



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 297 24 773 U1** 2004.03.18

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(22) Anmeldetag: **29.07.1997**  
 (67) aus Patentanmeldung: **P 97 93 3047.9**  
 (47) Eintragungstag: **12.02.2004**  
 (43) Bekanntmachung im Patentblatt: **18.03.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 33/00**  
**H01J 1/63, C09K 11/80, F21V 9/16**

(30) Unionspriorität:  
**19858596**      **29.07.1996**      **JP**  
**24433996**      **17.09.1996**      **JP**  
**24538196**      **18.09.1996**      **JP**  
**35900496**      **27.12.1996**      **JP**  
**8101097**      **31.03.1997**      **JP**

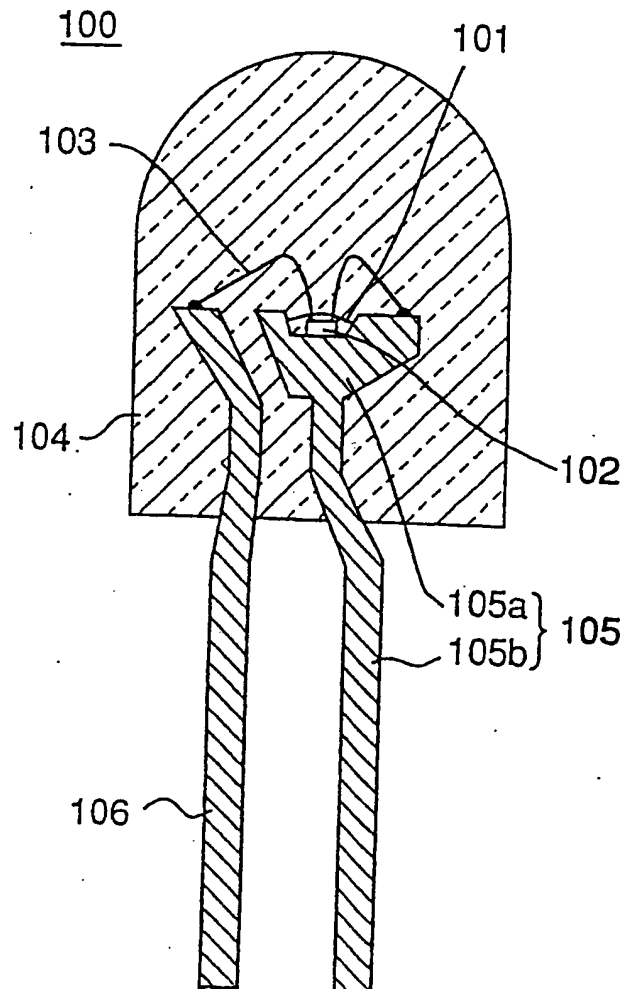
(71) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**Nichia Corp., Anan, Tokushima, JP**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Vossius & Partner, 81675 München**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Lichtemittierende Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Lichtemittierende Vorrichtung, umfassend ein lichtemittierendes Bauteil mit einer aktiven Schicht aus einem Halbleiter und einen Leuchtstoff, der einen Teil des vom lichtemittierenden Bauteil ausgesandten Lichts absorbieren und Licht einer anderen Wellenlänge als der des absorbierten Lichts aussenden kann, wobei das lichtemittierende Bauteil eine LED ist, die eine aktive, einen Indiumhaltigen Halbleiter auf Galliumnitrid-Basis umfassende Schicht aufweist und in der Lage ist, blaues Licht zu emittieren, dessen Spektrum einen Wellenlängen-Peak im Bereich von 420 bis 490 nm hat, wobei der Leuchtstoff ein mit Cerium-aktiviertes Granat-fluoreszenzmaterial ist, das einen Teil des blauen Lichts absorbieren und dadurch Licht eines breiten Emissionsspektrums aussenden kann, das einen Wellenlängen-Peak im Bereich von 510 bis 600 nm hat und im Bereich von 700 bis 750 nm ausläuft, und wobei das Emissionsspektrum des mit Cerium aktivierten Granatfluoreszenzmaterial und ein Spektrum von nichtabsorbiertem LED Licht, das das Granat-fluoreszenzmaterial durchdringt, einander so überlappen können, dass sie ein kontinuierliches kombiniertes Spektrum bilden.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

(Fachgebiet der Erfindung)

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine lichtemittierende Diode, die in LED-Displays, Lichtquellen für die Hintergrundbeleuchtung, Verkehrszeichen, Eisenbahnsignalen, beleuchteten Schaltern, Anzeigeelementen usw. benutzt wird. Insbesondere betrifft sie eine lichtemittierende Vorrichtung (LEV), die einen Leuchtstoff enthält, der die Wellenlänge des Lichts, das von einem lichtemittierenden Bauteil bez. einer lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, umwandelt und Licht aussendet, und eine Anzeigevorrichtung, die die lichtaussendende Vorrichtung verwendet.

(Beschreibung des Standes der Technik)

[0002] Eine lichtemittierende Diode ist kompakt und sendet Licht einer klaren Farbe mit einem hohen Wirkungsgrad aus. Sie brennt auch nicht durch und hat gute Anschwingungseigenschaften, eine hohe Rüttelfestigkeit und Beständigkeit gegen wiederholtes Ein- und Ausschalten, weil es sich um ein Halbleiterbauelement handelt. Daher wird sie im großen Umfang in solchen Anwendungsfällen wie verschiedenartigen Anzeigeelementen und verschiedenartigen Lichtquellen genutzt. In jüngster Zeit sind lichtemittierende Dioden für die RGB-Farben (rot, grün und blau) mit einer äußerst hohen Leuchtdichte und hohem Wirkungsgrad entwickelt worden, und großflächige LED-Displays, die diese lichtemittierenden Dioden benutzen, sind in Betrieb genommen worden. Das LED-Display kann mit geringerer Leistung betrieben werden und zeichnet sich durch gute Eigenschaften wie geringes Gewicht und lange Lebensdauer aus, und daher erwartet man, daß es in der Zukunft eine immer breitere Anwendung finden wird.

[0003] In jüngster Zeit sind verschiedene Versuche unternommen worden, Quellen weißen Lichtes unter Verwendung von lichtemittierenden Dioden herzustellen. Da die lichtemittierende Diode ein günstiges Emissionsspektrum zur Erzeugung monochromatischen Lichts aufweist, erfordert die Herstellung einer Lichtquelle für weißes Licht, daß drei lichtemittierende R-, G- und B-Komponenten dicht nebeneinander angeordnet werden und das von diesen ausgesendete Licht gestreut und gemischt wird. Wenn mit einer derartigen Anordnung weißes Licht erzeugt wurde, dann trat dabei das Problem auf, daß auf Grund von Änderungen des Farbtons, der Leuchtdichte und anderer Faktoren der lichtemittierenden Komponente weißes Licht des gewünschten Tons nicht erzeugt werden konnte. Wenn die lichtemittierenden Komponenten aus unterschiedlichen Materialien bestehen, ist auch die für das Betreiben erforderliche elektrische Leistung von einer lichtemittierenden Diode zur anderen unterschiedlich, was erfordert, daß an die verschiedenen lichtemittierenden Komponenten unterschiedliche Spannungen angelegt werden müssen, was zu komplexen Stromkreisen für die Ansteuerung führt. Da die lichtemittierenden Komponenten lichtemittierende Halbleiterbauelemente sind, ist außerdem der Farbton Änderungen unterworfen, die auf unterschiedliches Temperaturverhalten, auf das Zeitverhalten und die Betriebsumgebung zurückzuführen sind, oder die Farbungleichmäßigkeit kann auch durch Fehler beim gleichförmigen Mischen des von den lichtemittierenden Komponenten ausgesendeten Lichtes verursacht sein. Daher sind lichtemittierende Dioden als lichtemittierende Vorrichtungen zur Erzeugung von individuellen Farben effektiv, auch wenn eine zufriedenstellende Lichtquelle, die imstande ist, durch Benutzung von lichtemittierenden Komponenten weißes Licht auszusenden, bislang nicht erhalten worden ist.

[0004] Um diese Probleme zu lösen, hat der Anmelder der vorliegenden Erfindung bereits früher lichtemittierende Dioden entwickelt, die die Farbe des Lichts, das von lichtemittierenden Komponenten ausgesendet wird, mittels eines Fluoreszenzmaterials gemäß den japanischen Patenten JP-A-5-152609, JP-A-7-99345, JP-A-7-176794 und JP-A-8-8614 umwandeln. Die lichtemittierenden Dioden, die in diesen Veröffentlichungen beschrieben werden, sind dergestalt, daß sie unter Benutzung der lichtemittierenden Komponenten einer gewissen Art imstande sind, weißes oder anders farbiges Licht zu erzeugen und wie folgt aufgebaut sind.

[0005] Die lichtemittierenden Dioden gemäß der oben erwähnten Veröffentlichungen werden hergestellt, indem man eine lichtemittierende Komponente mit einer hochenergetischen Bandlücke der lichtemittierenden Schicht in einer Kugelschale anbringt, die sich an der Spitze eines Leitrahmens befindet und ein Fluoreszenzmaterial enthält, das das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht absorbiert und Licht mit einer von der Wellenlänge des absorbierten Lichts abweichenden Wellenlänge (Wellenlängenwandlung) aussendet und sich in einer Harzschmelze befindet, die die lichtemittierende Komponente bedeckt.

[0006] Die vorstehend beschriebene lichtemittierende Diode, die in der Lage ist, durch Mischen des Lichts aus einer Anzahl von Quellen weißes Licht auszusenden, kann dadurch hergestellt werden, daß man eine lichtemittierende Komponente benutzt, die in der Lage ist, blaues Licht auszusenden, und die lichtemittierende Komponente mit einem Harz verschmilzt, das ein Fluoreszenzmaterial enthält, welches das von der blauen Licht emittierenden Diode ausgesandte Licht absorbiert und gelbliches Licht aussendet.

[0007] Jedoch haben konventionelle lichtemittierende Dioden Probleme, wie die Zustandsverschlechterung des Fluoreszenzmaterials, was zu einer Farbtonabweichung und zu einem Nachdunkeln des Fluoreszenzmaterials führt, wodurch es zu einer niedrigeren Ausbeute an abgegebenem Licht kommt. Dieses Nachdunkeln bezieht sich hier im Falle der Verwendung eines anorganischen Fluoreszenzmaterials wie beispielsweise (Cd, Zn)S darauf, daß die Metallelemente, die das Fluoreszenzmaterial bilden, zum Teil ausgefällt werden oder sich ihre Eigenschaften ändern, was zur Verfärbung führt, oder im Fall der Verwendung eines organischen Fluoreszenzmaterials zu einer Verfärbung aufgrund des Aufbrechens einer Doppelbindung im Molekül führt. Besonders dann, wenn eine lichtemittierende Komponente aus einem Halbleiter mit einer hochenergetischen Bandlücke verwendet wird, um den Wandlungswirkungsgrad des Fluoreszenzmaterials zu erhöhen (d. h. die Energie des von dem Halbleiter emittierten Lichts wird erhöht, und die Anzahl der Photonen mit Energiewerten oberhalb eines Schwellenwerts, die von dem fluoreszenten Material absorbiert werden können, steigt, was dazu führt, daß mehr Licht absorbiert wird), oder der Verbrauch an Fluoreszenzmaterial herabgesetzt wird (d. h. das Fluoreszenzmaterial wird mit relativ höherer Energie bestrahlt), nimmt die vom Fluoreszenzmaterial absorbierte Lichtenergie unweigerlich zu, was zu einem stärkeren Abbau des Fluoreszenzmaterials führt. Die Verwendung der lichtemittierenden Komponente mit höherer Lichtemissions-Intensität über einen ausgedehnten Zeitraum verursacht auch einen stärkeren Abbau des Fluoreszenzmaterials.

[0008] Auch das Fluoreszenzmaterial, das sich in der Nähe der lichtemittierenden Komponente befindetet, kann einer hohen Temperatur ausgesetzt sein wie dem Temperaturanstieg der lichtemittierenden Komponente und der Wärme, die von der äußeren Umgebung übertragen wird (wie beispielsweise Sonnenlicht wenn die Vorrichtung im Freien benutzt wird).

[0009] Außerdem unterliegen einige Fluoreszenzmaterialien einem beschleunigten Abbau durch das Zusammenwirken von Feuchtigkeit, die von außen hineingelangt oder während des Herstellungsvorgangs hineingeraten ist, und dem Licht und der Wärme, die von der lichtemittierenden Komponente übertragen werden.

[0010] Wenn ein organischer Farbstoff mit ionischen Eigenschaften beteiligt ist, kann das elektrische Gleichstrom-Feld in der Nähe des Chips Elektrophorese verursachen, die zu einer Veränderung des Farbtones führt.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung besteht folglich darin, die oben beschriebenen Probleme zu lösen und eine lichtemittierende Vorrichtung vorzustellen, die nur einen äußerst geringen Grad der Abnahme der Intensität, des Wirkungsgrades und der Farbverschiebung des emittierten Lichts über einen langen Zeitraum der Benutzung mit hoher Leuchtdichte aufweist.

[0012] Der Anmelder der vorliegenden Erfindung ergänzte die vorliegende Erfindung durch Forschungsergebnisse auf der Grundlage der Voraussetzung, daß eine lichtscheidende Vorrichtung mit einer lichtemittierenden Komponente und einem Fluoreszenzmaterial die folgenden Anforderungen erfüllen muß, wenn das obengenannte Ziel erreicht werden soll.

(1) Die lichtemittierende Komponente muß imstande sein, Licht hoher Leuchtdichte und mit Kenngrößen der Lichtemission auszusenden, die über eine lange Zeit des Einsatzes stabil sind.

(2) Das Fluoreszenzmaterial in der Nähe der lichtemittierenden Komponente mit hoher Leuchtdichte muß eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Licht und Wärme haben, so daß sich seine Eigenschaften nicht ändern, auch wenn es über einen ausgedehnten Zeitraum benutzt und Licht hoher Intensität ausgesetzt wird, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird (insbesondere das Fluoreszenzmaterial in der Nähe der lichtemittierenden Komponente wird Licht einer Strahlungsintensität ausgesetzt, die unserer Schätzung nach etwa das 30- bis 40fache der des Sonnenlichts beträgt, und es ist erforderlich, daß seine Lichtbeständigkeit um so größer ist, je höher die Leuchtdichte der verwendeten lichtemittierenden Komponente ist).

(3) Hinsichtlich der Beziehung zur lichtemittierenden Komponente muß das Fluoreszenzmaterial imstande sein, mit einem hohen Wirkungsgrad das stark monochromatische Licht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, zu absorbieren und Licht mit einer Wellenlänge auszusenden, die von der des Lichtes abweicht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird.

[0013] Somit stellt die vorliegende Erfindung eine lichtemittierende Vorrichtung zur Verfügung, die eine lichtemittierende Komponente und einen Leuchtstoff umfasst, der in der Lage ist, einen Teil des von der lichtemittierenden Komponente emittierten Lichts zu absorbieren und Licht einer vom absorbierten Licht verschiedenen Wellenlänge zu emittieren.

[0014] wobei die lichtemittierende Komponente einen Halbleiter aus einer Nitridverbindung der Formel  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$  mit  $0 \leq i$ ,  $0 \leq j$ ,  $0 \leq k$  und  $i + j + k = 1$  umfasst und der Leuchtstoff ein fluoreszentes Granatmaterial umfasst, das mindestens ein Element ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Y, Lu, Sc, La, Gd und Sm, und mindestens ein Element ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Al, Ga und In, enthält und mit Cerium aktiviert ist.

[0015] Der vorstehend erwähnte Halbleiter aus einer Nitridverbindung (allgemein dargestellt durch die chemische Formel  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$  mit  $0 \leq i, 0 \leq j, 0 \leq k$  und  $i + j + k = 1$ ) enthält verschiedene Materialien, darunter InGaN und GaN, die mit verschiedenen Fremdstoffen dotiert sind.

[0016] Der oben erwähnte Leuchtstoff enthält verschiedene Materialien, die weiter oben beschrieben sind, darunter  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  und  $\text{Gd}_3\text{In}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ .

[0017] Da die erfindungsgemäße lichtaussendende Vorrichtung die lichtemittierende Komponente aus einem Nitridverbindungshalbleiter benutzt, der imstande ist, Licht hoher Leuchtdichte auszusenden, ist auch die lichtaussendende Vorrichtung imstande, Licht hoher Leuchtdichte auszusenden. Auch hat der Leuchtstoff, der in der lichtaussendenden Vorrichtung benutzt wird, ausgezeichnete Lichtbeständigkeit, so daß seine Fluoreszenzeigenschaften einer geringeren Veränderung unterliegen, selbst wenn er über eine ausgedehnte Zeitspanne benutzt und dabei Licht hoher Intensität ausgesetzt wird. Dadurch läßt sich eine Verschlechterung der Kenndaten während der Langzeitbenutzung vermindern und die Zustandsverschlechterung durch Licht hoher Intensität, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, und auch durch Fremdlicht (Sonnenlicht einschließlich ultravioletten Lichtes usw.) bei Einsatz im Freien herabsetzen, wodurch sich eine lichtaussendende Vorrichtung erhalten läßt, die eine äußerst geringe Farbverschiebung und geringe Abnahme der Leuchtdichte aufweist. Die lichtaussendende Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann auch in solchen Anwendungsfällen benutzt werden, die Ansprechzeiten von 120 ns erfordern, beispielsweise weil der darin benutzte Leuchtstoff nur über eine kurze Zeitspanne ein Nachglühen zuläßt.

[0018] Der in der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode verwendete Leuchtstoff enthält vorzugsweise ein Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial, das Y und Al enthält, wodurch er in der Lage ist, die Leuchtdichte der lichtemittierenden Vorrichtung zu steigern.

[0019] In der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Vorrichtung kann der Leuchtstoff ein Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  sein, mit  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s \leq 1$ , wobei Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y und Gd ist, wobei gute Charakteristika ähnlich wie bei der Verwendung von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial erhalten werden können.

[0020] Bei der lichtemittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung ist es ferner bevorzugt, zur Verringerung der Temperaturabhängigkeit der Lichtemissions-Charakteristika (Wellenlänge des emittierten Lichts, Intensität der Lichtemission etc.), ein Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $(\text{Y}_{1-p-q-r}\text{Gd}_p\text{Ce}_q\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}$  als Leuchtstoff zu verwenden, wobei  $0 \leq p \leq 0,8$ ,  $0,003 \leq q \leq 0,2$ ,  $0,0003 \leq r \leq 0,08$  und  $0 \leq s \leq 1$ .

[0021] Ferner kann bei der lichtemittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung der Leuchtstoff zwei oder mehr mit Cerium aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzungen, darunter Y und Al, enthalten. Bei dieser Konfiguration kann Licht der gewünschten Farbe durch Steuerung des Emissionsspektrums des Leuchtstoffs gemäß der Eigenschaft (Wellenlänge des emittierten Lichts) der lichtemittierenden Komponente emittiert werden.

[0022] Damit ferner die erfindungsgemäße lichtemittierende Vorrichtung Licht einer spezifischen Wellenlänge aussendet, enthält ihr Leuchtstoff vorzugsweise ferner zwei oder mehr Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung der allgemeinen Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ , wobei  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s \leq 1$  und Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y und Gd ist.

[0023] Zur Steuerung der Wellenlänge des emittierten Lichts kann ein Leuchtstoff in der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Vorrichtung verwendet werden, der ein erstes Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  und ein zweites Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  enthält, wobei  $0 \leq s \leq 1$  und Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y, Gd und La ist.

[0024] Zur Steuerung der Wellenlänge des emittierten Lichts kann als Leuchtstoff in der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Vorrichtung auch ein Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial verwendet werden, das ein erstes Fluoreszenzmaterial und ein zweites Fluoreszenzmaterial enthält, deren Yttrium mit Gadolinium in unterschiedlichen Teilen substituiert ist.

[0025] Ferner liegt in der erfindungsgemäßen lichtaussendenden Vorrichtung der Hauptemissions-Peak der lichtemittierenden Komponente vorzugsweise im Bereich von 400 nm bis 530 nm, und die Hauptemissionswellenlänge des Leuchtstoffs ist so eingestellt, dass sie länger als der Hauptemissions-Peak der lichtemittierenden Komponente ist. Dadurch läßt sich weißes Licht mit hohem Wirkungsgrad aussenden.

[0026] Ferner enthält bei der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Vorrichtung die lichtemittierende Schicht der lichtemittierenden Komponente vorzugsweise einen Galliumnitrid-Halbleiter, der In enthält, und der Leuchtstoff ist ein Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial, wobei ein Teil von Al in diesem Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial mit Ga substituiert ist, so dass das Verhältnis von Ga:Al im Bereich von 1:1 bis 4:6 liegt, und ein Teil von Y in dem Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial mit Gd substituiert ist, so dass das Verhältnis von Y:Gd im Bereich von 4:1 bis 2:3 liegt. Das Absorptionsspektrum des Leuchtstoffs, das wie vorstehend beschrieben gesteuert wird, zeigt gute Übereinstimmung mit dem Spektrum des Lichts, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesandt wird, die einen Galliumnitrid-Halbleiter und In als lichtemittierende Schicht enthält, und ist in der Lage, die Konversionseffizienz (Lichtemissionseffizienz) zu verbessern. Ferner ist das Licht, das durch Mischung von blauem Licht, welches von der lichtemittierenden Kompo-

nente ausgesandt wird, mit fluoreszentelem Licht des Fluoreszenzmaterials, ein weißes Licht guter Farbwiedergabe, und es kann eine in dieser Hinsicht ausgezeichnete lichtemittierende Vorrichtung zur Verfügung gestellt werden.

[0027] Die lichtemittierende Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine im wesentlichen rechtwinklige Lichtleitplatte, die mit der lichtemittierenden Komponente versehen ist, welche auf einer ihrer Seitenflächen mittels des Leuchtstoffes aufgebracht ist und deren Oberflächen bis auf eine Hauptfläche im wesentlichen mit einem reflektierenden Material bedeckt sind, wobei von der lichtemittierenden Komponente emittiertes Licht durch den Leuchtstoff und die Lichtleitplatte in planares Licht umgewandelt wird, das dann aus der Hauptfläche der Lichtleitplatte austritt.

[0028] Die lichtemittierende Vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine im wesentlichen rechtwinklige Lichtleitplatte, die mit der lichtemittierenden Komponente versehen ist, welche auf einer ihrer Seitenflächen aufgebracht ist, wobei der Leuchtstoff auf einer Hauptfläche ihrer Oberflächen aufgebracht ist und wobei die Lichtleitplatte bis auf die Hauptfläche im wesentlichen mit einem reflektierenden Material bedeckt ist, wobei von der lichtemittierenden Komponente emittiertes Licht durch die Lichtleitplatte und den Leuchtstoff in planares Licht umgewandelt wird, das dann aus der Hauptfläche der Lichtleitplatte austritt.

[0029] Die erfindungsgemäße LED-Anzeigevorrichtung hat eine LED-Anzeigevorrichtung, die die lichtaussendenden Vorrichtungen der vorliegenden Erfindung enthält, die in einer Matrixform angeordnet sind, und einen Steuerkreis, der die LED-Anzeigevorrichtung entsprechend der Anzeigedaten, die ihm eingegeben werden, ansteuert. Diese Konfiguration ermöglicht es, eine relativ preisgünstige LED-Anzeigevorrichtung bereitzustellen, die imstande ist, eine Anzeige hoher Auflösung bei geringerer Farbungleichheit aufgrund des Sichtwinkels zu liefern.

[0030] Die lichtemittierende Diode gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst einen äußeren Anschluss, der eine Kugelschale und einen inneren Anschluss aufweist einen in der Kugelschale des äußeren Anschlusses aufbrachten LED-Chip, wobei eine der Elektroden mit dem äußeren Anschluss elektrisch verbunden ist; ein transparentes Überzugsmaterial, mit dem die Kugelschale befüllt ist, so dass der LED-Chip bedeckt ist; und eine lichtemittierende Diode mit einem Gussmaterial, das den mit dem Überzugsmaterial bedeckten LED-Chip einschließlich der Kugelschale des äußeren Anschlusses, des inneren Anschlusses und einer weiteren Elektrode des LED-Chips bedeckt, wobei der LED-Chip ein Halbleiter aus einer Nitridverbindung ist und das Überzugsmaterial mindestens ein Element ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Y, Lu, Sc, La, Gd und Sm, mindestens ein Element ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Al, Ga und In und einen aus mit Cerium aktivierten Granat-Fluoreszenzmaterial hergestellten Leuchtstoff enthält.

[0031] Der in der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode verwendete Leuchtstoff enthält vorzugsweise ein Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial, das Y und Al enthält.

[0032] Bei der lichtemittierenden Diode der vorliegenden Erfindung kann der Leuchtstoff ein Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  sein, wobei  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s \leq 1$  und Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y und Gd ist.

[0033] Bei der lichtemittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann auch ein Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $(\text{Y}_{1-p-q}\text{Gd}_p\text{Ce}_q\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}$  als Leuchtstoff verwendet werden, wobei  $0 \leq p \leq 0,8$ ,  $0,003 \leq q \leq 0,2$ ,  $0,0003 \leq r \leq 0,08$  und  $0 \leq s \leq 1$ .

[0034] Zur Einstellung des emittierten Lichts auf eine gewünschte Wellenlänge wird bei der lichtemittierenden Diode der vorliegenden Erfindung ein Leuchtstoff verwendet, der vorzugsweise zwei oder mehr mit Cerium aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung, darunter Y und Al, aufweist.

[0035] Ähnlich können bei der lichtemittierenden Diode der vorliegenden Erfindung zwei oder mehr Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung der allgemeinen Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ , wobei  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s \leq 1$  und Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y und Gd ist, als Leuchtstoff zur Einstellung des emittierten Lichts auf eine gewünschte Wellenlänge verwendet werden.

[0036] Ähnlich kann bei der lichtemittierenden Diode der vorliegenden Erfindung zur Einstellung des emittierten Lichts auf eine gewünschte Wellenlänge ein erstes Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  und ein zweites Fluoreszenzmaterial der allgemeinen Formel  $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  als Leuchtstoff verwendet werden, wobei  $0 \leq s \leq 1$  und Re mindestens ein Material ausgewählt aus Y, Gd und La ist.

[0037] Ähnlich kann bei der lichtemittierenden Diode der vorliegenden Erfindung zur Einstellung des emittierten Lichts auf eine gewünschte Wellenlänge ein Yttrium-Aluminium-Granatfluoreszenzmaterial, das ein erstes Fluoreszenzmaterial und ein zweites Fluoreszenzmaterial enthält, als Leuchtstoff verwendet werden, wobei ein Teil des Yttriums in dem ersten und zweiten Fluoreszenzmaterial mit Gadolinium in unterschiedlichen Substi-

tutionsgraden substituiert ist.

[0038] Ganz allgemein hat ein Fluoreszenzmaterial, das Licht einer kurzen Wellenlänge absorbiert und Licht einer langen Wellenlänge aussendet, einen höheren Wirkungsgrad als ein Fluoreszenzmaterial, das Licht einer langen Wellenlänge absorbiert und Licht einer kurzen Wellenlänge aussendet. Die Verwendung einer lichtemittierenden Komponente, die sichtbares Licht aussendet, ist daher der einer lichtemittierenden Komponente, die ultraviolettes Licht aussendet, vorzuziehen, welches das Harz (Gießmaterial, Überzugsmaterial etc.) zerstört. Daher wird für die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode zum Zwecke der Verbesserung des Lichtemissionswirkungsgrads und der Gewährleistung einer hohen Lebensdauer der Hauptemissions-Peak der lichtemittierenden Komponente in einen Bereich relativ kurzer Wellenlänge von 400 nm bis 530 nm im Bereich des sichtbaren Lichts gelegt, und die Hauptemissionswellenlänge des Leuchtstoffs wird so gelegt, daß sie größer als die Wellenlänge des Hauptemissions-Peaks der lichtemittierenden Komponente ist. Weil das Licht, das durch das Fluoreszenzmaterial umgewandelt wird, eine längere Wellenlänge hat als das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht, wird es in dieser Anordnung nicht von der lichtemittierenden Komponente absorbiert, selbst wenn die lichtemittierende Komponente mit Licht bestrahlt wird, das reflektiert und vom Fluoreszenzmaterial umgewandelt wird (da die Energie des umgewandelten Lichtes unter der Energiebandlücke liegt). Daher wird das Licht, das vom Fluoreszenzmaterial oder dergleichen reflektiert worden ist, von der Kugelschale reflektiert, in die die lichtemittierende Komponente eingebaut ist, wodurch ein höherer Emissionswirkungsgrad ermöglicht wird.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0039] **Fig. 1** ist ein schematischer Querschnitt einer lichtemittierenden Diode vom Anschlußleitungstyp gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0040] **Fig. 2** ist ein schematischer Querschnitt einer lichtemittierenden Diode vom Bauteiltyp gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0041] **Fig. 3A** ist eine graphische Darstellung des Anregungsspektrums des mit Cerium aktivierten fluoreszenten Granatmaterials, das in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0042] **Fig. 3B** ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums des mit Cerium aktivierten fluoreszenten Granatmaterials, das in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0043] **Fig. 4** ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0044] **Fig. 5A** ist eine graphische Darstellung des Anregungsspektrums des mit Cerium aktivierten fluoreszenten Yttrium-Aluminium-Granat-Materials, das in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0045] **Fig. 5B** ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums des mit Cerium aktivierten fluoreszenten Yttrium-Aluminium-Granat-Materials, das in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0046] **Fig. 6** zeigt das Farbtondiagramm des Lichtes, das von der lichtemittierenden Diode der zweiten Ausführungsform ausgesendet wird, in dem die Punkte A und B die Farben des von der lichtemittierenden Komponente ausgesendeten Lichtes und die Punkte C und D die Farben des von zwei Leuchtstoffarten ausgesendeten Lichtes angeben.

