



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 9715264-1 B1

(22) Data do Depósito: 29/07/1997

(45) Data de Concessão: 09/05/2017



(54) Título: DISPOSITIVO DE EMISSÃO DE LUZ

(51) Int.Cl.: H01L 33/00

(30) Prioridade Unionista: 17/09/1996 JP 8/244339, 18/09/1996 JP 8/245381, 27/12/1996 JP 8/359004, 29/07/1996 JP 8/198585, 31/03/1997 JP 9/81010

(73) Titular(es): NICHIA CORPORATION

(72) Inventor(es): YOSHINORI SHIMIZU; KENSHO SAKANO; YASUNOBU NOGUCHI; TOSHIO MORIGUCHI

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**DISPOSITIVO DE EMISSÃO DE LUZ**".

Dividido do PI 9710792-1, depositado em 29.07.1997.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 (Campo da Invenção)

A presente invenção refere-se a um diodo emissor de luz usado em um display de LED, uma fonte de luz de fundo, um sinal de trânsito, um sinal de ferrovia, uma chave de iluminação, um indicador, etc. Mais particularmente, ela refere-se a um dispositivo de emissão de luz (LED) que compreende uma substância fosforescente, o qual converte o comprimento de onda de luz emitida por um componente de emissão de luz e emite luz, e um dispositivo de exibição usando o dispositivo de emissão de luz.

(Descrição da Técnica Relacionada)

Um diodo emissor de luz é compacto e emite luz de cor clara com alta eficiência. Ele também está livre de um problema tal como queima e tem boa característica de acionamento inicial, alta resistência à vibração e durabilidade para suportar operações repetidas de liga/desliga, por causa de seu elemento semicondutor. Assim, ele foi amplamente usado em aplicações como indicadores variados e fontes de luz variadas. Recentemente, diodos emissores de luz para cores RGB (vermelho, verde e azul) tendo uma luminância ultra-alta e alta eficiência foram desenvolvidos, e displays de LED de tela grande usando esses diodos emissores de luz foram colocados em uso. O display de LED pode ser operado com menos potência e tem características boas tais como peso leve e vida útil longa, e, portanto, espera-se que seja mais amplamente usado no futuro.

Recentemente, foram feitas várias tentativas de se fazer fontes de luz branca, usando diodos emissores de luz. Devido ao diodo emissor de luz ter um espectro de emissão favorável para gerar luz monocromática, a confecção de uma fonte de luz para luz branca requer dispor três componentes de emissão de luz de R, G e B próximos uns dos outros enquanto se difunde e mistura a luz emitida por eles. Quando da geração da luz branca com um arranjo como esse, tem sido um problema o fato da luz branca do

tom desejado não poder ser gerada devido a variações no tom, luminância e outros fatores do componente de emissão de luz. Também, quando os componentes de emissão de luz são feitos de materiais diferentes, a energia elétrica requerida para o acionamento difere de um diodo emissor de luz para o outro, tornando necessário aplicar voltagens diferentes aos componentes de emissão de luz, o que leva a um circuito de acionamento complexo. Mais ainda, devido aos componentes de emissão de luz serem componentes de emissão de luz semicondutores, o tom de cor está sujeito a variações devido à diferença de características de temperatura, mudanças cronológicas e ambiente operacional, ou uma não uniformidade de cor pode ser causada devido a uma falha na mistura de modo uniforme da luz emitida pelos componentes de emissão de luz. Assim, os diodos emissores de luz são eficazes como dispositivos de emissão de luz para geração de cores individuais, apesar de uma fonte de luz satisfatória capaz de emitir luz branca pelo uso de componentes de emissão de luz não ter sido obtida até agora.

De modo a resolver esses problemas, o presente requerente desenvolveu previamente diodos emissores de luz os quais convertem a cor da luz, a qual é emitida pelos componentes de emissão de luz, por meio de um material fluorescente mostrado na Patente Japonesa Kokai No. 5-152609, 7-99345, 7-176794 e 8-8614. Os diodos emissores de luz mostrados nessas publicações são tais que, pelo uso de componentes de emissão de luz de um tipo, são capazes de gerar luz de cor branca e de outras cores, e são constituídos como se segue.

O diodo emissor de luz mostrado nas publicações acima são feitos pela montagem de um componente de emissão de luz, que tem um espectro de emissão de alta energia de camada de emissão de luz, em um invólucro provido na ponta de uma armação de fio, e tendo um material fluorescente que absorve a luz emitida pelo componente de emissão de luz e emite luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida (conversão de comprimento de onda), contido em um molde de resina que cobre o componente de emissão de luz.

O diodo emissor de luz mostrado como descrito acima capaz de

emitir luz branca pela mistura da luz de uma pluralidade de fontes pode ser feito usando-se um componente de emissão de luz capaz de emitir luz azul e moldando o componente de emissão 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.

Contudo, os diodos emissores de luz convencionais têm problemas tais como deterioração do material fluorescente levando a um desvio do tom da cor e ao escurecimento do material fluorescente, resultando em uma eficiência diminuída de extração de luz. O escurecimento refere-se aqui, no caso de uso de um material fluorescente inorgânico, tal como um material fluorescente de (Cd,Zn)S, por exemplo, à parte dos elementos de metal que constituem o material fluorescente se precipitarem ou mudarem suas propriedades que levam à coloração ou, no caso de se usar um material fluorescente orgânico, a coloração devido à quebra de ligação dupla na molécula. Especialmente quando um componente de emissão de luz feito de um semicondutor tendo um espectro de emissão de alta energia é usado para melhorar a eficiência de conversão do material fluorescente (isto é, a energia de luz emitida pelo semicondutor é aumentada e o número de fótons tendo energias acima de um limite que podem ser absorvidos pelo material fluorescente aumenta, resultando em mais luz sendo absorvida), ou a quantidade de consumo de material fluorescente é diminuída (isto é o material fluorescente é irradiado com uma energia relativamente mais alta), a energia de luz absorvida pelo material fluorescente inevitavelmente aumenta, resultando em uma degradação mais significativa do material fluorescente. O uso do componente de emissão de luz com intensidade mais alta de emissão de luz por um período de tempo estendido causa ainda uma degradação mais significativa do material fluorescente.

Também, o material fluorescente provido nas vizinhanças de um componente de emissão de luz pode estar exposto a uma alta temperatura, tal como a temperatura elevada do componente de emissão de luz e o calor transmitido do ambiente externo (por exemplo, luz do sol no caso do dispositivo ser usado em ambientes externos).

Ainda, alguns materiais fluorescentes estão sujeitos a uma deterioração acelerada devido à combinação de umidade introduzida do exterior ou introduzida durante o processo de produção, de luz e calor transmitidos do componente de emissão de luz.

- 5 Quando se trata de um corante orgânico de propriedade iônica, o campo elétrico de corrente contínua nas vizinhanças do chip pode causar eletroforese, resultando em uma mudança no tom da cor.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

- 10 Assim, um objeto da presente invenção é resolver os problemas descritos acima e prover um dispositivo de emissão de luz que experimente apenas graus extremamente baixos de deterioração na intensidade de emissão de luz, eficácia luminosa de luz e desvio de cor por um longo tempo de uso com alta luminância.

- 15 O presente requerente completou a presente invenção através de pesquisas baseadas na hipótese de que um dispositivo de emissão de luz tendo um componente de emissão de luz e um material fluorescente deve se adequar às seguintes exigências para que se obtenha o objeto mencionado acima.

- 20 (1) O componente de emissão de luz deve ser capaz de emitir luz de alta luminância com uma característica de emissão de luz que seja estável por um longo tempo de uso.

- 25 (2) O material fluorescente sendo provido nas vizinhanças do componente de emissão de luz de alta luminância deve mostrar uma resistência excelente contra luz e calor, de modo que as propriedades do mesmo não mudem mesmo quando usado por um período de tempo estendido enquanto é exposto a uma luz de alta intensidade emitida pelo componente de emissão de luz (particularmente, o material fluorescente provido nas vizinhanças do componente de emissão de luz é exposto a uma luz de uma intensidade de radiação tão alta quanto cerca de 30 a 40 vezes àquela da luz do sol, de acordo com a estimativa, e é requerido que tenha mais durabilidade contra luz conforme o componente de emissão de luz de alta luminância é usado).
- 30

(3) Com respeito à relação com o componente de emissão de luz, o material fluorescente deve ser capaz de absorver com alta eficiência à luz de alta monocromaticidade emitida pelo componente de emissão de luz e emitindo luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz emitida pelo componente de emissão de luz.

Assim, a presente invenção provê um dispositivo de emissão de luz, que compreende um componente de emissão de luz e uma substância fosforescente, capaz de absorver uma parte da luz emitida pelo componente de emissão de luz e emitindo luz de comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida; em que o referido componente de emissão de luz compreende um semiconductor de composto de nitreto representado pela fórmula $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$, (onde $0 \leq i$, $0 \leq j$, $0 \leq k$ e $i + j + k = 1$) e a referida substância fosforescente contém um material fluorescente de granada compreendendo pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Y, Lu, Sc, La, Gd e Sm, e pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Al, Ga e In, e sendo ativado com cério.

O semiconductor de composto de nitreto (genericamente representado pela fórmula química $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$, onde $0 \leq i$, $0 \leq j$, $0 \leq k$ e $i + j + k = 1$, mencionada acima, contém vários materiais, incluindo InGaN e GaN, dopados com várias impurezas.

A substância fosforescente mencionada acima contém vários materiais definidos como descrito acima, incluindo $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ e $\text{Gd}_3\text{In}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$.

Devido ao fato do dispositivo de emissão de luz da presente invenção usar o componente de emissão de luz feito de um semiconductor de composto de nitreto capaz de emitir luz com alta luminância, o dispositivo de emissão de luz é capaz de emitir luz com alta luminância. Também, a substância fosforescente usada no dispositivo de emissão de luz tem excelente resistência contra luz, de modo que as propriedades fluorescentes da mesma experimentam menos mudança mesmo quando usada por um período de tempo estendido, enquanto sendo exposta à luz de alta intensidade. Isso torna possível reduzir a degradação de características durante um período

de uso longo e reduzir a deterioração devido à luz de alta intensidade emitida pelo componente de emissão de luz, bem como luz externa (luz do sol, incluindo luz ultravioleta, etc.) durante um uso ao ar livre, desse modo provendo um dispositivo de emissão de luz que experimenta um desvio de cor extremamente menor e menor diminuição de luminância. O dispositivo de emissão de luz da presente invenção também pode ser usado em aplicações que requeiram velocidades de resposta tão altas quanto 120 nseg., por exemplo, porque a substância fosforescente usada aqui permite uma luminescência residual apenas por um período de tempo curto.

10 A substância fosforescente usada no diodo emissor de luz da presente invenção preferencialmente contém um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada que contém Y e Al, o qual permite aumentar a luminância do dispositivo de emissão de luz.

15 No dispositivo de emissão de luz da presente invenção, a substância fosforescente pode ser um material fluorescente representado por uma 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 selecionado dentre Y e Gd, caso esse em que boas características podem ser obtidas de modo similar ao caso em que o material fluorescente de ítrio - alumínio - granada é usado.

20 Também no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, é preferível, com a finalidade de reduzir a dependência da temperatura das características de emissão de luz (comprimento de onda de luz emitida, intensidade da emissão de luz, etc.), usar um material fluorescente representado por uma fórmula geral $(\text{Y}_{1-p-q-r}\text{Gd}_p\text{Ce}_q\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}$ como a substância fosforescente, onde $0 \leq p \leq 0,8$, $0,003 \leq q \leq 0,2$, $0,0003 \leq r \leq 0,08$ e $0 \leq s \leq 1$.

25 Também no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, a substância fosforescente pode compreender dois ou mais materiais fluorescentes de ítrio - alumínio - granada, ativados com cério, de composições diferentes incluindo Y e Al. Com esta configuração, a luz de cor desejada pode ser emitida pelo controle do espectro de emissão da substância fosforescente de acordo com a propriedade (comprimento de onda de luz emitida)

do componente de emissão de luz.

Ainda no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, de modo a se ter uma luz de comprimento de onda específico emitida pelo dispositivo de emissão de luz, é preferível que a substância fosforescente contenha dois ou mais materiais fluorescentes de composições diferentes representadas 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 selecionado dentre Y e Gd.

Também no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, de modo a controlar o comprimento de onda de luz emitida, a substância fosforescente pode conter um primeiro material fluorescente representado pela fórmula geral $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ e um segundo material fluorescente representado pela fórmula geral $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$, onde $0 \leq s \leq 1$ e Re é pelo menos um selecionado dentre Y, Gd e La.

Também no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, de modo a controlar o comprimento de onda de luz emitida, a substância fosforescente pode ser um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada contendo um primeiro material fluorescente e um segundo material fluorescente, com partes diferentes de cada ítrio sendo substituídas por gadolínio.

Ainda no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, é preferível que o pico de emissão principal do componente de emissão de luz seja regulado na faixa entre 400 nm e 530 nm, e o comprimento de onda de emissão principal da substância fosforescente seja regulado para ser mais longo do que o pico de emissão principal do componente de emissão de luz. Isso torna possível eficientemente emitir luz branca.

Ainda no dispositivo de emissão de luz da presente invenção, é preferível que a camada de emissão de luz do componente de emissão de luz contenha um semiconductor de nitreto de gálio o qual contenha In, e a substância fosforescente seja um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada, onde uma parte do Al é substituída por Ga, de modo que a proporção de Ga:Al esteja na faixa de 1:1 a 4:6 e uma parte do Y seja substituída por Gd, de modo que a proporção de Y:Gd esteja na faixa de 4:1 a 2:3. O espectro de absorção da substância fosforescente, o qual é controlado como

descrito acima, mostra boa concordância com aquele de luz emitida pelo componente de emissão de luz, o qual contém o semicondutor de nitreto de gálio, incluindo In como a camada de emissão de luz, e é capaz de melhorar a eficiência de conversão (eficácia luminosa de luz). Também a luz, gerada pela mistura de luz azul emitida pelo componente de emissão de luz e luz fluorescente do material fluorescente, é uma luz branca de boa interpretação de cor e, nesse sentido, um dispositivo de emissão de luz excelente pode ser provido.

O dispositivo de emissão de luz de acordo com uma realização da presente invenção compreende uma placa de guia óptica substancialmente retangular provida com o componente de emissão de luz montado sobre uma face lateral da mesma via a substância fosforescente e cujas superfícies da mesma exceto por uma superfície principal são substancialmente cobertas com um material reflexivo, onde a luz emitida pelo componente de emissão de luz é transformada em luz plana pela substância fosforescente e pela placa de guia óptica para ser extraída da superfície principal da placa de guia óptica.

O dispositivo de emissão de luz de acordo com uma outra realização da presente invenção tem uma placa de guia óptica substancialmente retangular, a qual é provida com o componente de emissão de luz montado sobre uma face lateral da mesma e a substância fosforescente instalada em uma superfície principal com as superfícies da mesma e exceto pela superfície principal a ser substancialmente coberta com um material reflexivo, onde a luz emitida pelo componente de emissão de luz é transformada em luz plana pela placa de guia óptica e a substância fosforescente, para ser uma saída da superfície principal da placa de guia óptica.

O dispositivo de exibição de LED de acordo com a presente invenção tem um dispositivo de exibição de LED que compreende os dispositivos de emissão de luz da presente invenção dispostos em uma matriz e um circuito de acionamento o qual aciona o dispositivo de exibição de LED de acordo com um dado de exibição, o qual é introduzido nele. Esta configuração torna possível prover um dispositivo de exibição de LED de preço relati-

vamente baixo, o qual é capaz de uma exibição de alta definição com menos não uniformidade de cor devido ao ângulo de visão.

O diodo emissor de luz de acordo com uma realização da presente invenção compreende:

- 5 um fio de montagem que tem um invólucro e um fio;
- um chip de LED montado no invólucro do fio de montagem com um dos eletrodos sendo eletricamente conectado ao fio de montagem;
- um material de revestimento transparente preenchendo o invólucro para cobrir o chip de LED; e
- 10 um diodo emissor de luz que tem um material de moldagem o qual cobre o chip de LED coberto pelo material de revestimento incluindo o invólucro do fio de montagem, o fio interno e um outro eletrodo do chip de LED, onde

o chip de LED é um semicondutor de composto de nitreto e o material de revestimento contém pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Y, Lu, Sc, La, Gd e Sm, pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Al, Ga e In, e uma substância fosforescente feito de material fluorescente de granada ativado com cério.

20 A substância fosforescente usada no diodo emissor de luz da presente invenção preferencialmente contém um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada que contém Y e Al.

No diodo emissor de luz da presente invenção, a substância fosforescente pode ser um material fluorescente representado por uma fórmula
25 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 selecionado dentre Y e Gd.

Também no diodo emissor de luz da presente invenção, o material fluorescente representado por uma fórmula geral $(\text{Y}_{1-p-q-r}\text{Gd}_p\text{Ce}_q\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}$ pode ser usado como a substância fosforescente, onde $0 \leq p \leq$
30 0,8, $0,003 \leq q \leq 0,2$, $0,0003 \leq r \leq 0,08$ e $0 \leq s \leq 1$.

No diodo emissor de luz da presente invenção, a substância fosforescente preferencialmente contém dois ou mais materiais fluorescentes

de ítrio - alumínio - granada, ativados com cério, de composições diferentes incluindo Y e Al, de modo a controlar a luz emitida para um comprimento de onda desejado.

5 No diodo emissor de luz da presente invenção, de modo similar, dois ou mais materiais fluorescentes de composições diferentes representados por uma 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 selecionado dentre Y e Gd podem ser usados como a substância fosforescente de modo a controlar a luz emitida para um comprimento de onda desejado.

10 No diodo emissor de luz da presente invenção, de modo similar, um primeiro material fluorescente representado por uma fórmula geral $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ e um segundo material fluorescente representado por uma fórmula geral $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ podem ser usados como a substância fosforescente, onde $0 \leq s \leq 1$ e Re é pelo menos um selecionado dentre Y, Ga e La, de modo a controlar a luz emitida para um comprimento de onda desejado.

15 No diodo emissor de luz da presente invenção, de modo similar, um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada, um primeiro material fluorescente e um segundo material fluorescente podem ser usados, onde a parte do ítrio nos primeiro e segundo materiais fluorescentes é substituída com gadolínio em diferentes graus de substituição como a substância fosforescente, de modo a controlar a luz emitida para um comprimento de onda desejado.

20 Genericamente, um material fluorescente o qual absorve luz de um comprimento de onda curto e emite luz de um comprimento de onda longo tem uma eficiência mais alta do que um material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda longo e emite luz de um comprimento de onda curto. É preferível usar um componente de emissão de luz o qual emite luz visível do que um componente de emissão de luz que emite luz ultravioleta que degrada a resina (material de moldagem, material de revestimento, etc.). Assim, para o diodo emissor de luz da presente invenção, com a finalidade de melhorar a eficácia luminosa de luz e assegurar uma vida útil longa, é preferível que o pico de emissão principal do componente de emissão de

luz seja regulado em uma faixa de onda de comprimento de onda relativamente curto de 400 nm a 530 nm na região de luz visível, e o comprimento de onda de emissão principal da substância fosforescente seja regulado para ser mais longo do que o pico de emissão principal do componente de emissão de luz. Com este arranjo, devido à luz convertida pelo material fluorescente ter um comprimento de onda mais longo do que a luz emitida pelo componente de emissão de luz, ele não será absorvido pelo componente de emissão de luz mesmo quando o componente de emissão de luz estiver irradiado com luz que foi refletida e convertida pelo material fluorescente (uma vez que a energia da luz convertida é menor do que a energia de abertura de banda). Assim, a luz que foi refletida pelo material fluorescente ou similar é refletida pelo invólucro onde o componente de emissão de luz é montado, tornando possível uma eficácia luminosa mais alta.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

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

A Figura 2 é uma vista esquemática em corte de um diodo emissor de luz do tipo de ponta de acordo com a realização da presente invenção.

