

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 052**

51 Int. Cl.:

**C09K 11/77** (2006.01)

**H01L 33/50** (2010.01)

**H01L 33/56** (2010.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.1997 E 10158422 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2197054**

54 Título: **Dispositivo emisor de luz**

30 Prioridad:

**29.07.1996 JP 19858596**

**17.09.1996 JP 24433996**

**18.09.1996 JP 24538196**

**27.12.1996 JP 35900496**

**31.03.1997 JP 8101097**

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

**05.07.2016**

73 Titular/es:

**NICHIA CORPORATION (100.0%)  
491-100, OKA, KAMINAKA-CHO  
ANAN-SHI, TOKUSHIMA 774-8601, JP**

72 Inventor/es:

**SHIMIZU, YOSHINORI;  
SAKANO, KENSHO;  
NOGUCHI, YASUNOBU y  
MORIGUCHI, TOSHIO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 576 052 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

Dispositivo emisor de luz

**Antecedentes de la invención**

5 La presente invención se refiere a un diodo emisor de luz usado en un visualizador de LED, fuente de retro-iluminación, señal de tráfico, señal ferroviaria, conmutador de iluminación, indicador, etc. Más específicamente, se refiere a un dispositivo emisor de luz (LED) que comprende un fósforo, que convierte la longitud de onda de la luz emitida por un componente emisor de luz y emite luz.

**Descripción de la técnica relacionada**

10 Un diodo emisor de luz es compacto y emite luz de color claro con alta eficacia. También está libre de un problema tal como la extinción y tiene buena característica de impulso inicial, alta resistencia a la vibración y durabilidad para resistir operaciones repetitivas de ENCENDIDO / APAGADO, porque es un elemento semiconductor. Por tanto ha sido usado extensamente en aplicaciones tales como diversos indicadores y diversas fuentes de luz. Han sido desarrollados recientemente diodos emisores de luz para colores RGB (rojo, verde y azul) que tienen luminancia ultra-alta y alta eficacia y se han puesto en uso visualizadores de LED de pantalla grande que usan estos diodos emisores de luz. El visualizador  
15 de LED puede ser operado con menos energía y tiene buenas características tales como peso ligero y larga vida y por lo tanto se espera que sea usado más extensamente en el futuro.

Recientemente, se han hecho diversos intentos para hacer fuentes de luz blanca usando diodos emisores de luz. Debido a que el diodo emisor de luz tiene un espectro de emisión favorable para generar luz monocromática, hacer una fuente de luz para luz blanca requiere disponer en estrecha proximidad entre sí tres componentes emisores de luz de rojo, verde y azul, difundiendo y mezclando a la vez la luz emitida por ellos. Al generar luz blanca con una disposición tal, ha habido un problema tal que la luz blanca del tono deseado no puede ser generada, debido a las variaciones en el tono, la luminancia y otros factores del componente emisor de luz. Además cuando los componentes emisores de luz están hechos de distintos materiales, la energía eléctrica requerida para accionar difiere de un diodo emisor de luz a otro, haciendo necesario aplicar distintos voltajes a distintos componentes emisores de luz, lo que conduce a un circuito impulsor complejo. Además, debido a que los componentes emisores de luz son componentes semiconductores emisores de luz, el tono del color está sujeto a variación debido a la diferencia en características de temperatura, a cambios cronológicos y al entorno operativo, o bien la disparidad en el color puede ser provocada debido a no lograr mezclar uniformemente la luz emitida por los componentes emisores de luz. Por tanto los diodos emisores de luz son efectivos como dispositivos emisores de luz para generar colores individuales, aunque hasta ahora no se ha obtenido una fuente de luz satisfactoria capaz de emitir luz blanca usando componentes emisores de luz.  
20  
25  
30

A fin de resolver estos problemas, el presente solicitante desarrolló previamente diodos emisores de luz que convierten el color de la luz, que es emitida por componentes emisores de luz, por medio de un material fluorescente divulgado en las Patentes Japonesas JP-A-5-152609, JP-A-7-99345, JP-A-7-176794 y JP-A-8-7614. Los diodos emisores de luz divulgados en estas publicaciones son tales que, usando componentes emisores de luz de una clase, son capaces de generar luz de color blanco y de otros colores y están constituidos según lo siguiente.  
35

El diodo emisor de luz divulgado en los anteriores boletines está hecho montando un componente emisor de luz, que tiene una gran brecha de banda de energía de la capa emisora de luz, en una copa proporcionada en la punta de un marco conductor y que tiene un material fluorescente que absorbe la luz emitida por el componente emisor de luz y emite luz de una longitud de onda distinta a la de la luz absorbida (conversión de longitud de onda), contenido en un molde de resina que cubre el componente emisor de luz.  
40

El diodo emisor de luz divulgado según lo descrito anteriormente capaz de emitir luz blanca mezclando la luz de una pluralidad de fuentes, puede ser hecho usando un componente emisor de luz capaz de emitir luz azul y moldeando el componente emisor de luz con una resina que incluye un material fluorescente que absorbe la luz emitida por el diodo emisor de luz azul y emite una luz amarillenta.

45 Sin embargo, los diodos emisores de luz convencionales tienen problemas tales como el deterioro del material fluorescente que conduce a la desviación del tono del color y al oscurecimiento del material fluorescente dando como resultado una eficacia disminuida de la extracción de luz. El oscurecimiento aquí se refiere, en el caso de usar un material fluorescente inorgánico tal como material fluorescente de (Cd, Zn)S, por ejemplo, a una parte de elementos metálicos que constituyen el precipitado de material fluorescente o cambian sus propiedades conduciendo a coloración o, en el caso de usar un material fluorescente orgánico, a coloración debida a la rotura del doble enlace en la molécula. Especialmente cuando se usa un componente emisor de luz hecho de un semiconductor que tiene una brecha de banda de energía alta para mejorar la eficacia de conversión del material fluorescente (es decir, se aumenta la energía de la luz emitida por el semiconductor y se aumenta el número de fotones que tienen energías por encima de un umbral que pueden ser absorbidos por el material fluorescente, dando como resultado que se absorba más luz), o se reduce la cantidad del  
50

consumo de material fluorescente (es decir, el material fluorescente es irradiado con energía relativamente mayor), la energía lumínica absorbida por el material fluorescente aumenta inevitablemente dando como resultado una degradación más significativa del material fluorescente. El uso del componente emisor de luz con mayor intensidad de emisión de luz para un periodo de tiempo prolongado provoca además una degradación más significativa del material fluorescente.

5 El documento US 3.875.473 divulga un componente emisor de luz que comprende una pluralidad de chips de diodos emisores de luz (LED) y un fósforo que contiene uno de dichos chips de LED, en los que solo la luz emitida por el chip de LED revestido se convierte a una longitud de onda diferente.

10 El documento EP-A-0 209 942 divulga una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión. Esta lámpara tiene un relleno que comprende mercurio y un gas raro y una capa luminiscente que comprende material luminiscente cuya emisión se halla principalmente en el intervalo entre 590 y 630 nm y en el intervalo entre 520 y 565 nm. La luz emitida por la lámpara de descarga está en un intervalo de longitudes de onda que es casi totalmente invisible y que tiene que ser transformada por la capa luminiscente para hacerse visible. La lámpara también está dotada de una capa de absorción que comprende un aluminato luminiscente activado por cerio trivalente y que tiene una estructura de cristal de granate.

15 También el material fluorescente proporcionado en la vecindad del componente emisor de luz puede ser expuesto a una alta temperatura tal como la temperatura en ascenso del componente emisor de luz y el calor transmitido desde el entorno externo (por ejemplo, la luz solar en el caso en que el dispositivo se use en el exterior).

20 Además, algunos materiales fluorescentes están sujetos a un deterioro acelerado debido a la combinación de humedad que entra desde el exterior o que se introduce durante el procedimiento de producción, a la luz y al calor transmitidos desde el componente emisor de luz.

Cuando llega a un tinte orgánico de propiedad iónica, el campo eléctrico de corriente continua en la vecindad del chip puede causar electroforesis, dando como resultado un cambio en el tono del color. Esta lámpara no puede ser realizada como un dispositivo sencillo, pequeño, ligero y barato.

### Sumario de la invención

25 La presente invención se refiere a un componente que emite luz de acuerdo con la materia sujeto de las reivindicaciones 1 o 2.

30 Por tanto, un objeto de la presente invención es resolver los problemas descritos anteriormente y proporcionar un dispositivo emisor de luz que experimente solamente grados extremadamente bajos de deterioro en la intensidad lumínica de emisión, la eficacia de emisión lumínica y el desplazamiento de colores durante un largo tiempo de uso con alta luminancia.

El presente solicitante completó la presente invención mediante investigaciones basadas en la hipótesis de que un dispositivo emisor de luz que tiene un componente emisor de luz y un material fluorescente debe satisfacer los siguientes requisitos para lograr el objeto mencionado anteriormente.

35 (1) El componente emisor de luz debe ser capaz de emitir luz de alta luminancia con una característica emisora de luz que sea estable durante un largo tiempo de uso.

40 (2) El material fluorescente proporcionado en la vecindad del componente emisor de luz de alta luminancia, debe mostrar excelente resistencia ante la luz y el calor de modo que las propiedades del mismo no cambien incluso cuando se usa durante un periodo prolongado de tiempo mientras se expone a la luz de alta intensidad emitida por el componente emisor de luz (en particular el material fluorescente proporcionado en la vecindad del componente emisor de luz se expone a luz de una intensidad de radiación tan alta como de alrededor de entre 30 y 40 veces la de la luz solar de acuerdo con la estimación de los autores de la invención y se requiere que tenga más durabilidad ante la luz según se usa un componente emisor de luz de mayor luminancia).

45 (3) Con respecto a la relación con el componente emisor de luz, el material fluorescente debe ser capaz de absorber con alta eficacia la luz de alta mono-cromaticidad emitida por el componente emisor de luz y de emitir luz de una longitud de onda distinta a la de la luz emitida por el componente emisor de luz.

Así, la presente invención proporciona un dispositivo emisor de luz de acuerdo con la reivindicación 1.

El semiconductor de un compuesto de nitruro (generalmente representado por la fórmula química  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ , donde  $0 \leq i$ ,  $0 \leq j$ ,  $0 \leq k$  e  $i + j + k = 1$ ) mencionado anteriormente contiene diversos materiales que incluyen  $\text{InGaN}$  y  $\text{GaN}$  dopados con diversas impurezas.

50 El fósforo mencionado anteriormente contiene varios materiales definidos según lo descrito anteriormente, incluyendo

$Y_3Al_5O_{12}:Ce$  y  $Gd_3In_5O_{12}:Ce$ .

Debido a que el dispositivo emisor de luz de la presente invención usa el componente emisor de luz hecho de un semiconductor de un compuesto de nitruro capaz de emitir luz con alta luminancia, el dispositivo emisor de luz es capaz de emitir luz con alta luminancia. También el fósforo usado en el dispositivo emisor de luz tiene excelente resistencia ante la luz por lo que las propiedades fluorescentes del mismo experimentan menos cambio incluso cuando se usa durante un periodo prolongado de tiempo, mientras está expuesto a luz de alta intensidad. Esto posibilita reducir la degradación de características durante un largo periodo de uso y reducir el deterioro debido a la luz de alta intensidad emitida por el componente emisor de luz así como a la luz extrínseca (luz solar, incluyendo la luz ultravioleta, etc.) durante el uso en el exterior, para proporcionar de este modo un dispositivo emisor de luz que experimenta un desplazamiento de color extremadamente menor y menos reducción de luminancia. El dispositivo emisor de luz de la presente invención también puede ser usado en aplicaciones tales que requieren velocidades de respuesta tan altas como de 120 nseg., por ejemplo, porque el fósforo usado en el mismo permite la pos-luminiscencia solamente durante un breve periodo de tiempo.

En el dispositivo emisor de luz de la presente invención, el principal valor máximo de emisión del componente emisor de luz está fijado dentro del intervalo entre 400 nm y 530 nm y la longitud de onda de la emisión principal del fósforo está fijada para que sea más larga que el principal valor máximo de emisión del componente emisor de luz. Esto posibilita emitir eficazmente luz blanca.

Además en el dispositivo emisor de luz de la presente invención, es preferible que la capa emisora de luz del componente emisor de luz contenga un semiconductor de nitruro de galio que contenga In. Otras características preferidas de las realizaciones de la presente invención están descritas en las reivindicaciones dependientes.

En general, un material fluorescente que absorbe la luz de una longitud de onda corta y emite luz de una longitud de onda larga tiene mayor eficacia que un material fluorescente que absorbe la luz de una longitud de onda larga y emite luz de una longitud de onda corta. Es preferible usar un componente emisor de luz que emita luz visible que un componente emisor de luz que emita luz ultravioleta que degrada la resina (el material de moldeado, el material de revestimiento, etc.). Así para el diodo emisor de luz de la presente invención, con el fin de mejorar la eficacia emisora de luz y de garantizar una larga vida, el principal valor máximo de emisión del componente emisor de luz se fija dentro de un intervalo de longitudes de onda relativamente cortas entre 420 nm y 475 nm en la región de luz visible y la longitud de onda de la emisión principal del fósforo se fija para que sea más larga que el principal valor máximo de emisión del componente emisor de luz. Con esta disposición, debido a que la luz convertida por el material fluorescente tiene una longitud de onda más larga que la de la luz emitida por el componente emisor de luz, no será absorbida por el componente emisor de luz incluso cuando el componente emisor de luz esté irradiado con luz que ha sido reflejada y convertida por el material fluorescente (dado que la energía de la luz convertida es menor que la energía de la brecha de banda). Por tanto en una realización de la presente invención, la luz que ha sido reflejada por el material fluorescente o similar es reflejada por la copa en la que está montado el componente emisor de luz, posibilitando una mayor eficacia de la emisión.

#### Breve descripción de los dibujos

La invención se describe en detalle conjuntamente con los dibujos, en los que:

La Fig. 1 es una vista seccional esquemática de un diodo emisor de luz de tipo conductor.

La Fig. 2 es una vista seccional esquemática de un diodo emisor de luz de tipo punta.

La Fig. 3A es un gráfico que muestra el espectro de excitación del material fluorescente de granate activado por el cerio usado en la primera realización de la presente invención.

La Fig. 3B es un gráfico que muestra el espectro de emisión del material fluorescente de granate activado por el cerio usado en la primera realización de la presente invención.

La Fig. 4 es un gráfico que muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz de la primera realización de la presente invención.

La Fig. 5A es un gráfico que muestra el espectro de excitación del material fluorescente de itrio-aluminio-granate activado por el cerio usado en la segunda realización de la presente invención.

La Fig. 5B es un gráfico que muestra el espectro de emisión del material fluorescente de itrio-aluminio-granate, activado por el cerio usado en la segunda realización de la presente invención.

La Fig. 6 muestra el diagrama de cromaticidad de la luz emitida por el diodo emisor de luz de la segunda realización, mientras que los puntos A y B indican los colores de la luz emitida por el componente emisor de luz y los puntos C y D indican los colores de la luz emitida por dos clases de fósforos.

- La Fig. 7 es una vista seccional esquemática de la fuente de luz plana.
- La Fig. 8 es una vista seccional esquemática de otra fuente de luz plana distinta a la de la Fig. 7.
- La Fig. 9 es una vista seccional esquemática de otra fuente de luz plana distinta a las de las Fig. 7 y la Fig. 8.
- La Fig. 10 es un diagrama de bloques de un dispositivo de visualización que es una aplicación de la presente invención.
- 5 La Fig. 11 es una vista en planta del dispositivo visualizador de LED de la unidad de visualización de la Fig. 10.
- La Fig. 12 es una vista en planta del dispositivo visualizador de LED en el que un píxel está constituido a partir de cuatro diodos emisores de luz.
- La Fig. 13A muestra los resultados de pruebas de vida durable de los diodos emisores de luz del Ejemplo 1 y el Ejemplo Comparativo 1, mostrando los resultados a 25 °C y la Fig. 13B muestra los resultados de prueba de vida durable de los diodos emisores de luz del Ejemplo 1 y el Ejemplo Comparativo 1, mostrando los resultados a 60 °C y al 90 % de humedad relativa.
- 10 La Fig. 14A muestra los resultados de pruebas de adaptabilidad climática del Ejemplo 9 y el Ejemplo Comparativo 2 mostrando el cambio de la proporción de retención de luminancia en el tiempo y la Fig. 14B muestra los resultados de pruebas de adaptabilidad climática del Ejemplo 9 y el Ejemplo Comparativo 2 mostrando el tono del color antes y después de la prueba.
- 15 La Fig. 15A muestra los resultados de pruebas de fiabilidad del Ejemplo 9 y el Ejemplo Comparativo 2 mostrando la relación entre la proporción de retención de luminancia y el tiempo y la Fig. 15B es un gráfico que muestra la relación entre el tono del color y el tiempo.
- La Fig. 16 es un diagrama de cromaticidad que muestra la gama de tonos de color que puede obtenerse con un diodo emisor de luz que combina los materiales fluorescentes mostrados en la Tabla 1 y el LED azul que tiene una longitud de onda máxima en 465 nm.
- 20 La Fig. 17 es un diagrama de cromaticidad que muestra el cambio en el tono del color cuando la concentración del material fluorescente se cambia en el diodo emisor de luz que combina los materiales fluorescentes mostrados en la Tabla 1 y el LED azul que tiene una longitud de onda máxima en 465 nm.
- 25 La Fig. 18A muestra el espectro de emisión del fósforo  $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 2.
- la Fig. 18B muestra el espectro de emisión del componente emisor de luz del Ejemplo 2 que tiene la longitud de onda máxima de emisión de 460 nm.
- La Fig. 18C muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 2.
- La Fig. 19A muestra el espectro de emisión del fósforo  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 5.
- 30 La Fig. 19B muestra el espectro de emisión del componente emisor de luz del Ejemplo 5 que tiene la longitud de onda máxima de emisión de 450 nm.
- La Fig. 19C muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 5.
- La Fig. 20A muestra el espectro de emisión del fósforo  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 6.
- La Fig. 20B muestra el espectro de emisión del componente emisor de luz del Ejemplo 6 que tiene la longitud de onda máxima de emisión de 450 nm.
- 35 La Fig. 20C muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 6.
- La Fig. 21A muestra el espectro de emisión del fósforo  $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 7.
- La Fig. 21B muestra el espectro de emisión del componente emisor de luz del Ejemplo 7 que tiene la longitud de onda máxima de emisión de 450 nm.
- 40 La Fig. 21C muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 7.
- La Fig. 22A muestra el espectro de emisión del fósforo  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 11.
- La Fig. 22B muestra el espectro de emisión del fósforo  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  del Ejemplo 11.

La Fig. 22C muestra el espectro de emisión del componente emisor de luz del Ejemplo 11 que tiene la longitud de onda máxima de emisión de 470 nm.

La Fig. 23 muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 11.

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

5 Con referencia ahora a los dibujos adjuntos, se describirán a continuación las realizaciones preferidas de la presente invención.

10 Un diodo emisor de luz 100 de la Fig. 1 es un diodo emisor de luz de tipo conductor que tiene un conductor de montaje 105 y un conductor interno 106, en el que un componente emisor de luz 102 está instalado en una copa 105a del conductor de montaje 105 y la copa 105a está rellena con una resina de revestimiento 101 que contiene un fósforo especificado para cubrir el componente emisor de luz 102 y está moldeada en resina. Un electrodo n y un electrodo p del componente emisor de luz 102 están conectados con el conductor de montaje 105 y el conductor interno 106, respectivamente, por medio de los cables 103.

15 En el diodo emisor de luz constituido según lo descrito anteriormente, parte de la luz emitida por el componente emisor de luz (chip de LED) 102 (mencionado en adelante en la presente memoria como una luz de LED) excita el fósforo contenido en la resina de revestimiento 101 para generar luz fluorescente que tiene una longitud de onda distinta a la de la luz de LED, por lo que la luz fluorescente emitida por el fósforo y la luz de LED que es emitida sin contribuir a la excitación del fósforo se mezclan y se emiten. Como resultado, el diodo emisor de luz 100 también emite luz que tiene una longitud de onda distinta a la de la luz de LED emitida por el componente emisor de luz 102.

20 La Fig. 2 muestra un diodo emisor de luz de tipo chip, en el que el diodo emisor de luz (chip de LED) 202 está instalado en un hueco de una cubierta 204 que está rellena con un material de revestimiento que contiene un fósforo especificado para formar un revestimiento 201. El componente emisor de luz 202 está fijado usando una resina epoxi o similar, que contiene Ag, por ejemplo y un electrodo n y un electrodo p del componente emisor de luz 202 están conectados con terminales metálicos 205 instalados en la cubierta 204 por medio de cables conductores 203. En el diodo emisor de luz de tipo chip constituido según lo descrito anteriormente, de manera similar al diodo emisor de luz de tipo conductor de la Fig. 1, la luz fluorescente emitida por el fósforo y la luz de LED que es transmitida sin ser absorbida por el fósforo se mezclan y se emiten, por lo que el diodo emisor de luz 200 también emite luz con una longitud de onda distinta a la de la luz de LED emitida por el componente emisor de luz 202.

El diodo emisor de luz que contiene el fósforo según lo descrito anteriormente tiene las siguientes características.

30 1. La luz emitida por un componente emisor de luz (LED) se emite usualmente a través de un electrodo que suministra energía eléctrica al componente emisor de luz. La luz emitida es parcialmente bloqueada por el electrodo formado sobre el componente emisor de luz dando como resultado un patrón de emisión específico y por lo tanto no es emitida uniformemente en cada dirección. El diodo emisor de luz que contiene el material fluorescente, sin embargo, puede emitir luz uniformemente sobre un amplio intervalo sin formar un patrón de emisión indeseable porque la luz es emitida después de ser difundida por el material fluorescente.

35 2. Aunque la luz emitida por el componente emisor de luz (LED) tiene un máximo monocromático, el máximo es ancho y tiene una propiedad de alta representación cromática. Esta característica es una ventaja indispensable para una aplicación que requiere longitudes de onda de un intervalo relativamente amplio. Es deseable que la fuente de luz para un escaneador de imágenes ópticas, por ejemplo, tenga un máximo de emisión más amplio.

