esta posición conocida inexacta de los espectros en espectros
 25 electroluminiscentes que son conocidos exactamente. Por lo tanto, el punto de color de la luz emitida es conocido adecuadamente mientras, al mismo tiempo, se utilizan fuentes de luz no descartables (y, por ende, relativamente baratas).

La luz de la segunda fuente de luz se convierte casi totalmente en una luz de una mayor longitud de onda. Esto
 30 significa que el primer material luminiscente absorbe casi toda la luz emitida por la segunda fuente de luz (y la convierte en una luz de mayor longitud de onda) y que el conjunto electroluminiscente no emite luz que se origina directamente de la segunda fuente de luz. Sin embargo, en realizaciones prácticas, puede resultar imposible absorber toda la luz, por ejemplo, debido a las reflexiones. En el contexto de la invención, se supone que, si parte de la luz de la segunda fuente de luz aún se emite a través de una ventana de salida de luz en el entorno, esta no es
 35 visible a simple vista por el ojo humano. Se puede implicar que al menos un 90 % de la luz emitida por la segunda fuente de luz es absorbida por el segundo material luminiscente. Opcionalmente, se puede implicar que al menos un 95 % de la luz emitida por la segunda fuente de luz es absorbida por el segundo material luminiscente. Además, cabe señalar que el término "convertir por completo" puede no ser interpretado como "toda la luz absorbida se convierte en una luz de una mayor longitud de onda", ya que cada material luminiscente tiene una ineficiencia debido
 40 a un deslizamiento de Stokes. Por ende, el segundo luminiscente convierte parte de la energía de la luz absorbida en calor.

Cabe señalar que la luz emitida por la primera fuente de luz (que emite luz en el intervalo espectral ultravioleta) no es, en una realización opcional, convertida por completo, y por ende, parte de la luz que se origina de la primera
 45 fuente de luz puede ser emitida en el entorno. Sin embargo, la luz en el intervalo espectral ultravioleta (UV) no es visible a simple vista por el ojo humano y no influye en la percepción del color. Por ende, la luz UV emitida no cambia el punto de color de la luz en el visible emitida por el conjunto electroluminiscente.

La configuración específica del conjunto electroluminiscente también es relativamente eficiente. Al usar dos fuentes de luz diferentes que emiten cada una en un intervalo espectral diferente, los deslizamientos de Stokes entre la luz absorbida y la luz emitida se limitan. El deslizamiento de Stokes es la diferencia entre la longitud de onda máxima del espectro, la luz absorbida y la longitud de onda máxima del espectro de la luz emitida. Cada material luminiscente tiene una ineficiencia limitada que aumenta si el deslizamiento de Stokes aumenta. La luz ultravioleta
 50 solamente se convierte en azul, que es un deslizamiento de Stokes relativamente pequeño. Esta luz azul generada no se utiliza para ser convertida por el segundo material luminiscente en una luz de una mayor longitud de onda, ya que se introducirían dos etapas consecutivas de conversión de color, y por ende, una pérdida de energía de dos veces. En su lugar, se utiliza una fuente de luz azul cuya luz está casi convertida por completo en luz de una mayor longitud de onda, y por ende, se reduce la pérdida de energía de dos etapas consecutivas de conversión de color. Es más, hoy en día varias fuentes de luz de emisión de azul de alta potencia están disponibles en el mercado a precios relativamente bajos y, por ende, el precio de fabricación del conjunto electroluminiscente se mantiene dentro de límites aceptables.
 60

En el contexto de la invención, el intervalo espectral UV comprende longitudes de onda entre 10 nanómetros y 400 nanómetros. En realizaciones prácticas de la invención, la luz emitida por la primera fuente de luz comprende
 65 longitudes de onda entre 300 nanómetros y 400 nanómetros. En el contexto de la invención, el intervalo espectral azul comprende longitudes de onda entre 440 nanómetros y 500 nanómetros.

Opcionalmente, el segundo material luminiscente está configurado para convertir por completo la luz recibida en el intervalo espectral azul en una luz con la segunda longitud de onda de pico.

5 Opcionalmente, la luz del intervalo espectral con la segunda longitud de onda de pico comprende luz en al menos uno de los intervalos espectrales rojo, naranja o amarillo. Si la luz emitida por la segunda longitud de onda se convierte en luz en el intervalo espectral amarillo, la luz blanca de una temperatura relativamente alta de color correlacionada (CCT, por sus siglas en inglés) puede ser emitida por la ventana de salida de luz. El deslizamiento de Stokes entre la luz azul y la luz amarilla es relativamente pequeño y, por ende, es la eficiencia de la conversión de luz azul en amarilla relativamente eficiente. Si la luz se convierte en luz naranja y/o en luz roja, la luz blanca puede ser creada con una CCT inferior. Cuando la parte amarilla/naranja/roja del espectro en el visible se subdivide a grandes rasgos en colores individuales, la luz amarilla tiene una longitud de onda en el intervalo de 570-590 nanómetros, la luz naranja tiene una longitud de onda en el intervalo de 590 a 620 nanómetros, y la luz roja tiene una longitud de onda en el intervalo de 620 a 750 nanómetros.

15 Opcionalmente, el primer material luminiscente está en contacto con la primera fuente de luz y/o el segundo material luminiscente está en contacto con la segunda fuente de luz. Si el material luminiscente se aplica directamente en la fuente de luz, el material luminiscente recibió la luz que ha de recibir y la probabilidad de pérdidas de luz de la primera fuente de luz al segundo material luminiscente o pérdida de luz de la segunda fuente de luz al primer material luminiscente se reduce.

20 Opcionalmente, un espacio está presente entre la primera fuente de luz y el primer material luminiscente y/o un espacio está presente entre la segunda fuente de luz y el segundo material luminiscente. En esta configuración, el espacio puede ser relativamente pequeño, por ejemplo, 500 micrómetros, lo que significa que el material luminiscente está dispuesto en una llamada configuración cercana. El espacio también puede ser mayor, por ejemplo, de unos pocos milímetros, que a menudo se denomina la "configuración de proximidad", o, por ejemplo, uno o más centímetros, que a menudo se denomina la "configuración remota". Cuando un espacio está presente entre las fuentes de luz y su material luminiscente asociado, la transferencia de calor de las fuentes de luz al material luminiscente se reduce y por lo tanto se evita un deterioro o envejecimiento acelerado del material luminiscente. Además, la densidad de la luz (energía) de la luz recibida por superficie unitaria se reduce lo cual puede ser ventajoso debido a que, por ejemplo, se reduce la cantidad de calor generado en un volumen unitario de material luminiscente. Cabe señalar que el espacio tiene que ser transmisor de luz, lo que significa que la absorción de luz en el espacio es limitada. Por consiguiente, el espacio puede comprender un gas o aire ambiental o, o puede estar lleno con un material transparente tal como silicona.

