

(11) Número de Publicação: **PT 2197053 E**

(51) Classificação Internacional:

**C09K 11/77** (2015.01) **H01L 33/50** (2015.01)  
**H01L 33/56** (2015.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **1997.07.29**

(30) Prioridade(s): **1996.07.29 JP 19858596**  
**1996.09.17 JP 24433996**  
**1996.09.18 JP 24538196**  
**1996.12.27 JP 35900496**  
**1997.03.31 JP 8101097**

(43) Data de publicação do pedido: **2010.06.16**

(45) Data e BPI da concessão: **2015.07.01**  
**173/2015**

(73) Titular(es):

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

(72) Inventor(es):

**YOSHINORI SHIMIZU** JP  
**KENSHO SAKANO** JP  
**YASUNOBU NOGUCHI** JP  
**TOSHIO MORIGUCHI** JP

(74) Mandatário:

**ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO**  
**RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA** PT

(54) Epígrafe: **DISPOSITIVO EMISSOR DE LUZ E VISUALIZAÇÃO**

(57) Resumo:

E DIVULGADO UM DISPOSITIVO EMISSOR DE LUZ COMPREENDENDO UM COMPONENTE EMISSOR DE LUZ, O QUAL EMITE UMA LUZ VISÍVEL E TEM UM SEMICONDUTOR À BASE DE NITRETO DE GÁLIO, E UM MATERIAL TRANSPARENTE CONTENDO, PELO MENOS, UM FÓSFORO QUE É CAPAZ DE ABSORVER UMA PARTE DE UMA PRIMEIRA LUZ DE COR AZUL EMITIDA A PARTIR DO COMPONENTE EMISSOR DE LUZ E EMITINDO UMA SEGUNDA LUZ TENDO UMA EMISSÃO COM UM COMPRIMENTO DE ONDA PRINCIPAL MAIOR DO QUE AQUELE DA PRIMEIRA LUZ ABSORVIDA, EM QUE A REFERIDA SEGUNDA LUZ EMITIDA A PARTIR DE, PELO MENOS, UM FÓSFORO E A REFERIDA PRIMEIRA LUZ PASSADA ATRAVÉS DO REFERIDO FÓSFORO SÃO CAPAZES DE SE SOBREPOR UMA À OUTRA PARA FAZER LUZ BRANCA E EM QUE A CONCENTRAÇÃO DO REFERIDO FÓSFORO AUMENTA A PARTIR DA SUPERFÍCIE DO REFERIDO MATERIAL TRANSPARENTE NA DIREÇÃO DO REFERIDO COMPONENTE EMISSOR DE LUZ.

## **RESUMO**

### **"DISPOSITIVO EMISSOR DE LUZ E VISUALIZAÇÃO"**

É divulgado um dispositivo emissor de luz compreendendo um componente emissor de luz, o qual emite uma luz visível e tem um semicondutor à base de nitreto de gálio, e um material transparente contendo, pelo menos, um fósforo que é capaz de absorver uma parte de uma primeira luz de cor azul emitida a partir do componente emissor de luz e emitindo uma segunda luz tendo uma emissão com um comprimento de onda principal maior do que aquele da primeira luz absorvida, em que a referida segunda luz emitida a partir de, pelo menos, um fósforo e a referida primeira luz passada através do referido fósforo são capazes de se sobrepor uma à outra para fazer luz branca e em que a concentração do referido fósforo aumenta a partir da superfície do referido material transparente na direção do referido componente emissor de luz.

## **DESCRIÇÃO**

### **"DISPOSITIVO EMISSOR DE LUZ E VISUALIZAÇÃO"**

A presente invenção refere-se a um diodo emissor de luz utilizado em visualização LED, fonte de retroiluminação, sinais de trânsito, sinais ferroviários, interruptores de iluminação, indicadores, etc. Mais especialmente, refere-se a um dispositivo emissor de luz (LED), compreendendo um fósforo, o qual converte o comprimento de onda da luz emitida por um componente emissor de luz e emite luz e um dispositivo de visualização que utiliza o dispositivo emissor de luz.

Um diodo emissor de luz é compacto e emite luz de cor clara com elevada eficiência. Está também isento de problemas, tais como fundir e tem uma boa característica de energia, resistência elevada a vibrações e capacidade de duração para suportar operações repetidas de ligar/desligar, porque é um elemento semicondutor. Assim tem sido largamente utilizado em tais aplicações como indicadores vários e fontes de iluminação várias. Recentemente têm sido desenvolvidos diodos emissores de luz para as cores RGB (Vermelho, Verde, Azul) que têm uma luminância ultra elevada e eficiência elevada e têm sido utilizados em visualizações LED de tela grande que utilizam estes diodos emissores de luz. A visualização LED pode ser operada com menos energia e tem características tão boas como peso ligeiro e longa duração e é portanto de esperar que no futuro seja largamente utilizado.

Recentemente, têm sido feitas várias tentativas para fazer fontes de luz branca utilizando diodos emissores de luz. Uma vez que o diodo emissor de luz tem um espectro de emissão favorável para produzir luz monocromática, fazer uma fonte de luz branca requer dispor três componentes emissores de luz R, G, e B próximos uns dos outros enquanto se difunde e mistura a luz por eles emitida. Quando se produz luz branca com uma tal disposição, tem existido um problema tal que a luz branca da tonalidade desejada não pode ser produzida devido às variações na tonalidade, luminância e outros fatores do componente emissor de luz. De igual modo, quando os componentes emissores de luz são constituídos de materiais diferentes, a energia elétrica necessária para acionar difere de um diodo emissor de luz para outro, tornando-se necessário aplicar tensões diferentes aos diferentes componentes emissores de luz, o que conduz a um circuito de acionamento complexo. Além disso, devido aos componentes emissores de luz serem componentes emissores de luz semicondutores, a tonalidade da cor é sujeita a variação devido à diferença nas características de temperatura, alterações temporárias e ambiente de funcionamento ou a irregularidade na cor pode ser causada devido a falha em misturar uniformemente a luz emitida pelos componentes emissores de luz. Assim os diodos emissores de luz são eficientes como dispositivos emissores de luz para produzir cores individuais, embora não se tenha obtido até aqui uma fonte de luz satisfatória capaz de emitir luz branca utilizando componentes emissores de luz.

Com a finalidade de resolver estes problemas, a presente requerente desenvolveu anteriormente diodos emissores de luz que convertem a cor da luz, que é emitida por componentes emissores de luz, por meio de um material fluorescente divulgado nas

Patentes Japonesas JP-A5-152609, JP-A-7-99345, JP-A-7-176794 e JP-A8-7614. Os diodos emissores de luz divulgados nestas publicações são tais que, utilizando componentes emissores de luz de um tipo, são capazes de produzir luz de cores branca e outras e são constituídos como se segue.

Os diodos emissores de luz divulgados nas publicações anteriores são constituídos montando um componente emissor de luz, que tenha uma grande lacuna da banda de energia da camada emissora de luz, num recetáculo proporcionado na ponta de uma armação condutora e tendo um material fluorescente que absorve luz emitida pelo componente emissor de luz e emite luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida (conversão de comprimento de onda), contido num molde de resina que cobre o componente emissor de luz.

O diodo emissor de luz divulgado, como descrito acima, capaz de emitir luz branca pela mistura da luz de uma pluralidade de fontes, pode ser constituído utilizando um componente emissor de luz capaz de emitir luz azul e moldando o componente emissor de luz com uma resina que inclui um material fluorescente que absorve a luz emitida pelo diodo emissor de luz azul e emite luz amarelada.

No entanto, os diodos emissores de luz convencionais têm problemas, tais como a deterioração do material fluorescente o que conduz ao desvio da tonalidade da cor e ao escurecimento do material fluorescente resultando numa diminuição de eficiência de luz a extrair. O escurecimento aqui refere-se, no caso de se utilizar um material fluorescente inorgânico, tal como material fluorescente de (Cd, Zn)S, por exemplo, à parte dos elementos metálicos que constituem o material fluorescente que aceleram ou

alteram as respetivas propriedades que conduzem à coloração ou, no caso de se utilizar um material fluorescente orgânico, à coloração devida à rotura da dupla ligação na molécula. Especialmente quando se utiliza um componente emissor de luz feito de um semicondutor que tenha uma lacuna da banda de elevada energia para melhorar a eficiência de conversão do material fluorescente (isto é, aumenta a energia de luz emitida pelo semicondutor e aumenta o número de fotões que tenham energias acima de um limiar que possam ser absorvidas pelo material fluorescente, resultando em ser absorvida mais luz) ou diminuída a quantidade de consumo de material fluorescente (isto é, o material fluorescente é irradiado com energia relativamente mais elevada), a energia da luz absorvida pelo material fluorescente aumenta inevitavelmente resultando numa degradação mais expressiva do material fluorescente. A utilização do componente emissor de luz com intensidade mais elevada de emissão de luz por um período prolongado de tempo causa, além disso, uma degradação mais significativa do material fluorescente.

O documento EP-A0209942 revela uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão. Esta lâmpada tem um enchimento que compreende mercúrio e um gás raro e uma camada luminescente compreendendo material luminescente cuja emissão reside principalmente na gama de 590-630 nm e na gama de 520-565 nm. A luz emitida pela lâmpada de descarga está numa gama de comprimento de onda que é quase totalmente invisível e tem de ser transformada pela camada de luminescente para se tornar visível. A lâmpada é também proporcionada com uma camada de absorção que compreende um aluminato luminescente ativado por cério trivalente e tendo uma estrutura de cristal de granada.

Também o material fluorescente proporcionado na vizinhança do componente emissor de luz pode ser exposto a uma temperatura elevada, tal como a subida de temperatura do componente emissor de luz e ao calor transmitido do ambiente exterior (por exemplo, luz solar no caso do dispositivo ser utilizado ao ar livre)

Além disso, alguns materiais fluorescentes são submetidos a deterioração acelerada, devido à combinação de humidade recebida proveniente do exterior ou introduzida durante o processo de produção, à luz e ao calor transmitido do componente emissor de luz.

Relativamente a um corante orgânico de propriedade iônica, o campo elétrico de corrente contínua na vizinhança do circuito integrado pode causar eletroforese, resultando numa alteração na tonalidade da cor. Esta lâmpada não pode ser realizada como um dispositivo simples, pequeno, leve e económico.

Assim, um objetivo da presente invenção é resolver os problemas descritos anteriormente e proporcionar um dispositivo emissor de luz que apenas experimente graus extremamente baixos de deterioração na intensidade de luz de emissão, na eficiência de emissão de luz e na alteração da cor durante um longo período de tempo de utilização com elevada luminância.

O objetivo acima pode ser alcançado pelas características definidas nas reivindicações.

A presente requerente completou a presente invenção através de pesquisas baseadas na hipótese de que o dispositivo emissor de luz que tem um componente emissor de luz e um material

fluorescente que deve satisfazer as seguintes exigências para se alcançar o objetivo acima mencionado.

- (1) O componente emissor de luz deve ser capaz de emitir luz de elevada luminância com característica emissora de luz que seja estável durante um longo período de utilização.
- (2) O material fluorescente que é proporcionado na vizinhança do componente emissor de luz de elevada luminância, deve revelar excelente resistência contra a luz e o calor de tal modo que as propriedades respetivas não se alterem mesmo quando utilizado durante um período prolongado de tempo enquanto estiver a ser exposto à luz de elevada intensidade emitida pelo componente emissor de luz (especialmente o material fluorescente proporcionado na vizinhança do componente emissor de luz é exposto à luz de uma intensidade de radiação tão elevada como cerca de 30 a 40 vezes a da luz solar de acordo com a estimativa da requerente e é necessário ter maior durabilidade contra a luz quando é utilizado um componente emissor de luz de luminância mais elevada).
- (3) Relativamente à relação com o componente emissor de luz, o material fluorescente deve ser capaz de absorver com eficiência elevada a luz de elevada monocromatididade emitida pelo componente emissor de luz e emitir luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz emitida pelo componente emissor de luz.

Assim, a presente invenção proporciona um dispositivo emissor de luz de acordo com a reivindicação 1.

O semicondutor composto de nitreto (geralmente representado pela fórmula química  $In_iGa_jAl_kN$  onde  $0 \leq i$ ,  $0 \leq j$ ,  $0 \leq k$  e  $i+j+k=1$ ) mencionado anteriormente contém vários materiais que incluem InGaN e GaN dopados com várias impurezas.

O fósforo mencionado anteriormente contém vários materiais conforme se definiu anteriormente, que incluem  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  e  $Gd_3In_5O_{12}:Ce$ .

Uma vez que o dispositivo emissor de luz da presente invenção utiliza o componente emissor de luz feito de um semicondutor composto de nitreto capaz de emitir luz com luminância elevada, o dispositivo emissor de luz é capaz de emitir luz com luminância elevada. Também o fósforo utilizado no dispositivo emissor de luz tem resistência excelente contra a luz, de tal modo que as suas propriedades fluorescentes experimentam menor alteração mesmo quando utilizadas durante um período prolongado de tempo enquanto estando a ser exposta à luz de intensidade elevada. Isto torna possível reduzir a degradação das características durante o longo período de utilização e reduzir a deterioração devida à luz de intensidade elevada emitida pelo componente emissor de luz, bem como luz exterior (luz solar, incluindo a luz ultravioleta, etc.) durante utilização ao ar livre e proporcionar, desse modo, um dispositivo emissor que experimenta extremamente menor alteração da cor e menor diminuição de luminância. O dispositivo emissor de luz da presente invenção pode também ser utilizado em aplicações tais que requerem por exemplo velocidades de resposta tão elevadas como 120 ns, por exemplo, devido ao fósforo aí utilizado permitir posteriormente brilhar apenas por um curto período de tempo.

No dispositivo emissor de luz da presente invenção, o pico de emissão principal do componente emissor de luz está estabelecido dentro da gama de 400 nm a 530 nm e o comprimento de onda de emissão principal de fósforo está estabelecido ser mais longo do que o pico de emissão principal do componente emissor de luz. Isto torna possível emitir luz branca de modo eficiente.

Além disso, no dispositivo emissor de luz da presente invenção, é preferido que a camada emissora de luz do componente emissor de luz contenha um semicondutor de nitreto de gálio, o qual contém In. Outras características preferidas de formas de realização da presente invenção estão descritas nas reivindicações dependentes.

O dispositivo emissor de luz de acordo com a presente invenção pode ser aplicado a uma placa de guia ótica substancialmente retangular dotada com o componente emissor de luz montado sobre uma sua face do lado frontal e, exceto para uma superfície principal, as faces são cobertas com um material refletor, em que a luz emitida pelo componente emissor de luz é transformada em luz planar pelo fósforo e a placa de guia ótica para ser uma saída da superfície principal da placa de guia ótica.

Nesta forma de realização, o fósforo está contido, de um modo preferido, num material de revestimento montado sobre a referida face do lado frontal e em contacto direto com o componente emissor de luz ou está instalado sobre uma superfície principal da placa de guia ótica não revestida pelo material refletor.

Um dispositivo de visualização LED que comprehende os dispositivos emissores de luz da presente pode estar disposto numa matriz e um circuito de acionamento que comanda o dispositivo de visualização LED de acordo com os dados de visualização que são introduzidos naquele à entrada. Esta configuração torna possível proporcionar um dispositivo de visualização LED de relativamente baixo custo que é capaz de visualização de alta definição com menos irregularidade da cor devido ao ângulo de visão.

Geralmente, um material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda curto e emite luz de um comprimento de onda longo tem eficiência mais elevada do que o material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda longo e emite luz de um comprimento de onda curto. É preferível utilizar um componente emissor de luz que emita luz visível do que um componente emissor de luz que emita luz ultravioleta que degrada a resina (material de moldagem, material de revestimento, etc.). Assim para o diodo emissor de luz da presente invenção, para o objetivo de melhorar a eficiência emissora de luz e assegurar longa duração, o pico de emissão principal do componente emissor de luz é estabelecido dentro dum a gama de comprimento de onda relativamente curto de 400 nm a 530 nm na região da luz visível, e o comprimento de onda de emissão principal do fósforo é estabelecido ser mais comprido do que o pico de emissão principal do componente emissor da luz. Com esta disposição, uma vez que a luz transformada pelo material fluorescente tem um comprimento de onda mais longo do que aquele da luz emitida pelo componente emissor de luz, não será absorvida pelo componente emissor de luz mesmo quando o componente emissor de luz é irradiado com luz que tenha sido refletida e transformada pelo

material fluorescente (visto que a energia da luz transformada é menor do que a energia da lacuna da banda). Assim, numa forma de realização da presente invenção, a luz que tenha sido refletida pelo material fluorescente ou semelhante é refletida pelo recetáculo em que o componente emissor de luz é montado, dando origem a eficiência mais elevada da emissão possível.

A invenção é descrita em pormenor em articulação com os desenhos, nos quais:

A Fig. 1 é uma vista esquemática em corte de um diodo emissor de luz do tipo condutor de acordo com a forma de realização da presente invenção,

A Fig. 2 é uma vista esquemática em corte de um diodo emissor de luz do tipo de ponta de acordo com uma segunda forma de realização da presente invenção,

A Fig. 3A é um gráfico que mostra o espectro de excitação do material fluorescente de granada ativado pelo cério utilizado na primeira forma de realização da presente invenção,

A Fig. 3B é um gráfico que mostra o espectro de emissão de material fluorescente de granada ativado pelo cério utilizado na primeira forma de realização da presente invenção,

A Fig. 4 é um gráfico que mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz da primeira forma de realização da presente invenção,

A Fig. 5A é um gráfico que mostra o espectro de excitação de material fluorescente de ítrio-alumínio-granada ativado por cério utilizado na segunda forma de realização da presente invenção,

A Fig. 5B é um gráfico que mostra o espectro da emissão do material fluorescente de ítrio-alumínio-granada ativado por cério utilizado na segunda forma de realização da presente invenção,

A Fig. 6 mostra o diagrama de cromaticidade da luz emitida pelo diodo emissor de luz da segunda forma de realização, enquanto os pontos A e B indicam as cores da luz emitida pelo componente emissor de luz e os pontos C e D indicam as cores da luz emitida por dois tipos de fósforos,

A Fig. 7 é uma vista esquemática em corte da fonte de luz planar de acordo com outra forma de realização da presente invenção,

A Fig. 8 é uma vista esquemática em corte de outra fonte de luz planar diferente daquela da Fig. 7,

A Fig. 9 é uma vista esquemática em corte de outra fonte de luz planar diferente daquelas da Fig. 7 e Fig. 8,

A Fig. 10 é um diagrama de blocos de um dispositivo de visualização que é uma aplicação da presente invenção,

A Fig. 11 é uma vista em planta do dispositivo de visualização LED da unidade de visualização da Fig. 10,

A Fig. 12 é uma vista em planta do dispositivo de visualização LED em que um pixel é constituído a partir de quatro diodos emissores de luz incluindo o diodo emissor de luz da presente invenção e aqueles emitindo cores RGB,

A Fig. 13A mostra os resultados do teste de duração de vida dos diodos emissores de luz do Exemplo 1 e Exemplo 1 Comparativo, que mostra os resultados a 25 °C e a Fig. 13B mostra os resultados de teste duração de vida dos diodos emissores de luz do Exemplo 1 e Exemplo 1 Comparativo, que mostra os resultados a 60 °C e 90% RH,

A Fig. 14A mostra os resultados do teste de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas do Exemplo 9 e Exemplo 2 Comparativo que mostram a alteração da razão de retenção de luminância com o tempo e a Fig. 14B mostra os resultados do teste de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas do Exemplo 9 e Exemplo 2 Comparativo que mostram a tonalidade da cor antes e depois do teste,

A Fig. 15A mostra os resultados do teste de fiabilidade do Exemplo 9 e Exemplo 2 Comparativo que mostra a relação entre a razão de retenção de luminância e o tempo e a Fig. 15B é um gráfico que mostra a relação entre a tonalidade da cor e o tempo,

A Fig. 16 é um diagrama de cromaticidade que mostra a gama de tonalidade da cor que pode ser obtida com um diodo emissor de luz que combina os materiais fluorescentes mostrados na Tabela 1 e o LED azul que tem um comprimento de onda de pico a 465 nm,

A Fig. 17 é um diagrama de cromaticidade que mostra a alteração na tonalidade da cor quando a concentração de material fluorescente é alterada no diodo emissor de luz, o qual combina os materiais fluorescentes mostrados na Tabela 1 e o LED azul que tem um comprimento de onda de pico a 465 nm,

A Fig. 18A mostra o espectro de emissão do fósforo  $(Y_{0.6}Gd_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 2,

A Fig. 18B mostra o espectro de emissão do componente emissor de luz do Exemplo 2 que tem o comprimento de onda de pico de 460 nm,

A Fig. 18C mostra o espectro de emissão de luz do diodo emissor de luz do Exemplo 2,

A Fig. 19A mostra o espectro de emissão do fósforo  $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 5,

A Fig. 19B mostra o espectro de emissão do componente emissor de luz do Exemplo 5 que tem o comprimento de onda do pico de emissão de 450 nm,

A Fig. 19C mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 5,

A Fig. 20A mostra o espectro de emissão do fósforo  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 6,

A Fig. 20B mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 6 que tem o comprimento de onda de pico de emissão de 450 nm,

A Fig. 20C mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 6,

A Fig. 21A mostra o espectro de emissão do fósforo  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 7,

A Fig. 21B mostra o espectro de emissão do componente emissor de luz do Exemplo 7 que tem o comprimento de onda de pico de emissão de 450 nm,

A Fig. 21C mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 7,

A Fig. 22A mostra o espectro de emissão do fósforo  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 11,

A Fig. 22B mostra o espectro de emissão do fósforo  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 11,

A Fig. 22C mostra o espectro de emissão do componente emissor de luz do Exemplo 11 que tem o comprimento de onda de pico de emissão de 470 nm, e

A Fig. 23 mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 11.

Agora com referência aos desenhos em anexo serão descritas a seguir as formas de realização preferidas da presente invenção.

Um díodo 100 emissor de luz da Fig. 1 é um díodo emissor de luz do tipo condutor que tem um condutor 105 de suporte e um condutor 106 interior, em que um componente 102 emissor de luz está instalado num recetáculo 105a do condutor 105 de suporte e o recetáculo 105a é cheio com uma resina 101 de revestimento que contém uma substância fluorescente especificada para cobrir o componente 102 emissor de luz e é moldado em resina. Um elétrodo n e um elétrodo p do componente 102 emissor de luz estão ligados respetivamente ao condutor 105 de suporte e ao condutor 106 interior, por meio de fios 103.