40 Los diodos emisores de luz de las realizaciones primera y segunda a describirse más adelante tienen la configuración mostrada en la Fig. 1 o la Fig. 2 en la que se combinan un componente emisor de luz que usa un semiconductor de compuesto de nitruro que tiene energía relativamente alta en la región visible y un fósforo específico y tienen propiedades favorables tales como la capacidad de emitir luz de alta luminancia y menos degradación de la eficacia de emisión lumínica y menos desplazamiento del color a lo largo de un periodo de uso prolongado.

45 En general, un material fluorescente que absorbe luz de una longitud de onda corta y que emite luz de una longitud de onda larga tiene mayor eficacia que un material fluorescente que absorbe luz de una longitud de onda larga y emite luz de una longitud de onda corta y por lo tanto es preferible usar un componente emisor de luz de un semiconductor de un compuesto de nitruro que sea capaz de emitir luz azul de longitud de onda corta. No hace falta decir que es preferible el uso de un componente emisor de luz que tenga alta luminancia.

50 Un fósforo a usar en combinación con el componente emisor de luz de semiconductor de un compuesto de nitruro debe tener los siguientes requisitos:

1. Excelente resistencia ante la luz para soportar luz de una alta intensidad durante un largo periodo de tiempo, porque el material fluorescente se instala en la vecindad de los componentes emisores de luz 102, 202 y está expuesto a luz de una

intensidad tan alta como de alrededor de entre 30 y 40 veces la de la luz solar.

2. Capacidad para emitir eficazmente luz en la región azul para la excitación por medio de los componentes emisores de luz 102, 202. Cuando se usa la mezcla de colores, debería ser capaz de emitir luz azul, no por rayos ultravioletas, con una alta eficacia.

5 3. Capacidad de emitir luz desde regiones verdes a rojas con el fin de mezclarla con luz azul para generar luz blanca.

4. Buena característica de temperatura adecuada para su ubicación en la vecindad de los componentes emisores de luz 102, 202 y de la influencia resultante de la diferencia de temperatura debida al calor generado por el chip al iluminar.

5. Capacidad de cambiar continuamente el tono del color en términos de la proporción de la composición o proporción de mezcla de una pluralidad de materiales fluorescentes.

10 6. Adaptabilidad climática para el entorno operativo del diodo emisor de luz.

#### Realización 1

El diodo emisor de luz de la primera realización de la presente invención emplea un elemento semiconductor de compuesto de nitruro de galio que tiene una brecha de banda de alta energía en la capa emisora de luz y es capaz de emitir luz azul y un fósforo de granate activado con cerio en combinación. Con esta configuración, el diodo emisor de luz de la primera realización puede emitir luz blanca mezclando la luz azul emitida por los componentes emisores de luz 102, 202 y la luz amarilla emitida por el fósforo excitado por la luz azul.

Debido a que el fósforo de granate activado con cerio que se usa en el diodo emisor de luz de la primera realización tiene resistencia a la luz y adaptabilidad climática, puede emitir luz con grados extremadamente pequeños de desplazamiento del color y de disminución en la luminancia de la luz emitida incluso cuando es irradiado por una luz muy intensa emitida por los componentes emisores de luz 102, 202 situados en la vecindad durante un largo periodo de tiempo.

Los componentes del diodo emisor de luz de la primera realización serán descritos en detalle a continuación.

#### (Fósforo)

El fósforo usado en el diodo emisor de luz de la primera realización es un fósforo que, cuando es excitado por la luz visible o los rayos ultravioletas emitidos por la capa emisora de luz semiconductor, emite luz de una longitud de onda distinta a la de la luz excitante. El fósforo es específicamente material fluorescente de granate activado con cerio que contiene al menos un elemento seleccionado entre Y, Lu, Sc, La, Gd y Sm y al menos un elemento seleccionado entre Al, Ga e In. De acuerdo con la presente invención, el material fluorescente es preferiblemente material fluorescente de itrio-aluminio-granate (fósforo YAG) activado con cerio, o un material fluorescente representado por la fórmula general  $(Re_{1-r}Sm_r)_3(Al_{1-s}Ga_s)_5O_{12}:Ce$ , donde  $0 \leq r < 1$  y  $0 \leq s \leq 1$  y Re es al menos uno seleccionado entre Y y Gd. En el caso en que la luz de LED emitida por el componente emisor de luz que emplea el semiconductor de un compuesto de nitruro de galio y la luz fluorescente emitida por el fósforo que tiene color corporal amarillo estén en la relación de colores complementarios, el color blanco puede ser emitido mezclando la luz de LED y la luz fluorescente.

En la primera realización, debido a que el fósforo se usa mezclando con una resina que compone la resina de revestimiento 101 y el material de revestimiento 201 (detallados más adelante), el tono del color del diodo emisor de luz puede ser ajustado incluyendo el blanco y el color de lámpara incandescente controlando la proporción de mezcla con la resina o la cantidad usada en rellenar la copa 105 o el hueco de la cubierta 204, de acuerdo con la longitud de onda de la luz emitida por el componente emisor de luz de nitruro de galio.

La distribución de la concentración de fósforo tiene influencia también sobre la mezcla de colores y la durabilidad. Es decir, cuando la concentración de fósforo aumenta a partir de la superficie del revestimiento o moldeado donde está contenido el fósforo, hacia el componente emisor de luz, se torna menos probable que sea afectado por humedad extrínseca facilitando por ello suprimir el deterioro debido a la humedad. Por otra parte, cuando la concentración de fósforo aumenta desde el componente emisor de luz hacia la superficie del moldeado, se torna más probable que sea afectada por humedad extrínseca, pero menos probable que sea afectada por el calor y la radiación desde el componente emisor de luz, posibilitando así suprimir el deterioro del fósforo. Tales distribuciones de la concentración de fósforo pueden lograrse seleccionando o controlando el material que contiene el fósforo, conformando la temperatura o la viscosidad y la configuración y la distribución de partículas del fósforo.

Usando el fósforo de la primera realización, puede hacerse un diodo emisor de luz que tenga excelentes características de emisión, porque el material fluorescente tiene suficiente resistencia a la luz para un funcionamiento de alta eficacia, incluso cuando está dispuesto adyacente a, o en la vecindad de los componentes emisores de luz 102, 202, con una intensidad de radiación ( $E_e$ ) dentro del intervalo entre  $3 \text{ Wcm}^{-2}$  y  $10 \text{ Wcm}^{-2}$ .

El fósforo usado en la primera realización, debido a la estructura del granate, es resistente al calor, la luz y la humedad y por lo tanto es capaz de absorber luz de excitación que tiene un máximo en una longitud de onda cerca de los 450 nm según se muestra en la Fig. 3A. También emite luz de amplio espectro que tiene un máximo cerca de los 580 nm rebajándose en 700 nm según se muestra en la Fig. 3B. Además, la eficacia de la emisión de luz excitada en una región de longitudes de onda de 460 nm y más puede aumentarse incluyendo Gd en el cristal del fósforo de la primera realización. Cuando se aumenta el contenido de Gd, la longitud de onda de máxima emisión se desplaza hacia una longitud de onda más larga y el espectro de emisión entero se desplaza hacia longitudes de onda más largas. Esto significa que, cuando se requiere la emisión de luz más rojiza, puede lograrse aumentando el grado de sustitución con Gd. Cuando se aumenta el contenido de Gd, la luminancia de la luz emitida por fotoluminiscencia sometida a luz azul tiende a disminuir.

Especialmente cuando parte del Al es sustituido por Ga entre la composición del material fluorescente YAG que tiene estructura de granate, la longitud de onda de la luz emitida se desplaza hacia una longitud de onda más corta y cuando parte del Y es sustituido por Gd, la longitud de onda de la luz emitida se desplaza hacia una longitud de onda más larga.

La Tabla 1 muestra la composición y las características emisoras de luz del material fluorescente YAG representado por la fórmula general  $(Y_{1-a}Gd_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce$ .

Tabla 1

N.º	Contenido a de Gd (proporción molar)	Contenido b de Ga (proporción molar)	Coordenadas de cromaticidad de CIE		Luminancia Y	Eficacia
			x	y		
1	0,0	0,0	0,41	0,56	100	100
2	0,0	0,4	0,32	0,56	61	63
3	0,0	0,5	0,29	0,54	55	67
4	0,2	0,0	0,45	0,53	102	108
5	0,4	0,0	0,47	0,52	102	113
6	0,6	0,0	0,49	0,51	97	113
7	0,8	0,0	0,50	0,50	72	86

Los valores mostrados en la Tabla 1 fueron medidos excitando el material fluorescente con luz azul de 460 nm. La luminancia y la eficacia en la Tabla 1 están dadas en valores relativos a los del material N.º 1, que se fijan en 100.

Cuando se sustituye Al por Ga, la proporción está preferiblemente dentro del intervalo desde Ga:Al = 1:1 a 4,6, en consideración de la eficacia de emisión y de la longitud de onda de la emisión. De manera similar, cuando se sustituye Y por Gd, la proporción está preferiblemente dentro del intervalo desde Y: Gd = 9:1 a 1:9 y más preferiblemente desde 4:1 a 2:3. Esto es porque un grado de sustitución por Gd por debajo del 20 % da como resultado un color de un mayor componente verde y un menor componente rojo y un grado de sustitución por Gd por encima del 60 % da como resultado un componente rojo aumentado pero una rápida disminución en la luminancia. Cuando la proporción Y:Gd de Y y Gd en el material fluorescente YAG se fija dentro del intervalo entre 4:1 y 2:3, en particular, puede hacerse un diodo emisor de luz capaz de emitir luz blanca esencialmente a lo largo del emplazamiento de radiación del cuerpo negro, usando una clase de material fluorescente de itrio-aluminio-granate, según la longitud de onda de emisión del componente emisor de luz. Cuando la proporción Y:Gd de Y y Gd en el material fluorescente YAG se fija dentro del intervalo entre 2:3 y 1:4, puede hacerse un diodo emisor de luz capaz de emitir luz de lámpara incandescente aunque la luminancia es baja. Cuando el contenido (grado de sustitución) de Ce se fija dentro del intervalo entre 0,003 a 0,2, puede lograrse la intensidad luminosa relativa del diodo emisor de luz de no menos del 70 %. Cuando el contenido es menos de 0,003, la intensidad luminosa disminuye porque el número de centros de emisión de fotoluminiscencia excitados debido al Ce disminuye y cuando el contenido es mayor que 0,2, ocurre la sofocación de densidad.

Por tanto la longitud de onda de la luz emitida puede ser desplazada a una longitud de onda más corta, sustituyendo parte del Al de la composición por Ga y la longitud de onda de la luz emitida puede ser desplazada a una longitud de onda más larga sustituyendo parte del Y de la composición por Gd. De esta manera, el color de la luz de emisión puede cambiarse continuamente cambiando la composición. Además el material fluorescente es escasamente excitado por líneas de emisión de Hg que tengan longitudes de onda tales como 254 nm y 365 nm, pero es excitado con mayor eficacia por la luz de LED emitida por un componente emisor de luz azul que tenga una longitud de onda de alrededor de 450 nm. Por



tanto el material fluorescente tiene características ideales para convertir la luz azul del componente emisor de luz del semiconductor de nitruro en luz blanca, tales como la capacidad de cambiar continuamente la longitud de onda máxima cambiando la proporción de Gd.

5 De acuerdo con la primera realización, la eficacia de la emisión de luz del diodo emisor de luz puede ser adicionalmente mejorada combinando el componente emisor de luz que emplea el semiconductor de nitruro de galio y el fósforo hecho añadiendo el elemento de tierras raras samario (Sm) a los materiales fluorescentes itrio-aluminio-granate (YAG) activados con cesio.

10 El material para hacer tal fósforo se hace usando óxidos de Y, Gd, Ce, Sm, Al y Ga o compuestos que puedan ser fácilmente convertidos en estos óxidos a alta temperatura y mezclando suficientemente estos materiales en proporciones estequiométricas. Esta mezcla se mezcla con una cantidad adecuada de un fluoruro tal como fluoruro de amonio usado como un fundente y se calienta al fuego en un crisol a una temperatura de entre 1.350 y 1.450 °C en el aire durante entre 2 y 5 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido para obtener de este modo ello el material deseado.

15 En el procedimiento de producción descrito anteriormente, el material de mezcla también puede hacerse disolviendo los elementos de tierras raras Y, Gd, Ce y Sm en proporciones estequiométricas en un ácido, co-precipitando la solución con ácido oxálico y calentando al fuego el co-precipitado para obtener un óxido del co-precipitado y luego mezclándolo con óxido de aluminio y óxido de galio.

20 El fósforo representado por la fórmula general  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  puede emitir luz de longitudes de onda de 460 nm y más largas con mayor eficacia tras la excitación, porque el Gd está contenido en el cristal. Cuando el contenido de gadolinio aumenta, la longitud de onda máxima de la emisión se desplaza desde 530 nm a una longitud de onda más larga, de hasta 570 nm, mientras que el espectro de emisión entero también se desplaza a longitudes de onda más largas. Cuando se necesita luz de un tono rojo más fuerte, puede lograrse aumentando la cantidad de Gd añadido para la sustitución. Cuando se aumenta el contenido de Gd, disminuye gradualmente la luminancia de fotoluminiscencia con luz azul. Por lo tanto, el valor de p es preferiblemente 0,8 o menos o, más preferiblemente, 0,7 o menos. Más preferiblemente aún es de 0,6 o menos.

25 Se puede hacer que el fósforo representado por la fórmula general  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$ , incluyendo Sm, esté sujeto a menos dependencia de la temperatura independientemente del contenido aumentado de Gd. Es decir, el fósforo, cuando está contenido el Sm, tiene luminancia de emisión sumamente mejorada a mayores temperaturas. La extensión de la mejora aumenta según se aumenta el contenido de Gd. La característica de la temperatura puede ser sumamente mejorada en particular por la adición de Sm en el caso de material fluorescente de una composición tal como de tono rojo se refuerza aumentando el contenido de Gd, porque tiene malas características de temperatura. La característica de temperatura mencionada aquí se mide en términos de la proporción (%) de luminancia de emisión del material fluorescente a una alta temperatura (200 °C) con relación a la luminancia de emisión de la excitación de la luz azul que tiene una longitud de onda de 450 nm a la temperatura normal (25 °C).

35 La proporción de Sm está preferiblemente dentro del intervalo de  $0,0003 \leq r \leq 0,08$  para dar una característica de temperatura del 60 % o más. El valor de r por debajo de este intervalo lleva a un menor efecto de mejorar la característica de temperatura. Cuando el valor de r está por encima de este intervalo, por el contrario, la característica de temperatura se deteriora. El intervalo de  $0,0007 \leq r \leq 0,02$ , para la proporción de Sm allí donde la característica de temperatura llega a ser del 80 % o más alta es más deseable.

40 La proporción q de Ce está, preferiblemente, en un intervalo de  $0,003 \leq q \leq 0,2$ , lo que posibilita una luminancia de emisión relativa del 70 % o más. La luminancia de emisión relativa se refiere a la luminancia de emisión en términos del porcentaje para la luminancia de emisión de un material fluorescente donde  $q = 0,03$ .

45 Cuando la proporción q de Ce es de 0,003 o menos, la luminancia disminuye porque el número de centros de emisión excitados de fotoluminiscencia de emisión debida al Ce disminuye y cuando q es mayor que 0,2, ocurre la sofocación de densidad. La sofocación de densidad se refiere a la disminución en la intensidad de emisión que ocurre cuando la concentración de un agente de activación añadido para aumentar la luminancia del material fluorescente aumenta más allá de un nivel óptimo.

50 También puede usarse una mezcla de dos o más clases de fósforos que tienen composiciones de  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  que tengan distintos contenidos de Al, Ga, Y y Gd o Sm. Esto aumenta los componentes RGB y permite la aplicación, por ejemplo, para un dispositivo visualizador de cristal líquido de colorido completo, usando un filtro de color.

(Componentes emisores de luz 102, 202)

El componente emisor de luz está preferiblemente incrustado en un material de moldeado según se muestra en la Fig. 1 y

la Fig. 2. El componente emisor de luz usado en el diodo emisor de luz de la presente invención es un semiconductor de un compuesto de nitruro de galio, capaz de excitar eficazmente los materiales fluorescentes de granate activados con cerio. Los componentes emisores de luz 102, 202 que emplean el semiconductor de un compuesto de nitruro de galio se hacen formando una capa emisora de luz de un semiconductor de nitruro de galio tal como InGaN sobre un sustrato en el procedimiento MOCVD. La estructura del componente emisor de luz puede ser una homo-estructura, una hetero-estructura o una doble hetero-estructura, que tengan Juntura MIS, Juntura PIN o Juntura PN. Pueden seleccionarse diversas longitudes de onda de emisión según el material de la capa semiconductor y la cristalinidad del mismo. También puede hacerse en una estructura de pozo cuántico único o una estructura de pozo cuántico múltiple donde se forma una capa de activación semiconductor tan delgada como que pueda ocurrir el efecto cuántico. De acuerdo con la presente invención, un diodo emisor de luz capaz de emitir con mayor luminancia sin deterioro del fósforo puede ser hecho formando la capa de activación del componente emisor de luz en una estructura de pozo cuántico único de InGaN.

Cuando se usa un semiconductor de un compuesto de nitruro de galio, si bien pueden usarse zafiro, spinel, SiC, Si, ZnO o similares como el sustrato semiconductor, el uso del sustrato de zafiro es preferible a fin de formar nitruro de galio de buena cristalinidad. Una capa semiconductor de nitruro de galio se forma sobre el sustrato de zafiro para formar una Juntura PN mediante una capa amortiguadora de GaN, AlN, etc. El semiconductor de nitruro de galio tiene conductividad de tipo N a condición de no estar dopado con impureza alguna, aunque a fin de formar un semiconductor de nitruro de galio de tipo N con las propiedades deseadas (concentración portadora, etc.) tal como una eficacia mejorada de la emisión de luz, es preferible doparlo con un dopante de tipo N, tal como Si, Ge, Se, Te y C. A fin de formar un semiconductor de nitruro de galio de tipo P, por otra parte, es preferible doparlo con una sustancia de tipo P tal como Zn, Mg, Be, Ca, Sr y Ba. Debido a que es difícil convertir un semiconductor de un compuesto de nitruro de galio al tipo P simplemente dopando con un dopante de tipo P, es preferible tratar el semiconductor del compuesto de nitruro de galio dopado con un dopante de tipo P en un procedimiento tal como el calentamiento en un horno, la irradiación con un haz de electrones de baja velocidad y la irradiación de plasma, para convertirlo de este modo a un tipo P. Después de exponer las superficies de tipo P y los semiconductores de nitruro de galio de tipo N a grabado o a otros procedimientos, los electrodos de las formas deseadas se forman sobre las capas semiconductoras por rociado o deposición de vapor.

Luego la oblea semiconductor que ha sido formada se corta en trozos por medio de una sierra de corte en cubos, o se separa por una fuerza externa después de cortar surcos (semi-cortados) que tengan un ancho mayor que el ancho del borde de la hoja. O bien, de otra manera, la oblea se corta en astillas trazando un patrón de rejilla de líneas extremadamente finas sobre la oblea semiconductor por medio de un trazador que tenga un estilete de diamante que haga un movimiento recto recíproco. De tal modo puede hacerse el componente emisor de luz de un semiconductor de un compuesto de nitruro de galio.

A fin de emitir luz blanca con el diodo emisor de luz de la primera realización, la longitud de onda emitida por el componente emisor de luz está entre 400 nm y 530 nm inclusive en consideración de la relación cromática complementaria con el fósforo y el deterioro de la resina y más preferiblemente, entre 420 nm y 490 nm inclusive. Es aún más preferible que la longitud de onda esté entre 450 nm y 475 nm, a fin de mejorar la eficacia de emisión del componente emisor de luz y del fósforo. El espectro de emisión del diodo emisor de luz blanca de la primera realización se muestra en la Fig. 4. El componente emisor de luz mostrado aquí es de un tipo conductor mostrado en la Fig. 1, que emplea el componente emisor de luz y el fósforo de la primera realización a describirse más adelante. En la Fig. 4, la emisión que tiene un valor máximo alrededor de 450 nm es la luz emitida por el componente emisor de luz y la emisión que tiene un valor máximo de alrededor de 570 nm es la emisión de fotoluminiscencia excitada por el componente emisor de luz.

La Fig. 16 muestra los colores que pueden representarse por el diodo emisor de luz blanca hecho combinando el material fluorescente mostrado en la Tabla 1 y el LED (componente emisor de luz) azul que tiene una longitud de onda máxima de 465 nm. El color de la luz emitida por este diodo emisor de luz blanca corresponde a un punto sobre una línea recta que conecta un punto de cromaticidad generado por el LED azul y un punto de cromaticidad generado por el material fluorescente y por lo tanto, la amplia región de luz blanca (parte sombreada en la Fig. 16) en la parte central del diagrama de cromaticidad puede ser totalmente cubierta usando los materiales fluorescentes 1 a 7 en la Tabla 1.

La Fig. 17 muestra el cambio del color de emisión cuando se cambian los contenidos de materiales fluorescentes en el diodo emisor de luz blanca. Los contenidos de materiales fluorescentes se dan en un porcentaje del peso para la resina usada en el material de revestimiento. Como se verá a partir de la Fig. 17, el color de la luz se aproxima al de los materiales fluorescentes cuando aumenta el contenido del material fluorescente y se aproxima al del LED azul cuando se reduce el contenido del material fluorescente.

De acuerdo con la presente invención, un componente emisor de luz que no excita el material fluorescente se usa junto con el componente emisor de luz que emite luz que excita el material fluorescente. Específicamente, además del componente emisor de luz que es un semiconductor de un compuesto de nitruro capaz de excitar el material fluorescente, se dispone conjuntamente un componente emisor de luz que tenga una capa emisora de luz hecha de fosfato de galio, arseniuro de aluminio y galio, fosfato de arsénico y galio o fosfato de aluminio e indio. Con esta configuración, la luz

emitida por el componente emisor de luz que no excita el material fluorescente se irradia al exterior sin ser absorbida por el material fluorescente, formando un diodo emisor de luz que puede emitir luz roja / blanca.