[0047] **Fig. 7** ist ein schematischer Querschnitt der planaren Lichtquelle gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0048] **Fig. 8** ist ein schematischer Querschnitt einer anderen planaren Lichtquelle, die sich von der der **Fig. 7** unterscheidet.

[0049] **Fig. 9** ist ein schematischer Querschnitt einer weiteren planaren Lichtquelle, die sich von denen der **Fig. 7** und **8** unterscheidet.

[0050] **Fig. 10** ist ein Blockdiagramm 10 einer Anzeigevorrichtung, die eine Anwendung der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0051] **Fig. 11** ist eine Draufsicht einer LED-Anzeigeeinheit der Anzeigevorrichtung nach

[0052] **Fig. 10**.

[0053] **Fig. 12** ist eine Draufsicht der LED-Anzeigevorrichtung, bei der ein Pixel aus vier lichtemittierenden Dioden gebildet wird, welche die lichtemittierende Diode der vorliegenden Erfindung und diejenigen, die RGB-Farben aussenden, umfassen.

[0054] **Fig. 13A** zeigt die Ergebnisse eines Lebensdauerversuchs der lichtemittierenden Dioden des Beispiels 1 und eines Vergleichsbeispiels 1, wo die Ergebnisse bei 25°C dargestellt sind, und **Fig. 13B** zeigt die Ergebnisse von Lebensdauerversuchen der lichtemittierenden Dioden von Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 bei 60°C und 90 relativer Luftfeuchtigkeit.

[0055] **Fig. 14A** zeigt die Ergebnisse von Witterungsversuchen für Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2, worin die Veränderung des Beständigkeitsverhältnisses der Leuchtdichte über die Zeit dargestellt wird. **Fig. 14B**

zeigt die Ergebnisse von Witterungsversuchen von Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2 mit dem Farbton vor und nach dem Versuch.

[0056] **Fig. 15A** zeigt die Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests von Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2, wo die Beziehung zwischen dem Beständigkeitsverhältnis der Leuchtdichte und der Zeit dargestellt ist. **Fig. 15B** ist eine graphische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Farbton und der Zeit angibt.

[0057] **Fig. 16** ist ein Farbtondiagramm, das den Bereich der Farbtöne angibt, die mit einer lichtemittierenden Diode erhalten werden können, die die Fluoreszenzmaterialien, die in Tabelle 1 angegeben sind, mit einer blauen LED, die eine Peak-Wellenlänge bei 465 nm hat, kombiniert.

[0058] **Fig. 17** ist ein Farbtondiagramm, das die Änderung im Farbton angibt, wenn die Konzentration des Fluoreszenzmaterials in der lichtemittierenden Diode verändert wird, die die in Tabelle 1 angegebenen Fluoreszenzmaterialien mit einer blauen LED, die eine Peak-Wellenlänge bei 465 nm hat, kombiniert.

[0059] **Fig. 18A** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$  des Beispiels 2.

[0060] **Fig. 18B** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 2 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 460 nm.

[0061] **Fig. 18C** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 2.

[0062] **Fig. 19A** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$  des Beispiels 5.

[0063] **Fig. 19B** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 5 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0064] **Fig. 19C** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 5.

[0065] **Fig. 20A** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  des Beispiels 6.

[0066] **Fig. 20B** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 6 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0067] **Fig. 20C** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 6.

[0068] **Fig. 21A** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$  der siebenten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0069] **Fig. 21B** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 7 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0070] **Fig. 21C** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 7.

[0071] **Fig. 22A** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  des Beispiels 11

[0072] **Fig. 22B** zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  des Beispiels 11

[0073] **Fig. 22C** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 11 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 470 nm.

[0074] **Fig. 23** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 11.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0075] Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen werden nachfolgend die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0076] Eine lichtemittierende Diode **100** von **Fig. 1** ist eine lichtemittierende Diode vom Anschlußleitungstyp, die einen Befestigungsanschluß **105** und einen inneren Anschluß **106** hat und in der eine lichtemittierende Komponente **102** auf einer Kugelschale **105a** des Befestigungsanschlusses **105** installiert ist und die Kugelschale **105a** mit einem einen spezifischen Leuchtstoff enthaltenden Überzugsharz **101** gefüllt ist, um die lichtemittierende Komponente **102** zu bedecken, und in Harz eingeschmolzen ist. Eine n-Elektrode und eine p-Elektrode der lichtemittierenden Komponente **102** sind an den Befestigungsanschluß **105** bzw. inneren Anschluß **106** über Drähte **103** angeschlossen.

[0077] In der lichtemittierenden Diode, die wie oben beschrieben zusammengesetzt ist, regt ein Teil des von der lichtemittierenden Komponente (LED-Chip) **102** ausgesendeten Lichts (nachfolgend mit LED-Licht bezeichnet) den im Überzugsharz **101** enthaltenen Leuchtstoff an, Fluoreszenzlicht zu erzeugen, das eine Wellenlänge hat, die von der des LED-Lichts verschieden ist, so daß das Fluoreszenzlicht, das von dem Leuchtstoff ausgesendet wird, und das LED-Licht, das ohne einen Beitrag zur Anregung des Leuchtstoffs abgegeben wird, gemischt und abgestrahlt wird. Als Ergebnis gibt die lichtemittierende Diode **100** auch Licht ab, das eine Wellenlänge hat, die von der des LED-Lichts, das von der lichtemittierenden Komponente **102** ausgesendet wird, verschieden ist.

[0078] **Fig. 2** zeigt eine lichtemittierende Diode vom Chip-Typ, in der die lichtemittierende Diode (der LED-Chip) **202** in eine Vertiefung eines Gehäuses **204** eingebaut ist, das zur Bildung eines Überzugs **201** mit einem Überzugsmaterial gefüllt ist, welches einen speziellen Leuchtstoff enthält. Die lichtemittierende Komponente **202** ist mittels eines Epoxyharzes oder dergleichen befestigt, das beispielsweise Ag enthält, und eine n-Elektrode und eine p-Elektrode der lichtemittierenden Komponente **202** sind mit Metallklemmen **205**, die auf dem Gehäuse **204** angebracht sind, über leitende Drähte **203** verbunden. Bei der lichtemittierenden Diode vom Chip-Typ, die wie oben beschrieben aufgebaut ist, werden ähnlich wie bei der lichtemittierenden Diode vom

Anschlussleitungstyp gemäß **Fig. 1** das vom Leuchtstoff ausgesendete Fluoreszenzlicht und das LED-Licht, das übertragen wird, ohne vom Leuchtstoff absorbiert zu werden, gemischt und abgestrahlt, so daß die lichtemittierende Diode **200** auch Licht aussendet, das eine Wellenlänge hat, die von der des LED-Lichts verschieden ist, das von der lichtemittierenden Komponente **202** ausgesendet wird.

[0079] Die lichtemittierende Diode, die wie oben beschrieben den Leuchtstoff enthält, weist die folgenden Merkmale auf.

1. Das von einer lichtemittierenden Komponente (LED) ausgesendete Licht wird gewöhnlich durch eine Elektrode ausgesendet, die die lichtemittierende Komponente mit elektrischer Leistung versorgt. Das emittierte Licht wird teilweise durch die auf der lichtemittierenden Komponente ausgebildete Elektrode zurückgehalten, was zu einem besonderen Emissionsmuster führt, und wird daher nicht gleichförmig in jede Richtung ausgesendet. Die lichtemittierende Diode, die das Fluoreszenzmaterial enthält, kann jedoch Licht gleichförmig über einen weiten Bereich aussenden, ohne daß ein unerwünschtes Emissionsmuster gebildet wird, weil das Licht ausgesendet wird, nachdem es durch das Fluoreszenzmaterial gestreut worden ist.
2. Auch wenn das von der lichtemittierenden Komponente (LED) ausgesendete Licht einen monochromatischen Peak aufweist, ist dieser Peak breit und hat ein hohes Farbwiedergabevermögen. Diese charakteristische Eigenschaft stellt einen unerläßlichen Vorteil für Anwendungsfälle dar, in denen Wellenlängen von relativ großem Bereich benötigt werden. Beispielsweise wünscht man von einer Lichtquelle für einen optischen Bild-Scanner, daß sie einen breiteren Emissions-Peak aufweist.

[0080] Die lichtemittierenden Dioden der ersten und der zweiten Ausführungsform, die nachfolgend beschrieben werden, haben die in den **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigte Konfiguration, bei der eine lichtemittierende Komponente, in der man eine Nitridverbindung als Halbleiter mit einer relativ hohen Energie im sichtbaren Bereich benutzt, und ein besonderer Leuchtstoff kombiniert werden, und haben derartig günstige Eigenschaften, daß sie imstande sind, Licht hoher Leuchtdichte und geringer Abnahme des Lichtemissionswirkungsgrads und geringer Farbverschiebung über eine ausgedehnte Benutzungsdauer auszusenden.

[0081] Im allgemeinen hat ein Fluoreszenzmaterial, das Licht kurzer Wellenlänge absorbiert und Licht mit einer langen Wellenlänge aussendet, einen höheren Wirkungsgrad als ein Fluoreszenzmaterial, das Licht langer Wellenlänge absorbiert und solches kurzer Wellenlänge aussendet, und daher ist es vorzuziehen, eine lichtemittierende Komponente mit Nitridverbindungshalbleiter zu benutzen, die imstande ist, blaues Licht kurzer Wellenlänge auszusenden. Es muß nicht erwähnt werden, daß die Verwendung einer lichtemittierenden Komponente hoher Leuchtdichte vorzuziehen ist.

[0082] Ein Leuchtstoff, der in Verbindung mit der lichtemittierenden Komponente mit Nitridverbindungshalbleiter benutzt werden soll, muß die folgenden Anforderungen erfüllen:

1. Er muß ausgezeichnete Lichtbeständigkeit besitzen, um Licht hoher Intensität über einen langen Zeitraum standzuhalten, weil das Fluoreszenzmaterial in der Nähe der lichtemittierenden Komponenten **102** und **202** untergebracht ist und daher Licht einer Intensität ausgesetzt ist, die etwa das 30- bis 40fache der Intensität des Sonnenlichts beträgt.
2. Er muß die Fähigkeit zur effizienten Emission von Licht im blauen Bereich zur Anregung mittels der lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** besitzen. Wenn eine Farbmischung verwendet wird, dann sollte blaues Licht – und keine ultraviolette Strahlung – mit hohem Wirkungsgrad ausgesendet werden.
3. Er muß die Fähigkeit zur Emission von Licht vom grünen zum roten Bereich zum Zwecke des Mischens mit blauem Licht, um weißes Licht zu erzeugen, besitzen.
4. Er muß gute Temperaturkenndaten aufweisen, so dass er für die Unterbringung in der Nähe der lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** und den sich daraus ergebenden Einfluß des Temperaturunterschieds infolge der Wärme, die durch den Chip bei dessen Leuchten erzeugt wird, geeignet ist.
5. Er muß die Fähigkeit einer kontinuierlichen Veränderung des Farbtons je nach dem Anteil der Zusammensetzung oder dem Mischungsverhältnis einer Vielzahl von Fluoreszenzmaterialien besitzen.
6. Er muß Witterungsbeständigkeit gegen die Einsatzumgebung der lichtemittierenden Diode besitzen.

#### AUSFÜHRUNGSFORM 1

[0083] Die lichtemittierende Diode der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt als Halbleiterelement eine Gallium-Nitrid-Verbindung, die eine hochenergetische Bandlücke in der lichtemittierenden Schicht hat und imstande ist, blaues Licht auszusenden, zusammen mit einem mit Cerium aktivierten Granat-Leuchtstoff. Bei dieser Konfiguration kann die lichtemittierende Diode der ersten Ausführungsform weißes Licht aussenden, indem blaues Licht, das von den lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** ausgesendet wird, und gelbes Licht, das von dem durch das blaue Licht angeregten Leuchtstoff ausgesendet wird, gemischt werden.

[0084] Weil der mit Cerium aktivierte Granat-Leuchtstoff, der bei der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform benutzt wird, licht- und witterungsbeständig ist, kann er Licht mit einem äußerst niedrigen Grad



an Farbverschiebung und Abnahme der Leuchtdichte des emittierten Lichts aussenden, selbst wenn er über einen langen Zeitraum durch das sehr intensive Licht bestrahlt wird, das die in der Nähe angeordneten lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** aussenden.

[0085] Komponenten der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

(Leuchtstoff)

[0086] Der in der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform benutzte Leuchtstoff ist ein Leuchtstoff, der, wenn er durch sichtbares Licht oder durch ultraviolette Strahlen, die von der lichtemittierenden Halbleiterschicht ausgesendet werden, bestrahlt wird, Licht einer Wellenlänge aussendet, die von der des anregenden Lichts verschieden ist. Der Leuchtstoff ist insbesondere ein durch Cerium aktiviertes fluoreszentes Granat-Material, das mindestens ein Element aus der Gruppe Y, Lu, Sc, La, Gd und Sm und mindestens ein Element aus der Gruppe Al, Ga und In enthält. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Fluoreszenzmaterial vorzugsweise ein mit Cerium aktiviertes Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial (YAG-Leuchtstoff) oder ein Fluoreszenzmaterial, das durch die allgemeine Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  dargestellt wird, wobei  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s < 1$  sind und Re mindestens ein Material aus der Gruppe Y und Gd ist. Falls das LED-Licht, das von der lichtemittierenden Komponente unter Benutzung des Halbleiters mit Gallium-Nitrid-Verbindung ausgestrahlt wird, und das Fluoreszenzlicht, das von dem Leuchtstoff mit gelber Körperfarbe ausgestrahlt wird, Komplementärfarben sind, kann Licht weißer Farbe abgegeben werden, indem man das LED-Licht und das Fluoreszenzlicht mischt.

[0087] Weil der Leuchtstoff durch Mischen mit einem Harz benutzt wird, das das Überzugsharz **101** und das Überzugsmaterial **201** (später ausführlich dargestellt) ausmacht, kann in der ersten Ausführungsform der Farbton der lichtemittierenden Diode auf Weiß und den Ton einer Glühlampe durch Steuerung des Mischungsanteils mit dem Harz oder der Füllung der Kugelschale **105a** oder der Vertiefung des Gehäuses **204** in Übereinstimmung mit der Wellenlänge des Lichtes eingestellt werden, das von der lichtemittierenden Galliumnitrid-Komponente ausgesendet wird.

[0088] Die Verteilung der Leuchtstoff-Konzentration hat auch Einfluß auf das Mischen für den Farbton und die Beständigkeit. Das heißt, wenn die Leuchtstoff-Konzentration von der Oberfläche des Überzugs oder der Formmasse, worin sich der Leuchtstoff befindet, zur lichtemittierenden Komponente hin zunimmt, wird es weniger wahrscheinlich, daß er von Fremdfuchtigkeit beeinflusst wird, was es leichter macht, die auf die Feuchtigkeit zurückzuführende Verschlechterung zu unterdrücken. Andererseits, wenn die Konzentration des Leuchtstoffs von der lichtemittierenden Komponente aus in Richtung auf die Oberfläche der Schmelze zunimmt, wird es um so wahrscheinlicher, daß er von Fremdfuchtigkeit beeinflusst wird, aber weniger wahrscheinlich, daß er durch Wärme und Strahlung von der lichtemittierenden Komponente beeinflusst wird, was es ermöglicht, die Verschlechterung des Leuchtstoffs zu unterdrücken. Solche Verteilungen der Konzentration an Leuchtstoff kann man durch Auswahl bzw. Steuern des leuchtstoffhaltigen Materials, der Gießtemperatur und Viskosität sowie der Konfiguration und Teilchenverteilung des Leuchtstoffs erreichen.

[0089] Unter Verwendung des Leuchtstoffs der ersten Ausführungsform kann eine lichtemittierende Diode mit ausgezeichneten Emissionskenndaten hergestellt werden, weil das Fluoreszenzmaterial eine ausreichende Lichtbeständigkeit für einen hocheffizienten Betrieb auch dann hat, wenn es an die lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** angrenzend oder in deren Nähe angebracht ist, deren Strahlungsintensität ( $E_e$ ) im Bereich von  $3 \text{ Wcm}^{-2}$  bis  $10 \text{ Wcm}^{-2}$  liegt.

[0090] Der in der ersten Ausführungsform benutzte Leuchtstoff ist wegen der Granatstruktur gegen Wärme, Licht und Feuchtigkeit beständig und daher imstande, Anregungslicht mit einem Peak bei einer Wellenlänge in der Nähe von 450 nm zu absorbieren, wie dies in **Fig. 3A** gezeigt ist. Er sendet auch Licht mit einem breiten Spektrum aus, das einen Peak in der Nähe von 580 nm aufweist und bei 700 nm ausläuft, wie in **Fig. 3B** gezeigt wird. Außerdem kann der Wirkungsgrad der stimulierten Lichtemission in einem Wellenlängenbereich um 460 nm und höher dadurch erhöht werden, daß man Gd in den Kristall des Leuchtstoffs der ersten Ausführungsform einbringt. Wenn man den Gd-Gehalt erhöht, verschiebt sich der Emissions-Peak zu größeren Wellenlängen hin, und das gesamte Emissionsspektrum verschiebt sich in Richtung zu den größeren Wellenlängen. Das bedeutet, daß, wenn die Emission eines mehr rötlichen Lichts verlangt wird, dies erreicht werden kann, indem man den Grad der Substitution mit Gd erhöht. Wenn man den Gd-Gehalt erhöht, neigt die Leuchtdichte des durch Photolumineszenz unter blauem Licht ausgesendeten Lichts dazu, abzunehmen.

[0091] Besonders wenn man in der Zusammensetzung des YAG-Fluoreszenzmaterials mit Granatstruktur einen Teil des Al durch Ga ersetzt, verschiebt sich die Wellenlänge des ausgesendeten Lichts in Richtung auf kürzere Wellenlängen, und wenn man einen Teil des Y durch Gd substituiert, verschiebt sich die Wellenlänge des ausgesendeten Lichts zu größeren Wellenlängen hin.

[0092] Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung und die Lichtemissionskenndaten von YAG-Fluoreszenzmaterial, das durch die allgemeine Formel  $(\text{Y}_{1-a}\text{Gd}_a)_3(\text{Al}_{1-b}\text{Ga}_b)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  dargestellt wird.

[0093] Tabelle 1

Nr.	Gd-Gehalt a Mol-verhältnis	Ga-Gehalt b Mol-verhältnis	CIE-Koordinaten der Farbskala		Leuchtdichte Y	Wirkungs-grad
			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

[0094] Die in Tabelle 1 dargestellten Werte wurden gemessen, indem man das Fluoreszenzmaterial mit blauem Licht von 460 nm anregte. Die Leuchtdichte und der Wirkungsgrad in Tabelle 1 sind in Relativwerten bezüglich der Werte für das Material Nr. 1, die gleich 100 gesetzt wurden, angegeben.

[0095] Wenn man Al durch Ga ersetzt, liegt der Anteil vorzugsweise im Bereich von Ga:Al = 1:1 bis 4:6, wenn man den Emissionswirkungsgrad und die Wellenlänge der Emission in Betracht zieht. Ähnlich ist es, wenn man Y durch Gd ersetzt. Dann liegt der Anteil vorzugsweise im Bereich von Y:Gd = 9:1 bis 1:9, insbesondere aber von 4:1 bis 2:3. Ein Grad der Substitution durch Gd unter 20 % führt zu einer Farbe mit einer stärkeren Grünkomponente und schwächeren Rotkomponente, und ein Gd-Substitutionsgrad über 60 führt zu einer stärkeren Rotkomponente, aber zu einer schnellen Abnahme der Leuchtdichte. Wenn das Verhältnis Y:Gd zwischen Y und Gd im YAG-Fluoreszenzmaterial insbesondere auf den Bereich von 4:1 bis 2:3 eingestellt wird, kann eine lichtemittierende Diode, die imstande ist, weißes Licht im wesentlichen längs des Ortes der Schwarzkörperstrahlung auszusenden, dadurch hergestellt werden, daß man eine Art von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial benutzt, was von der Emissionswellenlänge der lichtemittierenden Komponente abhängt. Wenn das Verhältnis Y:Gd zwischen Y und Gd im YAG-Fluoreszenzmaterial innerhalb des Bereichs von 2:3 bis 1:4 eingestellt wird, kann eine lichtemittierende Diode hergestellt werden, die imstande ist, Licht der Glühlampe auszusenden, auch wenn die Leuchtdichte niedrig ist. Wenn der Gehalt (Substitutionsgrad) an Ce innerhalb des Bereichs von 0,003 bis 0,2 eingestellt wird, kann eine relative Leuchtintensität der lichtemittierenden Diode von nicht weniger als 70 % erreicht werden. Wenn der Gehalt kleiner als 0,003 ist, nimmt die Leuchtdichte ab, weil die Anzahl der angeregten Emissionszentren der Photolumineszenz infolge des Ce abnimmt, und wenn der Gehalt größer als 0,2 ist, erfolgt Dichtesättigung.

[0096] Somit kann man die Wellenlänge des emittierten Lichts zu einer kürzeren Wellenlänge hin verschieben, indem man einen Teil des in der Zusammensetzung enthaltenen Al durch Ga ersetzt, und die Wellenlänge des emittierten Lichts kann man zu einer größeren Wellenlänge hin verschieben, indem man einen Teil des in der Zusammensetzung vorhandenen Y durch Gd ersetzt. Auf diese Weise kann man die Lichtfarbe der Emission durch Verändern der Zusammensetzung kontinuierlich ändern. Das Fluoreszenzmaterial wird auch durch Hg-Emissionslinien kaum angeregt, die Wellenlängen von 254 nm und 365 nm haben, wohl aber mit höherem Wirkungsgrad durch LED-Licht, das durch eine blaues Licht emittierende Komponente mit einer Wellenlänge um 450 nm ausgesendet wird. Folglich hat das Fluoreszenzmaterial ideale Kennwerte für die Umwandlung von blauem Licht von lichtemittierenden Komponenten mit Nitridhalbleiter in weißes Licht, insbesondere durch seine Eigenschaft, die Peak-Wellenlänge durch Verändern des Anteils an Gd kontinuierlich zu ändern.

[0097] Gemäß der ersten Ausführungsform kann der Wirkungsgrad der Lichtemission der lichtemittierenden

Diode weiter dadurch verbessert werden, daß man die lichtemittierende Komponente, bei der ein Gallium-Nitrid-Halbleiter benutzt wird, mit einem Leuchtstoff kombiniert, der dadurch hergestellt wird, daß man das Seltene-Erden-Element Samarium (Sm) den mit Cerium aktivierten Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien (YAG) zufügt.

[0098] Das Material zur Herstellung eines solchen Leuchtstoffes wird dadurch hergestellt, daß man Oxide von Y, Gd, Ce, Sm, Al und Ga oder Verbindungen benutzt, die bei hoher Temperatur leicht in diese Oxide umgewandelt werden können, und diese Materialien in stöchiometrischen Anteilen hinreichend vermischt. Dieses Gemisch wird mit einer ausreichenden Menge eines Fluorids wie Ammoniumfluorid als Flußmittel gemischt und in einem Schmelztiegel bei einer Temperatur von 1350 bis 1450 °C in Luft für die Dauer von 2 bis 5 Stunden gebrannt. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle in Wasser gemahlen, gewaschen, abgetrennt, getrocknet und gesiebt, um das gewünschte Material zu erhalten.

[0099] Bei dem oben beschriebenen Herstellungsvorgang kann man das gemischte Material auch dadurch erhalten, daß man die Seltene-Erden-Elemente Y, Gd, Ce und Sm in ihren stöchiometrischen Anteilen in einer Säure löst, die Lösung mit Oxalsäure mitfällt und den Mitfällniederschlag brennt, um ein Oxid des Mitfällniederschlags zu erhalten, das dann mit Aluminiumoxid und Galliumoxid gemischt wird.

[0100] Der Leuchtstoff, der durch die allgemeine Formel  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  dargestellt wird, kann auf Anregung hin Licht der Wellenlänge 460 nm und länger mit einem höheren Wirkungsgrad aussenden, weil im Kristall Gd enthalten ist. Wenn man den Gehalt an Gadolinium erhöht, verschiebt sich die Peak-Wellenlänge der Emission von 530 nm zu einer größeren Wellenlänge bis zu 570 nm, während das ganze Emissionsspektrum sich auch nach größeren Wellenlängen verlagert. Wenn man Licht von stärkerem Rot benötigt, kann man das dadurch erreichen, daß man den für die Substitution zugefügten Anteil an Gd erhöht. Wenn man den Gd-Gehalt erhöht, nimmt die Leuchtdichte der Photolumineszenz bei blauem Licht allmählich ab. Daher ist der Wert von p vorzugsweise 0,8 oder niedriger, günstiger ist 0,7 oder darunter, noch günstiger allerdings 0,6 oder darunter.

[0101] Den durch die allgemeine Formel  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  dargestellten Leuchtstoff, der Sm enthält, kann man so herstellen, daß er ungeachtet des erhöhten Gd-Gehalts eine geringere Temperaturabhängigkeit aufweist. Das heißt, der Leuchtstoff, wenn er Sm enthält, hat bei höheren Temperaturen eine stark verbesserte Emissionsleuchtdichte. Das Ausmaß der Verbesserung nimmt mit dem Gd-Gehalt zu. Die Temperaturkonstante kann stark verbessert werden insbesondere durch Zugabe von Sm im Fall von Fluoreszenzmaterial mit einer solchen Zusammensetzung, daß der Rotanteil durch Steigerung des Gd-Gehalts verstärkt wird, weil es eine schlechte Temperaturkonstante hat. Die hier erwähnte Temperaturkonstante wird über das Verhältnis (%) der Emissionsleuchtdichte des Fluoreszenzmaterials bei einer hohen Temperatur (200 °C) zur Emissionsleuchtdichte des anregenden blauen Lichts mit einer Wellenlänge von 450 nm bei Normaltemperatur (25 °C) gemessen.

[0102] Der Anteil von Sm liegt vorzugsweise im Bereich von  $0,0003 \leq r \leq 0,08$ , um eine Temperaturkonstante von 60 % oder höher zu ergeben. Ein Wert von r unterhalb dieses Bereichs führt zu einer geringeren Wirkung der Verbesserung der Temperaturkonstante. Wenn der r-Wert oberhalb dieses Bereichs liegt, wird dagegen die Temperaturkonstante schlechter. Der Bereich von  $0,0007 \leq r \leq 0,02$  für den Anteil an Sm, wo die Temperaturkonstante 80 % oder darüber erreicht, ist wünschenswerter.

[0103] Der Anteil q an Ce liegt vorzugsweise in einem Bereich von  $0,003 \leq q \leq 0,2$ , was eine relative Emissionsleuchtdichte von 70 % oder möglicherweise noch höher ergibt. Die relative Emissionsleuchtdichte bezieht sich auf die Emissionsleuchtdichte in Prozent zur Emissionsleuchtdichte eines Fluoreszenzmaterials mit  $q = 0,03$ .