No díodo emissor de luz constituído como descrito acima, parte da luz emitida pelo componente 102 emissor de luz (circuito integrado de LED) (daqui em diante referida como luz de LED) excita o fósforo contido na resina 101 de revestimento para produzir luz fluorescente que tem um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED, de tal modo que a luz fluorescente emitida pelo fósforo e a luz de LED que é produzida à saída sem contribuir para a excitação do fósforo são misturadas e produzidas à saída. Como resultado, o díodo 100 emissor de luz também produz à saída luz que tem um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED emitida pelo componente 102 emissor de luz.

A Fig. 2 mostra um díodo emissor de luz do tipo circuito integrado, em que o díodo 202 emissor de luz (circuito integrado de LED) é instalado numa reentrância de um invólucro 204 que é preenchido com um material de revestimento que contém um fósforo

especificado para formar um revestimento 201. O componente 202 emissor de luz é fixo utilizando uma resina de epóxi ou semelhante que contenha Ag, por exemplo, e um elétrodo n e um elétrodo p do componente 202 emissor de luz são ligados aos terminais 205 de metal instalados no invólucro 204 por meio de fios 203 condutores. No diodo emissor de luz do tipo circuito integrado constituído como descrito acima, de modo semelhante ao diodo emissor de luz do tipo condutor da Fig. 1, a luz fluorescente emitida pelo fósforo e a luz de LED que é transmitida sem ser absorvida pelo fósforo são misturadas e produzidos à saída, de tal modo que o diodo 200 emissor de luz também produz à saída luz que tem um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED emitida pelo componente 202 emissor de luz.

O diodo emissor de luz que contém o fósforo como descrito acima tem as seguintes características.

1. A luz emitida por um componente emissor de luz (LED) é normalmente emitida através de um elétrodo que fornece energia elétrica ao componente emissor de luz. A luz emitida é parcialmente bloqueada pelo elétrodo formado no componente emissor de luz que resulta num modelo de emissão especial e, portanto, não é emitida uniformemente em cada direção. Portanto, o diodo emissor de luz que contém o material fluorescente, pode emitir luz uniformemente sobre uma gama larga sem formar modelo de emissão indesejável, uma vez que a luz é emitida depois de ser difundida pelo material fluorescente.
2. Embora a luz emitida pelo componente emissor de luz (LED) tenha um pico monocromático, o pico é amplo e tem a

propriedade de tornar a cor intensa. Esta característica torna-se uma vantagem indispensável para uma aplicação que requeira comprimentos de onda de uma gama relativamente larga. A fonte de luz para um digitalizador de imagem ótica, por exemplo, é desejável ter um pico de emissão mais amplo.

Os diodos emissores de luz da primeira e segunda formas de realização a serem descritos a seguir têm a configuração mostrada na Fig. 1 ou Fig. 2, em que um componente emissor de luz que utiliza um semicondutor composto de nitreto que tem energia relativamente elevada na região visível e um fósforo especial são combinados e têm tais propriedades favoráveis, como aptidão para emitir luz de elevada luminância e menor degradação de eficiência de emissão de luz e menor mudança de cor durante um período prolongado de utilização.

Em geral, um material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda curto e emite luz de um comprimento de onda longo tem eficiência mais elevada do que um material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda longo e emite luz de um comprimento de onda curto e, portanto, é preferível utilizar um componente emissor de luz semicondutor composto de nitreto que é capaz de emitir luz azul de comprimento de onda curto. Não é necessário dizer que é preferível que a utilização de um componente emissor de luz tenha luminância elevada.

Um fósforo a ser utilizado em combinação com o componente emissor de luz semicondutor composto de nitreto deve satisfazer os seguintes requisitos

1. Resistência excelente contra a luz para resistir a luz de uma intensidade elevada por um longo período de tempo, uma vez que o material fluorescente é instalado na vizinhança dos componentes 102, 202 emissores de luz e é exposto à luz de intensidade tão elevada como cerca de 30 a 40 vezes a da luz solar.
2. Capacidade para emitir luz eficientemente na região azul para a excitação por meio de componentes 102, 202 emissores de luz. Quando é utilizada a mistura das cores, deverá ser capaz de emitir com uma elevada eficiência, luz azul, não por raios ultravioleta.
3. Capacidade para emitir luz a partir das regiões verdes a vermelho com o objetivo de misturar com luz azul para produzir luz branca.
4. Boa característica de temperatura apropriada para localização na vizinhança dos componentes 102, 202 emissores de luz e a influência resultante da diferença de temperatura devido ao calor produzido pelo circuito integrado quando iluminado.
5. Capacidade de modificar continuamente a tonalidade da cor em termos da proporção de composição ou razão de mistura de uma pluralidade de materiais fluorescentes.
6. Capacidade de resistir às condições meteorológicas adversas no ambiente de funcionamento do diodo emissor de luz.

## Forma de realização 1

O díodo emissor de luz da primeira forma de realização da presente invenção emprega um elemento semicondutor composto de nitreto de gálio que tem uma lacuna de banda de energia elevada na camada emissora de luz e é capaz de emitir luz azul e um fósforo de granada ativado com cério em combinação. Com esta configuração, o díodo emissor de luz da primeira forma de realização pode emitir luz branca misturando a luz azul emitida pelos componentes 102, 202 emissores de luz e luz amarela emitida pelo fósforo excitado pela luz azul.

Uma vez que a substância fluorescente de granada ativada com cério que é utilizada no díodo emissor de luz da primeira forma de realização tem resistência à luz e capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas, pode emitir luz com graus extremamente pequenos de mudança de cor e diminuir na luminância da luz emitida mesmo quando irradiada por luz muito intensa emitida pelos componentes 102, 202 emissores de luz localizados na vizinhança durante um longo período de tempo.

Os componentes do díodo emissor de luz da primeira forma de realização serão a seguir descritos em pormenor.

### (Fósforo)

O fósforo utilizado no díodo emissor de luz da primeira forma de realização é fósforo que, quando excitado pela luz visível ou raio ultravioleta emitido pela camada emissora de luz do semicondutor, emite luz de um diferente comprimento de onda daquele da luz de excitação. O fósforo é especificamente

material fluorescente de granada ativado com cério que contém, pelo menos, um elemento selecionado de Y, Lu, Sc, La, Gd e Sm e, pelo menos, um elemento selecionado de Al, Ga e In. De acordo com a presente invenção, o material fluorescente é, de um modo preferido, material fluorescente de ítrio-alumínio-granada (fósforo YAG) ativado com cério ou um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Re_{1-r}Sm_r)_3(Al_{1-5}Ga_s)_{5012}:Ce$ , onde  $0 \leq r < 1$  e  $0 \leq s < 1$  e Re é, pelo menos, um selecionado de Y e Gd. No caso da luz de LED emitida pelo componente emissor de luz que emprega o semicondutor composto de nitreto de gálio e a luz fluorescente emitida pelo fósforo que tem cor do corpo amarela estar na relação das cores complementares, a cor branca pode ser produzida à saída misturando a luz de LED e a luz fluorescente.

Na primeira forma de realização, uma vez que o fósforo é utilizado misturando com uma resina que faz a resina 101 de revestimento e o material 201 de revestimento (pormenorizado mais adiante), a tonalidade da cor do diodo emissor de luz pode ser ajustada, incluindo a cor da lâmpada incandescente e a cor branca, controlando a proporção da mistura com a resina ou a quantidade utilizada no enchimento do recetáculo 105 ou a reentrância do invólucro 204 de acordo com o comprimento de onda de luz emitida pelo componente emissor de luz de nitreto de gálio.

A distribuição da concentração de fósforo tem influência também na mistura da cor e na durabilidade. Isto é, de acordo com a presente invenção, a concentração do fósforo aumenta da superfície do revestimento ou molde onde o fósforo está contido para o componente emissor de luz, torna-se menos provável que seja afetada por humidade exterior tornando-se desse modo mais fácil suprimir a deterioração devida à humidade. Por outro lado,

quando a concentração do fósforo aumenta do componente emissor de luz para a superfície da moldagem, torna-se mais provável que seja afetada pela humidade exterior, mas menos provável que seja afetada pelo calor e radiação do componente emissor de luz, tornando-a assim possível suprimir a deterioração do fósforo. Tais distribuições da concentração do fósforo podem ser obtidas selecionando ou controlando o material que contém fósforo, a temperatura de formação e a viscosidade e a configuração e distribuição de partículas do fósforo.

Utilizando o fósforo da primeira forma de realização, pode fazer-se o diodo emissor de luz tendo características de emissão excelentes, porque o material fluorescente tem suficiente resistência à luz para funcionamento com elevada eficiência mesmo quando disposto adjacente ou na vizinhança dos componentes 102, 202 emissores de luz com intensidade de irradiação (Ee) dentro da gama de  $3 \text{ Wcm}^{-2}$  a  $10 \text{ Wcm}^{-2}$

O fósforo utilizado na primeira forma de realização é, devido à estrutura de granada, resistente ao calor, luz e humidade e é, portanto, capaz de absorver luz de excitação que tem um pico num comprimento de onda próximo de 450 nm conforme se mostra na Fig. 3A. Também emite luz de largo espectro tendo um pico perto de 580 nm que se vai abatendo até à cauda de 700 nm conforme se mostra na Fig. 3B. Além disso, a eficiência de emissão de luz excitada numa região de comprimentos de onda de 460 nm e mais elevados pode ser aumentado incluindo Gd no cristal do fósforo da primeira forma de realização. Quando o conteúdo de Gd é aumentado, o comprimento de onda do pico de emissão é alterado para comprimento de onda maior e todo o espectro de emissão é alterado para comprimentos de onda maiores. Isto significa que, quando é necessária emissão de luz

mais avermelhada, esta pode obter-se aumentando o grau de substituição com Gd. Quando o conteúdo de Gd é aumentado, a luminância de luz emitida por fotoluminescência sob luz azul tende a diminuir.

Especialmente quando parte de Al é substituído com Ga entre a composição de material fluorescente YAG que tem estrutura de granada, o comprimento de onda da luz emitida muda para comprimento de onda mais pequeno e, quando parte de Y é substituído com Gd, o comprimento de onda de luz emitida muda para comprimento de onda maior.

A Tabela 1 mostra a composição e as características emissoras da luz do material fluorescente YAG representado pela fórmula geral  $(Y_{1-a}G_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce$ .

Nº	Conteúdo de Gd a (relação molar)	Conteúdo de Ga b (relação molar)	Coordenadas de Cromaticidade CIE		Luminância Y	Eficiência
			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

Tabela 1

Os valores mostrados na Tabela 1 foram medidos pela excitação do material fluorescente com luz azul de 460 nm. A luminância e eficiência na Tabela 1 são dadas em valores relativos aos do material Nº 1 os quais são estabelecidos para 100.

Quando se substitui Al com Ga, a proporção está, de um modo preferido, dentro da gama de  $Al:Ga=1:1$  para  $4:6$  em consideração da eficiência de emissão e comprimento de onda de emissão. De modo semelhante, quando substituindo Y com Gd, a proporção está, de um modo preferido, dentro da gama de  $Y:Gd=9:1$  para  $1:9$  e, de um modo mais preferido, de  $4:1$  para  $2:3$ . É devido a um grau de substituição com Gd abaixo de 20% resulta numa cor de maior componente verde e menor de componente vermelho e um grau de substituição com Gd acima de 60% resulta num aumento de componente vermelho mas diminuição rápida na luminância. Quando é estabelecida a relação  $Y:Gd$  de Y e Gd no material fluorescente YAG dentro da gama de  $4:1$  para  $2:3$ , em especial, pode fazer-se um diodo emissor de luz capaz de emitir substancialmente luz branca ao longo do local de radiação do corpo negro utilizando um tipo de material fluorescente de ítrio-alumínio-granada, dependendo do comprimento de onda de emissão do componente emissor de luz. Quando a relação  $Y:Gd$  de Y e Gd no material fluorescente YAG é estabelecida dentro da gama de  $2:3$  a  $1:4$ , pode fazer-se um diodo emissor de luz capaz de emitir luz de lâmpada de incandescência embora a luminância seja baixa. Quando o conteúdo (grau de substituição) de Ce é estabelecido dentro da gama de 0,003 a 0,2, pode obter-se a intensidade luminosa relativa do diodo emissor de luz nunca menor do que 70%. Quando o conteúdo é menor do que 0,003, a intensidade luminosa decresce porque o número de centros de emissão excitados de

fotoluminescência devido ao Ce diminui e, quando o conteúdo é maior do que 0,2, ocorre extinção da densidade.

Assim o comprimento de onda da luz emitida pode ser deslocado para um comprimento de onda menor substituindo parte do Al da composição com Ga e o comprimento de onda da luz emitida pode ser deslocado para um comprimento de onda maior substituindo parte de Y da composição com Gd. Deste modo, a cor da luz de emissão pode ser modificada continuamente modificando a composição. Também o material fluorescente é vigorosamente excitado pelas linhas de emissão de Hg que têm comprimentos de onda tais como 254 nm e 365 nm, mas é excitado com eficiência mais elevada pela luz de LED emitida por um componente emissor de luz azul que tem um comprimento de onda em torno de 450 nm. Assim o material fluorescente tem características ideais para converter luz azul do componente emissor de luz de semicondutor de nitreto em luz branca, tal como a capacidade de modificar continuamente o comprimento de onda de pico modificando a proporção de Gd.

De acordo com a primeira forma de realização, a eficiência da emissão de luz do diodo emissor de luz pode ser ainda melhorada combinando o componente emissor de luz que emprega semicondutor de nitreto de gálio e o fósforo feito adicionando o elemento terroso raro samário (Sm) a materiais fluorescentes (YAG) de ítrio-alumínio-granada ativados com cério.

O material para fazer um tal fósforo é feito utilizando óxidos de Y, Gd, Ce, Sm, Al e Ga ou compostos que possam ser facilmente convertidos neste óxidos a temperatura elevada e misturando suficientemente estes materiais em proporções estequiométricas. Esta mistura é misturada com uma quantidade

apropriada de um fluoreto, tal como fluoreto de amónio utilizado como um fundente e levado à chama num cadinho a uma temperatura de 1350 a 1450 °C ao ar durante 2 a 5 horas. Então o material levado à chama é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado para se obter desse modo o material desejado.

No processo de produção anteriormente descrito, o material misturado pode também ser feito dissolvendo elementos terrosos raros Y, Gd, Ce e Sm em proporções estequiométricas num ácido, coprecipitando a solução com ácido oxálico e levando à chama o coprecipitado para obter um óxido do coprecipitado e, então, misturá-lo com óxido de alumínio e óxido de gálio.

O fósforo representado pela fórmula geral  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  pode emitir luz de comprimentos de onda de 460 nm e maiores com eficiência mais elevada depois da excitação, porque o Gd está contido no cristal. Quando o conteúdo de gadolinio é aumentado, o comprimento de onda de pico da emissão muda de 530 nm para um comprimento de onda maior até 570 nm, enquanto todo o espectro de emissão muda para comprimentos de onda maiores. Quando é necessária luz de tonalidade vermelha mais intensa, esta pode obter-se aumentando a quantidade adicionada de Gd para substituição. Quando o conteúdo de Gd é aumentado, a luminância de fotoluminescência com luz azul diminui gradualmente. Portanto, o valor de p é, de um modo preferido, 0,8 ou menor ou, de um modo mais preferido, 0,7 ou menor. De um modo ainda mais preferido, é 0,6 ou menor.

O fósforo representado pela fórmula geral  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  que inclui Sm pode ser submetido a menos dependência da temperatura independentemente do conteúdo

aumentado de Gd. Isto é, o fósforo, quando está contido Sm, tem a luminância de emissão bastante melhorada a temperaturas mais elevadas. A extensão da melhoria aumenta com o conteúdo de Gd. A característica de temperatura pode ser bastante melhorada especialmente pela adição de Sm no caso de material fluorescente de tal composição, enquanto a tonalidade de vermelho é reforçada pelo aumento do conteúdo de Gd, porque tem características pobres de temperatura. A característica da temperatura aqui mencionada é medida em termos da relação (%) de luminância de emissão do material fluorescente a uma temperatura elevada (200 °C) relativamente à luminância de emissão de luz azul de excitação que tem um comprimento de onda de 450 nm à temperatura normal (25 °C)

A proporção de Sm está, de um modo preferido, dentro da gama de  $0,0003 \leq r \leq 0,08$  para dar uma característica de temperatura de 60% ou mais elevada. O valor de r abaixo desta gama conduz a menor efeito de melhoramento da característica de temperatura. Quando o valor de r está acima desta gama, pelo contrário, a característica de temperatura deteriora-se. É mais desejável a gama de  $0,0007 \leq r \leq 0,02$  para a proporção de Sm onde a característica de temperatura se torne 80% ou mais elevada.

A proporção q de Ce está, de um modo preferido, numa gama de  $0,003 \leq q \leq 0,2$ , o que torna a relativa luminância de emissão de 70% ou mais elevada possível. A luminância de emissão relativa refere-se à luminância de emissão em termos de percentagem para a luminância de emissão de um material fluorescente onde  $q = 0,03$ .

Quando a proporção q de Ce é 0,003 ou inferior, a luminância diminui porque o número de centros de emissão

excitados de fotoluminescência devido a Ce diminuir e, quando o q é maior do que 0,2, ocorre extinção da densidade. A extinção da densidade refere-se à diminuição em intensidade de emissão a qual ocorre quando a concentração de um agente de ativação adicionado para aumentar a luminância do material fluorescente é aumentado para além de um nível ótimo.

Pode também utilizar-se uma mistura de dois ou mais tipos de fósforos que tenham composições de  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  tendo conteúdos diferentes de Al, Ga, Y e Gs ou Sm. Isto aumenta os componentes de RGB e permite a aplicação, por exemplo, a um dispositivo de visualização de cristal líquido de coloração completa, utilizando um filtro de cor.

(Componentes 102, 202 emissores de luz)

Como se mostra nas Fig. 1 e Fig. 2 o componente emissor de luz é, de um modo preferido, implantado com firmeza num material de moldagem. O componente emissor de luz utilizado no diodo emissor de luz da presente invenção é um semicondutor composto de nitreto de gálio capaz de excitar eficientemente os materiais fluorescentes de granada ativados com cério. Os componentes 102, 202 emissores de luz que empregam semicondutor composto de nitreto de gálio são constituídos formando uma camada emissora de luz de semicondutor de nitreto de gálio, tal como InGaN, sobre um substrato no processo de MOCVD. A estrutura do componente emissor de luz pode ser estrutura homogénea, estrutura heterogénea ou estrutura heterogénea dupla, as quais têm junção MIS, junção PIN ou junção PN. Vários comprimentos de onda de emissão podem ser selecionados dependendo do material da camada semicondutora e da sua cristalinidade. Podem também ser

constituídos num quantum único bem estruturado ou num quantum múltiplo bem estruturado onde é formada uma camada de ativação de semicondutor tão delgada como pode ocorrer o efeito de quantum. De acordo com a presente invenção, pode ser feito um diodo emissor de luz capaz de emitir com luminância mais elevada sem deterioração do fósforo fazendo a camada de ativação do componente emissor de luz num quantum único bem estruturado de InGaN.

Quando é utilizado um semicondutor composto de nitreto de gálio, embora possam ser utilizados como substrato de semicondutor, safira, espinela, SiC, Si, ZnO ou semelhante, é preferível utilizar substrato de safira com a finalidade de formar nitreto de gálio de boa cristalinidade. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio é formada sobre o substrato de safira para formar uma junção PN por meio de uma camada tampão de GaN, AlN, etc. O semicondutor de nitreto de gálio tem condutividade do tipo N sob a condição de não dopado com qualquer impureza, embora com a finalidade de formar um semicondutor de nitreto de gálio de tipo N que tenha as propriedades desejadas (concentração de cargas portadoras etc.) tais como melhor eficiência de emissão de luz, seja, de um modo preferido, dopado com aditivo tipo N, tais como Si, Ge, Se, Te e C. Por outro lado, com a finalidade de formar semicondutor de nitreto de gálio tipo P, é, de um modo preferido, dopado com aditivo tipo P, tais como Zn, Mg, Be, Ca, Sr e Ba. Devido a ser difícil transformar um semicondutor composto de nitreto de gálio em tipo P simplesmente dopando um aditivo tipo P, é preferível tratar o semicondutor composto de nitreto de gálio dopado com aditivo tipo P num processo, tais como aquecimento num forno, irradiação com um feixe de eletrões de baixa velocidade e irradiação de plasma, transformando-o por desse modo em tipo P.

Depois da expor as superfícies dos semicondutores de nitreto de gálio do tipo P e do tipo N por gravação de água forte ou por outro processo, são formados elétrodos das formas desejadas nas camadas semicondutoras por crepitação ou depósito de vapor.

Em seguida, a bolacha semicondutora que tenha sido formada é cortada em peças por meio de uma serra de cubos ou separadas por uma força exterior depois de cortar ranhuras (meio-corte) que têm largura maior do que a largura da aresta da bolacha. Ou de outro modo, a bolacha é cortada em circuitos integrados por uma matriz reticulada gravando linhas extremamente finas sobre a bolacha semicondutora por meio de um instrumento aguçado de traçar linhas, o qual tem um estilete de diamante que tem um movimento recíproco contínuo. Pode assim fazer-se o componente emissor de luz de semicondutor composto de nitreto de gálio.

Com a finalidade de emitir luz branca com o diodo emissor de luz da primeira forma de realização, o comprimento de onda da luz emitida pelo componente emissor de luz é, de um modo preferido, de 400 nm a 530 nm inclusive em consideração da relação da cor complementar com o fósforo e deterioração da resina e, de um modo mais preferido, de 420 nm a 490 nm, inclusive. É ainda mais preferido que o comprimento de onda seja de 450 nm a 475 nm, com a finalidade de melhorar a eficiência de emissão do componente emissor de luz e do fósforo. Mostra-se na Fig. 4 o espectro de emissão do diodo emissor de luz branca da primeira forma de realização. O componente emissor de luz aqui mostrado é do tipo condutor mostrado na Fig. 1, que emprega o componente emissor de luz e o fósforo da primeira forma de realização a ser descrita mais tarde. Na Fig. 4, a emissão que tem um pico em torno de 450 nm é a luz emitida pelo componente emissor de luz e a emissão que tem um pico em torno de 570 nm é

a emissão fotoluminescente excitada pelo componente emissor de luz.