Otros componentes de los diodos emisores de luz de la Fig. 1 y de la Fig. 2 serán descritos más adelante.

(Cables conductores 103, 203)

- 5 Los cables conductores 103, 203 deberían tener buena conductividad eléctrica, buena conductividad térmica y buena conexión mecánica con los electrodos de los componentes emisores de luz 102, 202. La conductividad térmica es preferiblemente de  $0,042\text{J (0,01 cal) / (s) (cm}^2\text{) (}^\circ\text{C / cm)}$  o más y más preferiblemente, de  $2,09\text{J (0,5 cal) / (s) (cm}^2\text{) (}^\circ\text{C / cm)}$  o más. Para mayor facilidad de trabajo, el diámetro del cable conductor está, preferiblemente, entre  $10\ \mu\text{m}$  y  $45\ \mu\text{m}$  inclusive. Incluso cuando se usa el mismo material tanto para el revestimiento que incluye el material fluorescente como para el moldeado, debido a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica debida al material fluorescente contenido en cualquiera de los dos materiales anteriores, es probable que el cable conductor se rompa en la interfaz. Por este motivo, el diámetro del cable conductor es preferiblemente de no menos de  $25\ \mu\text{m}$  y a causa del área emisora de luz y de la facilidad de manipulación, preferiblemente de  $35\ \mu\text{m}$ . El cable conductor puede ser de un metal tal como oro, cobre, platino y aluminio, o una aleación de los mismos. Cuando se usa un cable conductor de tal material y configuración, puede ser fácilmente conectado a los electrodos de los componentes emisores de luz, al conductor interno y al conductor de montaje por medio de un dispositivo de ligadura de cables.

(Conductor de montaje 105)

- El conductor de montaje 105 comprende una copa 105a y un conductor 105b y es suficiente que tenga bastante tamaño como para montar el componente emisor de luz 102 con el dispositivo de ligadura de cables en la copa 105a. En el caso de que una pluralidad de componentes emisores de luz estén instalados en la copa y el conductor de montaje se usa como electrodo común para el componente emisor de luz, debido a que pueden usarse distintos materiales de electrodo, se requiere una suficiente conductividad eléctrica y una buena conductividad con el cable de ligadura y otros. Cuando el componente emisor de luz se instala en la copa del conductor de montaje y la copa se llena con el material fluorescente, la luz emitida por el material fluorescente, incluso si es isotrópico, es reflejada por la copa en una dirección deseada y por lo tanto puede evitarse la iluminación errónea debida a la luz de otro diodo emisor de luz montado en las cercanías. La iluminación errónea se refiere aquí a un fenómeno tal como otro diodo emisor de luz montado en las cercanías que parece como que ilumina a pesar de no estar alimentado con energía.

- La ligadura del componente emisor de luz 102 y del conductor de montaje 105 con la copa 105a puede lograrse por medio de una resina termoplástica tal como la resina epoxi, la resina acrílica y la resina de imido. Cuando se usa un componente emisor de luz orientado hacia abajo (un tipo de componente emisor de luz tal que la luz emitida se extrae del lado del sustrato y se configura para montar los electrodos opuestos a la copa 105a), pueden usarse pasta de Ag, pasta de carbón, un saliente metálico o similares para ligar y conectar eléctricamente el componente emisor de luz y el conductor de montaje al mismo tiempo. Además, a fin de mejorar la eficacia de la utilización de la luz del diodo emisor de luz, la superficie de la copa del conductor de montaje sobre la que se monta el componente emisor de luz puede ser pulida como espejo para dar una función de reflejo a la superficie. En este caso, la aspereza de la superficie está preferiblemente entre  $0,1\ \text{S}$  (unidad japonesa de acuerdo con la norma ISO 468 de 1982) y  $0,8\ \text{S}$  (unidad japonesa de acuerdo con la norma ISO 468 de 1982) inclusive. La resistencia eléctrica del conductor de montaje es preferiblemente de  $300\ \mu\Omega\text{-cm}$  o menos y más preferiblemente alrededor de  $3\ \mu\Omega\text{-cm}$  o menos. Cuando una pluralidad de componentes que emiten luz se monta sobre el conductor de montaje, los componentes emisores de luz generan una cantidad significativa de calor y por lo tanto, se requiere una alta conductividad térmica. Específicamente, la conductividad térmica es preferiblemente  $0,042\text{J (0,01 cal) / (s) (cm}^2\text{) (}^\circ\text{C / cm)}$  o más y más preferiblemente de  $2,09\text{J (0,5 cal) / (s) (cm}^2\text{) (}^\circ\text{C / cm)}$  o más. Los materiales que satisfacen estos requisitos contienen acero, cobre, acero revestido con cobre, estaño revestido con cobre y cerámicas metalizadas.

(Conductor interno 106)

- El conductor interno 106 está conectado a uno de los electrodos del componente emisor de luz 102 montado sobre el conductor de montaje 105 por medio de un cable conductor o similar. En el caso de un diodo emisor de luz donde una pluralidad de los componentes emisores de luz se instalan sobre el conductor de montaje, es necesario disponer una pluralidad de conductores internos 106 de forma tal que los cables conductores no se toquen entre sí. Por ejemplo, el contacto de los cables conductores entre sí puede ser evitado aumentando el área de la cara extrema donde el conductor interno está ligado por cable según aumenta la distancia desde el conductor de montaje de modo que el espacio entre los cables conductores esté asegurado. La aspereza superficial de la cara extrema del conductor interno que conecta con el cable conductor está preferiblemente entre  $1,6\ \text{S}$  y  $10\ \text{S}$  (unidad japonesa de acuerdo con la norma ISO 468 de 1982) inclusive en consideración de un contacto estrecho.

A fin de formar el conductor interno en una forma deseada, puede ser punzado por medio de un troquel. Además, puede

hacerse punzando para formar el conductor interno y luego ejerciendo presión sobre él sobre la cara extrema, para controlar de este modo el área y la altura de la cara extrema.

Se requiere que el conductor interno tenga buena conectividad con los cables de ligadura que son cables conductores y que tienen buena conductividad eléctrica. Específicamente, la resistencia eléctrica es preferiblemente de  $300 \mu\Omega\text{-cm}$  o menos y más preferiblemente de  $3 \mu\Omega\text{-cm}$  o menos. Los materiales que satisfacen estos requisitos contienen hierro, cobre, cobre con contenido de hierro, cobre con contenido de estaño, aluminio, hierro y cobre, chapados con cobre, oro o plata.

(Material de revestimiento 101)

El material de revestimiento 101 se proporciona en la copa del conductor de montaje aparte del material de moldeado 104 y en la primera realización, contiene el fósforo que convierte la luz emitida por el componente emisor de luz. El material de revestimiento puede ser un material transparente que tenga buena adaptabilidad climática tal como resina epoxi, resina de urea y resina de silicona o vidrio. Puede usarse un dispersante junto con el fósforo. Como dispersante, se usan, preferiblemente, titanato de bario, óxido de titanio, óxido de aluminio, dióxido de silicio y similares. Cuando el material fluorescente se forma por rociado, puede omitirse el material de revestimiento. En este caso, puede hacerse un diodo emisor de luz capaz de mezclar colores controlando el espesor de la película o proporcionando una abertura en la capa de material fluorescente.

(Material de moldeado 104)

El moldeado 104 tiene la función de proteger el componente emisor de luz 102, el cable conductor 103 y el material de revestimiento 101 que contiene fósforo de perturbaciones externas. De acuerdo con la primera realización, es preferible que el material de moldeado 104 contenga además un dispersante, que puede desafilarse la direccionalidad de la luz procedente del componente emisor de luz 102, dando como resultado un ángulo de visión aumentado. El material de moldeado 104 tiene la función de lente para enfocar o difundir la luz emitida por el componente emisor de luz. Por lo tanto, el material de moldeado 104 puede ser formado en una configuración de lente convexa o lente cóncava y puede tener una forma elíptica cuando se observa en la dirección del eje óptico, o una combinación de estas. Además, el material de moldeado 104 puede ser formado en una estructura de múltiples capas de distintos materiales que están laminados. Como el material de moldeado 104 se emplean preferiblemente materiales transparentes que tienen alta adaptación climática, tales como resina epoxi, resina de urea, resina de silicona o vidrio. Como el dispersante, pueden usarse el titanato de bario, el óxido de titanio, el óxido de aluminio, el dióxido de silicio y similares. Además del dispersante, también puede estar contenido el fósforo en el material de moldeado. Esto es, de acuerdo con la presente invención, el fósforo puede estar contenido bien en el material de moldeado o bien en el material de revestimiento. Cuando el fósforo está contenido en el material de moldeado, el ángulo de visión puede aumentarse adicionalmente. El fósforo puede también estar contenido tanto en el material de revestimiento como en el material de moldeado. Además, puede usarse una resina que incluya el fósforo como el material de revestimiento usando a la vez el vidrio, distinto al material de revestimiento, como el material de moldeado. Esto posibilita fabricar un diodo emisor de luz que esté menos sujeto a la influencia de la humedad con buena productividad. El moldeado y el revestimiento también pueden hacerse del mismo material a fin de hacer coincidir el índice de refracción, según la aplicación. De acuerdo con la presente invención, añadir el dispersante y / o un agente de coloración en el material de moldeado tiene los efectos de enmascarar el color del material fluorescente oscurecido y de mejorar el rendimiento de la mezcla de colores. Es decir, el material fluorescente absorbe el componente azul de la luz extrínseca y emite luz de este modo para presentar una apariencia tal como si estuviera coloreado de amarillo. Sin embargo, el dispersante contenido en el material de moldeado da un color blanco lechoso al material de moldeado y el agente de coloración produce un color deseado. Por tanto el color del material fluorescente no será reconocido por el observador. En caso de que el componente emisor de luz emita luz que tenga una longitud de onda principal de 430 nm o más, es más preferible que esté contenido un absorbente ultravioleta que sirva como estabilizador de la luz.

45 Realización diferente

El diodo emisor de luz de otra realización se hace usando un elemento provisto de un semiconductor de un compuesto de nitruro de galio que tiene brecha de banda de energía alta en la capa emisora de luz como el componente emisor de luz y un material fluorescente que incluye dos o más clases de fósforos de distintas composiciones o preferiblemente materiales fluorescentes de itrio-aluminio-granate activados con cerio como el fósforo. Con esta configuración, puede hacerse un diodo emisor de luz que permite dar un tono de color deseado controlando los contenidos de los dos o más materiales fluorescentes incluso cuando la longitud de onda de la luz de LED emitida por el componente emisor de luz se desvía del valor deseado debido a variaciones en el procedimiento de producción. En este caso, el color de emisión del diodo emisor de luz puede formarse constantemente usando un material fluorescente que tenga una longitud de onda de emisión relativamente corta para un componente emisor de luz de una longitud de onda de emisión relativamente corta y usando un material fluorescente que tenga una longitud de onda de emisión relativamente larga para un componente emisor de luz de una longitud de onda de emisión relativamente larga.

En cuanto al material fluorescente, también puede usarse un material fluorescente representado por la fórmula general  $(\text{Re}_{1-r} \text{Sm}_r)_3(\text{Al}_1\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  como el fósforo. Aquí,  $0 \leq r < 1$  y  $0 \leq s \leq 1$  y Re es al menos uno seleccionado entre Y, Gd y La. Esta configuración posibilita minimizar la desnaturalización del material fluorescente incluso cuando el material fluorescente es expuesto a una luz visible de alta intensidad y alta energía emitida por el componente emisor de luz durante un largo periodo de tiempo o cuando se usa en diversas condiciones ambientales y por lo tanto puede hacerse un diodo emisor de luz que esté sujeto a un desplazamiento cromático y a una disminución de luminancia de emisión extremadamente insignificantes y que tenga el componente de emisión deseado de luminancia alta.

(Fósforo de la realización diferente)

Ahora se describirá en detalle a continuación el fósforo usado en el componente emisor de luz de la realización anterior. Esta realización es similar a la primera realización, salvo porque dos o más clases de fósforos de distintas composiciones activados con cerio se usan como el fósforo, según lo descrito anteriormente y el procedimiento de uso del material fluorescente es básicamente el mismo.

De manera similar al caso de la primera realización, el diodo emisor de luz puede dotarse de alta adaptabilidad climática controlando la distribución del fósforo (tal como disminuyendo gradualmente la concentración con la distancia desde el componente emisor de luz). Una distribución tal de la concentración de fósforo puede lograrse seleccionando o controlando el material que contiene el fósforo, conformando la temperatura y la viscosidad y la configuración y distribución de partículas del fósforo.

Por tanto de acuerdo con esta realización la distribución de la concentración del material fluorescente se determina de acuerdo con las condiciones operativas. También de acuerdo con esta realización, la eficacia de la emisión de luz puede aumentarse diseñando la disposición de las dos o más clases de materiales fluorescentes (por ejemplo, disponiendo en el orden de cercanía al componente emisor de luz) de acuerdo con la luz generada por el componente emisor de luz. Con la configuración de esta realización, de manera similar a la primera realización, el diodo emisor de luz tiene alta eficacia y suficiente resistencia a la luz incluso cuando se dispone adyacente a o en la vecindad de un componente emisor de luz de salida relativamente alta con intensidad de radiación ( $E_e$ ) dentro del intervalo entre  $3 \text{ Wcm}^{-2}$  y  $10 \text{ Wcm}^{-2}$ .

El material fluorescente de itrio-aluminio-granate activado con cerio (material fluorescente YAG) usado en esta realización tiene estructura de granate de manera similar al caso de la primera realización y por lo tanto es resistente al calor, la luz y la humedad. La máxima longitud de onda de excitación del material fluorescente de itrio-aluminio-granate de esta realización puede fijarse cerca de los 450 nm según lo indicado por la línea continua en la Fig. 5A y la máxima longitud de onda de emisión puede fijarse cerca de los 510 nm según lo indicado por la línea continua en la Fig. 5B, haciendo a la vez que el espectro de emisión sea tan ancho como para rebajarse hacia los 700 nm. Esto posibilita emitir luz verde. La máxima longitud de onda de excitación de otro material fluorescente de itrio-aluminio-granate activado con cerio de esta realización puede fijarse cerca de los 450 nm según lo indicado por la línea discontinua en la FIG. 5A y la máxima longitud de onda de emisión puede fijarse cerca de los 600 nm según lo indicado por la línea discontinua en la Fig. 5B, haciendo a la vez que el espectro de emisión sea tan ancho como para rebajarse hacia los 750 nm. Esto posibilita emitir luz roja.

La longitud de onda de la luz emitida se desplaza a una longitud de onda más corta sustituyendo parte del Al, entre los constituyentes del material fluorescente YAG que tienen estructura de granate, por Ga y la longitud de onda de la luz emitida se desplaza a una longitud de onda más larga sustituyendo parte del Y por Gd y / o La. La proporción de la sustitución del Al por Ga está preferiblemente entre Ga:Al = 1:1 y 4:6 en consideración de la eficacia emisora de luz y la longitud de onda de la emisión. De manera similar, la proporción de la sustitución de Y por Gd y / o La está preferiblemente entre Y:Gd y / o La = 9:1 a 1:9, o más preferiblemente entre Y:Gd y / o La = 4:1 y 2:3. La sustitución de menos del 20 % da como resultado un aumento del componente verde y una disminución del componente rojo. La sustitución del 80 % o una parte mayor, por otra parte, aumenta el componente rojo pero reduce abruptamente la luminancia.

El material para hacer un fósforo tal se hace usando óxidos de Y, Gd, Ce, La, Al, Sm y Ga o compuestos que puedan ser fácilmente convertidos en estos óxidos a alta temperatura y mezclando suficientemente estos materiales en proporciones estequiométricas. O bien, el material de mezcla se obtiene disolviendo los elementos de tierras raras Y, Gd, Ce, La y Sm en proporciones estequiométricas en ácido, co-precipitando la solución con ácido oxálico y calentando al fuego el co-precipitado para obtener un óxido del co-precipitado, que se mezcla luego con óxido de aluminio y óxido de galio. Esta mezcla se mezcla con una cantidad apropiada de un fluoruro tal como el fluoruro de amonio usado como un fundente y se calienta al fuego en un crisol a una temperatura entre 1.350 y 1.450 °C en el aire durante entre 2 y 5 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido para obtener de este modo el material deseado.

En esta realización, las dos o más clases de materiales fluorescentes de itrio-aluminio-granate activadas con cerio de distintas composiciones pueden ser usadas bien por mezcla o bien dispuestas independientemente (laminadas, por ejemplo). Cuando las dos o más clases de materiales fluorescentes se mezclan, la parte convertidora de colores puede

ser formada de manera relativamente fácil y de una manera adecuada para la producción en masa. Cuando las dos o más clases de materiales fluorescentes se disponen independientemente, el color puede ser ajustado después de formarlo laminando las capas hasta que pueda obtenerse un color deseado. Además cuando se disponen las dos o más clases de materiales fluorescentes independientemente, es preferible disponer un material fluorescente que absorba la luz del componente emisor de luz de una longitud de onda más corta cerca del elemento de LED y un material fluorescente que absorba la luz de una longitud de onda más larga lejos del elemento de LED. Esta disposición permite la absorción y emisión eficaz de la luz.

El diodo emisor de luz de esta realización se hace usando dos o más clases de materiales fluorescentes de itrio-aluminio-granate de distintas composiciones como los materiales fluorescentes, según se ha descrito anteriormente. Esto posibilita hacer un diodo emisor de luz capaz de emitir luz del color deseado de manera eficaz. Es decir, cuando la longitud de onda de la luz emitida por el componente emisor de luz semiconductor corresponde a un punto sobre la línea recta que conecta el punto A y el punto B en el diagrama de cromaticidad de la Fig. 6, puede emitirse luz de cualquier color en la región sombreada circundada por los puntos A, B, C y D en la Fig. 6 que son los puntos de cromaticidad (puntos C y D) de las dos o más clases de materiales fluorescentes de itrio-aluminio-granate de distintas composiciones. De acuerdo con esta realización, el color puede ser controlado cambiando las composiciones o cantidades de los elementos de LED y los materiales fluorescentes. En particular, un diodo emisor de luz de menor variación en la longitud de onda de emisión puede ser hecho seleccionando los materiales fluorescentes de acuerdo con la longitud de onda de emisión del elemento de LED, compensando de este modo la variación de la longitud de onda de emisión del elemento de LED. Además un diodo emisor de luz que incluye componentes RGB con alta luminancia puede ser hecho seleccionando la longitud de onda de emisión de los materiales fluorescentes.

Además, debido a que el material fluorescente de itrio-aluminio-granate (YAG) usado en esta realización tiene una estructura de granate, el diodo emisor de luz de esta realización puede emitir luz de alta luminancia durante un largo periodo de tiempo. Además los diodos emisores de luz de la primera realización y de esta realización están dotados de un componente emisor de luz instalado mediante material fluorescente. Además debido a que la luz convertida tiene una longitud de onda más larga que aquella de la luz emitida por el componente emisor de luz, la energía de la luz convertida es menor que la brecha de banda del semiconductor de nitruro y es menos probable que sea absorbida por la capa semiconductor de nitruro. Por tanto, aunque la luz emitida por el material fluorescente está dirigida también al elemento de LED debido a la isotropía de la emisión, la luz emitida por el material fluorescente nunca es absorbida por el elemento de LED y por lo tanto la eficacia de emisión del diodo emisor de luz no será reducida.

(Fuente de luz plana)

Una fuente de luz plana se muestra en la Fig. 7.

En la fuente de luz plana mostrada en la Fig. 7, el fósforo usado en la primera realización está contenido en un material de revestimiento 701. Con esta configuración, la luz azul emitida por el semiconductor de nitruro de galio es convertida cromáticamente y es emitida en estado plano mediante una placa de guía óptica 704 y una hoja dispersante 706.

Específicamente, un componente emisor de luz 702 de la fuente de luz plana de la Fig. 7 está asegurado en un sustrato de metal 703 en forma de C invertida en que están formados una capa de aislamiento y un patrón conductivo (no mostrado). Después de conectar eléctricamente el electrodo del componente emisor de luz y el patrón conductivo, el fósforo se mezcla con resina epoxi y se aplica al sustrato de metal en forma de C invertida 703 sobre el que se monta el componente emisor de luz 702. El componente emisor de luz así asegurado se fija sobre una cara extrema de una placa de guía óptica acrílica 704 por medio de una resina epoxi. Una película reflectante 707 que contiene un agente de difusión blanco está dispuesta sobre uno de los planos principales de la placa de guía óptica 704 donde no está formada la hoja dispersante 706, con el fin de impedir la fluorescencia.

De manera similar, se proporciona un reflector 705 sobre la superficie entera sobre el reverso de la placa de guía óptica 704 y sobre una cara extrema donde no se proporciona el componente emisor de luz, a fin de mejorar la eficacia de la emisión de luz. Con esta configuración, pueden hacerse diodos emisores de luz para la emisión de luz plana que generan suficiente luminancia para la retro-iluminación de un LCD.

La aplicación del diodo emisor de luz para la emisión de luz plana a un visualizador de cristal líquido puede lograrse disponiendo una placa polarizadora sobre un plano principal de la placa de guía óptica 704 mediante cristal líquido inyectado entre sustratos de vidrio (no mostrados), sobre los cuales se forma un patrón conductivo traslúcido.

Con referencia ahora a la Fig. 8 y a la Fig. 9, se describirá a continuación otra fuente de luz plana. El dispositivo emisor de luz mostrado en la Fig. 8 está formado en una configuración tal que la luz azul emitida por el diodo emisor de luz 702 es convertida en luz blanca por un convertidor cromático 701 que contiene fósforo y es emitida en estado plano mediante una placa de guía óptica 704.

El dispositivo emisor de luz mostrado en la Fig. 9 está formado en una configuración tal que la luz azul emitida por el

componente emisor de luz 702 es convertida al estado plano por la placa de guía óptica 704, luego es convertida en luz blanca por una hoja dispersante 706 que contiene fósforo formada sobre uno de los planos principales de la placa de guía óptica 704, para emitir de este modo luz blanca en estado plano. El fósforo bien puede estar contenido en la hoja dispersante 706 o bien puede estar formado en una hoja esparciéndolo junto con una resina adhesiva sobre la hoja dispersante 706. Además, el adhesivo incluyendo el fósforo puede estar formado por puntos, no en una hoja, directamente sobre la placa de guía óptica 704.

