

**(11) Número de Publicação: PT 936682 E**

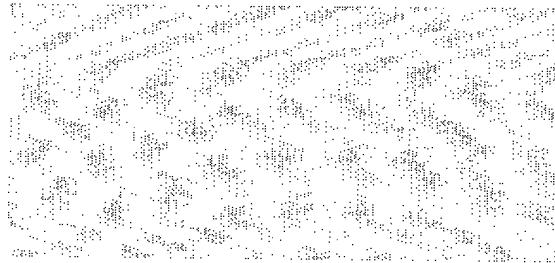
**(51) Classificação Internacional:** (Ed. 6 )  
H01L033/00 A

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

<b>(22) Data de depósito:</b> 1997.07.29	<b>(73) Titular(es):</b> NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD. 491-100, OKA, KAMINAKACHO ABAN-SHI, TOKUSHIMA 774-8601 JP
<b>(30) Prioridade:</b> 1996.07.29 JP 19858596 1996.09.17 JP 24433996 1996.09.18 JP 24538196	
<b>(43) Data de publicação do pedido:</b> 1999.08.18	<b>(72) Inventor(es):</b> YOSHINORI SHIMIZU KENSHO SAKANO YASUNOBU NOGUCHI TOSHIO MORIZUCHI JP JP JP JP
<b>(45) Data e BPI da concessão:</b> 2000.08.23	<b>(74) Mandatário(s):</b> JOSÉ LUÍS FAZENDA ARNAUT DUARTE RUA DO PATROCÍNIO, 94 1350 LISBOA PT

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

**(57) Resumo:**



936682  
f L A

## DESCRIÇÃO

### "DISPOSITIVO EMISSOR DE LUZ E DISPOSITIVO DE VIZUALIZAÇÃO"

A presente invenção diz respeito a diodos emissores de luz utilizados em, dispositivos de visualização com LED (LED Display), fontes de luzes da retaguarda, sinalizações de tráfego, sinalizações de caminhos, interruptores de iluminação, indicadores, etc. Mais especialmente, diz respeito a um dispositivo emissor de luz (LED), (ou fotodiodo), que compreende uma substância fosforescente, que converte o comprimento de onda da luz emitida por um componente emissor de luz e emite luz, e um dispositivo de vizualização que utiliza o dispositivo emissor de luz.

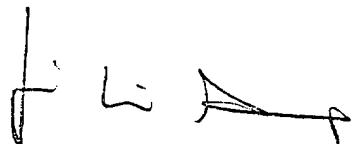
#### Descrição da Técnica Relacionada

Um diodo emissor de luz é compacto e emite luz de cor nítida com elevada eficiência. Está também livre 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 aplicações tais como indicadores vários e fontes de iluminação várias. Recentemente têm sido desenvolvidos diodos emissores de luz para as cores RGB (Acrônimo de Red, Green, Blue, isto é, R = Encarnado, G = Verde, B = Azul) que têm uma luminância ultra elevada e eficiência elevada, e têm sido postos em uso grandes ecrans de visualização de LED que utilizam estes diodos emissores de luz. O dispositivo de visualização com LED pode ser operado com menos energia e tem tão boas características como peso leve e longa duração e é portanto de esperar que no futuro seja largamente utilizado.

F L A

Recentemente, têm sido feitas várias tentativas para fazer fontes de luz branca utilizando diodos emissores de luz. Porque o diodo emissor de luz tem um espectro de emissão favorável para produzir luz monocromática, fazer uma fonte de luz branca requer arranjar três componentes emissores de luz encarnada R, verde G, e azul B próximos uns dos outros enquanto difundindo e misturando a luz por eles emitida. Quando se produz luz branca com uma tal combinação, tem existido um problema tal que a luz branca da tonalidade desejada não pode ser produzida devido às variações na tonalidade, luminância e outros factores do componente emissor de luz. Também quando os componentes emissores de luz são feitos de materiais diferentes, a energia eléctrica necessária para accionar 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 complexo circuito de accionamento. Além disso, porque os componentes emissores de luz são componentes emissores de luz semicondutores, a tonalidade da cor é sujeita a variar devido à diferença nas características de temperatura, alterações cronológicas 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-se componentes emissores de luz.

Com a finalidade de resolver estes problemas, o presente requerente desenvolveu previamente diodos emissores de luz que convertem a cor da luz, que é emitida pelos componentes emissores de luz, por meio de um material fluorescente revelado nas Patentes Japonesas JP-A-5-152609, JP-A-7-99345, JP-A-7-176794 e JP-A-8-7614. Os diodos emissores de luz revelados nestas publicações são tais que, utilizando componentes emissores de luz de uma espécie, são capazes de



produzir luz de cores branca e outras, e são constituídos como se segue.

Os diodos emissores de luz revelados nas publicações anteriores são feitos montando um componente emissor de luz, que tenha uma grande lacuna da banda de energia da camada emissora de luz, numa taça proporcionada na ponta de uma armação condutora, e que tenha um material fluorescente que absorve a 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 revelado, conforme se descreveu anteriormente, capaz de emitir luz branca pela mistura da luz de uma multiplicidade de fontes, pode ser feito 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 de material fluorescente que conduz ao desvio da tonalidade da cor e ao escurecimento do material fluorescente resultando num abaixamento 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 respectivas 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 elevada lacuna da banda de 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

F L A

acima de um limiar que possam ser absorvidas pelo material fluorescente, resultando ser absorvida em 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.

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 sujeitos 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.

Quando vier a ser matéria corante orgânica de propriedade iônica, o campo eléctrico de corrente contínua na vizinhança do circuito integrado ("chip") pode causar electroforese, que resulta numa alteração na tonalidade da cor.

A publicação EP-A-0209942 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 de luminiscente que compreende material luminiscente 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

f L A

invisível e tem de ser transformada pela camada de luminiscente para se tornar visível. A lâmpada é também proporcionada com uma camada de absorção que compreende um aluminato luminiscente activado por cério trivalente e tendo uma estrutura de cristal de granada. Esta lâmpada não pode ser realizada como um dispositivo simples, pequeno, leve e barato.

#### RESUMO DA INVENÇÃO

Assim, um objectivo da presente invenção é resolver os problemas descritos anteriormente e proporcionar um dispositivo emissor de luz que experimente apenas 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 requerente presente 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 objectivo anteriormente 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 resistência excelente contra a luz e o calor de tal modo que as propriedades respectivas não mudem 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

F L A

de radiação tão elevada como cerca de 30 a 40 vezes aquela da luz solar de acordo com a nossa estimativa, e é necessário ter maior durabilidade contra a luz quando é utilizado componente emissor de luz de luminância mais elevada.)

(3) Em relação ao relacionamento com o componente emissor de luz, o material fluorescente deve ser capaz de absorver com eficiência elevada a luz de elevada monocromaticidade 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 dopado com várias impurezas.

A substância fosforescente mencionada anteriormente contém vários materiais conforme se definiu anteriormente, que incluem  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  e  $Gd_3In_5O_{12}:Ce$ .

Porque 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 a substância fosforescente utilizada no dispositivo emissor de luz tem resistência excelente contra a luz de tal modo que as propriedades fluorescentes respectivas experimentam menor alteração mesmo quando utilizada durante um período prolongado de tempo embora estando a ser exposta à luz de intensidade elevada. Isto torna possível reduzir a degradação das características durante longo período de utilização e reduzir a deterioração devida à luz de intensidade elevada emitida

f L

pelo componente emissor de luz tão bem como de luz estranha (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 nsec., porque a substância fosforescente aí utilizada permite 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 400nm a 530 nm e o principal comprimento de onda de emissão da substância fosforescente está estabelecido ser mais longo do que o pico de emissão principal do componente emissor de luz. Isto torna possível emitir luz branca de forma eficiente.

Além disso no dispositivo emissor de luz da presente invenção, é preferível que a camada emissora de luz do componente emissor de luz contenha um semicondutor de nitreto de gálio o qual contém In. Estão descritas nas reivindicações anexas outras características importantes de formas de realização concretas preferidas da presente invenção.

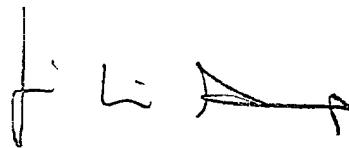
O dispositivo emissor de luz de acordo com uma forma de realização concreta da presente invenção compreende uma placa de guia óptica rigorosamente rectangular provida com o componente emissor de luz montado sobre uma face do lado frontal respectivo e excepto para uma superfície principal as faces são cobertas com um material reflector, em que a luz emitida pelo componente emissor de luz é transformada em luz planar pela substância fosforescente e a placa de guia óptica ao sair pela superfície principal da placa de guia óptica. Nesta forma de realização concreta a substância fosforescente é com preferência contida num material de revestimento montado

F L A

sobre a referida face do lado frontal e em contacto directo com o componente emissor de luz ou é instalado sobre uma superfície principal da placa de guia óptica não revestida pelo material reflector.

O dispositivo de visualização com LED de acordo com a presente invenção tem um dispositivo de visualização com LED que comprehende o dispositivo emissor de luz da presente invenção disposto numa matriz e um circuito de accionamento que comanda o dispositivo de visualização com LED de acordo com os dados de vídeo que são nele introduzidos à entrada. Esta configuração torna possível proporcionar um dispositivo de visualização com LED de relativamente baixo custo que é capaz de produzir um dispositivo de visualização de elevada nitidez de imagem com menos irregularidade da cor devido ao ângulo de visão.

Geralmente, um material fluorescente que absorve luz de um curto comprimento de onda e emite luz de um longo comprimento de onda tem eficiência mais elevada do que o material fluorescente que absorve luz de um longo comprimento de onda e emite luz de um curto comprimento de onda. 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, visto que o propósito de melhorar a eficiência emissora de luz e assegurar longa duração, o pico de emissão principal do componente emissor de luz é estabelecido dentro dumha 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 da substância fosforescente é estabelecido ser mais comprido do que o pico de emissão principal do componente emissor da luz. Com esta disposição, porque 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 a componente emissor de luz é irradiado com luz que tenha sido reflectida 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 concreta da presente invenção a luz que tenha sido reflectida pelo material fluorescente ou semelhante é reflectida pelo receptáculo ou cápsula em que o componente emissor de luz é montado, dando origem a eficiência mais elevada da emissão possível.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

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

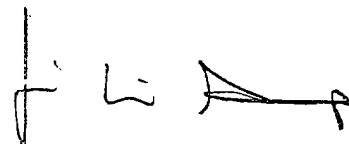
A Fig. 2 é uma vista esquemática em corte de um diodo emissor de luz do tipo de ponta de acordo com uma segunda forma de realização concreta da presente invenção.

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

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

A Fig. 5A é um gráfico que mostra o espectro de excitação de material fluorescente de ítrio-alumínio-granada



activado por cério utilizado na segunda forma de realização concreta da presente invenção.

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

A Fig. 6 mostra o diagrama de cromaticidade da luz emitida pelo diodo emissor de luz da segunda forma de realização concreta, 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 pelas duas espécies de substâncias fluorescentes.

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

A Fig. 8 é uma vista esquemática em corte da 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 da unidade de visualização com LED do dispositivo de visualização da fig. 10.

A Fig. 12 é uma vista em planta do dispositivo de visualização com LED em que um pixel é constituído 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 Comparativo 1, 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 Comparativo 1, que mostra os resultados a 60°C e 90%RH.

A Fig. 14A mostra os resultados do teste de capacidade de resistência meteorológicas 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.

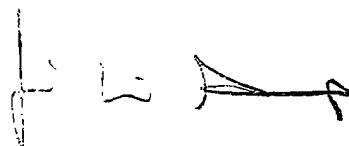
A Fig. 15A mostra os resultados do teste de grande confiança do Exemplo 9 e Exemplo 2 Comparativo que mostra a relação entre a razão de retenção de luminância e o tempo, e a Fig. 15B é um gráfico que mostra a relação entre a tonalidade da cor e o tempo.

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 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. 18A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente  $(Y_{0.6}Gd_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 18A.

A Fig. 18B mostra o espectro de emissão do componente emissor de luz do Exemplo 18B 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 da substância fluorescente  $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 5.

A Fig. 19B mostra o espectro do componente emissor 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 da substância fosforescente  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  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 450 nm.

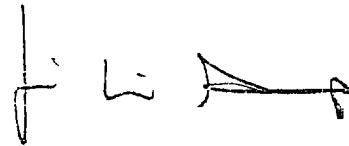
A Fig. 20C mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 6.

A Fig. 21A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$  da sétima forma de realização concreta da presente invenção.

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 da



substância fosforescente  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  do Exemplo 11.

A Fig. 22B mostra o espectro de emissão da substância fosforescente  $(Y_{0.4}Gd_{0.5})_3Al_5O_{12}:Ce$  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.

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

#### DESCRÍÇÃO DETALHADA DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO CONCRETA PREFERIDAS

Agora com referência aos desenhos anexos serão descritas a seguir as formas de realização concreta preferidas.

Um diodo 100 emissor de luz da Fig. 1 é um diodo 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 numa cápsula 105a do condutor 105 de suporte, e a cápsula 105a é cheia 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 eléctrodo n e um eléctrodo p do componente 102 emissor de luz estão ligados respectivamente ao condutor 105 de suporte e ao condutor 106 interior, por meio de fios 103.

No diodo emissor de luz constituído como se descreveu anteriormente, parte da luz emitida pelo componente emissor de luz ("chip" de LED) 102 (daqui em diante referido como luz de LED) excita a substância fluorescente contida na resina 101 de revestimento para produzir luz fluorescente que tenha um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED,

*L*

de tal modo que a luz fluorescente emitida pela substância fosforescente e a luz de LED que é produzida à saída sem contribuir para a excitação da substância fosforescente são misturados e produzidos à saída. Como resultado, o diodo 100 emissor de luz também produz à saída luz que tenha um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED emitida pelo componente 102 emissor de luz.

A Fig. 2 mostra um diodo emissor de luz do tipo "chip", em que o diodo emissor de luz (circuito integrado "chip" de LED) 202 é instalado num nicho de um invólucro 204 que é preenchido com um material de revestimento que contém uma substância fosforescente especificada para formar um revestimento 201. O componente 202 emissor de luz é fixado utilizando uma resina de "epóxi" ou semelhante que contenha Ag, por exemplo, e um eléctrodo n e um eléctrodo 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 "chip" constituído como se descreveu anteriormente, de modo semelhante ao diodo emissor de luz do tipo condutor da Fig. 1, a luz fluorescente emitida pela substância fosforescente e a luz de LED que é transmitida sem ser absorvida pela substância fosforescente 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 a substância fosforescente como se descreveu anteriormente tem as seguintes características principais.

1. A luz emitida por um componente emissor de luz (LED) é normalmente emitida através de um eléctrodo que fornece energia eléctrica ao componente emissor de luz. A luz emitida é parcialmente bloqueada pelo eléctrodo formado no componente emissor de luz que resulta num modelo de emissão

*f L A*

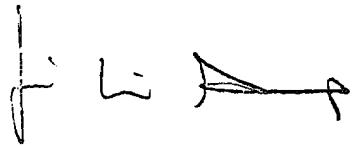
especial, e portanto não é emitida uniformemente em toda a direcção. Portanto, o diodo emissor de luz que contém o material fluorescente, pode emitir luz uniformemente sobre uma gama larga sem formar modelo de emissão indesejável porque a luz é emitida depois de ser difusa pelo material fluorescente.

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 óptica, por exemplo, é desejável ter um pico de emissão mais amplo.

Os diodos emissores de luz da primeira e segunda formas de realização concreta a serem descritos a seguir têm a configuração mostrada na Fig. 1 ou Fig. 2 em que um componente emissor de luz que utiliza semicondutor composto de nitreto que tem energia relativamente elevada na região visível e uma substância fosforescente 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 curto comprimento de onda e emite luz de um comprimento de onda longo tem eficiência mais elevada do que um material fluorescente que absorve luz de um longo comprimento de onda e emite luz de um curto comprimento de onda, e portanto é preferível utilizar um componente emissor de luz semicondutor composto de nitreto que é capaz de emitir luz azul de curto comprimento de onda. Não é necessário dizer que é preferível que a utilização de um componente emissor de luz tenha luminância elevada.

Uma substância fosforescente a ser utilizada em



combinação com o componente emissor de luz do semicondutor composto de nitreto deve satisfazer os seguintes requisitos :

1. Resistência excelente contra a luz para aguentar luz de uma intensidade elevada por um longo período de tempo, porque 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 aquela de 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, raios não ultra-violetas.
3. Capacidade para emitir luz das regiões verdes a encarnado com o objectivo 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 "chip" quando iluminado.
5. Capacidade de continuamente mudar de tonalidade da cor em termos da proporção de composição ou relação de mistura de uma multiplicidade de materiais fluorescentes.
6. Capacidade de resistir às condições meteorológicas adversas no ambiente de funcionamento do diodo emissor de luz.

#### Forma de realização concreta 1

O diodo emissor de luz da primeira forma de

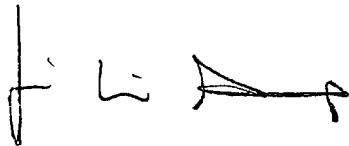
realização concreta da presente invenção emprega um elemento semicondutor composto de nitreto de gálio que tem uma lacuna de banda de energia elevada na camada emissora de luz e é capaz de emitir luz azul, e uma substância fosforescente de granada activada com cério em combinação. Com esta configuração,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

Porque a substância fluorescente de granada activada com cério que é utilizada no diodo emissor de luz da primeira forma de realização concreta 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 diodo emissor de luz da primeira forma de realização concreta serão a seguir descritos em detalhe.

#### (Substância fosforescente) ("Phosphor")

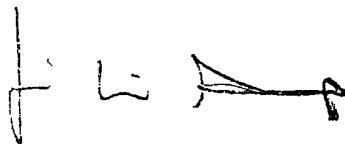
A substância fosforescente utilizada no diodo emissor de luz da primeira forma de realização concreta é uma substância fosforescente que, quando excitada pela luz visível ou raio ultravioleta emitido pela camada emissora de luz do semicondutor, emite luz de um diferente comprimento de onda daquele da luz de excitação. A substância fosforescente é especificamente material fluorescente de granada activado com cério que contém pelo menos um elemento seleccionado de Y, Lu, Sc, La, Gd, e Sm, e pelo menos um elemento seleccionado de Al, Ga e In. De acordo com a presente invenção, o material fluorescente é de preferência material fluorescente de ytrio-



alumínio-granada (substância fluorescente de granada YAG) activado com cério, ou um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ , onde  $0 \leq r < 1$  e  $0 \leq s \leq 1$  e Re é pelo menos um seleccionado 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 pela substância fluorescente que tem cor do corpo amarela estão 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 concreta, porque a substância fosforescente é utilizada misturando com uma resina que faz a resina 101 de revestimento e o material 201 de revestimento (detalhado 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 em encher a cápsula 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 substância fosforescente tem influência também na mistura da cor e na durabilidade. Isto é, quando a concentração da substância fosforescente aumenta da superfície do revestimento ou molde onde a substância fosforescente é contida para o componente emissor de luz, vem a ser provavelmente menos afectada por humidade estranha tornando-a desse modo mais fácil suprimir a deterioração devida à humidade. Por outro lado, quando a concentração da substância fosforescente aumenta do componente emissor de luz para a superfície da moldagem, ela vem mais provavelmente a ser afectada pela humidade de fora, mas menos provavelmente a ser menos afectada pelo calor e radiação do componente emissor de luz, tornando-a assim possível suprimir a deterioração da substância fosforescente. Tais distribuições da concentração da substância fosforescente podem ser obtidas



selecionando ou controlando o material que contém a substância fosforescente, a temperatura de formação e a viscosidade, e a configuração e distribuição de partículas da substância fluorescente.

