



(12)

Berichtigte Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) EP 0 936 682 B2

(51) Int Cl.⁸: H01L 33/00 (2010.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 02 929.8

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP97/02610

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 933 047.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1998/005078

(86) PCT-Anmeldetag: 29.07.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 05.02.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 18.08.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 23.08.2000

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: 01.08.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 07.10.2010

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(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

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

SHIMIZU, Yoshinori, Kaminakacho, Tokushima
774, JP; SAKANO, Kensho, Kaminakacho,
Tokushima 774, JP; NOGUCHI, Yasunobu,
Kaminakacho, Tokushima 774, JP; MORIGUCHI,
Toshio, Kaminakacho, Tokushima 774, JP

(73) Patentinhaber:

Nichia Corp., Anan, Tokushima, JP

(74) Vertreter:

Vossius & Partner, 81675 München

(54) Bezeichnung: LICHTEMITTIERENDE VORRICHTUNG UND ANZEIGEVORRICHTUNG

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 lichtaussendende Vorrichtung (LEV), die einen Leuchtstoff enthält, der die Wellenlänge des Lichts, das von einem lichtemittierenden Bauteil ausgesendet wird, umwandelt und Licht aussendet, und eine Anzeigevorrichtung, die die lichtaussendende Vorrichtung benutzt.

(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 Anlaufeigenschaften, 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 lichtemittierenden 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 man erwartet daher, dass es in der Zukunft immer breitere Anwendung finden wird.

[0003] Jüngst sind verschiedene Versuche unternommen worden, Quellen weißen Lichtes unter Verwendung von lichtemittierenden Dioden herzustellen. Da die lichtemittierende Diode ein günstiges Emissionsspektrum aufweist, um monochromatisches Licht zu erzeugen, erfordert die Herstellung einer Lichtquelle für weißes Licht, dass drei lichtemittierende R-, G- und B-Komponenten dicht beieinander 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 lichtaussendende 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-8-7614 umwandeln. Die lichtemittierenden Dioden, die in diesen Veröffentlichungen beschrieben werden, sind dergestalt, dass sie unter Benutzung der lichtemittierenden Komponenten einer gewissen Art imstande sind, Licht weißer oder anderer Farben 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 Schale anbringt, die sich an der Spitze einen 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 Harzschnelze befindet, die die lichtemittierende Komponente bedeckt.

[0006] Die oben beschriebene lichtemittierende Diode, die imstande ist, weißes Licht durch das Mischen des Lichts aus einer Anzahl von Quellen auszusenden, kann dadurch hergestellt werden, dass man eine lichtemittierende

tierende Komponente benutzt, die imstande ist, blaues Licht auszusenden, und die lichtemittierende Komponente mit einem Harz verschmilzt, das ein Fluoreszenzmaterial enthält, welches das Licht, das von der das blaue Licht emittierenden Diode absorbiert und ein gelbliches Licht aussendet.

[0007] Jedoch haben konventionelle lichtemittierenden Dioden solche Probleme wie die Zustandsverschlechterung des Fluoreszenzmaterials, was zu einer Farbtonabweichung und zu einem Nachdunkeln des Fluoreszenzmaterials führt, was eine niedrigere Ausbeute an abgegebenem Licht zur Folge hat. Dieses Nachdunkeln bezieht sich hier im Falle der Benutzung eines anorganischen Fluoreszenzmaterials wie beispielsweise (Cd, Zn)S darauf, dass ein Teil der Metallelemente, die das Fluoreszenzmaterial bilden, ausgefällt werden oder ihre Eigenschaften verändern, was zur Verfärbung führt, oder im Fall der Benutzung eines organischen Fluoreszenzmaterials auf das Aufbrechen einer Doppelbindung im Molekül. Besonders dann, wenn eine lichtemittierende Komponente aus einem Halbleiter mit einer hochenergetischen Bandlücke benutzt wird, um die 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 Schwellwerts, die von dem fluoreszenten Material absorbiert werden können, steigt, was dazu führt, dass mehr Licht absorbiert wird), oder die Menge an eingesetztem Fluoreszenzmaterial wird herabgesetzt (d. h. das Fluoreszenzmaterial wird mit einer relativ höheren Energie bestraht), nimmt die vom Fluoreszenzmaterial absorbierte Lichtennergie unweigerlich zu, was zu einem stärkeren Abbau des Fluoreszenzmaterials führt. Die Benutzung der lichtemittierenden Komponente mit einer höheren Intensität der Lichtemission über einen ausgedehnten Zeitraum verursacht auch einen stärkeren Abbau des Fluoreszenzmaterials.