<Aplicación>

(Dispositivo visualizador)

Ahora se describirá a continuación un dispositivo visualizador. La Fig. 10 es un diagrama de bloques que muestra la configuración del dispositivo visualizador. Como se muestra en la Fig. 10, el dispositivo visualizador comprende un dispositivo visualizador de LED 601 y un circuito impulsor 610 con un controlador 602, medios de almacenamiento de datos de vídeo 603 y medios de control de tono 604. El dispositivo visualizador de LED 601, que tiene diodos emisores de luz blanca 501 mostrados en la Fig. 1 o la Fig. 2 dispuestos en configuración matricial en una cubierta 504 según se muestra en la Fig. 11, se usa como dispositivo visualizador de LED monocromático. La cubierta 504 está dotada de un material de bloqueo ligero 505 formado integralmente con la misma.

El circuito impulsor 610 tiene el medio de almacenamiento de datos de vídeo (RAM) 603 para almacenar temporalmente los datos de visualización que son ingresados, el medio de control de tono 604 que calcula y emite señales de tono para controlar los diodos emisores de luz individuales del dispositivo visualizador de LED 601 para iluminar con el brillo especificado de acuerdo con los datos leídos desde la RAM 603 y el controlador 602 que está conmutado por señales suministradas desde el medio de control de tono 604 para llevar el diodo emisor de luz a iluminar. El circuito de control de tono 604 extrae datos desde la RAM 603 y calcula la duración de la iluminación de los diodos emisores de luz del dispositivo visualizador de LED 601, luego emite señales de pulso para encender y apagar los diodos emisores de luz para el dispositivo visualizador de LED 601. En el dispositivo visualizador constituido según lo descrito anteriormente, el dispositivo visualizador de LED 601 es capaz de exhibir imágenes de acuerdo con las señales de pulso que son ingresadas desde el circuito controlador y tiene las siguientes ventajas.

Se requiere que el dispositivo visualizador de LED que exhibe con luz blanca usando diodos emisores de luz de tres colores, RGB, exhiba controlando a la vez la salida de emisión luminica de los diodos emisores de luz R, G y B y en consecuencia debe controlar los diodos emisores de luz teniendo en cuenta la intensidad de emisión, las características de temperatura y otros factores de los diodos emisores de luz, dando como resultado una complicada configuración del circuito impulsor que controla el dispositivo visualizador de LED. En el dispositivo visualizador construido como se explica anteriormente, sin embargo, debido a que el dispositivo visualizador de LED 601 está constituido usando diodos emisores de luz 501 que pueden emitir luz blanca sin usar diodos emisores de luz de tres clases, RGB, no es necesario que el circuito impulsor controle individualmente los diodos emisores de luz R, G y B, posibilitando simplificar la configuración del circuito impulsor y hacer el dispositivo visualizador a un coste bajo.

Con un dispositivo visualizador de LED que exhibe en luz blanca usando diodos emisores de luz de tres clases, RGB, los tres diodos emisores de luz deben estar iluminados al mismo tiempo y la luz de los diodos emisores de luz debe estar mezclada a fin de exhibir luz blanca combinando los tres diodos emisores de luz RGB para cada píxel, dando como resultado una gran área de visualización para cada píxel e imposibilitando exhibir con alta definición. El dispositivo visualizador de LED que usa diodos emisores de luz que emiten luz blanca, por el contrario, es capaz de exhibir con luz blanca y puede hacerse con un único diodo emisor de luz y por lo tanto es capaz de exhibir con luz blanca de mayor definición. Además, con el dispositivo visualizador de LED que exhibe mezclando los colores de tres diodos emisores de luz, hay un caso tal que el color de exhibición cambia debido al bloqueo de algunos de los diodos emisores de luz RGB, dependiendo del ángulo de visión; el dispositivo visualizador de LED explicado anteriormente no tiene tal problema.

Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo visualizador proporcionado con el dispositivo visualizador de LED que emplea el diodo emisor de luz que es capaz de emitir luz blanca es capaz de exhibir luz blanca estable con mayor definición y tiene la ventaja de menos disparidad de colores. El dispositivo visualizador de LED que es capaz de exhibir con luz blanca también impone menos estimulación al ojo en comparación con el dispositivo visualizador de LED convencional que emplea solamente colores rojo y verde y por lo tanto es adecuado para su uso durante un periodo de tiempo largo.

(Realización de otro dispositivo visualizador empleando el diodo emisor de luz de la presente invención)

El diodo emisor de luz que emite luz blanca puede usarse para constituir un dispositivo visualizador de LED en el que un píxel está constituido por tres diodos emisores de luz RGB y un diodo emisor de luz de la presente invención que emite luz blanca según se muestra en la Fig. 12. Conectando el dispositivo visualizador de LED y un circuito impulsor especificado, puede constituirse un dispositivo visualizador capaz de exhibir diversas imágenes. El circuito impulsor de este dispositivo visualizador tiene, de manera similar a un caso de dispositivo visualizador monocromático, medios de almacenamiento de

datos de vídeo (RAM) para almacenar temporalmente los datos de visualización de entrada, un circuito de control de tono que procesa los datos almacenados en la RAM para calcular señales de tono para iluminar los diodos emisores de luz con brillo especificado y un controlador que es conmutado por la señal de salida del circuito de control de tono para hacer que los diodos emisores de luz iluminen. El circuito impulsor se requiere exclusivamente para cada uno de los diodos emisores de luz RGB y el diodo emisor de luz blanca. El circuito de control de tono calcula la duración de la iluminación de los diodos emisores de luz a partir de los datos almacenados en la RAM y emite señales de pulso para encender y apagar los diodos emisores de luz. Al exhibir con luz blanca, el ancho de las señales de pulso para iluminar los diodos emisores de luz RGB se acorta, o el valor máximo de la señal de pulso se reduce o no se emite ninguna señal de pulso en absoluto. Por otra parte, una señal de pulso se da al diodo emisor de luz blanca en compensación por ello. Esto hace que el dispositivo visualizador de LED exhiba con luz blanca.

Como se ha descrito anteriormente, el brillo del visualizador puede ser mejorado añadiendo el diodo emisor de luz blanca a los diodos emisores de luz RGB. Cuando los diodos emisores de luz RGB son combinados para exhibir luz blanca, uno o dos de los colores RGB pueden ser mejorados dando como resultado no lograr exhibir luz blanca pura según el ángulo de visión; un problema tal se resuelve añadiendo el diodo emisor de luz blanca como en este dispositivo visualizador.

Para el circuito impulsor de un dispositivo visualizador tal según lo descrito anteriormente, es preferible que se provea una CPU por separado como un circuito de control de tono que calcula la señal de pulso para iluminar el diodo emisor de luz blanca con un brillo especificado. La señal de pulso que se emite desde el circuito de control de tono se entrega al controlador del diodo emisor de luz blanca para conmutar de este modo el controlador. El diodo emisor de luz blanca ilumina cuando el controlador se enciende y se extingue cuando el controlador se apaga.

(Señal de tráfico)

Cuando el diodo emisor de luz de la presente invención se usa como una señal de tráfico que es una clase de dispositivo visualizador, pueden obtenerse ventajas tales como iluminación estable durante un largo periodo de tiempo y ninguna disparidad de color incluso cuando parte de los diodos emisores de luz se extinguen. La señal de tráfico que emplea el diodo emisor de luz que emite luz blanca tiene una configuración tal como que los diodos emisores de luz blanca están dispuestos sobre un sustrato sobre el que se forma un patrón conductivo. Un circuito de diodos emisores de luz en el que tales diodos emisores de luz están conectados en serie o en paralelo es manipulado como un conjunto de diodos emisores de luz. Se usan dos o más conjuntos de los diodos emisores de luz, teniendo cada uno los diodos emisores de luz dispuestos en configuración en espiral. Cuando todos los diodos emisores de luz están dispuestos, se disponen sobre el área entera en configuración circular. Después de conectar las líneas de energía soldando la conexión de los diodos emisores de luz y el sustrato con fuente de alimentación externa, ello se asegura en un chasis de señal ferroviaria. El dispositivo visualizador de LED se coloca en un chasis de molde fundido de aluminio equipado con un miembro bloqueador de luz y se sella sobre la superficie con un relleno de goma de silicio. El chasis está dotado de una lente de color blanco sobre el plano de visualización del mismo. El cableado eléctrico del dispositivo visualizador de LED se pasa a través de un embalaje de goma sobre el reverso del chasis, para aislar por sellado el interior del chasis del exterior, con el interior del chasis cerrado. De tal modo se forma una señal de luz blanca. Una señal de mayor fiabilidad puede formarse dividiendo los diodos emisores de luz que emiten luz blanca en una pluralidad de grupos y disponiéndolos en una configuración de espiral arremolinada desde un centro hacia el exterior, conectándolos a la vez en paralelo. La configuración de arremolinamiento desde el centro hacia el exterior puede bien ser continua o bien ser intermitente. Por lo tanto, el número deseado de los diodos emisores de luz y el número deseado de los conjuntos de diodos emisores de luz pueden ser seleccionados según el área de visualización del dispositivo visualizador de LED. Esta señal es, incluso cuando uno de los conjuntos de diodos emisores de luz o parte de los diodos emisores de luz no logra iluminar debido a algún problema, capaz de iluminar uniformemente en una configuración circular sin desplazamiento cromático por medio del conjunto que queda de diodos emisores de luz o de los diodos emisores de luz que quedan. Debido a que los diodos emisores de luz están dispuestos en una configuración espiral, pueden ser dispuestos más densamente cerca del centro y controlados sin ninguna impresión distinta a la de las señales que emplean lámparas incandescentes.

### Ejemplos

Los siguientes Ejemplos ilustran adicionalmente un primer chip de diodo emisor de luz y fósforo usados en la presente invención en detalle pero no han de ser interpretados para limitar el ámbito de la misma.

#### Ejemplo 1

El Ejemplo 1 proporciona un componente emisor de luz que tiene un valor máximo de emisión en 450 nm y una anchura media de 30 nm empleando un semiconductor de GaInN. El componente emisor de luz de la presente invención se forma haciendo fluir gas TMG (trimetil galio), gas TMI (trimetil indio), gas nitrógeno y gas dopante junto con un gas portador sobre un sustrato de zafiro depurado y formando una capa semiconductor de un compuesto de nitruro de galio en un procedimiento MOCVD. Un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N y un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P se forman conmutando SiH<sub>4</sub> y Cp<sub>2</sub>Mg (bis(ciclopentadienil)magnesio)



como gas dopante. El elemento de LED del Ejemplo 1 tiene una capa de contacto que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N, una capa revestida que es un semiconductor de aluminio y nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P y una capa de contacto que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P y formada entre la capa de contacto que tiene conductividad de tipo N y la capa revestida que tiene conductividad de tipo P es una capa de activación de InGaN no dopada de espesor de alrededor de 3 nm para hacer una estructura de pozo cuántico único. El sustrato de zafiro tiene un semiconductor de nitruro de galio formado sobre el mismo a baja temperatura para hacer una capa amortiguadora. El semiconductor de tipo P es templado a una temperatura de 400 °C o más después de formar la película.

Después de exponer las superficies de tipo P y las capas semiconductoras de tipo N mediante el grabado, se forman los electrodos n y p por rociado. Después de trazar la oblea semiconductor que ha sido hecha según lo descrito anteriormente, los componentes emisores de luz se forman dividiendo la oblea con fuerza externa.

El componente emisor de luz en el anterior procedimiento se monta en una copa de un conductor de montaje que está hecho de acero revestido en plata por ligadura de troquel con resina epoxi. Luego los electrodos del componente emisor de luz, el conductor de montaje y el conductor interno son conectados eléctricamente por ligadura de cables con cables de oro de 30 µm de diámetro, para formar un diodo emisor de luz de tipo conductor.

Se hace un fósforo disolviendo elementos de tierras raras, de Y, Gd y Ce en un ácido en proporciones estequiométricas (de medición de bases) y co-precipitando la solución con ácido oxálico. El óxido del co-precipitado obtenido calentando al fuego este material se mezcla con óxido de aluminio, para obtener de este modo el material de mezcla. La mezcla se mezcló luego con fluoruro de amonio usado como un fundente y se calentó al fuego en un crisol a una temperatura de 1.400 °C en el aire durante 3 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido, para obtener por ello el material deseado. El fósforo hecho según lo descrito anteriormente es material fluorescente de itrio-aluminio-granate, representado por la fórmula general  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ , donde alrededor del 20 % del Y es sustituido por Gd y la proporción de sustitución del Ce es de 0,03.

80 partes del peso del material fluorescente con una composición de  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  que ha sido formado en el procedimiento anterior y 100 partes del peso de resina epoxi se mezclan lo suficiente para convertirlos en una suspensión. La suspensión se vierte en la copa proporcionada sobre el conductor de montaje en el que se monta el componente emisor de luz. Después de verter, la suspensión se cura a 130 °C durante una hora. Así, se forma un revestimiento con un espesor de 120 µm, que contiene el fósforo, sobre el componente emisor de luz. En el Ejemplo 1, el revestimiento se forma para contener el fósforo en una concentración gradualmente creciente hacia el componente emisor de luz. La intensidad de irradiación es de alrededor de 3,5 W / cm<sup>2</sup>. El componente emisor de luz y el fósforo son moldeados con resina epoxi translúcida con el fin de protección contra la tensión extrínseca, la humedad y el polvo. Un marco conductor con la capa de revestimiento de fósforo formada sobre el mismo se coloca en un molde en forma de bala y se mezcla con resina epoxi translúcida y luego se cura a 150 °C durante 5 horas.

Según observación visual del diodo emisor de luz formado según lo descrito anteriormente en la dirección normal al plano emisor de luz, se halló que la parte central quedaba de color amarillento debido al color corporal del fósforo. Las mediciones del punto de cromaticidad, la temperatura del color y el índice de representación del color del diodo emisor de luz hecho según lo descrito anteriormente y capaz de emitir luz blanca dieron valores de (0,302 0,280) para el punto de cromaticidad (x, y), una temperatura de color de 8.080 K y 87,5 para el índice de representación de color (Ra) que son aproximadas a las características de una lámpara fluorescente de 3 ondas. La eficacia de emisión de luz fue de 9,5 lm/W, comparable a la de una lámpara incandescente. Además en pruebas de vida en condiciones de energización con una corriente de 60 mA a 25 °C, de 20 mA a 25 °C y de 20 mA a 60 °C con un 90 % de humedad relativa, no se observó ningún cambio debido al material fluorescente, lo que demuestra que el diodo emisor de luz no tuvo ninguna diferencia en su vida de servicio con respecto al diodo emisor de luz azul convencional.

#### Ejemplo Comparativo 1

La formación de un diodo emisor de luz y las pruebas de vida del mismo fueron realizadas de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por el cambio del fósforo de  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  a  $(ZnCd)S:Cu, Al$ . El diodo emisor de luz que había sido formado mostró, inmediatamente después de la energización, emisión de luz blanca pero con baja luminancia. En una prueba de vida, la salida disminuyó a cero en alrededor de 100 horas. El análisis de la causa del deterioro mostró que el material fluorescente estaba ennegrecido.

Se supone que este problema ha sido provocado según la luz emitida por el componente emisor de luz y la humedad que se había extendido sobre el material fluorescente o que había entrado desde el exterior causaron fotólisis para hacer que el zinc coloidal precipitara sobre la superficie del material fluorescente, dando como resultado una superficie ennegrecida. Los resultados de las pruebas de vida en condiciones de energización con una corriente de 20 mA a 25 °C y de 20 mA a 60 °C con un 90 % de humedad relativa se muestran en la Fig. 13 junto con los resultados del Ejemplo 1. La luminancia se da en términos de valor relativo con respecto al valor inicial como la referencia. Una línea continua indica el Ejemplo 1

y una línea ondulada indica el Ejemplo Comparativo 1 en la Fig. 13.

### Ejemplo 2

En el Ejemplo 2, un componente emisor de luz fue formado de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por el aumento del contenido de In en el semiconductor de un compuesto de nitruro del componente emisor de luz para tener el valor máximo de emisión en 460 nm y el aumento del contenido de Gd en el fósforo sobre el del Ejemplo 1 para tener una composición de  $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$ . Las mediciones del punto de cromaticidad, la temperatura del color y el índice de representación de color del diodo emisor de luz, que fue hecho según lo descrito anteriormente y capaz de emitir luz blanca, dieron valores de (0,375, 0,370) para el punto de cromaticidad (x, y), una temperatura de color de 4.400 K y 86,0 para el índice de representación del color (Ra). La Fig. 18A, la Fig. 18B y la Fig. 18C muestran los espectros de emisión del fósforo, el componente emisor de luz y el diodo emisor de luz del Ejemplo 2, respectivamente.

Se hicieron 100 piezas de los diodos emisores de luz del Ejemplo 2 y las intensidades luminosas medias de los mismos fueron tomadas después de iluminar durante 1.000 horas. En términos del porcentaje del valor de intensidad luminosa antes de la prueba de vida, la intensidad luminosa media después de la prueba de vida fue del 98,8 %, sin demostrar ninguna diferencia en la característica.

### Ejemplo 3

Se formaron 100 diodos emisores de luz, de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por añadir Sm además de los elementos de tierras raras Y, Gd y Ce en el fósforo, para hacer un material fluorescente con composición de  $(Y_{0,39}Gd_{0,57}Ce_{0,03}Sm_{0,01})_3Al_5O_{12}$ . Cuando se hizo que los diodos emisores de luz iluminaran a una alta temperatura de 130 °C, se obtuvo una característica de temperatura media de alrededor del 8 % mejor que la del Ejemplo 1.

### Ejemplo 4

El dispositivo visualizador de LED del Ejemplo 4 está hecho de los diodos emisores de luz del Ejemplo 1 que están dispuestos en una matriz de dimensiones 16 x 16 sobre un sustrato de cerámica en que está formado un patrón de cobre según se muestra en la Fig. 11. En el dispositivo visualizador de LED del Ejemplo 4, el sustrato en que están dispuestos los diodos emisores de luz está colocado en un chasis 504 que está hecho de resina de fenol y que está dotado con un miembro bloqueador de luz 505 que está formado integralmente con el mismo. El chasis, los diodos emisores de luz, el sustrato y parte del miembro bloqueador de luz, salvo las puntas de los diodos emisores de luz, están cubiertos con goma de silicio 506 coloreada de negro con un pigmento. El sustrato y los diodos emisores de luz están soldados por medio de una máquina de soldadura automática.

El dispositivo visualizador de LED hecho en la configuración descrita anteriormente, una RAM que almacena temporalmente los datos de visualización ingresados, un circuito de control de tono que procesa los datos almacenados en la RAM para calcular señales de tono para iluminar los diodos emisores de luz con un brillo especificado y un medio de accionamiento que es conmutado por la señal de salida del circuito de control de tono para hacer que los diodos emisores de luz iluminen están eléctricamente conectados para formar un dispositivo visualizador de LED. Controlando los dispositivos visualizadores de LED, se verificó que el aparato puede ser usado como un dispositivo visualizador de LED en blanco y negro.

### Ejemplo 5

El diodo emisor de luz del Ejemplo 5 fue hecho de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo por usar fósforo representado por la fórmula general  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$ . Se hicieron 100 piezas de los diodos emisores de luz del Ejemplo 5 y se midieron para diversas características. La medición del punto de cromaticidad dio valores de (0,450, 0,420) en promedio para el punto de cromaticidad (x, y) y se emitió luz de color de lámpara incandescente. La Fig. 19A, la Fig. 19B y la Fig. 19C muestran los espectros de emisión del fósforo, el componente emisor de luz y el diodo emisor de luz del Ejemplo 5, respectivamente. Aunque los diodos emisores de luz del Ejemplo 5 mostraron luminancia de alrededor del 40 % por debajo de la de los diodos emisores de luz del Ejemplo 1, mostraron buena adaptabilidad climática, comparable a la del Ejemplo 1 en la prueba de vida.

### Ejemplo 6

El diodo emisor de luz del Ejemplo 6 fue hecho de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo en el uso de fósforo, representado por la fórmula general  $Y_3Al_5O_{12}:Ge$ . Se hicieron 100 piezas de los diodos emisores de luz del Ejemplo 6 y se midieron para diversas características. Medición del punto de cromaticidad: se emitió luz blanca verdosa levemente amarilla en comparación con el Ejemplo 1. El diodo emisor de luz del Ejemplo 6 mostró buena adaptabilidad climática similar a la del Ejemplo 1 en la prueba de vida. La Fig. 20A, la Fig. 20B y la Fig. 20C muestran los espectros de emisión del fósforo, el componente emisor de luz y el diodo emisor de luz del Ejemplo 6, respectivamente.

### Ejemplo 7

El diodo emisor de luz del Ejemplo 7 fue hecho de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por usar fósforo representado por la fórmula general  $(Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$ . Se hicieron 100 piezas de los diodos emisores de luz del Ejemplo 7 y se midieron para diversas características.

5 Aunque los diodos emisores de luz del Ejemplo 7 mostraron una baja luminancia, emitieron luz blanca verdosa y mostraron buena adaptabilidad climática similar a la del Ejemplo 1 en la prueba de vida. La Fig. 21A, la Fig. 21B y la Fig. 21C muestran los espectros de emisión del fósforo, el componente emisor de luz y el diodo emisor de luz del Ejemplo 7, respectivamente.

**Ejemplo 8**

10 El diodo emisor de luz del Ejemplo 8 fue hecho de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por usar fósforo, representado por la fórmula general  $Gd_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$  que no contiene Y. Se hicieron 100 piezas de los diodos emisores de luz del Ejemplo 8 y se midieron para diversas características.

Aunque los diodos emisores de luz del Ejemplo 8 mostraron una baja luminancia, mostraron buena adaptabilidad climática similar a la del Ejemplo 1 en la prueba de vida.

**Ejemplo 9**

15 El diodo emisor de luz del Ejemplo 9 es un dispositivo emisor de luz plana que tiene la configuración mostrada en la Fig. 7.