A Figura 3A é um gráfico que mostra o espectro de excitação do material fluorescente de granada ativado por cério usado na primeira realização da presente invenção.

A Figura 3B é um gráfico que mostra o espectro de emissão do material fluorescente de granada ativado por cério usado na primeira realização da presente invenção.

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

A Figura 5A é um gráfico que mostra o espectro de excitação do material fluorescente de ítrio - alumínio - granada ativado por cério usado na segunda realização da presente invenção.

A Figura 5B é um gráfico que mostra o espectro de emissão do

material fluorescente de ítrio - alumínio - granada ativado por cério usado na segunda realização da presente invenção.

5 A Figura 6 mostra o diagrama de cromaticidade de luz emitida pelo diodo emissor de luz da segunda realização, enquanto os pontos A e B indicam as cores de luz emitidas pelo componente de emissão de luz e os pontos C e D indicam as cores de luz emitidas pelos dois tipos de substâncias fosforescentes.

A Figura 7 é uma vista esquemática em corte da fonte de luz plana de acordo com uma outra realização da presente invenção.

10 A Figura 8 é uma vista esquemática em corte de uma outra fonte de luz plana diferente daquela da Figura 7.

A Figura 9 é uma vista esquemática em corte de uma outra fonte de luz plana diferente daquelas da Figura 7 e da Figura 8.

15 A Figura 10 é um diagrama de blocos 10 de um dispositivo de exibição, o qual é uma aplicação da presente invenção.

A Figura 11 é uma vista em plano do dispositivo de exibição de LED do dispositivo de exibição da Figura 10.

20 A Figura 12 é uma vista em plano do dispositivo de exibição de LED onde um pixel é constituído por quatro diodos emissores de luz, incluindo o diodo emissor de luz da presente invenção e aqueles emitindo cores RGB.

25 A Figura 13A mostra os resultados do ensaio de vida durável dos diodos emissores de luz do Exemplo 1 e do Exemplo Comparativo 1, mostrando os resultados a 25°C, e a Figura 13B mostra os resultados do ensaio de vida durável dos diodos emissores de luz do Exemplo 1 e do Exemplo Comparativo 1, mostrando os resultados a 60°C e a 90% de U.R. (Umidade Relativa).

30 A Figura 14A mostra os resultados do ensaio de climatização do Exemplo 9 e do Exemplo Comparativo 2, que mostra a mudança de relação de retenção de luminância com o tempo, e a Figura 14B mostra os resultados do Exemplo 9 e do Exemplo Comparativo 2 mostrando o tom de cor antes e depois do teste.

A Figura 15A mostra os resultados do ensaio de confiabilidade do Exemplo 9 e do Exemplo Comparativo 2 mostrando a relação entre a relação de retenção de luminância e tempo, e a Figura 15B é um gráfico que mostra a relação entre o tom de cor e o tempo.

5 A Figura 16 é um diagrama de cromaticidade que mostra a faixa de tom de 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 em 465 nm.

10 A Figura 17 é um diagrama de cromaticidade que mostra a mudança de tom de cor quando a concentração de material fluorescente é mudada 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 em 465 nm.

15 A Figura 18A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente ($\text{Y}_{0,6}\text{Gd}_{0,4}\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$) do Exemplo 18A.

 A Figura 18B mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 18B tendo o comprimento de onda de pico de emissão de 460 nm.

20 A Figura 18C mostra o espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 2.

 A Figura 19A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente ($\text{Y}_{0,2}\text{Gd}_{0,8}\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$) do Exemplo 5.

25 A Figura 19B mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 5 tendo o comprimento de onda de pico de emissão de 450 nm.

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

 A Figura 20A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ do Exemplo 6.

30 A Figura 20B mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 6 tendo o comprimento de onda de pico de emissão de 450 nm.

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

A Figura 21A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$ da sétima realização da presente invenção.

5 A Figura 21B mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 7 tendo o comprimento de onda de pico de emissão de 450 nm.

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

10 A Figura 22A mostra o espectro de emissão da substância fosforescente $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ do Exemplo 11.

A Figura 22B mostra o espectro de emissão da substância fosforescente $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ do Exemplo 11.

15 A Figura 22C mostra o espectro de emissão do componente de emissão de luz do Exemplo 11 que tem o comprimento de onda de pico de emissão de 470 nm.

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

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS REALIZAÇÕES PREFERIDAS

20 Com referência às figuras em anexo, as realizações preferidas da presente invenção serão descritas abaixo.

Um diodo emissor de luz 100 da Figura 1 é um diodo emissor de luz do tipo de condutor que tem um fio de montagem 105 e um fio interno 106, onde um componente de emissão de luz 102 é instalado em um invólucro 105a do fio de montagem 105, e o invólucro 105a é preenchido com uma resina de revestimento 101, a qual contém uma substância fosforescente específica para cobrir o componente de emissão de luz 102 e é moldado na resina. Um eletrodo n e um eletrodo p do componente de emissão de luz 102 são conectados ao fio de montagem 105 e ao fio interno 106, respectivamente, por meio de fios 103.

25
30

No diodo emissor de luz constituído como descrito acima, parte da luz emitida pelo componente de emissão de luz (chip de LED) 102 (a par-

tir deste ponto referido como luz de LED) excita a substância fosforescente contido na resina de revestimento 101 para gerar a luz fluorescente tendo um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED, de modo que a luz fluorescente emitida pela substância fosforescente e a luz de LED a qual é extraída sem contribuir para a excitação da substância fosforescente são misturadas e extraídas. Como resultado, o diodo emissor de luz 100 também extrai luz tendo um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED emitida pelo componente de emissão de luz 102.

A Figura 2 mostra um diodo emissor de luz do tipo chip, onde o diodo emissor de luz (chip de LED) 202 é instalado em um recesso de um invólucro 204, o qual é preenchido com um material de revestimento, o qual contém uma substância fosforescente específica para formar um revestimento 201. O componente de emissão de luz 202 é fixado usando-se uma resina epóxi ou similar, a qual contém Ag, por exemplo, e um eletrodo n e um eletrodo p do componente de emissão de luz 202 são conectados a terminais de metal 205 instalados no invólucro 204 por meio de fios condutores 203. No diodo emissor de luz do tipo chip constituído como descrito acima, de modo similar ao diodo emissor de luz do tipo de condutor da Figura 1, a luz fluorescente emitida pela substância fosforescente e a luz de LED, a qual é transmitida sem ser absorvida pela substância fosforescente, são misturadas e extraídas, de modo que o diodo emissor de luz 200 também extraia luz tendo um comprimento de onda diferente daquele da luz de LED emitida pelo componente de emissão de luz 202.

O diodo emissor de luz contendo a substância fosforescente como descrito acima tem as características a seguir.

1. A luz emitida por um componente de emissão de luz (LED) é usualmente emitida através de um eletrodo, o qual supre energia elétrica para o componente de emissão de luz. A luz emitida é parcialmente bloqueada pelo eletrodo formado no componente de emissão de luz resultando em um padrão de emissão em particular, e portanto não é emitida uniformemente em todas as direções. O diodo emissor de luz, o qual contém o material fluorescente, contudo, pode emitir luz uniformemente por uma ampla faixa

sem formar um padrão de emissão indesejável, porque a luz é emitida após ser difundida pelo material fluorescente.

2. Embora a luz emitida pelo componente de emissão de luz (LED) tenha um pico monocromático, o pico é amplo e tem uma alta propriedade de interpretação de cor. Esta característica constitui uma vantagem indispensável para uma aplicação que requer comprimentos de onda de uma faixa relativamente ampla. É desejável que uma fonte de luz para um scanner de imagem óptica, por exemplo, tenha um pico de emissão mais amplo.

Os diodos emissores de luz das primeira e segunda realizações a serem descritas abaixo têm a configuração mostrada na Figura 1 ou na Figura 2, onde um componente de emissão de luz, o qual usa um semicondutor de composto de nitreto tendo uma energia relativamente alta na região visível, e uma substância fosforescente em particular são combinados, e têm propriedades favoráveis, tais como a capacidade de emitir luz de alta luminância e menos degradação de eficácia luminosa de luz e menos desvio de cor por um período de uso estendido.

Em geral, um material fluorescente o qual absorve luz de um comprimento de onda curto e emite luz de um comprimento de onda longo tem eficiência mais alta do que um material fluorescente que absorve luz de um comprimento de onda longo e emite luz de um comprimento de onda curto, e, portanto, é preferível usar um componente de emissão de luz de semicondutor de composto de nitreto, o qual é capaz de emitir luz azul de comprimento de onda curto. Não é necessário dizer que o uso de um componente de emissão de luz que tem alta luminância é preferível.

Uma substância fosforescente a ser usada em combinação com o componente de emissão de luz de semicondutor de composto de nitreto deve ter as exigências a seguir:

1. Excelente resistência contra luz para permitir uma luz de alta intensidade por um período de tempo longo, devido ao fato do material fluorescente ser instalado nas vizinhanças dos componentes de emissão de luz 102, 202 e ser exposto à luz de intensidade tão alta quanto cerca de 30 a 40 vezes a da luz do sol.

2. Capacidade de emitir luz eficientemente na região azul para a excitação por meio dos componentes de emissão de luz 102, 202. Quando uma mistura de cores for usada, deve ser capaz de emitir luz azul, não um raio ultravioleta, com uma alta eficiência.

5 3. Capacidade de emitir luz das regiões verde até o vermelho com a finalidade de mistura com a luz azul para gerar luz branca.

 4. Boa característica de temperatura adequada para um local nas vizinhanças dos componentes de emissão de luz 102, 202 e a influência resultante de diferença de temperatura devido ao calor gerado pelo chip
10 quando acendendo.

 5. Capacidade de mudar continuamente o tom da cor em termos da proporção de composição ou relação de mistura com uma pluralidade de materiais fluorescentes.

 6. Capacidade de climatização para o ambiente de operação do
15 diodo emissor de luz.

Realização 1

 O diodo emissor de luz da primeira realização da presente invenção emprega um elemento semiconductor de composto de nitreto de gálio, o qual tem um espectro de emissão de alta energia na camada de emissão de luz e é capaz de emitir luz azul, e uma substância fosforescente de
20 granada ativado com cério em combinação. Com esta configuração, o diodo emissor de luz da primeira realização pode emitir luz branca pela mistura da luz azul emitida pelos componentes de emissão de luz 102, 202 e da luz amarela emitida pela substância fosforescente excitada pela luz azul.

25 Devido à substância fosforescente de granada ativada com cério, a qual é usado no diodo emissor de luz da primeira realização, ter uma resistência à luz e climatização, ele pode emitir luz com graus extremamente pequenos de desvio de cor e diminuição da luminância da luz emitida, mesmo quando irradiado por uma luz muito intensa emitida pelos componentes
30 de emissão de luz 102, 202 localizados na vizinhança por um longo período de tempo.

 Os componentes do diodo emissor de luz da primeira realização

serão descritos em detalhes abaixo.

(Substância Fosforescente)

A substância fosforescente usada no diodo emissor de luz da primeira realização é uma substância fosforescente que, quando excitado pela luz visível ou um raio ultravioleta emitido pela camada de emissão de luz semicondutora, emite luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz de excitação. A substância fosforescente é especificamente um material fluorescente de granada ativado com cério, o qual contém pelo menos um elemento selecionado dentre Y, Lu, Sc, Gd e Sm, e pelo menos um elemento selecionado dentre Al, Ga e In. De acordo com a presente invenção, o material fluorescente é preferencialmente um material fluorescente de ítrio - alumínio - granada (substância fosforescente YAG) ativado 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 selecionado dentre Y e Gd. No caso da luz de LED emitida pelo componente de emissão de luz empregando o semicondutor de composto de nitreto de gálio e a luz fluorescente emitida pela substância fosforescente tendo uma cor de corpo amarela estarem na relação de cores complementares, a cor branca pode ser extraída pela mistura da luz de LED e da luz fluorescente.

Na primeira realização, devido ao fato da substância fosforescente ser usado pela mistura com uma resina a qual constitui a resina de revestimento 101 e o material de revestimento 201 (detalhado mais tarde), o tom de cor do diodo emissor de luz pode ser ajustado, incluindo o branco e a cor de lâmpada incandescente, pelo controle da proporção de mistura com a resina ou a quantidade usada no enchimento do invólucro 105 ou o recesso do invólucro 204 de acordo com o comprimento de onda da luz emitida pelo componente de emissão de luz de nitreto de gálio.

A distribuição da concentração de substância fosforescente tem influência também na mistura e na durabilidade da cor. Isto é, quando a concentração de substância fosforescente aumenta da superfície do revestimento ou moldagem onde a substância fosforescente está contido em direção ao componente de emissão de luz, ela tem menos tendência a ser afetada pela

umidade externa, desse modo tornando mais fácil suprimir a deterioração devido à umidade. Por outro lado, quando a concentração de substância fosforescente aumenta do componente de emissão de luz em direção à superfície da moldagem, tem mais tendência a ser afetada pela umidade externa, mas menos tendência a ser afetada pelo calor e pela radiação do componente de emissão de luz, desse modo tornando possível suprimir a deterioração da substância fosforescente. Essas distribuições da concentração da substância fosforescente podem ser obtidas pela seleção ou pelo controle do material que contém a substância fosforescente, formando a temperatura e a viscosidade, e a configuração e a distribuição de tamanho de partícula da substância fosforescente.

Pelo uso da substância fosforescente da primeira realização, pode ser feito um diodo emissor de luz tendo excelentes características de emissão, porque o material fluorescente tem bastante resistência à luz para uma operação de alta eficiência, mesmo quando disposto adjacente a ou nas vizinhanças dos componentes de emissão de luz 102, 202 com intensidade de radiação (E_e) na faixa de 3 Wcm^{-2} a 10 Wcm^{-2} .

A substância fosforescente usada na primeira realização, por causa da estrutura da granada, é resistente ao calor, à luz e à umidade, e, portanto, é capaz de absorver luz de excitação tendo um pico em um comprimento de onda próximo de 450 nm, como mostrado na Figura 3A. Ela também emite luz de espectro amplo tendo um pico próximo a 580 nm, terminando em 700 nm, como mostrado na Figura 3B. Mais ainda, a eficácia luminosa de luz excitada em uma região de comprimentos de onda de 460 nm e mais alta pode ser aumentada pela inclusão de Gd no cristal da substância fosforescente da primeira realização. Quando o teor de Gd é aumentado, o comprimento de onda de pico de emissão é deslocado em direção a um comprimento de onda mais longo e todo o espectro de emissão é deslocado em direção a comprimentos de onda mais longos. Isso significa que, quando a emissão de luz mais avermelhada for requerida, ela pode ser obtida pelo aumento do grau de substituição com Gd. Quando o teor de Gd é aumentado, a luminância de luz emitida pela fotoluminescência sob a luz

azul tende a diminuir.

Especialmente quando parte do Al é substituída com um Ga
dentre a composição do material fluorescente de YAG tendo uma estrutura
de granada, o comprimento de onda de luz emitida desloca-se em direção a
5 um comprimento de onda mais curto, e, quando parte do Y é substituída por
Gd, o comprimento de onda da luz emitida desloca-se em direção a um
comprimento de onda mais longo.

A Tabela 1 mostra a composição e as características de emissão
de luz do material fluorescente de YAG representado pela fórmula geral (Y₁₋
10 _aGd_a)₃(Al_{1-b}Ga_b)₅O₁₂:Ce.

Tabela 1

Nº	Teor de Gd a (relação molar)	Teor de Ga b (relação molar)	Coordenadas de cromaticidade CIE		Lumi- nância Y	Eficiên- cia
			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 a eficiência
na Tabela 1 são dadas em valores relativos àqueles do material No. 1, os
15 quais são regulados para 100.

Quando da substituição do Al por Ga, a proporção está prefe-
rencialmente na faixa de Ga:Al = 1:1 a 4:6, em consideração à eficácia lumi-
nosa e ao comprimento de onda de emissão. De modo similar, quando da
substituição do Y por Gd, a proporção preferencialmente está na faixa de
20 Y:Gd = 9:1 a 1:9, e, mais preferencialmente, de 4:1 a 2:3. Isso se deve ao
fato de um grau de substituição com Gd abaixo de 20% resultar em uma cor
de maior componente de verde e menor componente de vermelho, e um

grau de substituição por Gd acima de 60% resultar em uma componente de vermelho aumentada, mas uma rápida diminuição de luminância. Quando a relação de Y:Gd de Y e Gd no material fluorescente de YAG for regulada na faixa de 4:1 a 2:3, em particular, um diodo emissor de luz capaz de emitir luz
5 branca substancialmente equivalente à radiação de um corpo negro pode ser feito usando-se um tipo de material fluorescente de ítrio - alumínio - grana-
nada, dependendo do comprimento de onda de emissão do componente de emissão de luz. Quando a relação de Y:Gd de Y e Gd no material fluores-
cente de YAG for regulada na faixa de 2:3 a 1:4, um diodo emissor de luz
10 capaz de emitir luz de lâmpada incandescente pode ser feito embora a lumi-
nância seja baixa. Quando o teor (grau de substituição) de Ce for regulado na faixa de 0,003 a 0,2, a intensidade luminosa relativa do diodo emissor de luz de não menos que 70% pode ser obtida. Quando o teor for menor do que 0,003, a intensidade luminosa diminui por causa do número de centros de
15 emissão excitados de fotoluminescência devido ao Ce diminuir e, quando o teor é maior do que 0,2, ocorre um amortecimento da densidade.

Assim, o comprimento de onda da luz emitida pode ser desloca-
do para um comprimento de onda mais curto pela substituição de parte do Al da composição por Ga, e o comprimento de onda da luz emitida pode ser
20 deslocado para um comprimento de onda mais longo pela substituição de parte do Y da composição por Gd. Desta forma, a cor de emissão de luz po-
de ser mudada continuamente pela mudança da composição. Também, o material fluorescente é pesadamente excitado pelas linhas de emissão de Hg, as quais têm comprimentos de onda tais como 254 nm e 365 nm, mas é
25 excitado com uma eficiência mais alta pela luz de LED emitida por um com-
ponente de emissão de luz azul tendo um comprimento de onda em torno de 450 nm. Assim, o material fluorescente tem características ideais para a conversão de luz azul do componente de emissão de luz semicondutor de nitreto em luz branca, tal como a capacidade de continuamente mudar o
30 comprimento de onda de pico pela mudança da proporção de Gd.

De acordo com a primeira realização, a eficácia luminosa de luz do diodo emissor de luz pode ser ainda melhorada pela combinação do

componente de emissão de luz empregando o semicondutor de nitreto de gálio e da substância fosforescente feito pela adição de um elemento de terras-raras samário (Sm) aos materiais fluorescentes de ítrio - alumínio - grana (YAG) ativados com cério.

5 O material para a confecção de uma substância fosforescente o qual é feito usando-se óxidos de Y, Gd, Ce, Sm, Al e Ga ou compostos que possam ser facilmente convertidos nesses óxidos a alta temperatura, e misturando-se suficientemente esses materiais em proporções estequiométricas. Essa mistura é misturada com uma quantidade apropriada de um fluoreto, tal como fluoreto de amônia usado como um fluxo, e queimada em um
10 crisol a uma temperatura de 1350 a 1450°C no ar por de 2 a 5 horas. Então, o material queimado é moído em um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado para que se obtenha, desse modo, o material desejado.