35 Opcionalmente, la primera fuente de luz, el primer material luminiscente, la segunda fuente de luz y el segundo material luminiscente están dispuestos para evitar una iluminación cruzada entre la primera fuente de luz y el segundo material luminiscente y entre la segunda fuente de luz y el primer material luminiscente. Iluminación cruzada significa en el contexto de la invención que se evita que la primera fuente de luz ilumine el segundo material luminiscente, que se evita que la segunda fuente de luz ilumine el primer material luminiscente, que se evita que la luz emitida por el primer material luminiscente ilumine el segundo material luminiscente y que se evita que la luz emitida por el segundo material luminiscente ilumine el primer material luminiscente. Si los materiales luminiscentes reciben luz de una fuente de luz de la que no recibirá luz y si el material luminiscente convierte esta luz, se introducen ineficiencias: un gran deslizamiento de Stokes de luz UV a luz amarilla/naranja/amarilla resulta en una enorme pérdida de energía y la luz azul puede convertirse en luz azul mientras absorbe parte de la energía de la luz azul recibida. Si los materiales luminiscentes reciben la luz que es emitida por los otros materiales luminiscentes y si esta luz es absorbida, se introducen ineficiencias: una parte de la luz emitida por la ventana de salida de luz está sometida a dos etapas de conversión de color por diferentes materiales luminiscentes, y, por ende, se sometió a una ineficiencia de conversión de dos veces.

50 Opcionalmente, el primer material luminiscente y el segundo material están dispuestos en una configuración separada espacial. Si los respectivos materiales luminiscentes están espacialmente separados, es más fácil evitar la iluminación cruzada.

55 Opcionalmente, el primer material luminiscente está configurado para convertir por completo la luz del intervalo espectral ultravioleta en luz del intervalo espectral azul. Cuando toda la luz emitida por la primera fuente de luz se convierte en luz del intervalo espectral azul, no se producen pérdidas con respecto a la luz UV que no se utiliza de forma útil. En una realización anterior, se discute la interpretación del término "completamente convertido". La interpretación proporcionada anteriormente se aplica a esta realización opcional.

60 Opcionalmente, el conjunto electroluminiscente comprende más de una primera fuente de luz y/o el conjunto electroluminiscente comprende más de una segunda fuente de luz.

65 Opcionalmente, al menos una de la primera fuente de luz y de la segunda fuente de luz es un fotoemisor de estado sólido. Ejemplos de fotoemisores de estado sólido son diodos electroluminiscentes (LEDs), diodo(s) electroluminiscente(s) orgánico(s) OLEDs (por sus siglas en inglés), o, por ejemplo, diodos láser. Los fotoemisores

de estado sólido son fuentes de luz relativamente rentables debido a que, en general, no son caros, tiene una eficiencia relativamente grande y una larga vida útil.

5 Opcionalmente, al menos uno del primer material luminiscente y del segundo material luminiscente comprende un luminóforo inorgánico, un luminóforo orgánico, puntos cuánticos, varillas cuánticas o tetrapodos cuánticos. Estos tipos de materiales luminiscentes son útiles en el contexto de la invención, ya que su espectro de emisión de luz no cambia sustancialmente cuando se absorbe la luz de espectros que varían ligeramente. Todos los tipos de materiales luminiscentes comprenden un material luminiscente específico que proporciona la conversión de color requerido de la invención.

10 Opcionalmente, el conjunto electroluminiscente comprende un filtro de ultravioleta configurado para evitar la emisión de luz en el intervalo espectral ultravioleta en el entorno. En general no se desea emitir ultravioleta en el entorno. Esta luz no se ve a simple vista por el ojo humano y puede tener una influencia no deseada sobre las personas y/o materiales presentes en el entorno del conjunto electroluminiscente. Por lo tanto, si no se convierte toda la luz emitida por la primera fuente de luz en luz azul, el filtro ultravioleta puede proporcionarse en el conjunto electroluminiscente. El filtro ultravioleta puede disponerse en la ventana de salida de luz, y puede disponerse en otra posición dentro del conjunto electroluminiscente, siempre que se evite la emisión de luz UV en el entorno.

20 Opcionalmente, el conjunto electroluminiscente comprende un filtro de absorción de luz azul que se dispone entre el segundo material luminiscente y el entorno para evitar la pérdida de luz en un intervalo espectral azul. Por ende, cuando una determinada cantidad de luz azul, que es emitida por la segunda fuente de luz, se filtra a través de un elemento con el segundo material luminiscente, el filtro de absorción de luz azul impide que esta luz se emita en el entorno, y por ende, las variaciones en la emisión de luz de la segunda fuente de luz no pueden ser vistas por personas que miran al conjunto electroluminiscente. Cabe destacar que el filtro de absorción de luz azul no se dispone entre el primer material luminiscente y el entorno.

25 Según el segundo aspecto de la invención, se proporciona una lámpara que comprende un conjunto electroluminiscente según el primer aspecto de la invención. La lámpara según el segundo aspecto de la invención puede ser una bombilla de modificación retroactiva o un tubo de luz. En otras realizaciones, la lámpara tiene otra forma, por ejemplo, la forma de una caja.

30 Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona una luminaria que comprende un conjunto electroluminiscente según el primer aspecto de la invención o que comprende una lámpara según el segundo aspecto de la invención.

35 La lámpara según el segundo aspecto de la invención y la luminaria según el tercer aspecto ofrecen los mismos beneficios que el conjunto electroluminiscente según el primer aspecto de la invención y tienen realizaciones similares con efectos similares al igual que las correspondientes realizaciones del sistema.

40 Estos y otros aspectos de la invención resultan evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas en lo sucesivo.

Los expertos en la técnica apreciarán que dos o más de las opciones, implementaciones, y/o aspectos de la invención mencionados anteriormente pueden combinarse de cualquier manera que se considere útil.

45 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los dibujos:

50 La Fig. 1a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una primera realización de un conjunto electroluminiscente según el primer aspecto de la invención,

La Fig. 1b muestra esquemáticamente la conversión de los espectros de luz,

55 La Fig. 2a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una segunda realización de un conjunto electroluminiscente,

La Fig. 2b muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una tercera realización de un conjunto electroluminiscente,

60 La Fig. 3a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una cuarta realización de un conjunto electroluminiscente,

La Fig. 3b muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una quinta realización de un conjunto electroluminiscente,

65

La Fig. 4a muestra esquemáticamente una primera realización de una lámpara según el segundo aspecto de la invención,

La Fig. 4b muestra esquemáticamente una segunda realización de una lámpara,

La Fig. 4c muestra esquemáticamente una tercera realización de una lámpara, y

La Fig. 5 muestra esquemáticamente una luminaria según el tercer aspecto de la invención.