Se usa un semiconductor de  $In_{0,05}Ga_{0,95}N$ , que tiene un valor máximo de emisión en 450 nm como un componente emisor de luz. Los componentes emisores de luz se forman haciendo fluir gas TMG (trimetil galio), gas TMI (trimetil indio), gas nitrógeno y gas dopante junto con un gas portador sobre un sustrato de zafiro depurado y formando una capa semiconductor de un compuesto de nitruro de galio en procedimiento MOCVD. Una capa semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N y una capa semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P se forman conmutando  $SiH_4$  y  $CP_2Mg$  (bis(ciclopentadienil)magnesio) como gas dopante, formando de este modo una juntura PN. Para el componente emisor de luz semiconductor, se forman una capa de contacto que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N, una capa revestida que es un semiconductor de aluminio y nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N, una capa revestida que es un semiconductor de aluminio y nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P y una capa de contacto que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P. Una capa de activación de InGaN dopado con Zn que compone una juntura doble-hetero se forma entre la capa revestida que tiene conductividad de tipo N y la capa revestida que tiene conductividad de tipo P. Se proporciona una capa amortiguadora sobre el sustrato de zafiro formando una capa semiconductor de nitruro de galio a una temperatura baja. La capa semiconductor de nitruro de tipo P se temple a una temperatura de 400 °C o más después de formar la película.

Después de formar las capas semiconductoras y de exponer las superficies de las capas semiconductoras de tipo P y de tipo N por grabación, los electrodos se forman por rociado. Después de trazar la oblea semiconductor que ha sido hecha según lo descrito anteriormente, los componentes emisores de luz se forman como componentes emisores de luz dividiendo la oblea con fuerza externa.

35 El componente emisor de luz se monta sobre un conductor de montaje que tiene una copa en la punta de un marco conductor de cobre revestido en plata, por ligadura de troquel con resina epoxi. Los electrodos del componente emisor de luz, el conductor de montaje y el conductor interior están eléctricamente conectados por ligadura de cables con cables de oro que tienen un diámetro de 30  $\mu m$ .

40 El marco conductor con el componente emisor de luz adosado sobre el mismo se coloca en un molde en forma de bala y se sella con resina epoxi translúcida para el moldeado, que se cura luego a 150 °C durante 5 horas, para formar de este modo un diodo emisor de luz azul. El diodo emisor de luz azul está conectado a una cara extrema de una placa de guía óptica acrílica que está pulida en todas las caras extremas. Sobre una superficie y cara lateral de la placa acrílica, se aplica el estampado usando titanato de bario disperso en un adhesivo acrílico como reflector del color blanco, que se cura luego.

45 El fósforo de colores verde y rojo se hace disolviendo elementos de tierras raras de Y, Gd, Ce y La en ácido en proporciones estequiométricas y co-precipitando la solución con ácido oxálico. El óxido del co-precipitado obtenido calentando al fuego este material se mezcla con óxido de aluminio y óxido de galio, para obtener por ello los respectivos materiales de mezcla. La mezcla se mezcla luego con fluoruro de amonio usado como un fundente y se calienta al fuego en un crisol a una temperatura de 1.400 °C en el aire durante 3 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido para obtener de este modo el material deseado.

120 partes del peso del primer material fluorescente que tiene una composición de  $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,4})_5O_{12}:Ce$  y capaz de emitir luz verde preparado según lo descrito anteriormente y 100 partes del peso del segundo material fluorescente que tiene una

composición de  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  y capaz de emitir luz roja preparada en un procedimiento similar al del primer material fluorescente, son mezcladas suficientemente con 100 partes en peso de resina epoxi, para formar una suspensión. La suspensión es aplicada uniformemente sobre una capa acrílica que tiene un espesor de 0,5 mm por medio de un multi-revestidor y secada para formar una capa de material fluorescente a usarse como un material convertidor de color que tiene un espesor de alrededor de 30  $\mu m$ . La capa de material fluorescente se corta del mismo tamaño que el del plano emisor de luz principal de la placa de guía óptica y se dispone sobre la placa de guía óptica, para formar por ello el dispositivo emisor de luz plana. Las mediciones del punto de cromaticidad y el índice de representación cromática del dispositivo emisor de luz dieron valores de (0,29, 0,34) para el punto de cromaticidad (x, y) y 92,0 para el índice de representación cromática (Ra) que son aproximados a las propiedades de una lámpara fluorescente de 3 ondas. Se obtuvo una eficacia emisora de luz de 12  $\ell m/W$ , comparable a la de una lámpara incandescente. Además en pruebas de adaptabilidad climática en condiciones de energización con una corriente de 60 mA a temperatura ambiente, de 20 mA a temperatura ambiente y de 20 mA a 60 °C con un 90 % de humedad relativa, no se observó ningún cambio debido al material fluorescente.

### Ejemplo Comparativo 2

La formación del diodo emisor de luz y las pruebas de adaptabilidad climática del mismo fueron realizadas de la misma manera que en el Ejemplo 9 salvo por mezclar las mismas cantidades de un pigmento fluorescente orgánico verde (FA-001 de Synleuch Chemisch) y de un pigmento fluorescente orgánico rojo (FA-005 de Synleuch Chemisch), que son derivados del perileno, en lugar del primer material fluorescente representado por la fórmula general  $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,4})_5O_{12}:Ce$ , capaz de emitir luz verde y del segundo material fluorescente representado por la fórmula general  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ , capaz de emitir luz roja del Ejemplo 9. Las coordenadas de cromaticidad del diodo emisor de luz del Ejemplo Comparativo 1 así formado fueron (x, y) = (0,34, 0,35). La prueba de adaptabilidad climática fue realizada irradiando con luz ultravioleta generada por arco de carbón durante 200 horas, que representa la irradiación equivalente de luz solar durante un periodo de un año, midiendo a la vez la proporción de retención de luminancia y el tono de color en diversos momentos durante el periodo de prueba. En una prueba de fiabilidad, el componente emisor de luz fue energizado para emitir luz a una temperatura constante de 70 °C midiendo a la vez la luminancia y el tono de color en distintos momentos. Los resultados se muestran en la Fig. 14 y la Fig. 15, junto con el Ejemplo 9. Como quedará claro a partir de la Fig. 14 y la Fig. 15, el componente emisor de luz del Ejemplo 9 experimenta menos deterioro que el Ejemplo Comparativo 2.

### Ejemplo 10

El diodo emisor de luz del Ejemplo 10 es un diodo emisor de luz de tipo conductor.

En el diodo emisor de luz del Ejemplo 10, se usa el componente emisor de luz que tiene una capa emisora de luz de  $In_{0,05}Ga_{0,95}N$  con un valor máximo de emisión en 450 nm que se hace de la misma manera que en el Ejemplo 9. El componente emisor de luz se monta en la copa proporcionada en la punta de un conductor de montaje de cobre revestido de plata, por ligadura de troquel con resina epoxi. Los electrodos del componente emisor de luz, el conductor de montaje y el conductor interno fueron conectados eléctricamente por ligadura de cables con cables de oro.

El fósforo se forma mezclando un primer material fluorescente representado por la fórmula general  $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz verde y un segundo material fluorescente representado por la fórmula general  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$ , capaz de emitir luz roja preparado de la siguiente manera. A saber, los elementos de tierras raras de Y, Gd y Ce son disueltos en ácido en proporciones estequiométricas y se co-precipita la solución con ácido oxálico. El óxido de la co-precipitación obtenido por calentamiento al fuego se mezcla con óxido de aluminio y óxido de galio, para obtener de este modo los respectivos materiales de mezcla. La mezcla se mezcla con fluoruro de amonio usado como un fundente y se calienta al fuego en un crisol a una temperatura de 1.400 °C en el aire durante 3 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido de este modo para obtener los materiales fluorescentes primero y segundo de la distribución de partículas especificada.

40 partes en peso del primer material fluorescente, 40 partes del peso del segundo material fluorescente y 100 partes del peso de resina epoxi son mezcladas lo suficiente como para formar una suspensión. La suspensión se vierte en la copa que se proporciona sobre el conductor de montaje en el que se coloca el componente emisor de luz. Luego la resina incluyendo el fósforo se cura a 130 °C durante 1 hora. Así se forma una capa de revestimiento que incluye el fósforo en un espesor de 120  $\mu m$  sobre el componente emisor de luz. La concentración del fósforo en la capa de revestimiento se aumenta gradualmente hacia el componente emisor de luz. Además, el componente emisor de luz y el fósforo son sellados moldeando con resina epoxi translúcida con el fin de protegerlos ante la tensión extrínseca, la humedad y el polvo. Un marco conductor con la capa de revestimiento de fósforo formada sobre el mismo, se coloca en un molde en forma de bala y se mezcla con resina epoxi translúcida y luego se cura a 150 °C durante 5 horas. En observación visual del diodo emisor de luz formado según lo descrito anteriormente en la dirección normal al plano emisor de luz, se halló que la parte central quedó de color amarillento debido al color corporal del fósforo.

Las mediciones del punto de cromaticidad, la temperatura del color y el índice de representación cromática del diodo

emisor de luz del Ejemplo 10 que se formó según lo descrito anteriormente, dieron valores de (0,32, 0,34) para el punto de cromaticidad (x, y), 89,0 para el índice de representación cromática (Ra) y una eficacia de emisión de luz de 10  $\text{lm} / \text{W}$ . Además en las pruebas de adaptabilidad climática en condiciones de energización con una corriente de 60 mA a temperatura ambiente, de 20 mA a temperatura ambiente y de 20 mA a 60 °C con un 90 % de humedad relativa, no se observó ningún cambio debido al fósforo, no mostrando ninguna diferencia con respecto a un diodo emisor de luz azul corriente en la característica de vida útil de servicio.

### Ejemplo 11

Se usa el semiconductor  $\text{In}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{N}$  que tiene un valor máximo de emisión en 470 nm como un elemento de LED. Los componentes emisores de luz se forman haciendo fluir gas TMG (trimetil galio), gas TMI (trimetil indio), gas nitrógeno y gas dopante junto con un gas portador sobre un sustrato de zafiro depurado para formar de este modo una capa semiconductor de un compuesto de nitruro de galio en el procedimiento MOCVD. Una capa semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N y una capa semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P fueron formadas conmutando  $\text{SiH}_4$  y  $\text{CP}_2\text{Mg}$  (bis(ciclopentadienil)magnesio) usados como el gas dopante, formando por ello una juntura PN. Para el elemento de LED, se forman una capa de contacto, que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo N, una capa revestida que es un semiconductor de nitruro de galio y aluminio que tiene conductividad de tipo P y una capa de contacto que es un semiconductor de nitruro de galio que tiene conductividad de tipo P. Se forma una capa de activación de  $\text{InGaN}$  no dopado con espesor de alrededor de 3 nm entre la capa de contacto que tiene conductividad de tipo N y la capa revestida que tiene conductividad de tipo P para formar de este modo una estructura de pozo cuántico único. Una capa amortiguadora se proporciona sobre el sustrato de zafiro formando una capa semiconductor de nitruro de galio a una temperatura baja.

Después de formar las capas y de exponer las superficies de tipo P y las capas semiconductoras de tipo N por grabación, los electrodos se forman por rociado. Después de trazar la oblea semiconductor que se hace como se ha descrito anteriormente, los componentes emisores de luz se forman dividiendo la oblea con una fuerza externa.

El componente emisor de luz está montado en una copa en la punta de un conductor de montaje de cobre revestido en plata por ligadura de troquel con resina epoxi. Los electrodos del componente emisor de luz, el conductor de montaje y el conductor interno están eléctricamente conectados por ligadura de cables con cables de oro que tienen un diámetro de 30  $\mu\text{m}$ .

El marco conductor con el componente emisor de luz adosado sobre el mismo se coloca en un molde en forma de bala y se sella con resina epoxi translúcida para moldeado, que se cura luego a 150 °C durante 5 horas, para formar de este modo un diodo emisor de luz azul. El diodo emisor de luz azul está conectado a una cara extrema de una placa de guía óptica acrílica que está pulida sobre todas las caras extremas. Sobre una superficie y cara lateral de la placa acrílica, se aplica el estampado usando titanato de bario disperso en un adhesivo acrílico como reflector de color blanco, que luego es curado.

El fósforo se forma mezclando un material fluorescente representado por la fórmula general  $(\text{Y}_{0,8}\text{Gd}_{0,2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ , capaz de emitir luz amarilla de una longitud de onda relativamente corta y un material fluorescente representado por la fórmula general  $(\text{Y}_{0,4}\text{Gd}_{0,6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  capaz de emitir luz amarilla de una longitud de onda relativamente larga preparado de la siguiente manera. A saber, los elementos de tierras raras de Y, Gd y Ce se disuelven en ácido en proporciones estequiométricas y se co-precipita la solución con ácido oxálico. El óxido de la co-precipitación obtenido calentándola al fuego se mezcla con óxido de aluminio, para obtener por ello el respectivo material de mezcla. La mezcla se mezcla con fluoruro de amonio usado como un fundente y se calienta al fuego en un crisol a una temperatura de 140 °C en el aire durante 3 horas. Luego el material calentado al fuego es molido por un molino de bolas en agua, lavado, separado, secado y cernido.

100 partes en peso del material fluorescente amarillo de longitud de onda relativamente corta y 100 partes en peso del material fluorescente amarillo de longitud de onda relativamente larga que se forman según lo descrito anteriormente se mezclan suficientemente con 1.000 partes del peso de resina acrílica y se extruden, para formar por ello una película de material fluorescente a usarse como material convertidor de color de alrededor de 180  $\mu\text{m}$  de espesor. La película de material fluorescente se corta del mismo tamaño que el plano de emisión principal de la placa de guía óptica y se dispone sobre la placa de guía óptica, para formar por ello un dispositivo emisor de luz. Las mediciones del punto de cromaticidad y del índice de representación cromática del dispositivo emisor de luz del Ejemplo 3 que se forma según lo descrito anteriormente dieron valores de (0,33, 0,34) para el punto de cromaticidad (x, y), 88,0 para el índice de representación cromática (Ra) y una eficacia de emisión de luz de 10  $\text{lm} / \text{W}$ . La Fig. 22A, la Fig. 22B y la Fig. 22C muestran espectros de emisión del material fluorescente representado por  $(\text{Y}_{0,8}\text{Gd}_{0,2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  y de un material fluorescente representado por la fórmula general  $(\text{Y}_{0,4}\text{Gd}_{0,6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  usados en el Ejemplo 11. La Fig. 23 muestra el espectro de emisión del diodo emisor de luz del Ejemplo 11. Además en pruebas de vida en condiciones de energización con una corriente de 60 mA a temperatura ambiente, de 20 mA a temperatura ambiente y de 20 mA a 60 °C con un 90 % de humedad relativa no se observó ningún cambio debido al material fluorescente.

De manera similar, la cromaticidad deseada puede mantenerse incluso cuando la longitud de onda del componente emisor de luz se cambia cambiando el contenido del material fluorescente.

**Ejemplo 12**

5 El diodo emisor de luz del Ejemplo 12 se formó de la misma manera que en el Ejemplo 1 salvo por el uso de fósforo representado por la fórmula general  $Y_3In_5O_{12}:Ce$ . Se hicieron 100 piezas del diodo emisor de luz del Ejemplo 12. Aunque el diodo emisor de luz del Ejemplo 12 mostró luminancia menor que la de los diodos emisores de luz del Ejemplo 1, mostró buena adaptabilidad climática comparable a la del Ejemplo 1 en una prueba de vida.

10 Como se ha descrito en lo que antecede, el diodo emisor de luz de la presente invención puede emitir luz de un color deseado y está sujeto a menor deterioro de la eficacia de emisión y de la buena adaptabilidad climática incluso cuando se usa con alta luminancia durante un largo periodo de tiempo. Por lo tanto, la aplicación del diodo emisor de luz no está limitada a artefactos electrónicos sino que puede abrir nuevas aplicaciones incluyendo visualizadores para automóviles, aviones y boyas para refugios y puertos, así como uso en exteriores tal como señal e iluminación para autopistas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo emisor de luz que comprende:

un primer chip de diodo emisor de luz (LED) que incluye un semiconductor basado en nitruro de galio y que emite luz azul;

5 un fósforo capaz de absorber una parte de la luz emitida por dicho primer chip de LED y de emitir luz que tiene una longitud de onda de emisión principal más larga que el máximo de emisión principal de dicho primer componente de emisión de luz y en relación a los colores complementarios con la luz emitida por dicho chip de LED, conteniendo dicho fósforo un material fluorescente de granate activado con cerio que comprende al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Y, Lu, Sc, La, Gd y Sm y al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Al, Ga, e In;

10 un material de revestimiento que recubre dicho chip de LED; y

un segundo chip de diodo emisor de luz (LED) que emite luz que no excita dicho fósforo,

en el que dicho fósforo está contenido en dicho material de revestimiento y

la luz de dicho segundo chip de LED es radiada al exterior sin excitar dicho fósforo.

2. Un dispositivo emisor de luz que comprende:

15 un primer chip de diodo emisor de luz (LED) que incluye un semiconductor basado en nitruro de galio y que emite luz azul;

un fósforo capaz de absorber una parte de la luz emitida por dicho primer chip de LED y de emitir luz que tiene una longitud de onda de emisión principal más larga que el máximo de emisión principal de dicho primer componente emisor de luz y en relación a los colores complementarios con la luz emitida por dicho chip de LED, conteniendo dicho fósforo un material fluorescente de granate activado con cerio que comprende al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Y, Lu, Sc, La, Gd y Sm y al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Al, Ga, e In;

20

un material de revestimiento que recubre dicho chip de LED;

un material de moldeado que recubre dicho material de revestimiento y

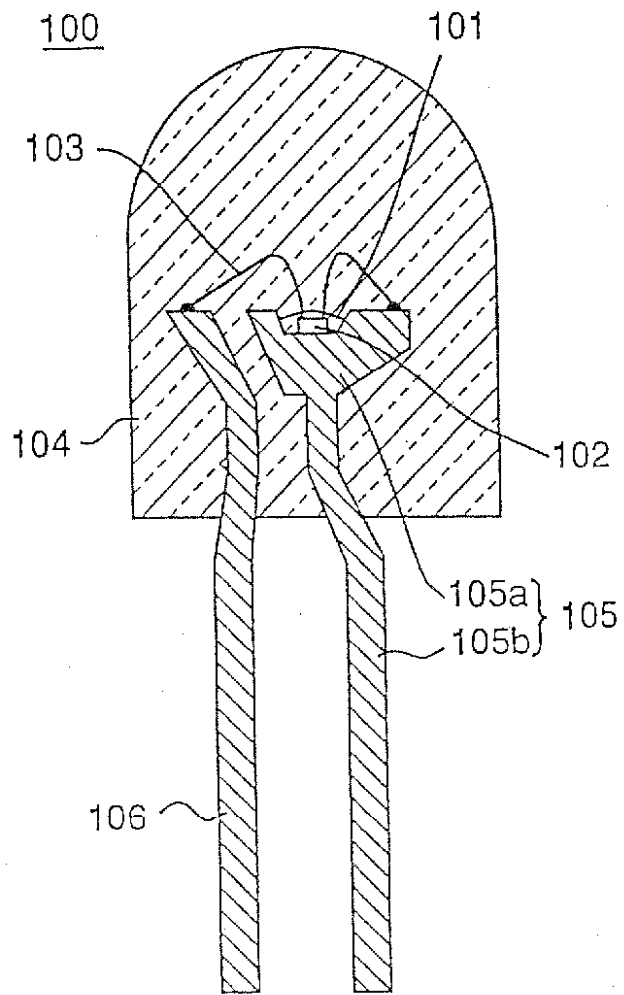
un segundo chip de diodo emisor de luz (LED) que emite luz que no excita dicho fósforo,

en el que dicho fósforo está contenido en dicho material de revestimiento y/o en dicho material de moldeado, y

25 la luz de dicho segundo chip de LED es radiada al exterior sin excitar dicho fósforo.

3. El dispositivo emisor de luz de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho segundo componente emisor de luz incluye un semiconductor seleccionado de un grupo que consiste en fosfato de galio, arseniuro de aluminio y galio, fosfato de arsénico y galio o fosfato de aluminio e indio.