[0104] Wenn der Cer-Anteil q 0,003 beträgt oder darunter liegt, nimmt die Leuchtdichte ab, weil die Anzahl der angeregten Emissionszentren der Photolumineszenz infolge des Ce abnimmt, und wenn q größer als 0,2 ist, erfolgt Dichtesättigung. Die Dichtesättigung bezieht sich auf die Abnahme der Emissionsintensität, die auftritt, wenn man die Konzentration eines Aktivierungsmittels, das zur Erhöhung der Leuchtdichte des Fluoreszenzmaterial zugesetzt wird, über ein Optimum hinaus erhöht.

[0105] Für die lichtemittierende Diode der vorliegenden Erfindung kann auch ein Gemisch aus zwei oder mehr Arten von Leuchtstoffen der Zusammensetzung  $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$  mit unterschiedlichen Gehalten an Al, Ga, Y und Gd oder Sm benutzt werden. Dies erhöht die RGB-Komponenten und ermöglicht die Anwendung beispielsweise für eine Vollfarben-Flüssigkristall-Anzeigevorrichtung durch Benutzung eines Farbfilters.

#### (Lichtemittierende Komponenten **102**, **202**)

[0106] Die lichtemittierende Komponente wird vorzugsweise in eine Formmasse eingegossen, wie das in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt ist. Die lichtemittierende Komponente, die in der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode benutzt wird, ist ein Halbleiter mit Gallium-Nitrid-Verbindung, der imstande ist, die mit Cerium aktivierten fluoreszenten Granatmaterialien mit hohem Wirkungsgrad anzuregen. Die lichtemittierenden Komponenten **102**, **202**, die einen Halbleiter mit Gallium-Nitrid-Verbindung benutzen, fertigt man durch Ausbilden

einer lichtemittierenden Schicht aus einem Galliumnitrid-Halbleitermaterial wie InGaN auf einem Substrat nach dem MOCVD-Verfahren. Die Struktur der lichtemittierenden Komponente kann eine Homostruktur, eine Heterostruktur oder eine doppelte Heterostruktur sein, die einen MIS-Übergang, einen PIN-Übergang oder einen PN-Übergang aufweisen. Je nach dem Material der Halbleiterschicht und seiner Kristallinität kann man verschiedene Wellenlängen der Emission auswählen. Sie kann auch in der Struktur eines Einquantentopfes oder eines Mehrquantentopfes ausgeführt sein, wo eine Halbleiteraktivierungsschicht so dünn ausgebildet wird, daß der Quanteneffekt eintreten kann. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann man eine lichtemittierende Diode, die imstande ist, mit einer höheren Leuchtdichte ohne Beeinträchtigung des Leuchtstoffs zu emittieren, dadurch fertigen, daß man die Aktivierungsschicht der lichtemittierenden Komponente in der Struktur eines Einquantentopfes des InGaN ausführt.

[0107] Wenn man einen Halbleiter mit Galliumnitrid-Verbindung benutzt, wobei Saphir, Spinell, SiC, Si, ZnO oder dergleichen als das Halbleitersubstrat benutzt werden können, ist die Benutzung von Saphirsubstrat vorzuziehen, damit Galliumnitrid guter Kristallinität gebildet wird. Auf dem Saphirsubstrat wird eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht gebildet, um einen PN-Übergang über eine Pufferschicht aus GaN, AlN usw. zu bilden. Der Galliumnitrid-Halbleiter hat unter der Bedingung, daß er nicht mit irgendeinem Fremdatom dotiert ist, eine Leitfähigkeit vom n-Typ, auch wenn es vorzuziehen ist, daß er, um einen Galliumnitrid-Halbleiter vom n-Typ mit den gewünschten Eigenschaften (Trägerkonzentration usw.) wie erhöhter Wirkungsgrad der Lichtemission zu erhalten mit einem Dotierstoff vom n-Typ wie Si, Ge, Se, Te und C dotiert wird. Um andererseits einen Galliumnitrid-Halbleiter vom p-Typ herzustellen, ist es vorzuziehen, dass dieser mit einem Dotiermittel vom p-Typ wie Zn, Mg, Be, Ca, Sr und Ba dotiert wird. Weil es schwierig ist, einen Halbleiter mit Galliumnitrid-Verbindung in einen p-Typ einfach durch Dotieren mit einem Dotiermittel vom p-Typ umzuwandeln, behandelt man vorzugsweise den Halbleiter mit Galliumnitrid-Verbindung, der mit einem Dotiermittel vom p-Typ dotiert ist, in Verfahren wie Erhitzen in einem Ofen, Bestrahlung mit langsamen Elektronen und Plasmabestrahlung, um ihn dadurch in einen p-Typ umzuwandeln. Nach dem Freilegen der Oberflächen von Galliumnitrid-Halbleitern vom p- und vom n-Typ durch Ätzen oder ein anderes Verfahren werden auf den Halbleiterschichten Elektroden der gewünschten Gestalt durch Sputtern oder Bedampfen gebildet.

[0108] Dann wird der so entstandene Halbleiter-Wafer mit Hilfe einer Substratsäge in Teile gesägt oder durch eine äußere Kraft nach dem Schneiden von Kerben (Halbschnitt) mit einer Breite, die größer ist als die Breite der Blattkante, zerteilt. Oder aber der Wafer wird in Chips zerschnitten, indem man ein Gittermuster aus äußerst feinen Linien auf den Halbleiter-Wafer mittels eines Anreißers einritz, der eine Diamantspitze trägt, die eine gerade Pendelbewegung ausführt. Auf diese Weise kann die lichtemittierende Komponente eines Halbleiters mit Galliumnitridverbindung hergestellt werden.

[0109] Damit bei der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform weißes Licht ausgesendet wird, liegt die Wellenlänge des von der lichtemittierenden Komponente ausgesendeten Lichts vorzugsweise im Bereich von 400 bis einschließlich 530 nm unter Berücksichtigung der Komplementärfarbenbeziehung beim Leuchtstoff und der Zustandsverschlechterung des Harzes, bevorzugter ist jedoch der Bereich von 420 bis einschließlich 490 nm. Noch bevorzugter ist zur Verbesserung des Emissionswirkungsgrades der lichtemittierenden Komponente und des Leuchtstoffs eine Wellenlänge von 450 bis 475 nm. Das Emissionsspektrum der weißen Licht aussendenden Diode der ersten Ausführungsform ist in **Fig. 4** dargestellt. Die hier gezeigte lichtemittierende Komponente ist vom Anschlußleistungstyp, wie er in **Fig. 1** dargestellt ist, wo man die lichtemittierende Komponente und den Leuchtstoff der ersten Ausführungsform, die später noch beschrieben werden, benutzt. In **Fig. 4** ist die Emission mit einem Peak bei 450 nm das Licht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, und die Emission mit einem Peak um 570 nm ist die photolumineszente Emission, die durch die lichtemittierende Komponente angeregt wird.

[0110] **Fig. 16** zeigt die Farben, die durch die weißes Licht aussendende Diode dargestellt werden können, welche dadurch hergestellt worden ist, daß man das in Tabelle 1 dargestellte Fluoreszenzmaterial mit der blauen LED (lichtemittierende Komponente) mit einem Wellenlängen-Peak von 465 nm kombinierte. Die Farbe des Lichts, das von dieser weißes Licht aussendenden Diode ausgesendet wird, entspricht einem Punkt auf einer Geraden, die einen Punkt auf der Farbtionskala, der durch die blaue LED erzeugt wird, und einen Punkt auf der Farbtionskala, der durch das Fluoreszenzmaterial erzeugt wird, verbindet, und daher kann der breite Bereich weißer Farbe (gestrichelter Teil in **Fig. 16**) im mittleren Teil des Farbtionsdiagramms voll abgedeckt werden, indem man die Fluoreszenzmaterialien 1 bis 7 in Tabelle 1 benutzt. **Fig. 17** zeigt die Veränderung in der Emissionsfarbe, wenn man den Gehalt an Fluoreszenzmaterialien in der weißes Licht aussendenden Diode verändert. Der Gehalt an Fluoreszenzmaterialien wird in Gewichtsprozent bezüglich des im Überzugsmaterial benutzten Harzes angegeben. Wie aus **Fig. 17** ersichtlich ist, nähert sich die Farbe des Lichtes der des Fluoreszenzmaterials, wenn man den Gehalt an Fluoreszenzmaterial erhöht, und nähert sich der des blauen LED-Lichtes, wenn man den Gehalt an Fluoreszenzmaterial verringert.

[0111] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine lichtemittierende Komponente, die das Fluoreszenzmaterial nicht anregt, zusammen mit der lichtemittierenden Komponente benutzt werden, die Licht aussendet, das das Fluoreszenzmaterial anregt. Im speziellen Fall wird zusätzlich zur lichtemittierenden Komponente, die ein

Nitridverbindungshalbleiter ist, der das Fluoreszenzmaterial anzuregen vermag, eine lichtemittierende Komponente mit einer lichtemittierenden Schicht aus Galliumphosphat, Galliumaluminiumarsenid, Galliumarsenphosphat oder Indiumaluminiumphosphat gemeinsam angeordnet. Mit dieser Konfiguration wird Licht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird und das das Fluoreszenzmaterial nicht anregt, nach außen abgestrahlt, ohne vom Fluoreszenzmaterial absorbiert zu werden, wodurch eine lichtemittierende Diode entsteht, die rotes/weißes Licht aussenden kann.

[0112] Weitere Komponenten der lichtemittierenden Dioden der **Fig. 1** und **2** werden nachstehend beschrieben.

(Anschlußdrähte **103**, **203**)

[0113] Die Anschlußdrähte **103**, **203** sollen eine hohe elektrische Leitfähigkeit, eine gute Wärmeleitfähigkeit und eine gute mechanische Verbindung mit den Elektroden der lichtemittierenden Komponenten **102**, **202** aufweisen. Die Wärmeleitfähigkeit soll vorzugsweise  $0,042 \text{ J } [0,01 \text{ cal}]/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm}^2)$  betragen oder darüber liegen, insbesondere aber  $2,09 \text{ J } [0,5 \text{ cal}]/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm}^2)$  oder mehr betragen. Für die Verarbeitbarkeit soll der Durchmesser des Anschlußdrahtes vorzugsweise 10 bis einschließlich  $45 \text{ }\mu\text{m}$  betragen. Selbst wenn man sowohl für den Überzug einschließlich des Fluoreszenzmaterials als auch für die Formmasse dasselbe Material benutzt, wird wegen des Unterschieds im Wärmeausdehnungskoeffizienten, der auf das in jedem der beiden Materialien enthaltene Fluoreszenzmaterial zurückzuführen ist, der Anschlußdraht vermutlich an der Grenzfläche brechen. Aus diesem Grund soll der Durchmesser des Anschlußdrahtes vorzugsweise nicht kleiner als  $25 \text{ }\mu\text{m}$  sein, und wegen der lichtemittierenden Fläche und der Leichtigkeit der Handhabung bei  $35 \text{ }\mu\text{m}$  liegen. Der Anschlußdraht kann aus einem Metall wie Gold, Kupfer, Platin und Aluminium oder einer Legierung davon bestehen. Wenn man einen Anschlußdraht aus solchem Material und mit solcher Konfiguration benutzt, dann kann er leicht an die Elektroden der lichtemittierenden Komponenten, den inneren Anschluß und den Befestigungsanschluß mittels einer Drahtbondingvorrichtung angeschlossen werden.

(Befestigungsanschluß **105**)

[0114] Der Befestigungsanschluß **105** enthält eine Kugelschale **105a** und eine Anschlußleitung **105b**, und es genügt, wenn er groß genug ist, daß die lichtemittierende Komponente **102** mit der Drahtbondingvorrichtung in der Kugelschale **105a** angebracht werden kann. Falls mehrere lichtemittierende Komponenten in der Kugelschale installiert werden und der Befestigungsanschluß als gemeinsame Elektrode für die lichtemittierende Komponente benutzt wird, ist, weil unterschiedliche Elektrodenmaterialien benutzt werden können, eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und eine gute Leitfähigkeit mit dem Bondingdraht etc. erforderlich. Wenn die lichtemittierende Komponente in der Kugelschale des Befestigungsanschlusses installiert und die Kugelschale mit dem Fluoreszenzmaterial gefüllt ist, wird das Licht, das von dem Fluoreszenzmaterial ausgesendet wird, selbst wenn es isotrop ist, von der Kugelschale in einer gewünschten Richtung reflektiert, und daher kann eine unbeabsichtigte Beleuchtung durch Licht von einer anderen lichtemittierenden Diode, die in der Nähe angeordnet ist, vermieden werden. Eine unbeabsichtigte Beleuchtung bezieht sich hier auf eine solche Erscheinung, daß eine andere lichtemittierende Diode, die in der Nähe montiert ist, so erscheint, als ob sie leuchte, obwohl sie nicht mit Leistung versorgt wird.

[0115] Das Bonden der lichtemittierenden Komponente **102** und des Befestigungsanschlusses **105** mit der Kugelschale **105a** kann mittels eines thermoplastischen Harzes wie Epoxyharz, Akrylharz und Imidharz erzielt werden. Wenn man eine mit der Vorderseite nach unten gerichtete lichtemittierende Komponente (ein solcher Typ einer lichtemittierenden Komponente, bei der das emittierte Licht aus der Substratseite austritt und die Konfiguration dergestalt ist, daß die Elektroden so angebracht sind, daß sie der Kugelschale **105a** gegenüber liegen) benutzt, können Ag-Paste, Kohlenstoffpaste, Metallanschlüsse oder dergleichen für das Bonden und den elektrischen Anschluß der lichtemittierenden Komponente und den Befestigungsanschluß gleichzeitig benutzt werden. Um den Wirkungsgrad der Lichtnutzung der lichtemittierenden Diode zu verbessern, kann außerdem die Oberfläche der Kugelschale des Befestigungsanschlusses, auf der die lichtemittierende Komponente untergebracht ist, spiegelpoliert werden, um die Oberfläche in einen reflektierenden Zustand zu versetzen. In diesem Fall soll die Oberflächenrauigkeit vorzugsweise zwischen  $0,1 \text{ S}$  (Japanische Einheit gemäß ISO 468 von 1982) und einschließlich  $0,8 \text{ S}$  liegen. Der elektrische Widerstand des Befestigungsanschlusses soll vorzugsweise unter  $300 \text{ }\mu\Omega\cdot\text{cm}$ , besser noch unter  $3 \text{ }\mu\Omega\cdot\text{cm}$  liegen. Wenn eine größere Stückzahl von lichtemittierenden Komponenten auf dem Befestigungsanschluß angebracht wird, erzeugen die lichtemittierenden Komponenten eine beträchtliche Wärmemenge, und daher ist eine hohe Wärmeleitfähigkeit erforderlich. Insbesondere soll die Wärmeleitfähigkeit vorzugsweise den Wert  $0,042 \text{ J } [0,01 \text{ cal}]/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm}^2)$  oder darüber, besser jedoch  $2,09 \text{ J } [0,5 \text{ cal}]/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm}^2)$  oder darüber, haben. Zu den Materialien, die diese Anforderungen erfüllen, gehören Stahl, Kupfer, kupferbeschichteter Stahl, kupferbeschichtetes Zinn, und metallbedampfte Keramiken.

(Innerer Anschluß **106**)

[0116] Der innere Anschluß **106** ist mit einer der Elektroden der lichtemittierenden Komponente **102**, die auf dem Befestigungsanschluß **105** sitzt, über einen leitenden Draht oder dergleichen verbunden. Im Fall einer lichtemittierenden Diode, bei der eine größere Anzahl von lichtemittierenden Komponenten auf dem Befestigungsanschluß installiert ist, ist es erforderlich, eine Vielzahl von inneren Anschlüssen **106** in solch einer Weise anzuordnen, daß die leitenden Drähte einander nicht berühren. Beispielsweise kann der Kontakt von leitenden Drähten untereinander dadurch verhindert werden, daß man die Fläche der Stirnseite vergrößert, wo der innere Leiter mit dem Draht gebondet ist, so daß der Abstand vom Befestigungsanschluß zunimmt und dadurch der Abstand zwischen den leitenden Drähten gesichert ist. Die Oberflächenrauigkeit der Endfläche des inneren Anschlusses, die mit dem leitenden Draht verbunden ist, soll unter Berücksichtigung eines geschlossenen Kontakts vorzugsweise zwischen 1,6 S und einschließlich 10 S (Japanische Einheit gemäß ISO 468 von 1982) betragen.

[0117] Um den inneren Anschluß in einer gewünschten Form zu gestalten, kann er mittels eines Stanzwerkzeugs gestanzt werden. Ferner kann er durch Stanzen hergestellt werden, um den inneren Anschluß dann auf die Endfläche durch Druck aufzubringen, wobei man die Fläche und die Höhe der Endfläche steuern kann.

[0118] Der innere Anschluß soll eine gute Verbindbarkeit zu den Bondingdrähten aufweisen, die leitende Drähte sind und eine gute elektrische Leitfähigkeit haben sollen. Insbesondere soll der elektrische Widerstand vorzugsweise unter  $300 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , besser noch unter  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , liegen. Zu den Materialien, die diese Anforderungen erfüllen, gehören Eisen, Kupfer, eisenhaltiges Kupfer, zinnhaltiges Kupfer und die kupfer-, gold- oder silberplattierten Metalle Aluminium, Eisen und Kupfer.

(Überzugsmaterial **101**)

[0119] Das Überzugsmaterial **101** ist in der Kugelschale des Befestigungsanschlusses neben der Formmasse **104** vorhanden, und in der ersten Ausführungsform enthält es den Leuchtstoff, der das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht umwandelt. Das Überzugsmaterial kann ein transparentes Material sein, das eine gute Witterungsbeständigkeit aufweist wie Epoxyharz, Harnstoffharz und Silikonharz oder Glas. Zusammen mit dem Leuchtstoff kann ein Dispergiermittel benutzt werden. Als Dispergiermittel werden vorzugsweise Bariumtitanat, Titanoxid, Aluminiumoxid, Siliziumdioxid und dergleichen benutzt. Wenn das Fluoreszenzmaterial durch Sputtern gebildet wird, kann das Überzugsmaterial entfallen. In diesem Fall kann eine lichtemittierende Diode, die zur Farbmischung imstande ist, durch Steuerung der Filmstärke oder durch das Vorsehen einer Öffnung in der Schicht aus Fluoreszenzmaterial gesteuert werden.

(Formmasse **104**)

[0120] Die Formmasse **104** hat die Aufgabe, die lichtemittierende Komponente **102**, den leitenden Draht **103** und das Überzugsmaterial **101**, das den Leuchtstoff enthält, vor äußeren Einwirkungen zu schützen. Gemäß der ersten Ausführungsform enthält die Formmasse **104** außerdem vorzugsweise ein Dispergiermittel, das die Richtfähigkeit des Lichts von der lichtemittierenden Komponente **102** unschärfer machen kann, was zu einem vergrößerten Sichtwinkel führt. Die Formmasse **104** hat die Funktion einer Linse, um das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht zu fokussieren oder zu streuen. Daher kann die Formmasse **104** in der Konfiguration einer Sammel- oder Zerstreuungslinse ausgeführt werden und kann eine elliptische Form haben, wenn der Blick in Richtung der optischen Achse erfolgt, oder kann eine Kombination von diesen Varianten darstellen. Auch kann die Formmasse **104** die Struktur vieler Schichten aus unterschiedlichen Materialien, die laminiert sind, aufweisen. Als Formmasse **104** können transparente Materialien mit einer hohen Witterungsbeständigkeit wie Epoxyharz, Harnstoffharz, Silikonharz oder Glas vorzugsweise benutzt werden. Als Dispergiermittel können Bariumtitanat, Titanoxid, Aluminiumoxid, Siliziumdioxid und dergleichen benutzt werden. Zusätzlich zum Dispergiermittel kann die Formmasse auch Leuchtstoff enthalten. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Leuchtstoff nämlich entweder in der Formmasse oder im Überzugsmaterial enthalten sein. Wenn der Leuchtstoff in der Formmasse enthalten ist, kann der Sichtwinkel weiter vergrößert werden. Der Leuchtstoff kann auch in beiden, dem Überzugsmaterial und der Formmasse, enthalten sein. Außerdem kann ein Harz, das den Leuchtstoff einschließt, als Überzugsmaterial benutzt werden, während man Glas, das sich vom Überzugsmaterial unterscheidet, als Formmasse benutzt. Dies ermöglicht es, eine lichtemittierende Diode, die dem Einfluß von Feuchtigkeit weniger stark unterliegt, mit hoher Produktivität zu fertigen. Das Überzugsmaterial und die Formmasse können auch aus demselben Material bestehen, um denselben Brechungsindex zu haben, was aber vom Anwendungsfall abhängt. Gemäß der vorliegenden Erfindung hat die Zugabe des Dispergiermittels und/oder eines Färbemittels zur Formmasse die Auswirkung, daß die Farbe des Fluoreszenzmaterials abgedunkelt und die Farbmischleistung erhöht wird. Das heißt, daß das Fluoreszenzmaterial die blaue Komponente von Fremdlicht absorbiert und damit Licht aussendet, das den Anschein hat, als sei es gelb gefärbt.

Das in der Formmasse enthaltene Dispergiermittel verleiht jedoch der Formmasse eine milchig weiße Farbe, und das Färbemittel bringt eine gewünschte Farbe hervor. Daher wird die Farbe des Fluoreszenzmaterials vom Beobachter nicht erkannt. Wenn die lichtemittierende Komponente Licht aussendet, das eine Hauptwellenlänge von 430 nm oder darüber hat, ist vorzugsweise ein Ultraviolett-Absorber, der als Lichtstabilisator dient, enthalten.

## AUSFÜHRUNGSFORM 2

[0121] Die lichtemittierende Diode der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in der Weise hergestellt, daß man als lichtemittierende Komponente ein Element benutzt, das einen Halbleiter mit Galliumnitrid-Verbindung, der eine hochenergetische Bandlücke in der lichtemittierenden Schicht aufweist, und als Leuchtstoff ein Fluoreszenzmaterial, das zwei oder mehrere Arten von Leuchtstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung enthält, oder vorzugsweise mit Cerium aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien, nimmt. Mit dieser Konfiguration kann eine lichtemittierende Diode hergestellt werden, die es erlaubt, einen gewünschten Farbton zu liefern, indem man den Gehalt der zwei oder mehr Fluoreszenzmaterialien steuert, selbst wenn die Wellenlänge des LED-Lichts, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, von dem gewünschten Wert infolge von Variationen im Produktionsprozeß abweicht. In diesem Fall kann unter Benutzung eines Fluoreszenzmaterials mit einer relativ kurzen Emissionswellenlänge für eine lichtemittierende Komponente relativ kurzer Emissionswellenlänge und Benutzung eines Fluoreszenzmaterials mit einer relativ großen Emissionswellenlänge für eine lichtemittierende Komponente relativ großer Emissionswellenlänge die Emissionsfarbe der lichtemittierenden Komponente konstant gehalten werden.

[0122] Was das Fluoreszenzmaterial betrifft, kann als Leuchtstoff auch ein Fluoreszenzmaterial benutzt werden, das durch die allgemeine Formel  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  dargestellt wird. Hier sind  $0 \leq r < 1$  und  $0 \leq s < 1$ , und Re ist mindestens ein Material aus der Gruppe Y, Gd und La. Diese Konfiguration ermöglicht es, die Denaturierung des Fluoreszenzmaterials zu minimieren, selbst wenn das Fluoreszenzmaterial über einen langen Zeitraum einem hochenergetischen sichtbaren Licht hoher Intensität ausgesetzt wird, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, oder wenn es unter verschiedenartigen Umgebungsbedingungen benutzt wird. Daher kann eine lichtemittierende Diode hergestellt werden, die eine äußerst unbedeutende Farbverschiebung und Abnahme der Emissionsleuchtdichte zeigt und die gewünschte Emissionskomponente mit hoher Leuchtdichte aufweist.

### (Leuchtstoff der zweiten Ausführungsform)

[0123] Nun soll der Leuchtstoff, der in der lichtemittierenden Komponente der zweiten Ausführungsform benutzt wird, ausführlich beschrieben werden. Diese Ausführungsform ist der ersten Ausführungsform ähnlich bis auf das Merkmal, daß als Leuchtstoff zwei oder mehr Arten von mit Cerium aktivierten Leuchtstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung, wie vorstehend beschrieben, benutzt werden. Die Methode der Anwendung des Fluoreszenzmaterials ist im Grunde dieselbe.

[0124] Ähnlich wie im Fall der ersten Ausführungsform kann der lichtemittierenden Diode eine hohe Witterungsbeständigkeit dadurch vermittelt werden, daß man die Verteilung des Leuchtstoffs steuert (wie beispielsweise durch spitzes Zulaufen der Konzentration mit dem Abstand von der lichtemittierenden Komponente). Eine solche Verteilung der Leuchtstoffkonzentration kann dadurch erreicht werden, daß man das Material, das den Leuchtstoff enthält, die Gießtemperatur und die Viskosität sowie die Konfiguration und die Teilchenverteilung des Leuchtstoffs aussucht oder steuert. Somit wird gemäß der zweiten Ausführungsform die Verteilung der Konzentration des Fluoreszenzmaterials je nach den Betriebsbedingungen festgelegt. Auch kann gemäß dieser Ausführungsform der Wirkungsgrad der Lichtemission dadurch erhöht werden, daß man die Anordnung der zwei oder mehr Arten von Fluoreszenzmaterialien je nach dem Licht, das von der lichtemittierenden Komponente erzeugt wird, konstruiert (indem man sie beispielsweise in der Reihenfolge der Nähe zur lichtemittierenden Komponente anordnet).

[0125] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform hat mit der Konfiguration der zweiten Ausführungsform die lichtemittierende Diode einen hohen Wirkungsgrad und eine genügende Lichtbeständigkeit, selbst wenn sie neben oder in der Nähe einer lichtemittierenden Komponente mit relativ hoher Leistung und mit einer Strahlungsintensität (Ed) im Bereich von  $3 \text{ Wcm}^2$  bis  $10 \text{ Wcm}^2$  angeordnet ist.

[0126] Das mit Cerium aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial (YAG-Fluoreszenzmaterial), das in der zweiten Ausführungsform benutzt wird, hat eine Granatstruktur ähnlich dem Fall in der ersten Ausführungsform und ist daher gegen Wärme, Licht und Feuchtigkeit beständig. Der Wellenlängen-Peak der Anregung des Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterials der zweiten Ausführungsform kann auf etwa 450 nm gelegt werden, wie durch die nicht unterbrochene Linie in **Fig. 5A** angegeben ist, und der Wellenlängen-Peak der Emission kann auf etwa 510 nm gelegt werden, wie die nicht unterbrochene Linie in **Fig. 5B** zeigt, wobei man das Emissionsspektrum so breit macht, indem man es bei 700 nm auslaufen läßt. Das er-

möglichst es, grünes Licht auszusenden. Der Wellenlängen-Peak der Anregung eines anderen mit Cerium aktivierten Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterials der zweiten Ausführungsform kann auf nahe 450 nm gelegt werden, wie dies durch die gestrichelte Linie in **Fig. 5A** angegeben wird, und der Wellenlängen-Peak der Emission kann auf etwa 600 nm gelegt werden, wie die gestrichelte Linie in **Fig. 5B** zeigt, wobei man das Emissionsspektrum so breit macht, daß es bei 750 nm ausläuft. Dies ermöglicht es, rotes Licht auszusenden. [0127] Die Wellenlänge des ausgesendeten Lichtes wird nach kürzeren Wellenlängen verschoben, wenn man einen Teil des Al unter den Bestandteilen des YAG-Fluoreszenzmaterials mit Granatstruktur durch Ga ersetzt, und die Wellenlänge des ausgesendeten Lichtes wird nach größeren Wellenlängen verschoben, wenn man einen Teil des Y durch Gd und/oder La ersetzt. Der Anteil der Al-Substitution durch Ga liegt vorzugsweise bei einem Verhältnis Ga:Al von 1 : 1 bis 4 : 6, wenn man den Wirkungsgrad der Lichtemission und die Wellenlänge der Emission in Betracht zieht. In ähnlicher Weise soll der Anteil der Substitution von Y durch Gd und/oder La vorzugsweise Y:Gd und/oder La 9 : 1 bis 1 : 9 betragen, günstiger allerdings Y:Gd und/oder La 4 : 1 bis 2 : 3 betragen. Eine Substitution von weniger als 20 % führt zu einer Zunahme der grünen und einer Abnahme der roten Komponente. Eine Substitution von 80 % oder mehr erhöht andererseits die rote Komponente, verringert aber die Leuchtdichte stark.