A Fig. 16 mostra as cores que podem ser representadas pelo diodo emissor de luz branca feito pela combinação de material fluorescente mostrado na Tabela 1 e LED azul (componente emissor de luz) que tem comprimento de onda de pico de 465 nm. A cor da luz emitida por este diodo emissor de luz branca corresponde a um ponto numa linha reta que liga um ponto de cromaticidade produzido pelo LED azul e um ponto de cromaticidade produzido pelo material fluorescente e, portanto, a larga região de cor branca (porção sombreada na Fig. 16) na porção central do diagrama de cromaticidade pode ser completamente coberto utilizando os materiais fluorescentes 1 a 7 na Tabela 1.

A Fig. 17 mostra a alteração na cor de emissão quando os conteúdos de materiais fluorescentes no diodo emissor de luz branca são mudados. Os conteúdos de materiais fluorescentes são dados em percentagem de peso para a resina utilizada no material de revestimento. Conforme se verá da Fig. 17, a cor da luz aproxima-se daquela dos materiais fluorescentes quando o conteúdo de material fluorescente é aumentado e aproxima-se daquela do LED azul quando o conteúdo de material fluorescente é diminuído.

De acordo com a presente invenção, um componente emissor de luz que não excite o material fluorescente pode ser utilizado em conjunto com o componente emissor de luz que emite luz que excita o material fluorescente. Explicitamente, em adição ao componente emissor de luz que é um semicondutor composto de nitreto capaz de excitar o material fluorescente, um componente emissor de luz que tenha uma camada emissora de luz feita de

fosfato de gálio, arseniato de gálio e alumínio, fosfato de arsénio e gálio ou fosfato de alumínio e índio é disposto em conjunto. Com esta configuração, a luz emitida pelo componente emissor que não excita o material fluorescente é irradiada para o exterior sem ser absorvida pelo material fluorescente, fazendo um diodo emissor de luz que pode emitir luz vermelha/branca.

Serão descritos a seguir outros componentes dos diodos emissores da Fig. 1 e Fig. 2.

#### (Fios condutores 103, 203)

Os fios 103, 203 condutores deverão ter boa condutividade elétrica, boa condutividade térmica e boa ligação mecânica com os elétrodos dos componentes 102, 202 emissores de luz. A condutividade térmica é, de um modo preferido, 0,042 J (0,01 cal)/(s)(cm<sup>2</sup>) (°C/cm) ou mais elevada e, de um modo mais preferido, 2,09 J (0,5 cal)/(s)(cm<sup>2</sup>) (°C/cm) ou mais elevada. Para efeitos práticos, o diâmetro do fio condutor é, de um modo preferido, de 10 µm a 45 µm, inclusive. Mesmo quando o mesmo material é utilizado para o revestimento que inclui o material fluorescente e para a moldagem, devido à diferença no coeficiente de expansão térmica devido ao material fluorescente contido em qualquer dos dois materiais anteriores, o fio condutor é provável que parta no ponto de ligação. Por esta razão, o diâmetro do fio condutor é, de um modo preferido, superior a 25 µm e, pela razão da área de emissão de luz e facilidade de tratamento, de um modo preferido, dentro de 35 µm. O fio condutor pode ser um metal, tais como ouro, cobre, platina e alumínio ou uma sua liga. Quando é utilizado um fio condutor desse material e configuração, este pode ser facilmente ligado

aos elétrodos dos componentes emissores de luz, ao condutor interior e ao condutor de suporte por meio de um dispositivo de ligação do fio.

(Condutor 105 de suporte)

O condutor 105 de suporte compreende um recetáculo 105a e um condutor 105b e basta ter uma dimensão suficiente para montar o componente 102 emissor de luz com o dispositivo de ligação do fio no recetáculo 105a. No caso de uma pluralidade de componentes emissores de luz serem instalados no recetáculo e o condutor de suporte ser utilizado como elétrodo comum para o componente emissor de luz, porque podem ser utilizados materiais de elétrodos diferentes, é necessário suficiente condutividade elétrica e boa condutividade com o fio de ligação e outros. Quando o componente emissor de luz é instalado no recetáculo do condutor de suporte e o recetáculo é cheio com o material fluorescente, a luz emitida pelo material fluorescente é, mesmo se isotrópica, refletida pelo recetáculo, numa direção desejada e portanto pode ser impedida iluminação errónea devido à luz de outro diodo emissor de luz montado próximo. Aqui iluminação errónea refere-se a um fenómeno tal em que outro diodo emissor de luz montado próximo aparece com forte iluminação apesar de não ser fornecido com energia.

A ligação do componente 102 emissor de luz e o condutor 105 de suporte com o recetáculo 105a pode ser obtida por meio de uma resina termoplástica, tal como resina epóxi, resina de acrílico e resina de imida. Quando é utilizado um componente emissor de luz virado para baixo (um tal tipo de componente emissor de luz como luz emitida é extraído do lado do substrato e é configurado

para montar os elétrodos a oporem-se ao recetáculo 105a), podem utilizar-se pasta de Ag, pasta de carbono, amolgamento metálico ou semelhante para prender e ligar eletricamente ao mesmo tempo o componente emissor de luz e o condutor de suporte. Além disso, com a finalidade de melhorar a eficiência de utilização da luz do diodo emissor de luz, a superfície do recetáculo do condutor de suporte, sobre a qual o componente emissor de luz é montado pode ser polida como um espelho para dar uma função refletora à superfície. Neste caso, a rugosidade da superfície é, de um modo preferido, de 0,1 S (unidade Japonesa de acordo com ISO 468 de 1982) a 0,8 S (unidade Japonesa de acordo com a ISO 468 de 1982) inclusive. A resistência elétrica do condutor de suporte está, de um modo preferido, dentro de  $300 \mu\Omega\text{-cm}$  e, de um modo mais preferido, dentro de  $3 \mu\Omega\text{-cm}$ . Quando se monta uma pluralidade de componentes emissores de luz sobre o condutor de suporte, os componentes emissores de luz produzem quantidade significativa de calor e, portanto, é necessária uma condutividade térmica elevada. Especificamente, a condutividade térmica é, de um modo preferido,  $0,042 \text{ J (0,01 cal)/(S)(cm}^2\text{) } (\text{°C/cm})$  ou mais elevada, e, de um modo mais preferido,  $2,09 \text{ J (0,5 cal/(S)(cm}^2\text{) } (\text{°C/cm})$  ou mais elevada. Os materiais que satisfazem estas necessidades contém ferro (aço), cobre, cobre contendo ferro (cobre revestido de aço), cobre contendo estanho (cobre revestido de estanho) e cerâmica metalizada.

(Condutor 106 interior)

O condutor 106 interior é ligado a um dos elétrodos do componente 102 emissor de luz montado sobre o condutor 105 de suporte por meio de um fio condutor ou semelhante. No caso de um diodo emissor de luz onde uma pluralidade dos componentes

emissores de luz são instalados sobre o condutor de suporte, é necessário dispor uma pluralidade de condutores 106 interiores de tal modo que os fios condutores não toquem um no outro. Por exemplo, o contacto dos fios condutores, uns com os outros, pode ser evitado aumentando a área da face da extremidade onde o condutor interior é preso por fio, visto que a distância do condutor de suporte aumenta de tal modo que o espaço entre os fios condutores é assegurado. As irregularidades da superfície da face da extremidade do condutor interior que liga com o fio condutor são, de um modo preferido, de 1,6 S a 10 S (Unidade Japonesa de acordo com ISO 468 DE 1982) inclusive em consideração de contacto próximo.

Com a finalidade de formar o condutor interior numa forma desejada, pode perfurar-se por meio de uma matriz. Além disso, pode ser feito perfurando para formar o condutor interior pressionando-o então sobre a face da extremidade para controlar assim a área e a altura da face da extremidade.

É necessário que o condutor interior tenha uma boa conectividade com os fios de ligação que são fios condutores e têm boa condutividade elétrica. Especificamente, a resistência elétrica está, de um modo preferido, dentro  $300 \mu\Omega\text{-cm}$  e, de um modo mais preferido, dentro de  $3 \mu\Omega\text{-cm}$ . Os materiais que satisfazem estas exigências contêm ferro, cobre, cobre contendo ferro, cobre contendo estanho, alumínio, ferro e cobre revestido com cobre, ouro ou prata.

(Material 101 de revestimento)

O material 101 de revestimento é proporcionado no recetáculo do condutor de suporte em separado do material 104 de moldagem e, na primeira forma de realização, contém o fósforo que converte a luz emitida pelo componente emissor de luz. O material de revestimento pode ser um material transparente que tenha boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas, tais como resina epóxi, resina de ureia e resina de silício ou vidro. Pode ser utilizado um dispersante em conjunto com o fósforo. São, de um modo preferido, utilizados como dispersantes, titanato de bário, óxido de titânio, óxido de alumínio, dióxido de silício e semelhantes. Quando o material fluorescente é formado por crepitação, pode ser omitido o material de revestimento. Neste caso, pode ser feito um diodo emissor de luz capaz de misturar cores controlando a espessura da película ou proporcionando um orifício na camada de material fluorescente.

(Material 104 de moldagem)

A moldagem 104 tem a função de proteger o componente 102 emissor de luz, o fio 103 condutor e o material 101 de revestimento que contém fósforo de perturbação externa. De acordo com a primeira forma de realização, é preferível que o material 104 de moldagem contenha além disso um dispersante, que pode não adelgaçar a diretividade da luz do componente 102 emissor de luz, resultando no aumento do ângulo de visão, o material 104 de moldagem tem a função da lente para focar ou difundir a luz emitida pelo componente emissor de luz. Portanto, o material 104 de moldagem pode ser feito com a configuração de

lente convexa ou lente côncava e pode ter uma forma elíptica quando vista na direção do eixo ótico ou uma combinação destas. Também o material 104 de moldagem pode ser feito numa estrutura de camadas múltiplas de diferentes materiais sendo laminados. Como o material 104 de moldagem, os materiais transparentes que têm elevada capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas, tais como resina epóxi, resina de ureia, resina de silício ou vidro são, de um modo preferido, empregues. Como o dispersante, podem ser utilizados titanato de bário, óxido de titânio, óxido de alumínio, dióxido de silício e semelhante. Além do dispersante, pode também ser contido, no material de moldagem, fósforo. Nomeadamente, de acordo com a presente invenção, o fósforo pode ser contido no material de moldagem ou no material de revestimento. Quando o fósforo está contido no material de moldagem, o ângulo de visão pode ser ainda aumentado. O fósforo pode também estar contido no material de revestimento e no material de moldagem. Além disso, uma resina que inclua a substância fluorescente pode ser utilizada como o material de revestimento embora utilizando vidro, diferente do material de revestimento, como o material de moldagem. Isto torna possível fabricar um diodo emissor de luz que seja menos sujeito à influência da humidade com boa produtividade. A moldagem e o revestimento podem também ser constituídos do mesmo material com a finalidade de condizer com o índice de refração, dependendo da aplicação. De acordo com a presente invenção, adicionando o dispersante e/ou um agente de coloração no material de moldagem tem os efeitos de mascarar a cor do material fluorescente tornada obscura e melhorar o desempenho da mistura de cores. Isto é, o material fluorescente absorve o componente azul de luz exterior e emite luz para desse modo dar uma tal aparência como se colorida em amarelo. No entanto, o dispersante contido no material de moldagem dá cor

branca leitosa ao material de moldagem e o agente de coloração produz uma cor desejada. Assim a cor do material fluorescente não será reconhecida pelo observador. No caso do componente de luz emissor emitir luz que tenha o principal comprimento de onda de 430 nm ou superior, é mais preferido que o absorvedor ultravioleta que serve como estabilizador de luz seja contido.

#### Forma de realização Diferente

O diodo emissor de luz de outra forma de realização é feito utilizando um elemento dotado com semicondutor composto de nitreto de gálio o qual tem lacuna da banda de energia elevada na camada emissora de luz como o componente emissor de luz e um material fluorescente que inclui dois ou mais tipos de fósforos de diferentes composições ou, de um modo preferido, materiais fluorescentes de ítrio-alumínio-granada ativados com cério como o fósforo. Com esta configuração, pode ser feito um diodo emissor de luz que permita dar a tonalidade da cor desejada controlando os conteúdos dos dois ou mais materiais fluorescentes mesmo quando o comprimento de onda da luz de LED emitida pelo componente emissor de luz desvia do valor desejado devido às variações no processo de produção. Neste caso, a cor de emissão do diodo emissor de luz pode ser feita constantemente utilizando um material fluorescente que tenha um comprimento de onda de emissão relativamente curto para um componente emissor de luz de um comprimento de onda de emissão relativamente curto e utilizando um material fluorescente que tenha um comprimento de onda de emissão relativamente longo para um componente emissor de luz de um comprimento de onda de emissão relativamente longo.

Como para o material fluorescente, um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Re_{1-r}Sm_r)_3(Al_{1-5}Ga_s)_5O_{12}:Ce$  pode também ser utilizado como o fósforo. Aqui  $0 \leq r \leq 1$  e  $0 \leq s \leq 1$  e  $Re$  é, pelo menos, um selecionado de  $Y$ ,  $Gd$  e  $La$ . Esta configuração torna possível minimizar a desnaturação do material fluorescente mesmo quando o material fluorescente é exposto à luz visível de elevada intensidade e elevada energia emitida pelo componente emissor de luz por um longo período de tempo ou quando utilizado sob várias condições de ambiente e, portanto, pode ser feito um diodo emissor de luz que é sujeito à mudança da cor extremamente insignificante e diminuição de luminância de emissão e tem o componente de emissão desejado de elevada luminância.

(Fósforo da forma de realização diferente)

Agora o fósforo utilizado no componente emissor de luz da forma de realização anterior será a seguir descrito em pormenor. Esta segunda forma de realização é semelhante à primeira forma de realização, exceto que dois ou mais tipos de fósforos de diferentes composições ativadas com cério são utilizadas como o fósforo, como descrito acima, e o método de utilizar o material fluorescente é basicamente o mesmo.

De modo semelhante ao caso da primeira forma de realização, ao diodo emissor de luz pode ser dada elevada capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas controlando a distribuição do fósforo (tal como adelgazando a concentração com a distância do componente emissor de luz). Uma tal distribuição da concentração de fósforo pode ser conseguida selecionando ou controlando o material que contém a substância fluorescente, a

temperatura de formação e a viscosidade, e a configuração e distribuição das partículas do fósforo.

Assim, de acordo com esta forma de realização, a distribuição da concentração de material fluorescente é determinada de acordo com as condições de funcionamento. Também de acordo com esta forma de realização, a eficiência de emissão de luz pode ser aumentada concebendo a disposição de dois ou mais tipos de materiais fluorescentes (por exemplo, disposta na ordem de proximidade ao componente emissor de luz) de acordo com a luz produzida pelo componente emissor de luz.

Com a configuração desta forma de realização, de modo semelhante à primeira forma de realização, o díodo emissor de luz tem eficiência elevada e suficiente resistência à luz mesmo quando disposto adjacente a ou na vizinhança da relativamente elevada saída do componente emissor de luz com intensidade de radiação (Ee) dentro da gama de  $3 \text{ Wcm}^{-2}$  a  $10 \text{ Wcm}^{-2}$ .

O material fluorescente de ítrio-alumínio-granada ativado com cério (material fluorescente YAG) utilizado nesta forma de realização tem estrutura de granada de modo semelhante ao caso da primeira forma de realização e é, portanto, resistente ao calor, luz e humidade. O comprimento de onda de pico de excitação do material fluorescente de ítrio-alumínio-granada desta forma de realização pode ser estabelecido perto de 450 nm conforme se indica pela linha a cheio na Fig. 5A e o comprimento de onda de pico de emissão podem ser estabelecidos perto de 510 nm conforme se indica pela linha a cheio na Fig. 5B, embora fazendo o espectro de emissão tão largo com a cauda a descair para fora de 700 nm. Isto torna possível emitir luz verde. O comprimento de onda de pico de excitação de outro material

fluorescente de ítrio-alumínio-granada ativado com cério desta forma de realização pode ser estabelecido próximo de 450 nm conforme se indica pela linha a tracejado na Fig. 5A e o comprimento de onda de pico de emissão podem ser estabelecidos próximo de 600 nm conforme se indica pela linha a tracejado na Fig. 5B, embora fazendo o espectro de emissão tão amplo com a cauda a descair para fora de 750 nm. Isto torna possível emitir luz vermelha.

O comprimento de onda da luz emitida é mudado para um comprimento de onda menor substituindo parte de Al, entre os constituintes do material fluorescente YAG que tem estrutura de granada, com Ga e o comprimento de onda da luz emitida é mudado para um comprimento de onda mais longo substituindo parte de Y com Gd e/ou La. A proporção de substituir Al com Ga é, de um modo preferido, de  $_{\text{Ga}}:\text{Al}=1:1$  para  $4:6$  em consideração da eficiência da emissão de luz e o comprimento de onda de emissão. De modo semelhante, a proporção de substituir Y com Gd e/ou La é, de um modo preferido, de  $_{\text{Y}}:\text{Gd}$  e/ou  $_{\text{La}}=9:1$  para  $1:9$  ou, de um modo mais preferido, de  $_{\text{Y}}:\text{Gd}$  e/ou  $_{\text{La}}=4:1$  para  $2:3$ . A substituição de menos do que 20% resulta num aumento do componente verde e uma diminuição do componente vermelho. A substituição de 80% ou parte maior, por outro lado, aumenta o componente vermelho mas diminui a pique a luminância.

O material para fazer um tal fósforo é feito utilizando óxidos de Y, Gd, Ce, La, Sm, e Ga ou compostos que podem ser facilmente convertidos nestes óxidos a temperaturas elevadas, e misturando suficientemente estes materiais em proporções estequiométricas. Ou seja, o material de mistura é obtido dissolvendo elementos terrosos raros Y, Gd, Ce, La, e Sm nas proporções estequiométricas em ácido, coprecipitando a solução

com ácido oxálico e levando à chama o coprecipitado para obter um óxido do coprecipitado, que é então misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio. Esta mistura é misturada com uma quantidade apropriada de um fluoreto, tal como fluoreto de alumínio, utilizado como um fundente e levado à chama num cadiño à temperatura de 1350 a 1450 °C no ar durante 2 a 5 horas. Então o material levado à chama é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e passado pela peneira para obter desse modo o material desejado.

Nesta forma de realização, os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio-alumínio-granada ativados com cério de diferentes composições podem ser utilizados misturando ou dispostos independentemente (laminados, por exemplo). Quando os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes são misturados, podem ser formados de modo relativamente fácil e num modo apropriado para a produção em massa. Quando os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes são dispostos independentemente, a cor pode ser ajustada depois de os formar laminando as camadas até ser obtida uma cor desejada. Também quando dispondo os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes independentemente, é preferível dispor um material fluorescente que absorva luz do componente emissor de luz de um comprimento de onda menor próximo do elemento de LED e um material fluorescente que absorva luz de um comprimento de onda maior longe do elemento de LED. Esta disposição permite absorção eficiente e emissão eficientes de luz.

O diodo emissor de luz desta forma de realização é feito utilizando dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio-alumínio-granada de diferentes composições como os materiais fluorescentes, conforme se descreveram anteriormente.

Isto torna possível fazer um diodo emissor de luz capaz de emitir luz da cor desejada eficientemente. Isto é, quando o comprimento de onda da luz emitido pelo componente emissor de luz do semicondutor corresponde a um ponto na linha reta que liga o ponto A e ponto B no diagrama de cromaticidade da Fig. 6, pode ser emitida luz de qualquer cor na região sombreada cercada pelos pontos A, B, C e D na Fig. 6 que são os pontos de cromaticidade (pontos C e D) de dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio-alumínio-granada de diferentes composições. De acordo com esta forma de realização, a cor pode ser controlada mudando as composições ou quantidades dos elementos de LED e materiais fluorescentes. Em especial, pode ser feito um diodo emissor de luz de menor variação no comprimento de onda de emissão selecionando os materiais fluorescentes de acordo com o comprimento de onda de emissão do elemento de LED, compensando desse modo para a variação do comprimento de onda de emissão do elemento de LED. Também pode ser feito um diodo emissor de luz que inclua componentes RGB com elevada luminância selecionando o comprimento de onda de emissão dos materiais fluorescentes.

Além disso, porque o material fluorescente de ítrio-alumínio-granada (YAG) utilizado nesta forma de realização tem estrutura de granada, o diodo emissor de luz desta forma de realização pode emitir luz de elevada luminância por um longo período de tempo.

Também os diodos emissores de luz da primeira forma de realização e esta forma de realização são dotados com componente emissor de luz instalado por meio de material fluorescente. Também porque a luz convertida tem comprimento de onda maior do que aquele da luz emitida pelo componente emissor de luz, a

energia da luz convertida é menor do que a lacuna da banda do semicondutor de nitreto, e é menos provável ser absorvida pela camada semicondutora de nitreto. Assim, embora a luz emitida pelo material fluorescente seja dirigida também ao elemento de LED devido à isotropia de emissão, a luz emitida pelo material fluorescente nunca é absorvida pelo elemento de LED e, portanto, a eficiência de emissão do diodo emissor de luz não será diminuída.

(Fonte de luz planar)

Mostra-se na Fig. 7 uma fonte de luz planar na qual é aplicado um dispositivo emissor de luz da presente invenção.

Na fonte de luz planar mostrada na Fig. 7, o fósforo utilizado na primeira forma de realização está contido num material 701 de revestimento. Com esta configuração, a luz azul emitida pelo semicondutor de nitreto de gálio é convertida na cor e é produzida em estado planar por meio duma placa 704 de orientação ótica e uma folha 706 dispersiva.

Especificamente, um componente 702 emissor de luz da fonte de luz planar da Fig. 7, é fixo num substrato 703 metálico com a forma de C invertido sobre o qual uma camada de isolamento e um molde condutor (não mostrado) são formados. Depois de ligar eletricamente o elétrodo do componente emissor de luz e o molde condutor, o fósforo é misturada com resina epóxi e aplicada dentro do substrato 703 metálico com a forma de C invertido sobre o qual é montado o componente 702 emissor de luz. O componente emissor de luz assim assegurado é fixo sobre uma face da extremidade de uma placa 704 de orientação ótica de acrílico por meio de uma resina de epóxi. Uma película 707 refletora que

contém um agente de difusão branco está disposta sobre um dos planos principais da placa 704 de orientação ótica onde a folha 706 dispersiva não é formada, com o propósito de evitar fluorescência.