*Fig.1*



*Fig.2*

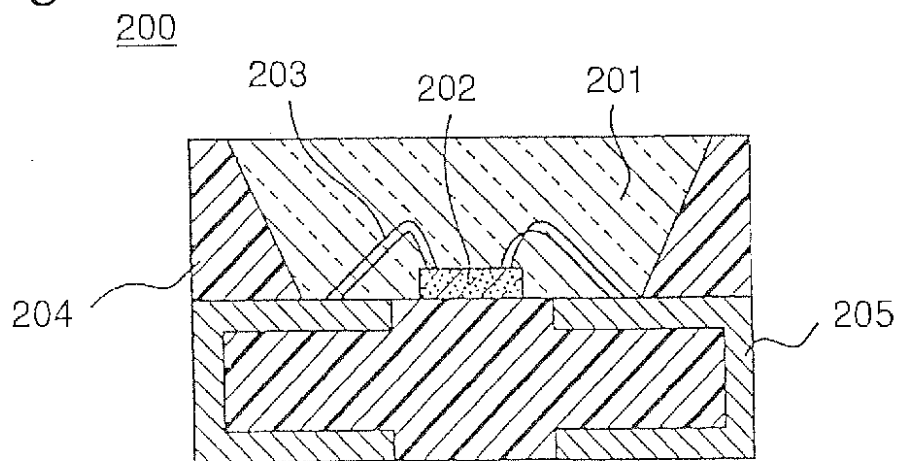




Fig.3A

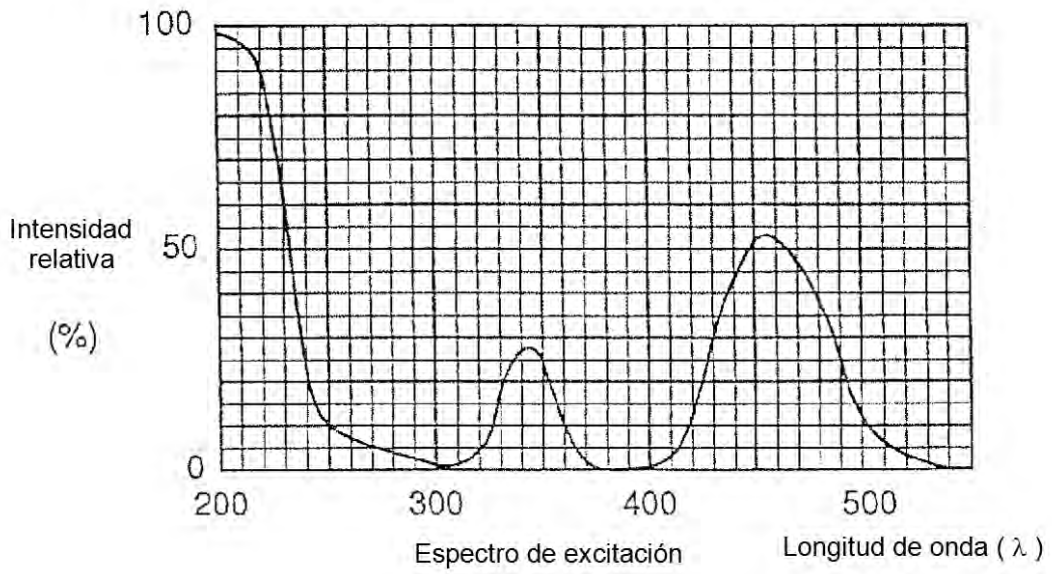
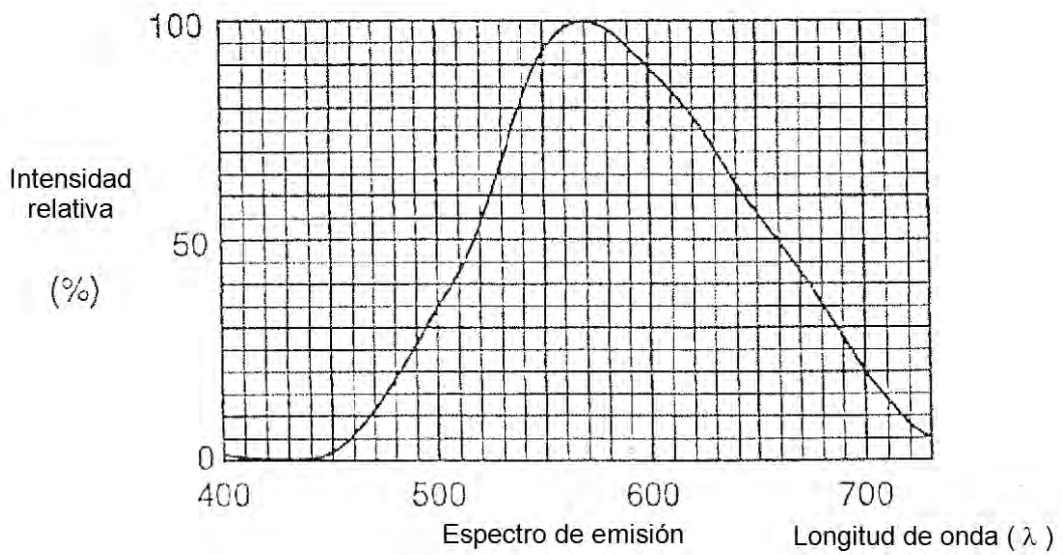