[0008] Auch das Fluoreszenzmaterial, das sich in der Nähe der lichtemittierende Komponente befindet, 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 in dem Fall, wo 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 hineingetragen ist, und dem Licht und der Wärme, die von der lichtemittierenden Komponente übertragen wird.

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

[0011] Im EP-A-0209942 wird eine Niederdruck-Quecksilberdampf-Entladungslampe beschrieben. Diese Lampe hat eine Füllung aus Quecksilber und einem Edelgas und eine Lumineszenzschicht, die ein Lumineszenzmaterial enthält, dessen Emission hauptsächlich in den Bereichen von 590–630 nm und 520–560 nm liegt. Das von dieser Entladungslampe emittierte Licht liegt in einem Wellenlängenbereich, der nahezu völlig unsichtbar ist und durch die Lumineszenzschicht umgewandelt werden muss, um sichtbar zu werden. Diese Lampe hat auch eine Absorptionsschicht, die ein lumineszentes Aluminat enthält, das durch dreiwertiges Zer aktiviert wird und eine Granat-Kristallstruktur aufweist.

[0012] Diese Lampe kann nicht als eine einfache, kleine, leichte und billige Vorrichtung verwirklicht werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung besteht folglich darin, die oben beschriebenen Probleme zu lösen und eine lichtaussendende 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.

[0014] Der Anmelder der vorliegenden Erfindung ergänzte die vorliegende Erfindung durch Forschungsergebnisse auf der Grundlage der Voraussetzung, dass eine lichtaussendende 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 Fluoreszenzma-

rial in der Nähe der lichtemittierenden Komponente wird Licht einer Strahlungsintensität ausgesetzt, die unserer Abschätzung 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 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 auszusenden mit einer Wellenlänge, die von der des Lichtes abweicht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird.

[0015] Daher umfasst die vorliegende Erfindung eine lichtaussendende Vorrichtung nach Anspruch 1.

[0016] Der oben erwähnte, aus einer Nitridverbindung bestehende Halbleiter (allgemein dargestellt durch die chemische Formel $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ mit $0 \geq i, 0 \leq j, 0 \leq k$ und $i + j + k = 1$) enthält verschiedene Materialien, darunter InGaN und GaN, die mit verschiedenen Fremdstoffen dotiert sind.

[0017] 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 $\text{Gd}_3\text{In}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$.

[0018] 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 geringen Veränderung unterliegen, selbst wenn er über eine ausgedehnte Zeitspanne benutzt und dabei Licht hoher Intensität ausgesetzt wird. Dies ermöglicht, die Abnahme der Kenndaten während der Langzeitbenutzung zu vermindern und die Zustandsverschlechterung durch Licht hoher Intensität, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, als auch durch Fremdlicht (Sonnenlicht einschließlich ultravioletten Lichtes usw.) bei Einsatz im Freien herabzusetzen und dadurch eine lichtaussendende Vorrichtung zu erhalten, die eine äußerst geringe Farbverschiebung und eine 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.

[0019] In der erfindungsgemäßen lichtaussendenden Vorrichtung ist der Hauptemissions-Peak der lichtemittierenden Komponente in den Bereich von 400 nm bis 530 nm gelegt, und die Hauptemissionswellenlänge des Leuchtstoffs ist so gelegt, dass sie länger ist als der Hauptemissions-Peak der lichtemittierenden Komponente. Dies ermöglicht, weißes Licht mit hohem Wirkungsgrad auszusenden.

[0020] Außerdem weist in der erfindungsgemäßen lichtaussendenden Vorrichtung die lichtemittierende Schicht vorzugsweise einen Galliumnitrid-Halbleiter auf, der In enthält. Weitere vorzugsweise Eigenschaften von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden in den jeweiligen Ansprüchen beschrieben.