De modo semelhante, um refletor 705 é proporcionado sobre toda a superfície na parte posterior da placa 704 de guia ótica e sobre uma face da extremidade onde o componente emissor de luz não é proporcionado, com a finalidade de melhorar a eficiência de emissão de luz. Com esta configuração, podem ser constituídos diodos emissores de luz para emissão de luz planar os quais produzem suficiente luminância para a luz de retroiluminação de LCD.

A aplicação do diodo emissor de luz para emissão de luz planar a uma visualização de cristal líquido pode conseguir-se dispondendo uma placa polarizadora sobre um plano principal da placa 704 de guia ótica por meio do cristal líquido injetado entre substratos de vidro (não mostrados) sobre os quais é formado um molde condutor translúcido.

Será agora descrita a seguir referindo à Fig. 8 e Fig. 9, uma fonte de luz planar utilizando um dispositivo emissor de luz de acordo com a presente invenção. O dispositivo emissor de luz mostrado na Fig. 8 é feito numa configuração tal que a luz azul emitida pelo diodo 702 emissor de luz é convertida em luz branca por um conversor 701 de cor que contém o fósforo e é produzido à saída no estado planar por meio de uma placa 704 de guia ótica.

O dispositivo emissor de luz mostrado na Fig. 9 é feito numa configuração tal que a luz azul emitida pelo componente 702 emissor de luz é transformada no estado planar pela placa 704 de

guia ótica, então convertida em luz branca por uma folha 706 dispersiva que contém fósforo formado sobre um do plano principal da placa 704 de guia ótica, para produzir à saída desse modo luz branca no estado planar. O fósforo pode ser contido na folha 706 dispersiva ou formada numa folha espalhando-a em conjunto com uma resina aglutinante sobre a folha 706 dispersiva. Além disso, o elemento aglutinante que inclui o fósforo pode ser formado por pontos, não por folha, diretamente sobre a placa 704 de orientação ótica.

<Aplicação>

(Dispositivo de visualização)

Descrever-se-á agora em seguida um dispositivo de visualização utilizando um dispositivo emissor de luz de acordo com a presente invenção. A Fig. 10 é um diagrama de blocos que mostra a configuração do dispositivo de visualização. Como se mostra na Fig. 10, o dispositivo de visualização compreende um dispositivo 601 de visualização LED e um circuito 610 de acionamento que tem um controlador 602, meios 603 de armazenamento de dados de vídeo e meios 604 de controlo de tonalidade. O dispositivo 601 de visualização LED, que têm diodos 501 emissores de luz branca mostrados na Fig. 1 ou Fig. 2 dispostos com a configuração de uma matriz num invólucro 504 como se mostra na Fig. 11, é utilizado como dispositivo de visualização LED monocromático. O invólucro 504 é dotado com um material 505 de bloqueamento da luz que é formado integralmente com este.

O circuito 610 de acionamento tem os meios 603 de armazenamento (RAM) de dados vídeo para armazenar temporariamente dados de visualização que são introduzidos, os meios 604 de controlo de tonalidade que calculam e produzem à saída sinais de tonalidade para controlar os diodos emissores de luz individual do dispositivo 601 de visualização LED para iluminar com o brilho especificado de acordo com os dados lidos de RAM 603 e o controlador 602 que é comutado por sinais fornecidos do meio 604 de controlo de tonalidade para acionar o diodo emissor de luz. Para iluminar o circuito 604 de controlo de tonalidade restaura os dados da RAM 603 e calcula a duração de iluminação dos diodos emissores de luz do dispositivo 601 de visualização LED, então produz à saída sinais de impulso para ligar e desligar os diodos emissores de luz ao dispositivo 601 de visualização LED. No dispositivo de visualização constituído como descrito acima, o dispositivo 601 de visualização LED é capaz de revelar imagens de acordo com os sinais de impulso que são introduzidos à entrada do circuito de acionamento e tem as seguintes vantagens.

O dispositivo de visualização LED que revela luz branca utilizando diodos emissores de luz de três cores, RGB, é necessário para revelar enquanto controla a emissão de luz à saída dos diodos emissores de luz R, G e B e devendo controlar em consequência disto os diodos emissores de luz tomando em conta a intensidade de emissão, as características de temperatura e outros fatores dos diodos emissores de luz, que resultam na configuração complicada do circuito de acionamento que comanda o dispositivo de visualização LED. No entanto, no dispositivo de visualização, porque o dispositivo 601 de visualização LED é formado pela utilização de diodos 501 emissores de luz da presente invenção que podem emitir luz

branca sem utilizar diodos emissores de luz de três espécies, RGB, não é necessário para o circuito de acionamento controlar individualmente os diodos emissores de luz R, G e B, tornando possível simplificar a configuração do circuito de acionamento e fazer o dispositivo de visualização a um custo reduzido.

Com um dispositivo de visualização LED que revela luz branca utilizando diodos emissores de luz de três tipos, RGB, os três diodos emissores de luz devem ser iluminados ao mesmo tempo e a luz dos diodos emissores deve ser misturada com a finalidade de revelar luz branca combinando os três diodos emissores de luz RGB para cada pixel, resultando numa grande área de visualização para cada pixel e tornando-se impossível revelar com alta definição. Em contraste, no dispositivo de visualização LED utilizando um dispositivo emissor de luz de acordo com a presente invenção, revelar com luz branca pode ser feito com um único diodo emissor de luz e é portanto capaz de revelar com luz branca de definição mais elevada. Além disso, com o dispositivo de visualização LED que revela as cores misturadas dos três diodos emissores de luz, existe um caso de alterações de cor de visualização devido ao bloqueamento de alguns dos diodos emissores de luz RGB que dependem do ângulo de visão, enquanto o dispositivo de vídeo de LED não tem tal problema.

Como descrito acima, o dispositivo de visualização dotado com o dispositivo de visualização LED que emprega o diodo emissor de luz da presente invenção que é capaz de emitir luz branca é capaz de revelar luz branca estável com maior definição e tem a vantagem de menor irregularidade da cor. O dispositivo de visualização LED que é capaz de revelar luz branca também impõe menos estímulo ao olho comparado ao dispositivo de visualização de LED convencional que emprega apenas as cores

vermelha e verde e é, portanto, apropriado para utilização durante um longo período de tempo.

(Forma de realização de outro dispositivo de visualização empregando o diodo emissor de luz da presente invenção)

O diodo emissor de luz da presente invenção pode ser utilizado para formar um dispositivo de visualização LED em que um píxel é constituído por três diodos emissores de luz RGB e um diodo emissor de luz da presente invenção, como se mostra na Fig. 12. Ligando o dispositivo de visualização LED e um circuito de acionamento especificado, pode formar-se um dispositivo de visualização capaz de exibir várias imagens. O circuito de acionamento deste dispositivo de visualização tem, de modo semelhante a um caso de dispositivo de visualização monocromático, meios (RAM) de armazenamento de dados de vídeo para armazenar temporariamente os dados de visualização de entrada, um circuito de controlo de tonalidade que processa os dados armazenados na RAM para calcular sinais de tonalidade para iluminação dos diodos emissores de luz com brilho especificado e um controlador que é comutado pelo sinal de saída do circuito de controlo de tonalidade a fim de causar que os diodos emissores de luz iluminem. O circuito de acionamento é necessário exclusivamente para cada um dos diodos emissores de luz RGB e o diodo emissor de luz branca. O circuito de controlo de tonalidade calcula a duração de iluminação dos diodos emissores de luz dos dados armazenados na RAM, e produz à saída sinais de impulsos para ligar e desligar os diodos emissores de luz. Quando revelando com luz branca, a largura dos sinais de impulso para iluminação dos diodos emissores de RGB é tornada mais pequena, ou o valor do pico de sinal de impulso é tornado

inferior ou absolutamente nenhum sinal de impulso é produzido à saída. Por outro lado, é dado um sinal de impulso ao diodo emissor de luz branca em sua compensação. Isto origina que o dispositivo de visualização LED revele luz branca.

Como descrito acima, o brilho do dispositivo de visualização pode ser melhorado adicionando o diodo emissor de luz branca aos diodos emissores de luz RGB. Quando os diodos emissores de luz RGB são combinados para revelar luz branca, uma ou duas das cores de RGB podem ser reforçadas resultando numa falha em revelar luz branca pura que dependendo do ângulo de visão, um tal problema é resolvido adicionando o diodo emissor de luz branca como no dispositivo de visualização.

É preferível, para o circuito de acionamento de tal dispositivo de visualização como descrito acima, que seja proporcionado uma CPU separadamente como um circuito de controlo de tonalidade que calcula o sinal de impulso para iluminar o diodo emissor de luz branca com o brilho especificado. O sinal de impulso que é produzido à saída do circuito de controlo de tonalidade é dado ao controlador do diodo emissor de luz branca para comutar desse modo o controlador. O diodo emissor de luz branca ilumina quando o controlador é ligado e extingue-se quando o controlador é desligado.

#### (Sinal de trânsito)

Quando o diodo emissor de luz da presente invenção é utilizado como um sinal de trânsito que é um tipo de dispositivo de visualização, tais vantagens podem ser obtidas como iluminação estável durante um longo período de tempo e sem

qualquer irregularidade de cor mesmo quando parte dos diodos emissores de luz se extinguem. O sinal de trânsito que emprega o diodo emissor de luz da presente invenção tem uma tal configuração visto que diodos emissores de luz branca são dispostos sobre um substrato sobre o qual é formando um molde condutor. Um circuito de diodos emissores de luz em que tais diodos emissores de luz são ligados em série ou paralelo é atuado como um conjunto de diodos emissores de luz. São utilizados dois ou mais conjuntos dos diodos emissores de luz, tendo cada um dos diodos emissores de luz dispostos numa configuração em espiral. Quando todos os diodos emissores de luz são dispostos, eles são dispostos sobre toda a área numa configuração circular. Depois de ligar as linhas de energia soldando a ligação dos diodos emissores de luz e o substrato com fonte de energia externa, é presa num chassis de sinal ferroviário. O dispositivo de visualização LED é colocado num chassis fundido em molde de alumínio equipado com um componente de bloqueamento de luz e é vedado na superfície com enchimento de borracha de silicone. O chassis é dotado com uma lente de cor branca sobre o seu plano de visualização. A cablagem elétrica do dispositivo de visualização LED é passada através de uma guarnição de borracha na parte posterior do chassis, para isolar o interior do chassis do exterior, com o interior do chassis fechado. Assim é feito um sinal de luz branca. Pode fazer-se um sinal de segurança mais intenso dividindo os diodos emissores de luz da presente invenção numa pluralidade de grupos e dispondo-os numa configuração em espiral que gira em turbilhão do centro em direção ao exterior, embora ligando-os em paralelo. A configuração de girar em turbilhão do centro para o exterior pode ser ou contínua ou intermitente. Portanto, o número desejado dos conjuntos de diodos emissores de luz pode ser selecionado dependendo na área de visualização do dispositivo de

visualização LED. Este sinal é, mesmo quando um dos conjuntos dos diodos emissores de luz ou parte dos diodos emissores de luz falham na iluminação devido a algum contratempo, capaz de iluminar uniformemente numa configuração circular sem alteração de cor por meio do conjunto restante de diodos emissores de luz ou restantes diodos emissores de luz. Devido aos diodos emissores de luz serem dispostos numa configuração em espiral, eles podem ser dispostos de modo mais denso perto do centro e acionados sem qualquer ideia diferente dos sinais que empregam lâmpadas incandescentes.

#### <Exemplos>

Os seguintes Exemplos ilustram ainda em pormenor a presente invenção mas não são para ser entendidos de modo a limitar o seu objetivo.

#### (Exemplo 1)

O Exemplo 1 proporciona um componente emissor de luz que tem um pico de emissão a 450 nm e uma meia largura de 30 nm que emprega um semicondutor de GaInN. O componente emissor de luz da presente invenção é feito pelo escoamento de TMG gasoso (trimetil gálio), TMI gasoso (trimetil índio), azoto gasoso e gás dopante em conjunto com um veículo gasoso sobre um substrato de safira limpa e formando uma camada semicondutora composta de nitreto de gálio no processo de MOCVD. São formados um semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N e um semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P comutando SiH<sub>4</sub> e Cp<sub>2</sub>Mg (bis(ciclopentadienil)magnésio) como gás

dopante. O elemento LED do Exemplo 1 tem uma camada de contacto que é um semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N, uma camada revestida que é um semicondutor de nitreto de gálio e alumínio que tem condutividade tipo P e uma camada de contacto que é um semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P e, formada entre a camada de contacto que tem condutividade tipo N e a camada de revestimento tendo condutividade tipo P, está uma camada de ativação de InGaN não dopada de espessura de cerca de 3 nm para fazer uma única estrutura de fonte de quantum. O substrato de safira tem uma camada semicondutora de nitreto de gálio formada em cima sob uma temperatura baixa a fim de fazer uma camada tampão. O semicondutor tipo P é recozido à temperatura de 400 °C ou acima desta depois de formar a película.

Depois de expor as superfícies das camadas semicondutoras de tipo P e tipo N à gravura com água forte os elétrodos n e p são formados por projeção de partículas. Depois de marcar a bolacha semicondutora que tenha sido feita como descrito acima, os componentes emissores de luz são constituídos dividindo a bolacha com força exterior.

O componente emissor de luz feito pelo processo anterior é montado num recetáculo de um condutor de suporte que é feito de aço revestido de prata ligando a matriz com resina epóxi. Então os elétrodos do componente emissor de luz, o condutor de suporte e o condutor interior são ligados eletricamente por fios com fios de ouro de 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro, a fim de fazer um diodo emissor de luz do tipo condutor.

Faz-se fósforo dissolvendo elementos terrosos raros de Y, Gd e Ce num ácido em proporções estequiométricas, e

coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido do coprecipitado obtido levando este material à chama é misturado com óxido de alumínio, para obter assim o material da mistura. A mistura foi então misturada com fluoreto de amónio utilizado como um fundente e levado à chama num cadinho à temperatura de 1400 °C ao ar durante 3 horas. Então o material levado à chama é moído por um moinho de esferas, lavado, separado, seco e peneirado desse modo para se obter o material desejado. O fósforo feito como descrito acima é material fluorescente de ítrio-alumínio-granada representado pela fórmula geral  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  onde cerca de 20% de Y é substituído com Gd e a relação de substituição de Ce é 0,03.

As 80 partes em peso de material fluorescente que tem uma composição de  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  que tenham sido feitas pelo processo anterior e as 100 partes em peso de resina epóxi são misturadas de forma suficiente para se transformar numa mistura semilíquida em suspensão. A mistura semilíquida em suspensão é vazada no recetáculo proporcionado sobre o condutor de suporte em cima do qual o componente emissor de luz é montado; Depois de vazar, a mistura semilíquida em suspensão é curada a 130 °C durante uma hora. Assim um revestimento que tenha uma espessura de 120  $\mu m$ , o qual contém a substância fluorescente, é formado sobre o componente emissor de luz. No Exemplo 1, o revestimento é formado a fim de conter fósforo em concentração a aumentar gradualmente para o componente emissor de luz. A intensidade de irradiação é de cerca de 3,5 W/cm<sup>2</sup>. O componente emissor de luz e o fósforo são moldados com resina epóxi translúcida para o propósito de proteção contra tensões estranhas, humidade e poeira. Uma estrutura de condutor com a camada de revestimento de fósforo em cima é colocada numa matriz com a forma de bala e

misturada com resina epóxi translúcida e então curada a 150 °C durante 5 horas.

Verificou-se pela observação visual do diodo emissor de luz formado como descrito acima na direção normal ao plano emissor de luz, que a parte central era restituída em cor amarelada devido à cor do corpo do fósforo. As medições do ponto de cromaticidade, da temperatura da cor e do índice de restituição da cor do diodo emissor de luz feito como descrito acima e capaz de emitir luz branca deram valores de (0,302, 0,280) para o ponto de cromaticidade (x, y), temperatura da cor de 8080 K e 87,5 para índice (Ra) de restituição da cor (Ra) os quais são aproximados às características de uma lâmpada fluorescente de 3 formas de onda. A eficiência emissora de luz era 9,5 lm/W, comparável aquela de uma lâmpada incandescente. Além disso, em testes ao vivo sob condições de energização com uma corrente de 60 mA a 25 °C, 20 mA a 25 °C e 20 mA a 60 °C com 90% RH, não foi observada nenhuma alteração devida ao material fluorescente, provando que o diodo emissor de luz não diferia na vida útil do diodo emissor de luz azul convencional.

#### (Exemplo 1 Comparativo)

Foram conduzidos do mesmo modo como no Exemplo 1 a formação de um diodo emissor de luz e os seus testes de duração, exceto em mudar a substância fluorescente de  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}$  para  $(ZnCd)S:Cu,Al$ . O diodo emissor de luz que tinha sido formado mostrou, imediatamente depois da energização, emissão de luz branca mas com baixa luminância. Num teste de duração, a produção à saída diminuiu para zero em cerca de 100 horas. A

análise da causa da deterioração mostrou que o material fluorescente estava enegrecido.

Esta perturbação é suposto ter sido causada com a luz emitida pelo componente emissor de luz e pela humidade que o material fluorescente tenha apanhado ou entrado do exterior causada por fotólise ao fazer-se zinco coloidal para precipitar sobre a superfície do material fluorescente, resultando na superfície enegrecida. Mostram-se na Fig. 13 em conjunto com os resultados do Exemplo 1 os resultados dos testes de duração sob condições de energização com uma corrente de 20 mA a 25 °C e 20 mA a 60 °C com 90% RH. A luminância é dada em termos de valor relativo com respeito ao valor inicial como a referência. A linha contínua indica o Exemplo 1 e UMA linha interrompida indica o Exemplo 1 Comparativo na Figura 13.

#### (Exemplo 2)

No Exemplo 2, o componente emissor de luz foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto para aumentar o conteúdo de In no semicondutor composto de nitreto do componente emissor de luz para ter o pico de emissão a 460 nm e aumentar o conteúdo de Gd no fósforo do que aquele do Exemplo 1 para ter uma composição de  $(Y_{0.6}G_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$ .

As medições do ponto de cromaticidade, da temperatura da cor e o índice de restituição da cor do diodo emissor de luz, as quais foram feitas como descrito acima e capaz de emitir luz branca, deram valores de (0,375, 0,370) para o ponto de cromaticidade (x, y), temperatura de cor de 4400 K e 86,0 para índice (Ra) de restituição da cor. As Fig. 18A, 18B e Fig. 18C

mostram respetivamente, o espectro de emissão do fósforo, o componente emissor de luz e o díodo emissor de luz do Exemplo 2.

Foram feitas 100 peças dos diódos emissores de luz do Exemplo 2 e foram tomadas as médias das intensidades luminosas respetivas depois de 1000 horas de iluminação. Em termos de percentagem do valor da intensidade luminosa antes do teste de duração, a média de intensidade luminosa depois do teste de duração era 98,9%, demonstrando nenhuma diferença na característica.

(Exemplo 3)

Foram feitos 100 diódos emissores de luz do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto pela adição de Sm além dos elementos terrosos raros Y, Gd e Ce no fósforo para fazer um material fluorescente com a composição de  $(Y_{0.39}Gd_{0.57}Ce_{0.03}Sm_{0.01})_3A_{15}O_{12}$ . Quando os diódos emissores de luz eram constituídos iluminar a uma temperatura elevada de 130 °C, era obtida uma característica da temperatura média de cerca de 8% melhor do que aquela do Exemplo 1.

(Exemplo 4)

Conforme se mostra na Fig. 11, o dispositivo de visualização LED do Exemplo 4 é feito de diódos emissores de luz do Exemplo 1 que são dispostos numa matriz 16 x 16 sobre um substrato de cerâmica em cima do qual é formado um molde de cobre. No dispositivo de visualização LED do Exemplo 4, o substrato em cima do qual os diódos emissores de luz são

dispostos é colocado num chassis 504 que é feito de resina de fenol e é dotado com um componente 505 de bloqueamento de luz que está aí integralmente constituído. O chassis, os diodos emissores de luz, o substrato e parte do componente de bloqueamento da luz, exceto para as extremidades dos diodos emissores de luz, são revestidos com borracha 506 de silicone colorida em preto com um pigmento. O substrato e os diodos emissores de luz são soldados por meio de uma máquina de soldar automática.

São eletricamente ligados para fazer um dispositivo de visualização LED, o dispositivo de visualização LED feito segundo a configuração descrita anteriormente, uma RAM que armazena temporariamente os dados de visualização de entrada, um circuito de controlo de tonalidade que processa os dados armazenados na RAM para calcular sinais de tonalidade para iluminar os diodos emissores de luz com brilho especificado e meio de acionamento que é comutado pelo sinal de saída do circuito de controlo de tonalidade para causar que os diodos emissores de luz a iluminem. Verificou-se que o equipamento pode ser utilizado como dispositivo de visualização LED preto e branco comandando os dispositivos de visualização LED.

#### (Exemplo 5)

O diodo emissor de luz do Exemplo 5 foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto em utilizar fósforo representado pela fórmula geral  $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 5 e feitas medições para várias características. A medição do ponto de cromaticidade deu valores de em média de (0,450, 0,420) para o ponto (x, y) de

cromaticidade e era emitida luz da cor da lâmpada de cor incandescente. As Fig. 19A, Fig. 19B e Fig. 19C mostram, respetivamente, o espectro de emissão do fósforo, o componente emissor de luz e o diodo emissor de luz do Exemplo 5. Embora os diodos emissores de luz do Exemplo 5 mostrassem luminância de cerca de 40% inferior do que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 1, mostraram boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas comparável aquelas do Exemplo 1 no teste de duração.