Fig.3B



Espectro de emisión

Fig.4

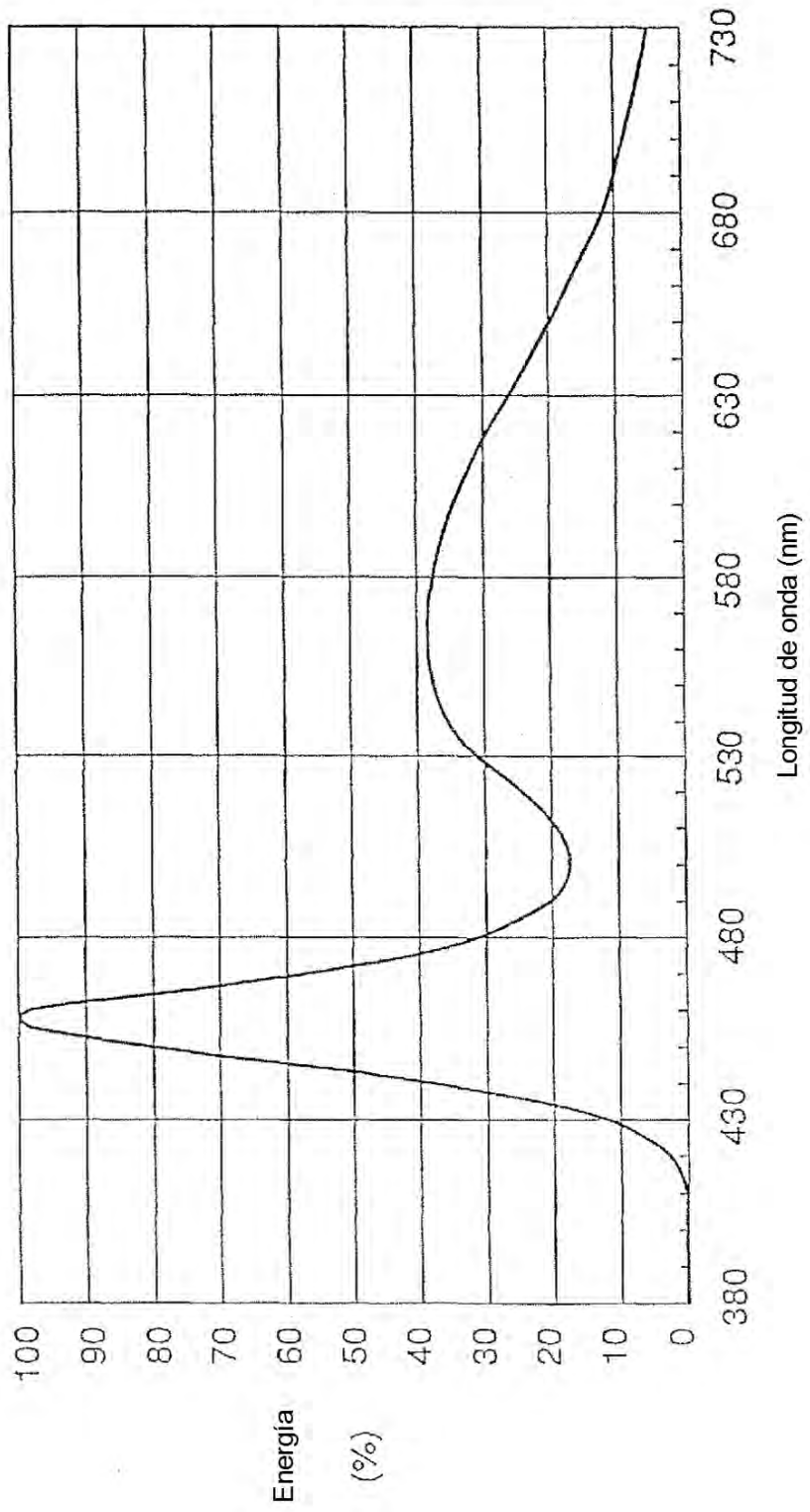


Fig.5A

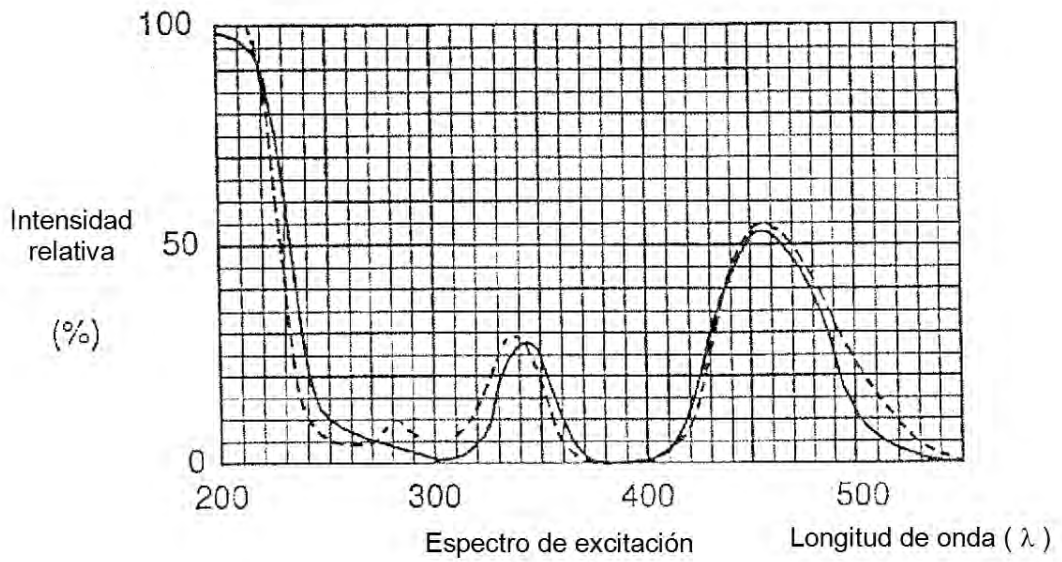


Fig.5B

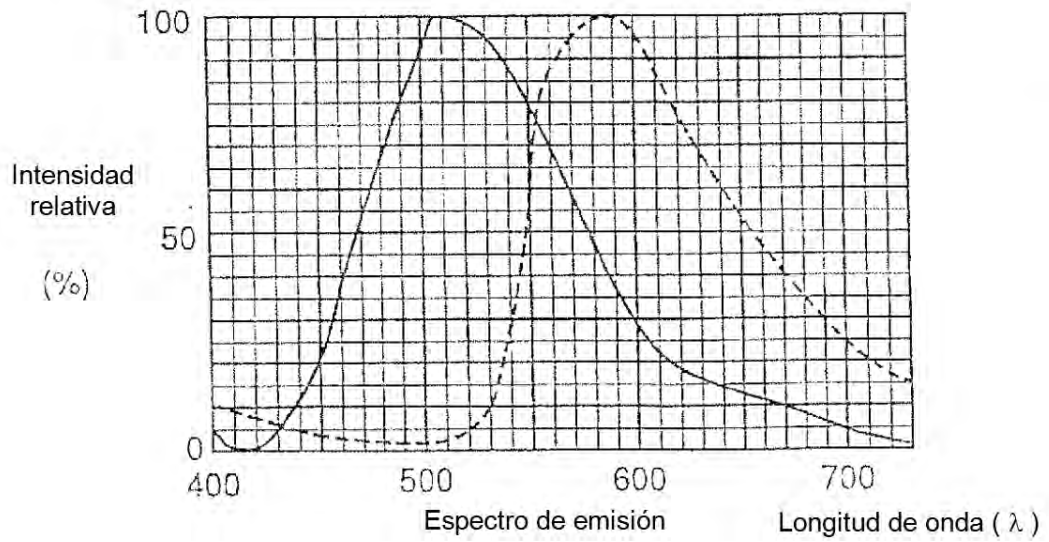


Fig.6

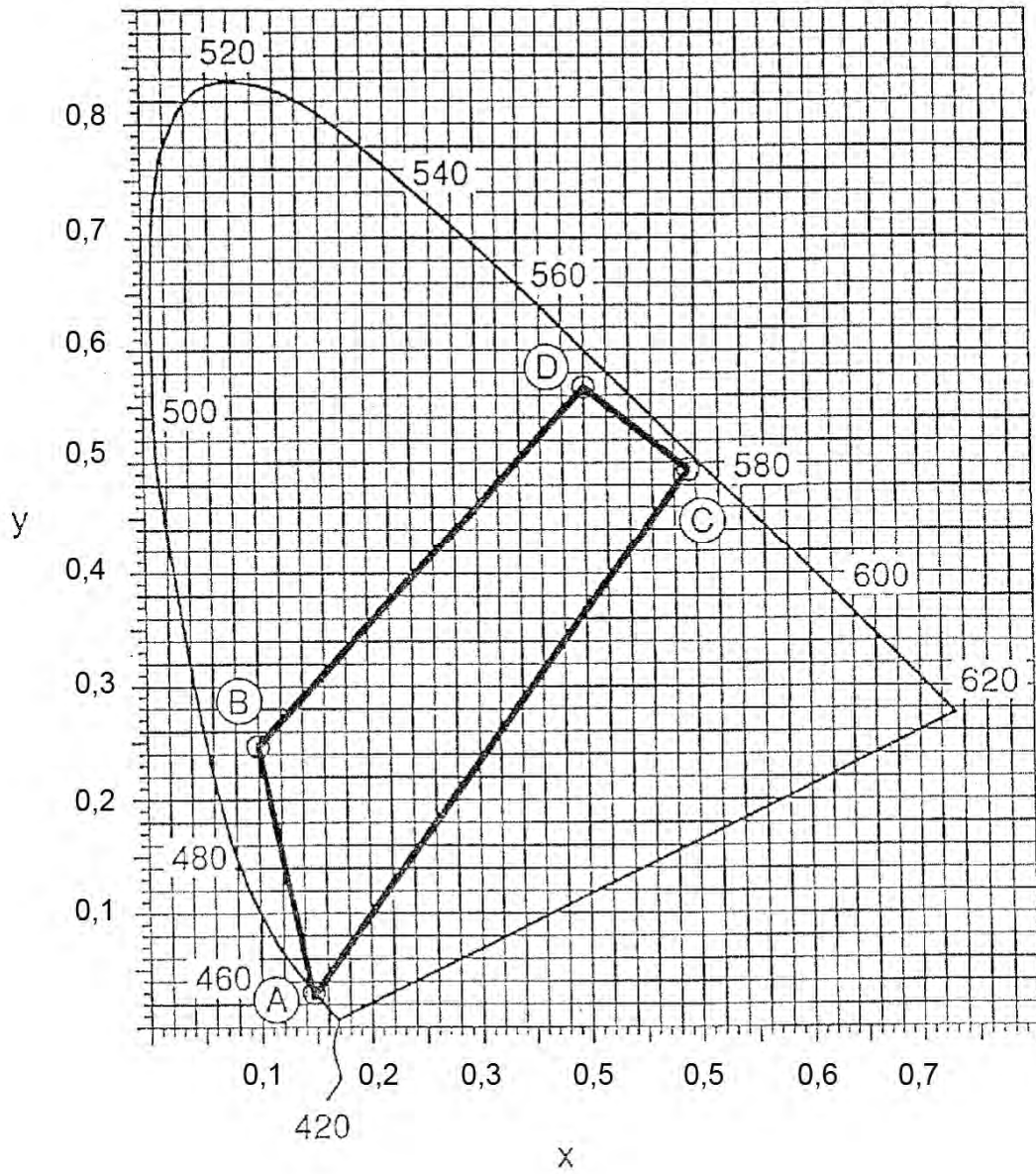


Fig.7

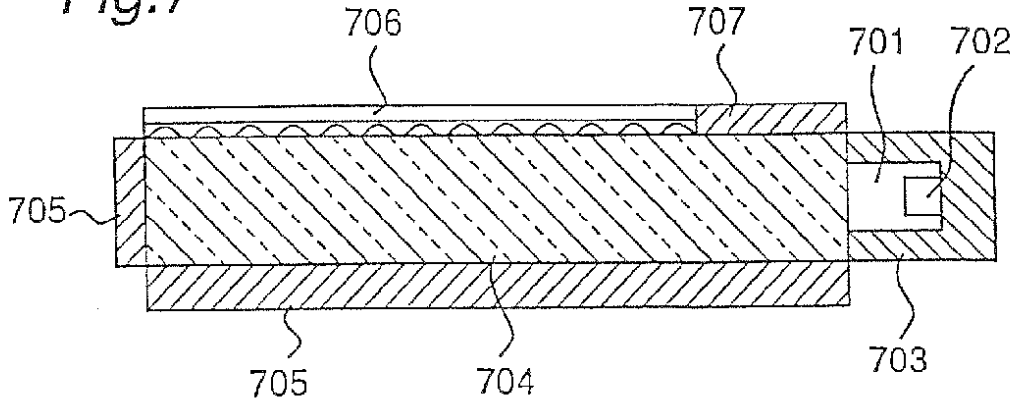


Fig.8

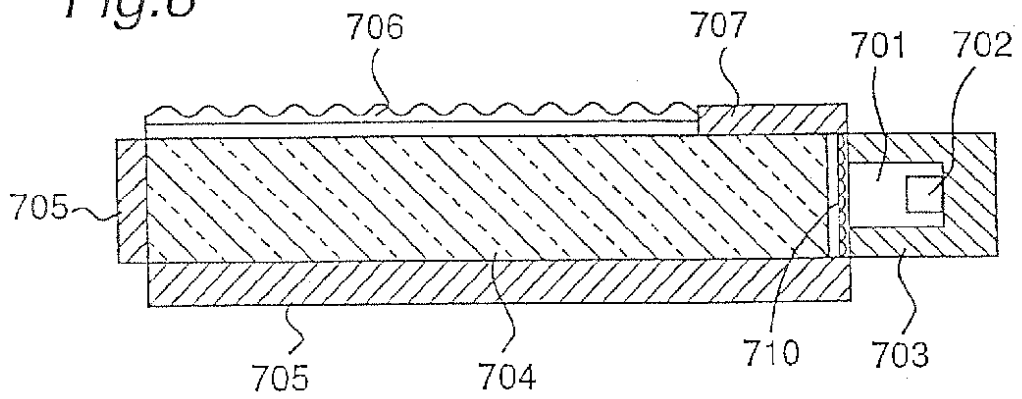


Fig.9

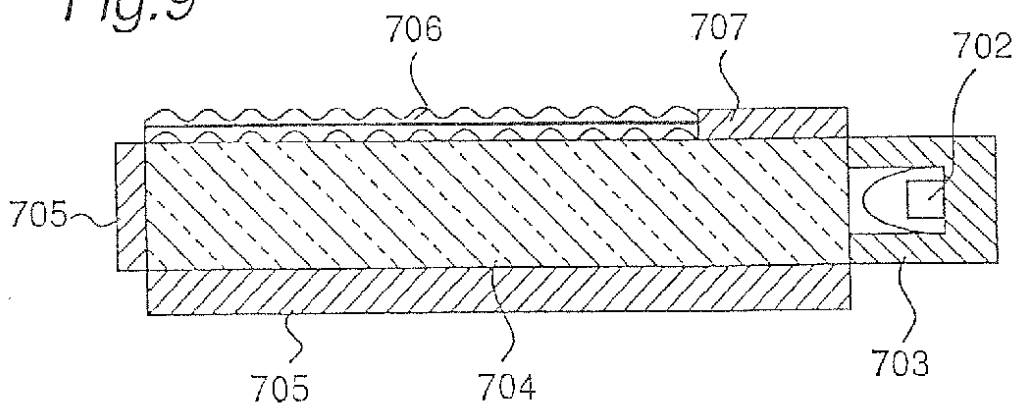


Fig.10

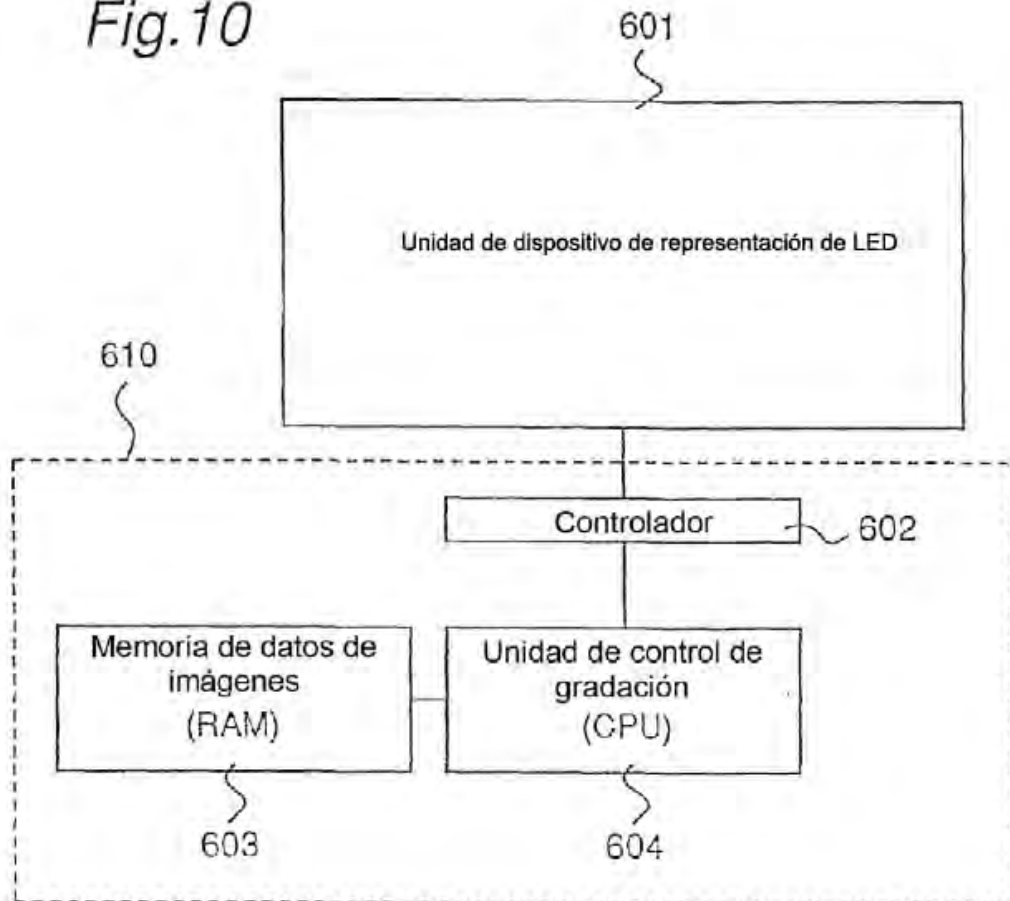


Fig. 11

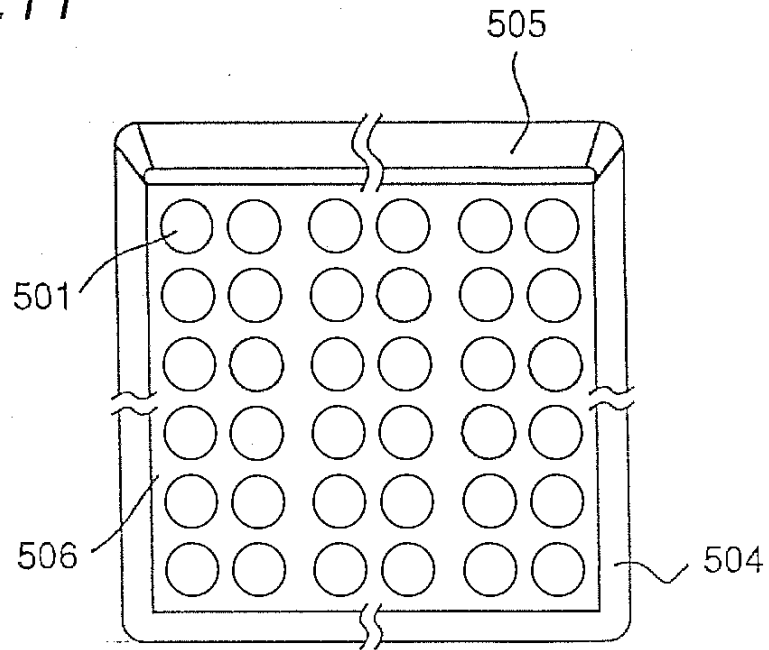


Fig. 12

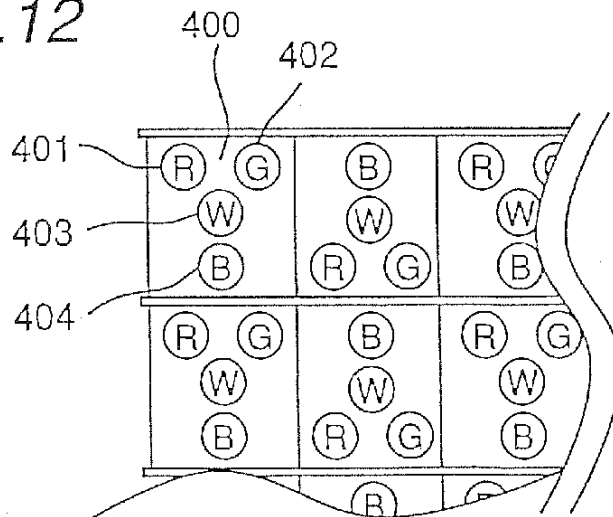


Fig.13A

Prueba de vida  
 $I_f=20\text{mA}$   $T_a=25^\circ\text{C}$

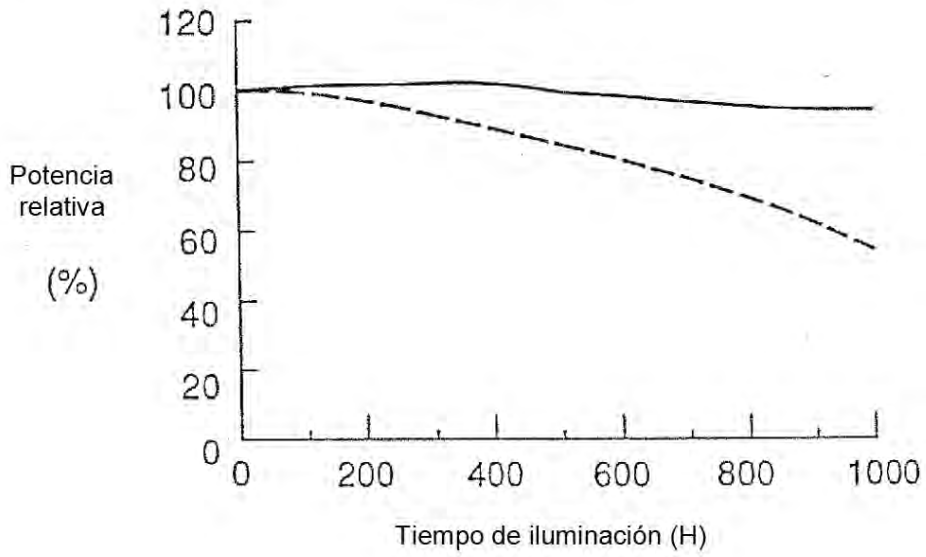


Fig.13B

Prueba de vida  
 $I_f=20\text{mA}$   $T_a=60^\circ\text{C}$  90% de humedad relativa