15 Na produção do processo descrito acima, o material de mistura também pode ser feito pela dissolução dos elementos de terras-raras Y, Gd, Ce e Sm em proporções estequiométricas em um ácido, co-precipitando a solução em ácido oxálico e queimando o co-precipitado para obter um óxido do co-precipitado, e, então, misturando-o com óxido de alumínio e óxido de
20 gálio.

A substância fosforescente representado pela fórmula geral $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$ pode emitir luz de comprimentos de onda de 460 nm e mais longos com uma eficiência mais alta mediante excitação, porque o Gd está contido no cristal. Quando o teor de gadolínio é aumentado, o comprimento de onda de pico de emissão desloca-se de 530 nm para um comprimento de onda mais longo de até 570 nm, enquanto todo o espectro de emissão também desloca-se para comprimentos de onda mais longos. Quando uma luz de tom vermelho mais forte é necessário, ele pode ser obtido pelo aumento da quantidade de Gd adicionado para substituição. Quando o
25 teor de Gd é aumentado, a luminância de fotoluminescência com luz azul gradualmente diminui. Portanto, o valor de p é preferencialmente 0,8 ou menor, e, mais preferencialmente, 0,7 ou menor. Mais ainda preferencialmente,

30

ele é 0,6 ou menor.

A substância fosforescente representado pela fórmula geral $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3 Al_5O_{12}$ incluindo Sm pode ser tornado menos sujeito à dependência de temperatura independentemente do teor aumentado de Gd.

- 5 Isto é, a substância fosforescente, quando contém Sm, tem uma luminância de emissão grandemente melhorada a temperaturas mais altas. A extensão do melhoramento aumenta conforme o teor de Gd é aumentado. A característica de temperatura pode ser grandemente melhorada particularmente pela adição de Sm no caso de um material fluorescente de uma composição
- 10 como esse conforme o tom vermelho é aumentado pelo aumento do teor de Gd, porque ele tem características de temperatura ruins. A característica de temperatura mencionada aqui é medida em termos da relação (%) de luminância de emissão do material fluorescente a uma temperatura alta (200°C) em relação à luminância de emissão da luz azul de excitação tendo um
- 15 comprimento de onda de 450 nm à temperatura normal (25°C).

- A proporção de Sm preferencialmente está na faixa de $0,0003 \leq r \leq 0,08$ para proporcionar uma característica de temperatura de 60% ou mais alta. O valor de r abaixo desta faixa leva a um efeito menor de melhoria da característica de temperatura. Quando o valor de r está acima desta faixa,
- 20 xa, ao contrário, a característica de temperatura deteriora-se. A faixa de $0,0007 \leq r \leq 0,02$ para a proporção de Sm onde a característica de temperatura torna-se 80% ou mais alta é mais desejável.

- A proporção q de Ce está preferencialmente na faixa de $0,003 \leq q \leq 0,2$, o que torna possível uma luminância de emissão relativa de 70% ou mais alta. A luminância de emissão relativa refere-se à luminância de emissão em termos da percentagem da luminância de emissão de um material fluorescente onde q = 0,03.
- 25

- Quando a proporção q de Ce é 0,003 ou menor, a luminância diminui porque o número de centros de emissão excitados de fotoluminescência devido ao Ce diminui e, quando q é maior do que 0,2, ocorre um amortecimento de densidade. O amortecimento de densidade refere-se à diminuição na intensidade de emissão, o qual ocorre quando a concentração
- 30

de um agente de ativação adicionado para aumentar a luminância do material fluorescente é aumentada além de um nível ótimo.

Para o diodo emissor de luz da presente invenção, uma mistura de dois ou mais tipos de substâncias fosforescentes tendo composições de
 5 $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$ tendo teores diferentes de Al, Ga, Y e Gs ou Sm também pode ser usada. Isso aumenta os componentes de RGB e permite a aplicação, por exemplo, para um dispositivo de exibição de cristal líquido de cor plena por meio do uso de um filtro de cor.

(Componentes de emissão de luz 102, 202)

10 O componente de emissão de luz é preferencialmente alojado em um material de moldagem, como mostrado na Figura 1 e na Figura 2. O componente de emissão de luz usado no diodo emissor de luz da presente invenção é um semicondutor de composto de nitreto de gálio capaz de excitar eficientemente os materiais fluorescentes de granada ativados com cério.

15 Os componentes de emissão de luz 102, 202 empregando um semicondutor de composto de nitreto de gálio são feitos pela formação de uma camada de emissão de luz de semicondutor de nitreto de gálio tal como InGaN ou um substrato no processo MOCVD. A estrutura do componente de emissão de luz pode ser uma homo-estrutura, uma hetero-estrutura ou uma hetero-

20 estrutura dupla, as quais têm uma junção MIS, uma junção PIN ou uma junção PN. Vários comprimentos de onda de emissão podem ser selecionados, dependendo do material da camada semicondutora e da cristalinidade da mesma. Ele também pode ser feito em uma única estrutura de poço quântico ou uma estrutura de poço quântico múltipla, onde uma camada de ativação

25 semicondutora é formada tão fina quanto possível para que o efeito quântico ocorra. De acordo com a presente invenção, um diodo emissor de luz capaz de emitir com alta luminância sem deterioração da substância fosforescente pode ser feito confeccionando-se a camada de ativação do componente de emissão de luz em uma única estrutura de poço quântico de InGaN.

30 Quando um semicondutor de composto de nitreto de gálio é usado, enquanto safira, espinélio, SiC, Si, ZnO ou similar podem ser usados como o substrato semicondutor, o uso do substrato de safira é preferível de

modo a formar um nitreto de gálio de boa cristalinidade. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio é formada no substrato de safira para formar uma junção PN via uma camada de armazenamento temporário de GaN, AlN, etc. O semicondutor de nitreto de gálio tem uma condutividade do tipo N sob a condição de não-dopado com qualquer impureza, embora de modo a formar um semicondutor de nitreto de gálio do tipo N tendo as propriedades desejadas (concentração de portador, etc.), tais como eficácia luminosa de luz melhorada, ele é preferencialmente revestido com um revestimento do tipo N, tal como Si, Ge, Se, Te, e C. De modo a formar um semicondutor de nitreto de gálio do tipo P, por outro lado, ele é preferencialmente revestido com um revestimento do tipo P tal como Zn, Mg, Be, Ca, Sr e Ba. Devido ao fato de ser difícil transformar um semicondutor de composto de nitreto de gálio para o tipo P simplesmente revestindo-o com um revestimento do tipo P, é preferível tratar o semicondutor de composto de nitreto de gálio revestido com um revestimento do tipo P em um processo tal como aquecimento em um forno, irradiação com um feixe de elétrons de velocidade baixa e irradiação com plasma, para, desse modo, transformá-lo no tipo P. Após a exposição das superfícies dos semicondutores de nitreto de gálio do tipo P e do tipo N pelo ataque químico ou por outros processos, os eletrodos dos formatos desejados são formados nas camadas semicondutoras por deposição catódica ou deposição com vapor.

Então, a pastilha semicondutora, a qual foi formada, é cortada em pedaços por meio de uma serra de confecção de comprimidos, ou separada por uma força externa após o corte de cavidades (meio corte), as quais têm largura maior do que a largura da borda da lâmina. Ou, caso contrário, a pastilha é cortada em chips riscando-se um padrão de grade de linhas extremamente finas na pastilha semicondutora por meio de um graminho que tem um estilete de diamante que faz um movimento reto recíproco. Assim, o componente de emissão de luz de semicondutor de composto de nitreto de gálio pode ser feito.

De modo a emitir luz branca com o diodo emissor de luz da primeira realização, o comprimento de onda de luz emitida pelo componente de

emissão de luz é preferencialmente de 400 nm a 530 nm inclusive, considerando-se a relação de cor complementar com a substância fosforescente e a deterioração da resina, e, mais preferencialmente, de 420 nm a 490 nm inclusive. É ainda mais preferível que o comprimento de onda seja de 450 nm a 475 nm, de modo a melhorar a eficácia luminosa do componente de emissão de luz e da substância fosforescente. O espectro de emissão do diodo emissor de luz branca da primeira realização é mostrado na Figura 4. O componente de emissão de luz mostrado aqui é do tipo de condutor mostrado na Figura 1, o qual emprega o componente de emissão de luz e a substância fosforescente da primeira realização a ser descrita mais tarde. Na Figura 4, a emissão tendo um pico em torno de 450 nm é a luz emitida pelo componente de emissão de luz, e a emissão tendo um pico em torno de 570 nm é a emissão fotoluminescente excitada pelo componente de emissão de luz.

A Figura 16 mostra as cores que podem ser representadas pelo diodo emissor de luz branca feito pela combinação do material fluorescente mostrado na Tabela 1 e o LED azul (componente de emissão de luz) tendo um comprimento de onda de pico de 465 nm. A cor de luz emitida por este diodo emissor de luz branca corresponde a um ponto em uma linha reta que conecta um ponto de cromaticidade gerado pelo LED azul e um ponto de cromaticidade gerado pelo material fluorescente, e, portanto, a região de cor branca ampla (porção sombreada na Figura 16) na porção central do diagrama de cromaticidade pode ser completamente coberta pelo uso dos materiais fluorescentes 1 a 7 na Tabela 1. A Figura 17 mostra a mudança de cor de emissão quando os teores de materiais fluorescentes no diodo emissor de luz branca são mudados. Os teores de materiais fluorescentes são dados em percentual em peso para a resina usada no material de revestimento. Como será visto a partir da Figura 17, a cor da luz aproxima-se daquela dos materiais fluorescentes quando o teor de material fluorescente é aumentado e aproxima-se daquela do LED azul quando o teor de material fluorescente é diminuído.

De acordo com a presente invenção, um componente de emis-

são de luz, o qual não excita o material fluorescente, pode ser usado juntamente com o componente de emissão de luz o qual emite luz que excita o material fluorescente. Especificamente, além do material fluorescente o qual é um semiconductor de composto de nitreto capaz de excitar o material fluorescente, um componente de emissão de luz que tem uma camada de emissão de luz feita de fosfato de gálio, arsenieto de alumínio e gálio, fosfato de arsênico e gálio, ou fosfato de alumínio e índio, é disposta em conjunto. Com esta configuração, a luz emitida pelo componente de emissão de luz, a qual não excita o material fluorescente é irradiada para o exterior sem ser absorvida pelo material fluorescente, constituindo um diodo emissor de luz que pode emitir luz vermelha/branca.

Outros componentes dos diodos emissores de luz da Figura 1 e da Figura 2 serão descritos abaixo.

(Fios condutores 103, 203)

Os fios condutores 103, 203 devem ter boa condutividade elétrica, boa condutividade térmica e boa conexão mecânica aos eletrodos dos componentes de emissão de luz 102, 202. A condutividade térmica é preferencialmente de $0,01 \text{ cal/(s)(cm}^2\text{)(}^\circ\text{C/cm)}$ ou mais alta, e, mais preferencialmente, de $0,5 \text{ cal/(s)(cm}^2\text{)(}^\circ\text{C/cm)}$ ou mais alta. Para a trabalhabilidade, o diâmetro do fio condutor é preferencialmente de $10 \text{ }\mu\text{m}$ a $45 \text{ }\mu\text{m}$ inclusive. Mesmo quando o mesmo material for usado para o revestimento incluindo o material fluorescente e a moldagem, devido à diferença de coeficiente de expansão térmica devido ao material fluorescente contido em um dos dois materiais acima, o fio condutor tende a quebrar na interface. Por esta razão, o diâmetro do fio condutor preferencialmente não é menor do que $25 \text{ }\mu\text{m}$ e, em função da área de emissão de luz e da facilidade de manuseio, preferencialmente até $35 \text{ }\mu\text{m}$. O fio condutor pode ser de metal tal como ouro, cobre, platina, alumínio ou qualquer liga dos mesmos. Quando um fio condutor de um material como esse e dessa configuração é usado, ele pode ser facilmente conectado aos eletrodos dos componentes de emissão de luz, ao fio interno e ao fio de montagem por meio de um dispositivo de ligação de fio.

(Fio de montagem 105)

O fio de montagem 105 compreende um invólucro 105a e um fio 105b, e é suficiente que tenha tamanho bastante para a montagem do componente de emissão de luz 102 ao dispositivo de ligação de fio no invólucro 105a. No caso de uma pluralidade de componentes de emissão de luz serem instalados no invólucro e o fio de montagem ser usado como um eletrodo comum para o componente de emissão de luz, devido ao fato de materiais de eletrodo diferentes poderem ser usados, são requeridas uma condutividade elétrica suficiente e uma boa condutividade com o fio de ligação e outros. Quando o componente de emissão de luz é instalado no invólucro do fio de montagem e o invólucro é preenchido com o material fluorescente, a luz emitida pelo material fluorescente é, mesmo se isotrópica, refletida pelo invólucro em uma direção desejada e, portanto, pode-se evitar uma iluminação errada devido à luz de outro diodo emissor de luz montado próximo. A iluminação errada aqui refere-se a um fenômeno tal como outro diodo emissor de luz montado próximo aparecendo iluminado apesar de não estar sendo suprido com energia.

A ligação do componente de emissão de luz 102 e do fio de montagem 105 com o invólucro 105a pode ser obtida por meio de uma resina termoplástica tal como uma resina epóxi, uma resina acrílica e uma resina de imida. Quando um componente de emissão de luz voltado para baixo (tal como um tipo de componente de emissão de luz conforme a luz emitida é extraída da lateral do substrato e é configurada para montagem dos eletrodos para se oporem ao invólucro 105a) é usado, uma pasta de Ag, uma pasta de carbono, uma massa metálica ou similar podem ser usadas para a ligação e a conexão elétrica do componente de emissão de luz e do fio de montagem ao mesmo tempo. Ainda, de modo a melhorar a eficiência de utilização de luz do diodo emissor de luz, a superfície do invólucro do fio de montagem onde o componente de emissão de luz é montado pode ser polida e espelhada, para proporcionar uma função de reflexão para a superfície. Neste caso, a rugosidade da superfície é preferencialmente de 0,1 S a 0,8 S inclusive. A resistência elétrica do fio de montagem é preferencialmente de $300 \mu\Omega$ - cm e, mais preferencialmente, de $3 \mu\Omega$ - cm. Quando da montagem

de uma pluralidade de componentes de emissão de luz no fio de montagem, os componentes de emissão de luz geram uma quantidade significativa de calor e, portanto, é requerida uma alta condutividade térmica. Especificamente, a condutividade térmica é preferencialmente de $0,01 \text{ cal/(s)(cm}^2\text{)}$ ($^{\circ}\text{C/cm}$) ou mais alta, e, mais preferencialmente, de $0,5 \text{ cal/(s)(cm}^2\text{)}$ ($^{\circ}\text{C/cm}$) ou mais alta. Os materiais que satisfazem essas exigências contêm aço, cobre, aço revestido com cobre, estanho revestido com cobre e cerâmicas metalizadas.

(Fio interno 106)

O fio interno 106 é conectado a um dos eletrodos do componente de emissão de luz 102 montado no fio de montagem 105 por meio de um fio condutor ou similar. No caso de um diodo emissor de luz onde uma pluralidade de componentes de emissão de luz estejam instalados no fio de montagem, é necessário dispor uma pluralidade de fios internos 106, de modo que os fios condutores não toquem uns aos outros. Por exemplo, o contato dos fios condutores uns com os outros pode ser impedido aumentando-se a área da face de extremidade onde o fio interno é ligado por fio conforme a distância do fio de montagem aumenta, de modo que o espaço entre os fios condutores seja seguro. A rugosidade superficial da face de extremidade do fio interno é preferencialmente de 1,6 S a 10 S, incluindo a consideração de contato próximo.

De modo a formar o cabo interno em um formato desejado, ele pode ser estampado por meio de uma matriz. Ainda, ele pode ser feito por estampagem para formar o cabo interno quando pressurizando-o na face de extremidade para desse modo controlar a área e a altura da face de extremidade.

É requerido que o fio interno tenha boa capacidade de conexão com os fios de ligação, os quais são fios condutores e têm boa condutividade elétrica. Especificamente, a resistência elétrica é de preferencialmente $300 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ e, mais preferencialmente de $3 \mu\Omega\cdot\text{cm}$. Os materiais que satisfazem essas exigências contêm ferro, cobre, cobre contendo ferro, cobre contendo estanho, alumínio, ferro e cobre revestidos com cobre, ouro ou prata.

(Material de revestimento 101)

O material de revestimento 101 é provido no invólucro do fio de montagem separado do material de moldagem 104 e, na primeira realização, contém a substância fosforescente que converte a luz emitida pelo componente de emissão de luz. O material de revestimento pode ser um material transparente que tenha boa climatização, tal como resina epóxi, resinas de uréia e de silicone ou vidro. Um dispersante pode ser usado juntamente com a substância fosforescente. Como dispersante, são preferencialmente usados o titanato de bário, o óxido de titânio, o óxido de alumínio, o dióxido de silício e similares. Quando o material fluorescente é formado por deposição catódica, o material de revestimento pode ser omitido. Neste caso, um diodo emissor de luz capaz de modificar as cores pode ser feito pelo controle da espessura do filme ou provendo-se uma abertura na camada de material fluorescente.

15 (Material de moldagem 104)

A moldagem 104 tem a função de proteger o componente de emissão de luz 102, o fio condutor 103 e o material de revestimento 101, o qual contém a substância fosforescente, de uma perturbação externa. De acordo com a primeira realização, é preferível que o material de moldagem 104 ainda contenha um dispersante, o qual pode alargar o direcionamento de luz do componente de emissão de luz 102, resultando em um ângulo de visão aumentado. O material de moldagem 104 tem a função de lentes para focalizar ou difundir a luz emitida pelo componente de emissão de luz. Portanto, o material de moldagem 104 pode ser feito em uma configuração de lente convexa ou de lente côncava, e pode ter um formato elíptico quando visto na direção do eixo óptico, ou uma combinação desses. Também, o material de moldagem 104 pode ser feito em uma estrutura de camadas múltiplas de materiais diferentes sendo laminados. Como o material de moldagem 104, materiais transparentes tendo alta climatização, tais como resina epóxi, resina de uréia, resina de silicone ou vidro são preferencialmente empregados. Como o dispersante, titanato de bário, óxido de titânio, óxido de alumínio, dióxido de silício e similares podem ser usados. Além do disper-

sante, a substância fosforescente pode estar contido também no material de moldagem. Especificamente, de acordo com a presente invenção, a substância fosforescente pode estar contido no material de moldagem ou no material de revestimento. Quando a substância fosforescente está contido no material de moldagem, o ângulo de visão pode ser mais aumentado. A substância fosforescente também pode estar contido no material de revestimento e no material de moldagem. Ainda, uma resina incluindo a substância fosforescente pode ser usada como o material de revestimento, enquanto usa-se vidro, diferente do material de revestimento, como o material de moldagem. Isso torna possível fabricar um diodo emissor de luz o qual é menos sujeito à influência da umidade com boa produtividade. A moldagem e o revestimento também podem ser feitos do mesmo material, de modo a adaptar o índice de refração, dependendo da aplicação. De acordo com a presente invenção, a adição do dispersante e/ou de um agente de coloração no material de moldagem tem os efeitos de mascarar a cor do material fluorescente obscurecido e melhorando a performance de mistura de cor. Isto é, o material fluorescente absorve o componente azul de luz externa e emite luz para desse modo proporcionar uma aparência como se colorida de amarelo. Contudo, o dispersante contido no material de moldagem proporciona uma cor branca leitosa ao material de moldagem e o agente de coloração interpreta uma cor desejada. Assim, a cor do material fluorescente não será reconhecida pelo observador. No caso do componente de emissão de luz emitir uma luz tendo um comprimento de onda principal de 430 nm ou mais, é mais preferível que um absorvedor de ultravioleta, o qual serve como um estabilizador de luz, esteja contido.