(Exemplo 6)

O diodo emissor de luz do Exemplo 6 foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto em utilizar fósforo representado pela fórmula geral  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 6 e feitas medições para várias características. Foi emitida a medição do ponto de cromaticidade da luz branca ligeiramente amarela esverdeada comparada ao Exemplo 1. O diodo emissor de luz do Exemplo 6 mostrou boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas semelhante aquela do Exemplo 1 no teste de duração. As Fig. 20A, 20B e Fig. 20C mostram respetivamente, o espectro de emissão de fósforo, o componente emissor de luz e o diodo emissor de luz do Exemplo 6.

(Exemplo 7)

O diodo emissor de luz do Exemplo 7 foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto em utilizar fósforo representado pela fórmula geral  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças de

díodos emissores de luz do Exemplo 7 e feitas medições para várias características.

Embora os díodos emissores de luz do Exemplo 7 mostrassem uma baixa luminância, emitiram luz branca esverdeada e mostraram boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas semelhantes aquelas do Exemplo 1 no teste de duração. As Fig. 21A, Fig. 21B e Fig. 21C mostram, respetivamente, o espectro de emissão do fósforo, o componente emissor de luz e o diodo emissor de luz do Exemplo 7.

(Exemplo 8)

O diodo emissor de luz do Exemplo 8 foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto em utilizar fósforo representado pela fórmula geral  $Gd_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$  que não contém Y. Foram feitas 100 peças dos díodos emissores de luz do Exemplo 8 e feitas medições para várias características.

Embora os díodos emissores de luz do Exemplo 8 mostrassem uma baixa luminância, mostraram uma boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas semelhante aquela do Exemplo 1 no teste de duração.

(Exemplo 9) (Exemplo de referência)

O díodo emissor de luz do Exemplo 9 é dispositivo emissor de luz planar que tem a configuração mostrada na Fig. 7.

O semicondutor de  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  que tem o pico de emissão a 450 nm é utilizado como um componente emissor de luz. Os componentes emissores de luz são constituídos escoando TMG gasoso (trimetil gálio), TMI gasoso (trimetil índio), azoto gasoso e gás dopante em conjunto com um gás condutor sobre um substrato de safira limpa e formando uma camada semicondutora composta de nitreto de gálio no processo de MOCVD. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio que tem condutividade de tipo N e uma camada semicondutora de nitreto de gálio que tem condutividade do tipo P são formadas comutando  $\text{SiH}_4$  e  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  (bis(ciclopentadienil)magnésio) como gás dopante, formando desse modo uma junção PN. Para o componente emissor de luz do semicondutor são formadas, uma camada de contacto que é semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N, uma camada revestida que é semicondutor de nitreto de gálio e alumínio que tem condutividade tipo N, uma camada revestida que é semicondutor de nitreto de gálio e alumínio que tem condutividade do tipo P e uma camada de contacto que é semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P. Uma camada de ativação de Zn-dopado de InGaN que faz uma junção duplamente heterogénea é formada entre a camada revestida que tem condutividade tipo N e a camada revestida que tem condutividade tipo P. Uma camada tampão é proporcionada sobre o substrato de safira formando a camada semicondutora de nitreto de gálio a baixa temperatura. A camada semicondutora de nitreto tipo P é recozida à temperatura de 400 °C ou acima desta depois de formar a película.

Depois de formar as camadas semicondutoras e expor as superfícies das camadas semicondutoras tipo P e tipo N por gravura com água forte, são formados elétrodos por crepitação. Depois de riscar a bolacha semicondutora que foi feita como descrito acima, os componentes emissores de luz são constituídos como componentes emissores de luz dividindo a bolacha por meio de uma força exterior.

O componente emissor de luz é montado num condutor de suporte que tem um recetáculo na extremidade de uma estrutura de condutor de cobre revestido de prata, prendendo a matriz com resina epóxi. Os elétrodos do componente emissor de luz, o condutor de suporte e o condutor interior são eletricamente ligados prendendo por fio com fios de ouro que têm um diâmetro de 30  $\mu\text{m}$ .

A estrutura do condutor com o componente emissor de luz ligado em cima é colocada numa matriz com a forma de bala e vedada com resina epóxi translúcida para moldagem, que é então curada a 150 °C durante 5 horas, para formar desse modo um diodo emissor de luz azul. O diodo emissor de luz azul é ligado a uma face da extremidade de uma placa de orientação ótica de acrílico que é polida em todas as faces das extremidades. Sobre uma superfície e face lateral da placa de acrílico, é aplicada impressão do ecrã utilizando titanato de bário disperso num aglutinante de acrílico como refletor de cor branca, que é então curado.

O fósforo de cores verde e vermelha são constituídos dissolvendo elementos terrosos raros de Y, Gd, Ce e La em ácido nas proporções estequiométricas e coprecipitando a solução

com ácido oxálico. O óxido do coprecipitado obtido levando este material à chama é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para obter desse modo a respetiva mistura de materiais. A mistura é então misturada com fluoreto de amónio utilizado como um fundente, e levado à chama num cadinho à temperatura de 1400 °C ao ar durante 3 horas. Então o material levado à chama é moído por um moinho de esferas na água, lavado, separado, seco e peneirado para se obter desse modo o material desejado.

120 partes em peso do primeiro material fluorescente que tenha uma composição de  $Y_3(Al_{0.6}Ga_{0.4})_5O_{12}:Ce$  e capaz de emitir luz verde preparada como descrito acima e 100 partes em peso do segundo material fluorescente que tenha uma composição de  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$  e capaz de emitir luz vermelha preparada num processo semelhante aquele para o primeiro material fluorescente, são suficientemente misturadas com 100 partes em peso de resina epóxi, para formar uma mistura semilíquida em suspensão. A mistura semilíquida em suspensão é aplicada uniformemente por cima de uma camada de acrílico que tem uma espessura de 0,5 mm por meio de uma multicamada e seca para formar uma camada de material fluorescente a ser utilizado como um material de conversão de cor que tem uma espessura de cerca de 30  $\mu m$ . A camada de material fluorescente é cortada dentro do mesmo tamanho como aquele do principal plano emissor de luz da placa de orientação ótica, e disposto sobre a placa de orientação ótica para formar desse modo o dispositivo emissor de luz planar. Medições do ponto de cromaticidade e do índice de restituição da cor do dispositivo emissor de luz deram valores de (0,29, 0,34) para o ponto (x, y) de cromaticidade e 92,0 para o índice (Ra) de restituição de cor que são valores aproximados das propriedades da lâmpada fluorescente de 3 formas de onda. Foi obtida uma eficiência emissora de luz de 12 lm/W

comparável à de uma lâmpada incandescente. Além disso, em testes na capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas sob condições de energização com uma corrente de 60 mA à temperatura ambiente, 20 mA à temperatura ambiente e 20 mA a 60 °C com 90% RH, nenhuma alteração foi observada devida ao material fluorescente.

(Exemplo 2 Comparativo)

A formação de diodo emissor e os seus testes de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas foram conduzidos do mesmo modo como no Exemplo 9 exceto em misturar as mesmas quantidades de um pigmento fluorescente orgânico verde (FA-001 de Synleuch Chemish) e um pigmento fluorescente orgânico vermelho (FA-005 de Synleuch Chemish) os quais são derivados de perileno, em vez do primeiro material fluorescente representado pela fórmula  $Y_{0.3}(Al_{0.6}Ga_{0.4})_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz verde e o segundo material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz vermelha do Exemplo 9. As coordenadas de cromaticidade do diodo emissor de luz do Exemplo 1 Comparativo assim formado foram  $(x, y) = (0,34, 0,35)$ . O teste de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas foi conduzido pela irradiação com raios ultravioletas produzidos pelo arco de carbono durante 200 horas, o que representa a irradiação equivalente da luz solar durante um período de um ano, embora medindo a relação de retenção de luminância e a tonalidade da cor em vários momentos durante o período de teste. Num teste de segurança, o componente emissor de luz foi energizado para emitir luz a uma temperatura constante de 70 °C embora medindo a luminância e a tonalidade da cor em ocasiões diferentes. Os resultados são mostrados na

Fig. 14 e Fig. 15, em conjunto com o Exemplo 9. Como será evidente a partir da Fig. 14 e Fig. 15, o componente emissor de luz do Exemplo 9 experimenta menos deterioração do que o Exemplo 2 Comparativo.

(Exemplo 10)

O diodo emissor de luz do Exemplo 10 é um diodo emissor de luz do tipo condutor.

No diodo emissor de luz do Exemplo 10, é utilizado o componente emissor de luz que tem uma camada emissora de luz de  $In_{0.05}Ga_{0.95}N$  com pico de emissão a 450 nm o qual é feito do mesmo modo como no Exemplo 9. O componente emissor de luz é montado no recetáculo proporcionado na extremidade de um condutor de suporte de cobre revestido de prata, prendendo à matriz com resina epóxi. Os elétrodos do componente emissor de luz, e o condutor de suporte e o condutor interior foram eletricamente ligados por fios metálicos com fios de ouro.

O fósforo é feito misturando um primeiro material fluorescente representado pela fórmula geral  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz verde e um segundo material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12} :Ce$  capaz de emitir luz vermelha preparada como se segue. Nomeadamente, os elementos terrosos raros de Y, Gd e Ce são dissolvidos em ácido nas proporções estequiométricas, e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido da coprecipitação obtido por levar à chama é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para obter desse modo os materiais da mistura respetivos. A mistura é misturada com fluoreto de amónio utilizado com um fundente e

levado à chama num cadinho a uma temperatura de 1400 °C ao ar durante 3 horas. Então o material levado à chama é moído num moinho de esferas na água, lavado, separado, seco e peneirado de modo a obter-se o primeiro e segundo materiais fluorescentes da distribuição de partícula especificada. 40 partes em peso do primeiro material fluorescente, 40 partes em peso do segundo material fluorescente e 100 partes em peso de resina epóxi são suficientemente misturados para formar uma mistura semilíquida em suspensão. A mistura semilíquida em suspensão é derramada dentro do recetáculo que é proporcionado no condutor de suporte em que o componente emissor de luz é colocado. Então a resina que inclui fósforo é curada a 130 °C durante 1 hora. Assim a camada de revestimento que inclui o fósforo em espessura de 120 µm é formada sobre o componente emissor de luz. A concentração da substância fluorescente na camada de revestimento é aumentada gradualmente para o componente emissor de luz. Além disso, o componente emissor de luz e o fósforo são vedados moldando com resina epóxi translúcida para o propósito de proteção contra tensões exteriores, humidade e pó. Uma estrutura de condutor com a camada de revestimento de fósforo formada em cima disso é colocada numa matriz com a forma de bala e misturada com resina epóxi translúcida e então curada a 150 °C durante 5 horas. Sob observação visual do diodo emissor de luz formado como descrito acima na direção normal ao plano de emissão de luz, verificou-se que a parte central era tornada amarelada devido à cor do corpo do fósforo.

As medições do ponto de cromaticidade, temperatura da cor e índice de restituição de cor do diodo emissor de luz do Exemplo 10 que foi feito como anteriormente se descreveu deram valores de (0,32, 0,34) para ponto de cromaticidade (x, y), 89,0 para índice (Ra) de restituição de cor e eficiência de emissão

de luz de 10 lm/W. Além disso em testes de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas sob condições de energização com uma corrente de 60 mA à temperatura ambiente, 20 mA à temperatura ambiente e 20 mA a 60 °C com 90% RH, nenhuma alteração foi observada devido à substância fluorescente, mostrando nenhuma diferença de um diodo emissor de luz azul convencional na característica da duração de serviço.

(Exemplo 11) (Exemplo de Referência)

O semicondutor  $In_{0.4}Ga_{0.6}N$  que tem um pico de emissão a 470 nm é utilizado como um elemento LED. Os componentes emissores de luz são constituídos escoando TMG gasoso (trimetil gálio), TMI gasoso (trimetil índio), azoto gasoso e gás dopante em conjunto com um substrato de safira limpa para formar desse modo uma camada semicondutora composta de nitreto de gálio no processo de MOCVD. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N e uma camada semicondutores de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P foram formadas comutando  $SiH_4$  e  $Cp_2Mg$  (bis(ciclopentadienil)magnésio) utilizados como gás dopante, formando desse modo uma junção PN. Para o elemento LED, são formadas, uma camada de contacto que é semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N, uma camada de revestimento que é semicondutor de nitreto de gálio e alumínio que tem condutividade tipo P e uma camada de contacto que é semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P. Uma camada de ativação de InGaN não dopado com espessura de cerca de 3 nm é formada entre a camada de contacto que tem condutividade tipo N e a camada de revestimento que tem condutividade tipo P, para fazer desse modo uma única estrutura compacta de quantum. Uma camada tampão é proporcionada

sobre o substrato de safira formando uma camada semicondutora de nitreto de gálio a baixa temperatura.

Depois de formar as camadas e expor as superfícies das camadas semicondutoras do tipo P e tipo N à gravura com água forte, são formados elétrodos por projeção de partículas. Depois de riscar a bolacha semicondutora que é feita como descrito acima, os componentes emissores de luz são constituídos dividindo a bolacha por meio duma força exterior.

O componente emissor de luz é montado num recetáculo na extremidade de um condutor de suporte revestido de prata por ligando a matriz com resina epóxi. Os elétrodos do componente emissor de luz, o condutor de suporte e o condutor interior são eletricamente ligados por fios com fios de ouro que têm um diâmetro de 30  $\mu\text{m}$ .

A estrutura de condutor com o componente emissor de luz ligado em cima desta é colocada numa matriz com a forma de uma bala e vedada com resina epóxi translúcida para moldagem, a qual é então curada a 150 °C por 5 horas, para formar desse modo um diodo emissor de luz azul. O diodo emissor de luz azul é ligado a uma face da extremidade de uma placa de guia de emissão ótica de acrílico que é polida sobre todas as faces das extremidades. É aplicada sobre uma superfície e a face lateral da placa de acrílico, impressão do ecrã utilizando titanato de bário disperso num aglutinante de acrílico como refletor de luz branca, que é então curado.

O fósforo é feito misturando um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  capaz de emitir luz amarela de comprimento de onda relativamente pequeno

é um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz amarela de comprimento de onda relativamente grande preparado como se segue. Nomeadamente, elementos terrosos raros de Y, Gd e Ce são dissolvidos em ácido em proporções estequiométricas e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido da coprecipitação obtido por levar à chama é misturado com óxido de alumínio, para obter desse modo material da mistura respetiva. A mistura é misturada com fluoreto de amónio utilizado como um fundente e levado à chama num cadinho à temperatura de 140 °C ao ar durante 3 horas. Então o material levado à chama é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado.

100 partes em peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente pequeno e 100 partes em peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente grande que são constituídos como descrito acima são misturados suficientemente com 1000 partes em peso de resina de acrílico e obtida por extrusão, para formar desse modo uma película de material fluorescente a fim de ser utilizada como material de conversão de cor de cerca de 180  $\mu m$  de espessura. A película de material fluorescente é cortada dentro do mesmo tamanho conforme o plano de emissão principal da placa de orientação ótica e disposto sobre a placa de guia ótica, para fazer desse modo um dispositivo emissor de luz. As medições de ponto de cromaticidade e índice de restituição da cor do dispositivo emissor de luz do Exemplo 3 que é feito como descrito acima deram valores de (0,33, 0,34) para o ponto de cromaticidade (x, y), 88,0 para índice (Ra) de restituição da cor e eficiência emissora de luz de 10 lm/W. As Fig. 22A, Fig. 22B e Fig. 22C mostram o espectro de emissão do material fluorescente representado por  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  e um material

fluorescente representado pela fórmula geral  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$  utilizado no Exemplo 11. A Fig. 23 mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 11. Além disso em testes de duração sob condições de energização com uma corrente de 60 mA à temperatura ambiente, 20 mA à temperatura ambiente e 20 mA a 60 °C com 90% RH, não foi observada nenhuma alteração devido ao material fluorescente.

De modo semelhante, a cromaticidade desejada pode ser mantida mesmo quando o comprimento de onda do componente emissor de luz é alterado pela alteração do conteúdo do material fluorescente.

(Exemplo 12)

O diodo emissor de luz do Exemplo 12 foi feito do mesmo modo como no Exemplo 1 exceto pela utilização de fósforo representada pela fórmula geral  $Y_3In_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças do diodo emissor de luz do Exemplo 12. Embora o diodo emissor de luz do Exemplo 12 mostrasse luminância menor do que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 1, mostrou boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas comparável aquela do Exemplo 1 no teste de duração.

Como descrito acima, o diodo emissor de luz da presente invenção pode emitir luz de uma cor desejada e está sujeito a menos deterioração da eficiência de emissão e a boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas mesmo quando utilizado com luminância elevada por um longo período de tempo. Portanto, a aplicação do diodo emissor de luz não é limitada a aplicações eletrónicas mas pode abrir novas aplicações que incluem dispositivos de visualização para automóveis, aviões e

boias para portos de abrigo e portos de mar, bem como para utilização ao ar livre, tal como em sinalização e iluminação de autoestradas.

Lisboa, 16 de julho de 2015

## REIVINDICAÇÕES

### 1. Dispositivo emissor de luz, compreendendo:

um circuito integrado diodo emissor de luz (LED) o qual emite uma luz visível e tem um semicondutor à base de nitreto de gálio; e

um material transparente que é um material de revestimento que reveste o referido circuito integrado LED, contendo um fósforo que é capaz de absorver uma parte de uma primeira luz de cor azul emitida a partir do circuito integrado LED e emitindo uma segunda luz tendo um comprimento de onda principal maior do que aquele da luz absorvida

em que o referido fósforo compreende um material fluorescente de granada ativado com cério contendo, pelo menos, um elemento selecionado de Y, Lu, Sc, La, Gd e Sm e, pelo menos, um elemento selecionado de Al, Ga e In.

em que a referida segunda luz emitida a partir do referido fósforo e a referida primeira luz passada através do referido fósforo são capazes de se sobrepor uma à outra para fazer luz branca; e

em que uma concentração do referido fósforo aumenta a partir da superfície do referido material de revestimento na direção do referido circuito integrado LED.

2. Dispositivo emissor de luz de acordo com a reivindicação 1, em que o referido semicondutor à base de nitreto de gálio contém índio.
3. Dispositivo emissor de luz de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que o referido material fluorescente de granada ativado com cério comprehende Y e Al.
4. Dispositivo emissor de luz de acordo com a reivindicação 3, em que o referido material fluorescente de granada ativado com cério comprehende, além disso, Gd.
5. Dispositivo emissor de luz de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que o espectro da referida primeira luz tem um pico de comprimento de onda dentro da gama de 420 a 490 nm.