Utilizando a substância fosforescente da primeira forma de realização concreta, pode fazer-se o diodo emissor de luz que tenha características de emissão excelentes, porque o material fluorescente tem suficiente resistência à luz para funcionamento de eficiência elevada 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  $10 \text{ Wcm}^{-2}$ .

A substância fosforescente utilizada na primeira forma de realização concreta é, por causa da 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 de valores mais elevados pode ser aumentado incluindo Gd no cristal da substância fosforescente da primeira forma de realização concreta. Quando o conteúdo de Gd é aumentado, o comprimento de onda do pico de emissão é alterado para comprimento de onda maior e o inteiro 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 fotoluminiscência sob luz azul tende a diminuir.

Especialmente quando parte de Al é substituído com Ga entre a composição de material fluorescente de 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  $(Y_{1-a}G_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce$ .

Tabela 1

No.	Conteúdo de Gd a (relação molar)	Conteúdo de Ga b (relação molar)	Cromaticidade CIE Coordenadas		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

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 daqueles do material Nº 1 os quais são estabelecidos para 100.

Quando se substitui Al com Ga, a proporção está de preferência dentro da gama de Ga: Al=1:1 para 4:6 em consideração da eficiência de emissão e comprimento de onda de emissão. De forma semelhante, quando substituindo Y com Gd, a proporção está de preferência dentro da gama de Y: Gd=9:1 para 1:9, e com maior preferência de 4:1 para 2:3. É por causa de um grau de substituição com Gd abaixo de 20% resulta numa cor

L

de maior componente verde e menor de componente encarnado, e um grau de substituição com Gd acima de 60% resulta num aumento de componente encarnado mas diminuição rápida na luminância. Quando é estabelecida a relação Y:Gd de Y e Gd no material fluorescente de YAG dentro da gama de 4:1 para 2:3, em especial, pode fazer-se um diodo emissor de luz capaz de emitir rigorosamente luz branca ao longo do local de radiação do corpo negro utilizando uma espécie 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 de 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 fotoluminiscência devido ao Ce diminui e, quando o conteúdo é maior do que 0,2, ocorre o extinguir da densidade.

Assim o comprimento de onda da luz emitida pode ser mudado para um comprimento de onda menor substituindo parte do Al da composição com Ga, e o comprimento de onda da luz emitida pode ser alterado para um comprimento de onda maior substituindo parte de Y da composição com Gd. Desta maneira, a cor da luz de emissão pode ser mudada continuamente mudando 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 tenha um comprimento de onda à volta 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 mudar continuamente o comprimento de onda de pico mudando a

F L A

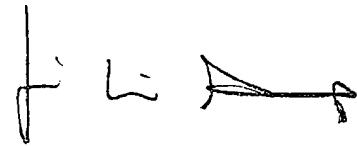
porção de Gd.

De acordo com a primeira forma de realização concreta, a eficiência da emissão de luz do diodo emissor de luz pode ser além disso melhorada combinando o componente emissor de luz que emprega semicondutor de nitreto de gálio e a substância fluorescente feita adicionando samário (Sm) elemento de terras raras a materiais fluorescentes (YAG) de ytrio-alumínio-granada activado com cério.

O material para fazer uma tal substância fosorescente 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 posto ao fogo num cadiño a uma temperatura de 1350 a 1450°C ao ar por 2 a 5 horas. Então o material posto a fogo é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, secado, e peneirado para se obter desse modo o material desejado.

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

A substância fosorescente representada pela fórmula geral  $(Y_{1-p-q-r}Gd_qCe_9Sm_r)_3Al_5O_{12}$  pode emitir luz de comprimentos de onda de 460 nm e maiores com eficiência mais elevada depois da excitação, porque o Gd é 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 o inteiro espectro de emissão muda para comprimentos de onda maiores. Quando é necessária luz de

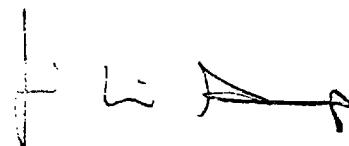


tonalidade encarnada mais intensa, pode obter-se aumentando a quantidade adicionada de Gd para substituição. Quando o conteúdo de Gd é aumentado, a luminância de fotoluminiscência com luz azul diminui gradualmente. Portanto, o valor de p é de preferência 0,8 ou menor, ou de maior preferência 0,7 ou menor. Além disso de maior preferência é 0,6 ou menor.

A substância fosforescente representada pela fórmula geral  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  que inclui Sm pode fazer-se sujeita a menos dependência da temperatura independentemente do conteúdo aumentado de Gd. Isto é, a substância fosforescente, quando Sm é contido, tem a luminância de emissão enormemente melhorada a temperaturas mais elevadas. A extensão da melhoria aumenta com o conteúdo de Gd. A característica de temperatura pode ser enormemente melhorada especialmente pela adição de Sm no caso de material fluorescente de tal composição enquanto a tonalidade de encarnado 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 ( $200^{\circ}C$ ) relativamente à luminância de emissão de luz azul excitadora que tem um comprimento de onda de 450 nm à temperatura normal de ( $25^{\circ}C$ ).

A proporção de Sm está de preferência 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. É mais desejável a gama de  $0.0007 \leq r \leq 0.02$  para a proporção de Sm onde a característica de temperatura venha 80% ou mais elevada.

A proporção q de Ce está de preferência numa gama de  $0.003 \leq q \leq 0.2$  que faz a relativa luminância de emissão de 70% ou mais elevada possível. A luminância de emissão relativa



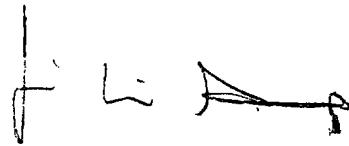
refere-se à luminância de emissão em termos de percentagem para a luminância de emissão de um material fluorescente onde  $q=0.03$ .

Quando a proporção  $q$  de Ce é 0,003 ou inferior, a luminância diminui porque o número de centros de emissão excitados de fotoluminiscência devido a Ce diminuir e, quando o  $q$  é maior do que 0,2, ocorre o extinguir da densidade. O extinguir da densidade refere-se a diminuir em intensidade de emissão a qual ocorre quando a concentração de um agente de activação adicionado para aumentar a luminância do material fluorescente é aumentado para além de um nível óptimo.

Pode também utilizar-se uma mistura de duas ou mais espécies de substâncias fosforescentes 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 (R = encarnado, G = verde, B = azul) e permite a aplicação, por exemplo, a um dispositivo de vídeo de cristal líquido de coloração completa utilizar um filtro de cor.

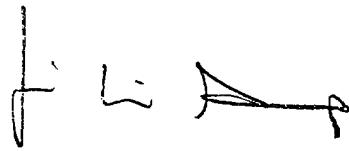
(Componentes 102, 202 emissores de luz)

Como se mostra nas Fig. 1 e Fig. 2 o componente emissor de luz é de preferência 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 activados com cério. Os componentes 102, 202 emissores de luz que empregam semicondutor composto de nitreto de gálio são feitos 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 homoestrutura, heteroestrutura ou heteroestrutura-dupla as quais têm junção MIS, junção PIN ou junção PN. Vários comprimentos de onda de emissão podem ser seleccionados dependendo no material da camada semicondutora e da cristalinidade respectiva. Podem



também ser feitos num "quantum" único bem estruturado ou num "quantum" múltiplo bem estruturado onde é formada uma camada de activação 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 da substância fosforescente fazendo a camada de activação 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 via 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 preferência dopado com aditivo tipo N tal como Si, Ge, Se, Te, e C. Por outro lado, com a finalidade de formar semicondutor de nitreto de gálio tipo P, é de preferência dopado com aditivo tipo P tal como Zn, Mg, Be, Ca, Sr e Ba. Por causa de 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 tal como aquecimento num forno, irradiação com um feixe de electrões 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 ao ataque de gravar a água forte ou por outro processo, são formados eléctrodos das formas desejadas nas camadas semicondutoras por crepitação ou depósito de vapor.



Então a lâmina do semicondutor 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 lâmina. Ou de outro modo, a lâmina é cortada em "chips" por uma matriz reticulada de riscar linhas extremamente finas sobre a lâmina 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 concreta, o comprimento de onda da luz emitida pelo componente emissor de luz é de preferência de 400nm a 530nm inclusivé em consideração da relação da cor complementar com a substância fosforescente e deterioração da resina, e com maior preferência de 420nm a 490nm inclusivé. É além disso de maior preferência que o comprimento de onda seja de 450nm a 475nm, com a finalidade de melhorar a eficiência de emissão do componente emissor de luz e a substância fosforescente. Mostra-se na Fig. 4 o espectro de emissão do diodo emissor de luz branca da primeira forma de realização concreta. O componente emissor de luz aqui mostrado é do tipo condutor mostrado na Fig. 1, que emprega o componente emissor de luz e a substância fosforescente da primeira forma de realização concreta a ser descrita mais tarde. Na Fig. 4, a emissão que tem um pico à volta de 450 nm é a luz emitida pelo componente emissor de luz, e a emissão que tem um pico à volta de 570 nm é a emissão fotoluminiscente 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

*F L A*

de pico de 465nm. A cor da luz emitida por este diodo emissor de luz branca corresponde a um ponto na linha recta que liga um ponto de cromaticidade produzido pelo o 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 a adição ao material fluorescente 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, arsenieto de gálio e alumínio, fosfato de arsénio e gálio ou fosfato de alumínio e índio é arranjado 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 encarnada/branca.

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

(Fios condutores 103, 203)

*J. L. A.*

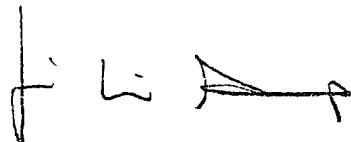
Os fios 103, 203 condutores deverão ter boa condutividade eléctrica, boa condutividade térmica e boa ligação mecânica com os eléctrodos dos componentes 102, 202 emissores de luz. A condutividade térmica é de preferência 0,042 J (0.01 cal)/(s)(cm) ( $^{\circ}$ C/cm<sup>2</sup>) ou mais elevada, e de maior preferência 2,09 J (0.5 cal)/(s)(cm) ( $^{\circ}$ C/cm<sup>2</sup>) ou mais elevada. Para efeitos práticos, o diâmetro do fio condutor é de preferência de 10  $\mu$ m a 45  $\mu$ m inclusivé. Mesmo quando o mesmo material é utilizado tanto para o revestimento que inclui o material fluorescente como para a moldagem, por causa da 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 preferência superior a 25  $\mu$ m e, pela razão da área de emissão de luz e facilidade de tratamento, de preferência dentro de 35  $\mu$ m. O fio condutor pode ser um metal tal como ouro, cobre, platina e alumínio ou uma liga respectiva. Quando é utilizado um fio condutor de material semelhante e configuração, pode ser facilmente ligado aos eléctrodos 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 comprehende uma cápsula 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 na cápsula 105a. No caso de uma multiplicidade de componentes emissores de luz serem instalados na cápsula e o condutor de suporte ser utilizado como eléctrodo comum para o componente emissor de luz, porque podem ser utilizados materiais de eléctrodos diferentes, são necessárias suficiente condutividade eléctrica e boa condutividade com o fio de ligação e outros. Quando o componente emissor de luz é instalado na cápsula do condutor de suporte e a cápsula é cheia com o material fluorescente, a

luz emitida pelo material fluorescente é, mesmo se isotrópica, reflectida pela cápsula, numa direcção desejada e portanto pode ser impedida iluminação errónea devido à luz de outro diodo emissor de luz montado próximo. Aqui refere-se por iluminação errónea 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 a cápsula 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 eléctrodos a se oporem-se à cápsula 105a), podem utilizar-se pasta de Ag, pasta de carvão, amolgamento metálico ou semelhante para prender e ligar electricamente 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 da cápsula do condutor de suporte, sobre a qual o componente emissor de luz é montado pode ser polida como um espelho para dar uma função reflectora à superfície. Neste caso, a rugosidade da superfície é de preferência de 0.1S (unidade japonesa de acordo com ISO 468 de 1982) a 0.8S (unidade Japonesa de acordo com a ISO 468 de 1982) inclusivé. A resistência eléctrica do condutor de suporte está de preferência dentro de  $300\mu\Omega\text{-cm}$  e de preferência maior dentro de  $3\mu\Omega\text{-cm}$ . Quando se monta uma multiplicidade de componentes emissores de luz sobre o condutor de suporte, os componentes emissores de luz sobre o condutor de suporte, os componentes emissores de luz produzem quantidade significante de calor e portanto é necessária uma condutividade térmica elevada. Especificamente, a condutividade térmica é de preferência  $0.042J$  ( $0.01\text{ cal}/(S)(cm^2)(^\circ C/cm)$ ) ou mais elevada, e de maior preferência  $2.09J(0.5\text{ cal}/(S)(cm^2)(^\circ C/cm)$  ou mais elevada. Os materiais



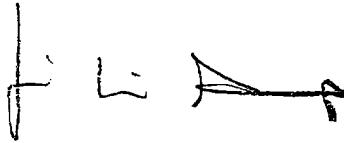
que satisfazem estas necessidades contém aço, cobre, cobre revestido de aço, cobre revestido de estanho e cerâmica metalizada.

(Condutor 106 interior)

O condutor 106 interior é ligado a um dos eléctrodos do componente 102 emissor de luz montado sobre o condutor 105 de suporte por meio de um fio condutor ou semelhante. Neste caso de um diodo emissor de luz onde uma multiplicidade dos componentes emissores de luz são instalados sobre o condutor de suporte, é necessário arranjar uma multiplicidade de condutores 106 interiores de tal maneira 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 é de preferência de 1.6 S (Unidade Japonesa de acordo com a ISO 468 de 1982) a 10 S (Unidade Japonesa de acordo com ISO 468 DE 1982) inclusivé em consideração de contacto próximo.

Com a finalidade de formar o condutor interior na 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 por esse meio a área e a altura da face da extremidade.

É necessário que o condutor interior tenha uma boa capacidade de ligação com os fios de ligação que são fios condutores e têm boa condutividade eléctrica. Especificamente, a resistência eléctrica está de preferência dentro  $300\mu\Omega$  cm e com maior preferência dentro de  $3\mu\Omega$  cm. Os materiais que



satisfazem estas exigências contém ferro, cobre, cobre contendo ferro, cobre contendo estanho, estanho contendo cobre, alumínio revestido de cobre, alumínio revestido de ouro, ou alumínio revestido de prata ferro e cobre. ferro e cobre.

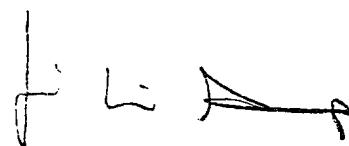
(Material 101 de revestimento)

O material 101 de revestimento é proporcionado na cápsula do condutor de suporte em separado do material 104 de moldagem e, na primeira forma de realização concreta, contém a substância fosforescente 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 tal como resina "epóxi", resina de ureia e resina de silício ou vidro. Pode ser utilizado um dispersante em conjunto com a substância fluorescente. São de preferência utilizados como dispersantes, titanato de bário, óxido titânio, óxido de alumínio, dióxido de silício e semelhantes. Quando o material fluorescente é formado por crepitação ("sputtering"), 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 molagem)

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 a substância fosforescente de perturbação externa. De acordo com a primeira forma de realização concreta, é preferível que o material 104 de moldagem contenha além disso um dispersante, que pode não adelgaçar a directividade 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 direcção do eixo óptico, 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 preferência empregados. 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 substância fosforescente. Nomeadamente, de acordo com a presente invenção, a substância fosforescente pode ser contida quer no material de moldagem quer no material de revestimento. Quando a substância fosforescente é contida no material de moldagem, o ângulo de visão pode ser além disso aumentado. A substância fosforescente pode também ser contida tanto no material de revestimento como 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 do 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 feitos do mesmo material com a finalidade de condizer com o índice de refracção, dependendo na 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 obscurecida e melhorar a performance da mistura de cores. Isto é, o material fluorescente absorve a componente azul de luz estranha e emite luz para desse modo dar uma tal aparência como se colorida em amarelo. Portanto, o dispersante contido no material de moldagem dá cor branca leitosa ao material de moldagem e o

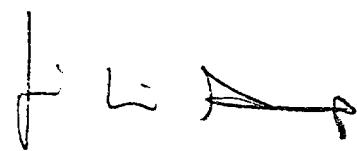


agente de coloração retribui a cor desejada. Assim a cor do material fluorescente não será reconhecido pelo observador. No caso do componente de luz emissor emitir luz que tenha o principal comprimento de onda de 430 nm ou valor acima deste, é de maior preferência que absorvedor ultra-violeta que serve como estabilizador de luz seja contido.

#### Diferente forma de realização concreta

O diodo emissor de luz de outra forma de realização concreta é feito utilizando-se um elemento provido 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 duas ou mais espécies de substância fluorescente de diferentes composições, ou de preferência materiais fluorescentes de ítrio-alumínio-granada activados com cério como a substância fluorescente. 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  $(Re_{1-r}Sm_r)_3(Al_{1-s}Ga_s)_5O_{12}:Ce$  pode também ser utilizado como a substância fluorescente. Aqui  $0 \leq r < 1$  e  $0 \leq s \leq 1$ , e Re é pelo menos um seleccionado de Y, Gd e La. Esta configuração torna



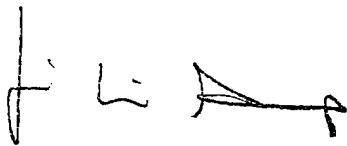
possível minimizar a desnaturação do material fluorescente mesmo quando o material fluorescente é exposto à luz visível de elevada intensidade e elevada energia emitida pelo componente emissor de luz por um longo período de tempo ou quando utilizado sob várias condições de ambiente, e portanto pode ser 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.