[0128] Materialien für die Herstellung eines derartigen Leuchtstoffs erhält man durch Verwendung von Oxiden von Y, Gd, Ce, La, Al, Sm und Ga oder Verbindungen, die bei hoher Temperatur leicht in diese Oxide überführt werden können, und durch ausreichendes Mischen dieser Materialien in den stöchiometrischen Anteilen. Oder aber das Mischungsmaterial wird erhalten, indem man die Seltene-Erden-Materialien Y, Gd, Ce, La und Sm in den stöchiometrischen Anteilen in Säure löst, die Lösung mit Oxalsäure mitausfällt und den Mitfällniederschlag brennt, um ein Oxid des Mitfällniederschlags zu erhalten, das dann mit Aluminiumoxid und Galliumoxid gemischt wird. Dieses Gemisch wird mit einer entsprechenden Menge eines Fluorids wie Ammoniumfluorid als Flußmittel gemischt und in einem Schmelztiegel bei einer Temperatur von 1350 bis 1450 °C in Luft 2 bis 5 Stunden gebrannt. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle mit Wasser gemahlen, gewaschen, abgetrennt, getrocknet und gesiebt, um das gewünschte Material zu erhalten.

[0129] Bei der zweiten Ausführungsform können die zwei oder mehr Arten von mit Cerium aktivierten Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung entweder durch Mischen oder in einer voneinander unabhängigen Anordnung (beispielsweise laminiert) benutzt werden. Wenn die zwei oder mehr Arten von Fluoreszenzmaterialien gemischt werden, kann der farbwandelnde Anteil relativ leicht und in einer für die Massenproduktion geeigneten Art gebildet werden. Wenn die zwei oder mehr Arten von Fluoreszenzmaterialien unabhängig voneinander angeordnet werden, kann die Farbe nach der Formgebung durch Laminiieren der Schichten eingestellt werden, bis eine gewünschte Farbe erhalten wird. Auch wenn man die zwei oder mehr Arten von Fluoreszenzmaterialien unabhängig voneinander anordnet, ist es vorzuziehen, ein Fluoreszenzmaterial, das Licht von der lichtemittierenden Komponente einer kürzeren Wellenlänge absorbiert, in der Nähe des LED-Elements anzubringen, und ein Fluoreszenzmaterial, das Licht größerer Wellenlänge absorbiert, vom LED-Element entfernt anzubringen. Diese Anordnung ermöglicht eine wirksame Absorption und Emission von Licht.

[0130] Die lichtemittierende Diode der zweiten Ausführungsform wird hergestellt, indem man als Fluoreszenzmaterialien die zwei oder mehr Arten von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung benutzt, wie vorstehend beschrieben ist. Dies ermöglicht es, eine lichtemittierende Diode herzustellen, die imstande ist, Licht einer gewünschten Farbe mit hohem Wirkungsgrad auszusenden. Das heißt, wenn die Wellenlänge des von der lichtemittierenden Halbleiterkomponente ausgesendeten Lichtes einem Punkt auf der Geraden entspricht, die den Punkt A und den Punkt B auf dem Farbtondiagramm von **Fig. 6** verbindet, dann kann Licht beliebiger Farbe in dem von den Punkten A, B, C und D eingeschlossenen schraffierten Bereich in **Fig. 6**, wobei die Farbtonpunkte (Punkte C und D) den zwei oder mehr Arten von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung entsprechen, ausgesendet werden. Gemäß dieser Ausführungsform kann die Farbe durch Verändern der Zusammensetzungen oder der Mengen der LED-Elemente und der Fluoreszenzmaterialien eingestellt werden. Insbesondere kann eine lichtemittierende Diode mit geringerer Veränderung in der Emissionswellenlänge dadurch hergestellt werden, daß man das Fluoreszenzmaterial gemäß der Emissionswellenlänge des LED-Elements auswählt, wobei die Änderung der Emissionswellenlänge des LED-Elements kompensiert wird. Es kann auch eine lichtemittierende Diode, die die RGB-Komponenten umfaßt, mit hoher Leuchtdichte dadurch hergestellt werden, daß man die Emissionswellenlänge der Fluoreszenzmaterialien auswählt.

[0131] Da das Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial (YAG), das in dieser Ausführungsform benutzt wird, eine Granatstruktur aufweist, kann außerdem die lichtemittierende Diode dieser Ausführungsform Licht von hoher Leuchtdichte über einen langen Zeitraum aussenden. Auch die lichtemittierenden Dioden der ersten Ausführungsform und dieser Ausführungsform sind mit lichtemittierenden Komponenten ausgestattet, die über das Fluoreszenzmaterial installiert sind. Auch weil das umgewandelte Licht eine größere Wellenlänge hat als das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht, ist die Energie des umgewandelten Lichts niedriger als die Bandlücke des Nitrid-Halbleiters, und es ist weniger wahrscheinlich, daß es von der Nit-



rid-Halbleiterschicht absorbiert wird. Obgleich das vom Fluoreszenzmaterial ausgesendete Licht infolge der Isotropie der Ausstrahlung auch auf das LED-Element gerichtet wird, wird daher das vom Fluoreszenzmaterial ausgesendete Licht niemals vom LED-Element absorbiert, und daher wird der Emissionswirkungsgrad der lichtemittierenden Diode nicht herabgesetzt.

(Planare Lichtquelle)

[0132] Eine planare Lichtquelle, die eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, ist in **Fig. 7** gezeigt.

[0133] Bei der in **Fig. 7** dargestellten planaren Lichtquelle befindet sich der in der ersten oder zweiten Ausführungsform benutzte Leuchtstoff in einem Überzugsmaterial **701**. Mit dieser Konfiguration wird das vom Galliumnitrid-Halbleiter ausgesendete blaue Licht farbgewandelt und im planaren Zustand über eine Lichtleitplatte **704** und eine Streulichtscheibe **706** abgegeben.

[0134] Insbesondere wird eine lichtemittierende Komponente **702** der planaren Lichtquelle der **Fig. 7** in einem Metallsubstrat **703** in der Form eines umgedrehten C gehalten, worauf eine Isolierschicht und ein Leitungsmuster (nicht dargestellt) gebildet werden. Nach dem elektrischen Anschließen der Elektrode der lichtemittierenden Komponente und des Leitungsmusters wird der Leuchtstoff mit Epoxyharz gemischt und in das Metallsubstrat **703** mit der umgekehrten C-Form gebracht, worauf die lichtemittierende Komponente **702** gesetzt wird. Die so gehaltene lichtemittierende Komponente wird mittels eines Epoxyharzes an einer Stirnseite einer Lichtleitplatte **704** aus Akryl befestigt. Ein Reflektorfilm **707**, der ein weißes Diffusionsmittel enthält, wird auf einer der Hauptebenen der Lichtleitplatte **704** angeordnet, wo zur Verhinderung von Fluoreszenz die Streulichtscheibe **706** nicht ausgebildet wird.

[0135] In ähnlicher Weise wird ein Reflektor **705** auf der ganzen Fläche auf der Rückseite der Lichtleitplatte **704** und auf einer Stirnfläche vorgesehen, auf der die lichtemittierende Komponente nicht vorhanden ist, um den Wirkungsgrad der Lichtemission zu erhöhen. Mit dieser Konfiguration können lichtemittierende Dioden für Planare Lichtemission hergestellt werden, die genügend Leuchtdichte für die Hintergrundbeleuchtung von LCD erzeugen.

[0136] Die Anwendung der lichtemittierenden Diode für planare Lichtemission bei einer Flüssigkristallanzeige kann dadurch erfolgen, daß man eine Polarisierplatte auf einer Hauptebene der Lichtleitplatte **704** über einen Flüssigkristall anordnet, der zwischen Glassubstrate (nicht dargestellt) injiziert wurde, worauf ein lichtdurchlässiges Leitungsmuster geformt wird.

[0137] Mit Bezug auf **Fig. 8** und **Fig. 9** wird eine planare Lichtquelle gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nachfolgend beschrieben. Die in **Fig. 8** dargestellte lichtaussendende Vorrichtung ist in einer solchen Konfiguration hergestellt worden, daß blaues Licht, das von der lichtemittierenden Diode **702** ausgesendet wird, in weißes Licht durch einen leuchtstoffhaltigen Farbwandler **701** umgewandelt und im planaren Zustand über eine Lichtleitplatte **704** abgegeben wird.

[0138] Die in **Fig. 9** dargestellte lichtaussendende Vorrichtung ist in einer solchen Konfiguration hergestellt, daß das blaue Licht, das von der lichtemittierenden Komponente **702** ausgesendet wird, in einen planaren Zustand durch die Lichtleiterplatte **704** überführt und dann in weißes Licht durch eine Streulichtplatte **706** umgewandelt wird, die den Leuchtstoff enthält, der auf einer der Hauptebenen der Lichtleiterplatte **704** ausgebildet ist, wodurch weißes Licht im planaren Zustand abgegeben wird. Der Leuchtstoff kann entweder in der Streulichtplatte **706** enthalten sein, oder er kann in einer Platte durch Ausbreiten zusammen mit einem Binderharz über die Streulichtplatte **706** gebildet werden. Außerdem kann der Binder einschließlich des Leuchtstoffs punktförmig und nicht als Schicht direkt auf der Lichtleiterplatte **704** ausgebildet werden.

(Anwendung)

(Anzeigevorrichtung)

[0139] Nun soll eine Anzeigevorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung nachfolgend beschrieben werden. **Fig. 10** ist ein Blockschaltbild, das die Konfiguration der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung zeigt. Wie in **Fig. 10** dargestellt, enthält die Anzeigevorrichtung eine LED-Anzeigeeinheit **601** und einen Ansteuerkreis **610**, welcher einen Treiber **602**, einen Videodatenpeicher **603** und eine Farbton-Steuervorrichtung **604** umfaßt. Die LED-Anzeigevorrichtung **601**, die die in **Fig. 1** oder **Fig. 2** dargestellten und in Matrixkonfiguration in einem Gehäuse **504** angeordneten weißen Licht emittierenden Dioden **501** enthält wie dies in **Fig. 11** dargestellt ist, wird als eine monochromatische LED-Anzeigevorrichtung verwendet. Das Gehäuse **504** ist mit einem lichtundurchlässigen Material **505** versehen, das rundum angeordnet ist.

[0140] Der Ansteuerkreis **610** enthält einen Videodatenpeicher (RAM) **603** zum zeitweiligen Speichern der eingegebenen Anzeigedaten, eine Farbtonsteuerung **604**, die die Farbtonsignale zur Steuerung der einzelnen lichtemittierenden Dioden der LED-Anzeigevorrichtung **601** berechnen und ausgeben, damit diese entspre-

chend der spezifizierten Helligkeit gemäß den Daten vom RAM **603** leuchten, und den Treiber **602**, der durch Signale geschaltet wird, die von der Farbtonsteuerung **604** bereitgestellt werden, um die lichtemittierenden Dioden zum Leuchten zu bringen. Der Farbton-Steuerkreis **604** erhält Daten vom RAM **603** und berechnet die Leuchtdauer der lichtemittierenden Dioden der LED-Anzeigevorrichtung **601**, dann gibt er Signalimpulse an die LED-Anzeigevorrichtung **601** zum Ein- und Ausschalten der lichtemittierenden Dioden. In der Anzeigevorrichtung, die den oben beschriebenen Aufbau hat, ist die LED-Anzeigevorrichtung **601** in der Lage, Bilder gemäß den Signalimpulsen darzustellen, die vom Treiberkreis eingegeben werden, und hat daher die folgenden Vorteile.

[0141] Die LED-Anzeigevorrichtung, deren Anzeige unter Benutzung von lichtemittierenden Dioden der drei Farben RGB mit weißem Licht erfolgt, ist für die Anzeige erforderlich, da sie die Ausgangsleistung der Lichtemission der R, G und B lichtemittierenden Dioden steuert und muß dementsprechend die lichtemittierenden Dioden unter Berücksichtigung der Emissionsintensität, die Temperaturkenndaten und weiterer Faktoren der lichtemittierenden Dioden steuern, was zu einer komplizierten Konfiguration des Ansteuerkreises führt, der die LED-Anzeigevorrichtung ansteuert. Weil die LED-Anzeigevorrichtung **601** dadurch gebildet wird, daß lichtemittierende Dioden **501** der vorliegenden Erfindung verwendet werden, die weißes Licht ohne die Benutzung von drei Arten von lichtemittierenden Dioden, nämlich RGB, auszusenden vermögen, ist es bei der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung jedoch nicht erforderlich, daß der Ansteuerkreis individuell die R, G und B lichtemittierenden Dioden ansteuert, wodurch es möglich wird, die Konfiguration des Ansteuerkreises einfacher zu gestalten und die Anzeigevorrichtung zu niedrigen Kosten herzustellen.

[0142] Bei einer LED-Anzeigevorrichtung, die unter Verwendung von lichtemittierenden Dioden dreierlei Art, nämlich RGB, mit weißem Licht anzeigt, müssen die drei lichtemittierenden Dioden gleichzeitig beleuchtet werden, und das Licht von den lichtemittierenden Dioden muß gemischt werden, um durch Kombination der drei lichtemittierenden Dioden RGB für jedes Bildelement weißes Licht zur Anzeige zu bringen, was zu einer großen Anzeigefläche für jedes Bildelement führt und es unmöglich macht, mit hoher Bildauflösung anzuzeigen. Die LED-Anzeigevorrichtung der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung kann dagegen mit weißem Licht anzeigen unter Benutzung einer einzelnen lichtemittierenden Diode und ist daher imstande, mit weißem Licht und hoher Bildauflösung anzuzeigen. Außerdem kann bei der LED-Anzeigevorrichtung, die durch Mischen der Farben der drei lichtemittierenden Dioden anzeigt, der Fall eintreten, daß sich die Anzeigefarbe ändert durch Verdecken einer oder mehrerer lichtemittierender Dioden RGB je nach dem Sichtwinkel, während bei der erfindungsgemäßen LED-Anzeigevorrichtung dieses Problem nicht besteht.

[0143] Wie oben beschrieben ist die mit der LED-Anzeigevorrichtung ausgestattete Anzeigevorrichtung, welche die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode benutzt, die weißes Licht auszusenden vermag, in der Lage, stabiles weißes Licht mit einer höherer Bildauflösung auszusenden, und hat den Vorteil einer geringeren Farbungleichheit. Die erfindungsgemäße LED-Anzeigevorrichtung, die imstande ist, mit weißem Licht anzuzeigen, verursacht auch eine geringere Reizung des Auges im Vergleich zur herkömmlichen LED-Anzeigevorrichtung, bei der nur die Farben Rot und Grün benutzt werden, und ist daher für den Einsatz über einen langen Zeitraum geeignet.

(Ausführungsform einer weiteren Anzeigevorrichtung unter Benutzung der erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode)

[0144] Die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode kann dazu benutzt werden, eine LED-Anzeigevorrichtung zu bilden, bei der ein Bildelement aus drei lichtemittierenden Dioden RGB und einer erfindungsgemäßen lichtemittierenden Diode gebildet wird, wie in **Fig. 12** dargestellt ist. Durch Verbinden der LED-Anzeigevorrichtung und eines speziellen Ansteuerkreises kann eine Anzeigevorrichtung hergestellt werden, die imstande ist, verschiedene Bilder darzustellen. Der Ansteuerkreis dieser Anzeigevorrichtung hat – ähnlich dem Fall einer einfarbigen Anzeigevorrichtung – einen Videodaten Speicher (RAM) für das zeitweilige Speichern der eingegebenen Anzeigedaten, einen Farbton-Steuerkreis, der die im RAM gespeicherten Daten zur Berechnung von Farbtonsignalen für das Leuchten der lichtemittierenden Dioden mit einer speziellen Helligkeit aufbereitet, und einen Treiber, der durch das Ausgangssignal des Farbton-Steuerkreises geschaltet wird, um die lichtemittierenden Dioden zum Leuchten zu bringen. Der Ansteuerkreis wird ausschließlich für jede der lichtemittierenden Dioden RGB und die weißes Licht emittierende Diode benötigt. Der Farbton-Steuerkreis berechnet die Dauer des Leuchtens der lichtemittierenden Dioden auf Grund der im RAM gespeicherten Daten und gibt Signalimpulse zum Ein- und Ausschalten der lichtemittierenden Dioden ab. Wenn die Anzeige mit weißem Licht erfolgt, wird die Breite der Signalimpulse für das Leuchten der RGB Licht emittierenden Dioden verkürzt, oder der Spitzenwert des Signalimpulses wird verringert, oder es wird gar kein Signalimpuls abgegeben. Andererseits wird als Ausgleich ein Signalimpuls an die weißes Licht emittierende Diode gegeben. Dieser bewirkt, daß die LED-Anzeigevorrichtung mit weißem Licht anzeigt.

[0145] Wie weiter oben beschrieben wurde, kann die Helligkeit der Anzeige dadurch verbessert werden, daß man die weißes Licht emittierende Diode zu den RGB Licht emittierenden Dioden hinzufügt. Wenn die RGB

Licht emittierenden Dioden kombiniert werden, um weißes Licht anzuzeigen, können eine oder zwei der RGB-Farben verstärkt in Erscheinung treten, was zu einem Fehler in der Anzeige rein weißer Farbe führt, was vom Sichtwinkel abhängt. Ein solches Problem wird gelöst, indem man bei dieser Anzeigevorrichtung die weiße Licht emittierende Diode zufügt.

[0146] Für den Ansteuerkreis einer solchen Anzeigevorrichtung, wie sie oben beschrieben wurde, wird vorzugsweise ein CPU gesondert als Farbton-Steuerkreis vorgesehen, der den Signalimpuls berechnet, damit die weiße Licht emittierende Diode mit einer bestimmten Helligkeit leuchtet. Der Signalimpuls, der von dem Farbton-Steuerkreis abgegeben wird, gelangt auf den Treiber für die weiße Licht emittierende Diode, wodurch der Treiber geschaltet wird. Die weiße Licht emittierende Diode leuchtet, wenn der Treiber eingeschaltet ist, und erlischt, wenn der Treiber ausgeschaltet wird.

(Verkehrssignal)

[0147] Wenn die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode als Verkehrssignal benutzt wird, das eine Art von Anzeigevorrichtung ist, dann kann man solche Vorteile wie stabiles Leuchten über einen großen Zeitraum und keine Farbungleichmäßigkeit, selbst wenn einige der lichtemittierenden Dioden erlöschen, erzielen. Das Verkehrssignal, das die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode benutzt, hat eine solche Konfiguration, daß weiße Licht emittierende Dioden auf einem Substrat angeordnet sind, auf dem ein Leitungsmuster ausgebildet ist. Ein Stromkreis aus lichtemittierenden Dioden, bei dem solche lichtemittierenden Dioden in Reihe oder parallel geschaltet sind, wird als ganzer Satz von lichtemittierenden Dioden benutzt. Zwei oder mehr Sätze von lichtemittierenden Dioden werden benutzt, wobei bei jedem die lichtemittierenden Dioden spiralförmig angeordnet sind. Wenn man alle lichtemittierenden Dioden anordnet, dann erfolgt das kreisförmig über die Gesamtfläche. Nach dem Anschluß der Stromanschlußleitungen durch Löten für den Anschluß der lichtemittierenden Dioden und des Substrats an die externe Stromversorgung erfolgt die Halterung in einem Gehäuse eines Eisenbahn-Signals. Die LED-Anzeigevorrichtung wird in ein Aluguß-Gehäuse gebracht, das mit einem lichtundurchlässigen Teil ausgestattet und an der Oberfläche mit einem Silikongummi-Füllstoff abgedichtet ist. Das Gehäuse ist auf seiner Anzeigeebene mit einer Linse weißer Farbe versehen. Zur Abdichtung des Inneren des Gehäuses nach außen werden die elektrischen Anschlüsse der LED-Anzeigevorrichtung durch eine Gummidichtung auf der Rückseite des Gehäuses hindurchgeführt, wobei das Innere des Gehäuses geschlossen bleibt. Auf diese Weise wird ein Signal aus weißem Licht erzeugt. Ein Signal höherer Zuverlässigkeit kann dadurch hergestellt werden, daß man die erfindungsgemäßen lichtemittierenden Dioden in eine Vielzahl von Gruppen aufteilt und sie in Spiralform von einem Mittelpunkt nach außen hin anordnet, wobei sie parallel geschaltet werden. Die Konfiguration vom Mittelpunkt nach außen kann entweder kontinuierlich oder intermittierend sein. Daher kann eine gewünschte Anzahl von lichtemittierenden Dioden und eine gewünschte Anzahl von Sätzen von lichtemittierenden Dioden je nach der Anzeigefläche der LED-Anzeigevorrichtung gewählt werden. Selbst wenn einer der Sätze der lichtemittierenden Dioden oder ein Teil der lichtemittierenden Dioden durch irgendwelche Störungen ausfallen, ist dieses Signal dank der funktionstüchtig verbliebenen lichtemittierenden Dioden oder Sätze von lichtemittierenden Dioden imstande, gleichförmig in einer Kreiskonfiguration ohne Farbverschiebung zu leuchten. Weil die lichtemittierenden Dioden in Spiralform angeordnet sind, können sie in der Nähe des Mittelpunktes dichter angeordnet und so betrieben werden, daß kein anderer Eindruck entsteht als der eines mit Glühlampen betriebenen Signals.

(Beispiele)

[0148] Die folgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung ausführlich veranschaulichen, ohne ihren Umfang einzuzugrenzen.

(Beispiel 1)

[0149] Beispiel 1 stellt eine lichtemittierende Komponente mit einem Emissions-Peak bei 450 nm und einer Halbwertbreite von 30 nm bei Benutzung eines GaInN-Halbleiters bereit. Die erfindungsgemäße lichtemittierende Komponente wird gefertigt, indem man gasförmiges TMG (Trimethylgallium), gasförmiges TMI (Trimethylindium), Stickstoff und Dotiergas zusammen mit einem Trägergas auf ein gesäubertes Saphirsubstrat leitet und in einem MOCVD-Prozeß eine Halbleiterschicht aus einer Galliumnitridverbindung erzeugt. Ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ und ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ werden dadurch erzeugt, daß man zwischen  $\text{SiH}_4$  und  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  (bis(Zyclopentadienyl)Magnesium) als Dotiergas umschaltet. Das LED-Element des Beispiels 1 hat eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ ist, eine Hüllschicht, die ein Galliumnitrid-Aluminium-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, und eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, und zwischen der Kontaktschicht mit der n-Leitfähigkeit und der Hüllschicht mit der p-Leitfähigkeit ist

eine undotierte InGaN-Aktivierschicht, die eine Stärke von etwa 3 nm hat, ausgebildet, um die Struktur eines Einquantentopfes zu erzeugen. Das Saphirsubstrat hat eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht, die darauf bei niedriger Temperatur ausgebildet wurde, um eine Pufferschicht zu erzeugen. Der p-Halbleiter wird nach der Ausbildung des Films bei einer Temperatur von 400 °C oder darüber gegläht.

[0150] Nach dem Freilegen der Oberflächen der Halbleiterschichten vom p-Typ und vom n-Typ durch Ätzen werden die n- und die p-Elektroden durch Sputtern ausgebildet. Nach dem Anreißen des Halbleiter-Wafers, der wie oben beschrieben hergestellt wurde, fertigt man die lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafers durch äußere Kräfte.

[0151] Die nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestellte lichtemittierende Komponente wird in eine Kugelschale eines aus silberplattiertem Stahl gefertigten Befestigungsanschlusses durch Press-Bonden mit Epoxyharz befestigt. Dann werden die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, des Befestigungsanschlusses und des inneren Anschlusses durch Draht-Bonden mit Golddrähten von 30 µm Durchmesser elektrisch angeschlossen, um eine lichtemittierende Diode vom Anschlußleitertyp herzustellen.

[0152] Ein Leuchtstoff wird durch Lösen von den Seltenen Erden Y, Gd und Ce in stöchiometrischen Anteilen in einer Säure und durch Mitfällen der Lösung mit Oxalsäure hergestellt. Die durch Glühen dieses Materials erhaltenen Oxide des Mitfallniederschlags werden mit Aluminiumoxid gemischt, um dadurch das Materialgemisch zu erhalten. Das Gemisch wurde dann mit Ammoniumfluorid, das als Flußmittel benutzt wird, gemischt und 3 Stunden lang in einem Schmelztiegel bei 1400 °C in Luft gebrannt. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle mit Wasser gemahlen, gewaschen, abgeschieden, getrocknet und gesiebt, wodurch man das gewünschte Material erhält. Der wie oben beschrieben hergestellte Leuchtstoff ist ein Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird, wobei etwa 20 % des Yttrium durch Gd substituiert ist und das Substitutionsverhältnis von Ce 0,03 beträgt.

[0153] 80 Gewichtsteile des Fluoreszenzmaterials mit der Zusammensetzung  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ , das nach dem obigen Verfahren hergestellt wurde, und 100 Gewichtsteile Epoxyharz werden ausreichend gemischt, so daß sich eine Aufschlammung ergibt. Die Aufschlammung wird in die Kugelschale auf dem Befestigungsanschluß gegossen, auf dem die lichtemittierende Komponente montiert ist. Nach dem Vergießen läßt man die Aufschlammung eine Stunde lang bei 130 °C aushärten. Dadurch wird ein Überzug, der den Leuchtstoff enthält, mit einer Stärke von 120 µm auf der lichtemittierenden Komponente gebildet. Im Beispiel 1 wird der Überzug so ausgebildet, daß er den Leuchtstoff in einer zur lichtemittierenden Komponente hin allmählich zunehmenden Konzentration enthält. Die Bestrahlungsintensität beträgt etwa 3,5 W/cm<sup>2</sup>. Die lichtemittierende Komponente und der Leuchtstoff werden zum Schutz gegen äußere Beanspruchung, Feuchtigkeit und Staub mit lichtdurchlässigem Epoxyharz vergossen. Darauf bringt man einen Leitrahmen mit der Überzugsschicht aus dem Leuchtstoff in eine patronenförmige Form ein, und mischt lichtdurchlässiges Epoxyharz zu. Darauf folgt eine 5 stündige Aushärtung bei 150 °C.

[0154] Bei der visuellen Betrachtung der nach obiger Beschreibung hergestellten lichtemittierenden Diode in der zur lichtemittierenden Ebene normalen Richtung fand man, daß der mittlere Teil in einer gelblichen Farbe erschien, was auf die Körperfarbe des Leuchtstoffs zurückzuführen war.

[0155] Messungen des Farbwertpunktes, der Farbtemperatur und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Diode, die nach obiger Beschreibung hergestellt worden war und weißes Licht auszusenden vermag, ergaben Werte (0,302; 0,280) für den Farbwertpunkt (x; y), eine Farbtemperatur von 8080 K und 87,5 für die Farbwiedergabezahl (Ra), Werte also, die den Kenndaten einer Leuchtstofflampe in Dreiwellenform nahekommen. Der Lichtemissionswirkungsgrad betrug 9,5 lm/W, ein Wert, der auch mit dem einer Glühlampe vergleichbar ist. Außerdem wurde in Lebensdauerversuchen unter einer Erregung mit 60 mA bei 25 °C, 20 mA bei 25 °C und 20 mA bei 60 °C bei 90 % relativer Luftfeuchtigkeit keine Änderung beobachtet, die auf das Fluoreszenzmaterial zurückzuführen wäre, was zeigt, daß die lichtemittierende Diode keine Abweichung in der Betriebslebensdauer von der herkömmlichen blauen Licht emittierenden Diode zeigte.

#### (Vergleichsbeispiel 1)

[0156] Die Herstellung einer lichtemittierenden Diode und die Lebensdauerversuche mit ihr wurden in derselben Art und Weise wie beim Beispiel 1 durchgeführt, allerdings wurde der Leuchtstoff  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  gegen (ZnCd)S:Cu, Al ausgetauscht. Die damit gebildete lichtemittierende Diode zeigte unmittelbar nach der Erregung Emission von weißem Licht, allerdings mit geringer Leuchtdichte. In einem Lebensdauerversuch sank die Leistungsabgabe innerhalb von etwa 100 Stunden auf Null. Die Analyse der Ursache für die Abnahme der Leistungsdaten ergab, daß das Fluoreszenzmaterial schwarz geworden war.