Realização 2

O diodo emissor de luz da segunda realização da presente invenção é feito usando-se um elemento provido com um semicondutor de composto de nitreto de gálio, o qual tem um espectro de emissão de alta energia na camada de emissão de luz como componente de emissão de luz e um material fluorescente incluindo dois ou mais tipos de substâncias fosforescentes de composições diferentes, ou preferencialmente, materiais fluo-

rescentes de ítrio - alumínio - granada ativados com cério como a substância fosforescente. Com esta configuração, um diodo emissor de luz o qual permite proporcionar um tom de cor desejado pelo controle dos teores dos dois ou mais materiais fluorescentes pode ser feito, mesmo quando o comprimento de onda da luz de LED emitida pelo componente de emissão de luz desvia-se do valor desejado devido a variações no processo de produção. Neste caso, a cor de emissão do diodo emissor de luz pode ser feita constantemente usando-se um material fluorescente que tenha um comprimento de onda de emissão relativamente curto para um componente de emissão de luz de um comprimento de onda de emissão relativamente curto e usando-se um material fluorescente que tenha um comprimento de onda de emissão relativamente longo para um componente de emissão de luz de um comprimento de onda de emissão relativamente longo.

Como para o material fluorescente, um material fluorescente representado pela fórmula geral $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ também pode ser usado como a substância fosforescente, aqui, $0 \leq r < 1$ e $0 \leq s \leq 1$ e Re é pelo menos um selecionado dentre Y, Gd e La. Esta configuração torna possível minimizar a desnaturação do material fluorescente mesmo quando o material fluorescente for exposto a uma luz visível de alta intensidade e alta energia emitida pelo componente de emissão de luz por um período de tempo longo ou quando usado sob várias condições ambientais, e, portanto, um diodo emissor de luz, o qual está sujeito a um desvio de cor e a uma diminuição de luminância de emissão extremamente insignificantes e tem o componente de emissão desejado de alta luminância, pode ser feito.

(Substância Fosforescente da segunda realização)

Agora, a substância fosforescente no componente de emissão de luz da segunda realização será descrita em detalhes abaixo. A segunda realização é similar à primeira realização, exceto pelo fato de dois ou mais tipos de substâncias fosforescentes de composições diferentes ativados com cério serem usadas como a substância fosforescente, como descrito acima, e o método de uso do material fluorescente é basicamente o mesmo.

De modo similar ao caso da primeira realização, ao diodo emis-

5 sor de luz pode ser proporcionada alta climatização pelo controle da distribuição da substância fosforescente (tal como inclinando-se a concentração com a distância do componente de emissão de luz). Uma distribuição como essa da concentração de substância fosforescente pode ser obtida pela seleção ou pelo controle do material o qual contém a substância fosforescente, formando a temperatura e a viscosidade, e a configuração e a distribuição de tamanho de partículas da substância fosforescente. Assim, de acordo com a segunda realização, a distribuição da concentração de material fluorescente é determinada de acordo com as condições de operação. Também de acordo com a segunda realização, a eficiência da emissão de luminância pode ser aumentada pelo projeto do arranjo dos dois ou mais tipos de materiais fluorescentes (por exemplo, dispondo na ordem de proximidade com o componente de emissão de luz) de acordo com a luz gerada pelo componente de emissão de luz.

15 Com a configuração da segunda realização, de modo similar à primeira realização, o diodo emissor de luz tem uma alta eficiência e bastante resistência à luz, mesmo quando disposto adjacente ou nas vizinhanças de um componente de emissão de luz de saída relativamente alta com intensidade de irradiação (E_e) na faixa de 3 Wcm^{-2} a 10 Wcm^{-2} .

20 O material fluorescente de ítrio - alumínio - granada ativado com cério (material fluorescente de YAG) usado na segunda realização tem uma estrutura de granada similar ao caso da primeira realização, e portanto é resistente ao calor, à luz e à umidade. O comprimento de onda de pico de excitação do material fluorescente de ítrio - alumínio - granada da segunda realização pode ser regulado próximo de 450 nm, como indicado pela linha cheia na Figura 5A, e o comprimento de onda de pico de emissão pode ser regulado próximo de 510 nm, como indicado pela linha cheia na Figura 5B, enquanto faz-se o espectro de emissão tão amplo de modo a chegar a 700 nm. Isso torna possível emitir luz verde. O comprimento de onda de pico de excitação de um outro material fluorescente de ítrio - alumínio - granada ativado com cério da segunda realização pode ser regulado próximo de 450 nm, como indicado pela linha pontilhada na Figura 5A, e o comprimento de

onda de pico de emissão pode ser regulado próximo de 600 nm, como indicado pela linha pontilhada na Figura 5B, enquanto faz-se o espectro de emissão tão amplo de modo a chegar a 750 nm. Isso torna possível emitir luz vermelha.

5 O comprimento de onda da luz emitida é deslocado para um comprimento de onda mais curto pela substituição de parte do Al, dentre os constituintes do material fluorescente de YAG tendo uma estrutura de grana-
nada, por Ga, e o comprimento de onda da luz emitida é deslocado para um
comprimento de onda mais longo pela substituição de parte do Y por Gd
10 e/ou La. A proporção de substituição de Al por Ga é preferencialmente de Ga:Al = 1:1 a 4:6, em consideração à eficácia luminosa de luz e ao comprimento de onda de emissão. De modo similar, a proporção de substituição de Y por Gd e/ou La é preferencialmente de Y:Gd e/ou La = 9:1 a 1:9, ou, mais preferencialmente de Y:Gd e/ou La = 4:1 a 2:3. A substituição de menos de
15 20% resulta em um aumento de componente verde e uma diminuição de componente vermelha. A substituição de 80% ou de uma parte maior, por outro lado, aumenta a componente vermelha mas diminui a luminância agudamente.

 O material de confecção de uma substância fosforescente como
20 esse é feito usando-se óxidos de Y, Gd, Ce, La, Al, Sm e Ga ou compostos que podem ser facilmente convertidos nesses óxidos a uma alta temperatura, e misturando-se o suficiente esses materiais em proporções estequiométricas. Ou, o material de mistura é obtido pela dissolução de elementos de terras-raras Y, Gd, Ce, La e Sm em proporções estequiométricas em um
25 ácido, co-precipitando a solução de ácido oxálico e queimando o co-precipitado para obter um óxido do co-precipitado, o qual é então misturado com o óxido de alumínio e o óxido de gálio. Esta mistura é misturada com uma quantidade apropriada de um fluoreto, tal como um fluoreto de amônia usado como um fluxo, e queimado em um crisol a uma temperatura de 1350
30 a 1450°C em ar por de 2 a 5 horas. Então, o material queimado é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, secado e peneirado para que desse modo se obtenha o material desejado.

Na segunda realização, os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio - alumínio - granada ativados com cério de composições diferentes podem ser usados por mistura ou dispostos independentemente (laminados, por exemplo). Quando os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes são misturados, uma porção de conversão de cor pode ser formada relativamente fácil e de uma maneira adequada para produção em massa. Quando os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes são dispostos independentemente, a cor pode ser ajustada após a formação deles pela laminação das camadas até que uma cor desejada possa ser obtida. Também, quando da disposição dos dois ou mais tipos de materiais fluorescentes independentemente, é preferível dispor um material fluorescente que absorva luz do componente de emissão de luz de um comprimento de onda mais curto próximo ao elemento de LED, e um material fluorescente que absorva luz de um comprimento de onda mais longo longe do elemento de LED. Este arranjo permite uma absorção e uma emissão eficientes de luz.

O diodo emissor de luz da segunda realização é feito usando-se os dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio - alumínio - granada de composições diferentes como os materiais fluorescentes, como descrito acima. Isso torna possível confeccionar um diodo emissor de luz capaz de emitir luz da cor desejada de modo eficiente. Isto é, quando o comprimento de onda de luz emitida pelo componente de emissão de luz semiconductor corresponder a um ponto na linha reta que conecta o ponto A e o ponto B no diagrama de cromaticidade da Figura 6, a luz de qualquer cor na região marcada envolvida pelos pontos A, B, C e D na Figura 6, a qual é os pontos de cromaticidade (pontos C e D) dos dois ou mais tipos de materiais fluorescentes de ítrio - alumínio - granada de composições diferentes podendo ser emitidos. De acordo com a segunda realização, a cor pode ser controlada mudando-se as composições ou as quantidades dos elementos de LED e dos materiais fluorescentes. Em particular, um diodo emissor de luz de menor variação no comprimento de onda de emissão pode ser feito pela seleção dos materiais fluorescentes de acordo com o comprimento de onda de emissão do elemento de LED, desse modo compensando a variação do compri-

mento de onda de emissão do elemento de LED. Também, um diodo emissor de luz incluindo componentes RGB com alta luminância pode ser feito pela seleção do comprimento de onda de emissão dos materiais fluorescentes.

5 Mais ainda, devido ao material fluorescente de ítrio - alumínio - granada (YAG) usado na segunda realização ter uma estrutura de granada, o diodo emissor de luz da segunda realização pode emitir luz de alta luminância por um período de tempo longo. Também, os diodos emissores de luz da primeira realização e da segunda realização são providos com um
10 componente de emissão de luz instalado via um material fluorescente. Também, devido à luz convertida ter um comprimento de onda mais longo do que aquele da luz emitida pelo componente de emissão de luz, a energia da luz convertida é menor do que a abertura de banda do semicondutor de nitreto, e tem menos tendência a ser absorvida pela camada de semicondutor de
15 nitreto. Assim, embora a luz emitida pelo material fluorescente seja dirigida também para o 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 eficácia luminosa do diodo emissor de luz não será diminuída.

(Fonte de luz plana)

20 Uma fonte de luz plana, a qual é uma outra realização da presente invenção é mostrada na Figura 7.

Na fonte de luz plana mostrada na Figura 7, a substância fosforescente usada na primeira realização ou na segunda realização está contido em um material de revestimento 701. Com esta configuração, a luz azul
25 emitida pelo semicondutor de nitreto de gálio tem a cor convertida e é extraída em um estado plano via uma placa de guia óptica 704 e uma folha dispersiva 706.

Especificamente, um componente de emissão de luz 702 da fonte de luz plana da Figura 7 é preso a um substrato de metal 703 de formato
30 de C invertido onde uma camada de isolamento e um padrão condutor (não-mostrado) são formados. Após a conexão elétrica do eletrodo do componente de emissão de luz e do padrão condutor, a substância fosforescente é

misturado com resina epóxi e aplicado ao substrato de metal de formato de C invertido 703, onde o componente de emissão de luz 702 é montado. O componente de emissão de luz preso dessa forma é fixado sobre uma face de extremidade de uma placa de guia óptica acrílica 704 por meio de uma resina epóxi. Um filme refletor 707 contendo um agente de difusão branco é disposto sobre um dos planos principais da placa de guia óptica 704 onde a folha dispersiva 706 não é formada, com a finalidade de evitar uma fluorescência.

De modo similar, um refletor 705 é provido em toda a superfície atrás da placa de guia óptica 704 e em uma face de extremidade onde o componente de emissão de luz não é provido, de modo a melhorar a eficácia luminosa de luz. Com esta configuração, os diodos emissores de luz para emissão de luz plana, os quais geram luminância suficiente para a luz de fundo de LCD, podem ser feitos.

Uma aplicação do diodo emissor de luz para emissão de luz plana a um display de cristal líquido pode ser obtida dispondo-se uma placa de polarizador em um plano principal da placa de guia óptica 704 via um cristal líquido injetado entre substratos de vidro (não-mostrados) sobre o que um padrão condutor translúcido é formado.

Com referência à Figura 8 e à Figura 9, uma fonte de luz plana de acordo com uma outra realização da presente invenção será descrita abaixo. O diodo emissor de luz mostrado na Figura 8 é feito de uma configuração tal que a luz azul emitida pelo diodo emissor de luz 702 seja convertida em luz branca por um conversor de cor 701 o qual contém a substância fosforescente e seja extraída em estado plano via uma placa de guia óptica 704.

O dispositivo de emissão de luz mostrado na Figura 9 é feito de uma configuração tal que a luz azul emitida pelo componente de emissão de luz 702 seja transformada para o estado plano pela placa de guia óptica 704, então convertida em luz branca por uma folha dispersiva 706, a qual contém a substância fosforescente formado sobre um dos planos principais da placa de guia óptica 704, desse modo extraíndo luz branca em estado plano. A

substância fosforescente pode estar contido na folha dispersiva 706 ou ser formado em uma folha por aspersão juntamente com uma resina aglutinante sobre a folha dispersiva 706. Ainda, o aglutinante incluindo a substância fosforescente pode ser formado em pontos, não em folha, diretamente sobre a placa de guia óptica 704.

<Aplicação>

(Dispositivo de Exibição)

Agora, será descrito abaixo um dispositivo de exibição de acordo com a presente invenção. A Figura 10 é um diagrama de blocos que mostra a configuração do dispositivo de exibição de acordo com a presente invenção. Como mostrado na Figura 10, o dispositivo de exibição compreende um dispositivo de exibição de LED 601 e um circuito de acionamento 610 tendo um acionador 602, um meio de armazenamento de dados de vídeo 603 e um meio de controle de tom 604. O dispositivo de exibição de LED 601, que tem diodos emissores de luz branca 501 mostrados na Figura 1 ou na Figura 2 dispostos em uma configuração de matriz em um invólucro 504, como mostrado na Figura 11, é usado como um dispositivo de exibição de LED monocromático. O invólucro 504 é provido com um material de bloqueio de luz 505 sendo formado integralmente com ele.

O circuito de acionamento 610 tem o meio de armazenamento de dados de vídeo (RAM) 603 para armazenamento temporário de dados de exibição os quais são introduzidos, do meio de controle de tom 604, o qual computa e extrai sinais de tom para controle dos diodos emissores de luz individuais do dispositivo de exibição de LED 601 para acenderem com o brilho especificado de acordo com o dado lido da RAM 603, e o acionador 602, o qual é comutado por sinais supridos do meio de controle de tom 604 para acionar o diodo emissor de luz para acender. O circuito de controle de tom 604 recupera os dados da RAM 603 e computa a duração de acendimento dos diodos emissores de luz do dispositivo emissor de LED 601, então extrai sinais de pulso para ligar e desligar os diodos emissores de luz para o dispositivo de exibição de LED 601. No dispositivo de exibição constituído como descrito acima, o dispositivo de exibição de LED 601 é capaz de

exibir imagens de acordo com sinais de pulso os quais são introduzidos a partir do circuito de acionamento, e tem as vantagens a seguir.

É requerido que o dispositivo de exibição de LED, o qual exibe luz branca usando-se os diodos emissores de luz de três cores, RGB, exiba
5 enquanto controla-se a saída de emissão de luz dos diodos emissores de luz R, G e B e, assim sendo, deve-se controlar os diodos emissores de luz levando-se em conta a intensidade de emissão, as características de temperatura e outros fatores dos diodos emissores de luz, resultando em uma configuração complicada do circuito de acionamento que aciona o dispositivo de
10 exibição de LED. No dispositivo de exibição da presente invenção, contudo, devido ao dispositivo emissor de LED 601 ser constituído usando-se os diodos emissores de luz 501 da presente invenção, os quais podem emitir luz branca sem usar diodos emissores de luz de três tipos, RGB, não é necessário que o circuito de acionamento controle individualmente os diodos e-
15 missores de luz R, G e B, tornando possível simplificar a configuração do circuito de acionamento e fazer o dispositivo de exibição a um baixo custo.

Com o dispositivo de exibição de LED que exibe na luz branca usando os diodos emissores de luz de três tipos, RGB, os três diodos emissores de luz devem ser iluminados ao mesmo tempo e a luz dos diodos e-
20 missores de luz deve ser misturada de modo a exibir a luz branca pela combinação dos três diodos emissores de luz RGB para cada pixel, resultando em uma área de exibição grande para cada pixel e tornando impossível uma exibição com alta definição. O dispositivo de exibição de LED do dispositivo de exibição de acordo com a presente invenção, em contraste, pode exibir
25 com luz branca, pode ser feito com um único diodo emissor de luz e, portanto, é capaz de uma exibição com luz branca de definição mais alta. Ainda, com o dispositivo de exibição de LED que exibe pela mistura das cores dos três diodos emissores de luz, há o caso da cor de exibição mudar devido ao bloqueio de parte dos diodos emissores de luz RGB, dependendo do ângulo
30 de visão, o dispositivo de exibição de LED da presente invenção não tendo esse problema.

Como descrito acima, o dispositivo de exibição provido com o

dispositivo de exibição de LED empregando o diodo emissor de luz da presente invenção o qual é capaz de emitir luz branca é capaz de exibir luz branca estável com uma definição mais alta e tem a vantagem de menos desigualdade de cor. O dispositivo de exibição de LED da presente invenção o qual é capaz de exibição com luz branca também impõe menos estímulo ao olho se comparado com o dispositivo de exibição de LED convencional que emprega apenas as cores vermelha e verde, e, portanto, é adequado para uso por um longo período de tempo.

(Realização de um outro dispositivo de exibição empregando o diodo emissor de luz da presente invenção)

O diodo emissor de luz da presente invenção pode ser usado para constituir um dispositivo de exibição de LED onde um pixel é constituído de três diodos emissores de luz RGB e um diodo emissor de luz da presente invenção, como mostrado na FIG. 12. Pela conexão do dispositivo de exibição de LED e um circuito de acionamento específico, o dispositivo de exibição capaz de exibir várias imagens pode ser constituído. O circuito de acionamento deste dispositivo de exibição tem, de modo similar ao dispositivo de exibição monocromático, um meio de armazenamento de dados de vídeo (RAM) para armazenamento temporário dos dados de exibição de entrada, um circuito de controle de tom, o qual processa os dados armazenados na RAM para computar os sinais de tom para acendimento dos diodos emissores de luz com brilho específico e um acionador, o qual é comutado pelo sinal de saída do circuito de controle de tom para fazer com que os diodos emissores de luz se acendam. O circuito de acionamento é requerido exclusivamente para cada um dos diodos emissores de luz RGB e o diodo emissor de luz branca. O circuito de controle de tom computa a duração de iluminação dos diodos emissores de luz a partir dos dados armazenados na RAM, e extrai sinais de pulso para ligar e desligar os diodos emissores de luz. Quando da exibição com luz branca, a largura dos sinais de pulso para iluminação dos diodos emissores de luz é mais curta, ou o valor de pico do sinal de pulso é feito menor ou nenhum sinal de pulso é extraído de forma alguma. Por outro lado, um sinal de pulso é dado ao diodo emissor de luz

branca em compensação. Isso faz com que o dispositivo de exibição de LED exiba com luz branca.

Como descrito acima, o brilho de exibição pode ser melhorado pela adição do diodo emissor de luz aos diodos emissores de luz RGB.

5 Quando os diodos emissores de luz RGB são combinados para exibirem luz branca, uma ou mais das cores RGB pode ser aumentada, resultando em uma falha em exibir um branco puro, dependendo do ângulo de visão, um problema como esse sendo resolvido pela adição do diodo emissor de luz como neste dispositivo de exibição.

10 Para o circuito de acionamento de um dispositivo de exibição como esse, como descrito acima, é preferível que uma CPU seja provida separadamente, como um circuito de controle de tom o qual computa o sinal de pulso para iluminação do diodo emissor de luz branco com o brilho específico. O sinal de pulso o qual é extraído do circuito de controle de tom é proporcionado ao acionador de diodo emissor de luz branca, para desse modo
15 comutar o acionador. O diodo emissor de luz branca se acende quando o acionador está ligado e se apaga quando o acionador está desligado.