(Substância fosforescente ("Phosphor") de diferente forma de realização)

Agora a substância fosforescente utilizada no componente emissor de luz da forma de realização concreta anterior será a seguir descrita em detalhe. Esta segunda forma de realização concreta é semelhante à primeira forma de realização concreta, excepto que duas ou mais espécies de substâncias fosforescentes de diferentes composições activadas com cério são utilizadas como substância fosforescente, conforme se descreveu anteriormente, e o método de utilizar o material fluorescente é basicamente o mesmo.

De forma semelhante ao caso da primeira forma de realização concreta, ao diodo emissor de luz pode ser dada elevada capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas controlando a distribuição da substância fosforescente (tal como adelgazando a concentração com a distância do componente emissor de luz). Uma tal distribuição da concentração de substância fosforescente pode ser conseguida seleccionando ou controlando o material que contém a substância fluorescente, a temperatura de formação e a viscosidade, e a configuração e distribuição das partículas da substância fosforescente.

Assim de acordo com esta forma de realização concreta, a distribuição da concentração de material



fluorescente é determinada de acordo com as condições de funcionamento. Também de acordo com esta forma de realização concreta, a eficiência de emissão de luz pode ser aumentada desenhando a disposição de duas ou mais espécies de materiais fluorescentes (por exemplo, dispondo 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 concreta de forma semelhante à primeira forma de realização concreta, o diodo emissor de luz tem eficiência elevada e suficiente resistência à luz mesmo quando disposta adjacente a ou na vizinhança da relativamente elevada saída do componente emissor de luz com intensidade de radiação ( $E_e$ ) dentro da gama de  $3 \text{ Wcm}^2$  a  $10 \text{ Wcm}^2$ .

O material fluorescente de ítrio-alumínio-granada activado com cério (material fluorescente YAG) utilizado nesta forma de realização concreta tem estrutura de granada de forma semelhante ao caso da primeira forma de realização concreta, 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 concreta pode ser estabelecido perto de 450 nm conforme se indica pela linha cheia na Fig. 5A e o comprimento de onda de pico de emissão pode ser estabelecido perto de 510 nm conforme se indica pela linha cheia 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 activado com cério desta forma de realização concreta pode ser estabelecido próximo de 450 nm conforme se indica pela linha tracejada na Fig. 5A, e o comprimento de onda de pico de emissão pode ser estabelecido próximo de 600 nm conforme se indica pela linha tracejada 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 encarnada.

f L A

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

O material para fazer uma tal substância fosforescente 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 quer, o material de mistura é obtido dissolvendo elementos de terra raras Y, Gd, Ce, La, e Sm nas proporções estequiométricas em ácido, coprecipitando a solução com ácido oxálico e aquecendo 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 aquecido num cadinho à temperatura de 1350 a 1450 °C no ar por 2 a 5 horas. Então o material aquecido é moido 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 concreta, as duas ou mais espécies de materiais fluorescentes de ytrio-alumínio- granada

f L A

activados com cério de diferentes composições podem ser ou utilizadas misturando ou dispostas independentemente (laminadas por exemplo). Quando as duas ou mais espécies de materiais fluorescentes são misturadas, podem ser formadas relativamente de modo fácil e numa maneira apropriada para a produção em massa. Quando as duas ou mais espécies de materiais fluorescentes são dispostas independentemente, a cor pode ser ajustada depois de a formar laminando as camadas até ser obtida uma cor desejada. Também quando dispondo de duas ou mais espécies de materiais fluorescentes independentemente, é preferível dispor de 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 concreta é feito utilizando duas ou mais espécies de materiais fluorescentes de ýtrio-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 emitida pelo componente emissor de luz do semicondutor corresponde a um ponto na linha recta 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 duas ou mais espécies de materiais fluorescentes de ýtrio-alumínio-granada de diferentes composições. De acordo com esta forma de realização concreta, 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 seleccionando os materiais fluorescentes de acordo com o comprimento de onda de

*Luz*

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 luminância elevada seleccionando o comprimento de onda de emissão dos materiais fluorescentes.

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

Também os diodos emissores de luz da primeira forma de realização concreta e esta forma de realização concreta são providos com componente emissor de luz instalado por via 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 por causa da 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 que é outra forma de realização concreta da presente invenção.

Na fonte de luz planar mostrada na Fig. 7, a substância fosforescente utilizada na primeira forma de realização concreta é contida num material 701 de revestimento. Com esta configuração, a luz azul emitida pelo semicondutor de nitreto de gálio é de cor convertida e é produzida à saída em estado planar por via duma placa 704 de

*F L A*

orientação óptica e uma folha 706 dispersiva.

Explicitamente, um componente 702 emissor de luz da fonte de luz planar da Fig. 7, é fixa num metal de substrato 703 com a forma de C invertido sobre o qual uma camada de isolamento e um molde condutor (não mostrado) são formados. Depois de ligar electricamente o elecetrodo do componente emissor de luz e o molde condutor, a substância fosforescente é misturada com resina epoxi 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 fixado sobre uma face da extremidade de uma placa 704 de orientação óptica de acrílico por meio de uma resina de epóxi. Uma película 707 reflectora que contém um agente de difusão branco está disposta sobre um dos planos principais da placa 704 de orientação óptica onde a folha 706 dispersiva não é formada, com o propósito de evitar fluorescência.

De forma semelhante, um reflector 705 é proporcionado sobre a superfície inteira na parte posterior da placa 704 de guia óptica 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 feitos diodos emissores de luz para emissão de luz planar os quais produzem luminância bastante para a luz da retaguarda de LCD. (Liquid cristal display : vídeo de cristal líquido).

A aplicação do diodo emissor de luz para emissão de luz planar a um vídeo de cristal líquido pode conseguir-se dispondo uma placa polarizadora sobre um plano principal da placa 704 de guia óptica por via do cristal líquido injectado 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

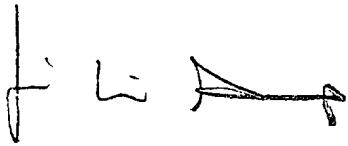


Fig. 9, uma fonte de luz planar de acordo com outra forma de realização concreta da presente invenção. O dispositivo emissor de luz mostrado na Fig. 8 é feito numa configuração tal que a luz azul emitida pelo diodo 702 emissor de luz é convertida em luz branca por um conversor 701 de cor que contém a substância fosforescente e é produzido à saída no estado planar por via de uma placa 704 de guia óptica.

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 óptica, então convertida em luz branca por uma folha 706 dispersiva que contém substância fosforescente formada sobre um do plano principal da placa 704 de guia óptica, para produzir à saída desse modo luz branca no estado planar. A substância fosforescente pode ser ou contida 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 a substância fosforescente pode ser formado por pontos, não por folha, directamente sobre a placa 704 de orientação óptica.

#### Aplicação

(Dispositivo de visualização)

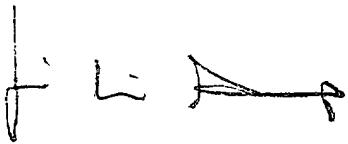
Descrever-se-á agora a seguir um dispositivo de visualização de acordo com a presente invenção. A Fig. 10 é um diagrama de blocos que mostra a configuração do dispositivo de visualização de acordo com a presente invenção. Como se mostra na Fig. 10, o dispositivo de visualização comprehende um dispositivo 601 de visualização com LED e um circuito 610 de accionamento ou de comando que tem um "driver" 602, os meios 603 de armazenamento de dados de vídeo e os meios 604 de controlo de tonalidade. O dispositivo 601 de visualização com 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

F L A

dispositivo de vídeo LED monocromático. O invólucro 504 é provido com um material 505 de bloqueamento da luz que é formado integralmente com este.

O circuito 610 de accionamento tem os meios (RAM) 603 de armazenamento de dados vídeo (imagem) para armazenar temporariamente dados vídeo 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 com LED para iluminar com o brilho especificado de acordo com os dados lidos de RAM 603, e o "driver" 602 que é comutado por sinais fornecidos do meio 604 de controlo de tonalidade para accionar 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 com LED, então produz á saída sinais de impulso para ligar e desligar os diodos emissores de luz ao dispositivo 601 de visualização com LED. No dispositivo de visualização constituído como se descreveu anteriormente, o dispositivo 601 de visualização com LED é capaz de revelar imagens de acordo com os sinais de impulso que são introduzidos à entrada do circuito de accionamento, e tem as seguintes vantagens.

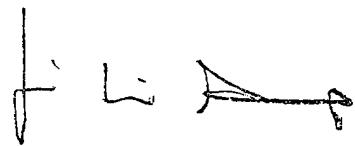
O dispositivo de visualização com LED que revela luz branca utilizando diodos emissores de luz de três cores, RGB, é necessário para embora sob controlo a emissão de luz à saída dos diodos emissores de luz R, G e B e devendo controlar em consequência disto os diodos emissores de luz tomando em conta a intensidade de emissão, as características de temperatura e outros factores dos diodos emissores de luz, que resultam na configuração complicada do circuito de accionamento que comanda o dispositivo de visualização com LED. No entanto, no dispositivo de visualização da presente invenção, porque o dispositivo 601 de visualização com 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 accionamento controlar individualmente os diodos emissores de luz R, G e B, tornando possível simplificar-se a configuração do circuito de accionamento e fazer o dispositivo de visualização por baixo custo.

Com um dispositivo de visualização com LED que revela luz branca utilizando diodos emissores de luz de três espécies, 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 uma melhor nitidez de imagem. Em contraste, o dispositivo de visualização com LED do dispositivo de acordo com a presente invenção, pode emitir luz branca e pode ser feito com um único diodo emissor de luz simples, e é portanto capaz de emitir luz branca com uma melhor nitidez de imagem. Além disso, com o dispositivo de visualização com LED que revela as cores misturadas dos três diodos emissores de luz, existem casos de alterações de cor de vídeo devido ao bloqueamento de alguns dos diodos emissores de luz RGB que dependem do ângulo de visão, enquanto o dispositivo de vídeo de LED da presente invenção não tem tal problema.

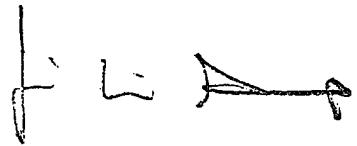
Conforme se descreveu anteriormente, o dispositivo de visualização provido com o dispositivo de visualização com LED que emprega o diodo emissor de luz da presente invenção que é capaz de emitir luz branca é capaz de revelar luz branca estável com melhor nitidez de imagem e tem a vantagem de menor irregularidade da cor. O dispositivo de visualização com LED da presente invenção 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 encarnada e verde, e é portanto apropriado para utilização durante um longo período de tempo.



(Forma de realização concreta de outro dispositivo de visualização que emprega 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 com LED em que um pixel é formado de 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 com LED e um especificado circuito de accionamento, pode formar-se um dispositivo de visualização capaz de exibir várias imagens. O circuito de accionamento do dispositivo visualização tem, de forma semelhante a um caso de dispositivo de visualização com uma só cor (monocromo), meios (RAM) de armazenamento de dados video (imagem) para armazenar temporariamente os dados vídeo de entrada (imput), um circuito de controlo de tonalidade que processa os dados armazenados no RAM para calcular sinais de tonalidade para iluminação dos diodos emissores de luz com brilho especificado e um "driver" 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 accionamento 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 no 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. Isto origina que o dispositivo de visualização com LED revele luz branca.

Conforme se descreveu anteriormente, o brilho do dispositivo de visualização pode ser melhorado adicionando o

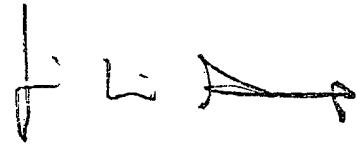


diodo emissor de luz branca aos diodos emissores de luz RGB. Quando os diodos emissores de luz RGB são combinados para revelar luz branca, uma ou duas das cores de RGB podem ser reforçadas resultando numa falha em revelar luz branca pura que depende do ângulo de visão, um tal problema é resolvido adicionando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

É preferível, para o circuito de accionamento de tal dispositivo de visualização como se descreveu anteriormente, que seja proporcionado um 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 "driver" do diodo emissor de luz branca para comutar desse modo o "driver". O diodo emissor de luz branca ilumina quando o "driver" é ligado, e extingue-se quando o "driver" é desligado.

#### (Sinal de tráfego)

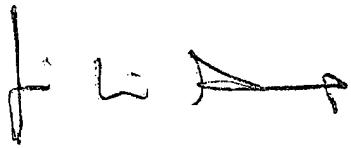
Quando o diodo emissor de luz da presente invenção é utilizado como um sinal de tráfego que é uma espécie de dispositivo de visualização, tais vantagens podem ser obtidas como iluminação estável durante um longo período de tempo e sem qualquer irregularidade de cor mesmo quando parte dos diodos emissores de luz se extinguem. O sinal de tráfego 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 formado um molde condutor. Um circuito de diodos emissores de luz em que tais diodos emissores de luz são ligados em série ou paralelo é actuado como um conjunto de diodos emissores de luz. São utilizados dois ou mais conjuntos dos diodos emissores de luz, tendo cada um os 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 substracto com fonte de energia externa, é presa num chassi de sinal de caminhos de ferro. O dispositivo de visualização com LED é colocado num chassi fundido em molde de alumínio equipado com um componente de bloqueamento de luz e é selado na superfície com enchimento de borracha de silício. O chassi é provido com uma lente de cor branca sobre o plano de visualização respectivo. A cablagem eléctrica do dispositivo de visualização com LED é passada através de uma guarnição de borracha na parte posterior do chassi, para isolar o interior do chassis do exterior, com o interior do chassi 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 multiplicidade de grupos e dispondo-os numa configuração em espiral que gira em turbilhão do centro em direcção 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 diodos emissores de luz e o número desejado dos conjuntos de diodos emissores de luz podem ser seleccionados dependendo na área de visualização do dispositivo. Este sinal é, mesmo quando um dos conjuntos dos diodos emissores de luz ou parte dos diodos emissores de luz falham de iluminar devido a algum contratempo, capazes 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. Por causa dos diodos emissores de luz serem dispostos numa configuração em espiral, eles podem ser dispostos de modo mais denso perto do centro, e accionados sem qualquer ideia diferente dos sinais que empregam lâmpadas incandescentes.

#### (Exemplos)

Os seguintes Exemplos ilustram além disso em detalhe a presente invenção mas não são para ser construídos de modo a

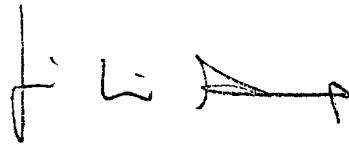


limitar o respectivo objectivo.

(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 gás de TMG trimetil gálio, gás de TMI trimetil indio, azoto gasoso e gás dopante em conjunto com um gas veículo 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 são formados comutando SiH<sub>4</sub> e Cp<sub>2</sub>Mg bis (ciclopentadienil) magnésio como aditivo (gás dopante). O elemento LED de 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 alumínio de nitreto de gálio 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 activação 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.

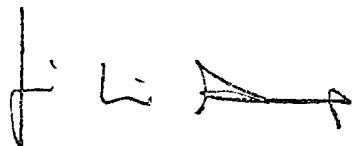
Depois de expor as superfícies das camadas semicondutoras de tipo P e tipo N ao ataque químico os eléctrodos n e p são formados por projecção de partículas. Depois de marcar a lâmina semicondutora que tenha sido feita conforme se descreveu anteriormente, os componentes emissores de luz são feitos dividindo a lâmina com força exterior.



O componente emissor de luz feito pelo processo anterior é montado numa cápsula de um condutor de suporte que é feito de aço revestido de prata ligando a matriz com resina "epóxi". Então os eléctrodos do componente emissor de luz, condutor de suporte e o condutor interior são ligados electricamente ligando por fios com fios de ouro de 30 µm de diâmetro, a fim de fazer um diodo emissor de luz do tipo condutor.

Faz-se uma substância fosforescente dissolvendo elementos da terra raras de Y, Gd e Ce num ácido em proporções estequiométricas, e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido do coprecipitado obtido aquecendo este material é misturado com óxido de alumínio, para obter por esse meio o material da mistura. A mistura era então misturada com fluoreto de amónio utilizado como um fundente, e aquecido num cadiño à temperatura de 1400°C ao ar por 3 horas. Então o material aquecido é moído por um moinho de esferas, lavado, separado, seco e peneirado desse modo para se obter o material desejado. A substância fosforescente feita como se descreveu anteriormente é material fluorescente de ýtrio-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 por peso de material fluorescente que tem uma composição de  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  que tenha sido feitas pelo processo anterior e as 100 partes pelo peso de resina epoxi são misturadas de forma suficiente para se transformarem numa mistura semiliquida em suspensão. A mistura semiliquida em suspensão é vazada na cápsula proporcionada sobre o condutor de suporte em cima do qual o componente emissor de luz é montado. Depois de vazar, a mistura semiliquida em suspensão é curada a 130°C durante uma hora. Assim um revestimento que tenha uma espessura de 120 µm, 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 a substância fosforescente em concentração a



aumentar gradualmente para o componente emissor de luz. A intensidade de irradiação é de cerca de  $3.5\text{W/cm}^2$ . O componente emissor de luz e a substância fosforescente são moldados com resina "epóxi" translúcida para o propósito de protecção contra tensões estranhas, humidade e poeira. Uma estrutura de condutor com a camada de revestimento de substância fosforescente em cima é colocada numa matriz com a forma de bala e misturada com resina "epóxi" translúcida e então curada a  $150\text{ }^\circ\text{C}$  durante 5 horas.

Encontrou-se pela observação visual do diodo emissor de luz formado como se descreveu anteriormente na direcção normal ao plano emissor de luz, que a parte central era restituída em cor amarelada devido à cor do corpo da substância fluorescente.

As medições do ponto de cromaticidade, da temperatura da cor e do índice de restituição da cor do diodo emissor de luz feito como se descreveu anteriormente e capaz de emitir luz branca deram valores de (0.302, 0.280) para o ponto de cromaticidade ( $x, y$ ), de 8080 K para temperatura da cor e 87.5 para índice ( $R_a$ ) de restituição da cor ( $R_a$ ) os quais são valores 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 de duração sob condições de energização com uma corrente de 60 mA a  $25^\circ\text{C}$ , 20 mA a  $25^\circ\text{C}$  e 20 mA a  $60^\circ\text{C}$  com 90% RH, não era observada nenhuma alteração devida ao material fluorescente, provando que o diodo emissor de luz não dferia na vida útil do diodo emissor de luz azul convencional.

(Exemplo 1 Comparativo)

Foram conduzidos da mesma maneira como no Exemplo 1 a formação de um diodo emissor de luz e os testes de duração respectiva excepto em mudar a substância fluorescente de

F L A

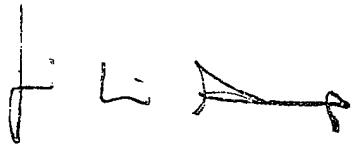
$(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}$  para  $(ZnCd)S:Cu, Al$ . O diodo emissor de luz que tinha sido formado mostrou, imediatamente depois da energização, emissão de luz branca mas com baixa luminância. Num teste de duração, a produção à saída diminuiu para zero em cerca de 100 horas. A análise da causa da deterioração mostrou que o material fluorescente estava enegrecido.