[0157] Diese Störung ist vermutlich dadurch verursacht worden, daß das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendete Licht und Feuchtigkeit, die das Fluoreszenzmaterial aufgenommen hat oder die von außen eingedrungen ist, zur Photolyse führten, wodurch sich kolloides Zink auf der Oberfläche des Fluoreszenzmaterials abgeschieden hat, was zu der geschwärzten Oberfläche führte. Die Ergebnisse von Lebensdauerversuchen mit einer Erregung von 20 mA bei 25 °C und 20 mA bei 60 °C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit

von 90 % sind zusammen mit den Ergebnissen von Beispiel 1 in **Fig. 13** dargestellt. Die Leuchtdichte ist als Relativwert mit Bezug auf den Anfangswert dargestellt. Eine durchgehende Linie bezieht sich auf das Beispiel 1, während die gestrichelte Linie für das Vergleichsbeispiel 1 in **Fig. 13** gilt.

## (Beispiel 2)

[0158] In Beispiel 2 wurde eine lichtemittierende Komponente in derselben Art und Weise wie in Beispiel 1 hergestellt, allerdings mit dem Unterschied, daß der Gehalt an In im Nitridverbindungs Halbleiter der lichtemittierenden Komponente erhöht wurde, so daß der Emissions-Peak bei 460 nm zu liegen kam, und daß man den Gehalt an Gd im Leuchtstoff gegenüber dem im Beispiel 1 erhöhte, so daß er die Zusammensetzung  $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$  bekam.

[0159] Messungen des Farbwertpunktes, der Farbtemperatur und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Diode, die nach obiger Beschreibung hergestellt worden war und weißes Licht auszusenden vermag, ergaben Werte von (0,375; 0,370) für den Farbwertpunkt (x; y), eine Farbtemperatur von 4400 K und 86,0 für die Farbwiedergabezahl (Ra). **Fig. 18A**, **Fig. 18B** und **Fig. 18C** zeigen die Emissionsspektren des Leuchtstoffs, der lichtemittierenden Komponente bzw. der lichtemittierenden Diode des Beispiels 2.

[0160] 100 Stück der lichtemittierenden Dioden von Beispiel 2 wurden gefertigt, und von diesen wurde die durchschnittliche Leuchtkraft nach einer Leuchtzeit von 1000 Stunden ermittelt. Bezogen auf den Wert der Leuchtkraft, der vor dem Lebensdauer-versuch gemessen wurde, betrug die durchschnittliche Leuchtkraft nach dem Lebensdauer-versuch 98,8 %, was beweist, daß in den Kenn-daten keine Änderung vorliegt.

## (Beispiel 3)

[0161] 100 lichtemittierende Dioden wurden in derselben Art und Weise wie in Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, daß man Sm zusätzlich zu den Seltenen Erden Y, Gd und Ce im Leuchtstoff zufügte, um ein Fluoreszenzmaterial mit der Zusammensetzung  $(Y_{0,39}Gd_{0,57}Ce_{0,03}Sm_{0,01})_3Al_5O_{12}$  zu erhalten. Als man die lichtemittierenden Dioden bei einer hohen Temperatur von 130°C leuchten ließ, wurden um etwa 8 % bessere Durchschnitts-Temperaturkenn-daten als in Beispiel 1 erhalten.

## (Beispiel 4)

[0162] Die LED-Anzeigevorrichtung des Beispiels 4 besteht aus den lichtemittierenden Dioden des Beispiels 1, die in einer 16x16-Matrix auf einem Keramik-Substrat angeordnet sind, auf dem ein Kupfermuster gebildet wurde, wie dies in **Fig. 11** dargestellt ist. Bei der LED-Anzeigevorrichtung vom Beispiel 4 befindet sich das Substrat, auf dem die lichtemittierenden Dioden angeordnet sind, in einem Gehäuse **504**, das aus Phenolharz besteht und mit einem lichtundurchlässigen Bauteil **505**, das einen integralen Bestandteil darstellt, versehen ist. Das Gehäuse, die lichtemittierenden Dioden, das Substrat und ein Teil des lichtundurchlässigen Bauteils – mit Ausnahme der Spitzen der lichtemittierenden Dioden - sind mit Silikongummi **506**, der mit einem Farbstoff schwarz eingefärbt ist, bedeckt. Das Substrat und die lichtemittierenden Dioden werden mit Hilfe einer automatischen Lötvorrichtung angelötet.

[0163] Die in der oben beschriebenen Konfiguration hergestellte LED-Anzeigevorrichtung, ein die eingegebenen Anzeigedaten zeitweilig speichernder RAM, ein Farbton-Steuerkreis, der die im RAM gespeicherten Daten aufbereitet und die Farbtonsignale berechnet, damit die lichtemittierenden Dioden mit einer bestimmten Helligkeit leuchten, und Treibervorrichtungen, die durch das Ausgangssignal des Farbton-Steuerkreises geschaltet werden, damit die lichtemittierenden Dioden leuchten, werden elektrisch zu einer LED-Anzeigevorrichtung verschaltet. Durch das Ansteuern der LED-Anzeigevorrichtungen wurde nachgewiesen, daß die Apparatur als eine Schwarz-Weiß-LED-Anzeigevorrichtung benutzt werden kann.

## (Beispiel 5)

[0164] Die lichtemittierende Diode von Beispiel 5 wurde auf dieselbe Art und Weise wie in Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, daß man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 5 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenn-daten ausgemessen.

[0165] Die Messung des Farbwertpunktes ergab die durchschnittlichen Werte (0,450; 0,420) für den Farbwertpunkt (x; y), und es wurde Licht der Farbe einer Glühlampe ausgesendet. **Fig. 19A**, **Fig. 19B** und **Fig. 19C** zeigen die Emissionsspektren des Leuchtstoffs, der lichtemittierenden Komponente bzw. der lichtemittierenden Diode des Beispiels 5. Obgleich die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 5 eine um etwa 40 niedrigere Leuchtdichte zeigten als die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 1, wiesen sie im Lebensdauer-versuch eine gute Witterungsbeständigkeit auf, die mit der des Beispiels 1 vergleichbar ist.

## (Beispiel 6)

[0166] Die lichtemittierende Diode von Beispiel 6 wurde auf dieselbe Art und Weise wie in Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, daß man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 6 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0167] Gemäß der Messung des Farbwertpunktes wurde im Vergleich zu Beispiel 1 weißes Licht mit leicht gelb-grünem Einschlag ausgesendet. Die lichtemittierende Diode des Beispiels 6 zeigte im Lebensdauer-versuch eine gute Witterungsbeständigkeit ähnlich der des Beispiels 1. **Fig. 20A**, **Fig. 20B** und **Fig. 20C** zeigen die Emissionsspektren des Leuchtstoffs, der lichtemittierenden Komponente bzw. der lichtemittierenden Diode des Beispiels 6.

## (Beispiel 7)

[0168] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 7 wurde auf dieselbe Art und Weise wie in Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, daß man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel  $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})O_{12}:Ce$  dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 7 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0169] Obwohl die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 7 eine geringe Leuchtdichte aufwiesen und ein grünlich-weißes Licht aussendeten, zeigten sie im Lebensdauer-versuch eine gute Witterungsbeständigkeit ähnlich der vom Beispiel 1. Die **Fig. 21A**, **Fig. 21B** und **Fig. 21C** zeigen die Emissionsspektren des Leuchtstoffs, der lichtemittierenden Komponente bzw. der lichtemittierenden Diode des Beispiels 7.

## (Beispiel 8)

[0170] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 8 wurde auf dieselbe Art und Weise wie in Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, daß man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel  $Gd_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})O_{12}:Ce$  dargestellt wird, in welchem kein Y enthalten ist. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 8 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0171] Obwohl die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 8 eine geringe Leuchtdichte aufwiesen, zeigten sie im Lebensdauer-versuch eine gute Witterungsbeständigkeit ähnlich der vom Beispiel 1.

## (Beispiel 9)

[0172] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 9 ist eine planare lichtemittierende Vorrichtung mit der in **Fig. 7** dargestellten Konfiguration.

[0173] Als lichtemittierende Komponente wird ein  $In_{0,05}Ga_{0,95}N$ -Halbleiter mit einem Emissions-Peak bei 450 nm benutzt. Die lichtemittierenden Komponenten werden dadurch hergestellt, daß man gasförmiges TMG (Trimethylgallium), gasförmiges TMI (Trimethylindium), Stickstoff und Dotiergas zusammen mit einem Trägergas auf ein gesäubertes Saphirsubstrat leitet und in einem MOCVD-Prozeß eine Halbleiterschicht aus einer Galliumnitridverbindung erzeugt. Eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ und eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ werden dadurch erzeugt, daß man zwischen  $SiH_4$  und  $Cp_2Mg$  (bis(Zyclopentadienyl)Magnesium) als Dotiergas umschaltet und dabei einen pn-Übergang erzeugt. Für die lichtemittierende Halbleiterkomponente werden eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ ist, eine Hüllschicht, die ein Galliumnitrid-Aluminium-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ ist, eine Hüllschicht, die ein Galliumnitrid-Aluminium-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, und eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, gebildet. Eine Aktivierungsschicht aus Zn-dotiertem  $InGaN$ , die einen doppelt heterogenen Übergang schafft, wird zwischen der Hüllschicht mit der n-Leitfähigkeit und der Hüllschicht mit der p-Leitfähigkeit gebildet. Auf dem Saphirsubstrat wird eine Pufferschicht vorgesehen, indem eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht bei niedriger Temperatur erzeugt wird. Die Nitrid-Halbleiterschicht vom p-Typ wird nach der Ausbildung des Films bei einer Temperatur von 400 °C oder höher gegläht.

[0174] Nach der Ausbildung der Halbleiterschichten und dem Freilegen der Oberflächen der Halbleiterschichten vom p-Typ und vom n-Typ durch Ätzen werden die Elektroden durch Sputtern ausgebildet. Nach dem Anreißen des wie oben beschrieben hergestellten Halbleiter-Wafers erfolgt die Fertigung der lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafers durch äußere Kräfte.

[0175] Die lichtemittierende Komponente wird auf einem Befestigungsanschluß, der eine Kugelschale an der Spitze eines aus silberplattiertem Kupfer bestehenden Leitrahmens aufweist, durch Press-Bonding mit Epoxyharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der Befestigungsanschluß und der innere Anschluß werden durch Draht-Bonding mit Golddrähten von 30 µm Durchmesser elektrisch angeschlossen.

[0176] Der Leitungsrahmen mit der darauf angebrachten lichtemittierenden Komponente wird in eine patronenförmige Form eingebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxyharz zum Gießen versiegelt. Danach folgt eine 5 stündige Aushärtungszeit bei 150 °C um eine blaues Licht aussendende Diode zu erhalten. Die blaues Licht aussendende Diode wird mit einer Stirnfläche einer an allen Stirnflächen polierten Akryl-Lichtleiterplatte verbunden. Auf eine Oberfläche und eine Seitenfläche der Akrylplatte bringt man im Siebdruckverfahren Bariumtitanat auf, das in einem Akrylbindemittel als Reflektor weißer Farbe dispergiert ist, und läßt es aushärten.

[0177] Leuchtstoffe der Farben Grün und Rot werden durch Lösen von den Seltenen Erden Y, Gd, Ce und La in stöchiometrischen Anteilen in einer Säure und durch Mitfällen der Lösung mit Oxalsäure hergestellt. Die durch Glühen dieses Material erhaltenen Oxide des Mitfällniederschlags werden mit Aluminiumoxid und Galliumoxid gemischt, wobei die jeweiligen Materialgemische erhalten werden. Das Gemisch wird dann mit Ammoniumfluorid, das als Flußmittel benutzt wird, gemischt und in einem Schmelztiegel bei 1400 °C in Luft 3 Stunden lang gebrannt. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle mit Wasser gemahlen, gewaschen, abgeschieden, getrocknet und gesiebt, um dadurch das gewünschte Material zu erhalten.

[0178] 120 Gewichtsteile des ersten Fluoreszenzmaterials, das die Zusammensetzung  $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,4})_5O_{12}:Ce$  hat, grünes Licht auszusenden vermag und nach dem obigen Verfahren hergestellt wurde, und 100 Gewichtsteile des zweiten Fluoreszenzmaterials, das die Zusammensetzung  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  hat, rotes Licht auszusenden vermag und nach einem Verfahren hergestellt wurde, das dem für das erste Fluoreszenzmaterial ähnlich ist, werden mit 100 Gewichtsanteilen Epoxyharz ausreichend gemischt, so daß sich eine Aufschlammung ergibt. Die Aufschlammung wird mittels einer Mehrschicht-Auftragvorrichtung auf eine Akrylschicht mit einer Stärke von 0,5 mm gebracht und trocknen gelassen, damit eine Schicht aus Fluoreszenzmaterial entsteht, die als Farbwandlermaterial mit einer Stärke von etwa 30 µm benutzt werden kann. Die Schicht aus Fluoreszenzmaterial wird gleich groß geschnitten wie die lichtemittierende Hauptebene der Lichtleitplatte und auf der Lichtleitplatte angeordnet, um damit die planare lichtemittierende Vorrichtung zu bilden. Messungen des Farbwertpunktes und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Vorrichtung ergaben Werte von (0,29; 0,34) für den Farbwertpunkt (x; y) und 92,0 für die Farbwiedergabezahl (Ra), Werte also, die den Eigenschaften einer Leuchtstofflampe in Dreiwellenform nahekommen. Es wurde ein Lichtemissionswirkungsgrad von 12 lm/W, der mit dem einer Glühlampe vergleichbar ist, erhalten. Außerdem wurde in Versuchen auf Witterungsbeständigkeit bei einer Anregung mit einem Strom von 60 mA bei Zimmertemperatur, 20 mA bei Zimmertemperatur und 20 mA bei 60 °C und bei 90 relativer Luftfeuchtigkeit keine Änderung beobachtet, die auf das Fluoreszenzmaterial zurückzuführen gewesen wäre.

#### (Vergleichsbeispiel 2)

[0179] Eine lichtemittierende Diode wurde in derselben Art und Weise hergestellt und auf ihre Witterungsbeständigkeit untersucht wie in Beispiel 9, allerdings mit dem Unterschied, daß man an Stelle des ersten Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $Y_3(Al_{0,6}Ga_{0,4})_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und grünes Licht auszusenden vermag, und des zweiten Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und rotes Licht aussenden kann, dieselben Mengen eines grünen organischen fluoreszenten Farbstoffs (FA-001 von Synleuch Chemisch) und eines roten organischen fluoreszenten Farbstoffs (FA-005 von Synleuch Chemisch), bei denen es sich um Perylen-Derivate handelt, mischte. Die Farbwertkoordinaten der gemäß Vergleichsbeispiel 1 erzeugten lichtemittierenden Diode ergaben (x; y) = (0,34; 0,35). Die Prüfung auf Witterungsbeständigkeit erfolgte durch Bestrahlung mit durch einen Kohlelichtbogen erzeugtem ultravioletten Licht über einen Zeitraum von 200 Stunden, was der Bestrahlung mit Sonnenlicht über einen Zeitraum von einem Jahr äquivalent ist. Dabei maß man das Verhältnis von Lumineszenzbeständigkeit und Farbton zu verschiedenen Zeiten des Versuchszeitraums. In einer Zuverlässigkeitsprüfung wurde die lichtemittierende Komponente erregt, um Licht bei einer konstanten Temperatur von 70 °C auszusenden, wobei die Leuchtdichte und der Farbton zu verschiedenen Zeiten gemessen wurden. Die Ergebnisse sind in **Fig. 14** und **Fig. 15** zusammen mit denen von Beispiel 9 dargestellt. Wie aus den **Fig. 14** und **15** ersichtlich ist, liegt bei der lichtemittierenden Komponente des Beispiels 9 eine geringere Verschlechterung als beim Vergleichsbeispiel 2 vor.

#### (Beispiel 10)

[0180] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 10 ist eine lichtemittierende Diode vom Anschlußtyp.

[0181] Bei der lichtemittierenden Diode des Beispiels 10 wird die lichtemittierende Komponente verwendet, die eine lichtemittierende Schicht aus  $In_{0,05}Ga_{0,95}N$  mit einem Emissions-Peak bei 450 nm aufweist und die man in derselben Weise hergestellt hat, wie die des Beispiels 9. Die lichtemittierende Komponente wird in der Kugelschale, die sich an der Spitze eines Befestigungsanschlusses aus silberplattiertem Kupfer befindet, durch Press-Bonden mit Epoxyharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der Befestigungsanschluß und der innere Anschluß wurden durch Draht-Bonden über Golddrähte elektrisch angeschlos-

sen.

[0182] Den Leuchtstoff erzeugt man durch Mischen eines ersten Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und grünes Licht auszusenden vermag, und eines zweiten Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und rotes Licht aussenden kann, die wie folgt hergestellt werden. Man löst die Seltenen Erden Y, Gd und Ce in ihren stöchiometrischen Anteilen in Säure und verwendet Oxalsäure zum Mitfällen der Lösung. Die Oxide des erhaltenen Mitfällniederschlags, die man durch das Glühen erhält, werden mit Aluminiumoxid und Galliumoxid gemischt, um dadurch die entsprechenden Mischungsmaterialien zu erhalten. Das Gemisch mischt man mit Ammoniumfluorid als Flußmittel und brennt es in einem Schmelztiegel 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 1400 °C in Luft. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle mit Wasser gemahlen, gewaschen, abgeschieden, getrocknet und gesiebt, um dadurch das erste und zweite Fluoreszenzmaterial mit der spezifischen Teilchenverteilung zu erhalten.

[0183] 40 Gewichtsteile des ersten Fluoreszenzmaterials, 40 Gewichtsteile des zweiten Fluoreszenzmaterials und 100 Gewichtsteile Epoxyharz werden ausreichend gemischt, so daß sich eine Aufschlämmung ergibt. Die Aufschlämmung gießt man in die auf dem Befestigungsanschluß angebrachte Kugelschale, in der sich die lichtemittierende Komponente befindet. Dann läßt man das Harz einschließlich des Leuchtstoffs eine Stunde lang bei 130 °C aushärten. Dadurch wird auf der lichtemittierenden Komponente eine den Leuchtstoff enthaltende Überzugsschicht mit einer Stärke von 120 µm gebildet. Die Konzentration des Leuchtstoffs in der Überzugsschicht erhöht man allmählich in Richtung auf die lichtemittierende Komponente. Außerdem werden die lichtemittierende Komponente und der Leuchtstoff durch Vergießen mit lichtdurchlässigem Epoxyharz versiegelt, um sie gegen äußere Belastung, Feuchtigkeit und Staub zu schützen. Ein Leiterrahmen mit einer darauf gebildeten Überzugsschicht aus Leuchtstoff wird in eine patronenförmige Form eingebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxyharz gemischt und dann einer 5-stündigen Aushärtung bei 150 °C überlassen. Bei visueller Beobachtung der wie oben beschrieben erzeugten lichtemittierenden Diode in normaler Richtung zur lichtemittierenden Ebene zeigte sich, daß der mittlere Teil eine gelbliche Farbe annahm, die auf die Körperfarbe des Leuchtstoffs zurückzuführen ist.

[0184] Messungen des Farbwertpunktes, der Farbtemperatur und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Diode des Beispiels 10, die wie oben beschrieben hergestellt wurde, ergaben Werte von (0,32; 0,34) für den Farbwertpunkt (x; y) und 89,0 für die Farbwiedergabezahl (Ra) und einen Lichtemissionswirkungsgrad von 10 lm/W. Außerdem wurde in Prüfungen auf Witterungsbeständigkeit bei einer Erregung mit einem Strom von 60 mA bei Zimmertemperatur, 20 mA bei Zimmertemperatur und 20 mA bei 60 °C bei 90 % relativer Luftfeuchtigkeit keine Änderung beobachtet, die auf den Leuchtstoff zurückzuführen wäre, was zeigt, daß kein Unterschied zu einer gewöhnlichen blauen Licht emittierende Diode im Verhalten während der Betriebslebensdauer besteht.

(Beispiel 11)

[0185] Ein  $In_{0,4}Ga_{0,6}N$ -Halbleiter mit einem Emissions-Peak bei 470 nm wird als LED-Element benutzt. Die lichtemittierenden Komponenten werden gefertigt, indem man gasförmiges TMG (Trimethylgallium), gasförmiges TMI (Trimethylindium), Stickstoff und Dotiergas zusammen mit einem Trägergas auf ein gesäubertes Saphirsubstrat leitet, um dadurch in einem MOCVD-Verfahren eine Halbleiterschicht aus einer Galliumnitridverbindung zu erzeugen. Eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ und eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ wurde dadurch erzeugt, daß man zwischen  $SiH_4$  und  $Cp_2Mg$  (bis(Zyclopentadienyl)Magnesium) als Dotiergas umschaltete, wodurch ein pn-Übergang erzeugt wurde. Für das LED-Element wurde eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ ist, eine Hüllschicht, die ein Galliumnitrid-Aluminium-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, und eine Kontaktschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, gebildet. Zwischen der Kontaktschicht mit der n-Leitfähigkeit und der Hüllschicht mit der p-Leitfähigkeit wird eine undotierte InGaN-Aktivierschicht einer Stärke von etwa 3 nm ausgebildet, um die Struktur eines Einquantentopfes zu erzeugen. Auf dem Saphirsubstrat wird eine Pufferschicht erzeugt, indem man eine Galliumnitrid-Halbleiterschicht bei niedriger Temperatur bildet.

[0186] Nach dem Bilden der Schichten und dem Freilegen der Oberflächen der Halbleiterschichten vom p-Typ und vom n-Typ durch Ätzen werden die Elektroden durch Sputtern ausgebildet. Nach dem Anreißen des Halbleiter-Wafers, der wie oben beschrieben hergestellt wurde, erfolgt die Herstellung der lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafers durch äußere Kräfte.

[0187] Die lichtemittierende Komponente wird in einer Kugelschale an der Spitze eines Befestigungsanschlusses aus silberplattiertem Kupfer durch Press-Bonding mit Epoxyharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der Befestigungsanschluß und der innere Anschluß werden durch Draht-Bonding über Golddrähte mit einem Durchmesser von 30 µm elektrisch angeschlossen.

[0188] Der Leiterrahmen mit der darauf angebrachten lichtemittierenden Komponente wird in eine patronen-



förmige Form eingebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxyharz zum Vergießen versiegelt und dann einer 5 stündigen Aushärtung bei 150 °C überlassen, um eine blaues Licht emittierende Diode zu ergeben. Die blaues Licht aussendende Diode wird mit einer Stirnfläche einer an allen Stirnflächen polierten Lichtleiterplatte aus Akryl verbunden. Auf einer Oberfläche und einer Seitenfläche der Akrylplatte bringt man im Siebdruckverfahren Bariumtitanat auf, das in einem Akrylbindemittel als Reflektor weißer Farbe dispergiert ist, und läßt es aushärten.

[0189] Den Leuchtstoff erzeugt man durch Mischen eines Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und gelbes Licht relativ kurzer Wellenlänge auszusenden vermag, und eines Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird und gelbes Licht relativ großer Wellenlänge aussenden kann, die wie folgt hergestellt werden. Man löst die Seltenen Erden Y, Gd und Ce in ihren stöchiometrischen Anteilen in Säure und benutzt Oxalsäure zum Mitfällen der Lösung. Die Oxide des erhaltenen Mitfällniederschlags, die man durch das Glühen erhält, werden mit Aluminiumoxid gemischt, um dadurch das entsprechende Mischungsmaterial zu erhalten. Das Gemisch mischt man mit Ammoniumfluorid als Flußmittel und brennt es in einem Schmelztiegel 3 Stunden lang bei einer Temperatur von 140 °C in Luft. Dann wird das gebrannte Material in einer Kugelmühle mit Wasser gemahlen, gewaschen, abgeschieden, getrocknet und gesiebt.

[0190] 100 Gewichtsteile des gelben Fluoreszenzmaterials mit der relativ kurzen Wellenlänge und 100 Gewichtsteile des gelben Fluoreszenzmaterials mit der relativ großen Wellenlänge, die man wie oben beschrieben herstellt, werden mit 1000 Gewichtsteilen Akrylharz ausreichend gemischt und stranggepresst, so daß sich ein Film aus Fluoreszenzmaterial ergibt, den man als Farbwandlermaterial von etwa 180 µm Stärke benutzen kann. Der Film aus Fluoreszenzmaterial wird gleich groß wie die Hauptemissionsebene der Lichtleiterplatte geschnitten und auf der Lichtleiterplatte angebracht, um dadurch eine lichtsussendende Vorrichtung zu erzeugen. Messungen des Farbwertpunktes und der Farbwiedergabezahl der lichtsussendenden Vorrichtung des Beispiels 3, die wie oben beschrieben hergestellt wurde, ergaben Werte (0,33; 0,34) für den Farbwertpunkt (x; y), 88,0 für die Farbwiedergabezahl (Ra) und einen Lichtemissionswirkungsgrad von 10 lm/W. **Fig. 22A, Fig. 22B** und **Fig. 22C** zeigen die Emissionsspektren des Fluoreszenzmaterials, das durch  $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird, und eines Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel  $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird, die im Beispiel 11 benutzt werden. **Fig. 23** zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 11. Außerdem wurde bei Lebensdaueruntersuchungen mit einer Erregung mit einem Strom von 60 mA bei Zimmertemperatur, 20 mA bei Zimmertemperatur und 20 mA bei 60 °C bei 90 % relativer Luftfeuchtigkeit keine Änderung beobachtet, die auf das Fluoreszenzmaterial zurückzuführen wäre. In ähnlicher Weise kann der gewünschte Farbwert beibehalten werden, selbst wenn sich die Wellenlänge der lichtemittierenden Komponente durch Verändern des Gehalts an Fluoreszenzmaterial verändert.

(Beispiel 12)

[0191] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 12 wurde in derselben Weise hergestellt wie die im Beispiel 1, jedoch mit dem Unterschied, daß man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel  $Y_3In_5O_{12}:Ce$  dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode von Beispiel 12 wurden hergestellt. Auch wenn die lichtemittierende Diode von Beispiel 12 eine niedrigere Leuchtdichte zeigte als die der lichtemittierenden Dioden von Beispiel 1, so wies sie doch im Lebensdaueruntersuchung eine gute Witterungsbeständigkeit auf, die mit der des Beispiels 1 vergleichbar war.

[0192] Wie weiter oben beschrieben, kann die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode Licht einer beliebigen Farbe aussenden und unterliegt einer geringeren Abnahme des Emissionswirkungsgrads und zeigt eine gute Witterungsbeständigkeit, selbst wenn sie über einen großen Zeitraum mit hoher Leuchtdichte verwendet wird. Daher ist die Anwendung der lichtemittierenden Diode nicht auf elektronische Geräte beschränkt, sondern kann neue Anwendungsgebiete eröffnen einschließlich der Anzeigen für Automobile, Flugzeuge, Bojen in Häfen und auf Flugplätzen sowie für den Außeneinsatz z.B. als Verkehrszeichen und als Beleuchtung für Schnellstraßen.

### Schutzansprüche

1. Lichtemittierende Vorrichtung, umfassend ein lichtemittierendes Bauteil mit einer aktiven Schicht aus einem Halbleiter und einen Leuchtstoff, der einen Teil des vom lichtemittierenden Bauteil ausgesandten Lichts absorbieren und Licht einer anderen Wellenlänge als der des absorbierten Lichts aussenden kann, wobei das lichtemittierende Bauteil eine LED ist, die eine aktive, einen Indiumhaltigen Halbleiter auf Galliumnitrid-Basis umfassende Schicht aufweist und in der Lage ist, blaues Licht zu emittieren, dessen Spektrum einen Wellenlängen-Peak im Bereich von 420 bis 490 nm hat, wobei der Leuchtstoff ein mit Cerium-aktiviertes Granat-fluoreszenzmaterial ist, das einen Teil des blauen Lichts absorbieren und dadurch Licht eines breiten Emissionsspektrums aussenden kann, das einen Wellen-

längen-Peak im Bereich von 510 bis 600 nm hat und im Bereich von 700 bis 750 nm ausläuft, und wobei das Emissionsspektrum des mit Cerium aktivierten Granatfluoreszenzmaterial und ein Spektrum von nichtabsorbiertem LED Licht, das das Granat-fluoreszenzmaterial durchdringt, einander so überlappen können, dass sie ein kontinuierliches kombiniertes Spektrum bilden.

2. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Licht des kombinierten Spektrums weiß ist.
3. Lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Farbtonpunkt des weißen Lichts entlang des im Farbtondiagramm gezeigten Schwarzkörperstrahlungsorts liegt.
4. Lichtemittierende Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Leuchtstoff zwei oder mehr Arten des mit Cerium aktivierten Granat-fluoreszenzmaterials umfasst.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

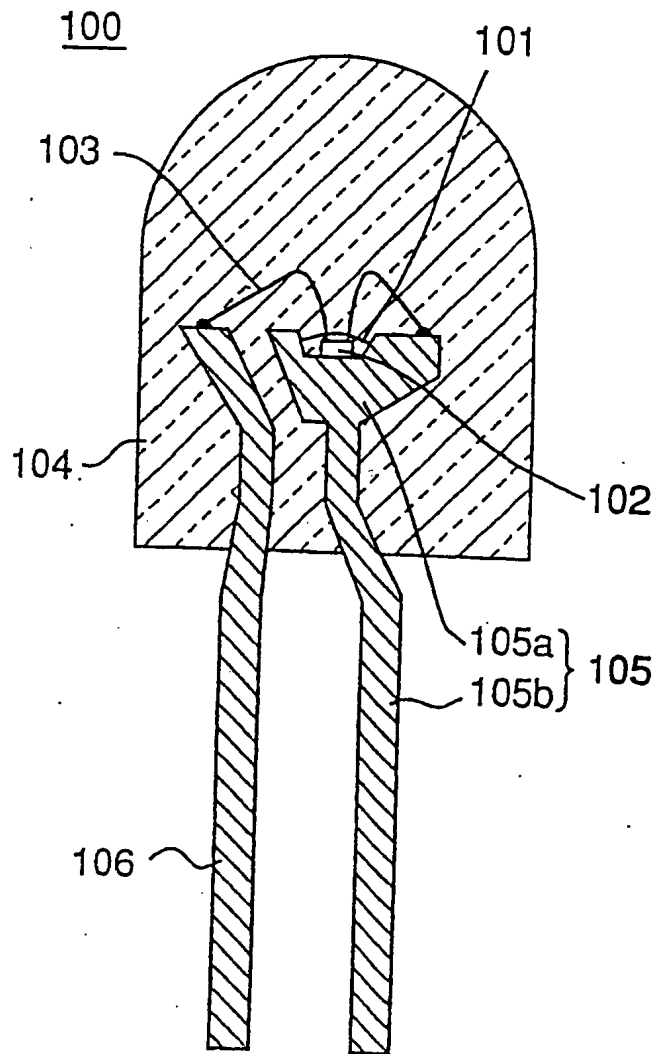


Fig. 2

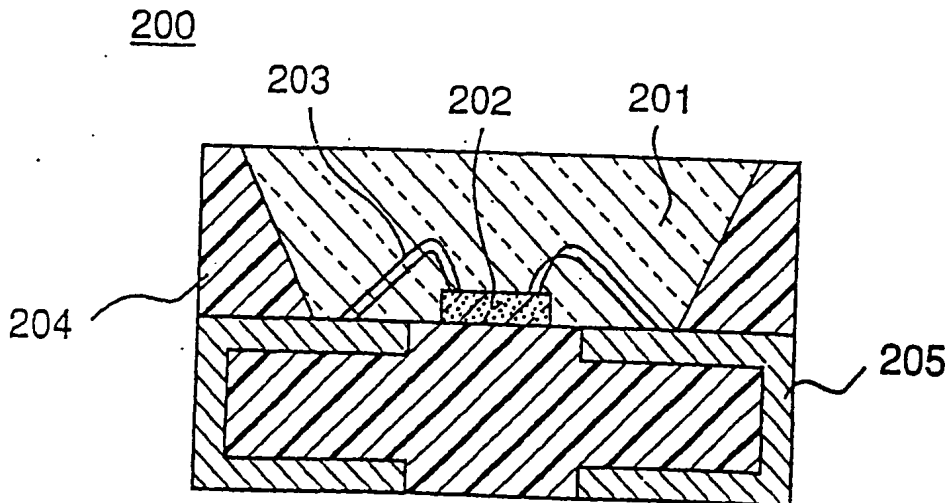


Fig.3A

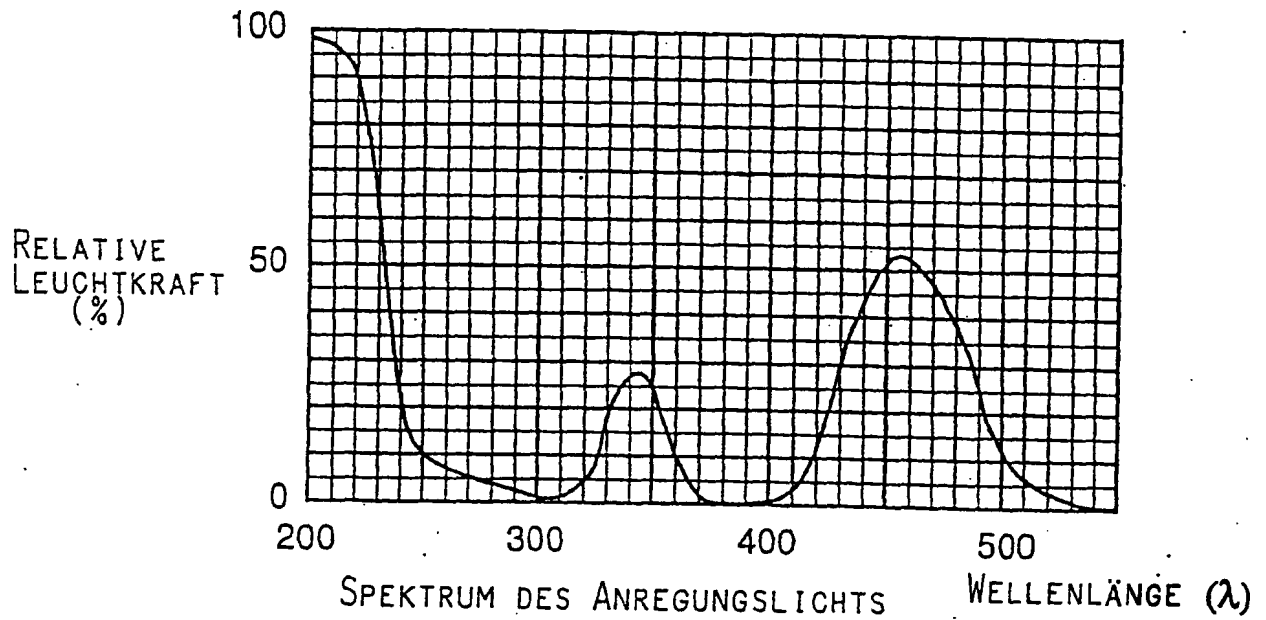


Fig.3B

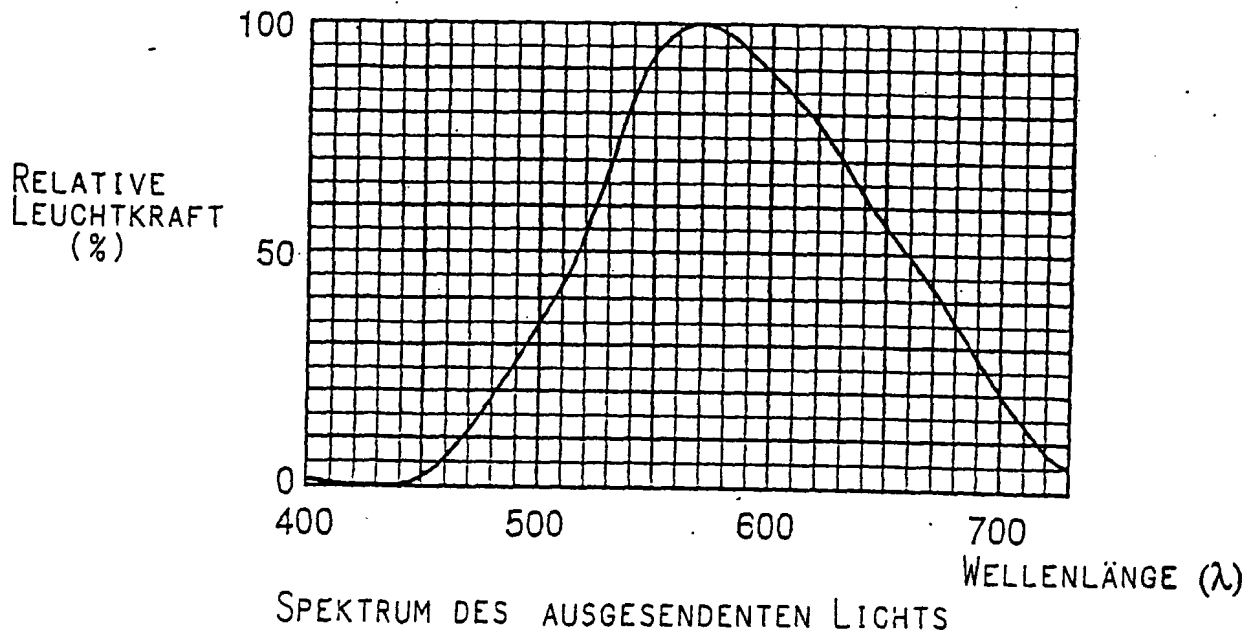


Fig. 4

EMISSIONSSPEKTRUM

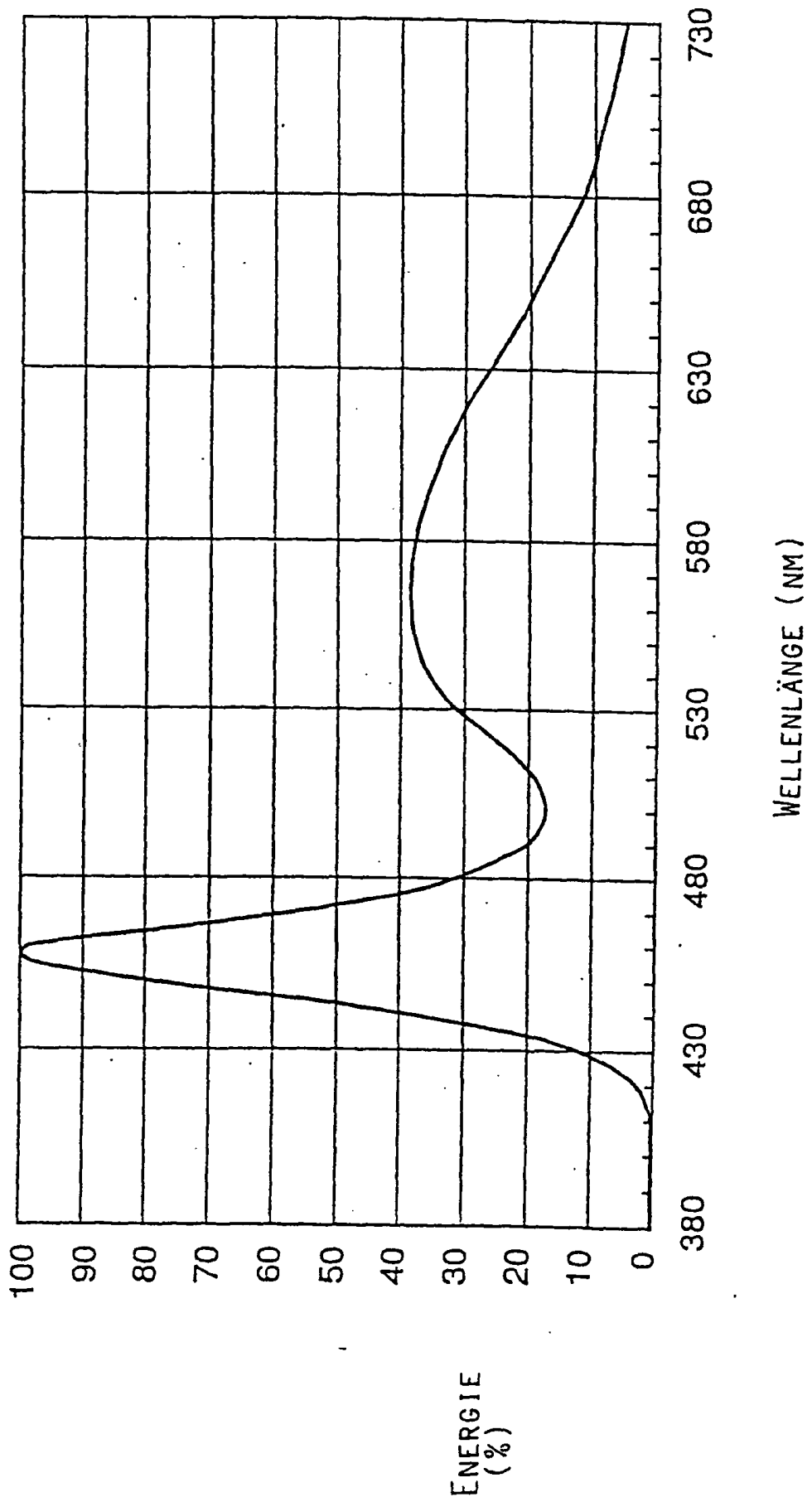


Fig.5A

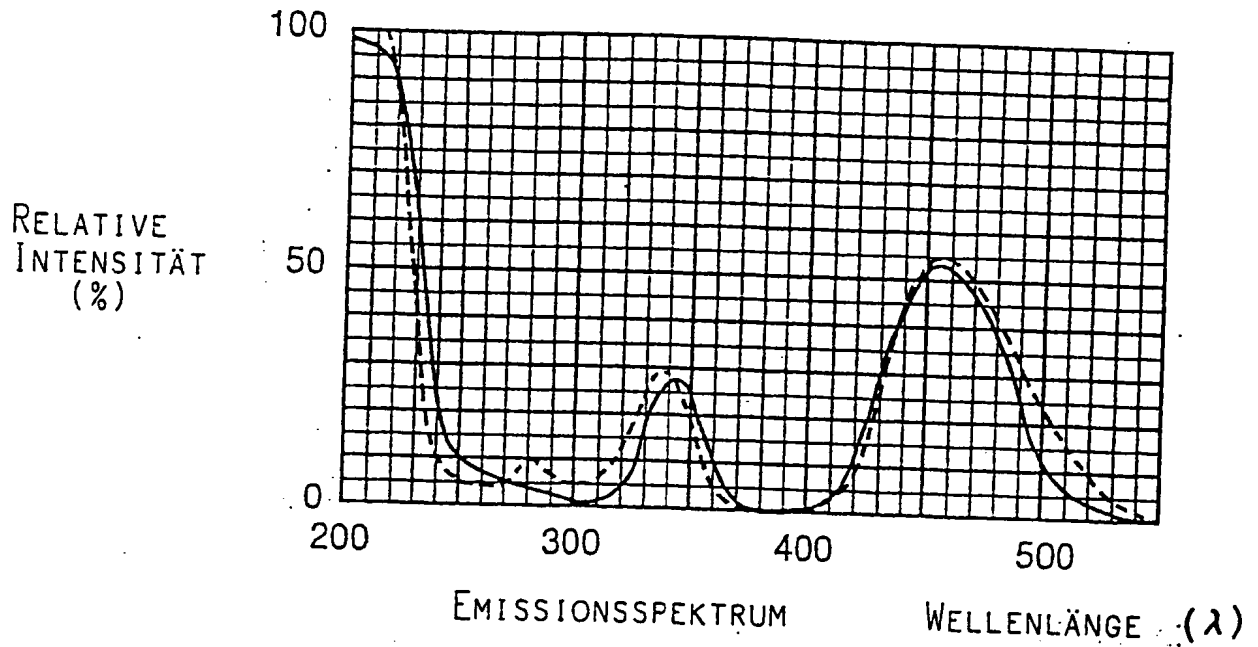


Fig.5B

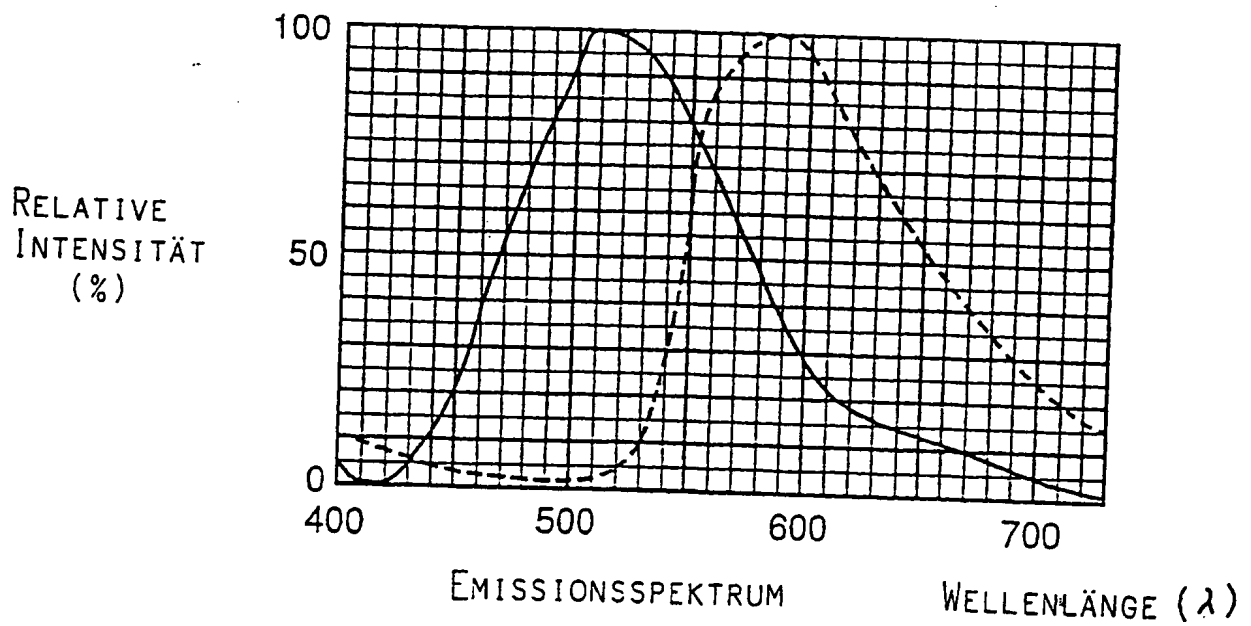
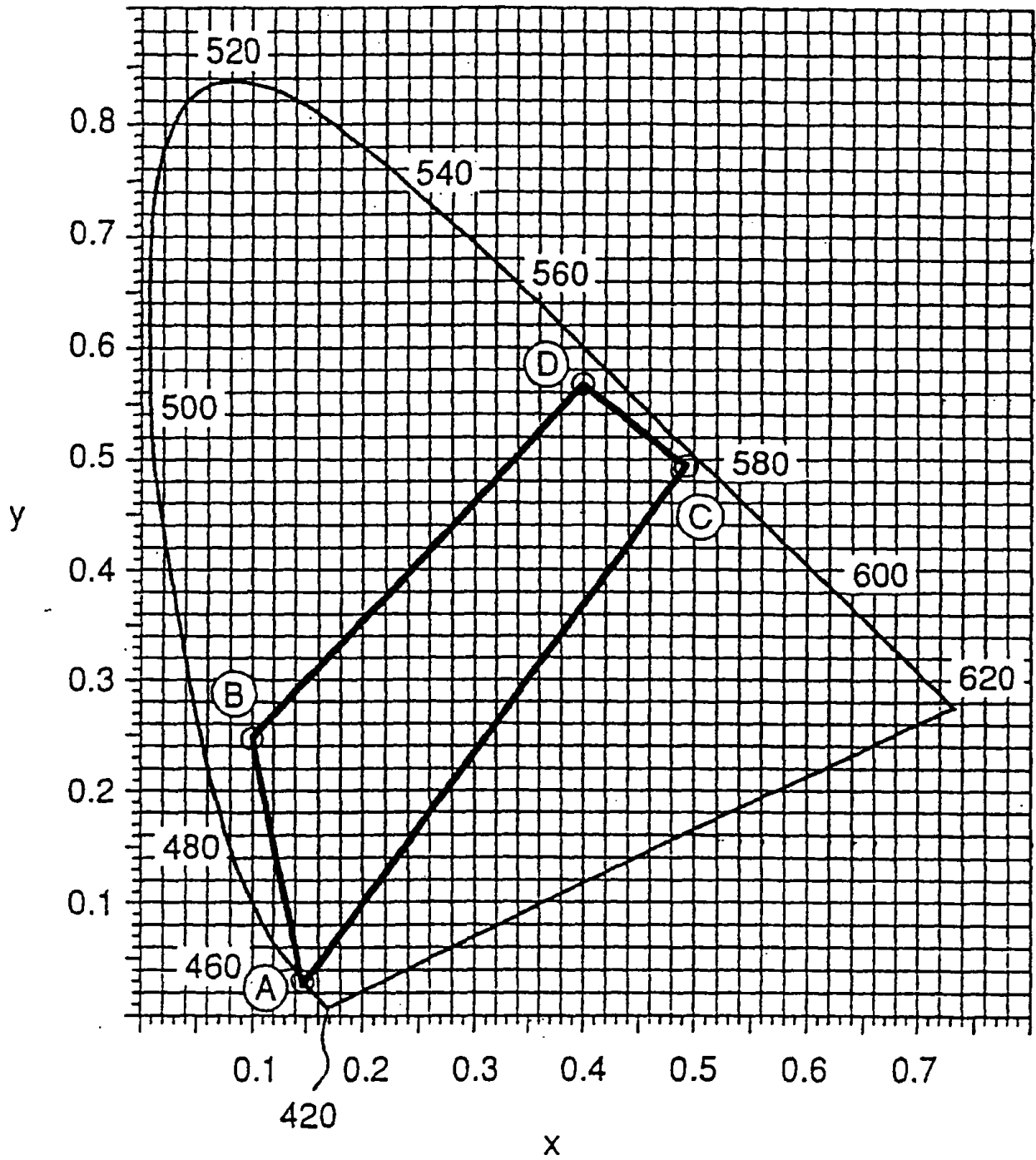


Fig. 6



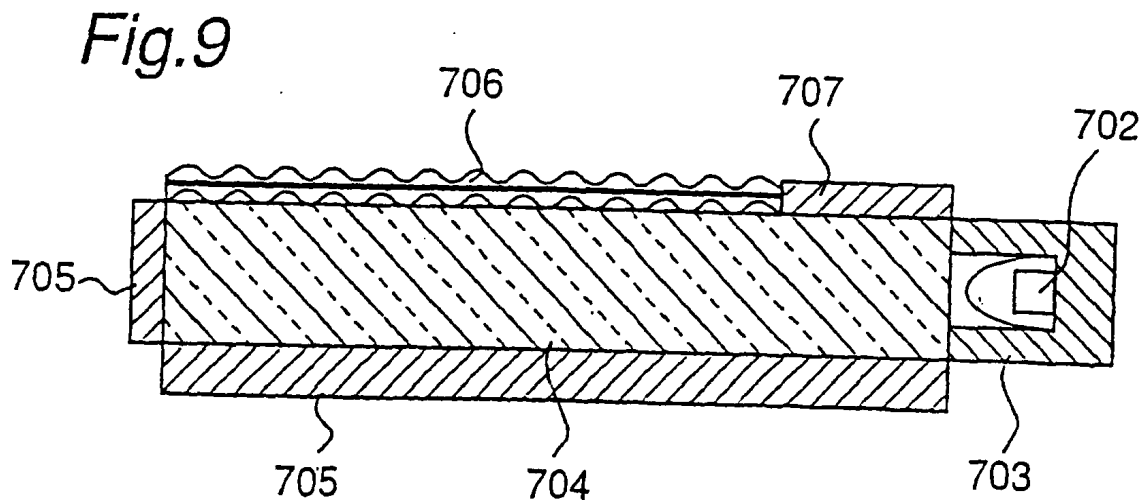
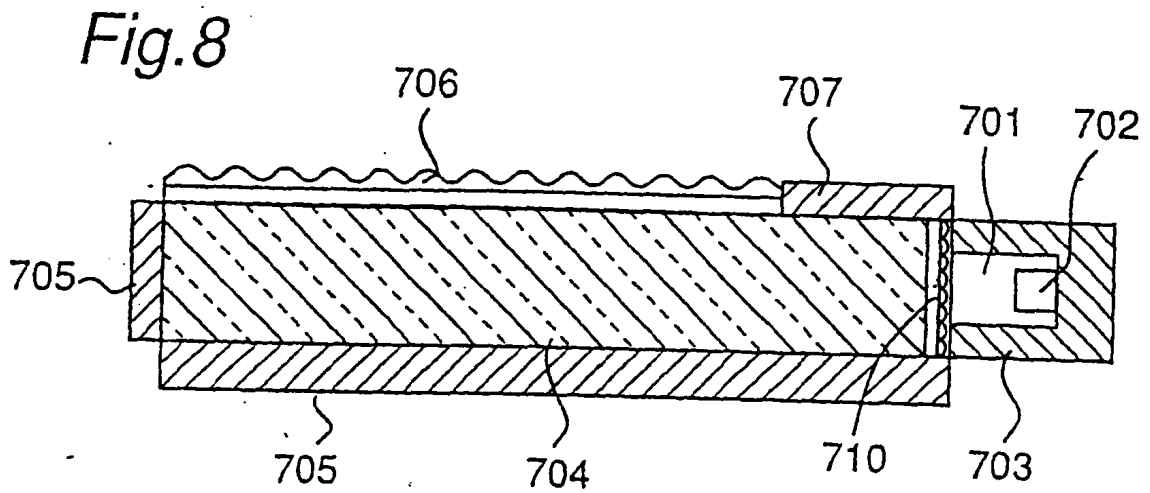
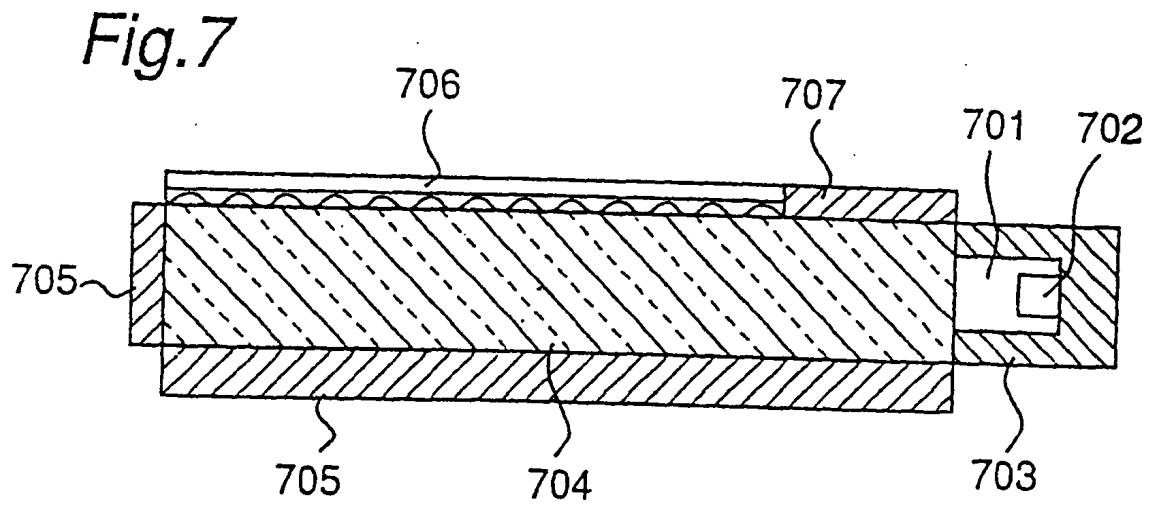