Cabe señalar que elementos denotados por los mismos números de referencia en diferentes Figuras tienen las mismas características estructurales y las mismas funciones, o son las mismas señales. Cuando la función y/o estructura de tal artículo han sido explicadas, no hay ninguna necesidad de explicación reiterada en la descripción detallada.

Las Figuras son puramente esquemáticas y no dibujadas a escala. Particularmente, para mayor claridad, algunas dimensiones son exageradas fuertemente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La Fig.1a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una primera realización de un conjunto electroluminiscente 100 según el primer aspecto de la invención. El conjunto electroluminiscente 100 comprende una primera fuente de luz 112 que emite luz 110 en un intervalo espectral ultravioleta, lo que significa que al menos la longitud de onda de pico de la emisión de luz de la primera fuente de luz 112 cae dentro del intervalo de 10 nanómetros a 400 nanómetros. El conjunto electroluminiscente 100 comprende además una segunda fuente de luz 118 que emite luz 105 en el intervalo espectral azul. Por consiguiente, la luz 105 emitida por la segunda fuente de luz 118 tiene una primera longitud de onda de pico que cae dentro del intervalo de 440 nanómetros a 500 nanómetros. El conjunto electroluminiscente comprende además un primer material luminiscente 106, un segundo material luminiscente 116 y una ventana de salida de luz 102.

En la realización de la Fig. 1a, el primer material luminiscente 106 se dispone en una capa de, por ejemplo, polímero de matriz. No obstante, en otras realizaciones, el material luminiscente también puede proporcionarse como un recubrimiento en una capa transparente. En el contexto de la invención, el primer material luminiscente 106 se configura para recibir luz 110 de la primera fuente de luz 112. El primer material luminiscente 106 se configura para absorber luz 110 en el intervalo espectral ultravioleta y convertir al menos una parte de la luz absorbida en luz 104 en el intervalo espectral azul. Cabe destacar que la luz 104 emitida por el primer material luminiscente 106 es azul y que la luz 105 emitida por la segunda fuente de luz 118 es también azul, sin embargo, sus espectros de emisión de luz exactos pueden ser diferentes. Especialmente la emisión de luz de la segunda fuente de luz 118 está sujeta a desviaciones de fabricación. El espectro de emisión de luz de la luz azul 104 emitida por el primer material luminiscente 106 es relativamente estable y no se desvía entre diversos lotes del primer material luminiscente 106. Cabe señalar además que el primer material luminiscente 106 puede convertir una determinada cantidad de la luz absorbida en calor debido al deslizamiento de Stokes del primer material luminiscente 106. Además, en una realización opcional, una luz ultravioleta 110 es absorbida, sin embargo, en el contexto de la invención no es necesario convertir toda la luz ultravioleta 110 que es emitida por la primera fuente de luz 112.

En la realización de la Fig. 1a, el segundo material luminiscente 116 se dispone en una capa de, por ejemplo, en una capa de un polímero de matriz. Sin embargo, en el contexto de la invención, solo es importante que el segundo material luminiscente 116 se disponga para recibir luz 104 de la segunda fuente de luz 118. El segundo material luminiscente 116 está configurado para absorber casi toda la luz 105 recibida de la segunda fuente de luz 118 y convertir la luz absorbida en luz 114 de un intervalo espectral que tiene una segunda longitud de onda de pico. La segunda longitud de onda de pico es superior a la primera longitud de onda de pico. Por ende, la luz 114 del intervalo espectral con la segunda longitud de onda de pico comprende al menos una cantidad sustancialmente de luz en el intervalo espectral verde, amarillo, naranja, y/o rojo. Convertir casi por completo significa en el contexto de la invención que no permanece nada de la luz recibida en la emisión de luz del conjunto electroluminiscente 100. En una realización práctica significa que el segundo material luminiscente 116 absorbe toda la luz 105. Cabe señalar que no necesariamente significa que la conversión de luz azul en luz con una mayor longitud de onda es 100 % energéticamente eficiente. Cierta cantidad de energía de la luz azul absorbida es convertida en calor por el segundo material luminiscente 116 debido al deslizamiento de Stokes del material luminiscente. Cabe señalar que un espesor de una capa con el segundo material luminiscente 116 debe ser lo bastante grande como para prevenir la pérdida de luz azul a través de la capa con el segundo material luminiscente 116. En una realización, el segundo material luminiscente 116 está configurado para absorber casi toda la luz 105 recibida de la segunda fuente de luz 118 y convertir por completo la luz absorbida en luz 114 de un intervalo espectral que tiene una segunda longitud de onda de pico. Si la capa que comprende el segundo material luminiscente 116 no es lo suficientemente espesa como para convertir toda la luz 105 recibida de la segunda fuente de luz 118, puede proporcionarse una capa sobre la capa con el segundo material 116, que absorbe o retrorefleja luz que aún se filtra a través de la capa con el segundo material luminiscente 116.

La ventana de salida de luz 102 se indica esquemáticamente en la Fig. 1a como una apertura entre dos líneas oscuras. La luz 104, 114 generada por el primer material luminiscente 106 y generada por el segundo material luminiscente 116 se emite al entorno del conjunto electroluminiscente 100 que emite a través de la ventana de salida de luz 102. Esto significa que la disposición relativa de la ventana de salida de luz 102 con respecto al primer material luminiscente 106 y el segundo material luminiscente 116 es tal que la luz azul generada 104 y la luz generada 114 en el intervalo espectral con la segunda longitud de onda de pico se emite a la ventana de salida de luz 102 y deja el conjunto electroluminiscente 100 que emite a través de la ventana de salida de luz 102. En una realización práctica, la ventana de salida de luz 102 puede ser una apertura en una carcasa sustancialmente opaca alrededor del conjunto electroluminiscente 100, o la ventana de salida de luz 102 está formada por elementos luminiscentes vecinos que comprenden cada uno del primer material luminiscente 106 y del segundo material luminiscente 116.

En una realización, si el primer material luminiscente 106 no convierte toda la luz UV 110 en luz azul 104, el dispositivo electroluminiscente 100 puede estar provisto de un filtro UV para la prevención de la emisión de luz UV 110 en el entorno. El filtro UV es, por ejemplo, proporcionado en la ventana de salida de luz 102.