(Sinal de trânsito)

Quando o diodo emissor de luz da presente invenção é usado
20 como um sinal de trânsito, o qual é um tipo de dispositivo de exibição, podem ser obtidas vantagens tais como uma iluminação estável por um período de tempo longo e nenhuma desigualdade de cor mesmo quando parte dos diodos emissores de luz apagam-se. O sinal de trânsito que emprega o diodo emissor de luz da presente invenção tem uma configuração tal que os
25 diodos emissores de luz branca sejam dispostos em um substrato onde um padrão condutor é formado. Um circuito de diodos emissores de luz onde esses diodos emissores de luz são conectados em série ou em paralelo é manipulado como um conjunto de diodos emissores de luz. Dois ou mais conjuntos dos diodos de emissão de luz são usados, cada um possuindo os
30 diodos de emissão de luz dispostos em conjugações em espiral. Quando todos os diodos emissores de luz são dispostos, eles são dispostos sobre toda a área em uma configuração circular. Após a conexão das linhas de

energia por soldagem para a conexão dos diodos emissores de luz e do substrato com o fornecimento de energia externo, ele é preso em um chassi de sinal de ferrovia. O dispositivo de exibição de LED é colocado em um chassi fundido em matriz de alumínio equipado com um elemento de bloqueio de luz e é selado na superfície com um enchimento de borracha de silicone. O chassi é provido com uma lente de cor branca no plano de exibição da mesma. A fiação elétrica do dispositivo de exibição de LED é passada através de um invólucro de borracha na traseira do chassi, para vedação do interior do chassi do exterior, com o interior do chassi fechado. Assim, um sinal de luz branca é feito. Um sinal de confiabilidade mais alta pode ser feito pela divisão dos diodos emissores de luz da presente invenção em uma pluralidade de grupos e dispondo-os em uma configuração em espiral em redemoinho do centro para o lado de fora, enquanto são conectados em paralelo. A configuração de redemoinho do centro para fora pode ser feita contínua ou intermitente. Portanto, o número desejado de diodos emissores de luz e o número desejado de conjuntos de diodos emissores de luz podem ser selecionados, dependendo da área de exibição do dispositivo de exibição de LED. Este sinal é, mesmo quando um dos conjuntos de diodos emissores de luz ou parte dos diodos emissores de luz falha em iluminar devido a algum problema, capaz de iluminar uniformemente em uma configuração circular sem desvio de cor por meio do conjunto remanescente de diodos emissores de luz ou dos diodos emissores de luz remanescentes. Devido ao fato dos diodos emissores de luz serem dispostos em uma configuração em espiral, eles podem estar dispostos de modo mais denso no centro e acionados sem qualquer impressão diferente a partir dos sinais empregando lâmpadas incandescentes.

<Exemplos>

Os Exemplos a seguir ilustram a presente invenção em maiores detalhes, mas não devem ser construídos como limitando o escopo da mesma.

(Exemplo 1)

O exemplo 1 provê um componente de emissão de luz que tem

um pico de emissão a 450 nm e uma meia largura de 30 nm empregando um semiconductor de GaInN. O componente de emissão de luz da presente invenção é feito fluindo-se gás TMG (trimetil gálio), gás TMI (trimetil índio), gás nitrogênio e gás de revestimento juntamente com um gás portador em um substrato de safira limpo e formando uma camada de semiconductor de composto de nitreto de gálio no processo MOCVD. Um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N e um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo P são formados alternando-se SiH_4 e Cp_2Mg como o gás de dopagem. O elemento de LED do Exemplo 1 tem uma camada de contato a qual é um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N, uma camada de blindagem a qual é um semiconductor de alumínio de nitreto de gálio tendo condutividade do tipo P, e entre a camada de contato de condutividade do tipo N e a camada de blindagem de condutividade do tipo P é formada uma camada de ativação de InGaN não dopada de espessura de cerca de 3 nm para confecção de uma estrutura de poço quântico única. O substrato de safira tem uma camada de semiconductor de nitreto de gálio formada sob uma baixa temperatura para fazer uma camada de armazenamento temporário. O semiconductor do tipo P é recozido a uma temperatura de 400°C ou mais, após a formação do filme.

Após a exposição das superfícies das camadas de semiconductor do tipo P e do tipo N por ataque químico, os eletrodos n e p são formados por deposição química. Após riscar a pastilha semicondutora a qual foi feita como descrito acima, os componentes de emissão de luz são feitos pela divisão da pastilha com uma força externa.

O componente de emissão de luz feito no processo acima é montado em um invólucro de um fio de montagem, o qual é feito de aço revestido com prata por uma ligação de matriz com resina epóxi. Então, os eletrodos do componente de emissão de luz, o fio de montagem e o fio interno são eletricamente conectados por ligação de fio com os fios de ouro de 30 μm de diâmetro, para se fazer um diodo emissor de luz do tipo de condutor.

Uma substância fosforescente é feita pela dissolução de elemen-

tos de terras raras de Y, Gd e Ce em um ácido em proporções estequiométricas, e co-precipitando a solução com ácido oxálico. O óxido do co-precipitado obtido por queima deste material é misturado com óxido de alumínio, para que desse modo se obtenha o material de mistura. A mistura foi
5 então misturada com fluoreto de amônia usado como um fluxo, e queimada em um crisol a uma temperatura de 1400°C no ar por 3 horas. Então, o material queimado é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado para que se obtenha desse modo o material desejado. A substância fosforescente feito como descrito acima é um material fluo-
10 rescente de ítrio - alumínio - granada representado pela fórmula geral $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$, onde cerca de 20% de Y são substituídos por Gd e a relação de substituição de Ce é 0,03.

80 partes em peso do material fluorescente tendo uma composição de $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$, o qual foi feito no processo acima, e 100 partes
15 em peso de resina epóxi são suficientemente misturadas para se transformar em uma lama. A lama é vazada no invólucro provido no fio de montagem onde o componente de emissão de luz é montado. Após o vazamento, a lama é curada a 130°C por uma hora. Assim, um revestimento tendo uma espessura de 120 µm, o qual contém a substância fosforescente, é formado no
20 componente de emissão de luz. No Exemplo 1, o revestimento é formado para conter a substância fosforescente gradualmente aumentando de concentração em direção ao componente de emissão de luz. A intensidade de irradiação é de cerca de 3,5 W/cm². O componente de emissão de luz e a substância fosforescente são moldados com uma resina epóxi translúcida
25 com a finalidade de proteção contra tensões, umidade e poeira externas. Uma armação de fio com uma camada de revestimento de substância fosforescente formada sobre ele é colocada em uma matriz em forma de projétil e misturado com uma resina epóxi translúcida e então curado a 150°C por 5 horas.

30 Sob observação visual do diodo emissor de luz formado como descrito acima na direção normal ao plano de emissão de luz, verificou-se que a porção central era interpretada como de cor amarelada, devido à cor

de corpo da substância fosforescente.

As medições de ponto de cromaticidade, temperatura de cor e índice de interpretação de cor do diodo emissor de luz feito como descrito acima e capaz de emitir luz branca deram valores de (0,302, 0,280) para o ponto de cromaticidade (x, y), temperatura de cor de 8080 K e 87,5 para o índice de interpretação de cor (Ra), os quais se aproximam das características de uma lâmpada fluorescente de forma de onda 3. A eficácia luminosa de luz foi de 9,5 lm/W, comparável àquela da luz incandescente. Ainda nos testes de vida útil sob condições de energização com uma corrente de 60 mA a 25°C, 20 mA a 25°C e 20 mA a 60°C com 90% de U.R., nenhuma mudança devido ao material fluorescente foi observada, provando que o diodo emissor de luz não tinha nenhuma diferença em serviço de vida útil do diodo emissor de luz azul convencional.

(Exemplo Comparativo 1)

A formação de um diodo emissor de luz e os testes de vida útil do mesmo foram conduzidos da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pela mudança da substância fosforescente de $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ para $(ZnCd)S:Cu, Al$. O diodo emissor de luz, o qual tinha sido formado, mostrou, imediatamente após a energização, uma emissão de luz branca, mas com baixa luminância. Em um teste de vida útil, a saída diminuiu para zero em cerca de 100 horas. A análise da causa de deterioração mostrou que o material fluorescente foi escurecido.

Supõe-se que esse problema tenha sido causado pela luz emitida pelo componente de emissão de luz, e a umidade a qual tinha sido retida no material fluorescente ou entrado pelo lado de fora gerou uma fotólise para fazer com que o zinco coloidal se precipitasse na superfície do material fluorescente, resultando em uma superfície escurecida. Os resultados dos testes de vida útil sob as condições de energização com uma corrente de 20 mA a 25°C e 20 mA a 60°C com 90% de U.R. são mostrados na Figura 13 juntamente com os resultados do Exemplo 1. A luminância é dada em termos de valor relativo em relação ao valor inicial como referência. Uma linha cheia indica o Exemplo 1 e uma linha tracejada indica o Exemplo Comparativo 1

na Figura 13.

(Exemplo 2)

No Exemplo 2, um componente de emissão de luz foi feito da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pelo aumento do teor de Instalação no semicondutor de composto de nitreto do componente de emissão de luz para ter um pico de emissão a 460 nm e aumentando-se o teor de Gd na substância fosforescente mais do que aquele do Exemplo 1 para se ter uma composição de $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$.

As medições do ponto de cromaticidade, da temperatura de cor e do índice de transformação de cor do diodo emissor de luz, as quais foram feitas como descrito acima e capaz de emitir luz branca, deram valores de (0,375, 0,370) para o ponto de cromaticidade (x, y), temperatura de cor de 4400 K e 86,0 para o índice de interpretação de cor (Ra). A Figura 18A, a Figura 18B e a Figura 18C mostram os espectros de emissão da substância fosforescente do componente de emissão de luz e do diodo emissor de luz do Exemplo 2, respectivamente.

100 peças de diodos emissores de luz do Exemplo 2 foram feitas e as intensidades luminosas das mesmas foram tomadas após uma iluminação por 1000 horas. Em termos de percentagem do valor de intensidade luminosa antes do teste de vida útil, a intensidade luminosa média após o teste de vida útil era de 98,8%, não mostrando nenhuma diferença na característica.

(Exemplo 3)

100 diodos emissores de luz foram feitos da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pela adição de Sm além dos elementos de terras raras Y, Gd e Ce na substância fosforescente para se 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 foram acesos a uma temperatura alta de 130°C, uma característica de temperatura média de cerca de 8% melhor que aquela do Exemplo 1 foi obtida.

(Exemplo 4)

O dispositivo de exibição de LED do Exemplo 4 é feito dos dio-

dos emissores de luz do Exemplo 1 sendo dispostos em uma matriz de 16 x 16 sobre um substrato cerâmico onde um padrão de cobre é formado, como mostrado na Figura 11. No dispositivo de exibição de LED do Exemplo 4, o substrato onde os diodos emissores de luz são dispostos é colocado em um

5 chassi 504, o qual é feito de resina fenólica e é provido com um elemento de bloqueio de luz 505 sendo formado integralmente com ele. O chassi, os diodos emissores de luz, o substrato e parte do elemento de bloqueio de luz, exceto pelas pontas dos diodos emissores de luz, são cobertos com uma borracha de silicone 506 coberta de preto com um pigmento. O substrato é

10 os diodos emissores de luz são soldados por meio de uma máquina de soldagem automática.

O dispositivo de exibição de LED feito na configuração descrita acima, uma RAM a qual temporariamente armazena os dados de exibição de entrada, o circuito de controle de tom o qual processa os dados armaze-

15 nados na RAM para computar sinais de tom para acender os diodos emissores de luz com um brilho específico, e um meio de acionamento, o qual é comutado pelo sinal de saída do circuito de controle de tom para fazer com que os diodos emissores de luz se acendam, são eletricamente conectados para fazer um dispositivo de exibição de LED. Pelo acionamento dos disposi-

20 tivos de display de LED, verificou-se que o aparelho pode ser usado como um dispositivo de exibição de LED preto e branco.

(Exemplo 5)

O diodo emissor de luz do Exemplo 5 foi feito da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pelo uso da substância fosforescente representado pela fórmula geral $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$. 100 peças de diodos emisso-

25 res de luz do Exemplo 5 foram feitas e medidas quanto a várias características.

A medição do ponto de cromaticidade deu valores de (0,450, 0,420) em média para o ponto de cromaticidade (x, y), e a luz de cor de lâmpada incandescente foi emitida. A Figura 19A, a Figura 19B e a Figura 19C

30 mostram os espectros de emissão da substância fosforescente, do componente de emissão de luz e do diodo emissor de luz do Exemplo 5, respecti-

vamente. Embora os diodos emissores de luz do Exemplo 5 tenham mostrado uma luminância cerca de 40% menor do que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 5, mostraram boa climatização comparável àquela do Exemplo 1 no teste de vida útil.

5 (Exemplo 6)

O diodo emissor de luz do Exemplo 6 foi feito da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pelo uso da substância fosforescente representado pela fórmula geral $Y_3Al_5O_{12}:Ce$. 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 6 foram feitas e medidas quanto a várias características.

10 Na medição de ponto de cromaticidade foi emitida uma luz branca ligeiramente amarelada e esverdeada se comparada com o Exemplo 1. O diodo emissor de luz do Exemplo 6 mostrou boa climatização similar àquela do Exemplo 1 no teste de vida útil. A Figura 20A, a Figura 20B e a Figura 20C mostram os espectros de emissão da substância fosforescente, do
15 componente de emissão de luz e do diodo emissor de luz do Exemplo 6, respectivamente.

(Exemplo 7)

O diodo emissor de luz do Exemplo 7 foi feito de maneira similar ao Exemplo 1, exceto pelo uso da substância fosforescente representado
20 pela fórmula geral $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$. 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 7 foram feitas e medidas quanto a várias características.

Embora os diodos emissores de luz do Exemplo 7 tenham mostrado uma baixa luminância, emitiram uma luz branca esverdeada e mostraram boa climatização similar àquela do Exemplo 1 em teste de vida útil. A
25 Figura 21A, a Figura 21B e a Figura 21C mostram os espectros de emissão da substância fosforescente, do componente de emissão de luz e do diodo emissor de luz do Exemplo 7, respectivamente.

(Exemplo 8)

O diodo emissor de luz do Exemplo 8 foi feito da mesma maneira
30 ra que no Exemplo 1, exceto pelo uso da substância fosforescente representado pela fórmula geral $Gd_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$, a qual não contém Y. 100 peças dos diodos emissores de luz do Exemplo 8 foram feitas e medidas

quanto a várias características.

Embora os diodos emissores de luz do Exemplo 8 tenham mostrado uma baixa luminância, mostraram boa climatização similar àquela do Exemplo 1 no teste de vida útil.

5 (Exemplo 9)

O diodo emissor de luz do Exemplo 9 é um dispositivo de emissão de luz plana que tem a configuração mostrada na Figura 7.

Um semiconductor de $\text{In}_{0,05}\text{Ga}_{0,95}\text{N}$ tendo um pico de emissão em 450 nm é usado como um componente de emissão de luz. Os componentes de emissão de luz são feitos fluindo-se gás TMG (trimetil gálio), gás TMI (trimetil índio), gás nitrogênio e gás de revestimento juntamente com um gás portador em um substrato de safira limpo e formando uma camada de semiconductor de composto de nitreto de gálio no processo MOCVD. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N e uma camada semicondutora de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo P são formadas alternando-se SiH_4 e Cp_2Mg como o gás de revestimento, desse modo formando uma junção PN. Para o componente de emissão de luz semiconductor, uma camada de contato, a qual é um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N, uma camada de blindagem a qual é um semiconductor de alumínio de nitreto de gálio tendo condutividade do tipo N, uma camada de blindagem a qual é um semiconductor de alumínio de nitreto de gálio tendo condutividade do tipo P e uma camada de contato a qual é um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo P são formadas. Uma camada de ativação de InGaN revestida com Zn, a qual faz uma junção hetero dupla, é formada entre a camada de blindagem que tem condutividade do tipo N e a camada de blindagem que tem condutividade do tipo P. Uma camada de armazenamento temporário é provida no substrato de safira pela formação da camada de semiconductor de nitreto de gálio a uma baixa temperatura. A camada de semiconductor de nitreto do tipo P é recozida a uma temperatura de 400°C ou mais após a formação do filme.

Após a formação das camadas semicondutoras e a exposição

das superfícies das camadas semicondutoras do tipo P e do tipo N por ataque químico, os eletrodos são formados por deposição por evaporação à vácuo. Após riscar a pastilha semicondutora, a qual foi feita como descrito acima, os componentes de emissão de luz são feitos como componentes de emissão de luz pela divisão da pastilha com uma força externa.

O componente de emissão de luz é montado em um fio de montagem, o qual tem um invólucro na ponta de uma armação de fio de cobre revestido com prata, por ligação por matriz com resina epóxi. Os eletrodos do componente de emissão de luz, do fio de montagem e do fio interno são eletricamente conectados por ligação por fio com fios de ouro tendo um diâmetro de 30 μm .

A armação de fio com o componente de emissão de luz afixado a ela é colocada em uma matriz em forma de cápsula e selada com uma resina epóxi translúcida para moldagem, a qual é então curada a 150°C por 5 horas, para desse modo formar um diodo emissor de luz azul. O diodo emissor de luz azul é conectado a uma face de extremidade de uma placa de guia óptica acrílica a qual é polida em todas as faces de extremidade. Em uma superfície e uma face lateral da placa de acrílico, uma impressão de tela é aplicada usando-se titanato de bário disperso em um aglutinante acrílico como um refletor de luz branca, o qual é então curado.

Substâncias fosforescentes de cores verde e vermelho são feitos pela dissolução de elementos de terras-raras de Y, Gd, Ce e La em ácido em proporções estequiométricas, e co-precipitando-se a solução em ácido oxálico. O óxido do co-precipitado obtido por queima deste material é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para que se obtenham desse modo os respectivos materiais de mistura. A mistura é então misturada com fluoreto de amônia usado como um fluxo e queimada em um crisol a uma temperatura de 1400°C no ar por 3 horas. Então, o material queimado é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado para que se obtenha desse modo o material desejado.

120 partes em peso do primeiro material fluorescente tendo uma composição de $\text{Y}_3(\text{Al}_{0,6}\text{Ga}_{0,4})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ e capaz de emitir luz verde preparado

como descrito acima e 100 partes em peso do segundo material fluorescente tendo uma composição de $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ e capaz de emitir luz vermelha preparado em um processo similar àquele para o primeiro material fluorescente são suficientemente misturados com 100 partes em peso de resina epóxi para formar uma lama. A lama é aplicada uniformemente sobre uma camada acrílica tendo uma espessura de 0,5 mm por meio de um agente de revestimento múltiplo, e seca para formar uma camada de material fluorescente para ser usada como um material de conversão de cor tendo uma espessura de cerca de 30 μm . A camada de material fluorescente é cortada no mesmo tamanho que aquele do plano de emissão de luz principal da placa de guia óptica, e disposta na placa de guia óptica para desse modo formar o dispositivo de emissão de luz plano. As medições do ponto de cromaticidade e do índice de interpretação de cor deram valores de (0,29, 0,34) para o ponto de cromaticidade (x, y) e 92,0 para o índice de interpretação de cor (R_a), os quais são próximos das propriedades da lâmpada fluorescente de forma de onda 3. A eficácia luminosa de luz de 12 lm/W comparável àquela de uma lâmpada incandescente foi obtida. Ainda, nos testes de climatização sob condições normais de energização com uma corrente de 60 mA em temperatura ambiente, 20 mA em temperatura ambiente e 20 mA a 60°C com 90% de U.R., nenhuma mudança devido ao material fluorescente foi observada.