Lisboa, 16 de julho de 2015

Fig.1

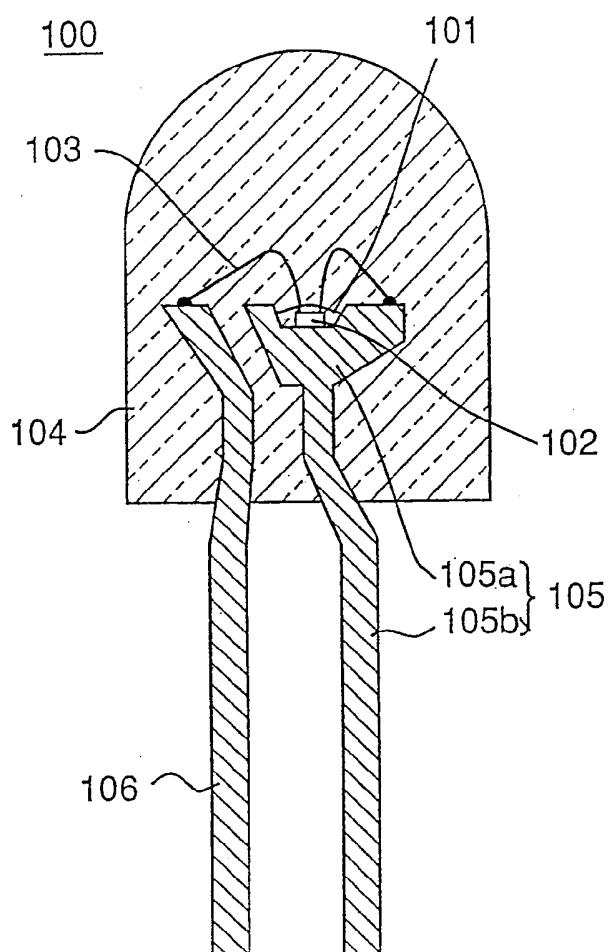


Fig.2

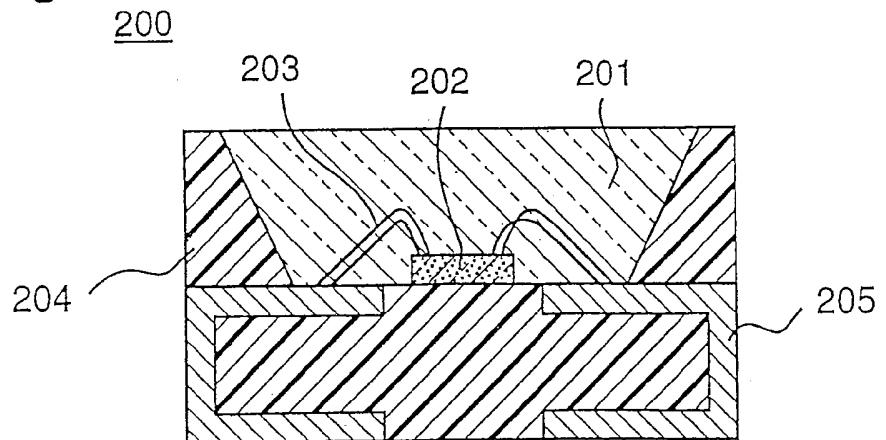


Fig.3A

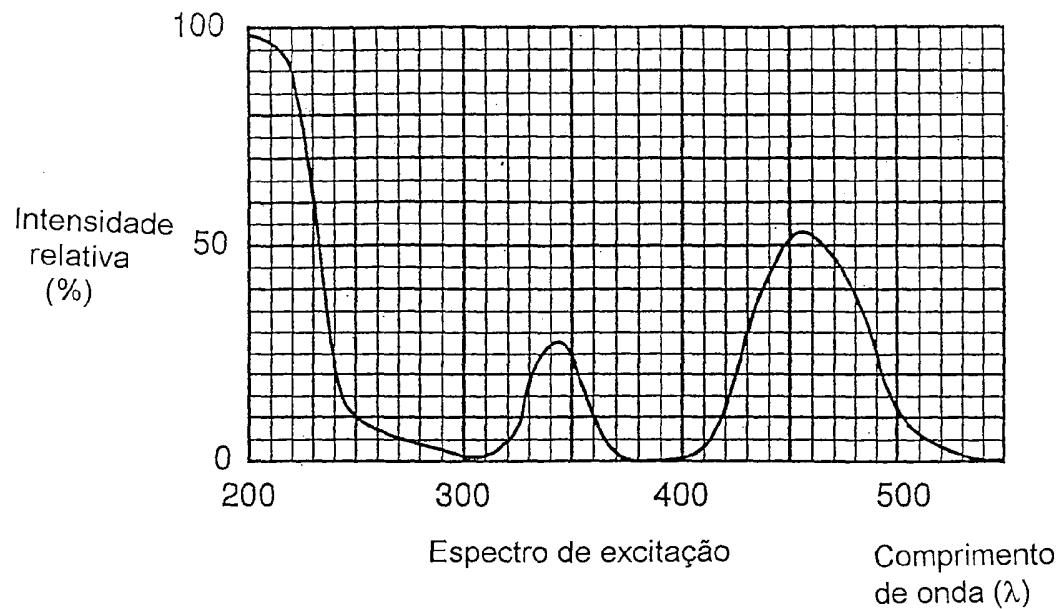
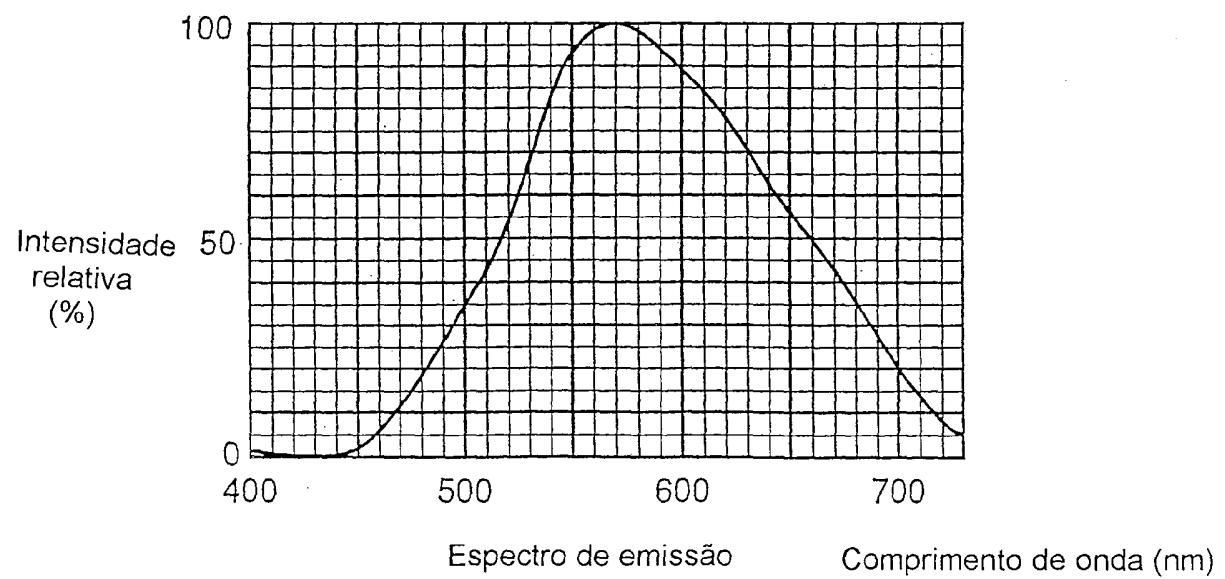


Fig.3B



*Fig.4*

Espectro de emissão

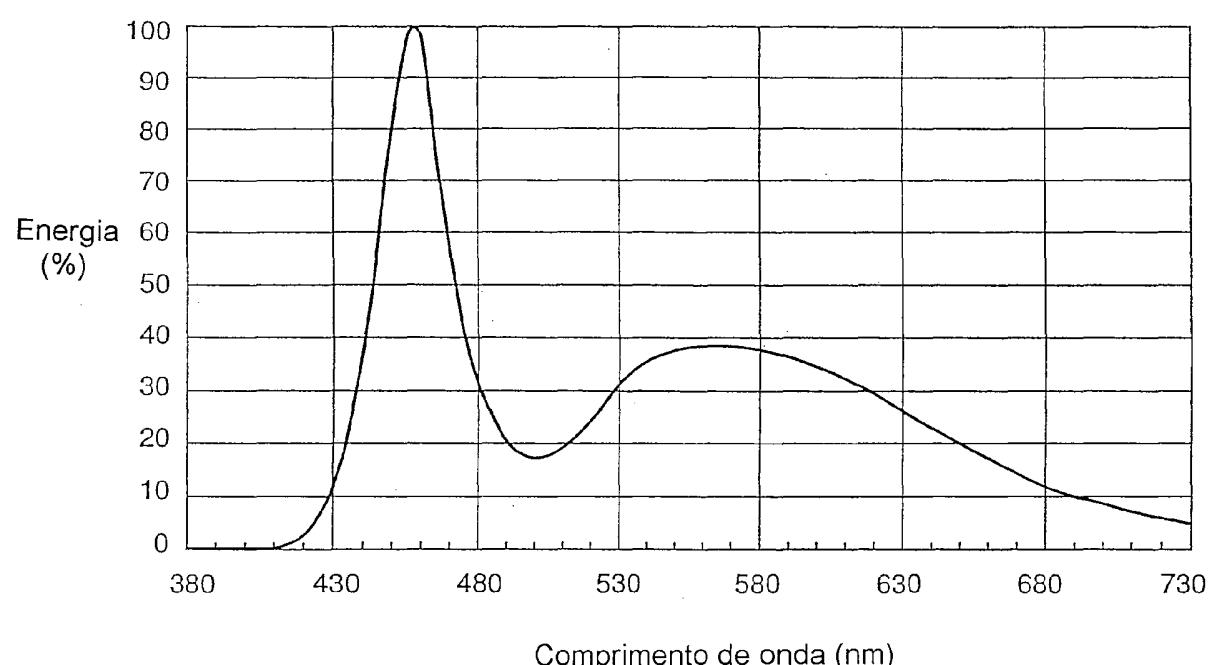


Fig.5A

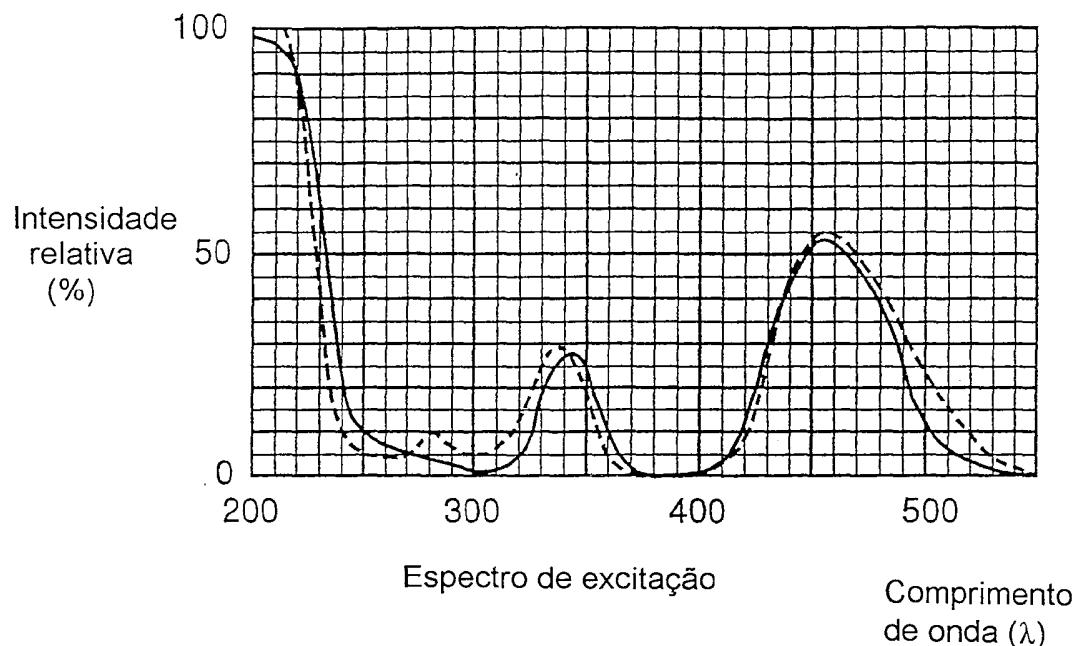


Fig.5B

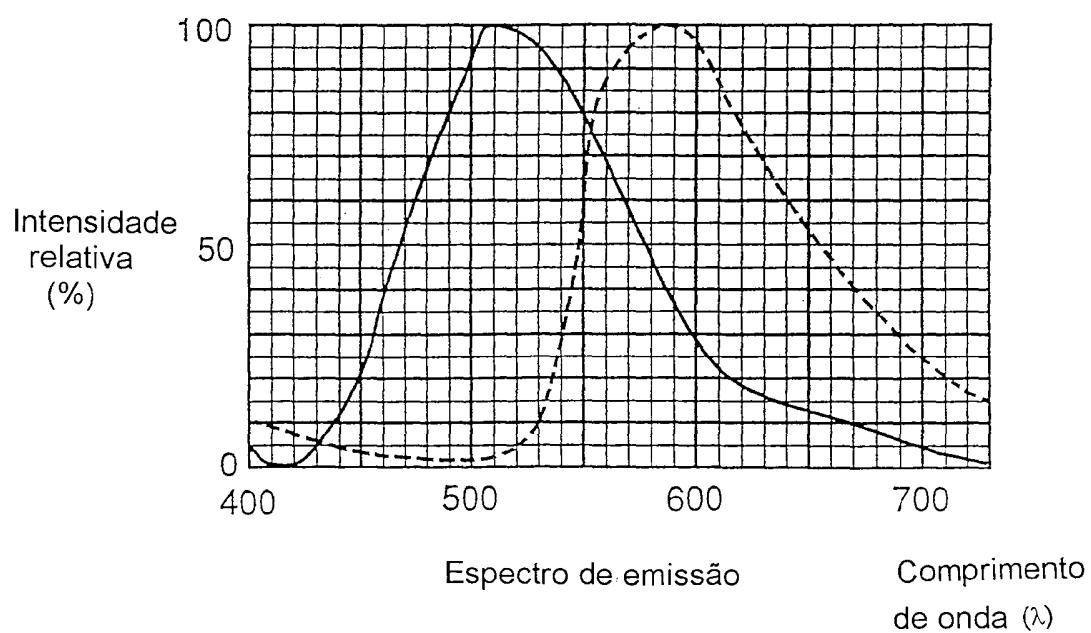
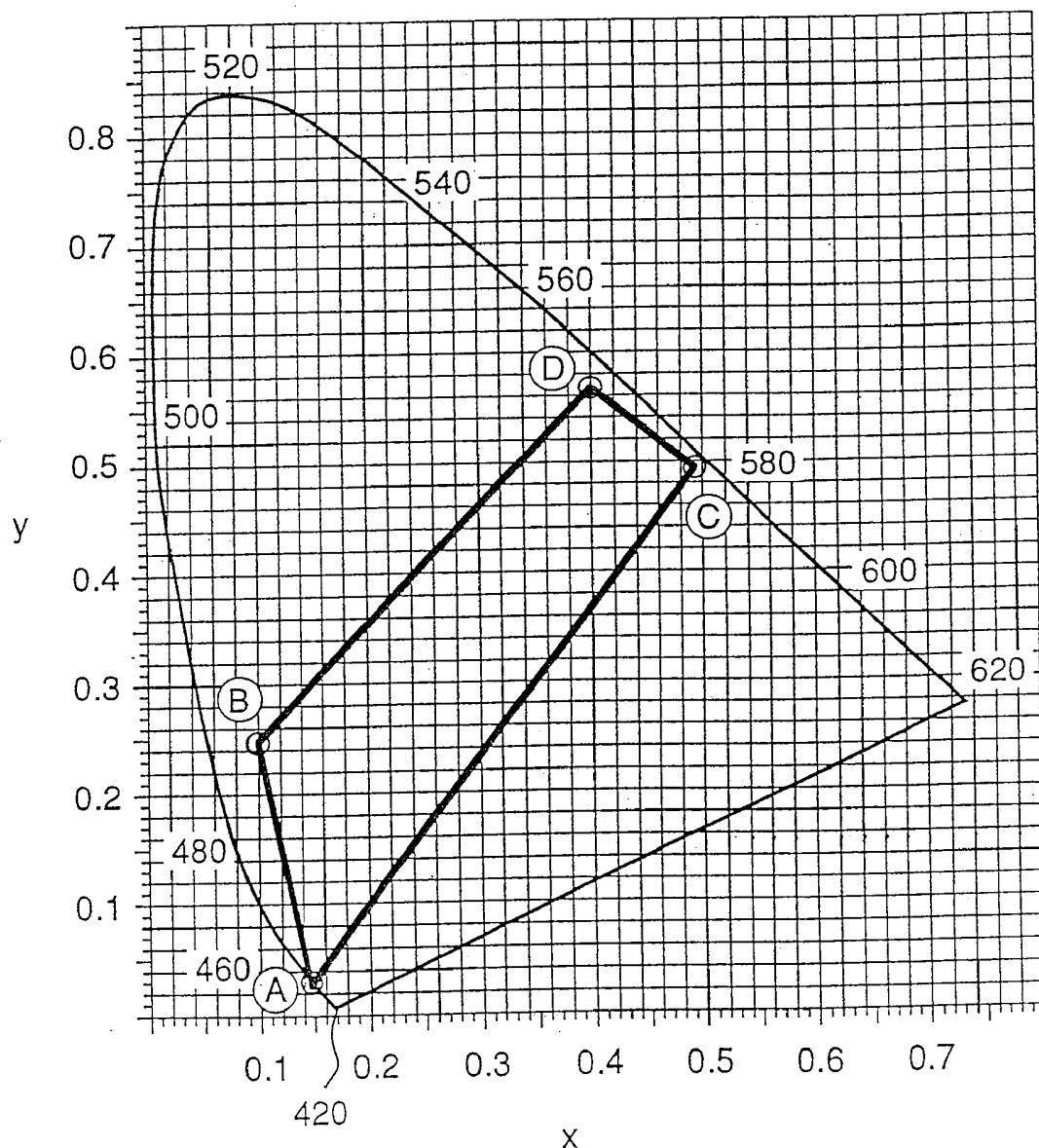


Fig.6



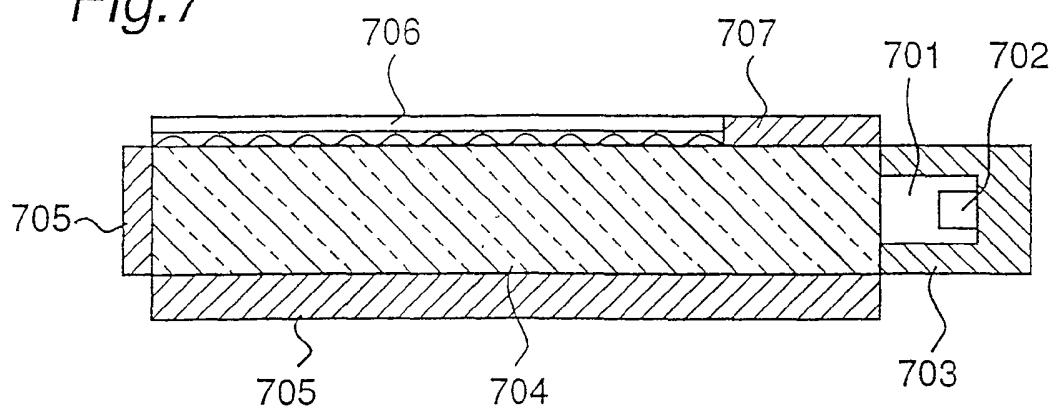
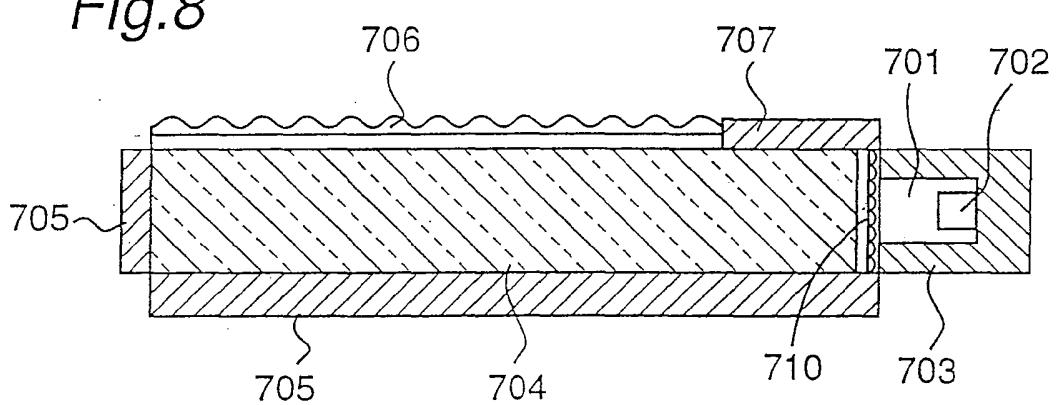
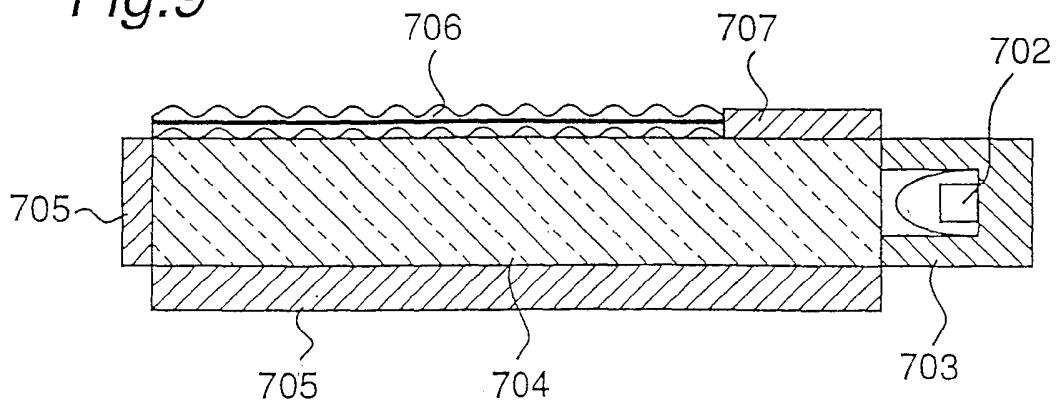
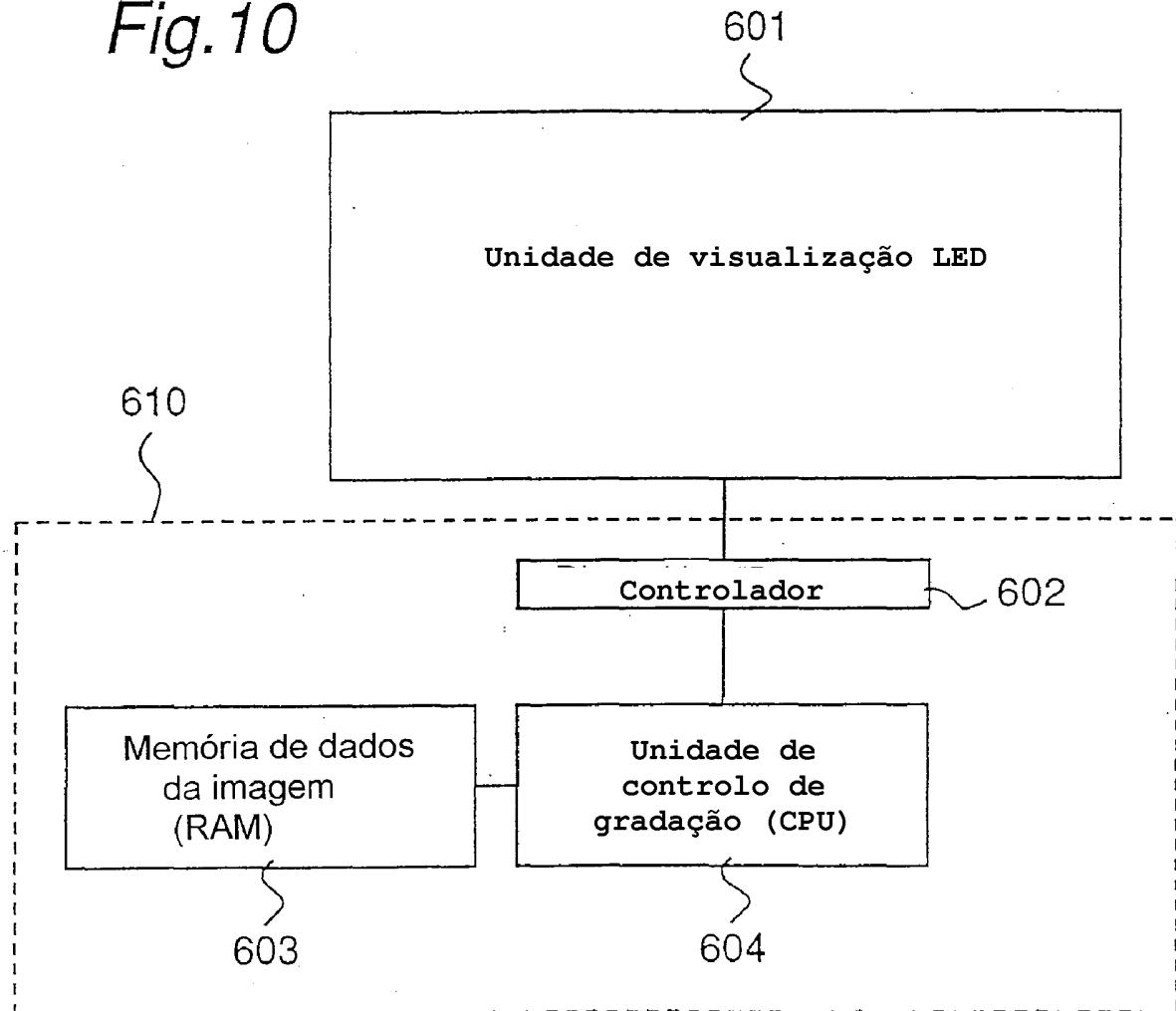
*Fig.7**Fig.8**Fig.9*