Fig. 10

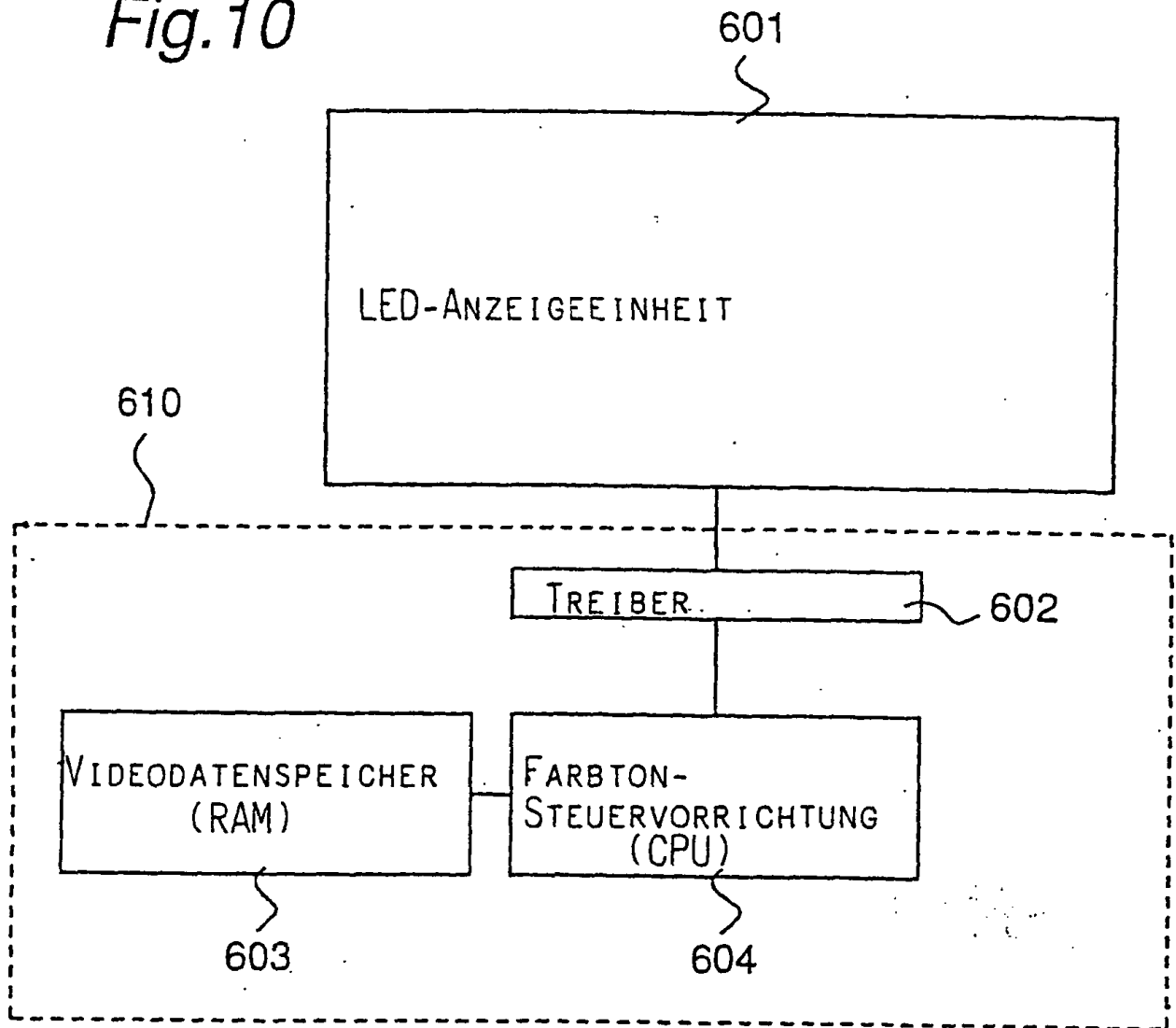


Fig. 11

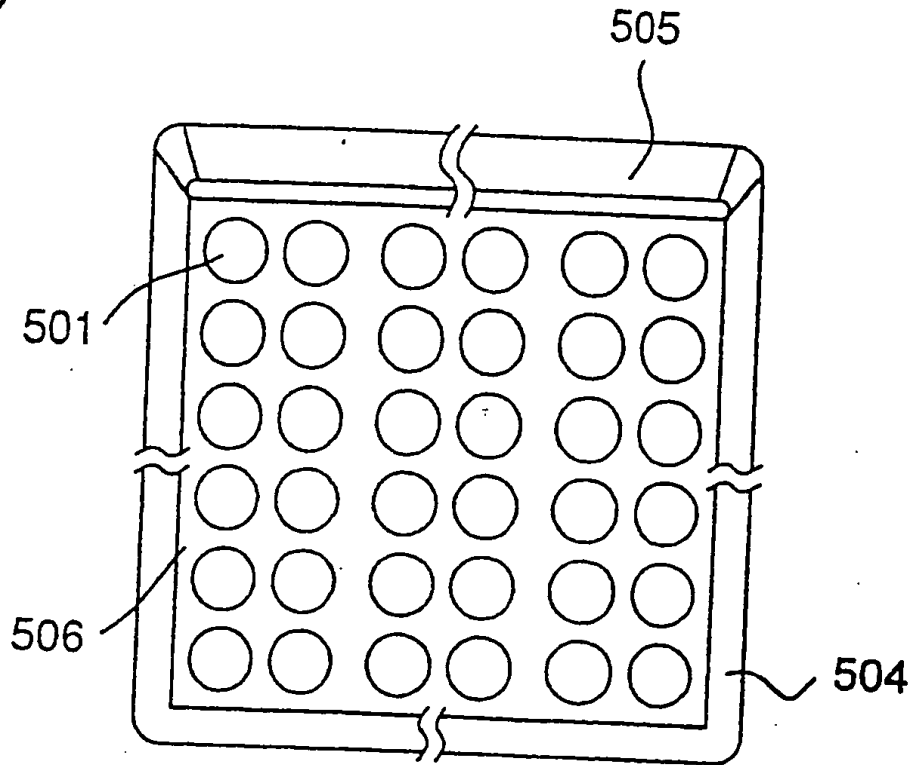


Fig. 12

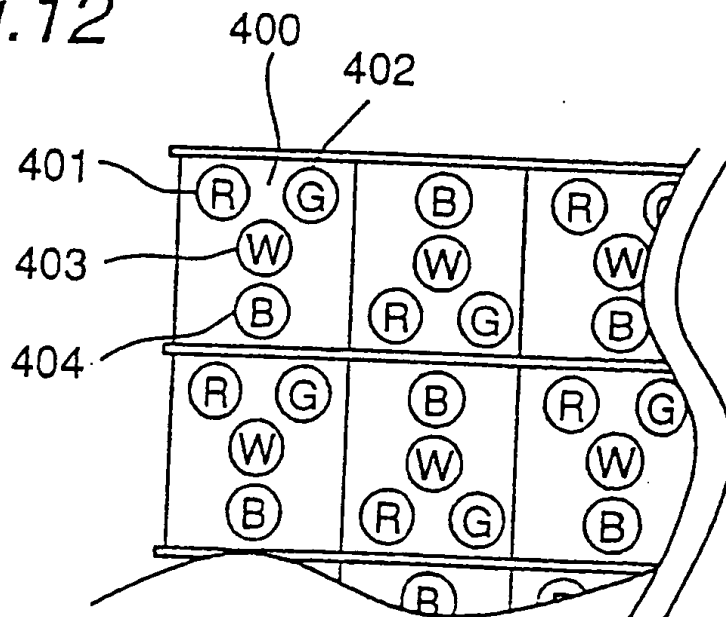


Fig.13A

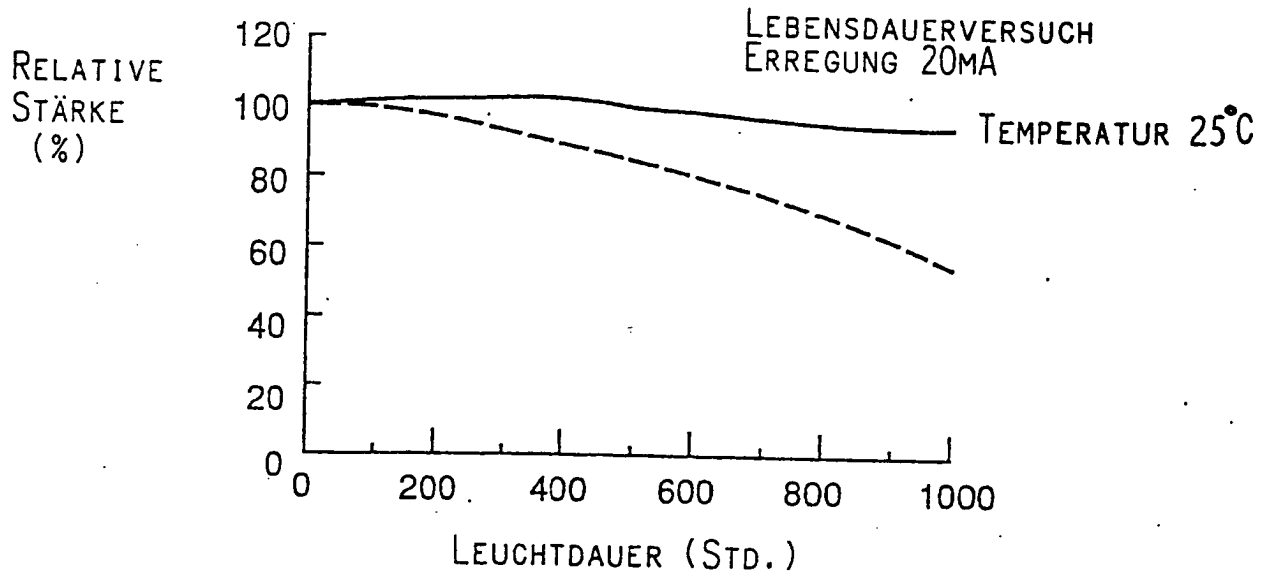


Fig.13B

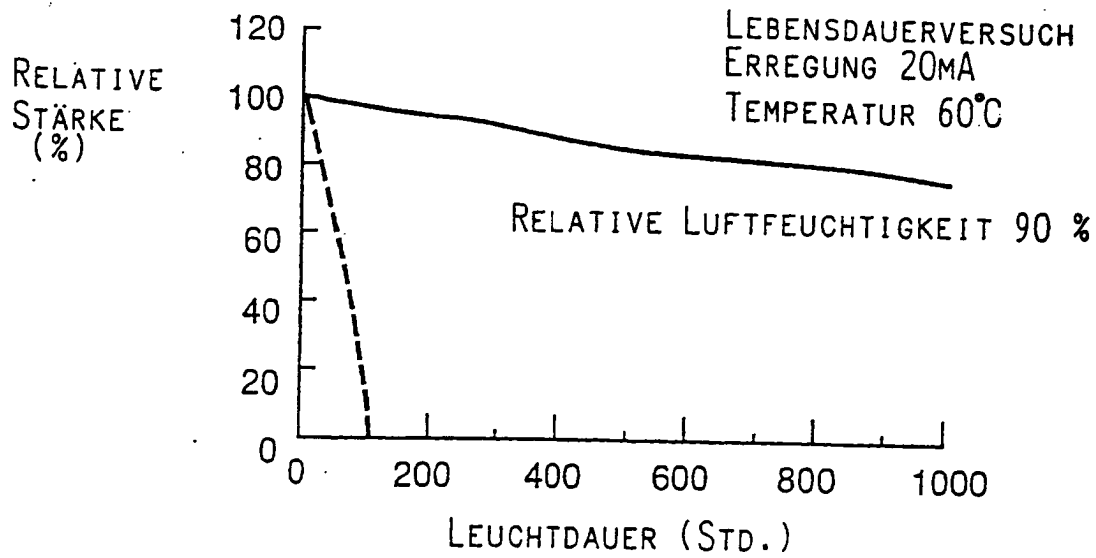


Fig. 14A

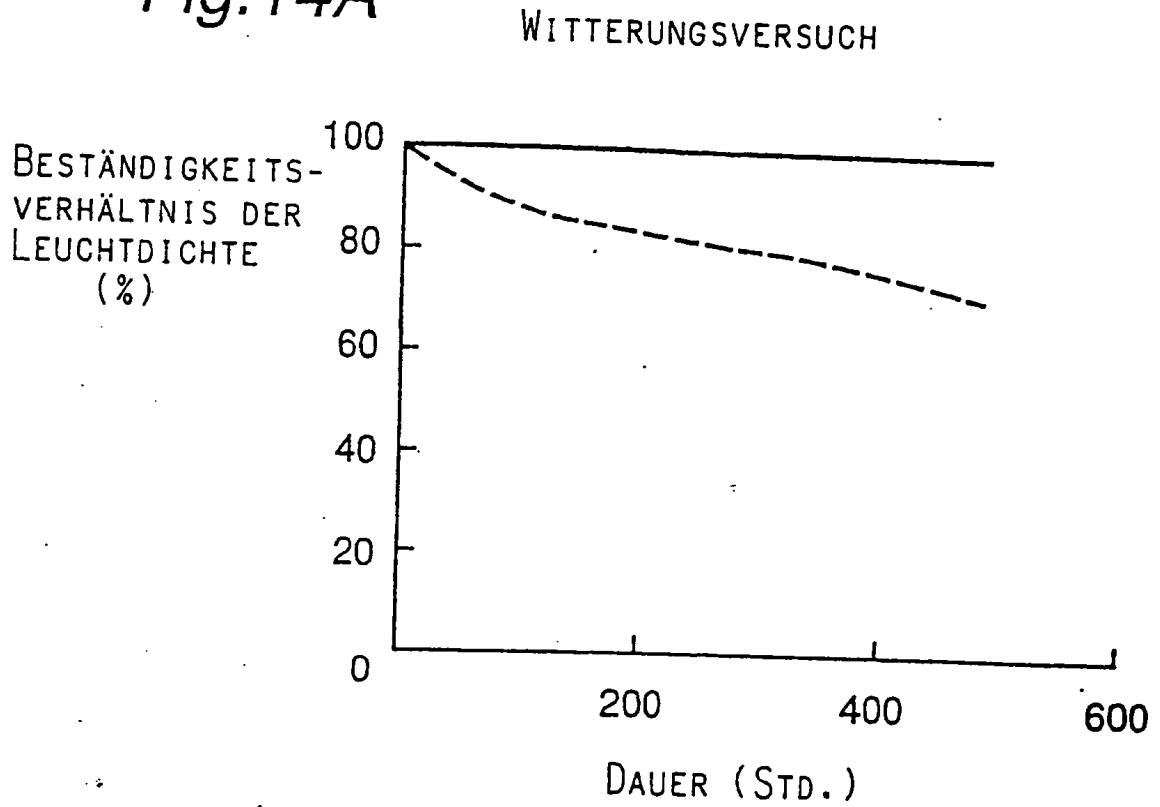
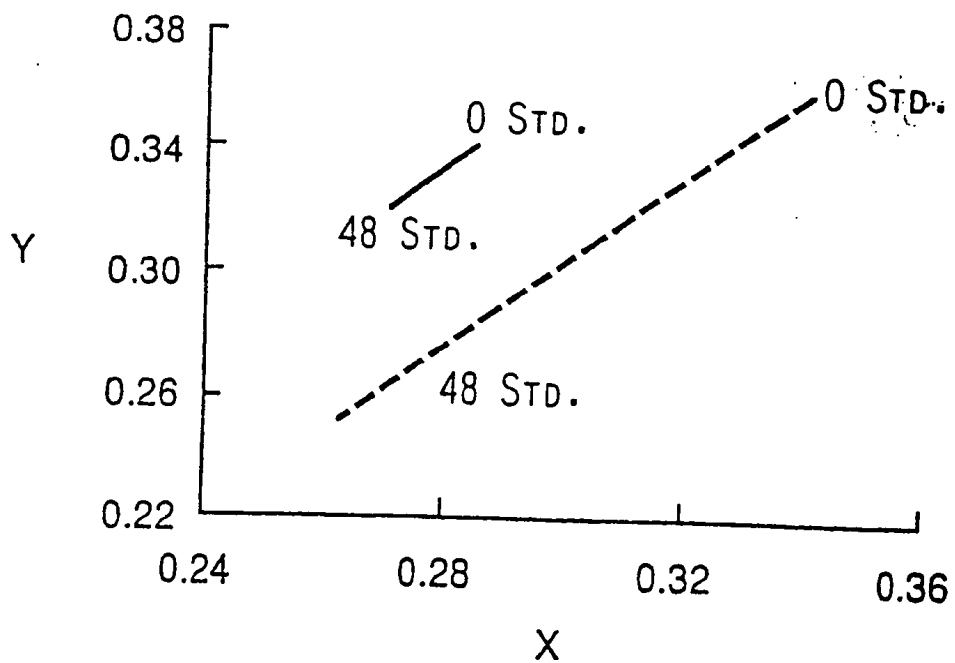
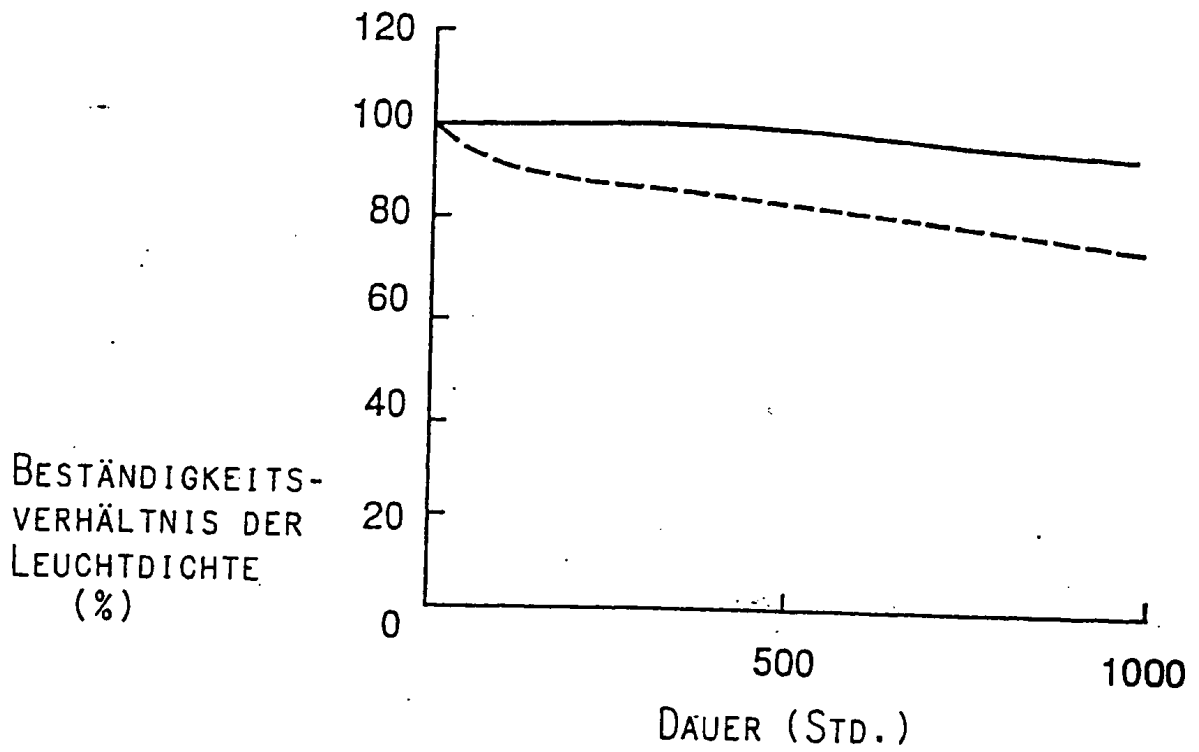


Fig. 14B



*Fig. 15A*



*Fig. 15B*

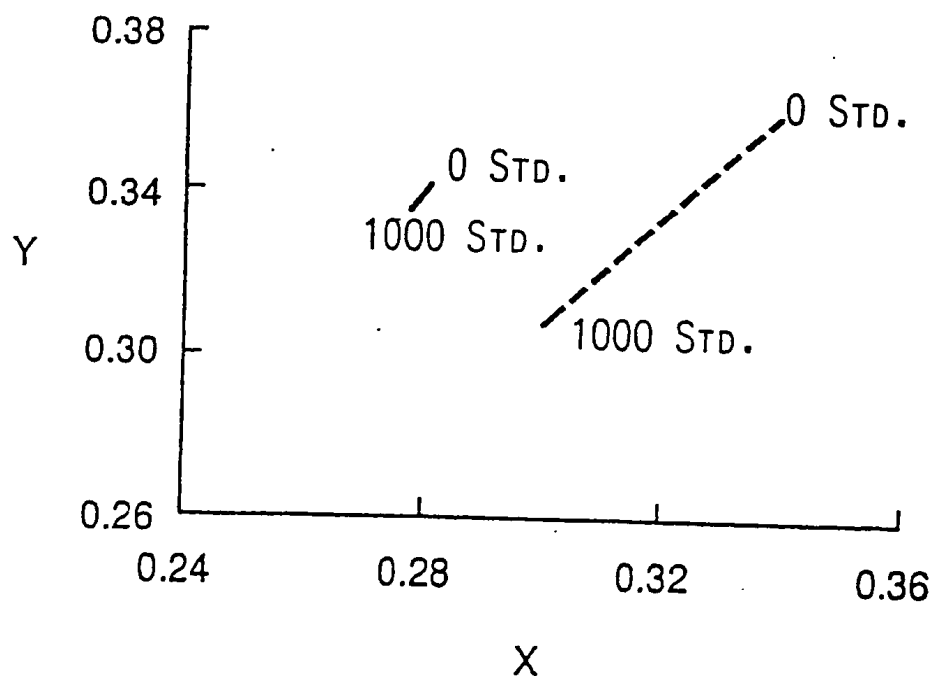


Fig.16

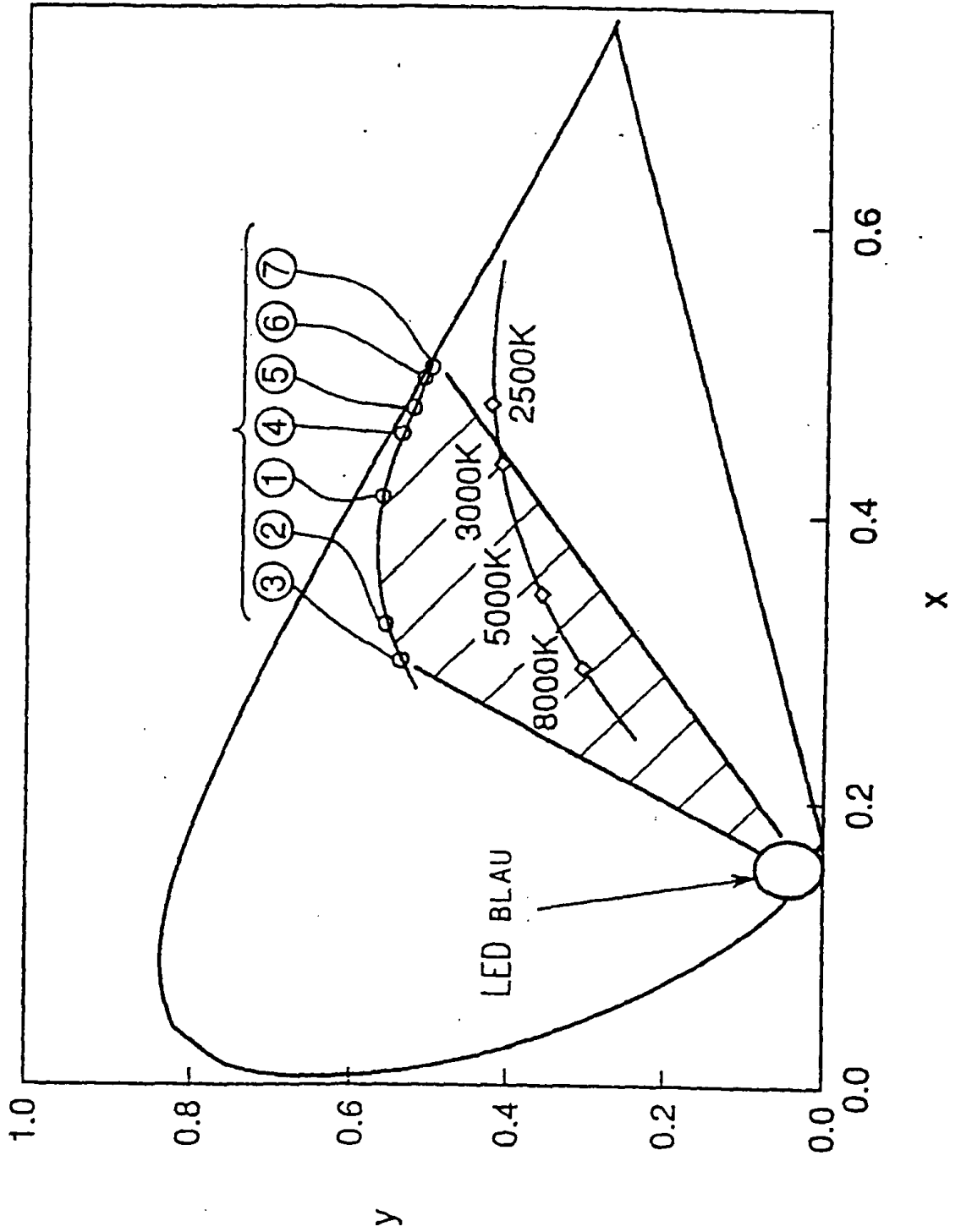


Fig. 17:

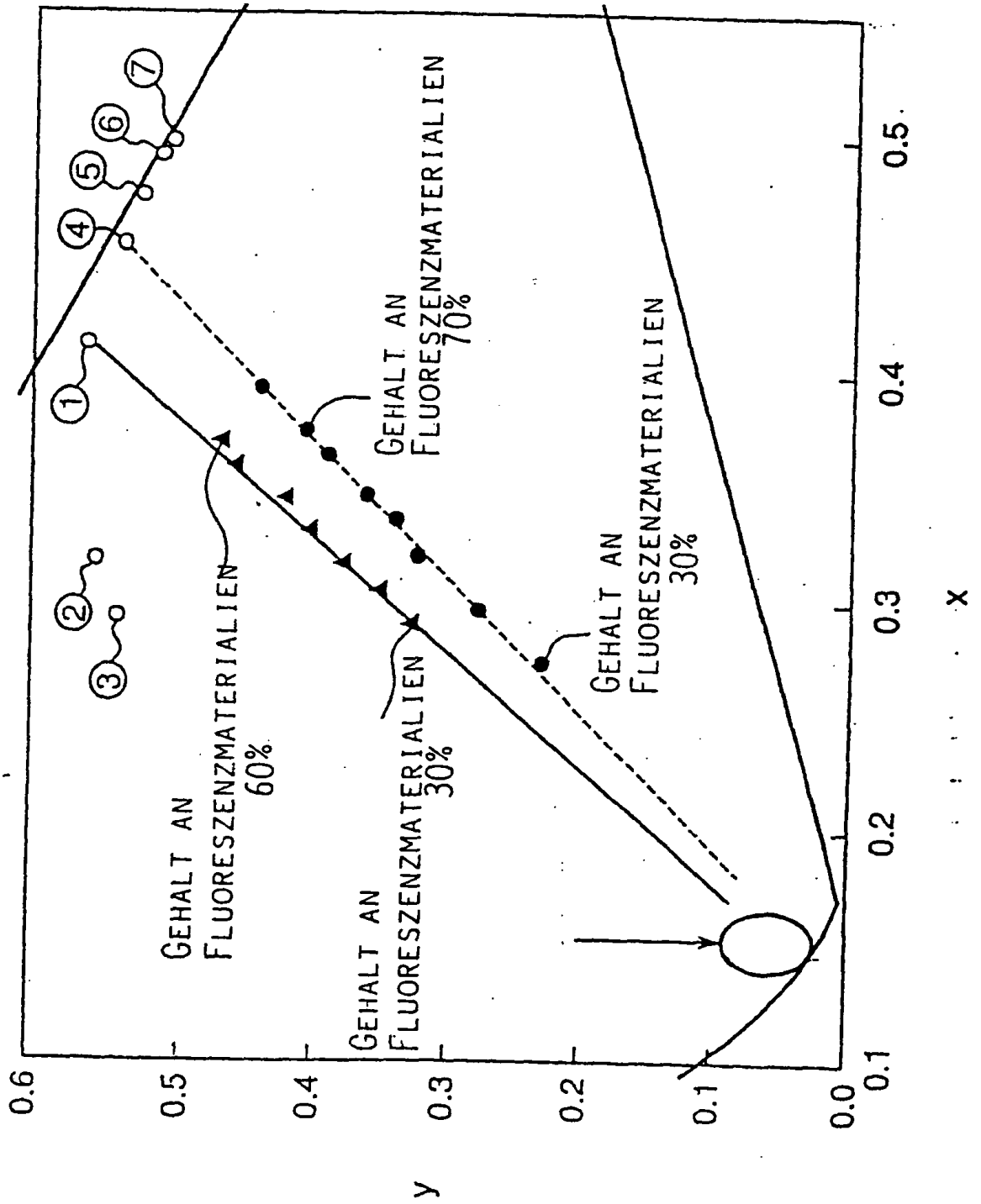


Fig. 18A

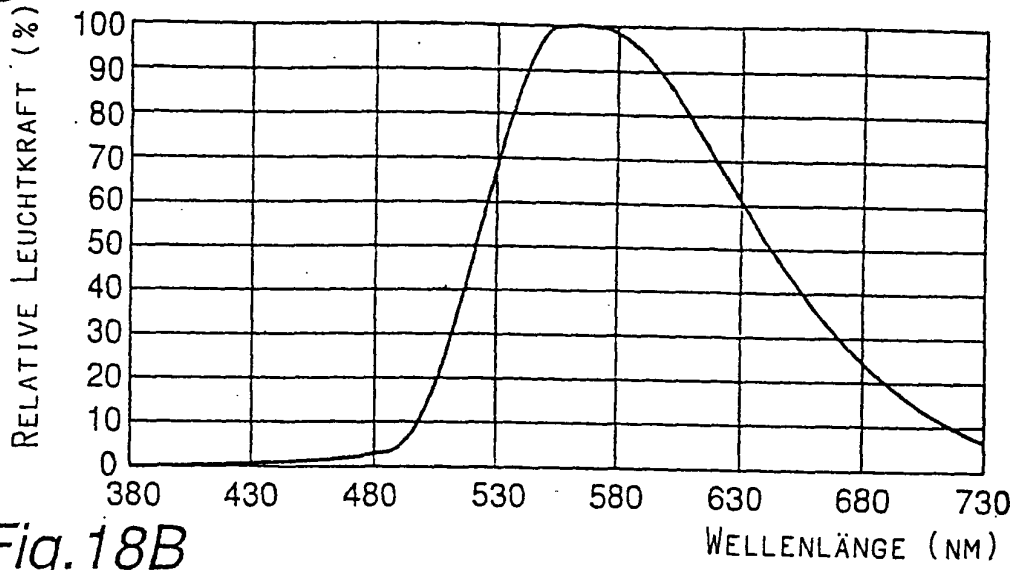


Fig. 18B

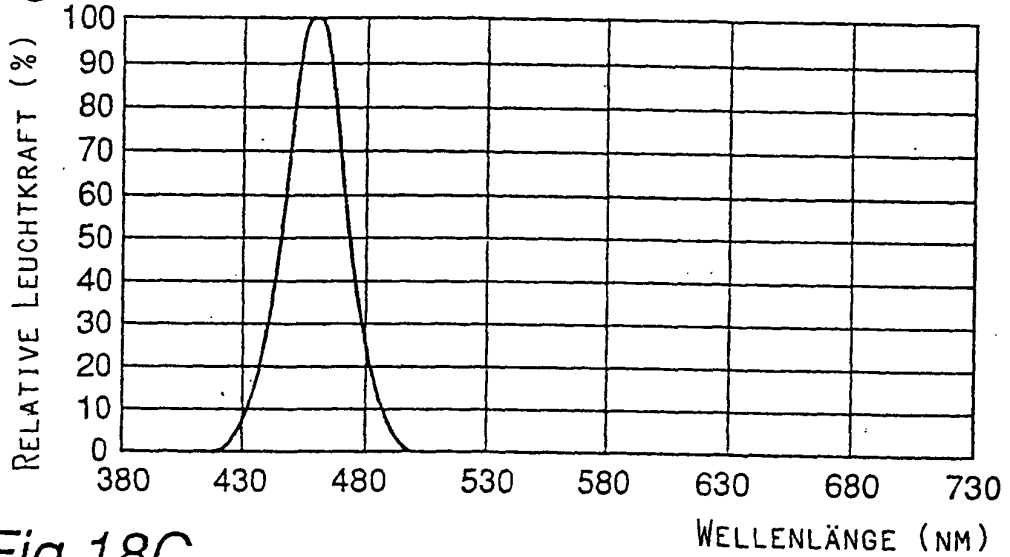


Fig. 18C

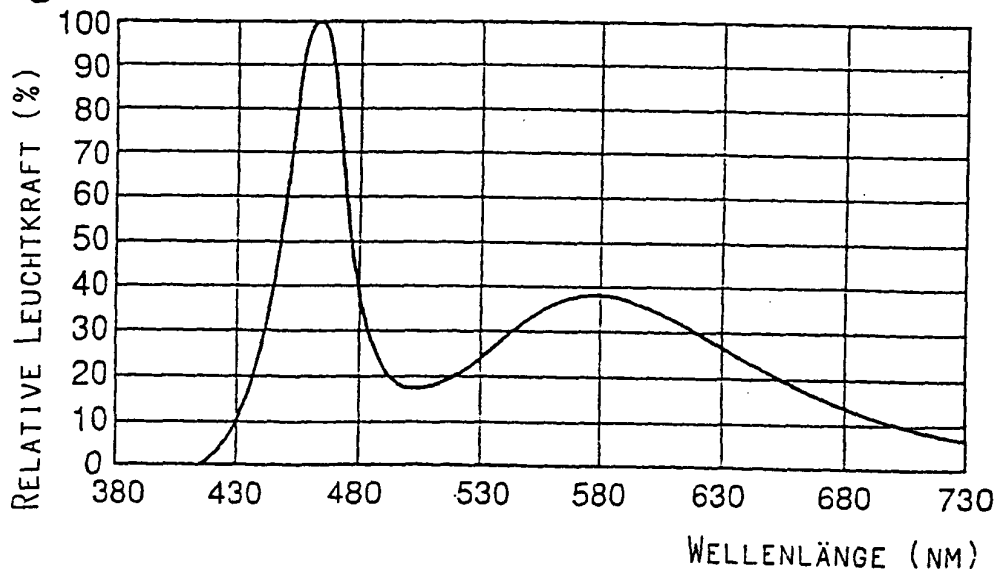




Fig. 19A

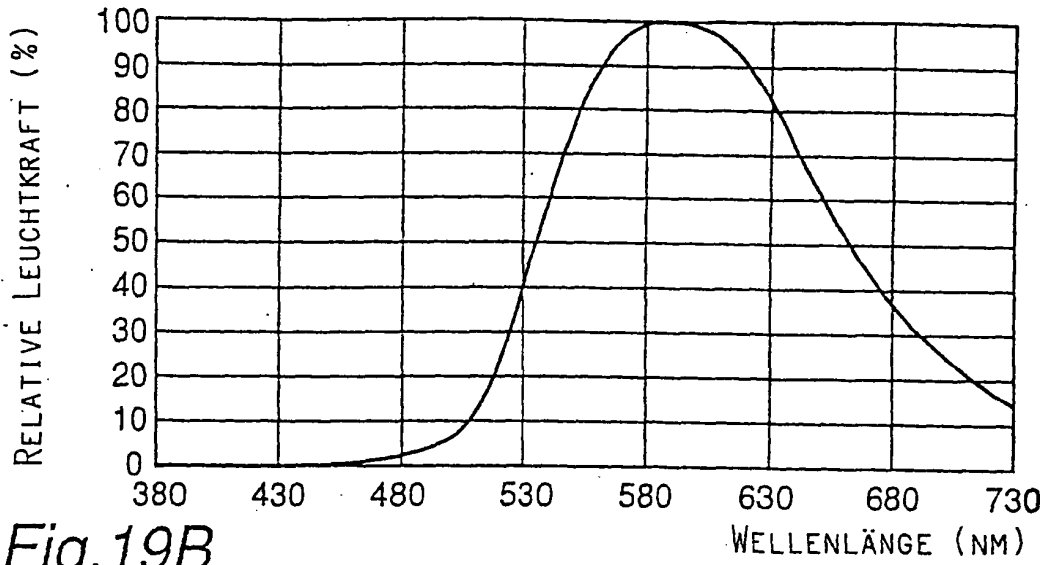


Fig. 19B

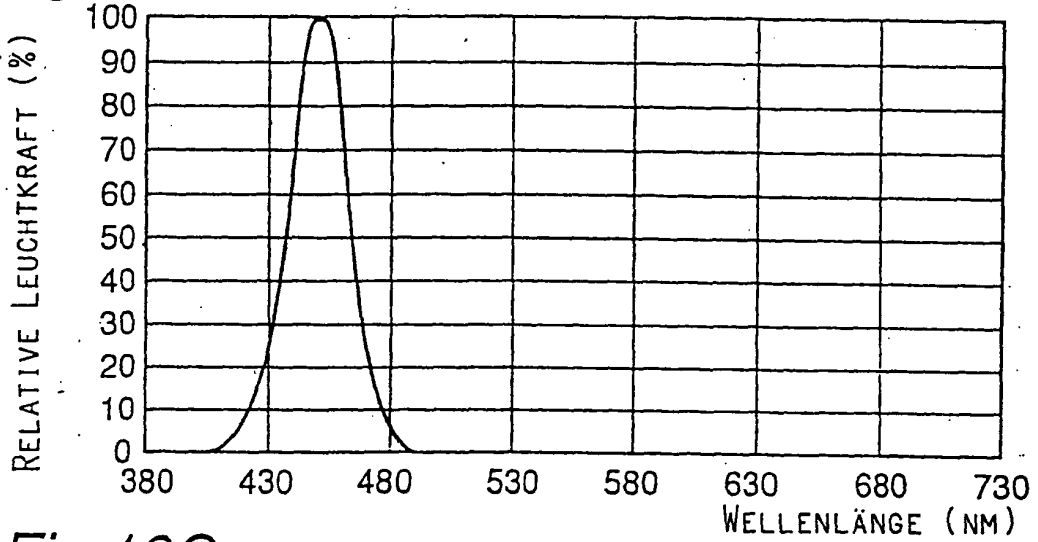


Fig. 19C

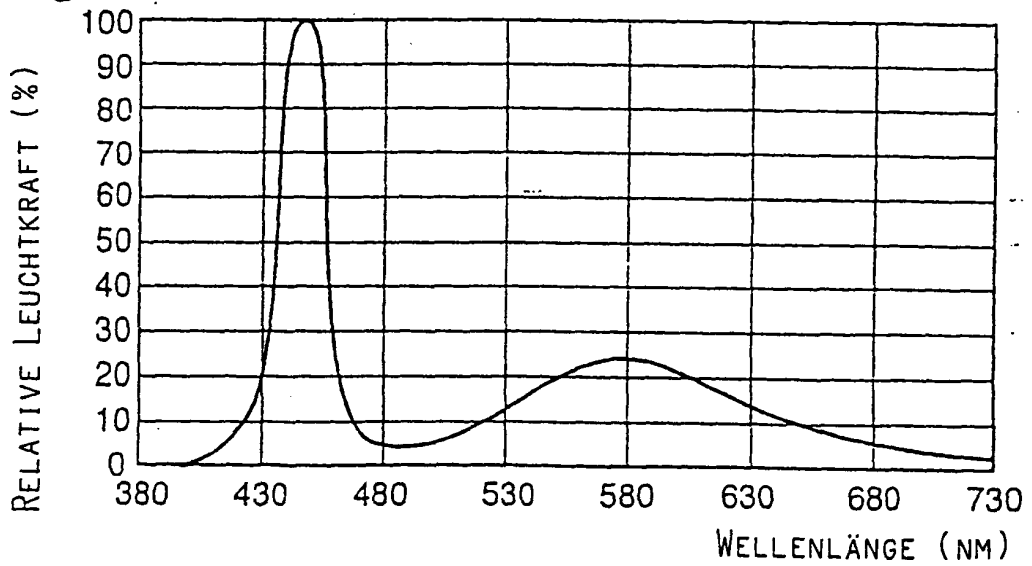


Fig.20A

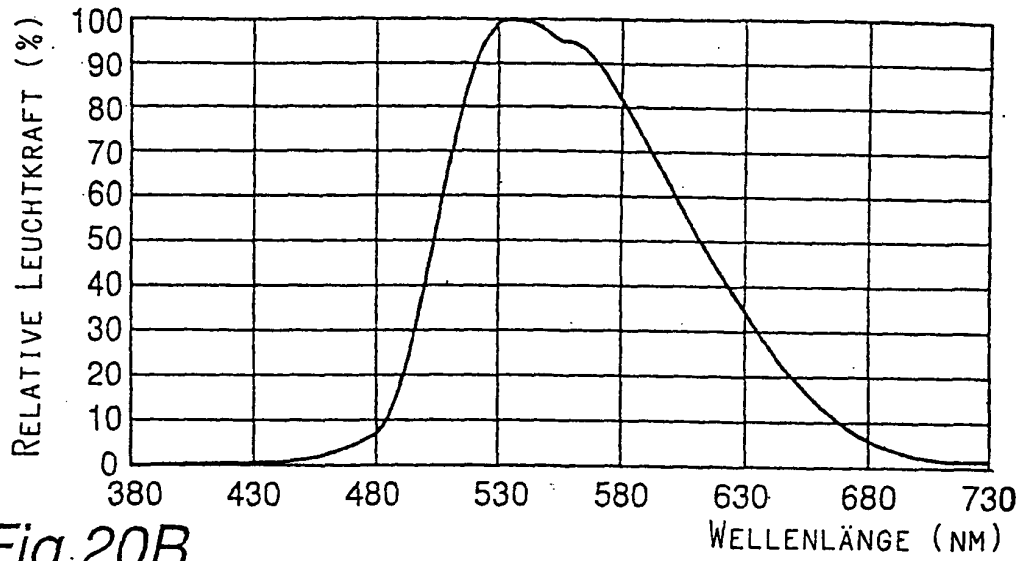


Fig.20B

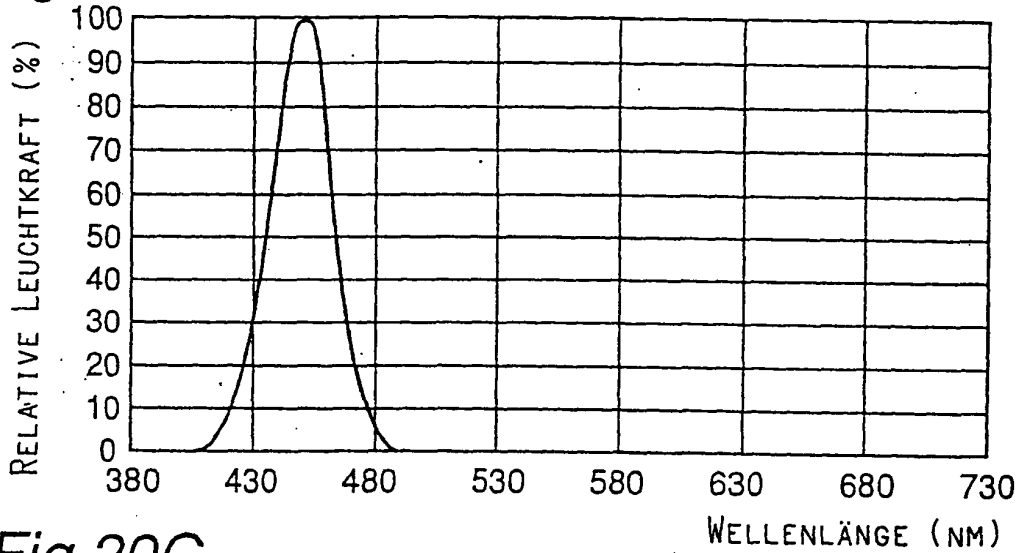


Fig.20C

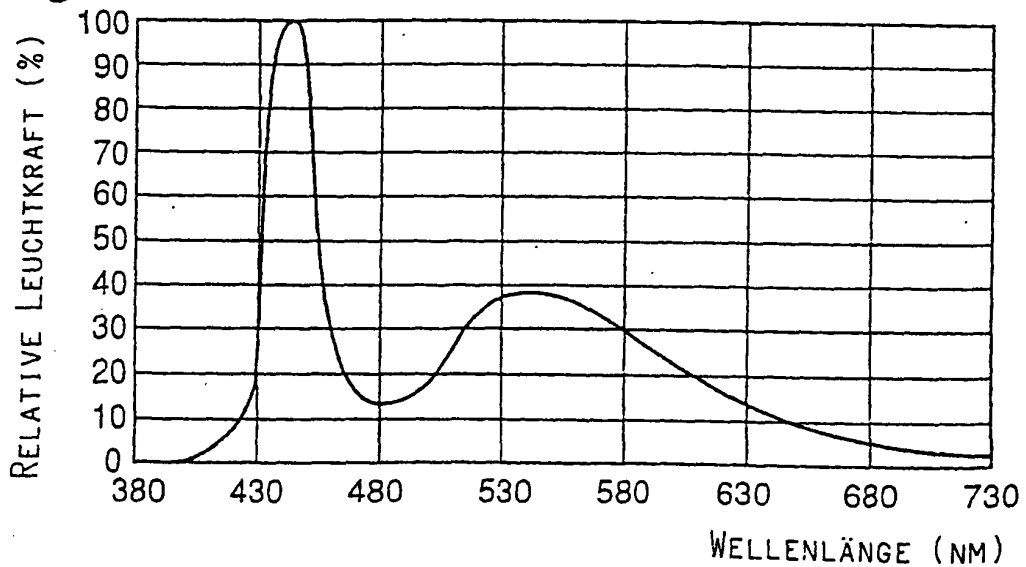


Fig.21A

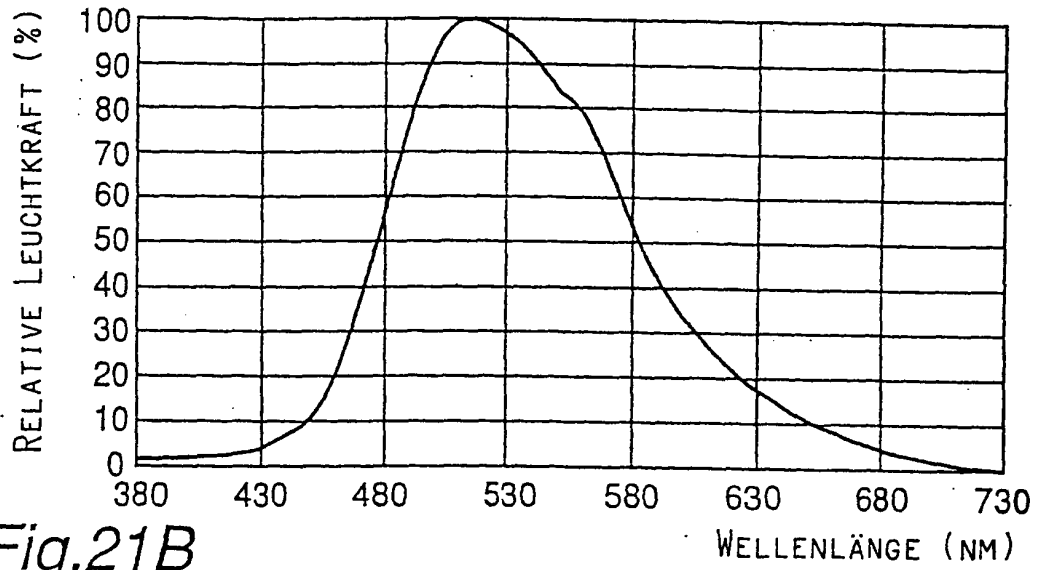


Fig.21B

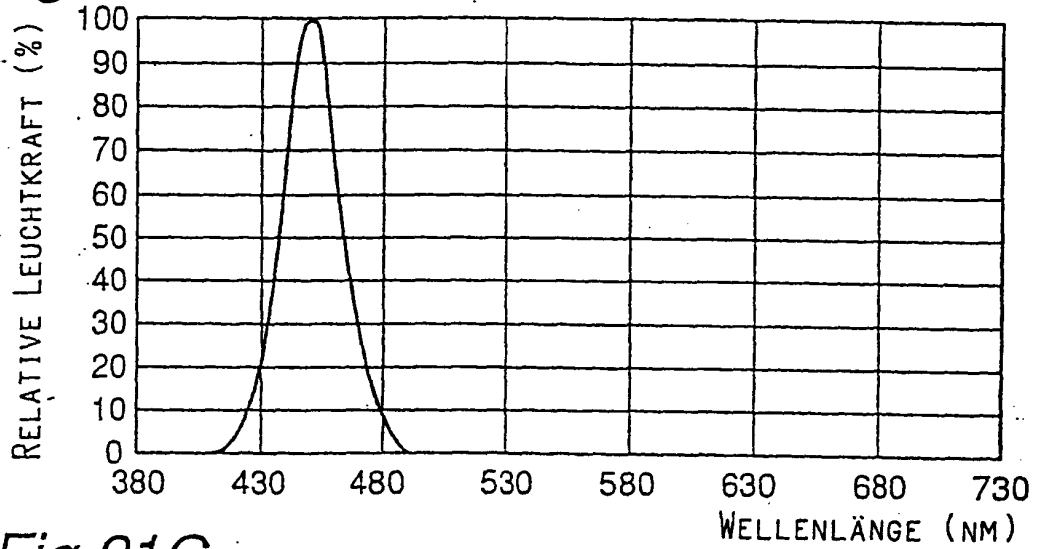


Fig.21C

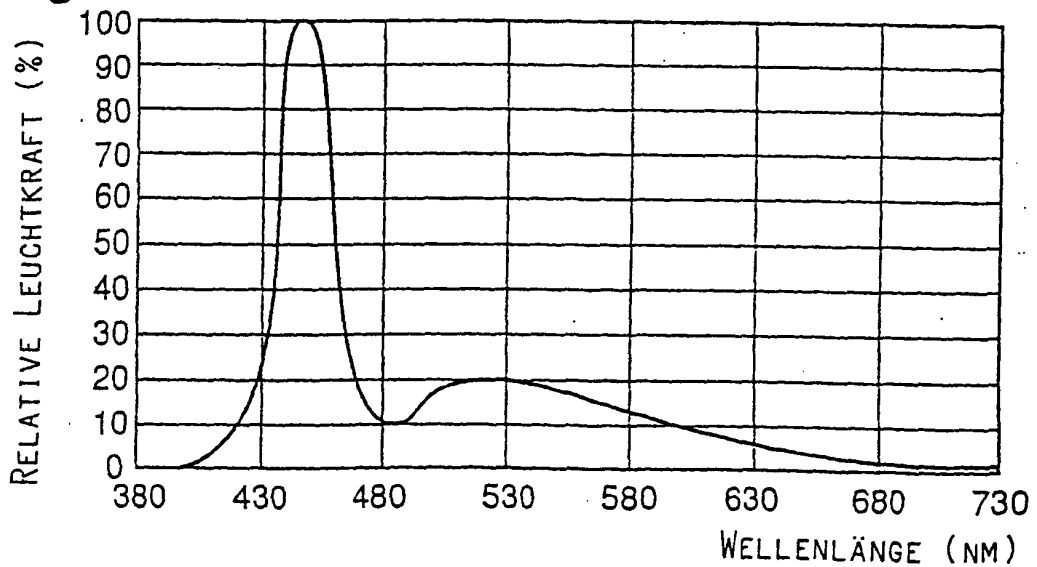


Fig.22A

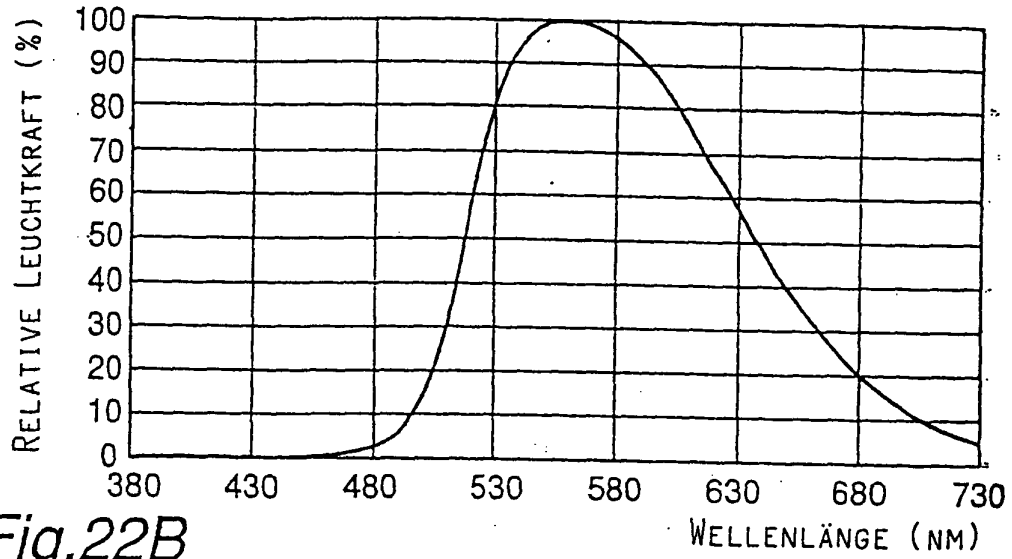


Fig.22B

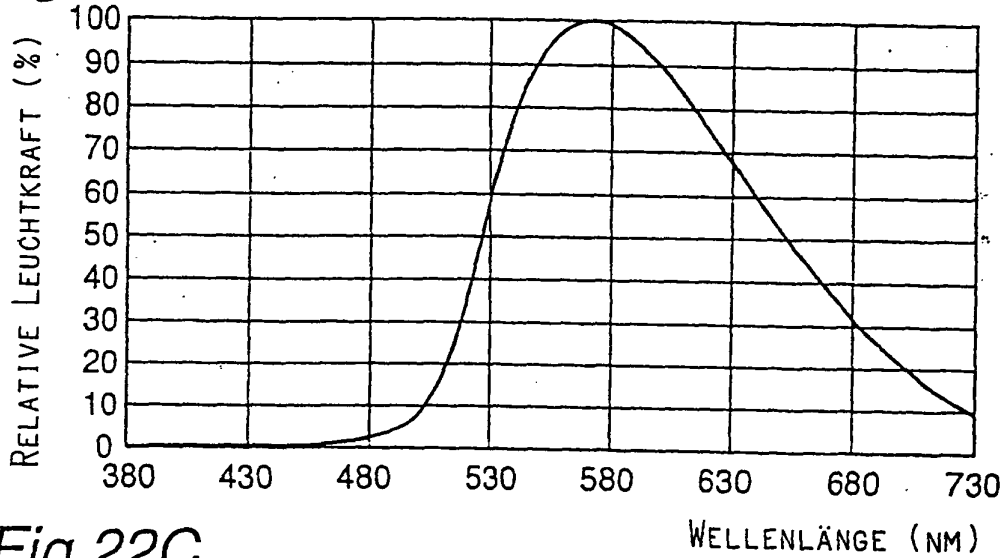


Fig.22C

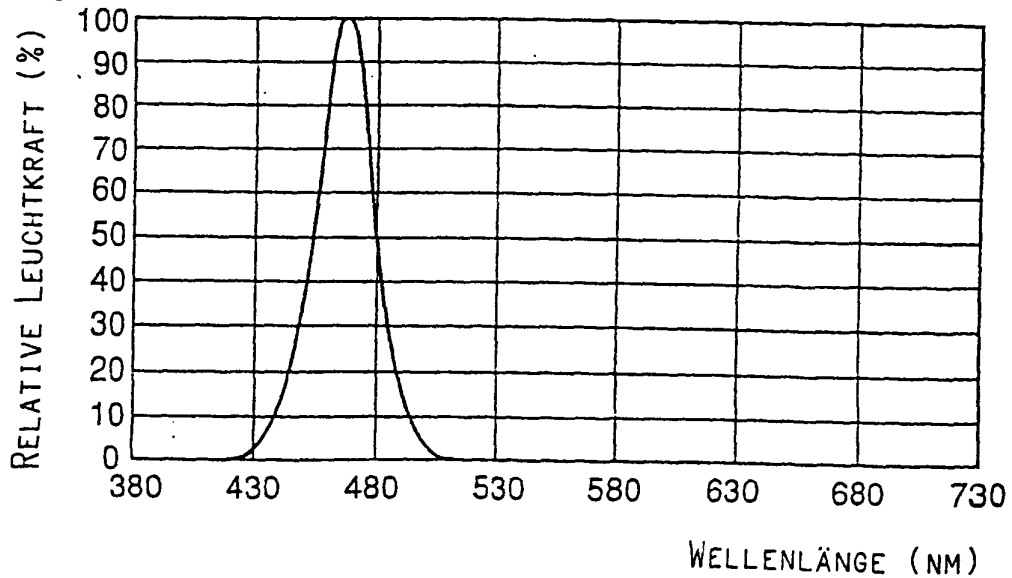


Fig. 23