Esta perturbação é suposta 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 referência. A linha contínua indica o exemplo 1 e a linha interrompida indica o exemplo comparativo 1 na figura 13.

(Exemplo 2)

No exemplo 2, o componente emissor de luz foi feito da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto 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 na substância fosforescente do que aquele do Exemplo 1 para ter uma composição de  $(Y_{0.6}Gd_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$ .

As medições do ponto de cromaticidade, da temperatura da cor e do índice de restituição da cor do diodo emissor de luz, as quais foram feitas como se descreveu anteriormente e capaz de emitir luz branca, deu 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 respectivamente, o espectro de emissão da substância fosforescente, o componente emissor de luz e o diodo emissor de luz do Exemplo 2.

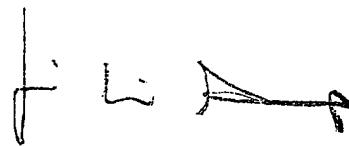
Foram feitas 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 2 e foram tomadas as médias das intensidades luminosas respectivas depois de 1000 horas de iluminação. Em termos de percentagem do valor da intensidade luminosa antes do teste de duração, a média de intensidade luminosa depois do teste de duração era 98.9%, demonstrando nenhuma diferença na característica.

(Exemplo 3)

Foram feitos 100 diodos emissores de luz da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em adicionar Sm em adição aos elementos de terra rara Y, Gd e Ce na substância fosforescente para fazer um material fluorescente com a composição de  $(Y_{0.39}Gd_{0.57}Ce_{0.03}Sm_{0.01})_3Al_5O_{12}$ . Quando os diodos emissores de luz eram feitos iluminar a uma temperatura elevada de 130°C, era obtida uma característica da temperatura média à volta de 8% melhor do que aquela do Exemplo 1.

(Exemplo 4)

Conforme se mostra na Fig. 11, o dispositivo de vídeo de LED do Exemplo 4 é feito de diodos 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 com LED do Exemplo 4, o substrato em cima do qual os diodos emissores de luz são dispostos é colocado num chassis 504 que é feito de resina de fenol e é provido com um componente 505 de bloqueamento de luz que está nela integralmente constituído. O chassis, os diodos emissores de luz, o substrato e parte do componente de bloqueamento da luz, excepto para as extremidades dos diodos



emissores de luz, são revestidos com borracha 506 siliciosa 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 eléctricamente ligados para fazer um dispositivo de visualização com LED o dispositivo feito segundo a configuração descrita anteriormente, um RAM que armazena temporariamente os dados de entrada, um circuito de controlo de tonalidade que processa os dados armazenados no RAM para calcular sinais de tonalidade para iluminar os diodos emissores de luz com brilho especificado e meio de accionamento que é comutado pelo sinal de saída do circuito de controlo de tonalidade para causar que os diodos emissores de luz a iluminarem. Verificou-se que o equipamento pode ser utilizado como dispositivo de visualização com LED preto e branco comandando os dispositivos de visualização com LED.

(Exemplo 5)

O diodo emissor de luz do Exemplo 5 foi feito da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em utilizar substância fosforescente representada 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 respectivamente, o espectro de emissão da substância fosforescente, 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 à volta de 40% inferior do que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 5, mostraram boa capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas

*L*

comparável aquelas do Exemplo 1 no teste de duração.

(Exemplo 6)

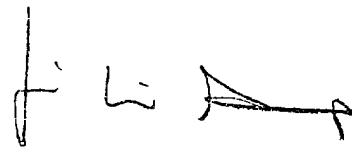
O diodo emissor de luz do Exemplo 6 foi feito da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em utilizar substância fosforescente representada pela fórmula geral  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 6 e feiras medições para várias características.

Era emitida a medição do ponto de cromaticidade da luz branca ligeiramente esverdeada-amarela 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 respectivamente, o espectro de emissão da substância fosforescente, 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 da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em utilizar substância fosforescente representada pela fórmula geral  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$ . Foram feitas 100 peças de diodos emissores de luz do Exemplo 7 e feitas medições para várias características.

Embora os diodos emissores de luz do Exemplo 7 mostrassem uma baixa luminância, luz branca esverdeada emitida e mostrassem 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 respectivamente, o espectro de emissão da substância fosforescente, 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 da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em utilizar substância fosforescente representada pela fórmula geral  $Gd_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12}:Ce$  que não contém Y. Foram feitas 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 8 e feitas medições para várias características.

Embora os diodos 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)

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

O semicondutor de  $In_{0.05}Ga_{0.95}N$  que tem o pico de emissão a 450 nm é utilizado como um componente emissor de luz. Os componentes emissores de luz são feitos escoando gás de TMG (trimetil gálio), gás de TMI (trimetil índio, gás de nitrogénio e gás aditivo (gás dopante) em conjunto com um gás condutor (gás veículo)) 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  $SiH_4$  e  $Cp_2Mg$  bis (ciclopentadienil) magnésio como gás aditivo (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 alumínio de nitreto de gálio que tem condutividade tipo N, uma camada revestida que é semicondutor de alumínio de nitreto de gálio

F L

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 activação 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 ataque químico, são formados eléctrodos por crepitação. Depois de riscar a lâmina do semicondutor que foi feita como se descreveu anteriormente, os componentes emissores de luz são feitos como componentes emissores de luz dividindo a lâmina por meio de uma força exterior.

O componente emissor de luz é montado num condutor de suporte que tem uma cápsula na extremidade de uma estrutura de condutor de cobre revestido de prata, prendendo a matriz com resina epóxi. Os eléctrodos do componente emissor de luz, o condutor de suporte e o condutor interior são electricamente ligados prendendo por fio com fios de ouro que tem um diâmetro de 30 µm.

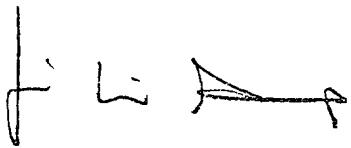
A estrutura do condutor com o componente emissor de luz ligado em cima é colocado numa matriz com a forma de bala e selada com resina epóxi translúcida para moldagem, que é então curada a 150°C durante 5 horas, para formar desse modo um diodo emissor de luz azul. O diodo emissor de luz azul é ligado a uma face da extremidade de uma placa de orientação óptica de acrílico que é polida sobre 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 reflector de

F L →

cor branca, que é então curado.

As substâncias fosforescentes de cores verde e encarnada são feitas dissolvendo elementos da terra rara de Y, Gd, Ce e La em ácido nas proporções estequiométricas, e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido do coprecipitado obtido pelo aquecimento deste material é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para obter desse modo a respectiva mistura de materiais. A mistura é então misturada com fluorete de amónio utilizado como um fundente, e aquecido num cadiño à temperatura de 1400°C ao ar durante 3 horas. Então o material aquecido é moído por um moíño de esferas na água, lavado, separado, seco e peneirado para se obter desse modo o material desejado.

120 partes por 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 se descreveu anteriormente e 100 partes por 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 encarnada preparada num processo semelhante aquele para o primeiro material fluorescente, são suficientemente misturadas com 100 partes por peso de resina epóxi, para formar uma mistura semiliquida em suspensão. A mistura semiliquida é aplicada uniformemente por cima de uma camada de acrílico que tem uma espessura de 0.5 mm por meio de uma multi-camada 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 µm. A camada de material fluorescente é cortada dentro do mesmo tamanho como aquele do principal plano emissor de luz da placa de orientação óptica, e disposto sobre a placa de orientação óptica 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 deu valores de (0.29, 0.34) para o ponto (x, y) de cromaticidade e 92.0 para o índice (Ra) de restituição de cor (Ra) que são valores



aproximados às propriedades da lâmpada fluorescente de 3 formas de onda. Foi obtida uma eficiência emissora de luz de 12 lm/W comparável à duma lâmpada incandescente. Além disso testes na capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas sob condições de energização com uma corrente de 60 mA à temperatura do quarto, 20 mA à temperatura do quarto 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 testes de capacidade de resistência às condições meteorológicas adversas respectivas foram conduzidos da mesma maneira como no Exemplo 9 excepto em misturar as mesmas quantidades de um pigmento fluorescente orgânico verde (FA-001 de Synleuch Chemish) e um pigmento fluorescente orgânico encarnado (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 encarnada 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 era conduzido pela irradiação com raios ultravioletas produzidos pelo filamento de arco voltaico de carvão entre eléctrodos durante 200 horas, que representa a irradiação equivalente da luz solar durante o 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 era 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 se esclarecerá da Fig. 14 e

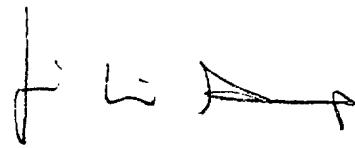


Fig. 15, o componente emissor de luz do Exemplo 9 experimenta menos deterioração do que do Exemplo 2 Comparativo.

(Exemplo 10)

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

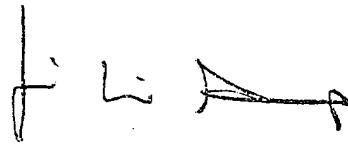
No diodo emissor de luz do Exemplo 10, é utilizado o componente emissor de luz que tem uma camada emissora de luz de  $In_{0.05}Ga_{0.95}N$  com pico de emissão a 450 nm o qual é feito da mesma maneira como no Exemplo 9. O componente emissor de luz é montado no cápsula proporcionada na extremidade de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

A substância fosforescente é feita 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 encarnada preparada como se segue. Nomeadamente, os elementos de terra raras de Y, Gd e Ce são dissolvidos em ácido nas proporções estequiométricas, e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido da coprecipitação obtido pelo aquecimento é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para obter desse modo os materiais da mistura respectiva. A mistura é misturada com fluórido de amónio utilizado com um fundente, e aquecido num cadiño a uma temperatura de 1400°C ao ar durante 3 horas. Então o material aquecido 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.

f L A

fluorescente, 40 partes por peso do segundo material fluorescente e 100 partes por peso de resina epóxi são suficientemente misturadas para formar uma mistura semiliquida em suspensão. A mistura semiliquida em suspensão é derramada dentro da cápsula que é proporcionada no condutor de suporte em que o componente emissor de luz é colocado. Então a resina que inclui substância fosforescente é curada a 130 °C durante 1 hora. Assim a camada de revestimento que inclui a substância fosforescente 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 a substância fosforescente são seladas moldando com resina epóxi translúcida para o propósito de protecção contra tensões estranhas, humidade e pó. Uma estrutura de condutor com a camada de revestimento de substância fosforescente 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 por 5 horas. Sob observação visual do diodo emissor de luz formado como se descreveu anteriormente na direcção normal ao plano de emissão de luz, encontrou-se que a parte central era restituída de cor amarelada devido à cor do corpo da substância fosforescente.

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 deu 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 do quarto, 20mA à temperatura de quarto e 20 mA a 60°C com 90% RH, nenhuma alteração era observada devido à substância fluorescente, mostrando nenhuma diferença de um diodo emissor de luz azul ordinária na característica da duração de serviço.



(Exemplo 11)

O semicondutor  $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$  que tem um pico de emissão a 470 nm é utilizado como um elemento LED. Os componentes emissores de luz são feitos escoando gás de TMG ("trimethyl gallium", isto é, trimetil gálio), gás de TMI ("trimethyl indium", isto é, trimetil índio), gás de nitrogénio e gás aditivo (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 de semicondutor de nitreto de gálio que tem condutividade tipo P foram formadas comutando  $\text{SiH}_4$  e  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  bis (ciclopentadienil) amagnésio utilizados como gás aditivo (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 alumínio de nitreto de gálio 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 activação 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 ao ataque químico, são formados eléctrodos por projecção de partículas. Depois de riscar a lâmina do semicondutor que é feita como se descreveu anteriormente, os componentes emissores de luz são feitos dividindo a lâmina por meio dum força exterior.

O componente emissor de luz é montado numa cápsula

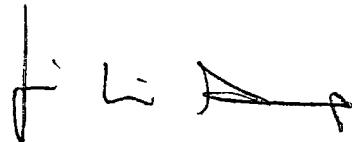
*F L A*

na extremidade de um condutor de suporte revestido de prata por ligando a matriz com resina epóxi. Os eléctrodos do componente emissor de luz, o condutor de suporte e o condutor interior são electricamente ligados por fios metálicos de amarrar com fios de ouro que têm um diâmetro de 30 µm.

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 selada 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 óptica 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 reflector de luz branca , que é então curado.

A substância fosforescente é feita misturando um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$  capaz de emitir luz amarela de comprimento de onda relativamente pequeno e 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 raros da terra de Y, Gd e Ce são dissolvidos em ácido em proporções estequiométricas, e coprecipitando a solução com ácido oxálico. O óxido da coprecipitação obtido pelo aquecimento é misturado com óxido de alumínio, para obter desse modo material da mistura respectiva. A mistura é misturada com fluoreto de amónio utilizado como um fundente, e aquecido num cadinho à temperatura de 1400°C ao ar por 3 horas. Então o material aquecido é moído por um moinho de esferas em água, lavado separado seco e peneirado.

100 partes por peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente pequeno e 100 partes por



peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente grande que são feitos como se descreveu anteriormente são misturados suficientemente com 1000 partes por 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  $\mu\text{m}$  de espessura. A película de material fluorescente é cortada dentro do mesmo tamanho conforme o plano de emissão principal da placa de orientação óptica e disposto sobre a placa de guia óptica, 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 se descreveu anteriormente deu valores de (0.33, 0.34) para o ponto de cromaticidade ( $x$ ,  $y$ ), 88.0 para índice ( $R_a$ ) de restituição da cor e eficiência emissora de luz de 101 m/W. As Fig. 22A, Fig. 22B e Fig. 22C mostram o espectro de emissão do material fluorescente representado por  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  e um material fluorescente representado pela fórmula geral  $(\text{Y}_{0.4}\text{Gd}_{0.6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  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 do quarto, 20 mA à temperatura de quarto e 20 mA a 60° C com 90% RH, não foi observada nenhuma alteração devido ao material fluorescente.

De forma 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 da mesma maneira como no Exemplo 1 excepto em utilizar substância fosforescente representada pela fórmula geral  $\text{Y}_3\text{In}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ . Foram feitas 100 peças do diodo emissor de luz do Exemplo 12.

Embora o diodo emissor de luz do Exemplo 12 mostrasse luminância inferior do que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 1, mostrou boa capacidade de condições de resistência às condições meteorológicas comparáveis aquela do Exemplo 1 no teste de duração.

Como se descreveu anteriormente, 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 electrónicas mas pode abrir novas aplicações que incluem dispositivos de visualização para automóveis, aviões e bóias para portos de abrigo e portos de mar, tão bem como para utilização ao ar livre tal como, em sinalização e iluminação de auto-estradas.

Lisboa, 31 de Outubro de 2000

O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

J. C. A.

*J. L. A.*

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo emissor de luz, que compreende um componente (102) emissor de luz e uma substância fosforescente (101) capaz de absorver uma parte da luz emitida pelo componente emissor de luz e luz emissora de comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida; em que o referido componente (102) emissor de luz compreende um semicondutor composto à base de GaN e a referida substância fosforescente conter um material fluorescente de granada de acordo com a fórmula :

$$(Y1-r \text{ Gdr})^3 \text{ A15012:Ce} \quad \text{em que} \quad 0 \leq r \leq 1$$

em que Al pode ser pelo menos parcialmente substituído por Ga e/ou In, e

em que o referido componente (102) emissor de luz é um diodo emissor de luz azul (LED, e

em que a referida substância fosforescente está situada em contacto directo ou indirecto com o referido diodo emissor de luz azul, e

em que um pico de emissão principal do diodo emissor de luz é estabelecido dentro da gama de 400 nm a 530 nm e um comprimento de onda de emissão principal da substância fosforescente é estabelecido ser mais longo do que o pico de emissão principal do componente emissor de luz.

2. Dispositivo emissor de luz de acordo com a reivindicação 1, em que o factor r ser decidido estar entre 0.9 a 0.1, de preferência na gama de 0.8 a 0.6 ou de 0.4 a 0.2.

3. Dispositivo emissor de luz, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, em que o semicondutor composto à base de GaN contém In.

4. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, em que, o componente (102) emissor de luz está instalado num receptáculo ou cápsula (105a) de um primeiro condutor de suporte (105), a referida cápsula (105a) está cheia com um material (101) de revestimento para revestir o componente (102) emissor de luz, em que o componente (102) emissor de luz, tem dois eléctrodos, um dos quais está ligado por meio de um fio (103) condutor a um segundo condutor (106) de suporte, o referido componente (102) emissor de luz, a referida cápsula (105a) e o referido material (101) de revestimento estão revestidos por um material (104) de moldagem, o referido primeiro condutor (105) de suporte e o referido segundo condutor (106) de suporte estão parcialmente revestidos pelo referido material (104) de moldagem, e em que a referida substância fosforescente pode estar contida ou no material (104) de moldagem ou num material (101) de revestimento ou em ambos isto é, no material (101) de revestimento como também no material (104) de moldagem.
5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 4, em que o material de moldagem (104) é um material transparente tal como resina epóxi, resina de ureia, resina de silicone ou vidro.
6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 4, em que o material de revestimento (101) é um material transparente tal como resina epóxi, resina de ureia, resina de silicone ou vidro.
7. Dispositivo de acordo com as reivindicações 4 a 6, em que o material de moldagem (104) é o mesmo do material de revestimento (101).
8. Dispositivo de acordo com as reivindicações 4 a 7, em que o material de moldagem (104) contém um elemento de dispersão tal como titanato de bário, óxido de titânio,

*J. L. A.*

óxido de alumínio ou dióxido de silício.