En otra realización, como se dibuja en la Fig. 1a, la primera fuente de luz 112 emite la luz UV 110, en un haz luminoso bien definido 108 al primer material luminiscente 106, impidiendo así que la luz UV 110 se emita en el segundo material luminiscente 116. En la misma realización, la segunda fuente de luz 118 emite la luz azul 105 en un haz luminoso bien definido 108 al segundo material luminiscente 116, evitando así que la luz 105 emitida por la segunda fuente de luz 118 sea recibida por el primer material luminiscente 106. En otras realizaciones, el conjunto electroluminiscente 100 comprende una o más paredes de separación 120 para evitar la iluminación cruzada, es decir, la prevención de que la luz 110 de la primera fuente de luz 112 sea recibida por el segundo material luminiscente 116 y evitar que la luz 105 de la segunda fuente de luz 118 sea recibida por el primer material luminiscente 106.

La primera fuente de luz 112 y/o la segunda fuente de luz 118 son un fotoemisor de estado sólido. Ejemplos de fotoemisores de estado sólido son diodos electroluminiscentes (LEDs), diodo(s) electroluminiscente(s) orgánico(s) OLEDs (por sus siglas en inglés), o, por ejemplo, diodos láser. Un diodo electroluminiscente (LED) puede ser un LED a base de GaN o InGaN para emitir luz azul en, por ejemplo, el intervalo de longitud de onda de 440 a 460 nanómetros.

El material luminiscente puede ser un material electroluminiscente inorgánico, un material luminiscente orgánico, o, por ejemplo, un material que comprende partículas que muestran un confinamiento cuántico y tienen al menos en una dimensión un tamaño en el intervalo de nanómetros.

Ejemplos de material luminiscente inorgánico, por ejemplo, luminóforos, adecuado para su uso en la invención incluyen, pero no se limitan a, granate de itrio-aluminio dopado con cerio ($Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, también referido como YAG: Ce o YAG dopado con Ce) o granate de lutecio-aluminio (LuAG, $Lu_3Al_5O_{12}$), α -SiAlON:Eu²⁺, (amarillo), y $M_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ (rojo) en el que M es al menos un elemento seleccionado entre calcio Ca, Sr y Ba. Otro ejemplo de un luminóforo inorgánico que puede utilizarse en realizaciones de la invención, normalmente cuando la luz recibida es luz azul, es YAG: Ce. Además, una parte del aluminio puede estar sustituida con gadolinio (Gd) o galio (Ga), en el que más de Gd da como resultado un desplazamiento hacia el rojo de la emisión de amarillo. Otros materiales adecuados pueden incluir $(Sr_{1-x-y}Ba_xCa_y)_2-zSi_5-aAl_aN_{8-a}O_a:Eu^{2+}$ en el que $0 \leq a < 5$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ y $0 < z \leq 1$, y $(x+y) \leq 1$, tal como $Sr_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ que emite luz en el intervalo rojo. Las partículas de luminóforos inorgánicos pueden dispersarse en un polímero de matriz, tal como, por ejemplo, polimetil metacrilato (PMMA), tereftalato de polietileno (PET), naftalato de polietileno (PEN) o policarbonato (PC). En otras realizaciones, un luminóforo inorgánico puede formar la base de una capa luminiscente cerámica. Cabe destacar que, en casos de la excitación del material luminiscente con luz UV, el polímero de matriz debe ser al menos parcialmente transparente a la luz UV. Los polisiloxanos son polímeros transparentes a UV.

Ejemplos de materiales luminiscentes orgánicos adecuados para su uso como material de conversión de longitud de onda incluyen materiales luminiscentes basados en derivados de perileno, que son por ejemplo vendidos bajo la marca Lumogen de BASF. Ejemplos de productos comercialmente disponibles adecuados incluyen de este modo, pero no se limitan a, Lumogen Rojo F305, Lumogen Naranja F240, Lumogen Amarillo F170, y combinaciones de los mismos. Las moléculas de un material luminiscente orgánico pueden disolverse en un polímero de matriz, tal como, por ejemplo, polimetil metacrilato (PMMA), tereftalato de polietileno (PET), naftalato de polietileno (PEN) o policarbonato (PC).

Ejemplos de partículas que muestran un confinamiento cuántico y tienen al menos en una dimensión un tamaño en el intervalo de nanómetros, son puntos cuánticos, varillas cuánticas o tetrápodos cuánticos. Confinamiento cuántico significa que las partículas tienen propiedades ópticas que dependen del tamaño de las partículas. Las partículas tienen al menos en una dimensión un tamaño en el intervalo de nanómetros. Esto significa, por ejemplo, que, si las partículas son sustancialmente esféricas, su diámetro está en el intervalo de nanómetros. No obstante, por ejemplo, si tienen forma de alambre, en el que un tamaño de una sección transversal del alambre se encuentra en una dirección en el intervalo de nanómetros. Un tamaño en el intervalo de nanómetros significa que su tamaño en una

dimensión es al menos inferior a 1 micrómetro. Opcionalmente su tamaño en una dimensión es inferior a 500 nanómetros, y superior o igual a 0,5 nanómetros. En una realización, su tamaño en una dimensión es inferior a 50 nanómetros. En otra realización, su tamaño en una dimensión está en el intervalo de 2 a 30 nanómetros.

5 Cuando es excitado por la luz incidente, un punto cuántico emite luz de un color determinado por el tamaño y el material del cristal. Por lo tanto, la luz de un color particular se puede producir adaptando el tamaño de los puntos. Los puntos cuánticos más conocidos con emisión en el intervalo en el visible se basan en seleniuro de cadmio (CdSe) con revestimiento tal como sulfuro de cadmio (CdS) y sulfuro de zinc (ZnS). Asimismo, se pueden utilizar puntos cuánticos exentos de cadmio tales como fosforo de indio (InP), y sulfuro de cobre-indio (CuInS₂) y/o sulfuro de plata-indio (AgInS₂). Los puntos cuánticos muestran una banda de emisión muy estrecha y, por ende, muestran colores saturados. Es más, el color de emisión puede ser fácilmente afinado al adaptar el tamaño de los puntos cuánticos. Cualquier tipo de punto cuántico conocido en la técnica puede utilizarse en la presente invención, siempre que tenga las características de conversión de longitud de onda adecuadas.