Fig.10



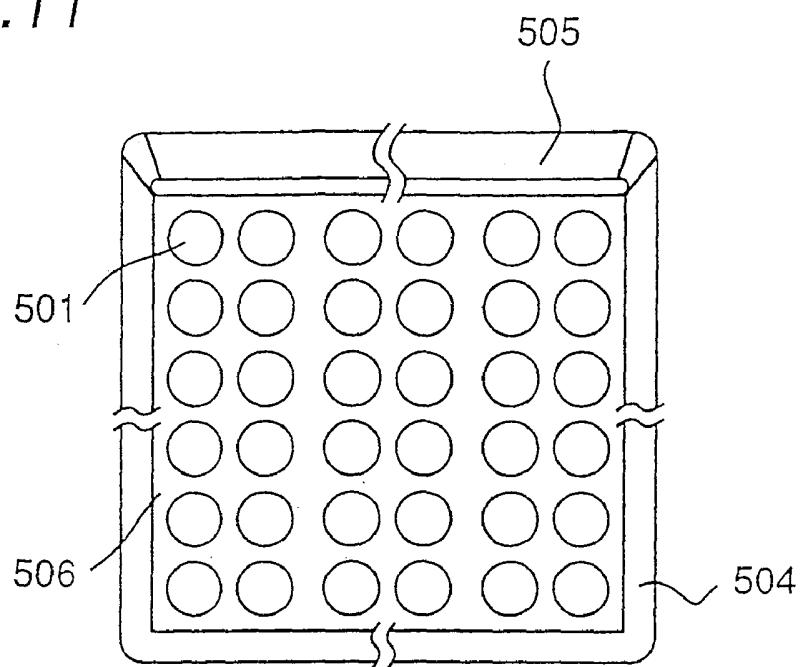
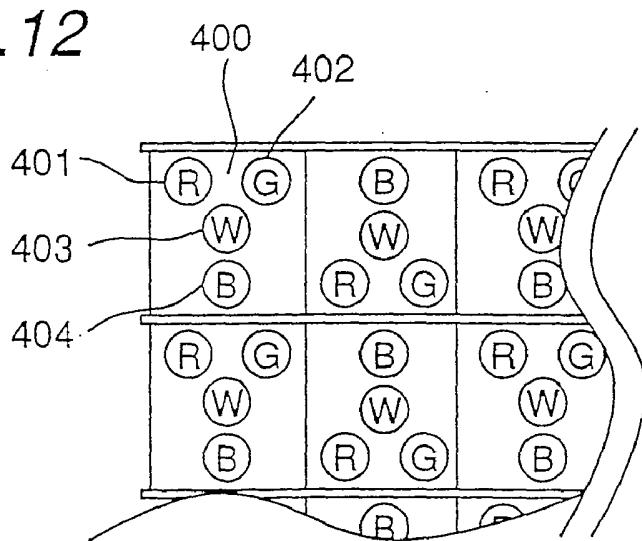
*Fig.11**Fig.12*

Fig. 13A

Teste de duração  
 $I_f=20\text{mA}$   $T_a=25^\circ\text{C}$

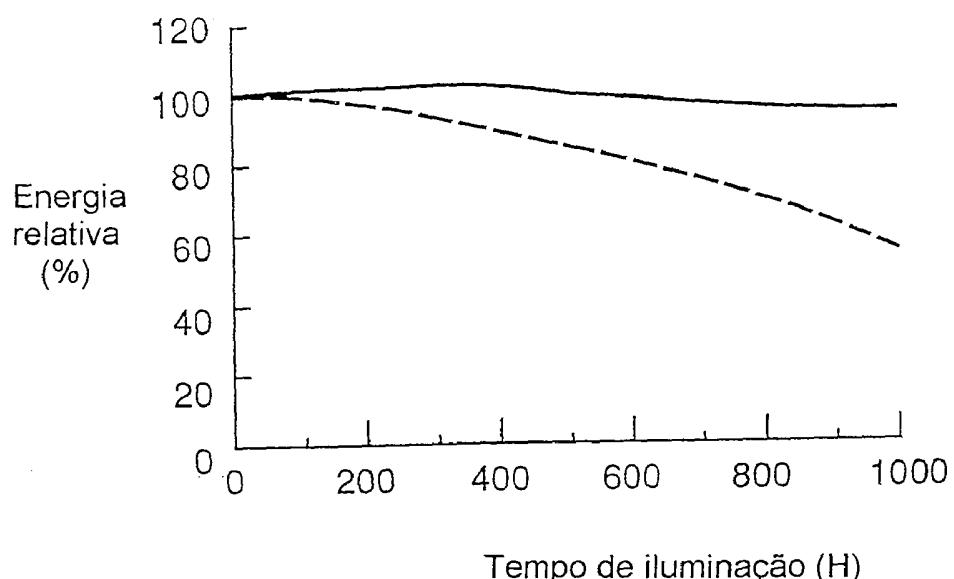


Fig. 13B

Teste de duração  
 $I_f=20\text{mA}$   $T_a=60^\circ\text{C}$  90%RH

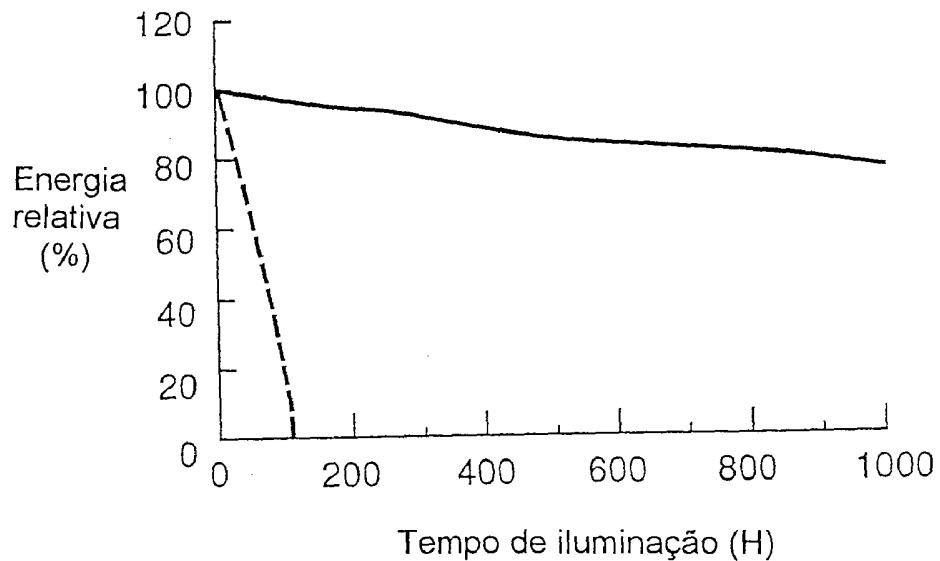


Fig. 14A

Teste de resistência às condições meteorológicas adversas

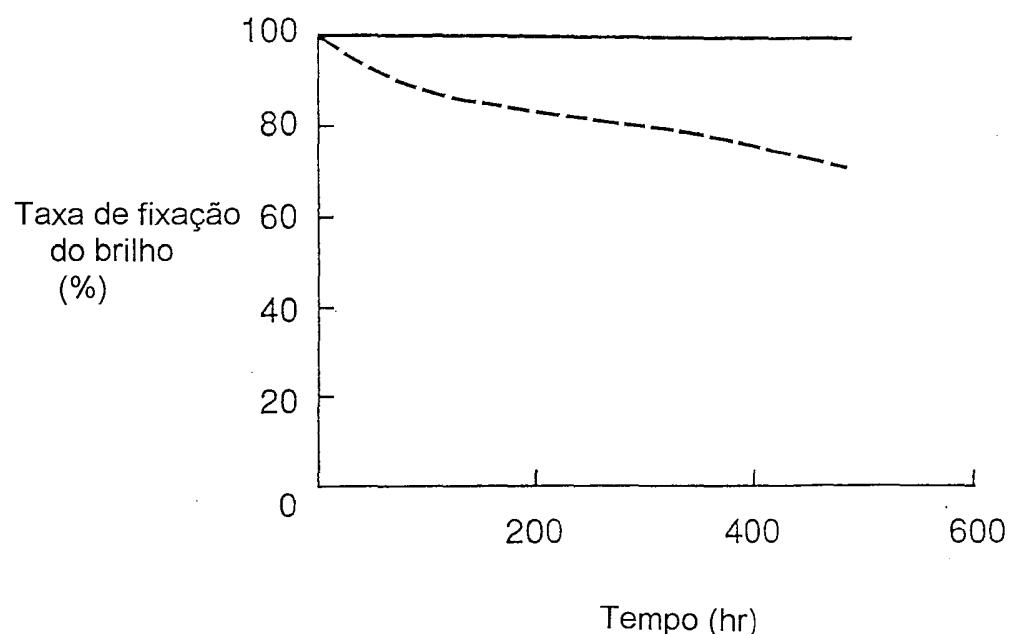


Fig. 14B

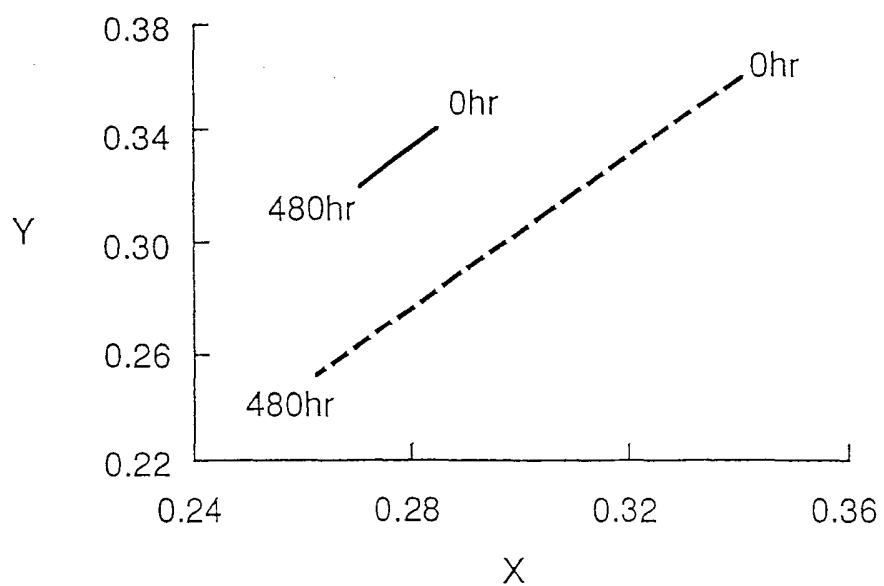


Fig. 15A

## Teste de fiabilidade

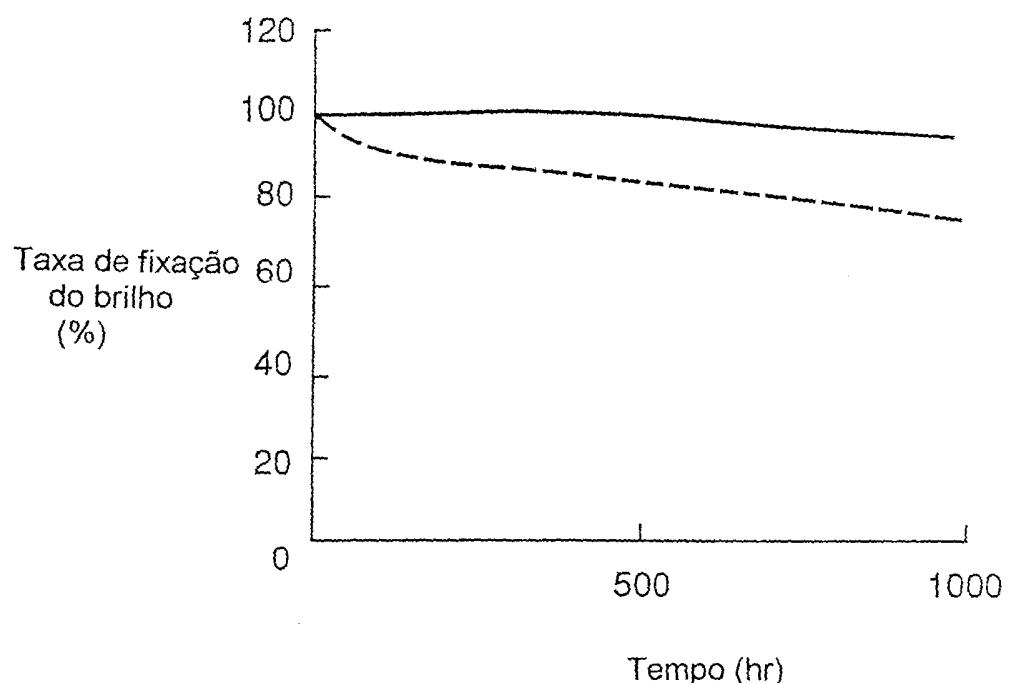


Fig. 15B

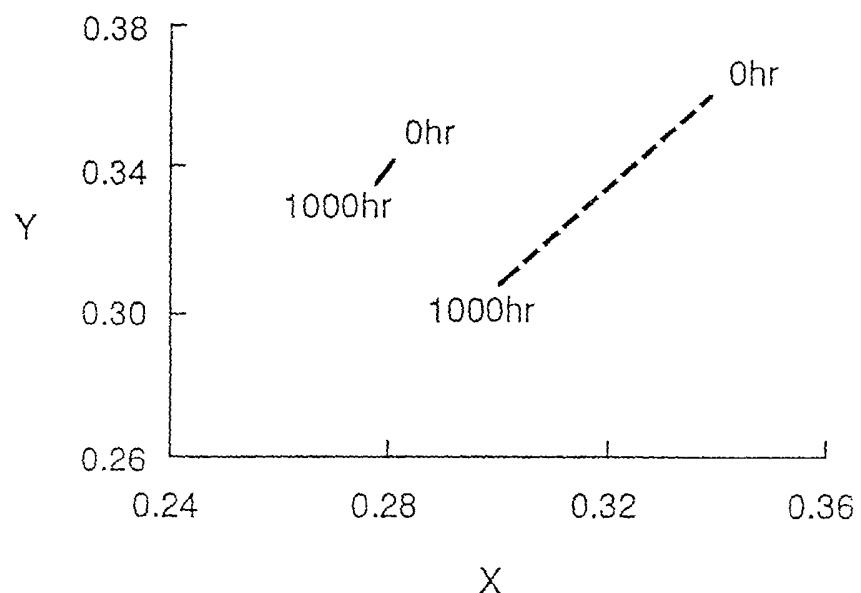


Fig. 16

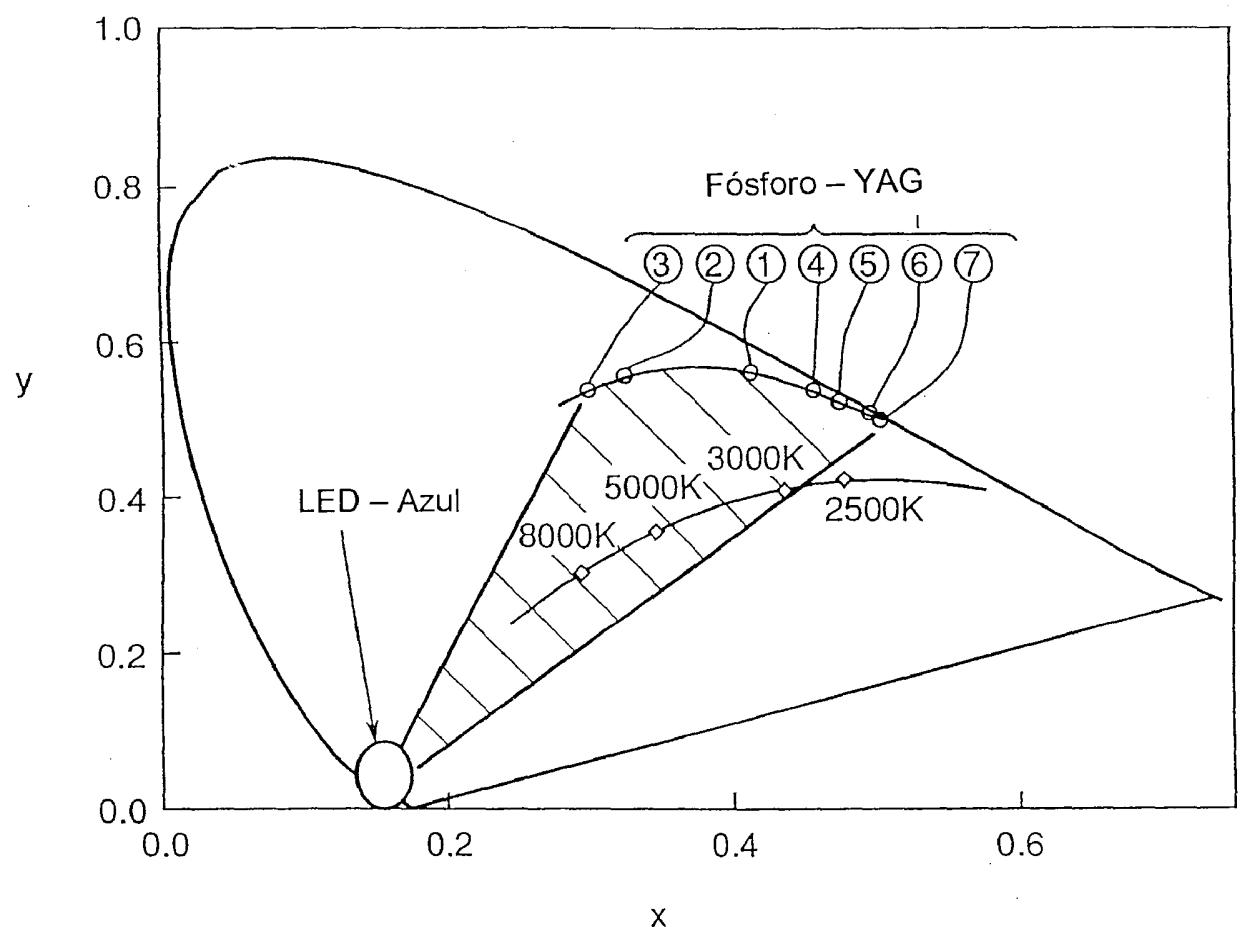


Fig. 17

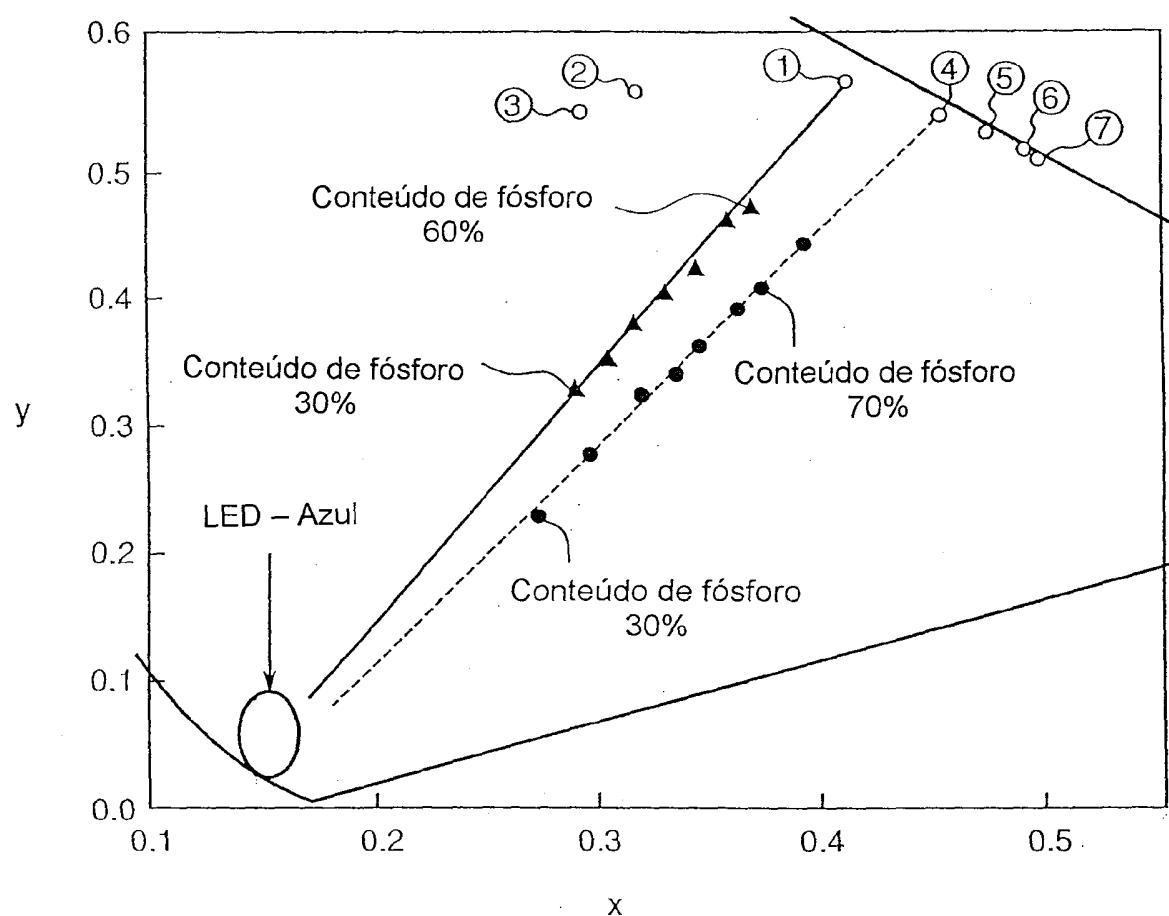


Fig. 18A

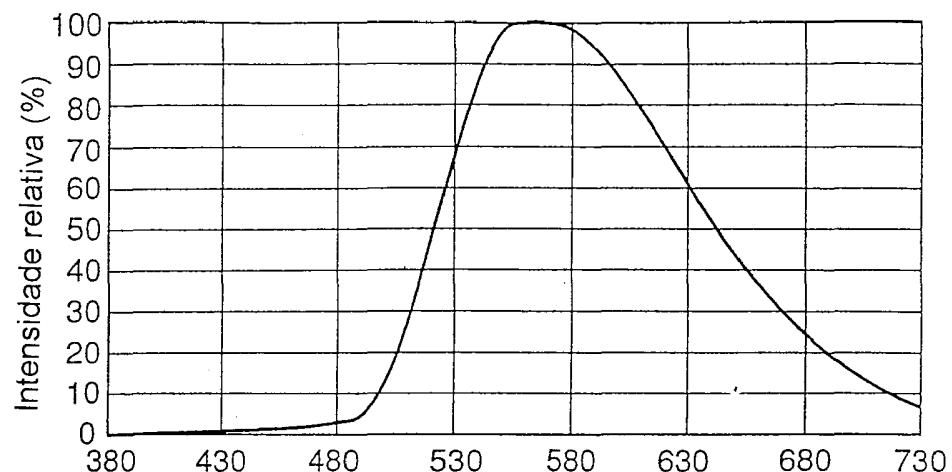


Fig. 18B

Comprimento de onda (nm)