9. Dispositivo de acordo com as reivindicações 4 a 8, em que o material (104) de moldagem contém um agente de coloração.
10. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, em que, o componente (202) emissor de luz está montado na reentrância de um receptáculo ou invólucro (204) moldado, o referido invólucro está cheio de um material (201) de revestimento para cobrir o componente (202) emissor de luz, em que o referido componente (202) emissor de luz tem eléctrodos ligados por meio de fios condutores (203) a terminais metálicos (205) instalados nos lados opostos do referido invólucro (204), e o material (201) de revestimento contem a referida substância fosforescente.
11. Dispositivo de acordo com as reivindicações 1 a 3, em que comprehende uma placa (704) de guia óptica rigorosamente rectangular que está provida com o componente (702) emissor de luz montado sobre uma face do lado frontal respectivo, e excepto para uma superfície principal estando revestida com material (705) reflector.
12. Dispositivo de acordo com a reivindicação 11 no qual a referida substância fosforescente está contida num material (701) de revestimento montado na referida face do lado frontal e em directo contacto com o componente (702) emissor de luz.
13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 11 no qual a substância fosforescente (706) está instalada numa superfície principal da placa (704) de guia óptica não revestida pelo material (705) reflector.
14. Dispositivo de visualização com LED compreendendo dispositivos de acordo com uma das reivindicações 1 a 4 e

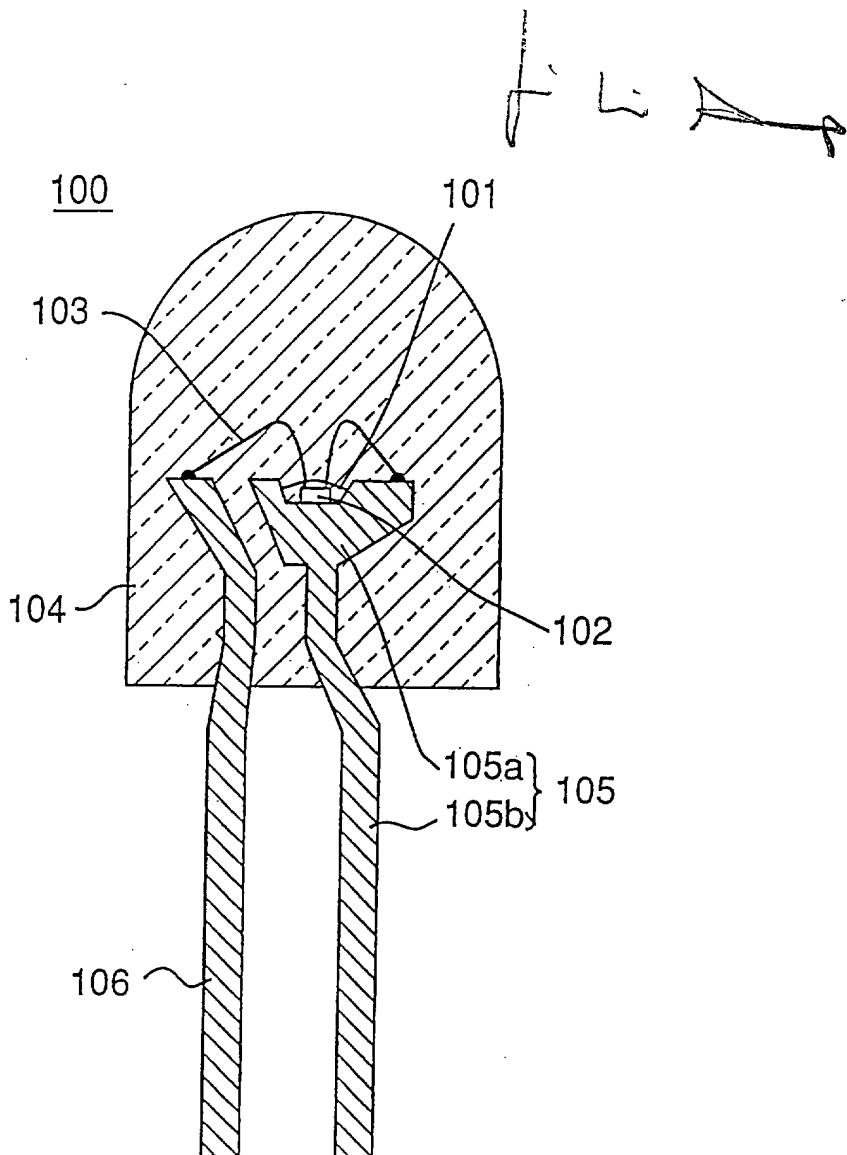
10 dispostos numa matriz e ter um circuito de accionamento que comanda o dispositivo de visualização com LED de acordo com os dados que são nele introduzidos.

Lisboa, 31 de Outubro de 2000

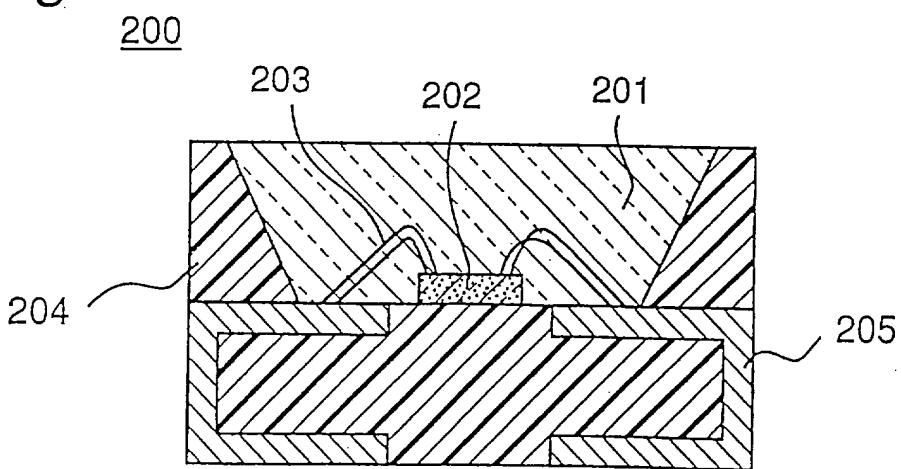
O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

J. - A

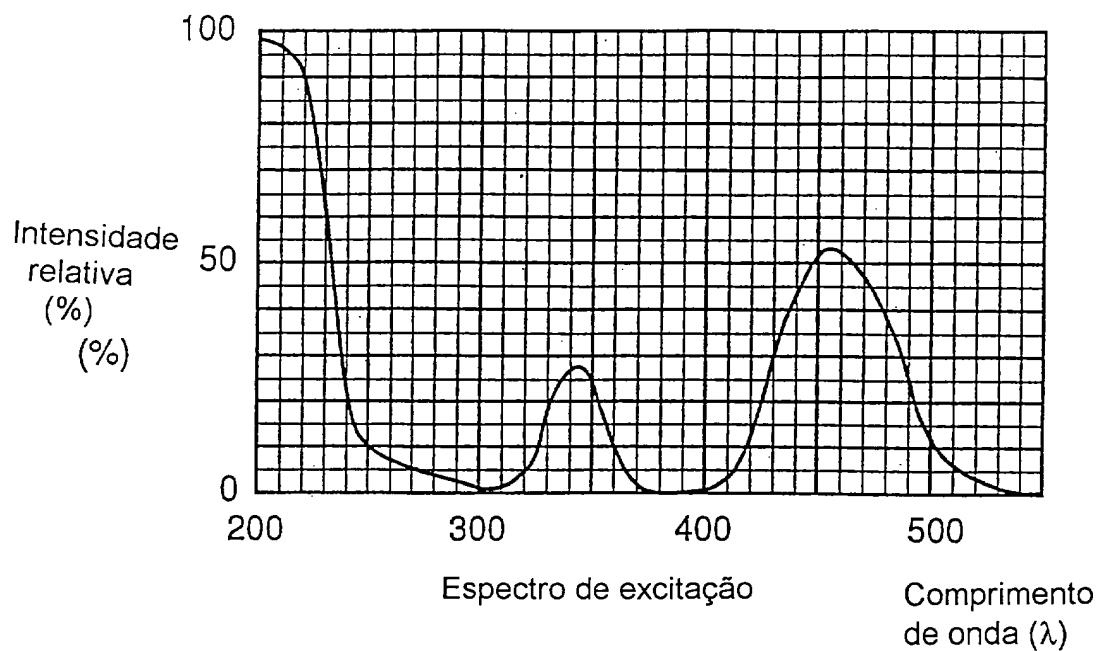
*Fig.1*



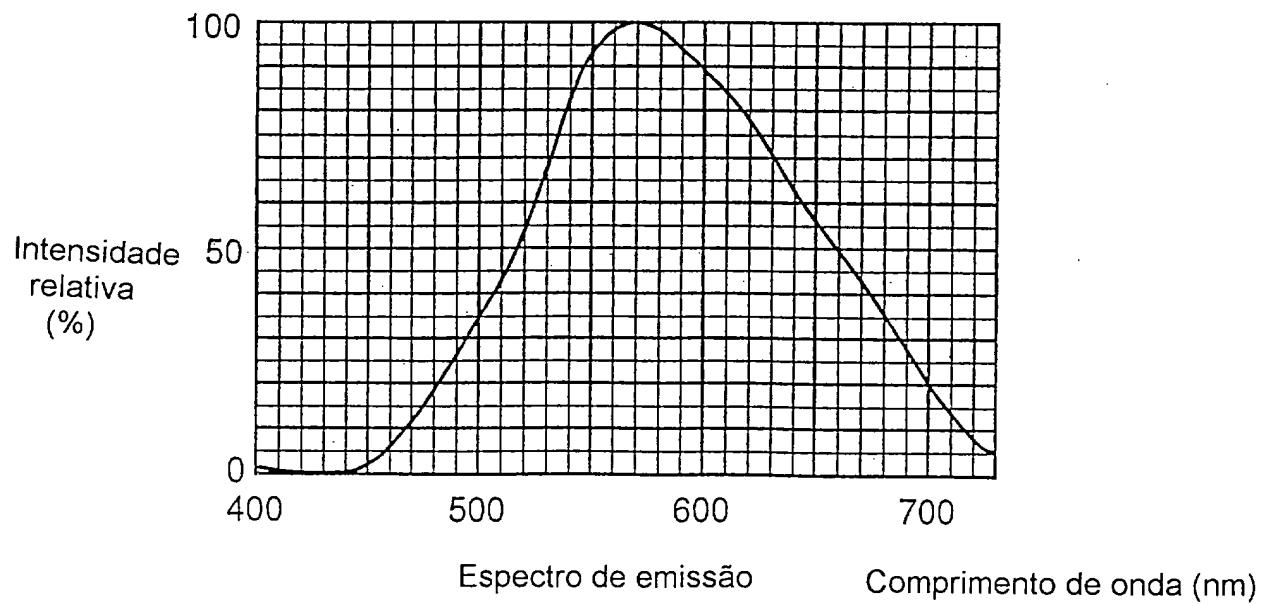
*Fig.2*



*Fig.3A*



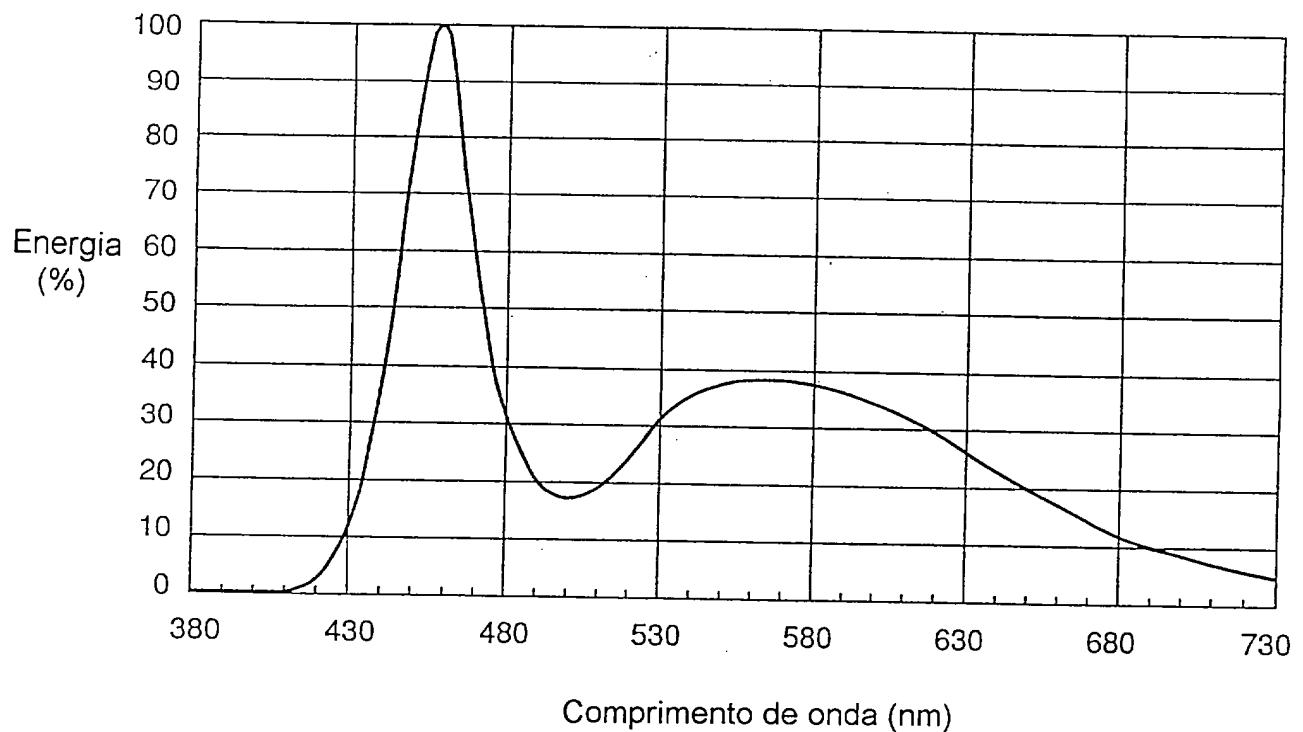
*Fig.3B*



*F Li A*

*Fig.4*

Espectro de emissão



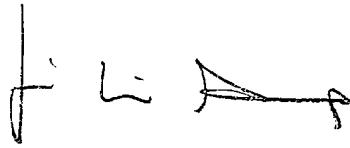


Fig.5A

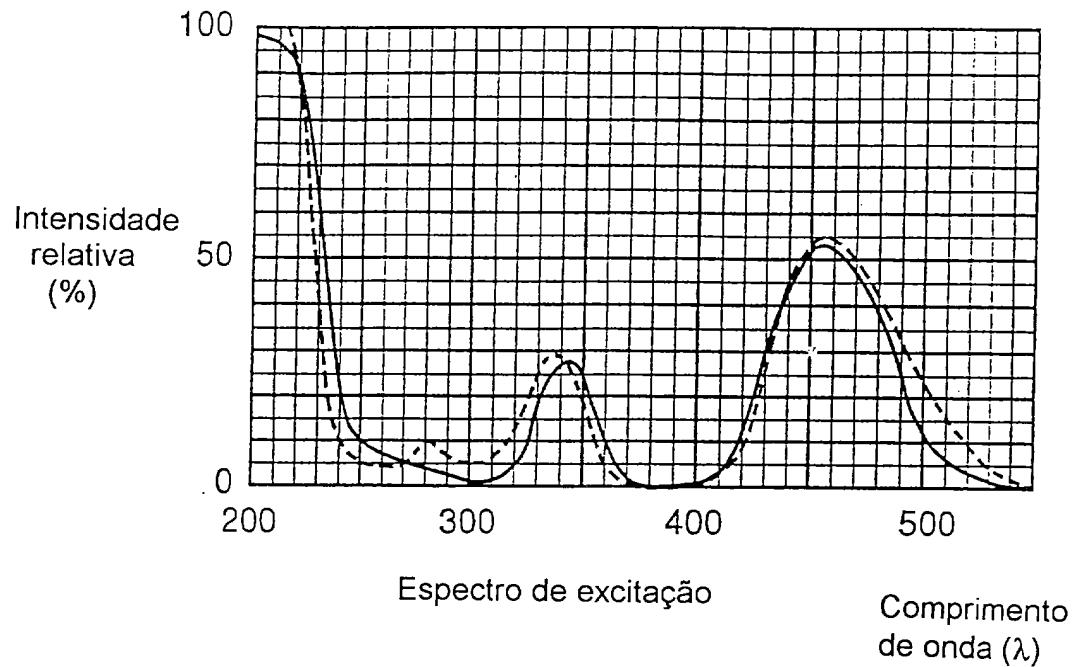
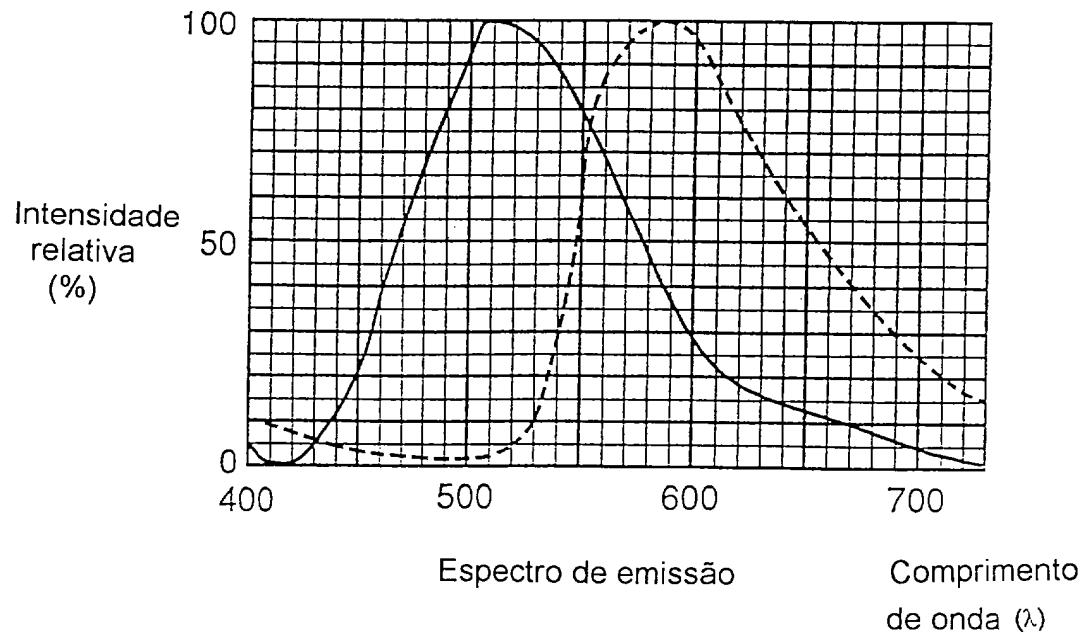
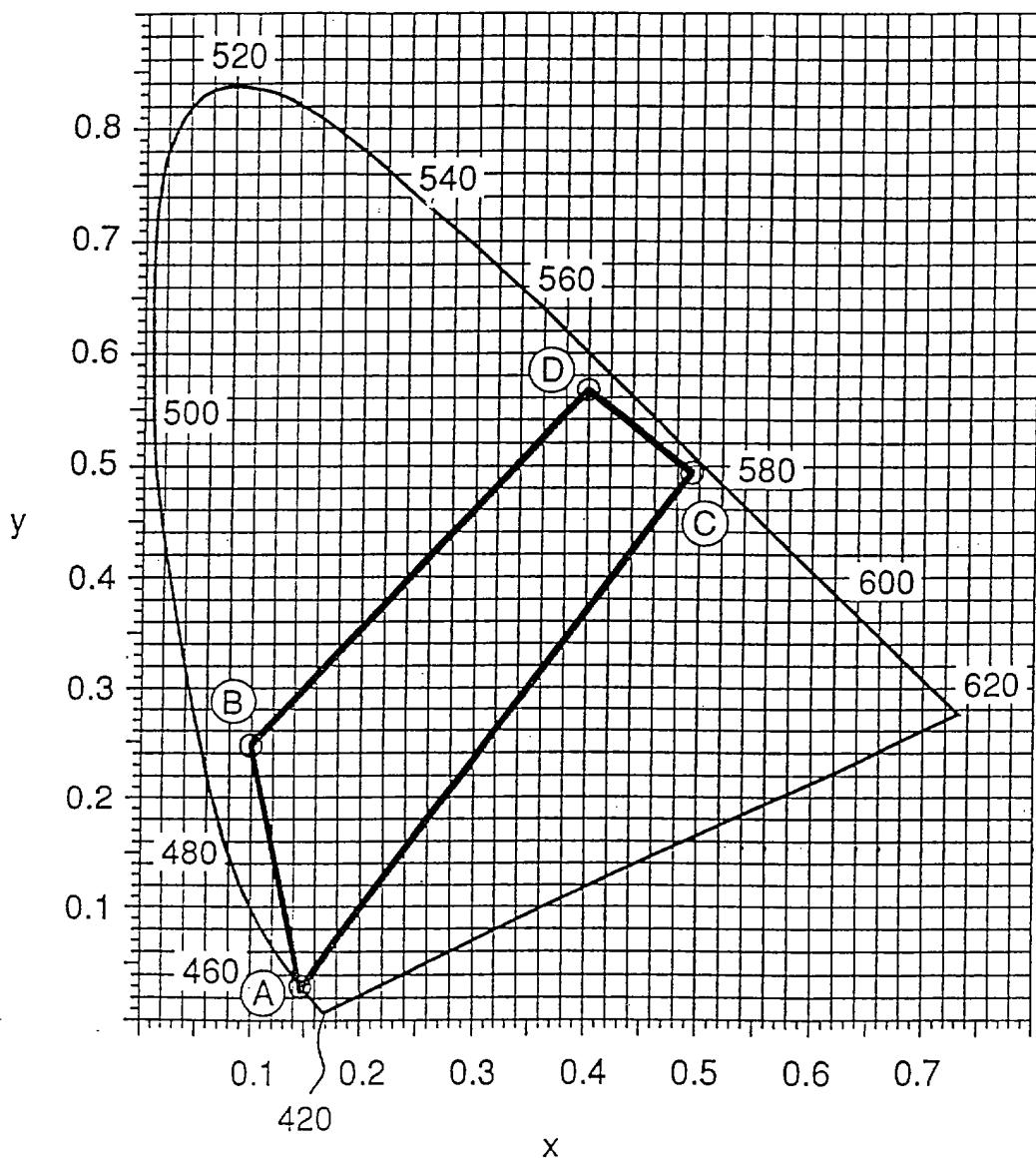