(Exemplo Comparativo 2)

A formação do diodo emissor de luz e os testes de climatização do mesmo foram conduzidos da mesma maneira que no Exemplo 9, exceto pela mistura das mesmas quantidades de um pigmento fluorescente orgânico verde (FA-001 da Synleuch Chemisch) e um pigmento fluorescente orgânico vermelho (FA-005 da Synleuch Chemisch), os quais são derivados de perileno, ao invés do primeiro material fluorescente representado pela fórmula geral $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,4})_5O_{12}:Ce$ capaz de emitir luz verde e o segundo material fluorescente representado pela fórmula geral $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ capaz de emitir luz vermelha do Exemplo 9. As coordenadas de cromaticidade do diodo emissor de luz do Exemplo Comparativo 1 assim formado foram (x, y) = (0,34, 0,35). O teste de climatização foi conduzido por irradiação com um

raio ultravioleta gerado por arco de carbono por 200 horas, representando uma irradiação equivalente de luz do sol por um período de um ano, enquanto mede-se a relação de retenção de luminância e o tom de cor em vários tempos durante o período de teste. Em um teste de confiabilidade, o componente de emissão de luz foi energizado para emitir luz a uma temperatura constante de 70°C enquanto se mede a luminância e o tom de cor em tempos diferentes. Os resultados são mostrados na Figura 14 e na Figura 15, juntamente com o Exemplo 9. Como será claro a partir da Figura 14 e da Figura 15, o componente de emissão de luz do Exemplo 9 experimenta menos deterioração do que o do Exemplo Comparativo 2.

(Exemplo 10)

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

No diodo emissor de luz do Exemplo 10, o componente de emissão de luz tendo uma camada de emissão de luz de $\text{In}_{0,05}\text{Ga}_{0,95}\text{N}$ com um pico de emissão em 450 nm, o qual é feito da mesma maneira que no Exemplo 9, é usado. O componente de emissão de luz é montado no invólucro provido na ponta de um fio de montagem de cobre revestido com prata, por ligação por matriz com resina epóxi. Os eletrodos do componente de emissão de luz, do fio de montagem e do fio interno são eletricamente conectados por ligação de fio com fios de ouro.

A substância fosforescente é feito pela mistura de um primeiro material fluorescente representado pela fórmula geral $\text{Y}_3(\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ capaz de emitir luz verde e de um segundo material fluorescente representado pela fórmula geral $(\text{Y}_{0,2}\text{Gd}_{0,8})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ capaz de emitir luz vermelha preparada como se segue. Especificamente, os elementos de terras-raras de Y, Gd e Ce são dissolvidos em ácido em proporções estequiométricas, e co-precipitando-se a solução com ácido oxálico. O óxido da co-precipitação obtido por queima é misturado com óxido de alumínio e óxido de gálio, para que se obtenham desse modo os respectivos materiais de mistura. A mistura é então misturada com fluoreto de amônia usado como um fluxo, e queimada em um crisol a uma temperatura de 1400°C no ar por 3 horas. Então, o

material queimado é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado para que se obtenham desse modo o primeiro e o segundo materiais fluorescentes da distribuição de tamanho de partículas especificada.

5 40 partes em peso do primeiro material fluorescente, 40 partes em peso do segundo material fluorescente e 100 partes em peso de resina epóxi são suficientemente misturados para formar uma lama. A lama é vazada no invólucro, o qual é provido no fio de montagem onde o componente de emissão de luz é colocado. Então, a resina incluindo a substância fosfo-

10 rescente é curada a 130°C por 1 hora. Assim, uma camada de revestimento incluindo a substância fosforescente de espessura de 120 µm é formada no componente de emissão de luz. A concentração da substância fosforescente na camada de revestimento é aumentada gradualmente em direção ao com-

15 ponente de emissão de luz. Ainda, o componente de emissão de luz e a substância fosforescente são selados por moldagem com uma resina epóxi translúcida com a finalidade de proteção contra tensões, umidade e poeira externas. Uma armação de fio com a camada de revestimento de substância fosforescente formada sobre ela é colocada em uma matriz em forma de cápsula e misturada com a resina epóxi translúcida e então curada a 150°C

20 por 5 horas. Sob observação visual do diodo emissor de luz formado como descrito acima na direção normal ao plano de emissão de luz, verificou-se que a porção central foi interpretada como de coloração amarelada devido à cor de corpo da substância fosforescente.

 As medições de ponto de cromaticidade, de temperatura de cor

25 e de índice de interpretação de cor do diodo emissor de luz do Exemplo 10, o qual é feito como descrito acima, deram valores de (0,32, 0,34) para o ponto de cromaticidade (x, y), 89,0 para o índice de interpretação de cor (Ra) e uma eficácia luminosa de luz de 10 lm/W. Ainda nos testes de climatização sob condições normais de energização com uma corrente de 60 mA em

30 temperatura ambiente, 20 mA em temperatura ambiente e 20 mA a 60°C com 90% de U.R., nenhuma mudança devido aa substância fosforescente foi observada, não mostrando nenhuma diferença de um diodo emissor de luz

azul comum na característica de vida útil em serviço.

(Exemplo 11)

Um semiconductor de $\text{In}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{N}$ tendo um pico de emissão a 470 nm é usado como um elemento de LED. Os componentes de emissão de luz são feitos fluindo-se gás TMG (trimetil gálio), gás TMI (trimetil índio), gás nitrogênio e gás de revestimento juntamente com um gás portador em um substrato de safira limpo e formando uma camada de semiconductor de composto de nitreto de gálio no processo MOCVD. Uma camada semicondutora de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N e uma camada semicondutora de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo P são formadas alternando-se SiH_4 e Cp_2Mg como o gás de revestimento, desse modo formando uma junção PN. Para o elemento de LED, uma camada de contato, a qual é um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo N, uma camada de blindagem a qual é um semiconductor de alumínio de nitreto de gálio tendo condutividade do tipo P, e uma camada de contato a qual é um semiconductor de nitreto de gálio tendo uma condutividade do tipo P são formadas. Uma camada de ativação de InGaN não-revestida com espessura de cerca de 3 nm é formada entre a camada de contato que tem condutividade do tipo N e a camada de blindagem que tem condutividade do tipo P. Uma camada de armazenamento temporário é provida no substrato de safira pela formação da camada de semiconductor de nitreto de gálio a uma baixa temperatura.

Após a formação das camadas e a exposição das superfícies do tipo P e do tipo N de camadas semicondutoras por ataque químico, os eletrodos são formados por deposição catódica. Após riscar a pastilha semicondutora, a qual é feita como descrito acima, os componentes de emissão de luz são feitos dividindo-se a pastilha com uma força externa.

O componente de emissão de luz é montado em um invólucro na ponta de um fio de montagem de cobre revestido com prata por ligação por matriz com resina epóxi. Os eletrodos do componente de emissão de luz, do fio de montagem e do fio interno são eletricamente conectados por ligação de fio com fios de ouro tendo um diâmetro de 30 μm .

A armação de fio com o componente de emissão de luz afixado a ela é colocada em uma matriz em forma de cápsula e selada com uma resina epóxi translúcida para moldagem, a qual é então curada a 150°C por 5 horas, para desse modo formar um diodo emissor de luz azul. O diodo emissor de luz azul é conectado a uma face de extremidade de uma placa de guia óptica acrílica a qual é polida em todas as faces de extremidade. Em uma superfície e uma face lateral da placa de acrílico, uma impressão de tela é aplicada usando-se titanato de bário disperso em um aglutinante acrílico como um refletor de luz branca, o qual é então curado.

A substância fosforescente é feito misturando-se 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 curto 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 longo preparados como se segue. Especificamente, os elementos de terras-raras de Y, Gd e Ce são dissolvidos em um ácido em proporções estequiométricas, e co-precipitando a solução com ácido oxálico. O óxido da co-precipitação obtido por queima é misturado com óxido de alumínio, para que desse modo se obtenha o respectivo material de mistura. A mistura é então misturada com fluoreto de amônia usado como um fluxo, e queimada em um crisol a uma temperatura de 1400°C no ar por 3 horas. Então, o material queimado é moído por um moinho de esferas em água, lavado, separado, seco e peneirado.

100 partes em peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente curto e 100 partes em peso de material fluorescente amarelo de comprimento de onda relativamente longo, os quais são feitos como descrito acima, são suficientemente misturados com 1000 partes em peso de resina acrílica e extrudados, para formar desse modo um filme de material fluorescente a ser usado como um material de conversão de cor de cerca de 180 µm de espessura. O filme de material fluorescente é cortado do mesmo tamanho que o plano de emissão principal da placa de guia óptica e disposto sobre a placa de guia óptica, para desse modo fazer um dispositivo de emissão de luz. As medições de ponto de cromaticidade e in-

dice de interpretação de cor do dispositivo de emissão de luz do Exemplo 3, o qual é feito como descrito acima, deram valores de (0,33, 0,34) para o ponto de cromaticidade (x, y), 88,0 para o índice de interpretação de cor (Ra) e uma eficácia luminosa de luz de 10 lm/W. A Figura 22A, a Figura 22B e a

5 Figura 22C mostram espectros de emissão do material fluorescente representado por $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ e de um material fluorescente representado pela fórmula geral $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ usados no Exemplo 11. A Figura 23 mostra um espectro de emissão do diodo emissor de luz do Exemplo 11. Ainda, nos testes de vida útil sob condições de energização com uma corrente de 60 mA em temperatura ambiente, 20 mA em temperatura ambiente

10 e 20 mA a 60°C com 90% de U.R., nenhuma mudança devido ao material fluorescente foi observada. De modo similar, a cromaticidade desejada pode ser mantida mesmo quando o comprimento de onda do componente de emissão de luz é mudado mudando-se o teor do material fluorescente.

15 (Exemplo 12)

O diodo emissor de luz do Exemplo 12 foi feito da mesma maneira que no Exemplo 1, exceto pelo uso da substância fosforescente representado pela fórmula geral $Y_3In_5O_{12}:Ce$. 100 peças do diodo emissor de luz do Exemplo 12 foram feitas. Embora o diodo emissor de luz do Exemplo 12

20 tenha mostrado uma luminância menor que aquela dos diodos emissores de luz do Exemplo 1, mostrou boa climatização comparável àquela do Exemplo 1 no teste de vida útil.

Como descrito acima, o diodo emissor de luz da presente invenção pode emitir luz de uma cor desejada e está sujeito a menos deterioração da eficácia luminosa e boa climatização, mesmo quando usado com alta luminância por um período de tempo longo. Portanto, a aplicação do diodo emissor de luz não está limitada a aplicações eletrônicas, mas pode abrir

25 novas aplicações incluindo um display para automóveis, aeronaves e bóias para baías e portos, bem como um uso externo tal como um sinal e iluminação para vias expressas.

30

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de emissão de luz que compreende:

um componente de emissão de luz (102, 202, 702) capaz de emitir luz azul; e

5 um membro de revestimento (101, 201) que cobre o componente de emissão de luz (102, 202, 702) e que contém um material fluorescente capaz de absorver uma parte da luz azul emitida pelo componente de emissão de luz (102, 202, 702) e emitir luz de comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida,

10 **caracterizado pelo fato de que** a cor do material fluorescente é amarela e o membro de revestimento (101, 201) é translúcido colorido pela contenção de dispersante.

2. Dispositivo de emissão de luz que compreende:

15 um componente de emissão de luz (102, 202, 702) capaz de emitir luz azul; e

 um membro de revestimento (101, 201) que cobre o componente de emissão de luz (102, 202, 702) e que contém um material fluorescente capaz de absorver uma parte da luz azul emitida pelo componente de emissão de luz (102, 202, 702) e emitir luz de comprimento de onda
20 diferente daquele da luz absorvida,

 um membro de moldagem (104) que circunda o componente de emissão de luz (102, 202, 702) coberto pelo componente de revestimento,

caracterizado pelo fato de que a cor do material fluorescente é amarela e o membro de moldagem (104) é translúcido colorido pela
25 contenção de dispersante.

3. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** o membro de moldagem (104) contém o mesmo material fluorescente que o membro de revestimento (101, 201).

4. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** o membro de moldagem (104) e o
30 membro de revestimento (101, 201) são feitos do mesmo material.

5. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação

2, **caracterizado pelo fato de que** o membro de moldagem (104) é feito do material selecionado do grupo que consistem em resina de epóxi, resina de uréia e resina de silício.

- 5 6. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** o membro de moldagem (104) é formado em uma configuração de lente.

7. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** o componente de emissão de luz (102, 202, 702) possui um semicondutor de composto de nitreto e o material
10 fluorescente contém um material fluorescente de granada que compreende (i) pelo menos um elemento selecionado do grupo que consistem em Y, Lu, Se, La, Gd e Sm, e (ii) pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Al, Ga e In.

8. Dispositivo de emissão de luz, de acordo com a reivindicação 15 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** o dispersante é feito de material selecionado do grupo que consiste em titanato de bário, óxido de titânio, óxido de alumínio e dióxido de silício.

Fig.1

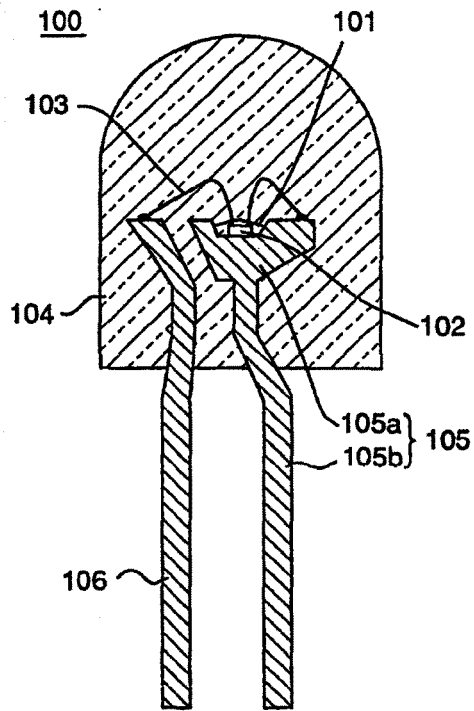


Fig.2

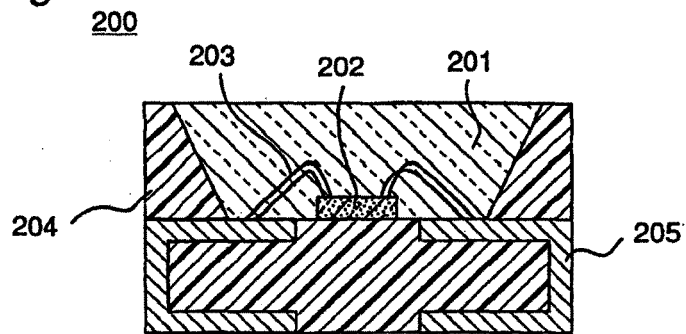


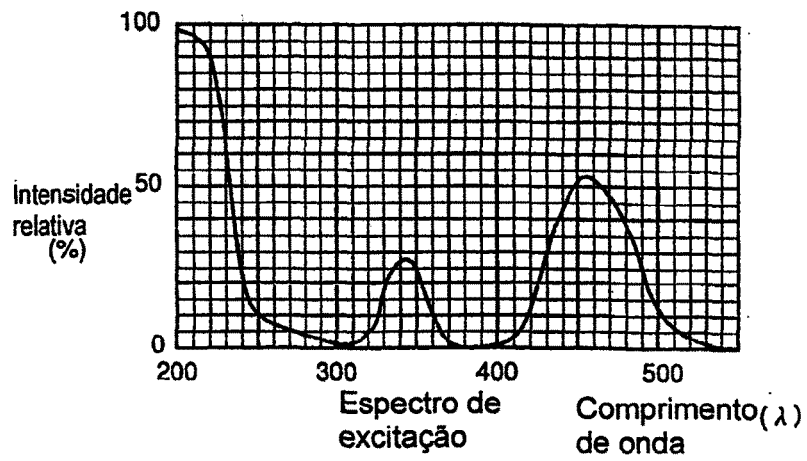
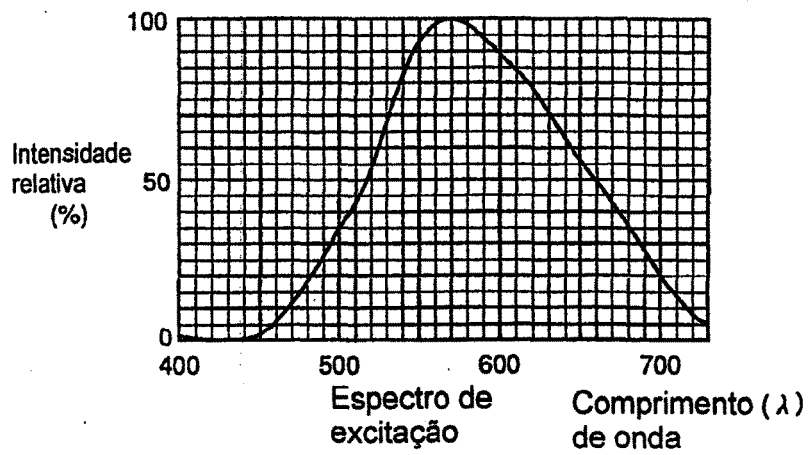
Fig.3A*Fig.3B*

Fig.4

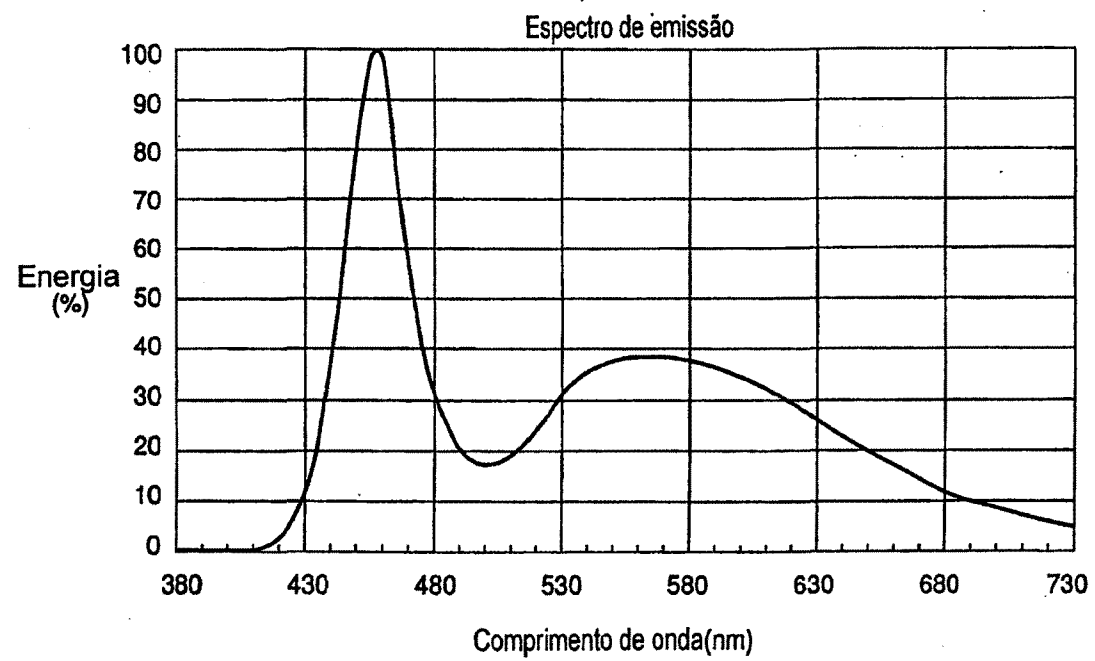


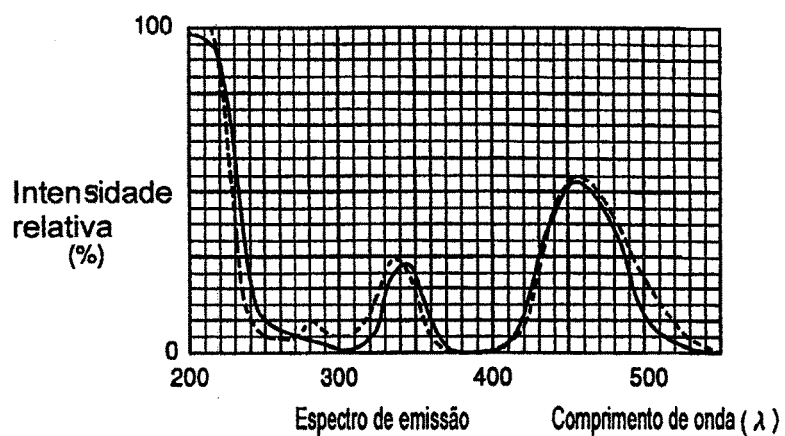
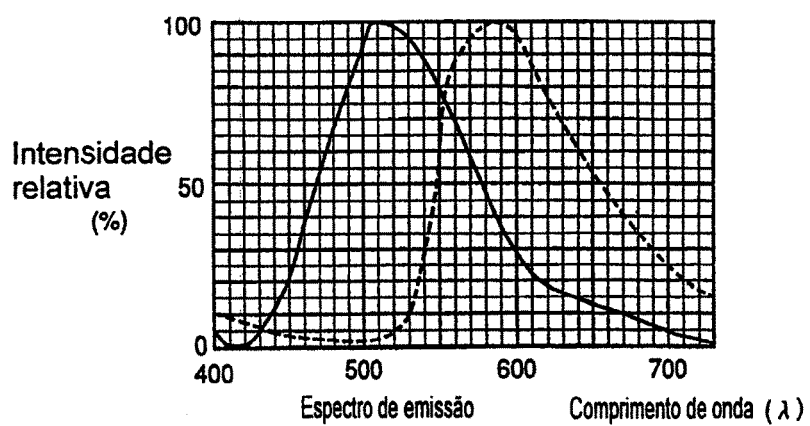
Fig.5A*Fig.5B*