[0021] Die lichtaussendende Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine im wesentlichen rechtwinklige Lichtleitplatte, die auf einer ihrer Stirnseiten mit der darauf aufgebrachten lichtemittierenden Komponente versehen ist und die bis auf eine Hauptfläche mit einem reflektierenden Material bedeckt ist und in welcher Licht, das von der lichtemittierenden Komponente ausgesendet wird, durch den Leuchtstoff und die Lichtleitplatte in planares Licht umgewandelt wird, damit es aus der Hauptfläche der Lichtleitplatte austritt. Bei dieser Ausführungsform ist der Leuchtstoff vorzugsweise in einem Überzugsmaterial enthalten, das sich auf dieser Stirnseite und im direkten Kontakt mit der lichtemittierenden Komponente befindet, oder er ist auf einer nicht vom reflektierenden Material bedeckten Hauptfläche der Lichtleitplatte aufgebracht.

[0022] 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, eine relativ preisgünstige LED-Anzeigevorrichtung zu verwirklichen, die imstande ist, eine Anzeige hoher Auflösung mit geringer Farbungleichheit je nach dem Blickwinkel zu verwirklichen.

[0023] 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 Benutzung einer lichte-

mittierenden Komponente, die sichtbares Licht aussendet, ist daher der einer lichthemittierenden Komponente, die ultraviolettes Licht aussendet, vorzuziehen, welches das Harz (Einschmelzmaterial, Überzugsmaterial, etc.) zerstört. Daher wird für die erfindungsgemäße lichthemittierende Diode zum Zwecke der Verbesserung der Lichtausbeute und der Gewährleistung einer hohen Lebensdauer der Hauptemissions-Peak der lichthemittierenden Komponente in einen Bereich relativ kurzer Wellenlänge von 400 nm bis 530 nm im Bereich des sichtbaren Lichts gelegt, und die Hauptemissionswellenlänge des Leuchtstoffes wird so gelegt, dass sie größer als die Wellenlänge des Hauptemissions-Peaks der lichthemittierenden Komponente ist. Weil das Licht, das durch das Fluoreszenzmaterial umgewandelt wird, eine längere Wellenlänge hat als das von der lichthemittierenden Komponente ausgesendete Licht, wird es in dieser Anordnung nicht von der lichthemittierenden Komponente absorbiert, selbst wenn die lichthemittierende Komponente mit Licht bestrahlt wird, das reflektiert und vom Fluoreszenzmaterial umgewandelt wird (da die Energie der umgewandelten Lichtes unter der Energiebandlücke liegt). Daher wird in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Licht, das vom Fluoreszenzmaterial oder dergleichen reflektiert worden ist, von der Schale reflektiert, in die die lichthemittierende Komponente eingebaut ist, wodurch ein höherer Emissionswirkungsgrad ermöglicht wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0024] [Fig. 1](#) ist ein schematischer Querschnitt einer lichthemittierenden Diode vom Leittyp gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0025] [Fig. 2](#) ist ein schematischer Querschnitt einer lichthemittierenden Diode vom Spitzentyp gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0026] [Fig. 3A](#) ist eine graphische Darstellung des Anregungsspektrums des mit Zer aktivierten fluoreszenten Granatmaterials, das in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird.
- [0027] [Fig. 3B](#) ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums des mit Zer aktivierten fluoreszenten Granatmaterials, das in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird.
- [0028] [Fig. 4](#) ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums der lichthemittierenden Diode der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0029] [Fig. 5A](#) ist eine graphische Darstellung des Anregungsspektrums des mit Zer aktivierten fluoreszenten Yttrium-Aluminium-Granat-Materials, das in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird.
- [0030] [Fig. 5B](#) ist eine graphische Darstellung des Emissionsspektrums des mit Zer aktivierten fluoreszenten Yttrium-Aluminium-Granat-Materials, das in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt wird.
- [0031] [Fig. 6](#) zeigt das Farbtondiagramm des Lichtes, das von der lichthemittierenden Diode der zweiten Ausführungsform ausgesendet wird, in dem die Punkte A und B die Farben des von der lichthemittierenden Komponente ausgesendeten Lichtes und die Punkte C und D die Farben des von zwei Sorten des Leuchtstoffes ausgesendeten Lichtes angeben.
- [0032] [Fig. 7](#) ist ein schematischer Querschnitt der planaren Lichtquelle gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0033] [Fig. 8](#) ist ein schematischer Querschnitt einer anderen planaren Lichtquelle, die sich von der der [Fig. 7](#) unterscheidet.
- [0034] [Fig. 9](#) ist ein schematischer Querschnitt einer weiteren planaren Lichtquelle, die sich von denen der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) unterscheidet.
- [0035] [Fig. 10](#) ist ein Blockdiagramm einer Anzeigevorrichtung, die eine Anwendung der vorliegenden Erfindung darstellt.
- [0036] [Fig. 11](#) ist ein Grundriss einer LED-Anzeigeeinheit der Anzeigevorrichtung der [Fig. 10](#).
- [0037] [Fig. 12](#) ist ein Grundriss der LED-Anzeigevorrichtung, bei der ein Pixel aus vier lichthemittierenden Di-