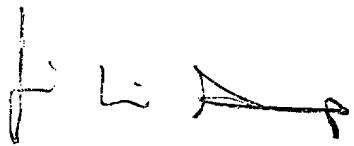
Fig.5B



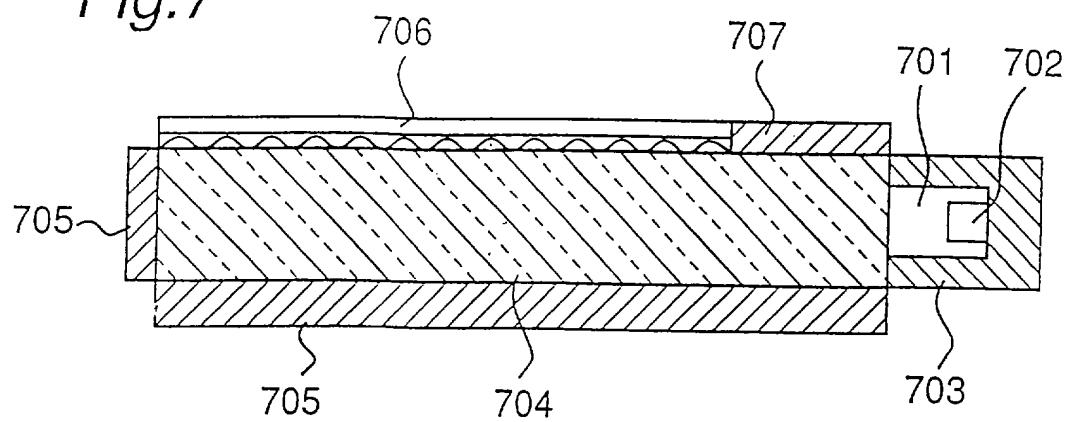
F J A

Fig.6

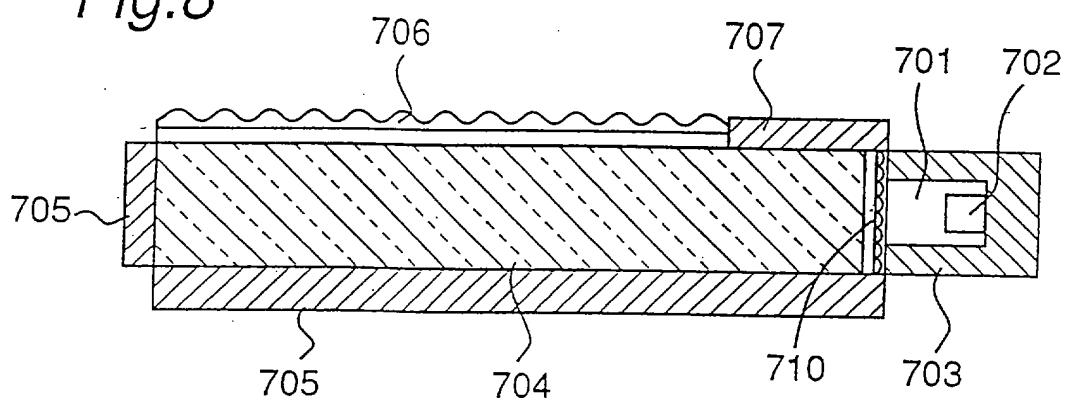




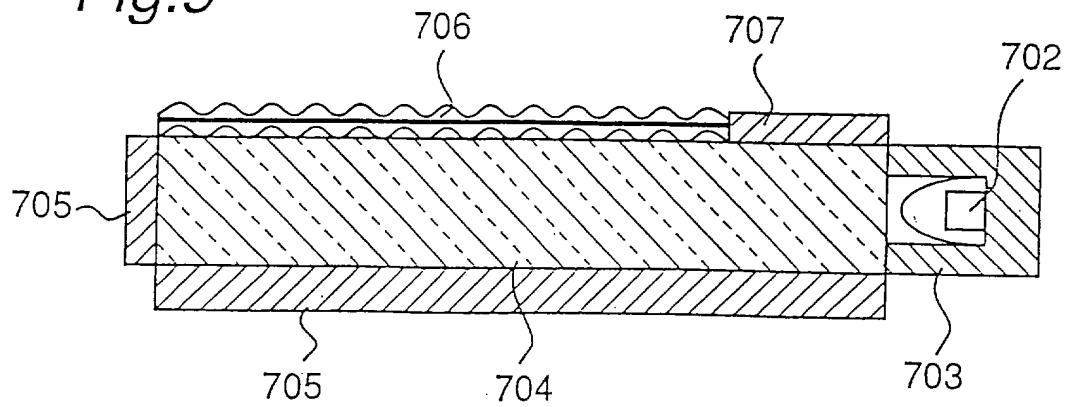
*Fig. 7*



*Fig. 8*



*Fig. 9*



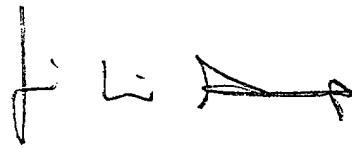
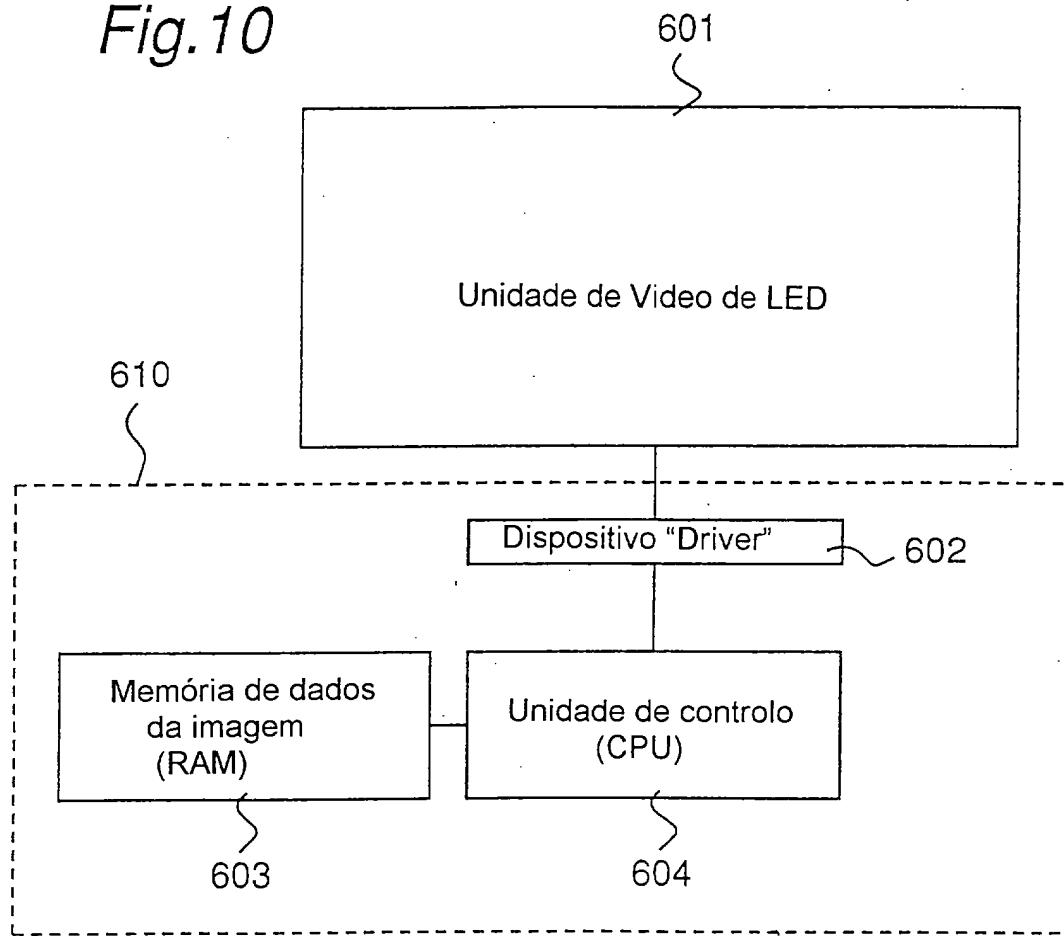
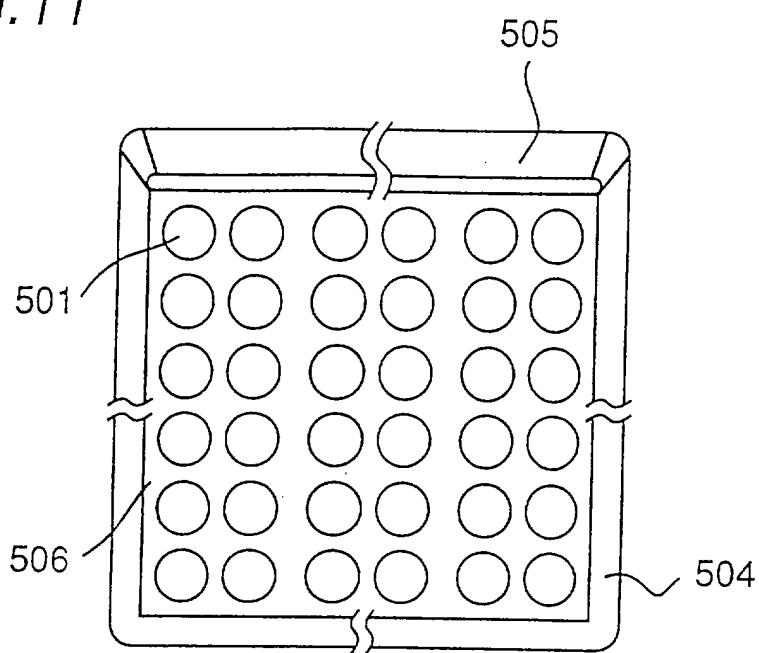


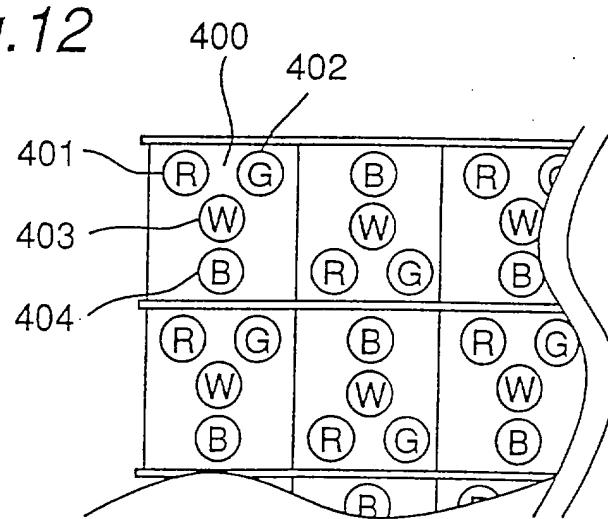
Fig. 10



*Fig. 11*



*Fig. 12*



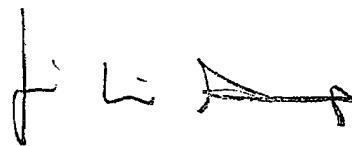


Fig. 13A

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

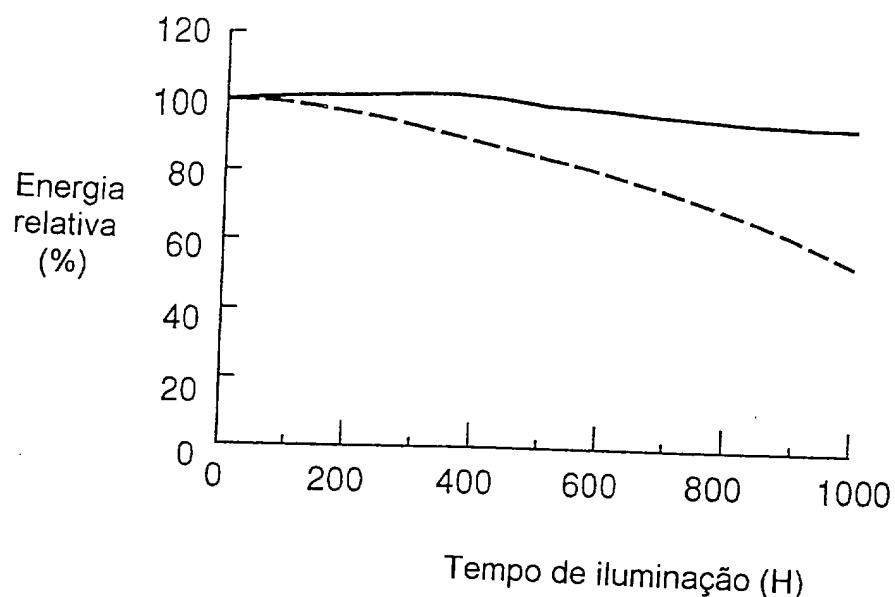
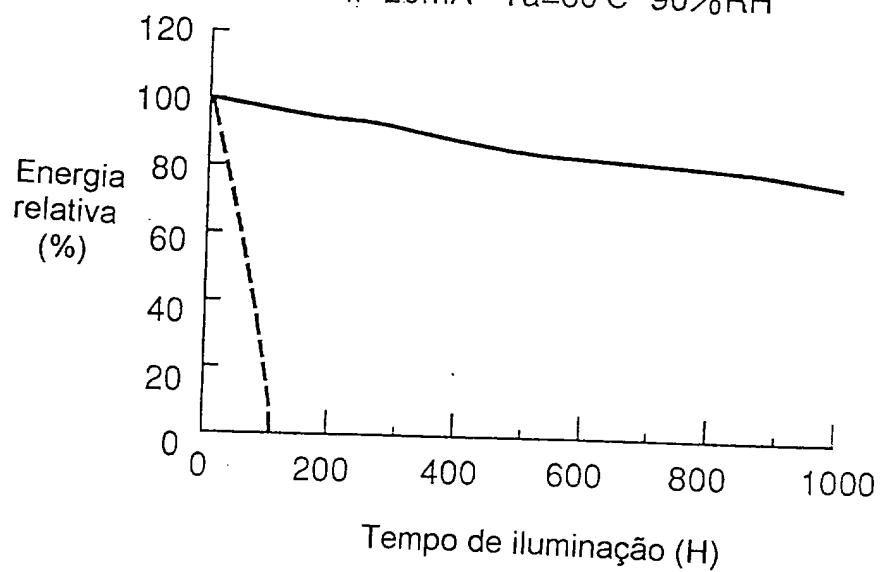