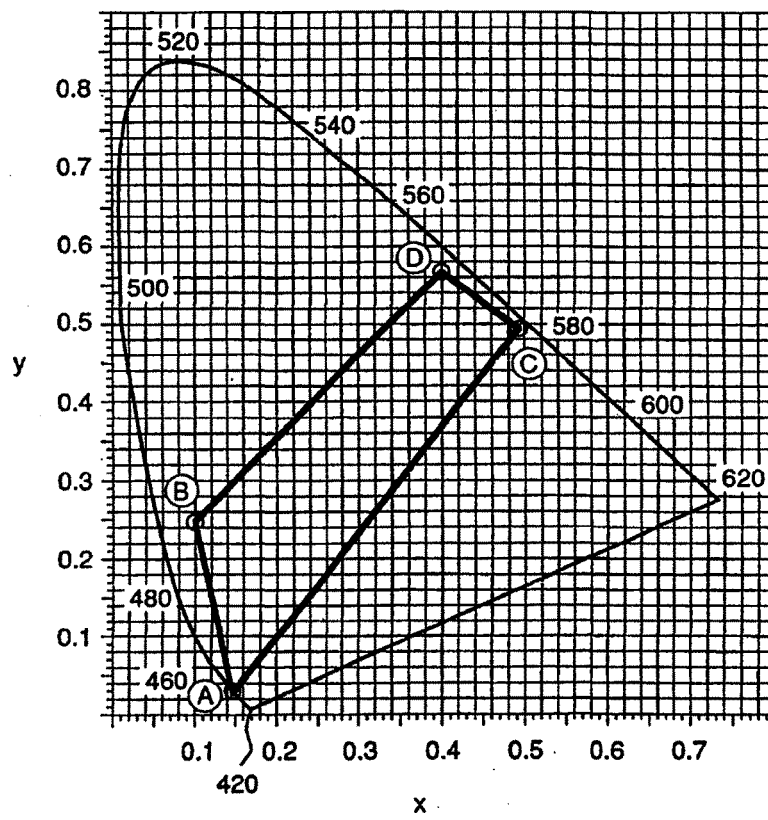
Fig.6

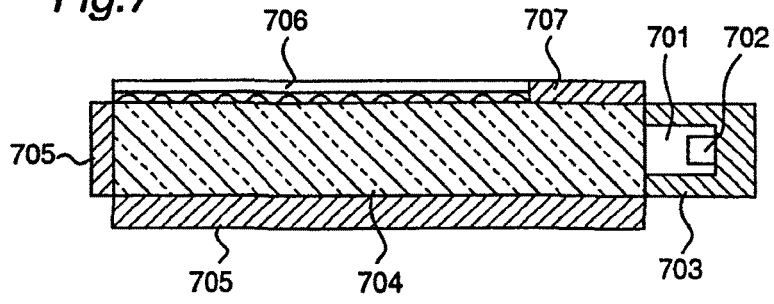
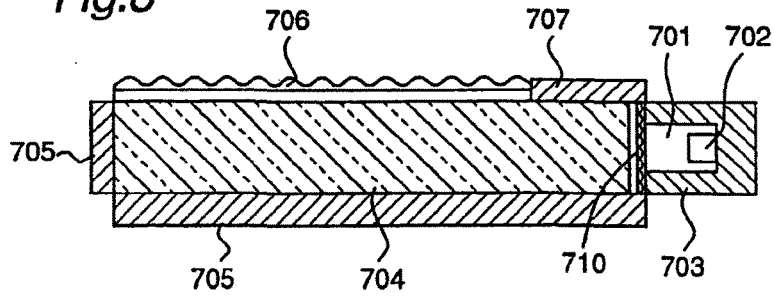
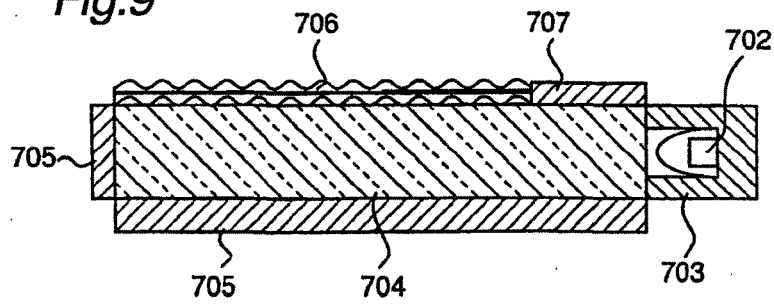
Fig.7**Fig.8****Fig.9**

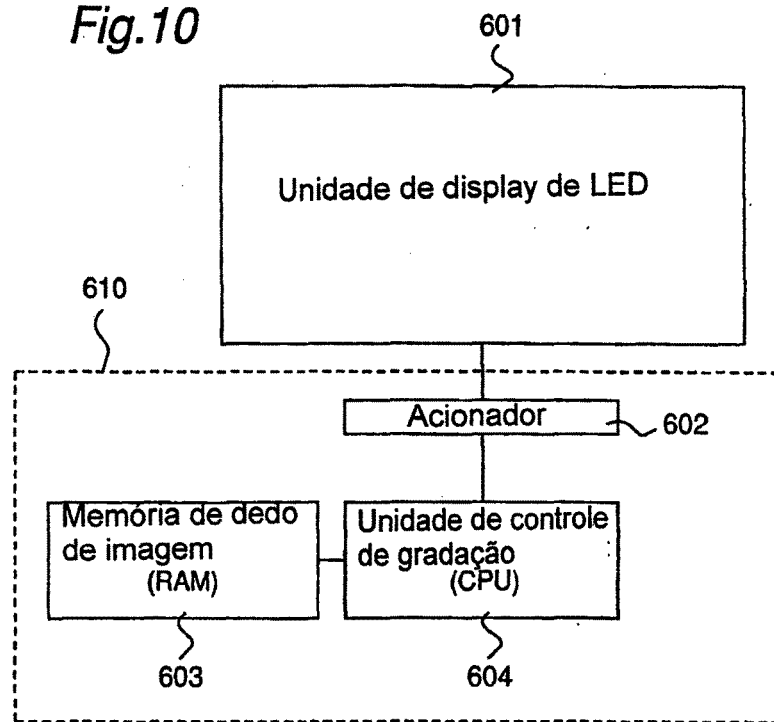
Fig.10

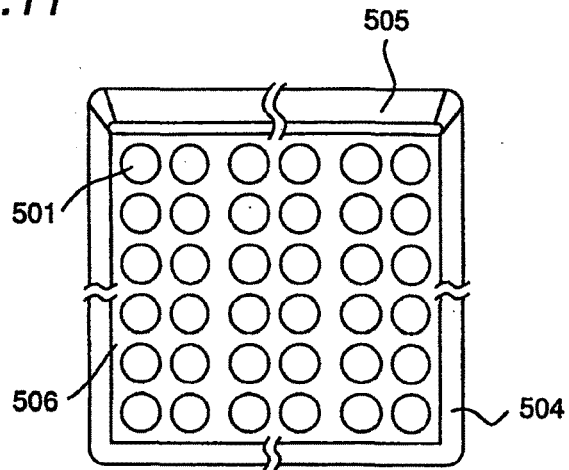
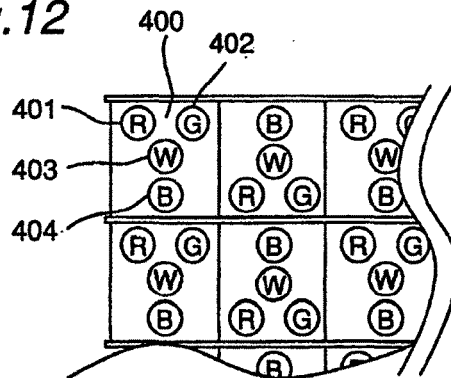
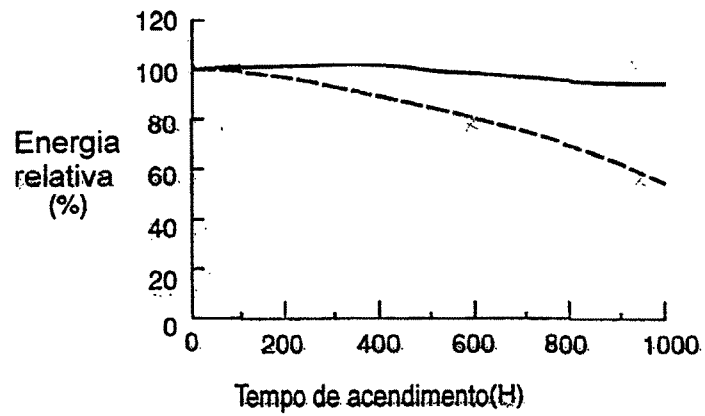
Fig.11*Fig.12*

Fig.13A

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

**Fig.13B**

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

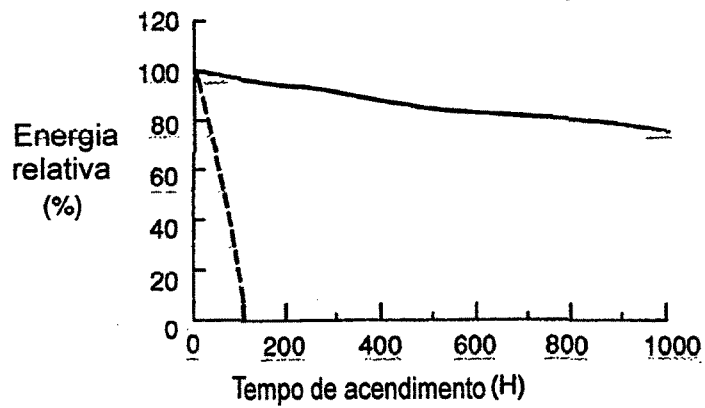


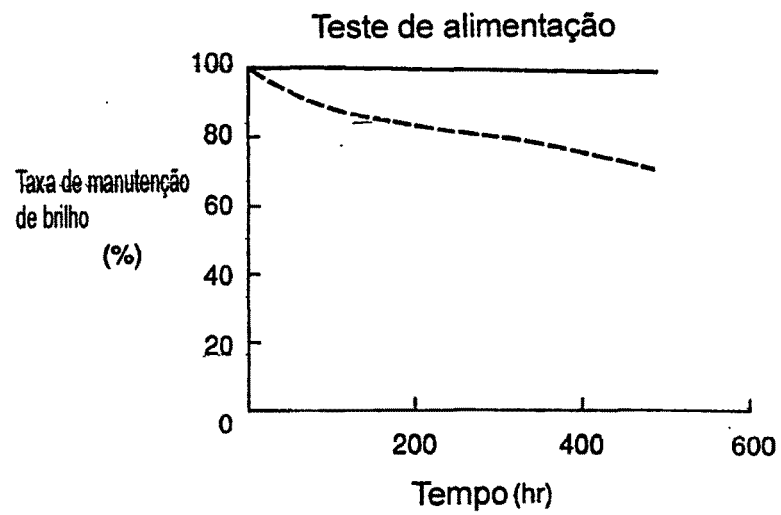
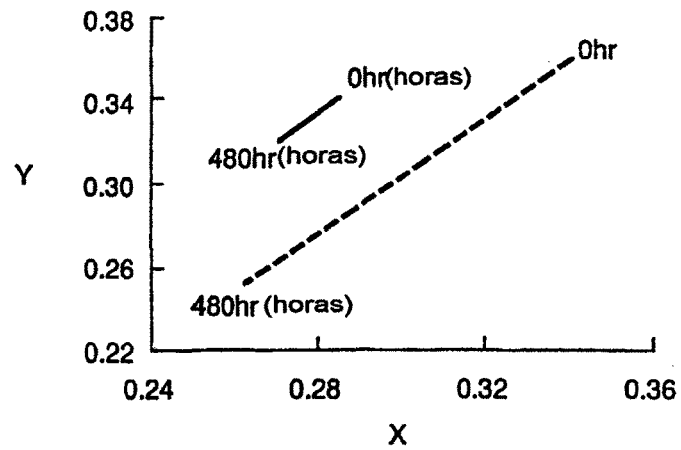
Fig.14A**Fig.14B**

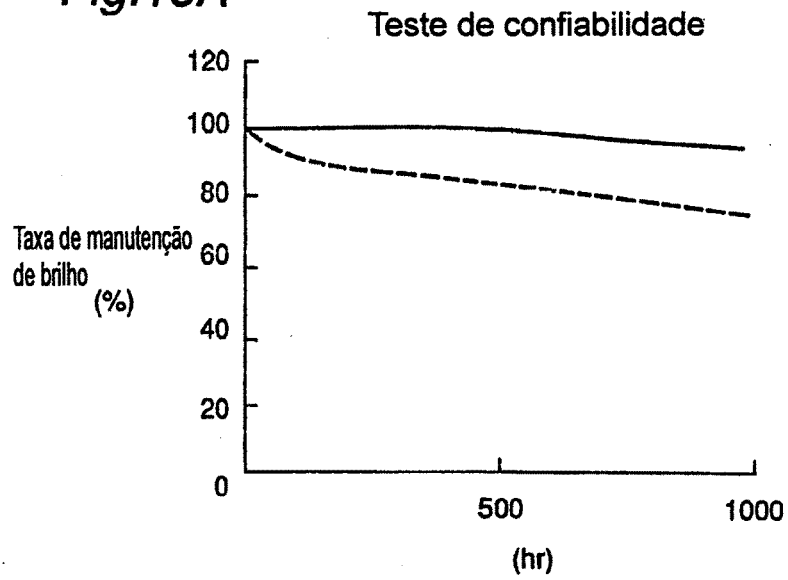
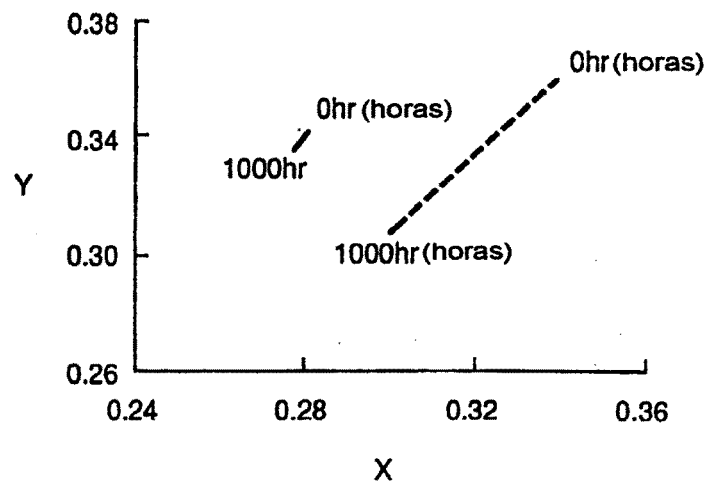
Fig.15A**Fig.15B**