10 La Fig. 1b muestra esquemáticamente la conversión de los espectros de luz a medida que se lleva a cabo por el dispositivo electroluminiscente 100 de la Fig. 1a. Un primer espectro electroluminiscente 152 se emite por la primera fuente de luz 112. Sustancialmente todas las longitudes de onda del primer espectro electroluminiscente 152 tienen una longitud de onda por debajo de 400 nanómetros. Por ende, el primer espectro electroluminiscente 152 representa la luz ultravioleta. Un segundo espectro electroluminiscente 154 se emite por la segunda fuente de luz 118. El segundo espectro electroluminiscente 154 tiene una primera longitud de onda de pico λ_{p1} que se encuentra en el intervalo espectral azul. El primer material luminiscente 106 convierte la mayor parte del primer espectro electroluminiscente 152 en un pico de emisión de luz 156 en el intervalo espectral azul. El segundo material luminiscente 116 convierte casi por completo toda la luz del segundo espectro electroluminiscente 154 en un tercer espectro electroluminiscente 158 que tiene una segunda longitud de onda de pico λ_{p2} . La segunda longitud de onda de pico λ_{p2} es superior a la primera longitud de onda de pico λ_{p1} y, por ende, tiene el tercer espectro electroluminiscente 158 un color que puede ser verde, amarillo, naranja, rojo, o una combinación de estos colores. En una realización opcional, toda la luz generada por el segundo material luminiscente 116 está dentro del intervalo espectral que es visible a simple vista por el ojo humano, y, por ende, por debajo de 800 nanómetros - pero, cuando el segundo material luminiscente 116 se torna caliente, también irradia ondas electromagnéticas en el intervalo espectral en el infrarrojo.

15 La Fig. 2a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una segunda realización de un conjunto electroluminiscente 200. El conjunto electroluminiscente 200 es similar al conjunto electroluminiscente 100 de la Fig. 1a con una mínima diferencia: el primer material luminiscente 206 se aplica directamente en la parte superior de una superficie electroluminiscente de la primera fuente de luz 112 y el segundo material luminiscente 216 se aplica directamente en la parte superior de una superficie electroluminiscente de la segunda fuente de luz 118. Puede ser, en ciertas aplicaciones, ventajoso aplicar el material luminiscente respectivo 206, 216 directamente en la parte superior de la respectiva fuente de luz 112, 118 ya que la luz emitida por la primera fuente de luz 112 solo se emite al primer material luminiscente 206 y la luz de la segunda fuente de luz 118 solo se emite al segundo material luminiscente 216. Además, se puede obtener un conjunto electroluminiscente más compacto.

20 La Fig. 2b muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una tercera realización de un conjunto electroluminiscente 250. El conjunto electroluminiscente 250 comprende una carcasa 252 que encierra un espacio con diferentes cámaras que están separadas entre sí por paredes 254. Las cámaras se extienden entre una ventana de salida de luz 102 y una base de la carcasa 252. En una realización, las paredes no transmiten la luz y reflejan la luz que incide sobre ellas. Las superficies de la carcasa que se orientan frente a las cámaras también son luz reflejada.

25 En cada cámara, se proporciona una fuente de luz y en la ventana de salida de luz 102, la apertura de la cámara está cerrada con una capa que comprende un material luminiscente. Si una cámara específica comprende una primera fuente de luz 112 que emite luz en el intervalo espectral ultravioleta, la capa con material luminiscente comprende el primer material luminiscente 106. Si una cámara específica comprende una segunda fuente de luz 118 que emite luz en el intervalo espectral azul, la capa con material luminiscente comprende el segundo material luminiscente 116. En la Fig. 2b, entre las respectivas fuentes de luz 112, 118 y las capas con el material luminiscente respectivo, se presenta un espacio de una distancia d. El espacio se puede llenar con aire u otro gas que transmite luz, o el espacio puede llenarse con un material de transmisión de luz (transparente o translúcido), tal como, por ejemplo, silicona. Si el espacio se llena con un material que transmite la luz, las cámaras pueden estar completamente llenas con el material que transmite la luz o parcialmente llenas. El material de transmisión de luz puede actuar como una guía de luz para guiar la luz emitida por la respectiva fuente de luz 112, 118 hacia las capas con el material luminiscente respectivo 106, 116. Cabe señalar que las realizaciones del conjunto electroluminiscente no se limitan a los conjuntos electroluminiscentes con 4 cámaras. El conjunto electroluminiscente puede ser cualquier número de cámaras que están presentes, por ejemplo, en una dirección lateral, o que están presentes, por ejemplo, en una dirección perpendicular al plano de la figura.

30 En la configuración de la Fig. 2b, también es posible proporcionar los respectivos materiales luminiscentes en las paredes de las respectivas cámaras de modo que la capa con los respectivos materiales luminiscentes no se

disponga en un modo de transmisión de luz, sino en un modo de luz de reflejada. La luz que incide sobre los respectivos materiales luminiscentes es absorbida y convertida en luz de otro color y la luz del otro color se emite al revés en la dirección del interior de la cámara. En dichas realizaciones, se tienen que proporcionar filtros absorbentes en las ventanas de salida de luz de las cámaras de modo que no se emita luz UV y luz generada por la segunda fuente de luz en el entorno del conjunto electroluminiscente.

La Fig. 3a muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una cuarta realización de un conjunto electroluminiscente 300. El conjunto electroluminiscente es similar al conjunto electroluminiscente 250 de la Fig. 2b. En comparación con el conjunto electroluminiscente 250, el conjunto electroluminiscente 300 tiene cámaras más grandes que comprenden más de una fuente de luz. En una cámara, se proporciona una fuente de luz del mismo tipo y se combina con su correspondiente material luminiscente según el primer aspecto de la invención. Por consiguiente, como se muestra en la Fig. 3a, en la cámara dibujada a la izquierda, una pluralidad de la primera fuente de luz 112 emite luz UV hacia una capa con un primer material luminiscente 306, y en la cámara dibujada de la derecha, una pluralidad de la segunda fuente de luz 118 emite luz azul hacia una capa con el segundo material luminiscente 316. Las cámaras están separadas por paredes 304.

La Fig. 3b muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de una quinta realización de un conjunto electroluminiscente 350. El conjunto electroluminiscente 350 es similar al conjunto electroluminiscente 100 de la Fig. 1a. En el conjunto electroluminiscente 350 se proporciona una estructura que soporta la primera fuente de luz 112, la segunda fuente de luz 118, la capa con el primer material luminiscente 106 y la capa con el segundo material luminiscente 116. La estructura también dispone las respectivas fuentes de luz en tal posición que la luz emitida por las respectivas fuentes de luz 112, 118 es recibida por el material luminiscente correspondiente 106, 116. La estructura puede, por ejemplo, estar fabricada de láminas metálicas o barras metálicas.