Fig. 13B

Teste de duração

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



F L A

Fig. 14A

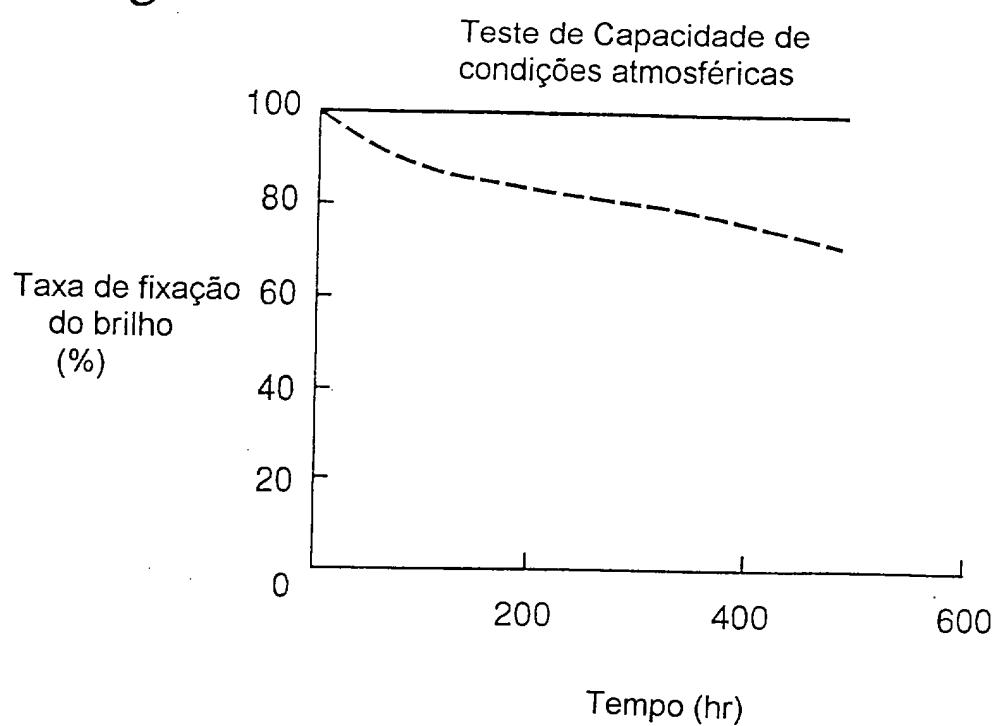
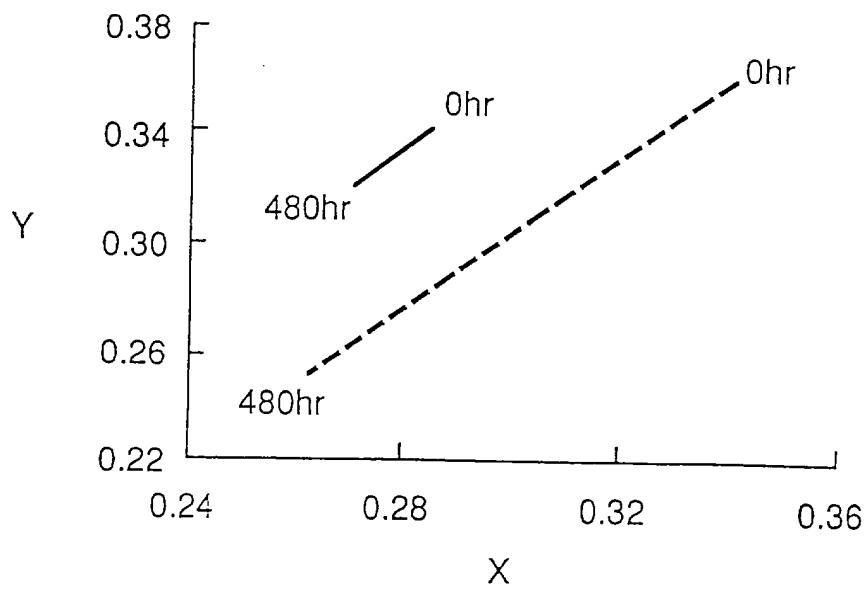


Fig. 14B



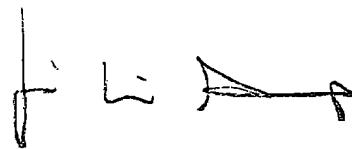


Fig. 15A

Teste de segurança

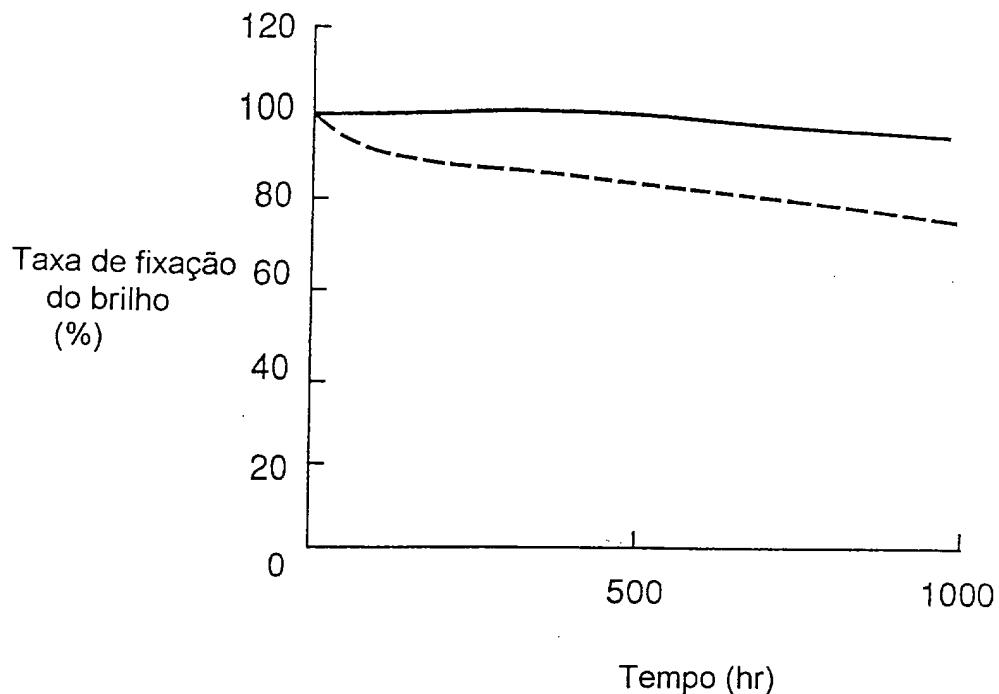
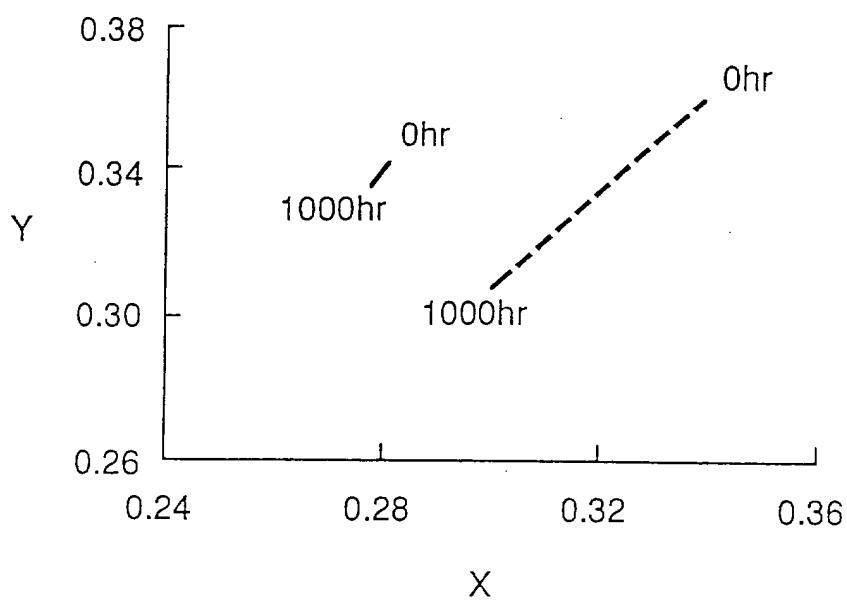
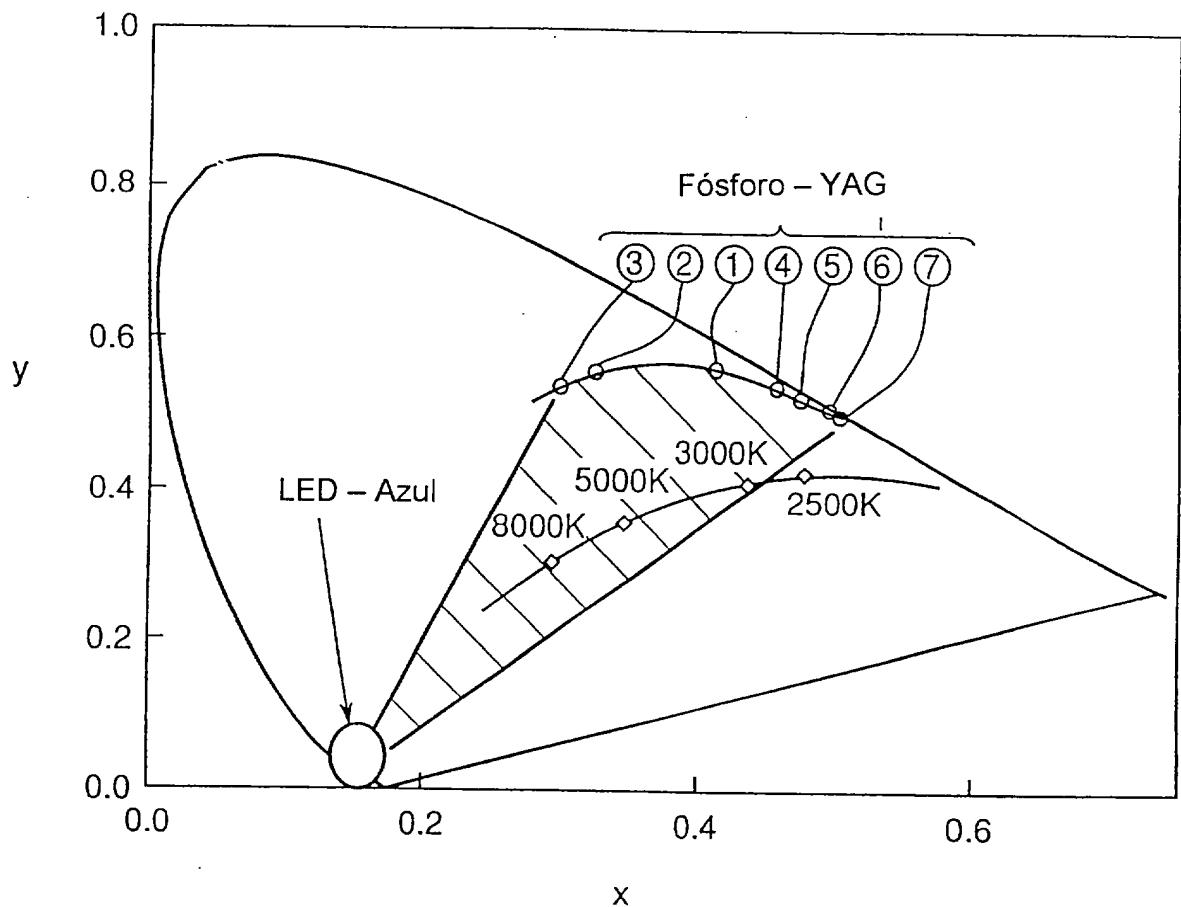


Fig. 15B



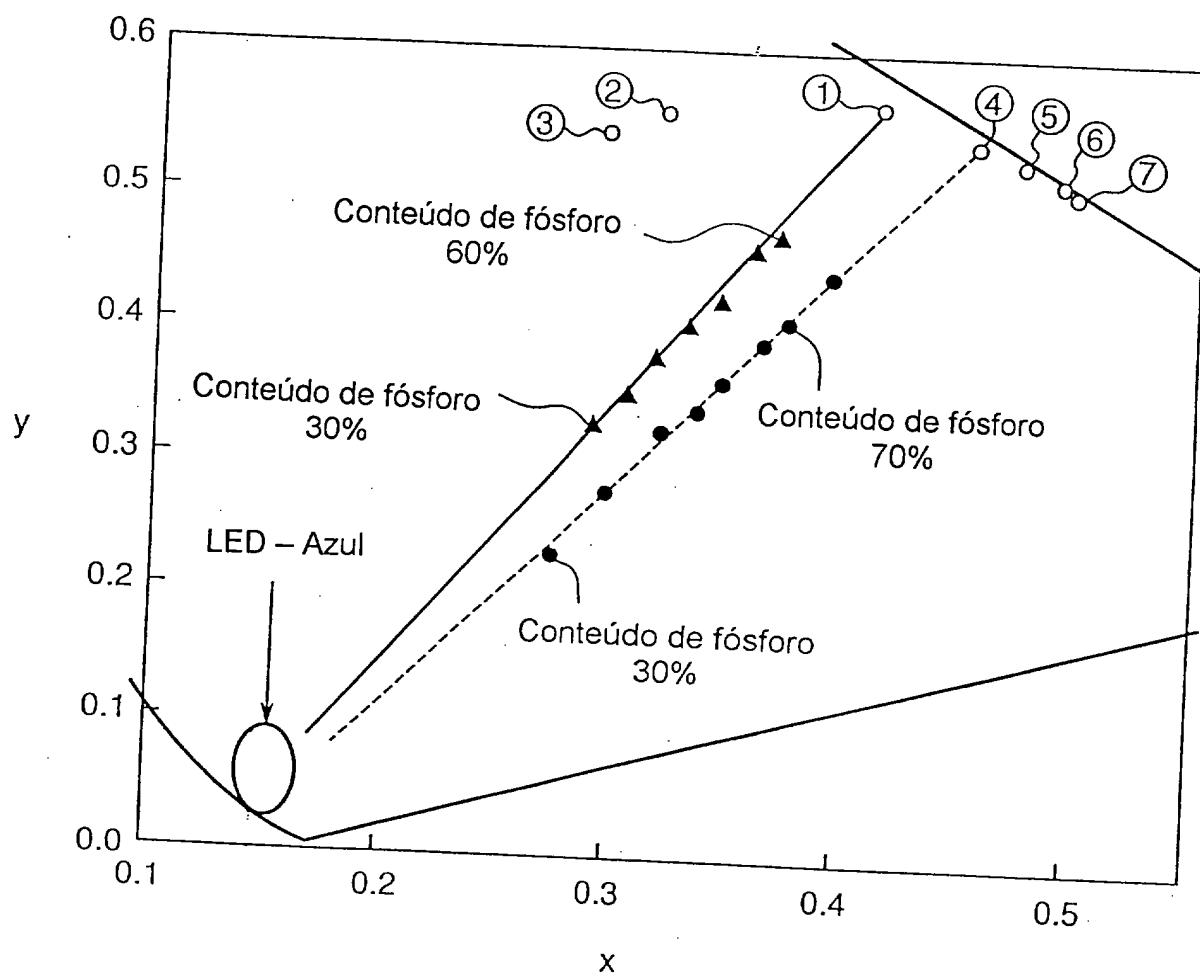
F L A

Fig. 16

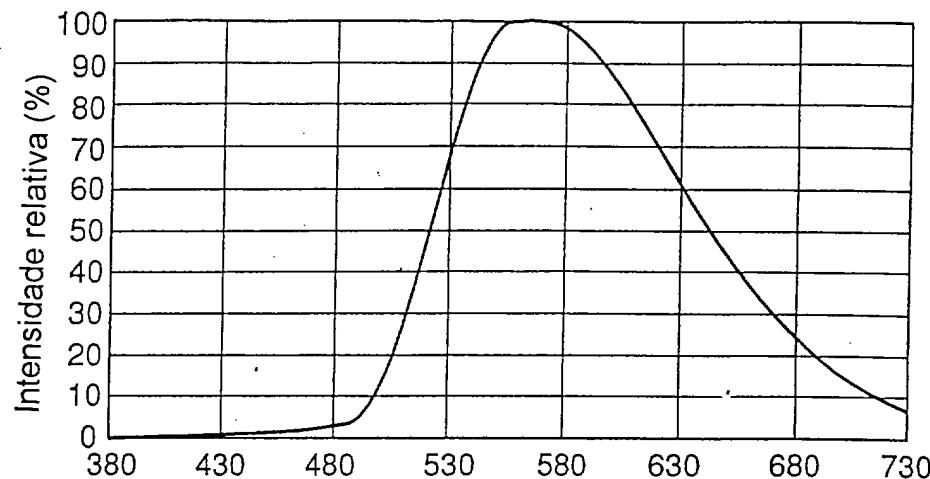


F L A

Fig. 17

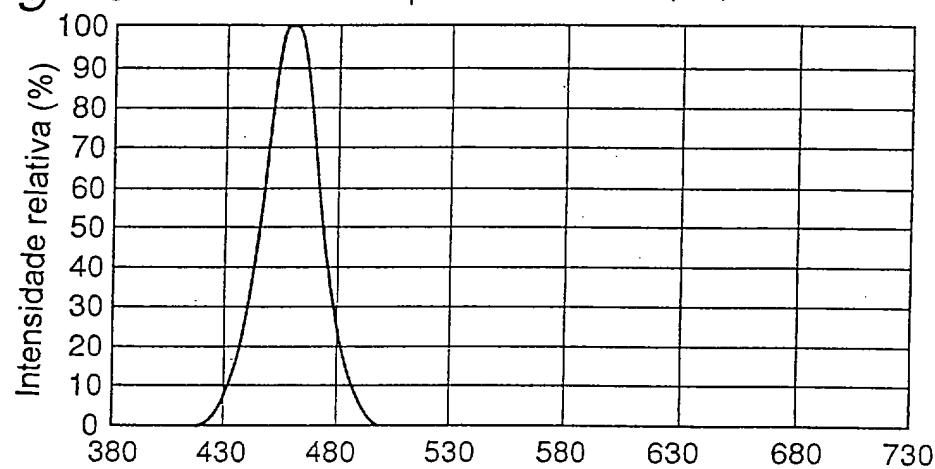


*Fig. 18A*



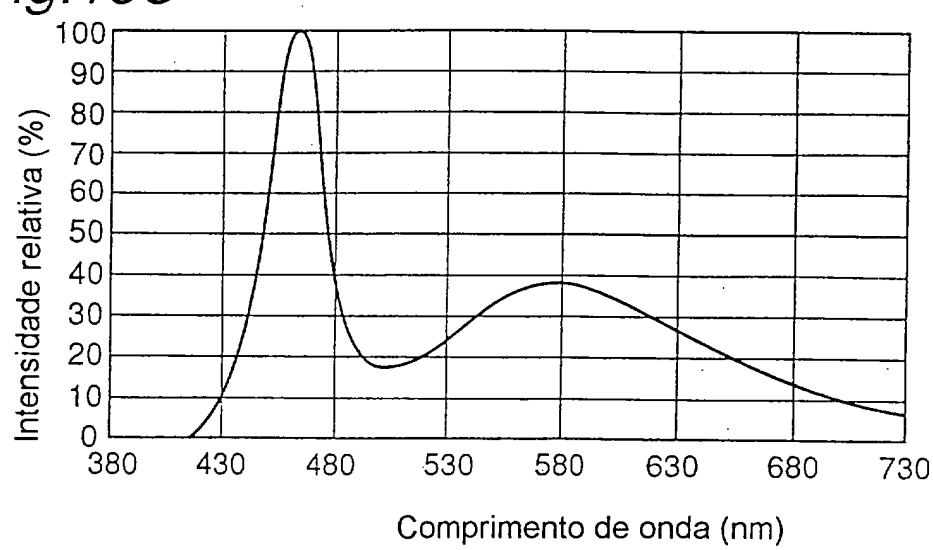
*Fig. 18B*

Comprimento de onda (nm)