Fig.16

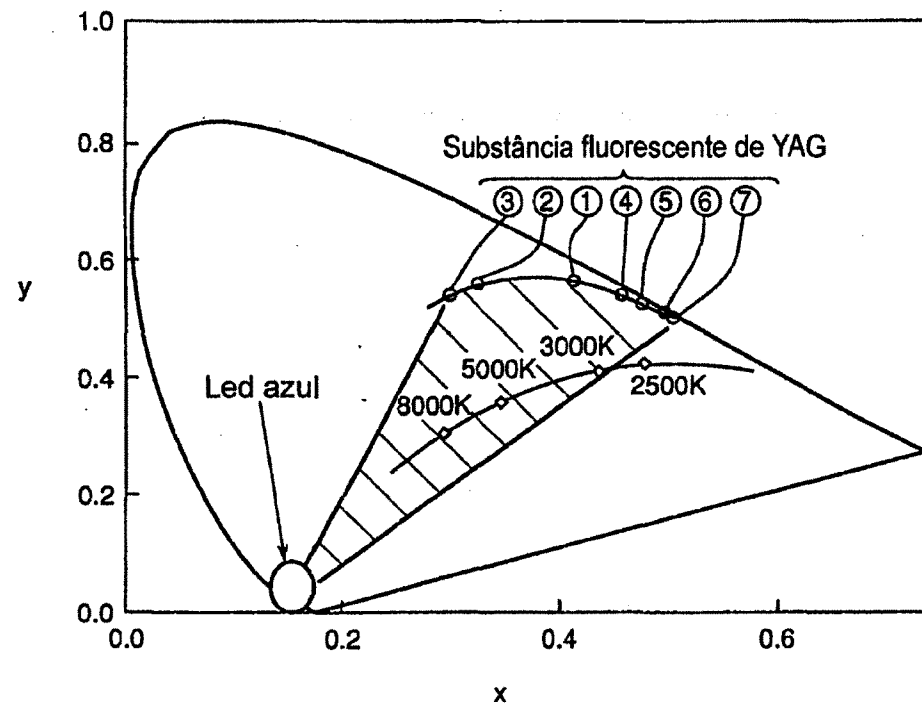


Fig.17

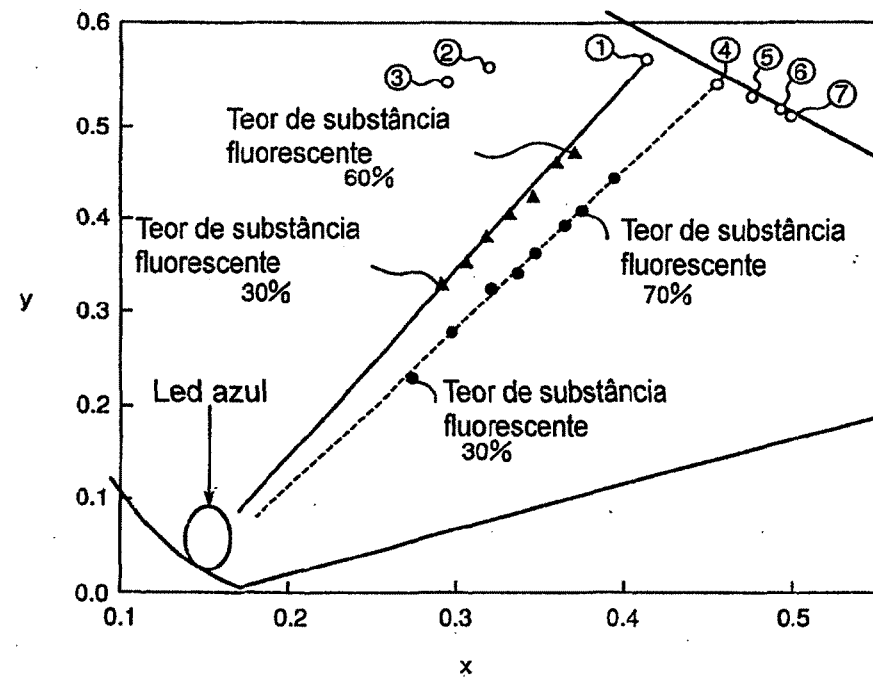


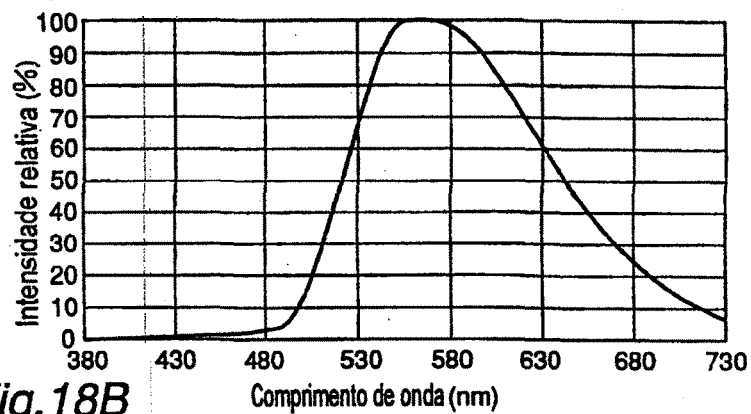
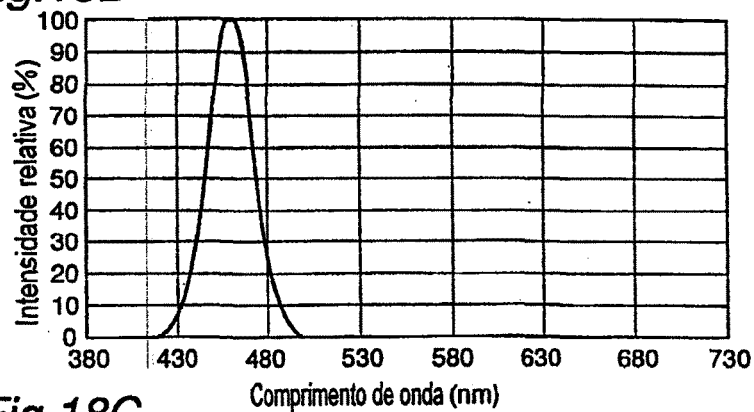
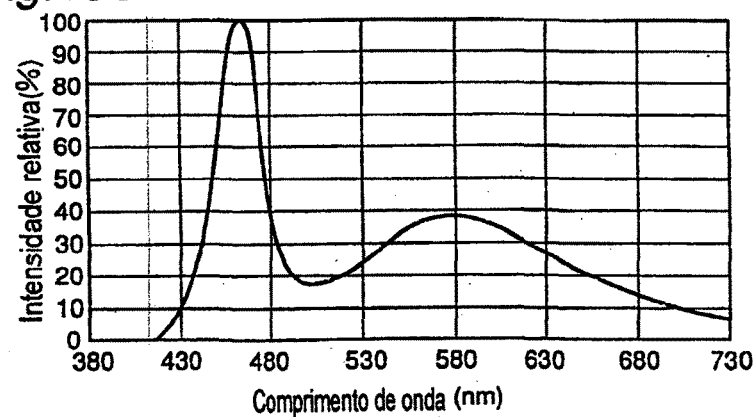
Fig.18A**Fig.18B****Fig.18C**

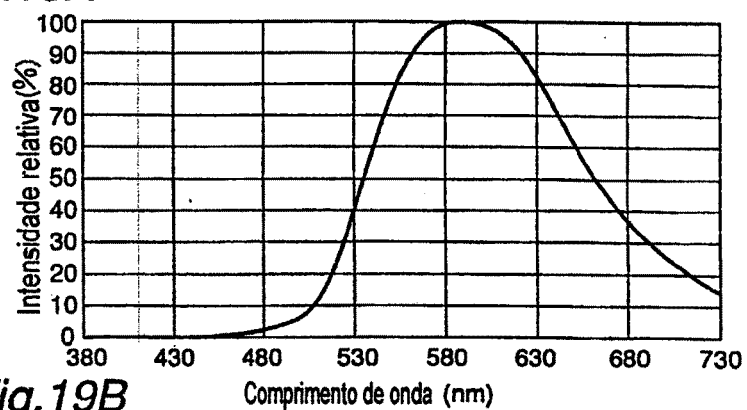
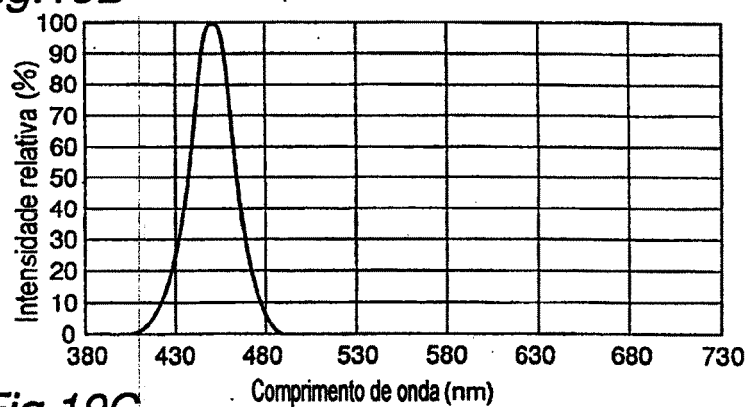
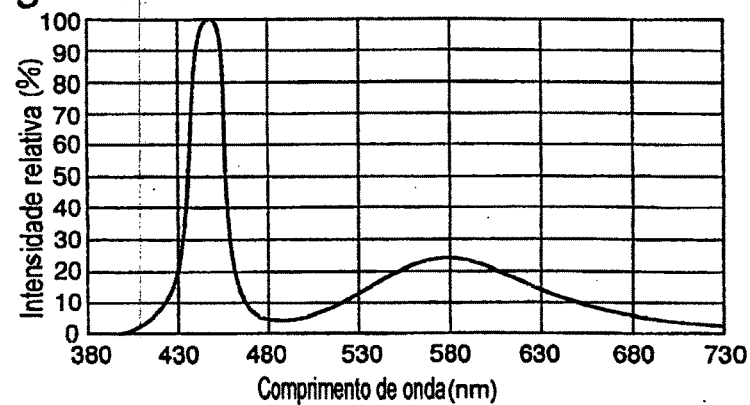
Fig.19A**Fig.19B****Fig.19C**

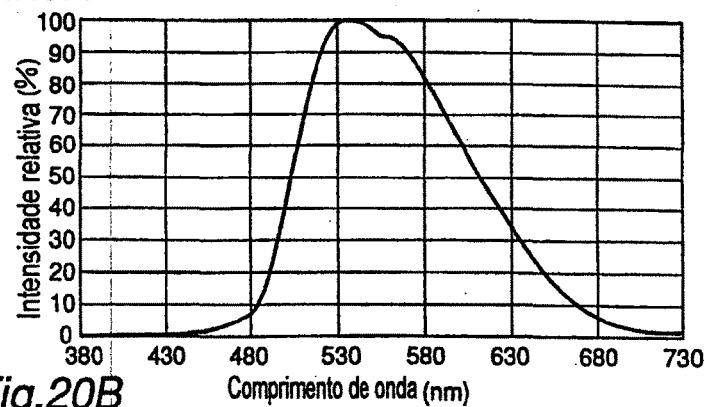
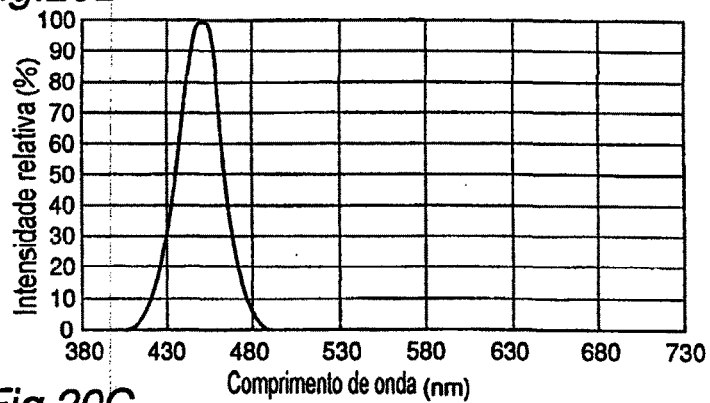
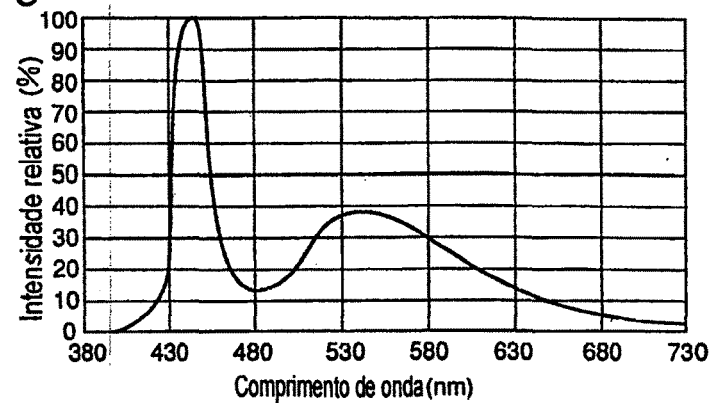
Fig.20A*Fig.20B**Fig.20C*

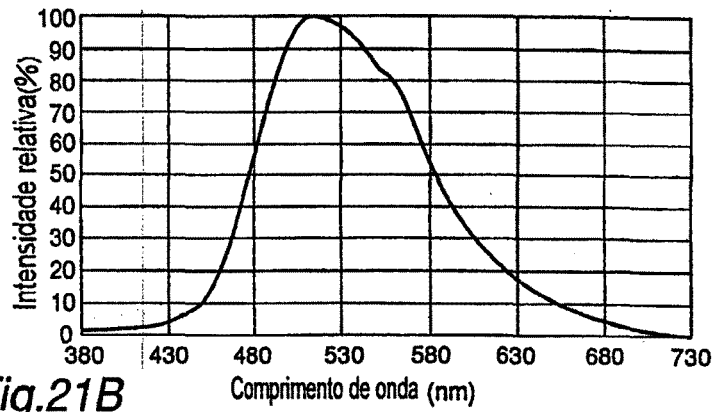
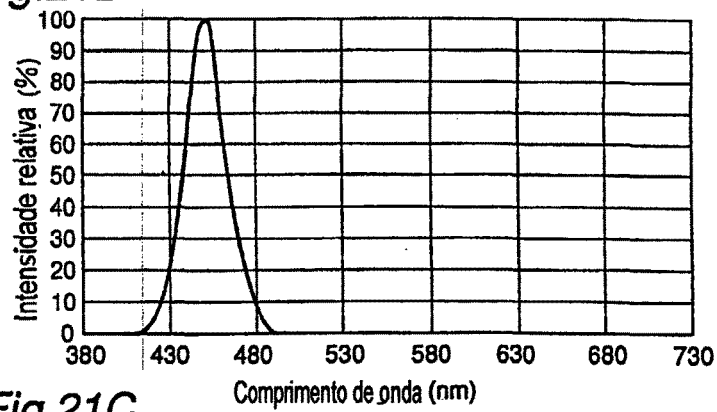
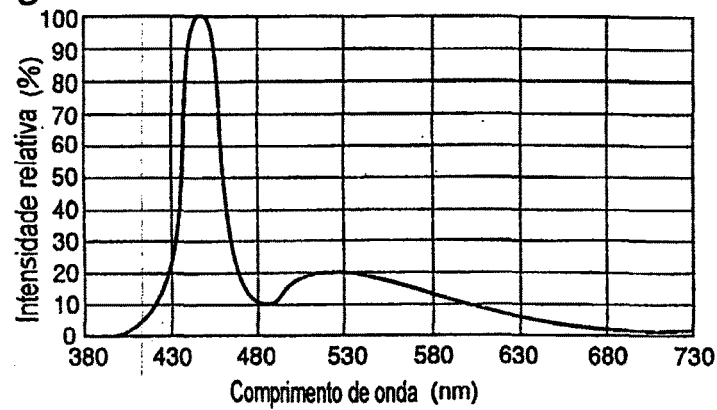
Fig.21A**Fig.21B****Fig.21C**

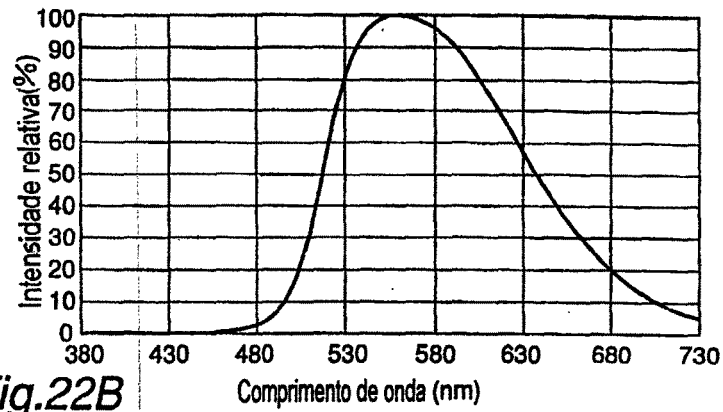
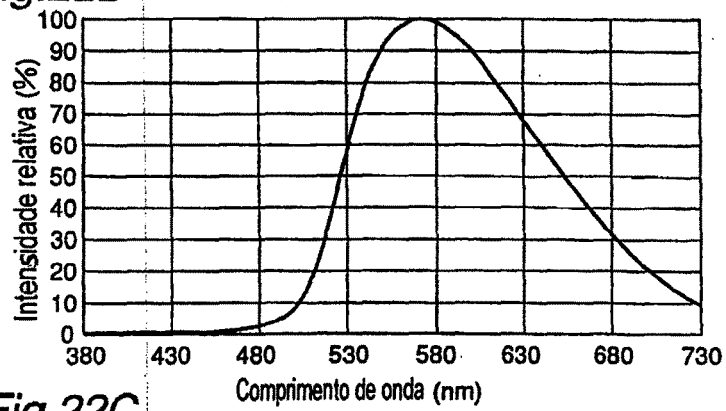
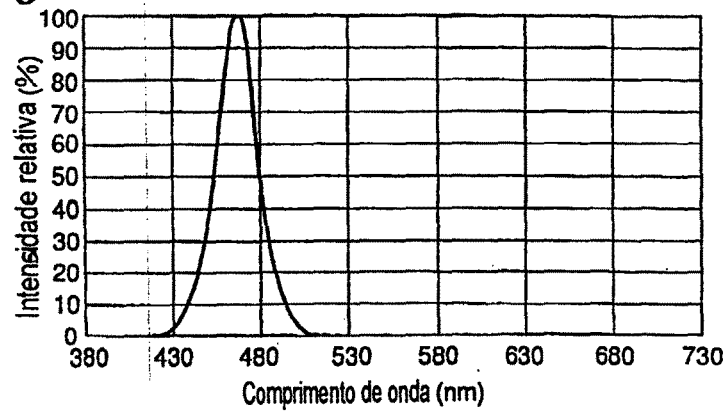
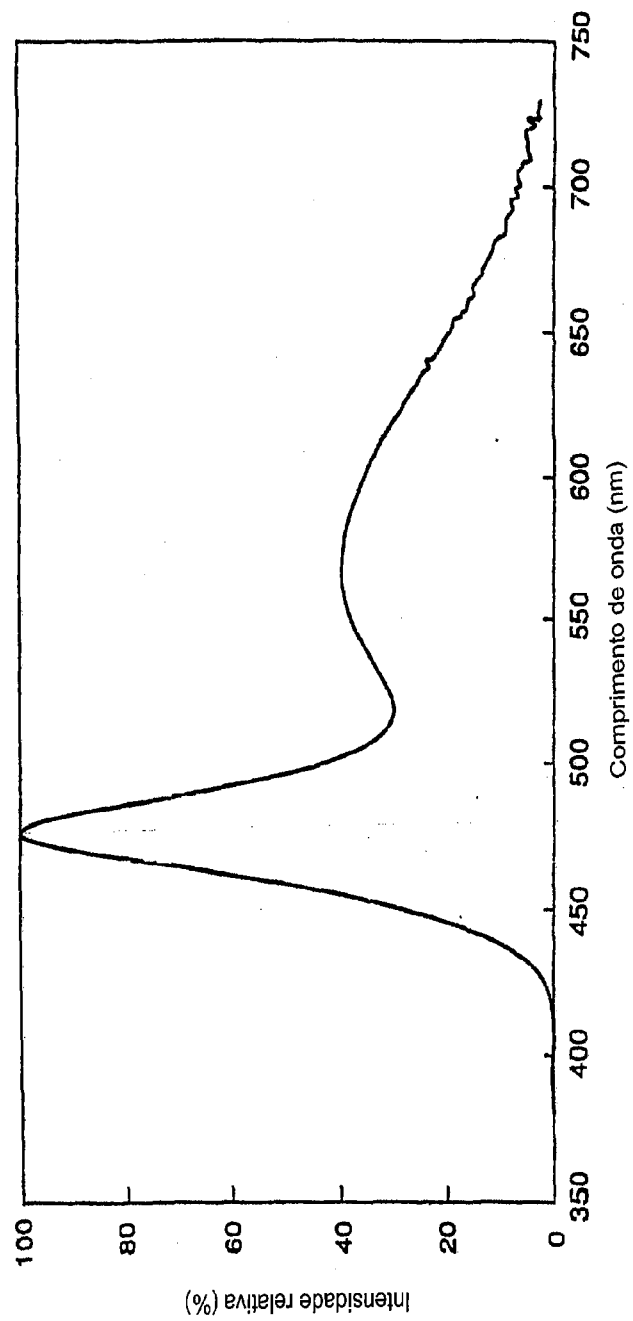
Fig.22A*Fig.22B**Fig.22C*

Fig. 23



RESUMO

Patente de Invenção: **"DISPOSITIVO DE EMISSÃO DE LUZ"**.

A presente invenção refere-se a um diodo emissor de luz branca que compreende um componente de emissão de luz (102) usando um semi-
5 condutor como uma camada de emissão de luz e um fósforo (101) o qual absorve uma parte da luz emitida pelo componente de emissão de luz (102) e emite luz de um comprimento de onda diferente daquele da luz absorvida, onde a camada de emissão de luz do componente de emissão de luz é um
10 semiconductor de composto de nitreto e o fósforo (101) contém um material fluorescente de granada ativado com cério o qual contém pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Y, Lu, Sc, La, Gd e Sm, e pelo menos um elemento selecionado a partir do grupo que consiste em Al, Ga e In, e está sujeito a menos deterioração da característica de emissão mesmo quando usado com alta luminância por um período de tempo
15 longo.