La Fig. 4a muestra esquemáticamente una primera realización de una lámpara según el segundo aspecto de la invención. La lámpara es un tubo de luz de modificación retroactiva 400. El tubo de luz 400 comprende, en una dirección lateral, una pluralidad de combinaciones 402, 404 de fuentes de luz con su respectivo material luminiscente. Una combinación puede ser una primera fuente de luz 112 con el primer material luminiscente 106 del dispositivo electroluminiscente 100 de la Fig. 1a o la primera fuente de luz 112 con el primer material luminiscente 206 del dispositivo electroluminiscente 200. Otra combinación utilizada puede ser una segunda fuente de luz 118 con el segundo material luminiscente 116 del dispositivo electroluminiscente 100 de la Fig. 1a o la segunda fuente de luz 118 con el segundo material luminiscente 216 del dispositivo electroluminiscente 200. El vidrio de la luz del tubo 400 es la ventana de salida de luz.

La Fig. 4b muestra esquemáticamente una segunda realización de una lámpara que es una bombilla de modificación retroactiva 430. La bombilla de modificación retroactiva 430 comprende una base sobre la que se proporciona un conjunto electroluminiscente 432 según el primer aspecto de la invención. El conjunto electroluminiscente 432 emite una combinación de luz azul, generada por el primer material luminiscente, y luz de una mayor longitud de onda, generada por el segundo material luminiscente, hacia el vidrio de la bombilla 430.

La Fig. 4c muestra esquemáticamente una tercera realización de una lámpara que es una unidad LED 460. La unidad LED 460 comprende una carcasa 464 que tiene una forma cilíndrica. La carcasa 464 encierra una cavidad en la que se proporcionan uno o más conjuntos electroluminiscentes según el primer aspecto de la invención. La ventana de salida de luz está formada por una capa 462 que cierra la cavidad. La capa 462 puede ser una capa de difusión. Alternativamente, la capa 462 puede comprender áreas separadas espacialmente con, respectivamente, el primer material luminiscente y el segundo material luminiscente, y la(s) primera(s) fuente(s) de luz(s) y la(s) segunda(s) fuente(s) de luz(s) se proporcionan en el interior de la cavidad.

La Fig. 5 muestra esquemáticamente una luminaria 500 según el tercer aspecto de la invención. La luminaria comprende uno o más conjuntos electroluminiscentes según el primer aspecto de la invención o comprende una lámpara según el segundo aspecto de las invenciones.

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" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención puede implementarse por medio de un hardware que comprende varios elementos distintos. En el dispositivo, la reivindicación enumera varios medios, varios de estos medios pueden realizarse por un artículo y el mismo artículo de hardware. El simple hecho de que determinadas medidas se mencionen en diferentes reivindicaciones mutuamente dependientes no indica que una combinación de estas medidas no pueda utilizarse con ventaja.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) que comprende:
 - 5 - una primera fuente de luz (112) que emite luz (110) en un intervalo espectral ultravioleta,
 - una segunda fuente de luz (118) que emite luz (105) en un intervalo espectral azul con una primera longitud de onda de pico (λ_{p1}),
 - un primer material luminiscente (106, 206, 306) dispuesto para recibir luz (110) de la primera fuente de luz (112) y configurado para absorber luz (110) en el intervalo espectral ultravioleta y convertir una parte de la luz absorbida en luz (104) en el intervalo espectral azul,
 - 10 - un segundo material luminiscente (116, 216, 316) dispuesto para recibir luz (105) de la segunda fuente de luz (118) y configurado para convertir casi por completo la luz recibida (105) en el intervalo espectral azul recibida de la segunda fuente de luz (118) en luz (114) de un intervalo espectral de luz con una segunda longitud de onda de pico (λ_{p2}), siendo la segunda longitud de onda de pico (λ_{p2}) superior a la primera longitud de onda de pico (λ_{p1}), y
 - 15 - una ventana de salida de luz (102) dispuesta para transferir la luz emitida por el primer material luminiscente (106, 206, 306) y por el segundo material luminiscente (116, 216, 316) en un entorno del conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432).
2. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que el segundo material luminiscente (116, 216, 316) se configura para convertir por completo la luz recibida (105) en el intervalo espectral azul en luz (114) con la segunda longitud de onda de pico (λ_{p2}).
3. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que la luz (114) del intervalo espectral con la segunda longitud de onda de pico (λ_{p2}) comprende luz en al menos uno de los intervalos espectrales rojo, naranja o amarillo.
4. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que el primer material luminiscente (106, 206, 306) está en contacto con la primera fuente de luz (112) y/o el segundo material luminiscente (116, 216, 316) está en contacto con la segunda fuente de luz (118).
5. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que un espacio está presente entre la primera fuente de luz (112) y el primer material luminiscente (106, 206, 306) y/o un espacio está presente entre la segunda fuente de luz (118) y el segundo material luminiscente (116, 216, 316).
6. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que la primera fuente de luz (112), el primer material luminiscente (106, 206, 306), la segunda fuente de luz (118) y el segundo material luminiscente (116, 216, 316) se disponen para evitar una iluminación cruzada entre la primera fuente de luz (112) y el segundo material luminiscente (116, 216, 316) y entre la segunda fuente de luz (118) y el primer material luminiscente (106, 206, 306).
7. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 6
 - que comprende además una o más paredes de separación (120) dispuestas para prevenir la iluminación cruzada.
8. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que el primer material luminiscente (106, 206, 306) se configura para convertir por completo la luz (110) del intervalo espectral ultravioleta en luz (104) del intervalo espectral azul.
9. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1 que comprende más de una primera fuente de luz (112) y/o que comprende más de una segunda fuente de luz (118).
10. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que al menos una de la primera fuente de luz (112) y de la segunda fuente de luz (118) es un fotoemisor de estado sólido.
11. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, en el que al menos uno del primer material luminiscente (106, 206, 306) y del segundo material luminiscente (116, 216, 316) comprende un luminóforo inorgánico, un luminóforo orgánico, puntos cuánticos, varillas cuánticas o tetrápodos cuánticos.
12. Un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1, que comprende:
 - 60 - un filtro de ultravioleta configurado para evitar la emisión de luz (110) en el intervalo espectral ultravioleta a través de la ventana de salida de luz (102) en el entorno.
13. Un conjunto electroluminiscente según la reivindicación 1, que comprende:

- un filtro de absorción de luz azul dispuesto entre el segundo material luminiscente (116, 216, 316) y el entorno para prevenir la pérdida de luz (105) emitida por la segunda fuente de luz (118) a través de la ventana de salida de luz (102) en el entorno.

5 14. Una lámpara (400, 430, 460) que comprende un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1.