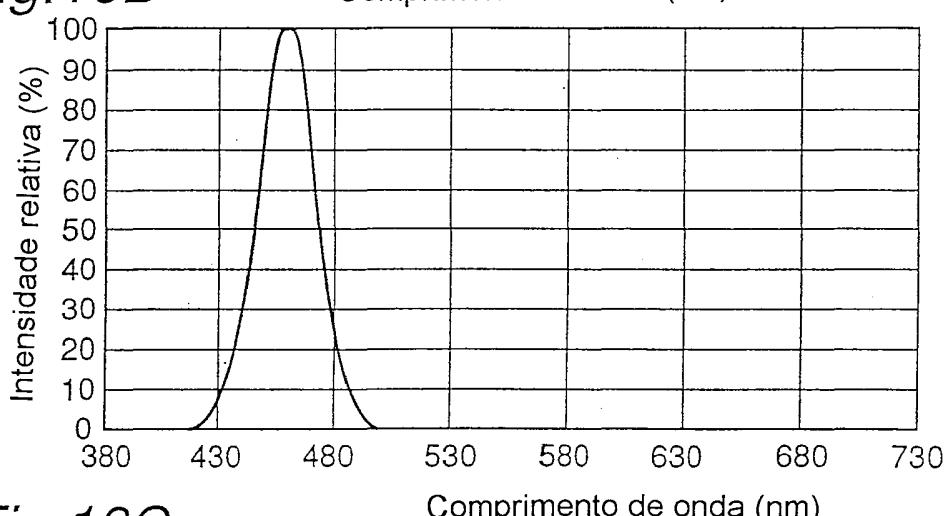


Fig. 18C

Comprimento de onda (nm)

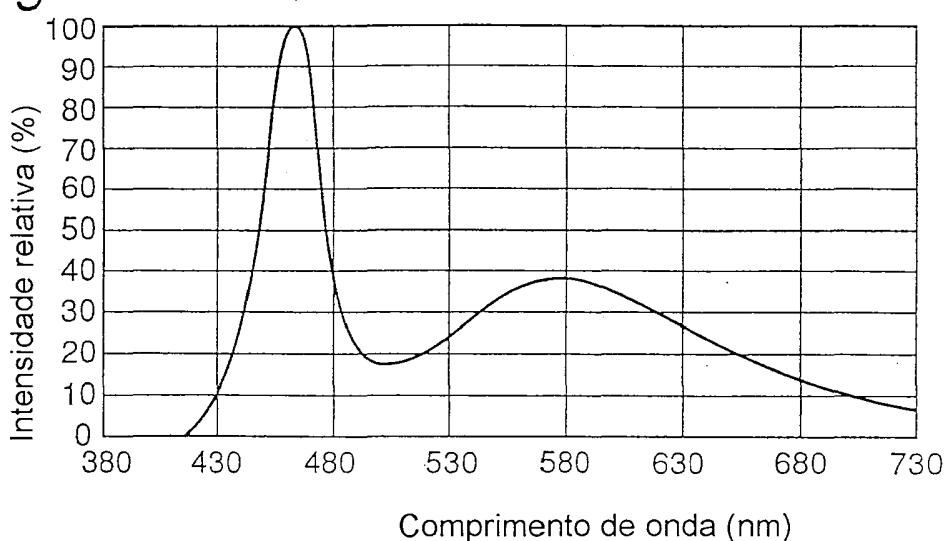


Fig. 19A

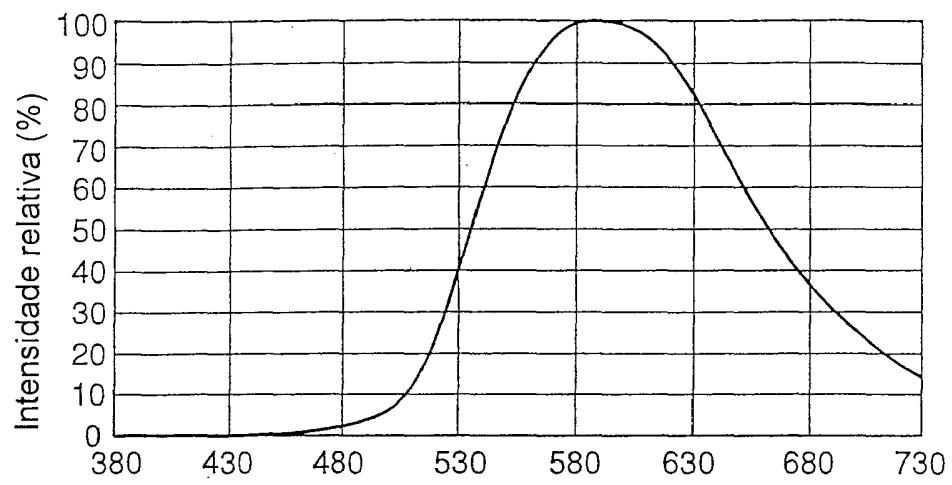


Fig. 19B

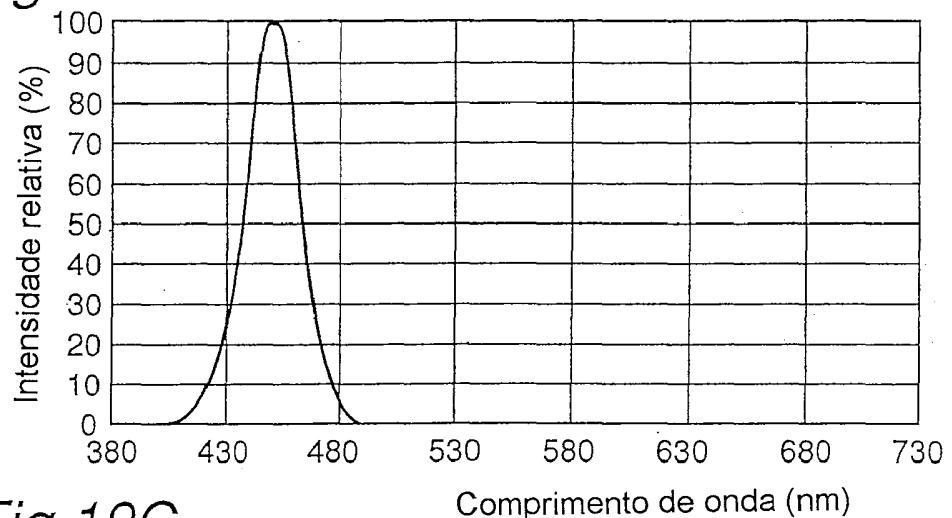


Fig. 19C

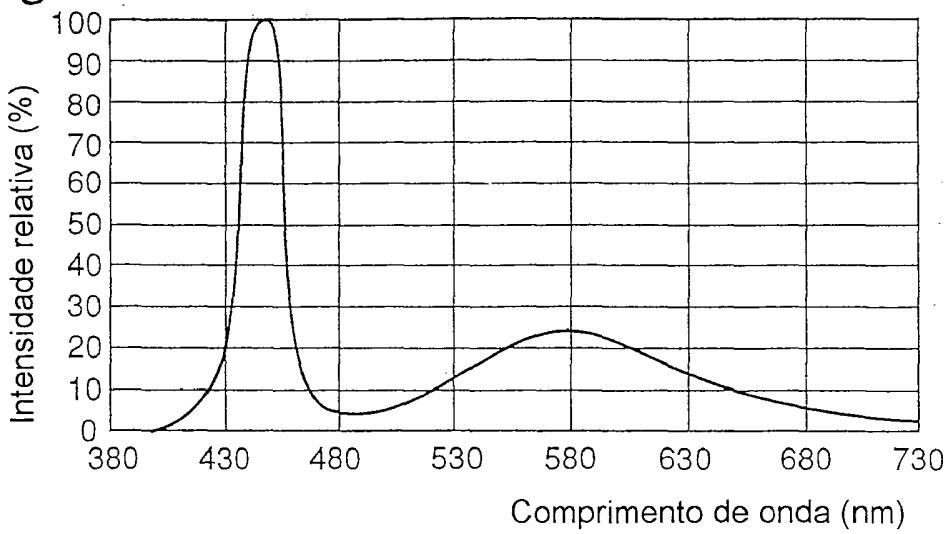


Fig.20A

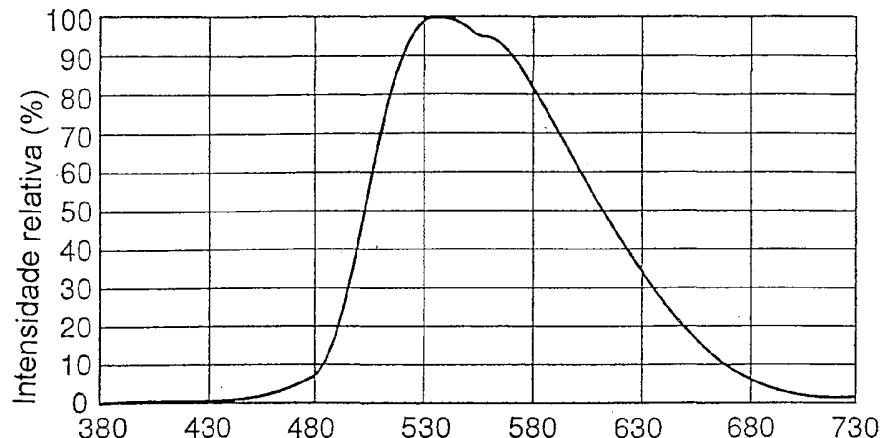


Fig.20B

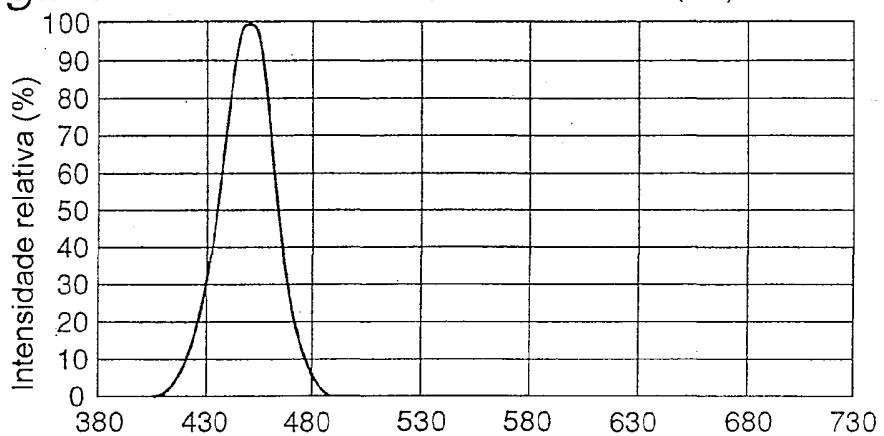


Fig.20C

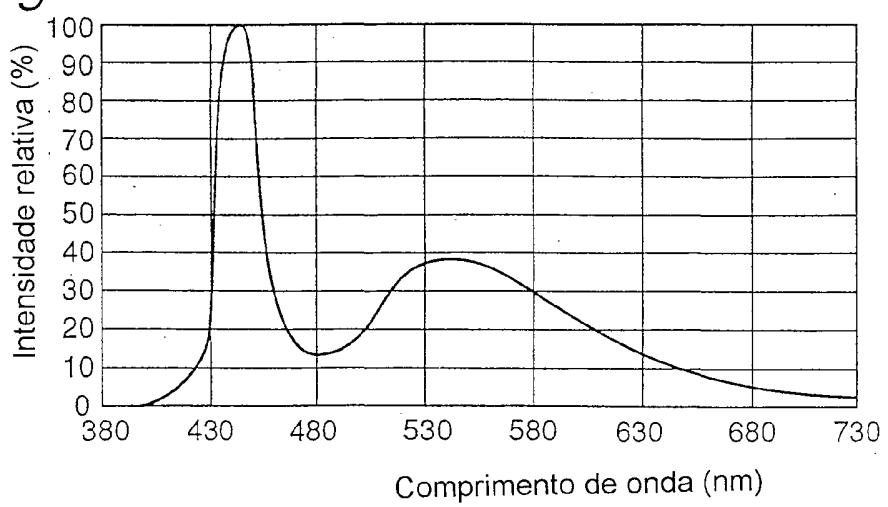


Fig.21A

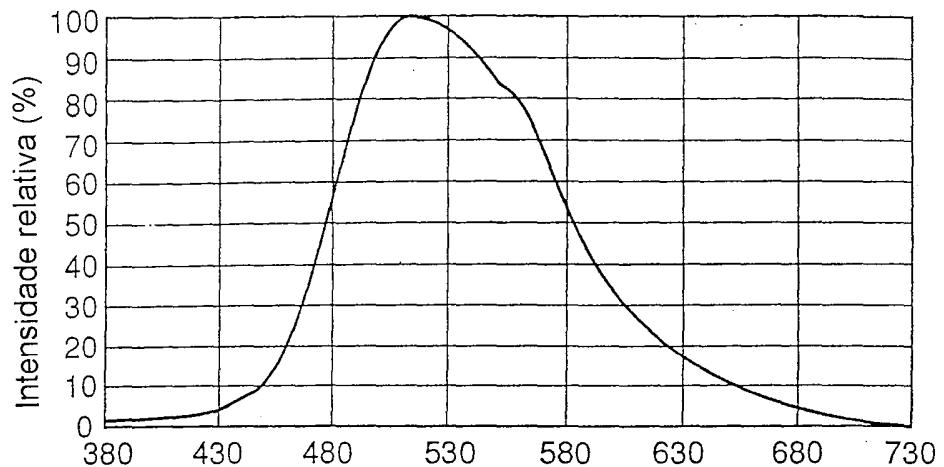


Fig.21B

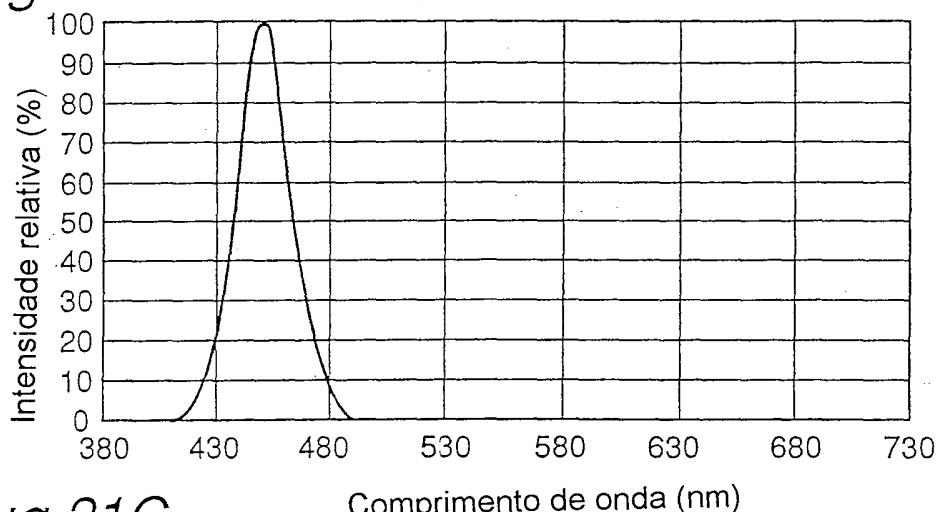


Fig.21C

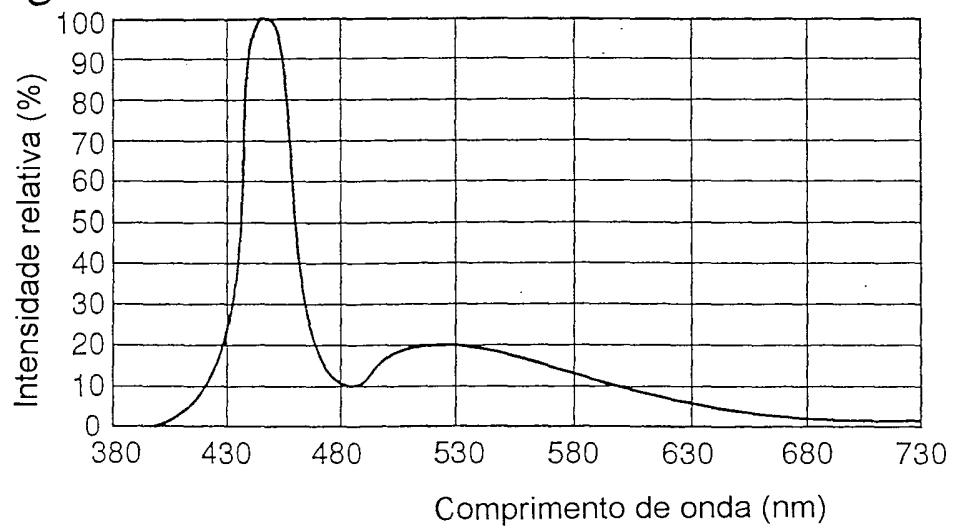


Fig.22A

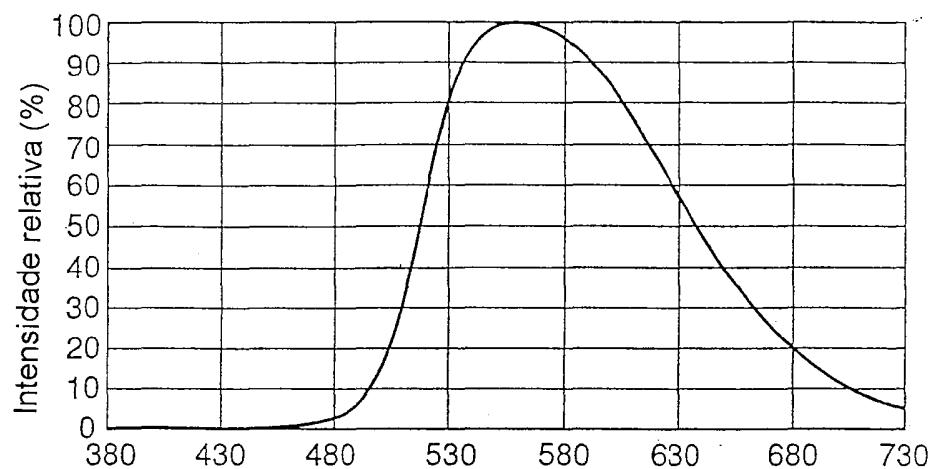


Fig.22B

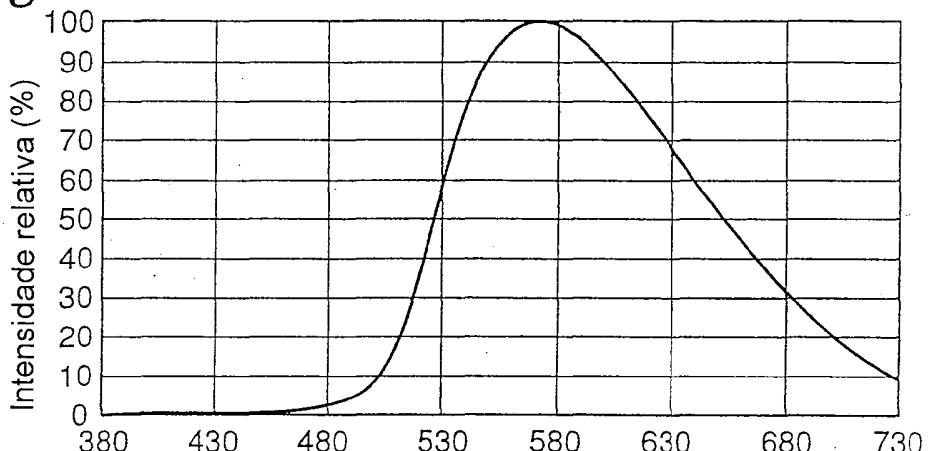


Fig.22C

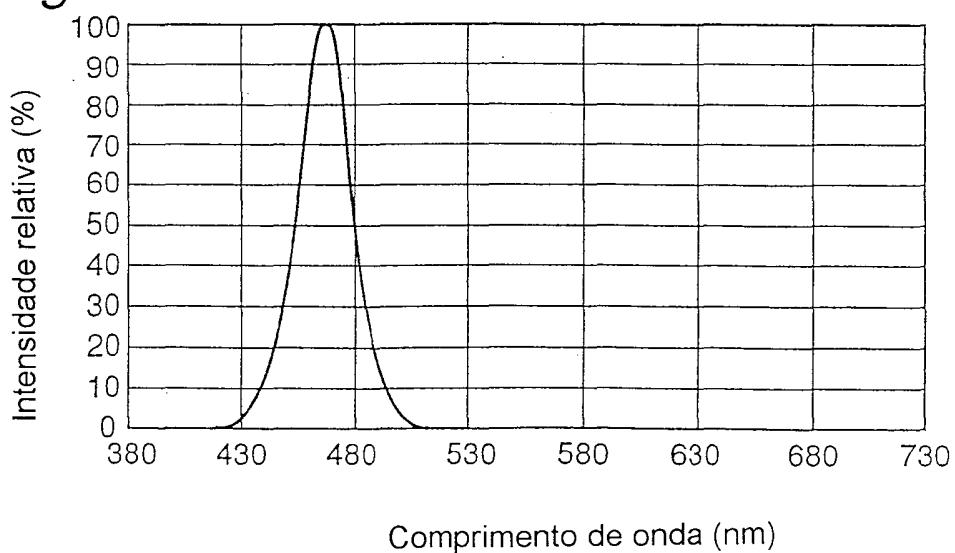


Fig.23