oden gebildet, welche die lichtemittierende Diode der vorliegenden Erfindung und diejenigen, die RGB-Farben aussenden, umfassen.

[0038] [Fig. 13A](#) zeigt die Ergebnisse eines Lebensdauerversuchs der lichtemittierenden Dioden des Beispiels 1 und eines Vergleichsbeispiels 1, wo die Ergebnisse bei 25° dargestellt sind, und [Fig. 13B](#) zeigt die Ergebnisse von Lebensdauerversuchen der lichtemittierenden Dioden von Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1 bei 60° und 90% relativer Luftfeuchtigkeit.

[0039] [Fig. 14A](#) zeigt die Ergebnisse von Witterungsversuchen für Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2, worin die Veränderung des Beständigkeitsverhältnisses der Leuchtdichte dargestellt wird. [Fig. 14B](#) zeigt die Ergebnisse von Witterungsversuchen von Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2 mit dem Farbton vor und nach dem Versuch.

[0040] [Fig. 15A](#) zeigt die Ergebnisse des Zuverlässigkeitstests von Beispiel 9 und Vergleichsbeispiel 2, wo die Beziehung zwischen der Beständigkeitsverhältnis der Leuchtdichte und der Zeit dargestellt ist. [Fig. 15B](#) ist eine graphische Darstellung, das die Beziehung zwischen dem Farbton und der Zeit angibt.

[0041] [Fig. 16](#) ist ein Farbtondiagramm, das den Bereich der Farbtöne angibt, die mit einer lichtemittierende 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.

[0042] [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.

[0043] [Fig. 18A](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $(Y_{0,6}Gd_{0,4})_3Al_5O_{12}:Ce$ des Beispiels 18A.

[0044] [Fig. 18B](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 18B mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 460 nm.

[0045] [Fig. 18C](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 2.

[0046] [Fig. 19A](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}:Ce$ des Beispiels 5.

[0047] [Fig. 19B](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 5 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0048] [Fig. 19C](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 5.

[0049] [Fig. 20A](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ des Beispiels 6.

[0050] [Fig. 20B](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 6 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0051] [Fig. 20C](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 6.

[0052] [Fig. 21A](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}:Ce$ der siebenten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

[0053] [Fig. 21B](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 7 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 450 nm.

[0054] [Fig. 21C](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 7.

[0055] [Fig. 22A](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $(Y_{0,8}Gd_{0,2})_3Al_5O_{12}:Ce$ des Beispiels 11

[0056] [Fig. 22B](#) zeigt das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs $(Y_{0,4}Gd_{0,6})_3Al_5O_{12}:Ce$ des Beispiels 11

[0057] [Fig. 22C](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Komponente von Beispiel 11 mit der Wellenlänge des Emissions-Peaks von 470 nm.

[0058] [Fig. 23](#) zeigt das Emissionsspektrum der lichtemittierenden Diode von Beispiel 11.

AUSFÜHLICHE BESCHREIBUNG DER VORZUGSWEISEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0059] Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen werden nachfolgend die vorzugsweisen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0060] Eine lichtemittierende Diode **100** von [Fig. 1](#) ist eine lichtemittierende Diode vom Zuleitungstyp, die einen äusseren Anschluss **105** und einen inneren Anschluss **106** hat und in der eine lichtemittierende Komponente **102** auf einer Schale **105a** des äusseren Anschlusses **105** installiert ist und die Schale **105a** mit einem 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 äusseren Anschluss **105** bzw. inneren Anschluss **106** über Drähte **103** angeschlossen.

[0061] 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, um 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.