15. Una luminaria (500) que comprende un conjunto electroluminiscente (100, 200, 300, 350, 432) según la reivindicación 1 o una lámpara (400, 430, 460) según la reivindicación 14.

10

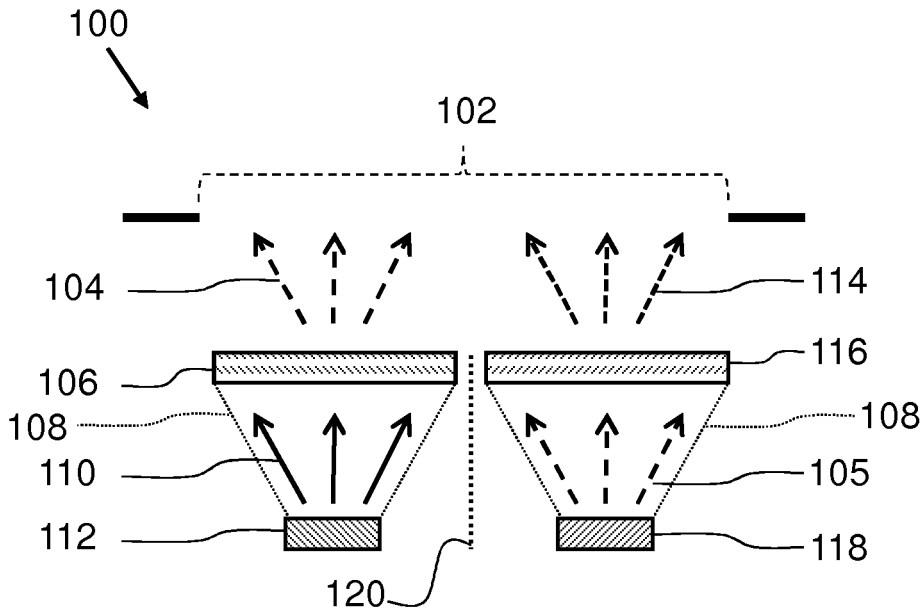


Fig. 1a

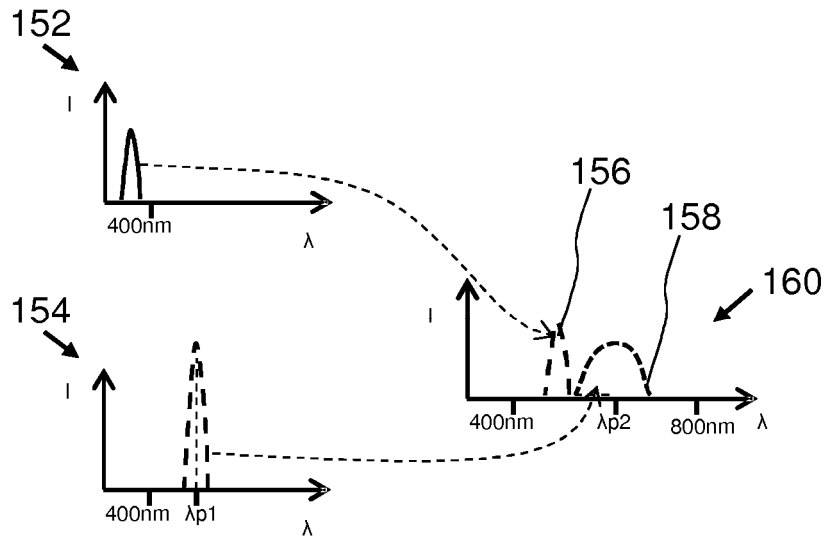


Fig. 1b

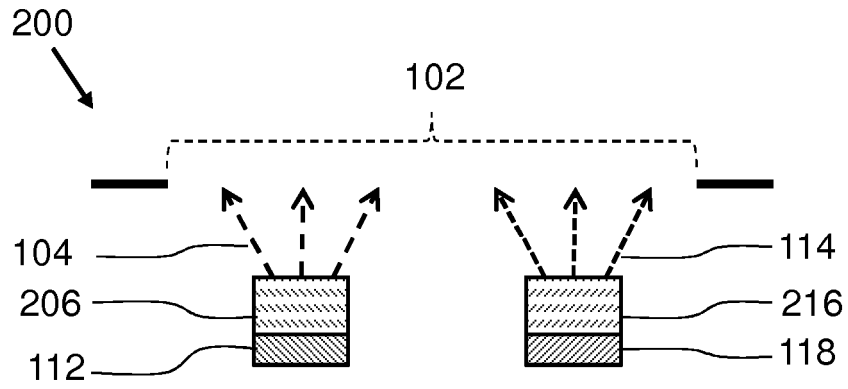


Fig. 2a