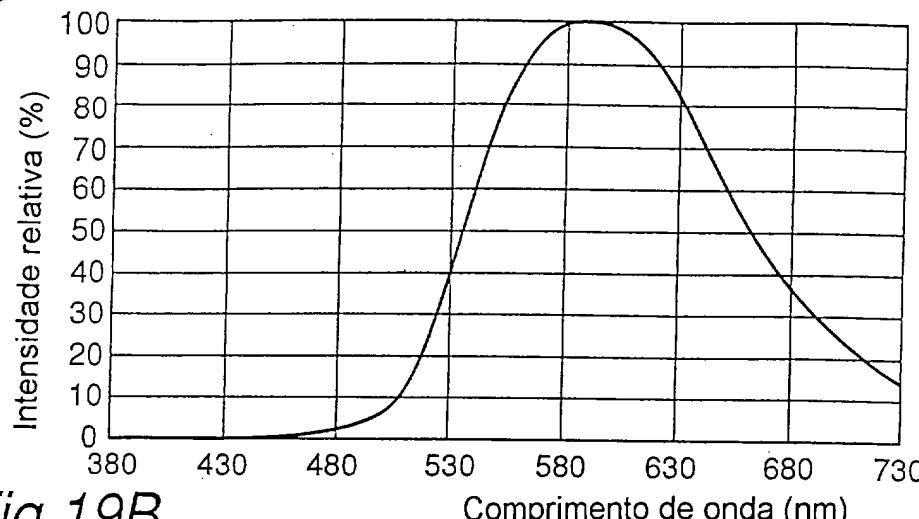


*Fig. 18C*

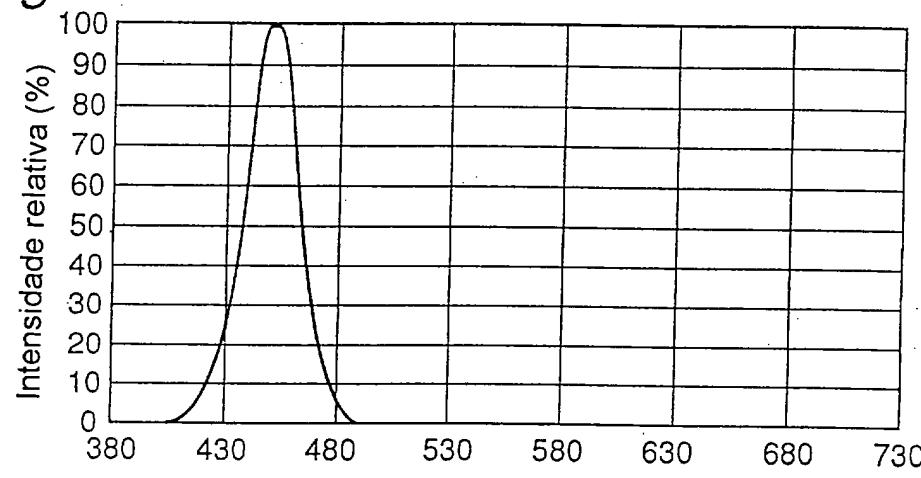
Comprimento de onda (nm)



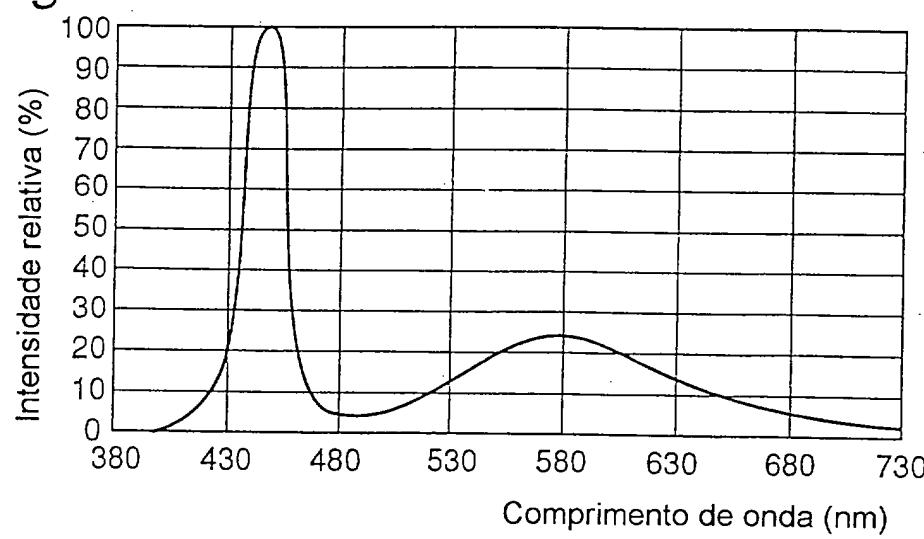
*Fig. 19A*



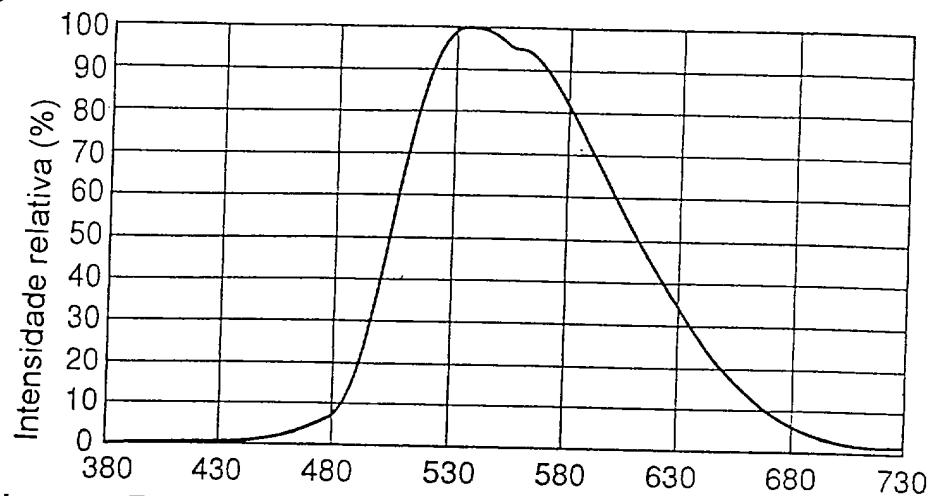
*Fig. 19B*



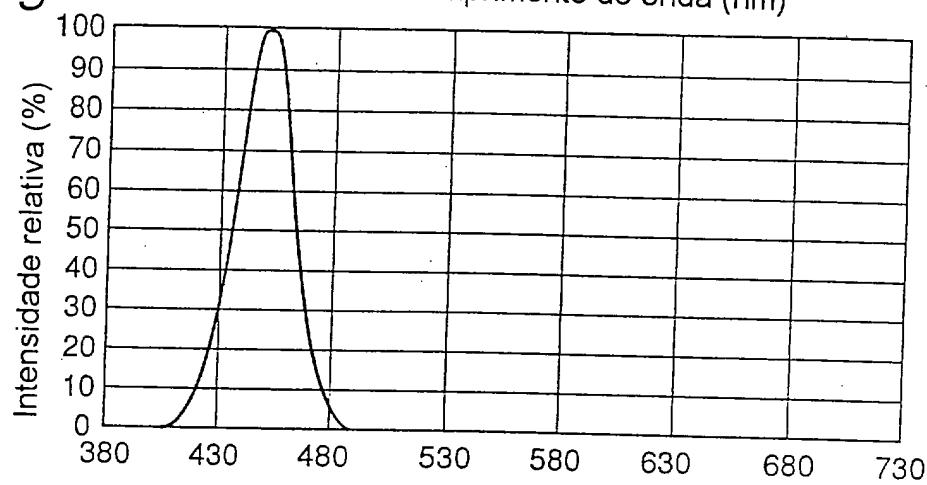
*Fig. 19C*



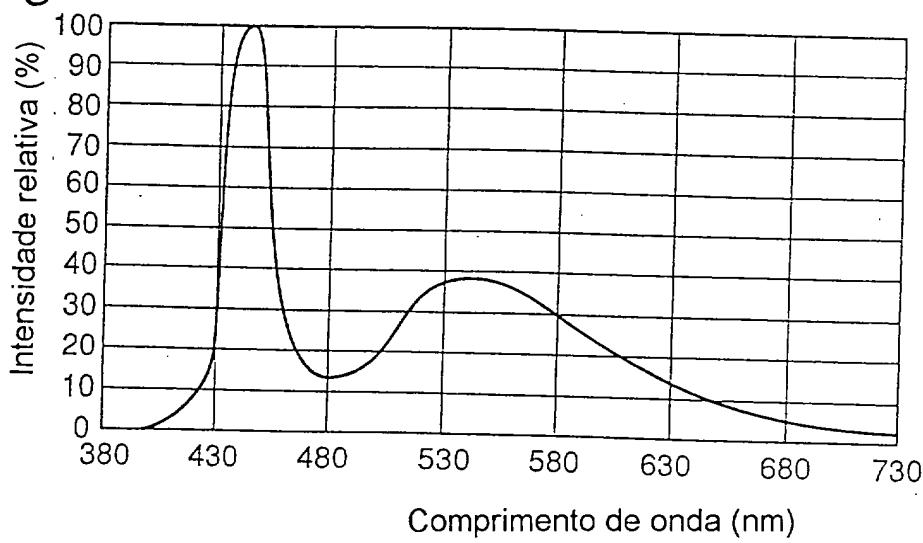
*Fig.20A*



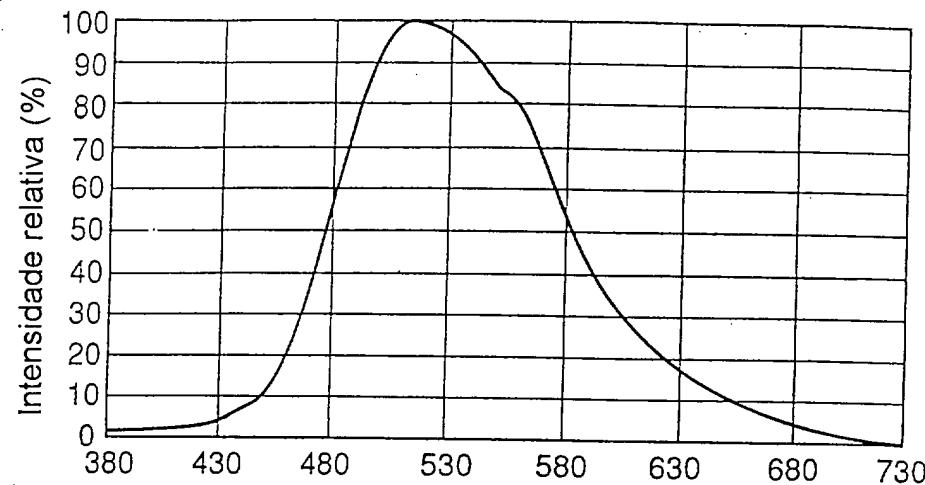
*Fig.20B*



*Fig.20C*

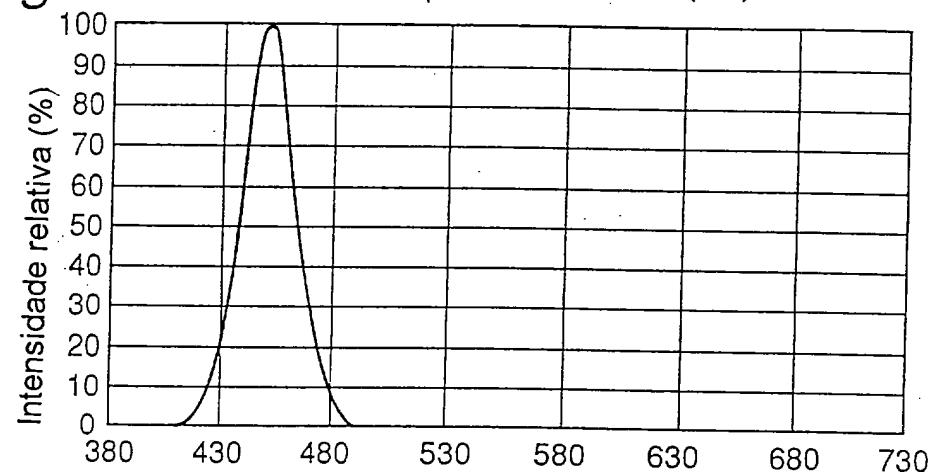


*Fig.21A*



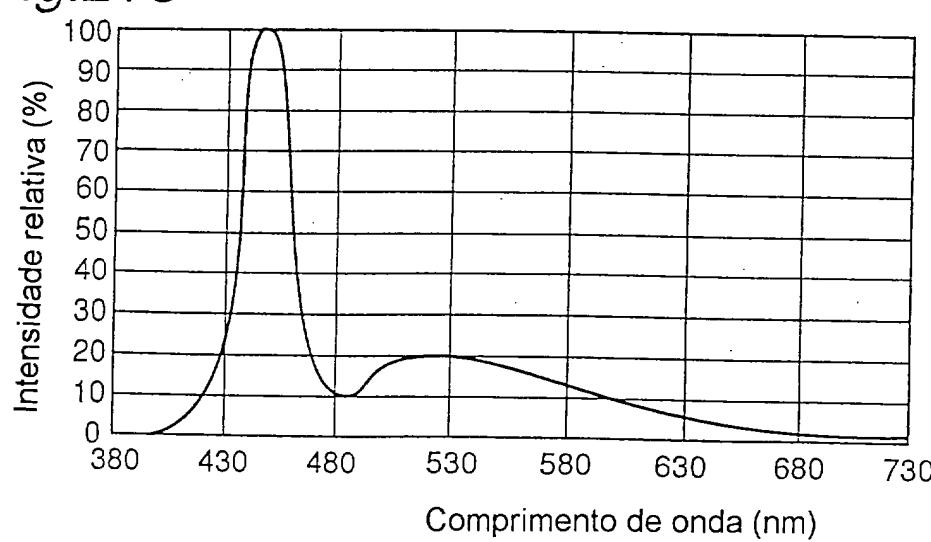
*Fig.21B*

Comprimento de onda (nm)

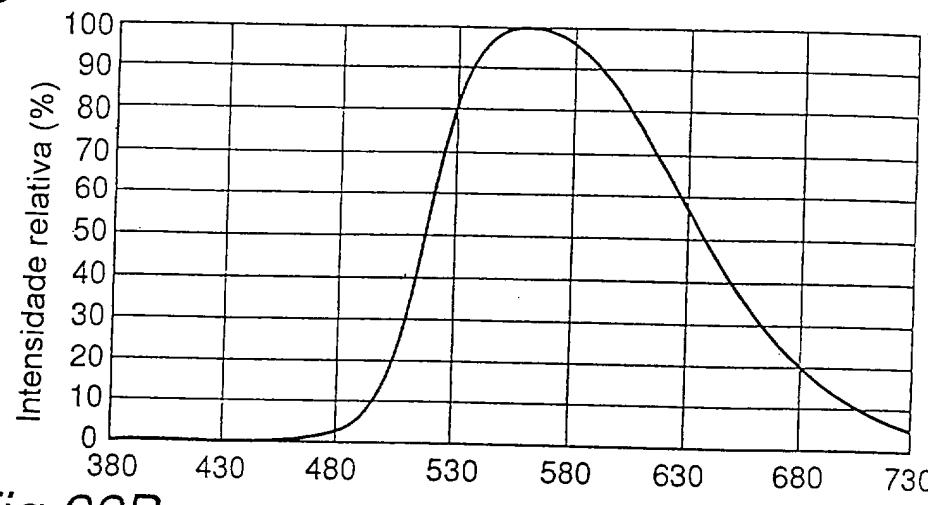


*Fig.21C*

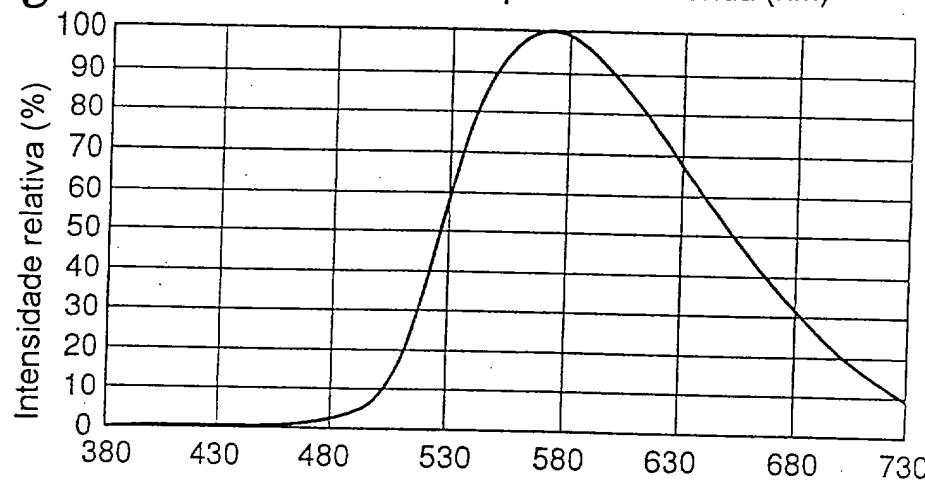
Comprimento de onda (nm)



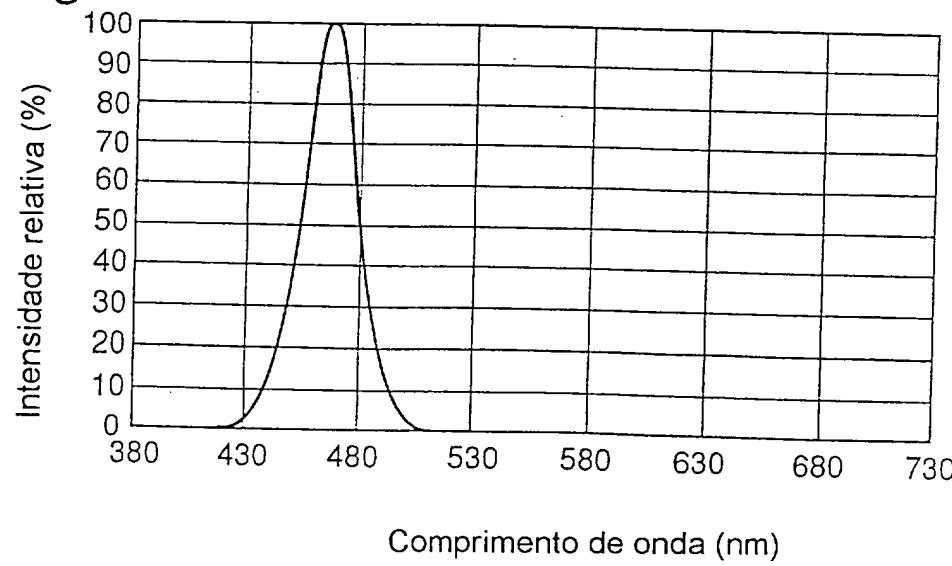
*Fig.22A*



*Fig.22B*



*Fig.22C*



*Fig.23*