[0062] [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 mit einem Überzugsmaterial gefüllt ist, welches einen speziellen Leuchtstoff enthält, um einen Überzug **201** zu bilden. Die lichtemittierende Komponente **202** ist mittels eines Epoxydharzes oder dergleichen befestigt, das beispielsweise Ag enthält, und eine n-Elektrode und eine p-Elektrode der lichtemittierenden Komponente **102** 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 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.

[0063] Die lichtemittierende Diode, die den Leuchtstoff wie oben beschrieben enthält, weist die folgenden Merkmale auf.

1. Das von einer lichtemittierenden Komponente (LED) ausgesendete Licht wird gewöhnlich durch eine Elektrode hindurch 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, wo 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.

[0064] 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 der Lichtemissionsausbeute und geringer Farbverschiebung über eine ausgedehnte Benutzungsdauer auszusenden.

[0065] 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 lichte-

mittierende Komponente mit Nitridverbindungshalbleiter zu benutzen, die imstande ist, blaues Licht kurzer Wellenlänge auszusenden. Es muss nicht erwähnt werden, dass die Benutzung einer lichtemittierenden Komponente mit hoher Leuchtdichte vorzuziehen ist.

[0066] Ein Leuchtstoff, der in Verbindung mit der lichtemittierenden Komponente mit Nitridverbindungshalbleiter benutzt werden soll, muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

1. Ausgezeichnete Lichtbeständigkeit, 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 mit einer Intensität in der Höhe von etwa dem 30- bis 40fachen der des Sonnenlichts ausgesetzt ist.
2. Fähigkeit zur effizienten Emission von Licht im blauen Bereich für die Anregung mittels der lichtemittierenden Komponenten **102**, **202**. Wenn Farbmischung benutzt wird, dann sollte blaues Licht – und keine ultraviolette Strahlung – mit hohem Wirkungsgrad ausgesendet werden.
3. Fähigkeit zur Emission von Licht zwischen dem grünen und dem roten Bereich für den Zweck des Mischens mit blauem Licht, um weißes Licht zu erzeugen.
4. Gute Temperaturkenndaten, die 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 sind.
5. Fähigkeit einer kontinuierlichen Veränderung des Farbtons je nach dem Anteil der Zusammensetzung oder dem Mischungsverhältnis einer Vielzahl von Fluoreszenzmaterialien.
6. Witterungsbeständigkeit für die Einsatzumgebung der lichtemittierende Diode.

AUSFÜHRUNGSFORM 1

[0067] 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, und einen in Kombination mit Zer aktivierte 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.

[0068] Weil der mit Zer 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 in 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.

[0069] Komponenten der lichtemittierende Diode der ersten Ausführungsform werden nachfolgend ausführlich beschrieben.

(Leuchtstoff)

[0070] 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 ein spezifisches, durch Zer aktivierte fluoreszent Granat-Material, das wenigstens 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 Zer aktivierte 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. In dem Fall, wo 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, dann kann Licht weißer Farbe abgegeben werden, indem man das LED-Licht und das Fluoreszenzlicht mischt.

[0071] Weil der Leuchtstoff durch Mischen mit einem Harz benutzt wird, der den 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 der Glühlampe durch Steuerung des Mischungsanteils

mit dem Harz oder der Füllung der Schale **105a** oder der Vertiefung des Gehäuses **204** in Übereinstimmung mit der Wellenlänge des Lichtes eingestellt werden, das von der lichtemittierenden Galliumnitrid-Komponente ausgesendet wird.

[0072] Die Verteilung der Konzentration an Leuchtstoff hat Einfluss auch auf das Mischen für den Farbton und die Beständigkeit. Das heißt, wenn die Konzentration an Leuchtstoff 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 Fremdfeuchtigkeit beeinflusst wird, was es leichter macht, den auf die Feuchtigkeit zurückzuführenden Emissionsrückgang 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 Fremdfeuchtigkeit beeinflusst wird, aber weniger wahrscheinlich, durch Wärme und Strahlung von der lichtemittierenden Komponente beeinflusst zu werden, was ermöglicht, die Emissionseinbuße des Leuchtstoffs zu unterdrücken. Solche Verteilungen der Konzentration an Leuchtstoff kann man dadurch erreichen, dass man das leuchtstoffhaltige Material so wählt und steuert, dass man Einfluss auf die Temperatur und die Viskosität sowie die Konfiguration und die Teilchenverteilung des Leuchtstoffs nimmt.