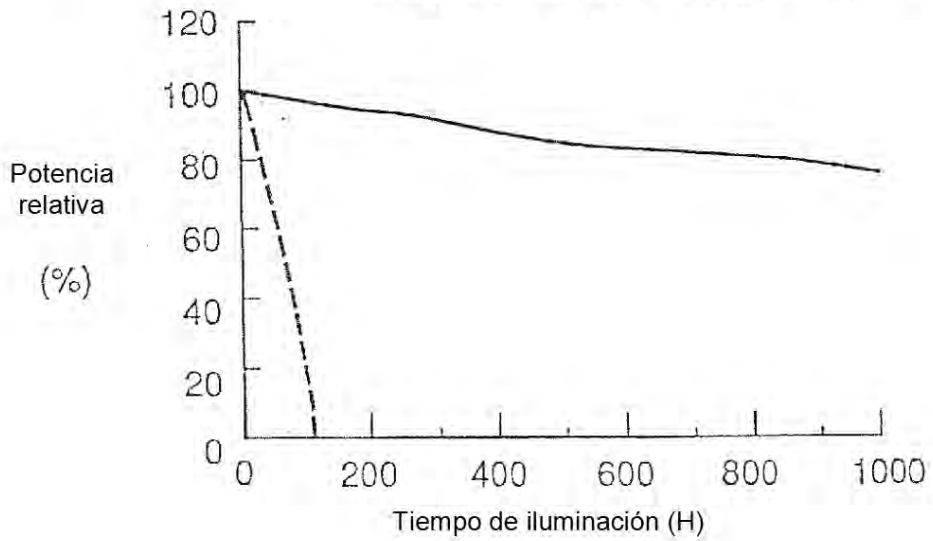




Fig.14A

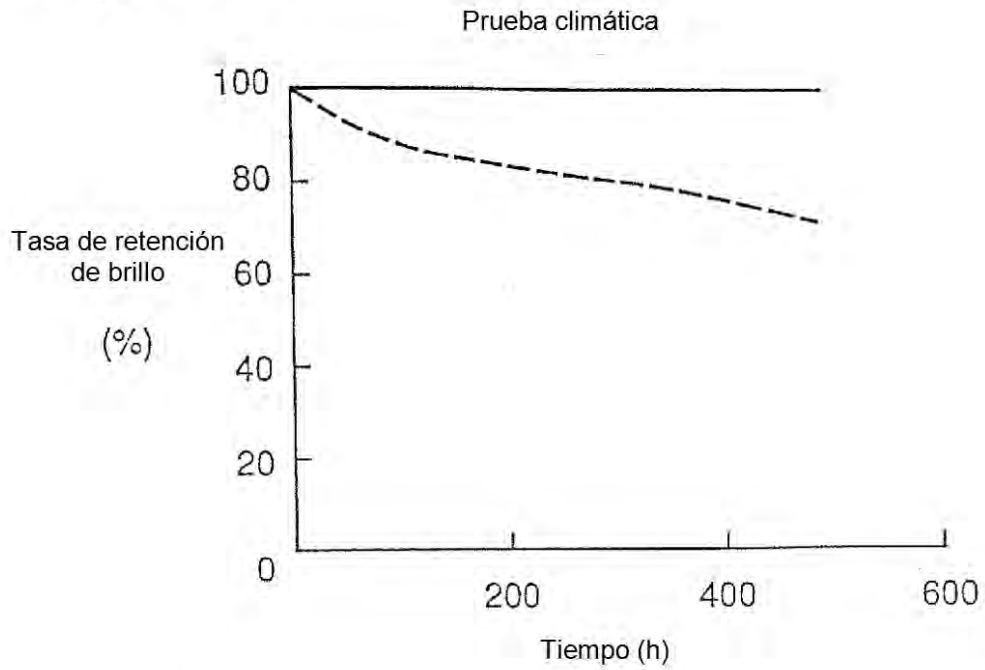


Fig.14B

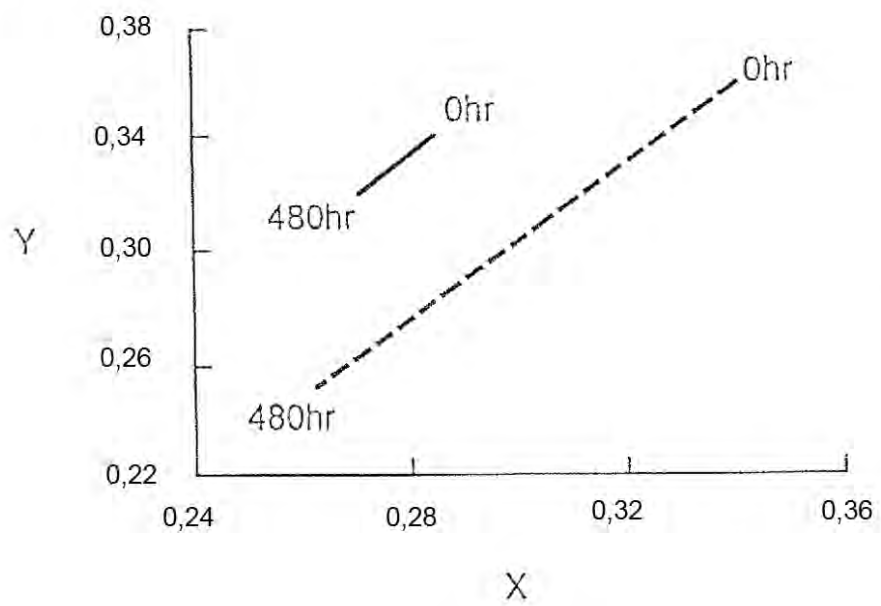


Fig. 15A

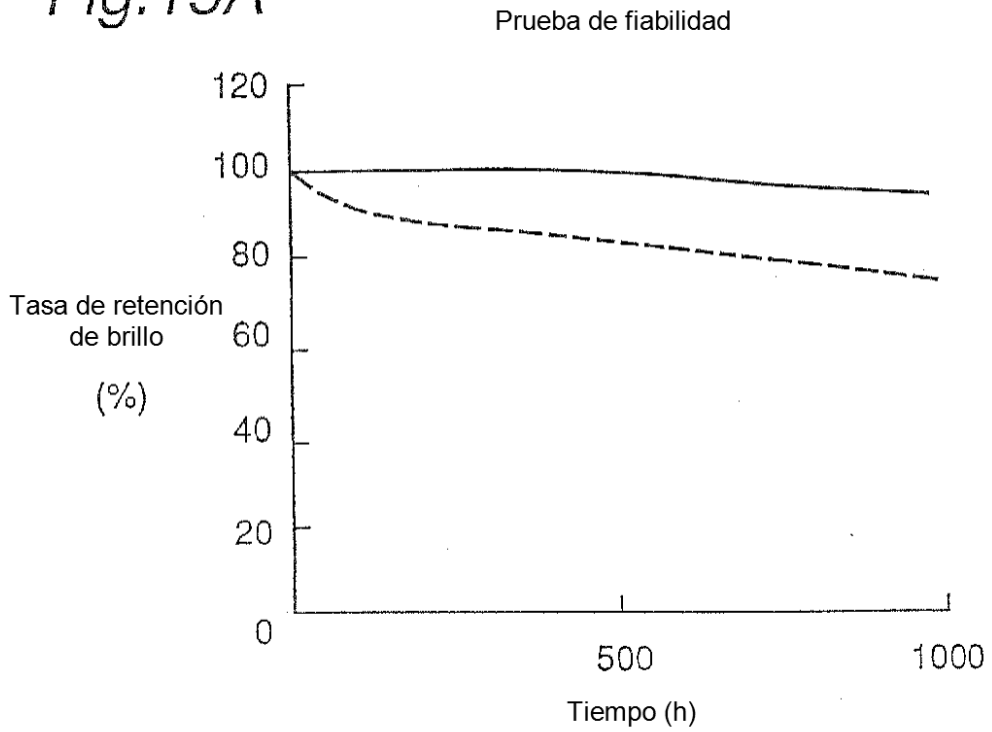


Fig. 15B

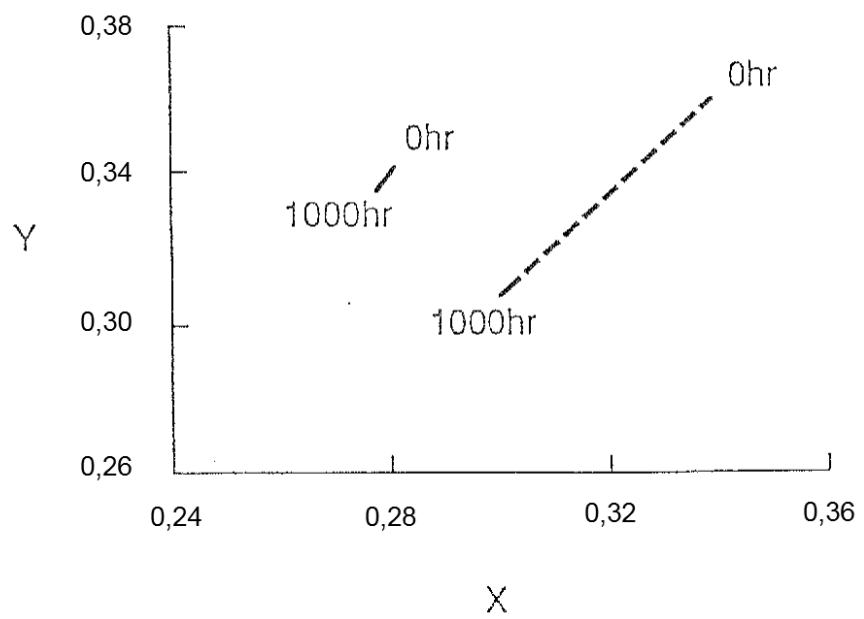


Fig. 16

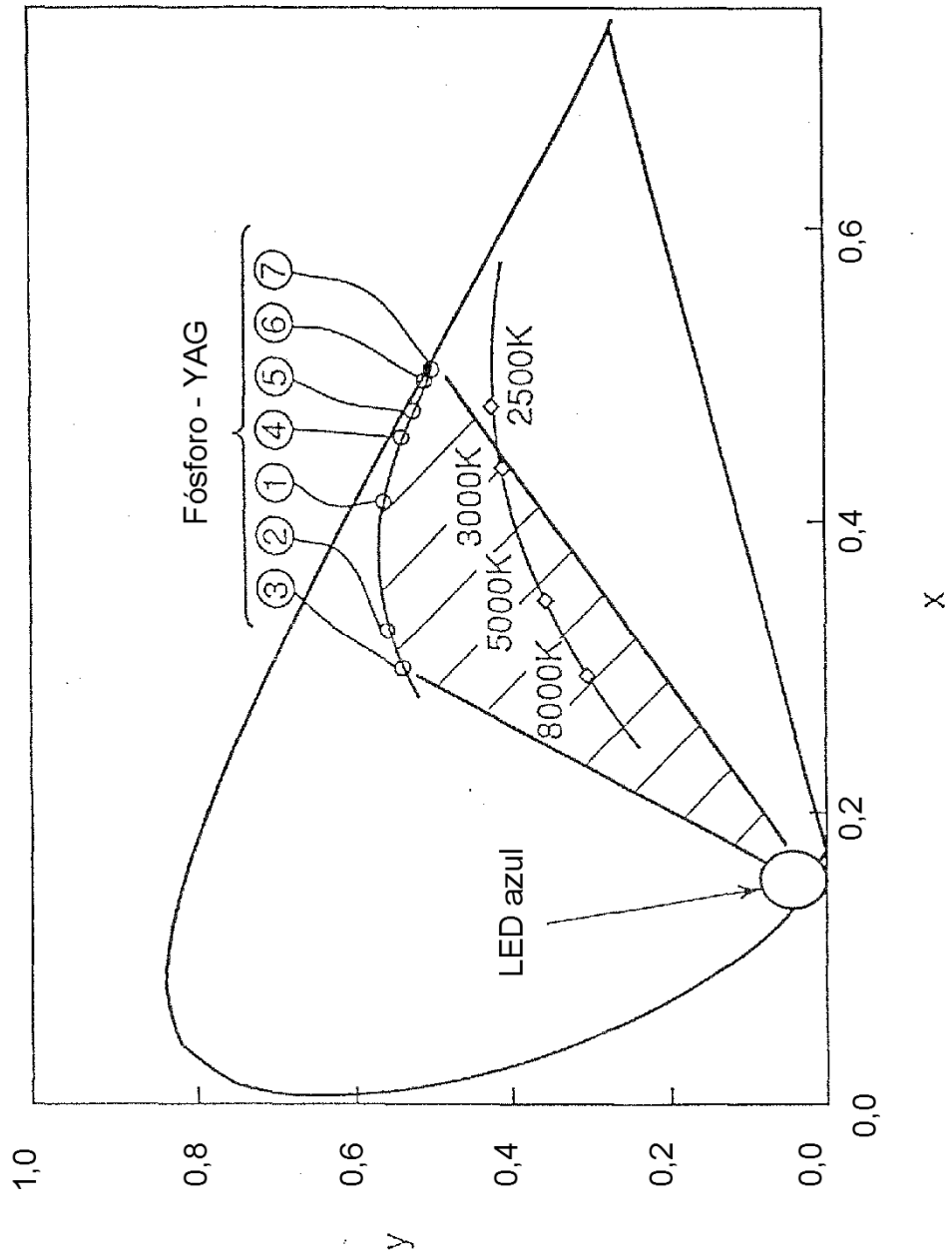


Fig.17

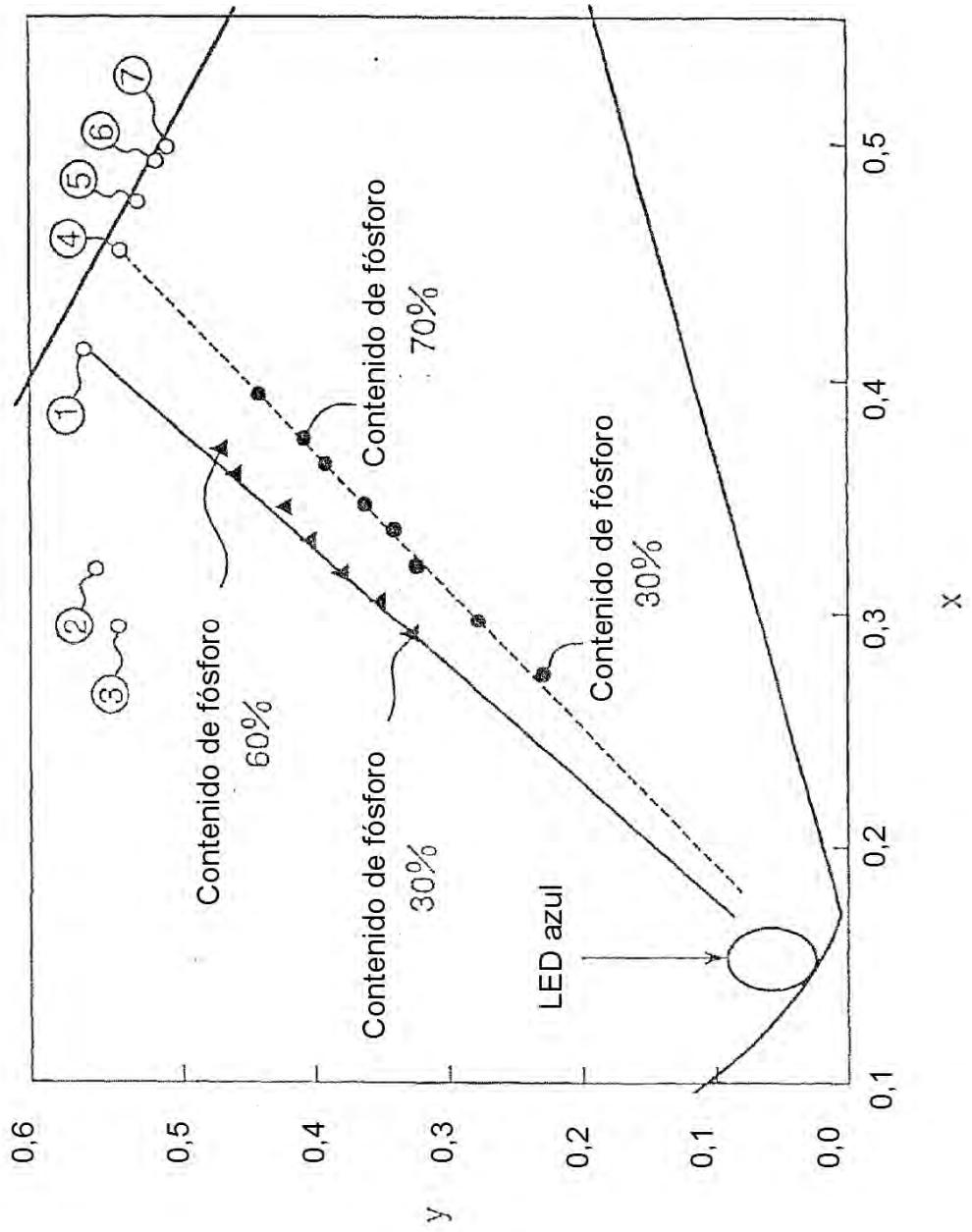


Fig.18A

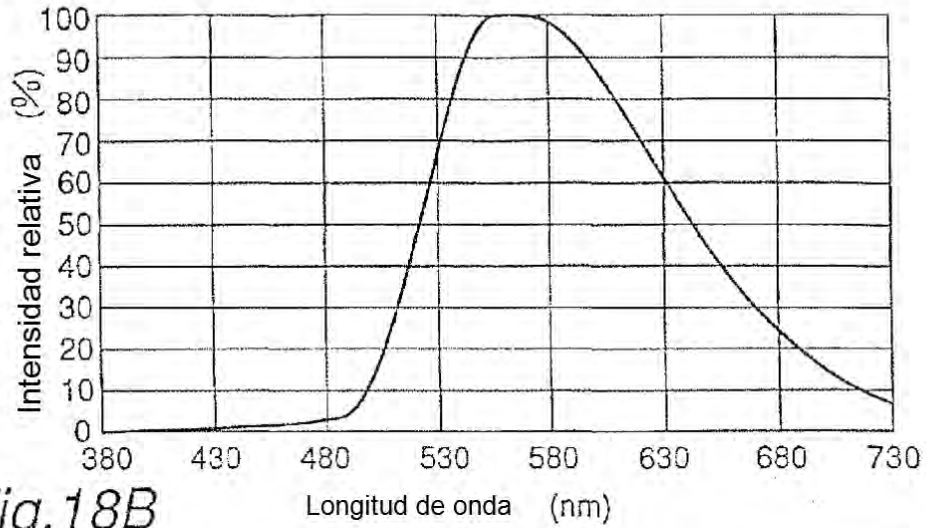


Fig.18B

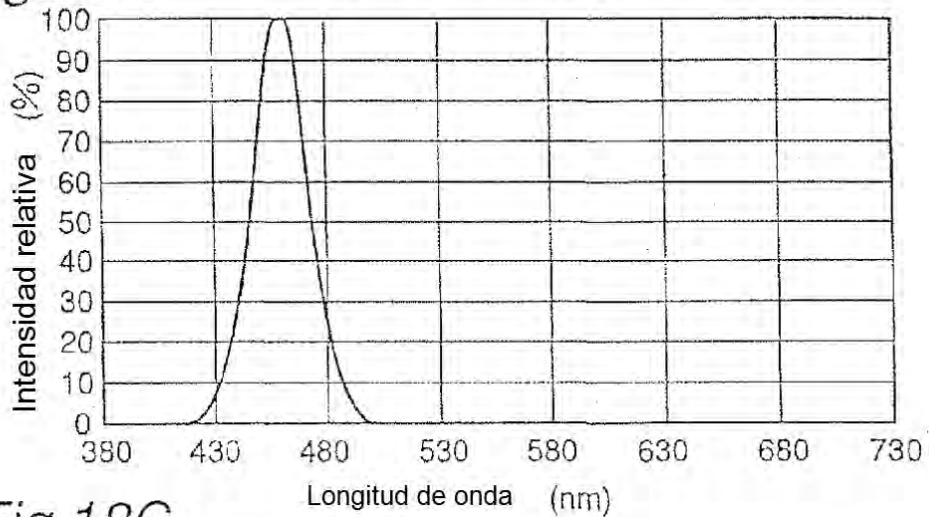


Fig.18C

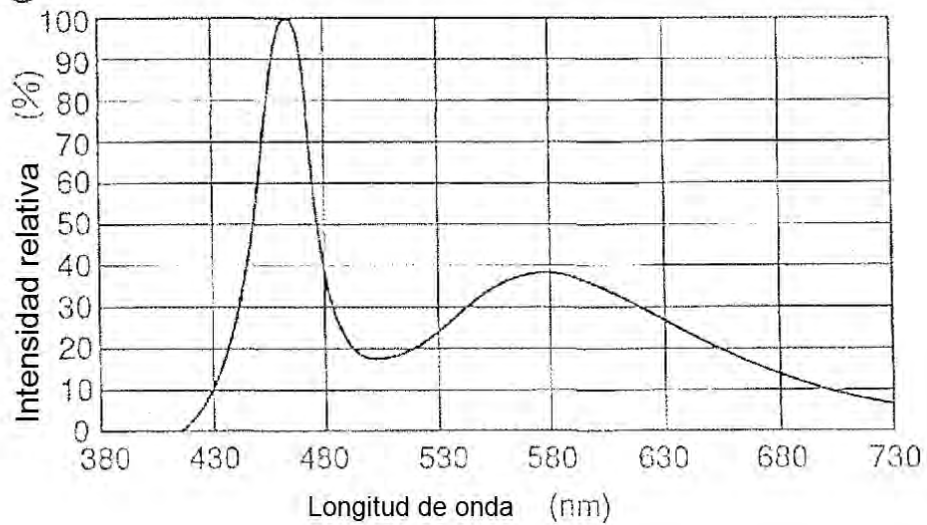


Fig. 19A

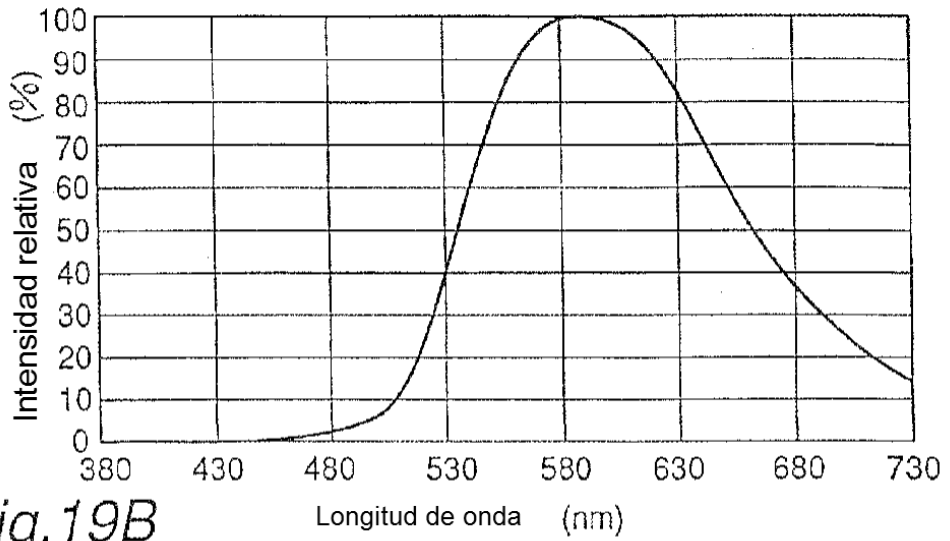


Fig. 19B

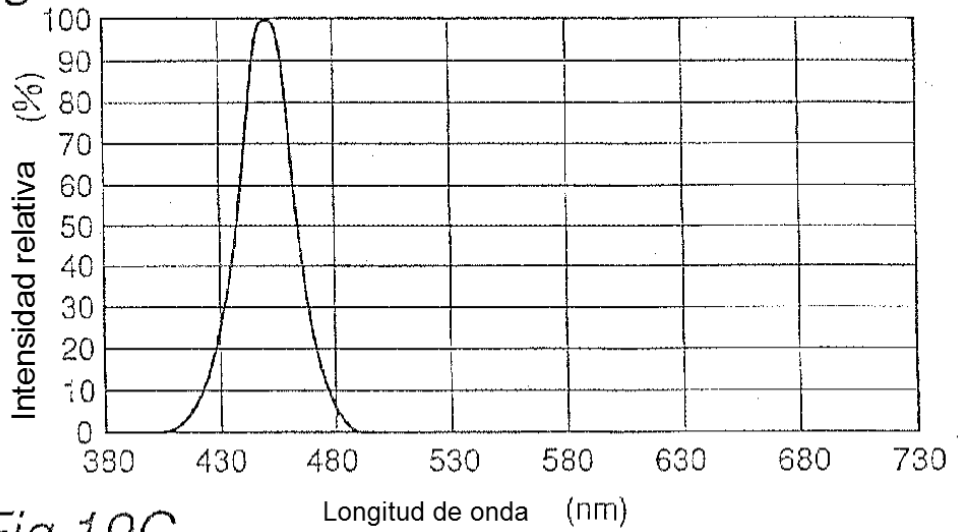


Fig. 19C

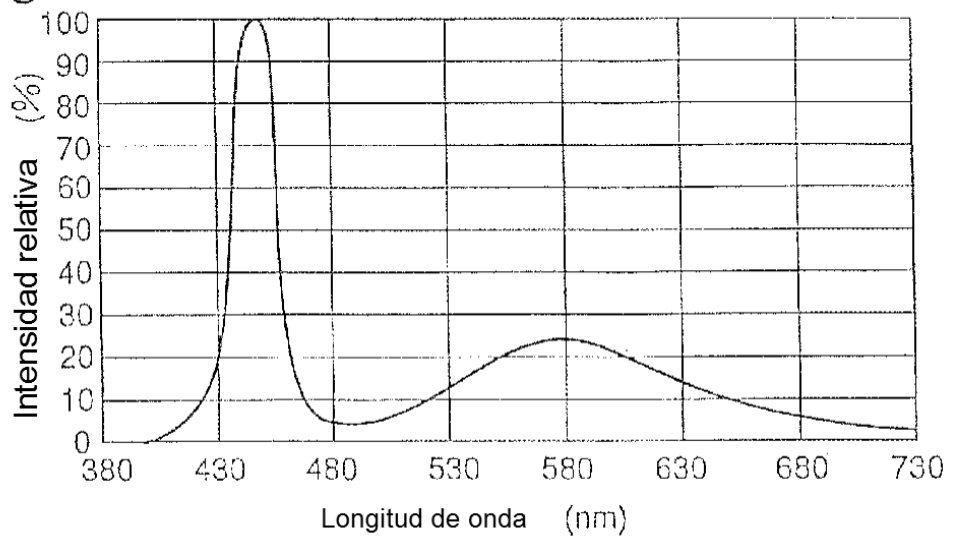


Fig.20A

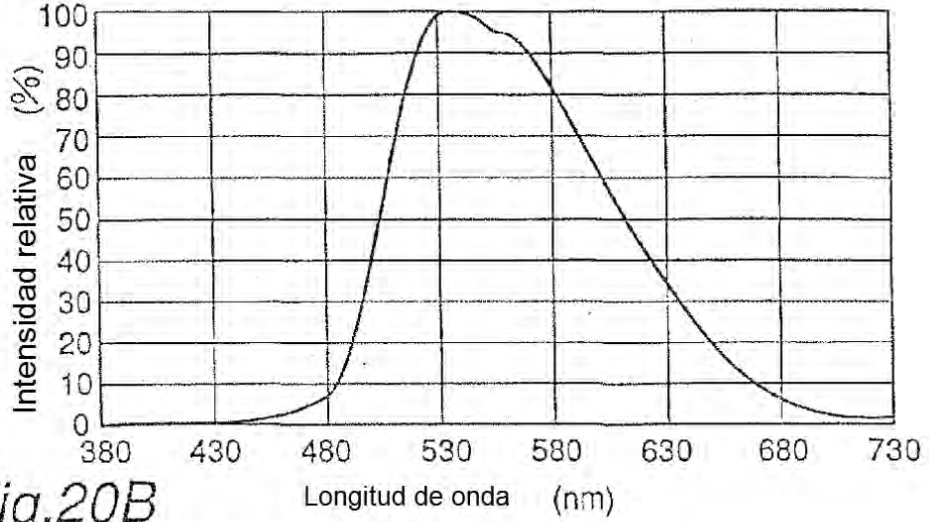


Fig.20B

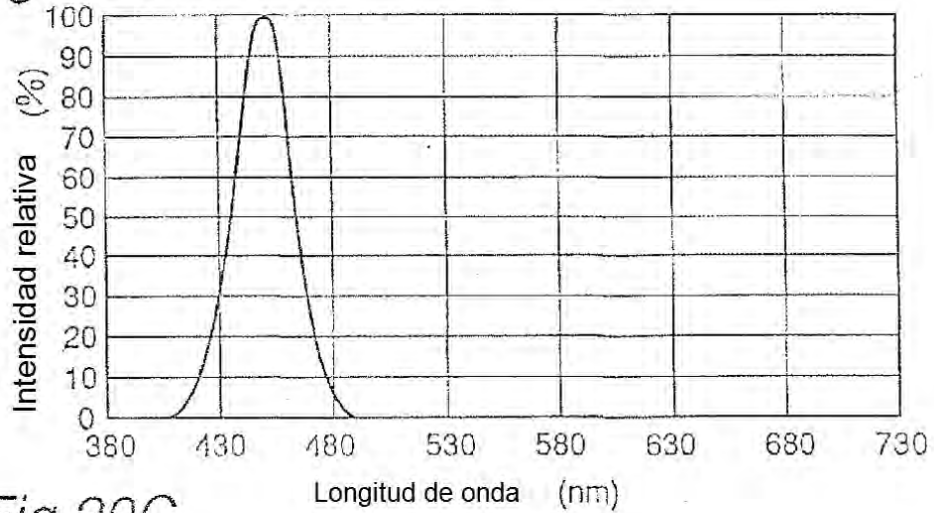


Fig.20C

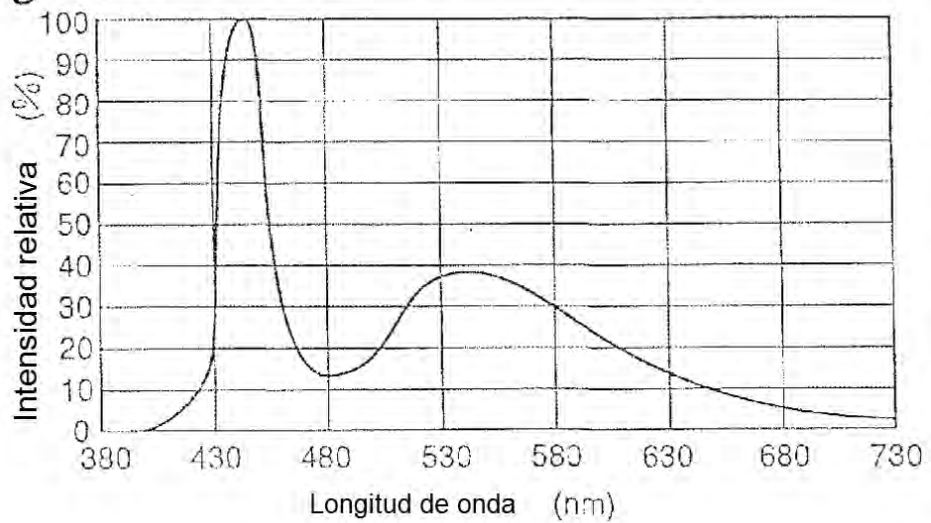


Fig.21A

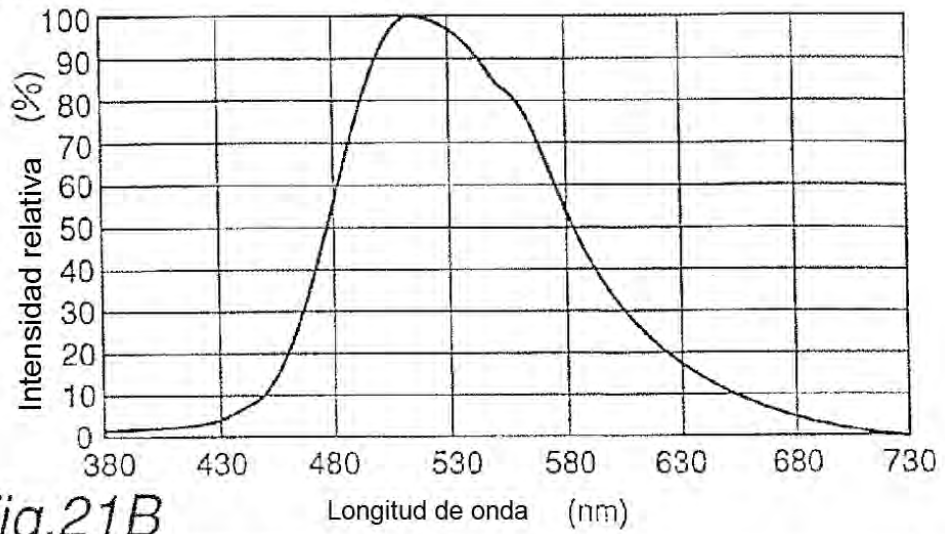


Fig.21B

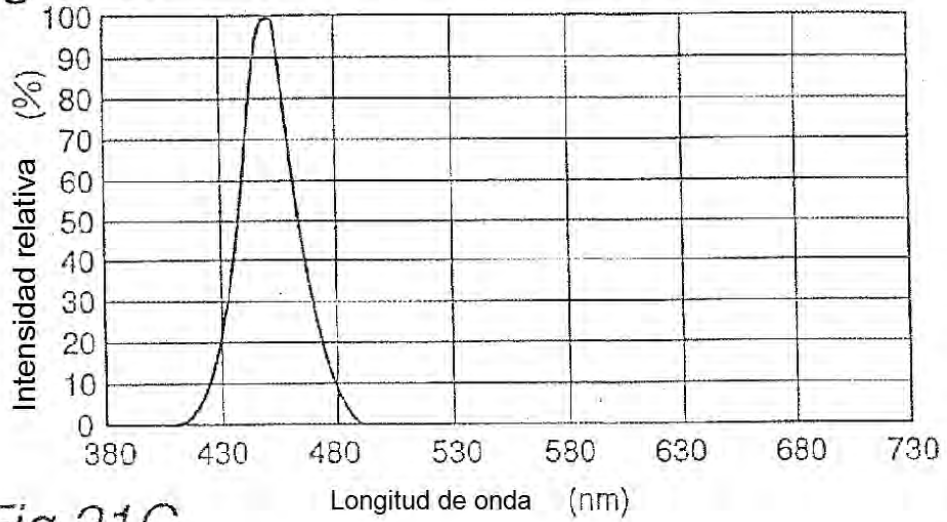


Fig.21C

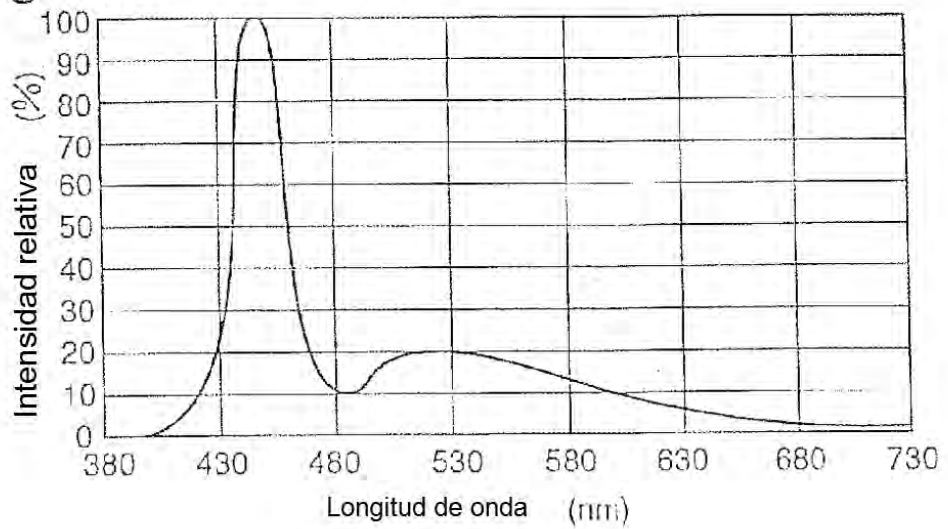




Fig.22A

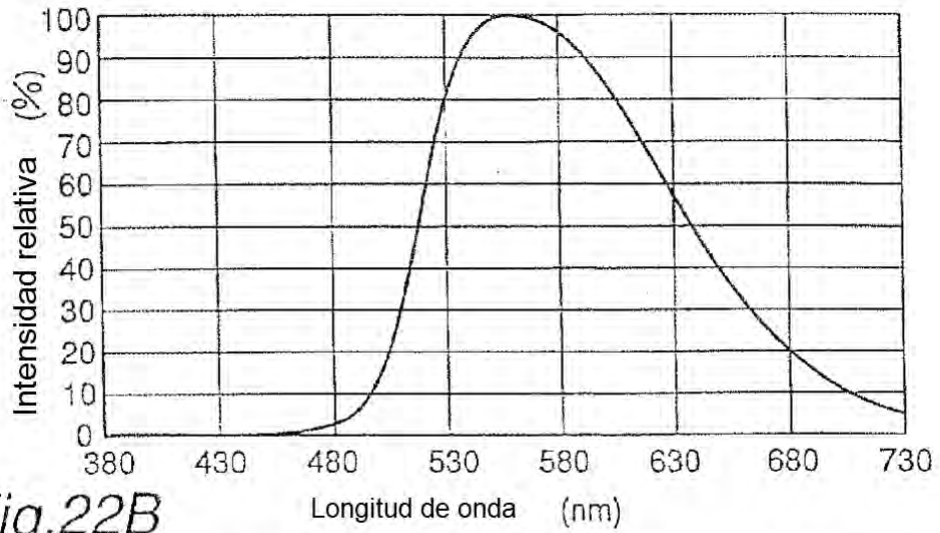


Fig.22B

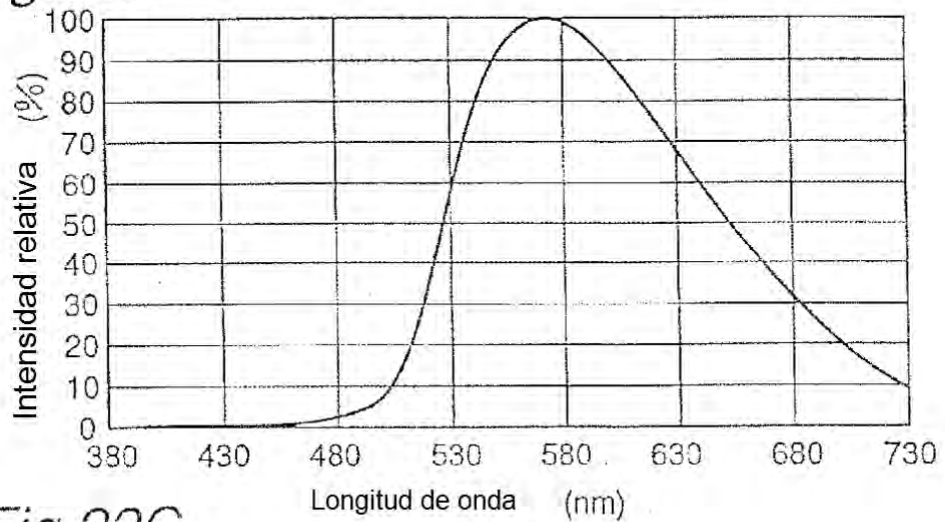


Fig.22C