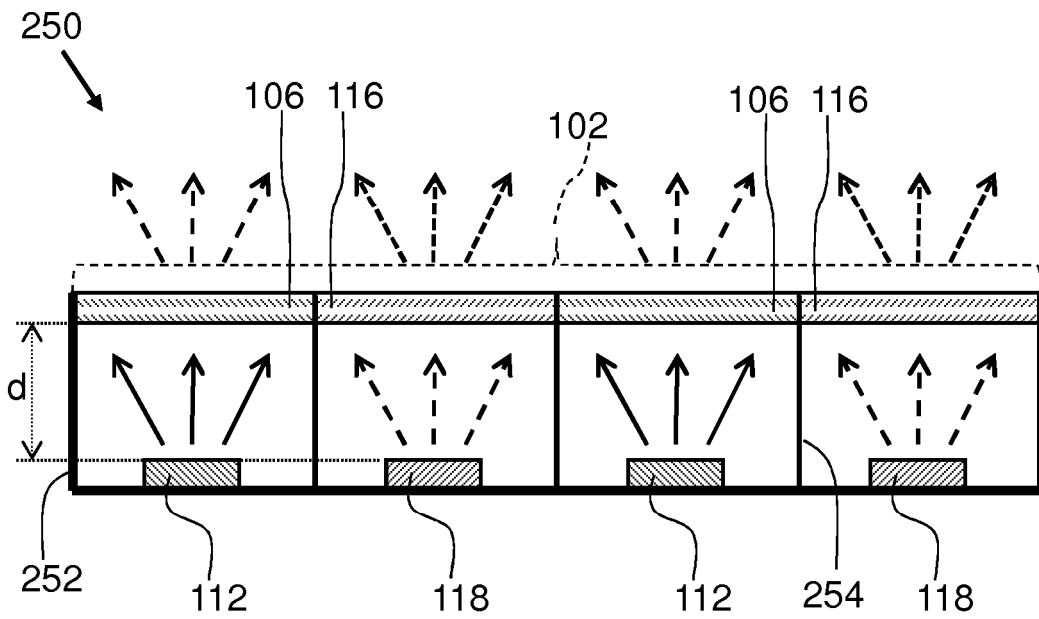


Fig. 2b

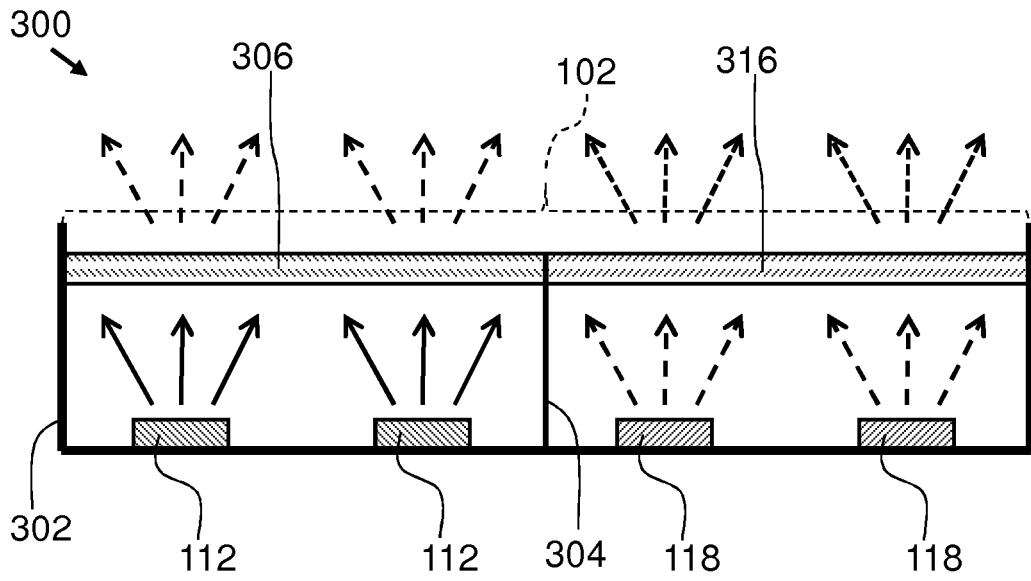


Fig. 3a

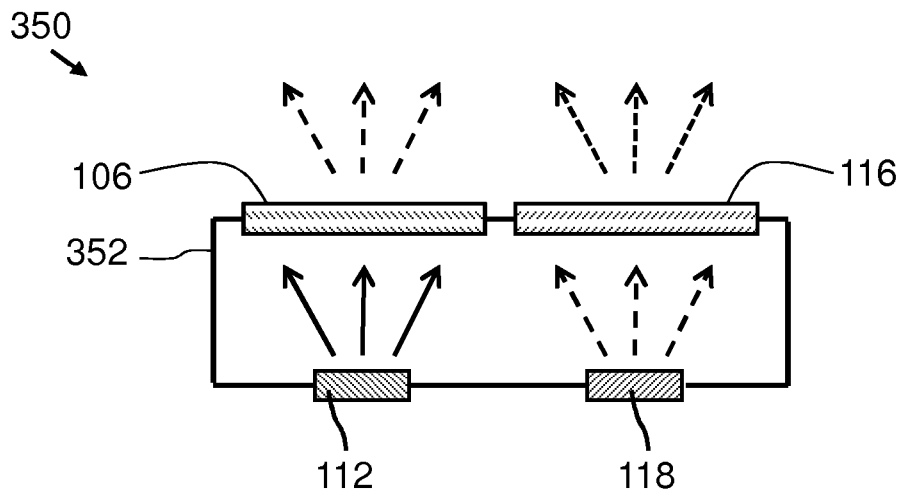


Fig. 3b

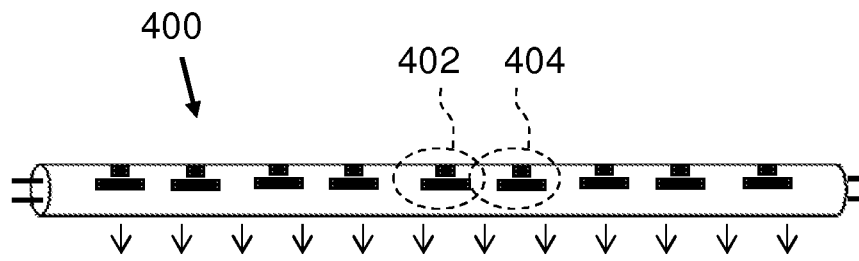


Fig. 4a

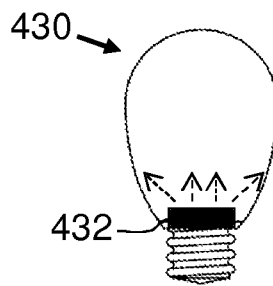


Fig. 4b

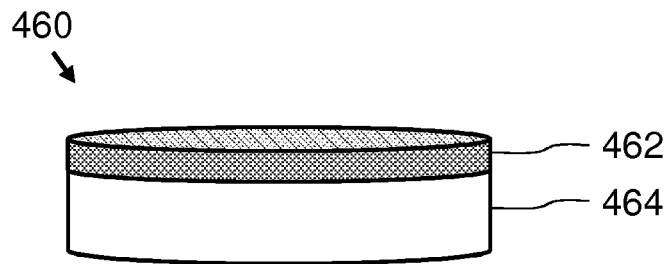


Fig. 4c

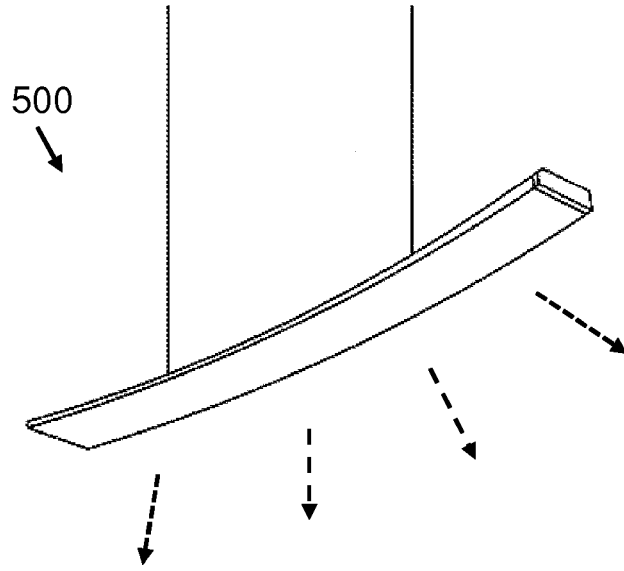


Fig. 5