[0073] Unter Benutzung 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 (Ee) im Bereich von 3 Wcm^{-2} bis 10 Wcm^{-2} liegt.

[0074] 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 einen Schwanz bis 700 nm hat, wie in [Fig. 3B](#) gezeigt wird. Außerdem kann der Wirkungsgrad der stimulierten Lichthebung 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.

[0075] 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.

[0076] Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung und die Lichthemissionskenndaten von YAG-Fluoreszenzmaterial, das durch die allgemeine Formel $(Y_{1-a}Gd_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce$ dargestellt wird.

Tabelle 1

Nr.	Gd-Gehalt a Mol-verhältnis	Ga-Gehalt b Mol-verhältnis	CIE-Koordinaten der Farbskala		Leuchtdichte	Wirkungsgrad
			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

[0077] Die in Tabelle 1 dargestellten Werte wurden gemessen, indem man das Fluoreszenzmaterial mit blau-

em 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.

[0078] 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 substantiell 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.

[0079] 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 höherer Ausbeute durch LED-Licht, das durch eine blaue 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, da die Möglichkeit besteht, die Peak-Wellenlänge durch Verändern des Anteils an Gd kontinuierlich zu ändern.

[0080] 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 Zer aktivierten Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien (YAG) zufügt.

[0081] 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 an Fluorid wie Ammoniumfluorid als Flussmittel gemischt und in einem Schmelzriegel 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, abgesieben, getrocknet und gesiebt, um das gewünschte Material zu erhalten.

[0082] 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.

[0083] 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 Gd 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.

[0084] 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 Temperaturkenngröße kann stark verbessert werden insbesondere durch Zugabe von Sm im Fall von Fluoreszenzmaterial mit einer solchen Zusammensetzung, dass der Rotanteil durch Zunahme des Gd-Gehalts verstärkt wird, weil es eine schlechtes Temperaturkenngröße hat. Die hier erwähnte Temperaturkenngröße wird über das Verhältnis (%) der Emissionsleuchtdichte des Fluoreszenzmaterial bei einer hohen Temperatur (200°C) zur Emissionsleuchtdichte des anregenden blauen Lichts mit einer Wellenlänge von 450 nm bei Normaltemperatur (25°C) gemessen.

[0085] Der Anteil von Sm liegt vorzugsweise im Bereich von $0,0003 \leq r \leq 0,08$, um eine Temperaturkenngröße von 60% oder höher zu ergeben. Ein Wert von r unterhalb dieses Bereichs führt zu einer geringeren Wirkung der Verbesserung der Temperaturkenngröße. Wenn der r-Wert oberhalb dieses Bereichs liegt, wird dagegen die Temperaturkenngröße schlechter. Der Bereich von $0,0007 \leq r \leq 0,02$ für den Anteil an Sm, wo die Temperaturkenngröße 80% oder darüber erreicht, ist natürlich wünschenswert.

[0086] Der Anteil q an Ce liegt vorzugsweise in einem Bereich $0,003 \leq q \leq 0,2$, was eine relative Emissionsleuchtdichte von 70% oder möglicherweise noch höher ergibt. Die relative Emissionsleuchtdichte bezieht sich auf die Emissionsleuchtdichte in Prozent zur Emissinsleuchtdichte eines Fluoreszenzmaterials mit $q = 0,03$.

[0087] Wenn der Zer-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.

[0088] 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 Gs oder Sm kann auch benutzt werden. Dies erhöht die RGB-Komponenten und ermöglicht die Anwendung beispielsweise für ein Vollfarben-Flüssigkristall-Display durch Benutzung eines Farbfilters.

(Lichtemittierende Komponenten **102, 202**)

[0089] 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 Zer aktivierte 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 einer 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.

[0090] Wenn man einen Halbleiter mit Galliumnitrid-Verbindung benutzt, während Saphir, Spinell, SiC, Si, ZnO oder dergleichen als das Halbleitersubstrat benutzt werden, 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 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 vorzuziehen, dass dieser vorzugsweise mit einem Dotiermittel vom p-Typ wie Zn, Mg, Be, Ca, Sr und Ba dotiert wird. Weil es schwierig ist, einen Halbleiter mit Galliumnit-

rid-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 solchen Prozessen wie dem Erhitzen in einem Ofen, der Bestrahlung mit langsamem Elektronen und Plasmabestrahlung, um ihn dadurch in einen p-Typ umzuwandeln. Nach dem Exponieren 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.

[0091] 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.

[0092] Damit bei der lichtemittierenden Diode der ersten Ausführungsform weißes Licht ausgesendet wird, liegt die Wellenlänge des von der lichtemittierenden Komponente ausgesendeten Lichts vorzugsweise von 400 bis einschließlich 530 nm unter Berücksichtigung der Komplementärfarbenbeziehung beim Leuchtstoff und der Zustandsverschlechterung des Harzes, stärker ist jedoch der Bereich von 420 bis einschließlich 490 nm vorzuziehen. Noch stärker vorzuziehen ist eine Wellenlänge von 450 bis 475 nm, um den Emissionswirkungsgrad der lichtemittierenden Komponente und des Leuchtstoffs zu verbessern. Das Emissionsspektrum der weißes Licht aussendenden Diode der ersten Ausführungsform ist in [Fig. 4](#) dargestellt. Die hier gezeigte lichtemittierende Komponente ist vom Leitertyp, 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.

[0093] [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 weißen Licht aussendenden Diode ausgesendet wird, entspricht einem Punkt auf einer Geraden, die einen Punkt auf der Farbtonskala, der durch das blaue LED-Licht erzeugt wird, und einen Punkt auf der Farbtonskala, der durch das Fluoreszenzmaterial erzeugt wird, verbindet, und daher kann der breite Bereich weißer Farbe (gestrichelter Teil in [Fig. 16](#)) im mittleren Teil der Farbtondiagramms 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 weißen 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 Licht der des Fluoreszenzmaterials, wenn man den Gehalt an Fluoreszenzmaterial erhöht, und nähert sich der des blauen LED-Lichts, wenn man den Gehalt an Fluoreszenzmaterial verringert.

[0094] 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 zum Fluoreszenzmaterial, das ein Nitridverbindungshalbleiter ist, der das Fluoreszenzmaterial anzuregen vermag, eine lichtemittierende Komponente mit einer lichtemittierenden Schicht aus Galliumphosphat, Galliumaluminiumarsenid, Galliumarsenphosphat oder Indiumaluminumphosphat 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.

[0095] Weitere Komponenten der lichtemittierenden Dioden der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) werden weiter hinten beschrieben.

(Anschlussdrähte **103, 203**)

[0096] 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 $0,042 \text{ J (0,01 cal)/(s)(cm}^2\text{)}(\text{°C/cm}^2)$ betragen oder darüber liegen, insbesondere aber $2,09 \text{ J (0,5 cal)/(s)(cm}^2\text{)}(\text{°C/cm}^2)$ oder höher. Für die Herstellbarkeit soll der Durch-

messer des Anschlussdrahtes vorzugsweise 10 bis einschließlich 45 µm 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 µm sein, und wegen der lichtemittierenden Fläche und der Leichtigkeit der Handhabung bei 35 µm liegen. Der Anschlussdraht kann aus einem Metall wie Gold, Kupfer, Platin und Aluminium oder eine 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 äusseren Anschluss mittels einer Drahtbondingvorrichtung angeschlossen werden.

(Äusserer Anschluss 105)

[0097] Der äussere Anschluss **105** enthält eine Schale **105a** und einen Leiter **105b**, und es reicht, wenn er groß genug ist, damit die lichtemittierende Komponente **102** mit der Drahtbondingvorrichtung in der Schale **105a** angebracht werden kann. In dem Falle, wo mehrere lichtemittierende Komponenten in der Schale installiert werden und der äussere Anschluss als gemeinsame Elektrode für die lichtemittierende Komponente benutzt wird, sind, weil unterschiedliche Elektrodenmaterialien benutzt werden können, eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und eine gute Leitfähigkeit mit dem Bondingdraht und anderen erforderlich. Wenn die lichtemittierende Komponente in der Schale des Stützdrahtes installiert und die Schale mit dem Fluoreszenzmaterial gefüllt ist, wird das Licht, das von dem Fluoreszenzmaterial ausgesendet wird, selbst wenn es isotrop ist, von der Schale in einer gewünschten Richtung reflektiert, und daher kann eine unbeabsichtigte Beleuchtung durch Licht von einer anderen lichtemittierende 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 sind, so erscheint, als ob sie leuchte, obwohl sie nicht mit Leistung versorgt wird.

[0098] Das Bonden der lichtemittierenden Komponente **102** und des äusseren Anschluss **105** mit der Schale **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 von lichtemittierender Komponente, wo das emittierte Licht aus der Substratseite austritt und die Konfiguration der gestalt ist, dass die Elektroden so angebracht sind, dass sie der Schale **105a** gegenüber liegen) benutzt, können Ag-Paste, Kohlenstoffpaste, Metallanschlüsse oder dergleichen für das Bonden und den elektrischen Anschluss der lichtemittierenden Komponente und den äusseren Anschluss gleichzeitig benutzt werden. Um den Wirkungsgrad der Lichtnutzung der lichtemittierenden Diode zu verbessern, kann außerdem die Oberfläche der Schale des äusseren Anschlusses, auf der die lichtemittierende Komponente untergebracht ist, spiegelpoliert werden, um die Oberfläche in einen reflektierenden Zustand zu versetzen. In diesem Fall soll die Oberflächenrauhigkeit vorzugsweise zwischen 0,1 S (Japanische Einheit gemäß ISO 468 von 1982) und einschließlich 0,8 S liegen. Der elektrische Widerstand des äusseren Anschlusses soll vorzugsweise unter 300 µΩ·cm, besser noch unter 3 µΩ·cm liegen. Wenn eine grössere Stückzahl von lichtemittierenden Komponenten auf dem äusseren Anschluss 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 J (0,01 cal)/(s)(cm²)°C/cm² oder darüber, besser jedoch 2,09 J (0,5 cal)/(s)(cm²)°C/cm² oder darüber, haben. Zu den Materialien, die diese Anforderungen erfüllen, gehören Stahl, Kupfer, Stahlkupfer, kupferplattiertes Zinn und metallbedampfte Keramiken.

(Innerer Anschluss 106)

[0099] Der innere Anschluss **106** ist mit einer der Elektroden der lichtemittierenden Komponente **102**, die auf dem äusseren Anschluss **105** sitzt, über einen leitenden Draht oder dergleichen verbunden. Im Fall einer lichtemittierende Diode, wo eine grössere Anzahl von lichtemittierenden Komponenten auf dem äusseren Anschluss installiert ist, ist es erforderlich, eine Vielzahl von inneren Anschlüssen **106** in solch einer Weise anzurorden, 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 äusseren Anschluss zunimmt und dadurch der Abstand zwischen den leitenden Drähten gesichert ist. Die Oberflächenrauhigkeit 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.

[0100] 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.

[0101] Der innere Anschluss soll eine gute Wärmeleitfähigkeit 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 silberplattierte Metalle Aluminium, Eisen und Kupfer.

(Überzugsmaterial 101)

[0102] Das Überzugsmaterial 101 ist in der Schale des äusseren Anschlusses 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 Epoxydharz, Harnstoffharz und Silikonharz oder Glas. Zusammen mit dem Leuchtstoff kann ein Dispergiermittel benutzt werden. Als Dispergiermittel werden vorzugsweise Bariumtitannat, 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)

[0103] Die Formmasse 104 hat die Aufgabe, die lichtemittierende Komponente 102, den leitenden Draht 103 und das Überzugsmaterial 101, das den Leuchtstoff enthält, vor äußere Einwirkungen zu schützen. Gemäß der ersten Ausführungsform ist vorzuziehen, dass die Formmasse 104 außerdem ein Dispergiermittel enthält, das die Richtfähigkeit des Lichts von der lichtemittierenden Komponente 102 unschärfer machen kann, was zu einem vergrößerten Sichtwinkel führt. Die Formmasse 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 Epoxydharz, Harnstoffharz, Silikonharz oder Glas vorzugsweise benutzt werden. Als Dispergiermittel können Bariumtitannat, 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.

[0104] 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, 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 der Fluoreszenzmaterials von Beobachter nicht erkannt. In dem Fall, wo die lichtemittierende Komponente Licht aussendet, das eine Hauptwellenlänge von 430 nm oder darüber hat, ist es eher vorzuziehen, dass ein Ultraviolet-Absorber, der als Lichtstabilisator dient, enthalten ist.

Abweichende Ausführungsform

[0105] Die lichtemittierende Diode einer weiteren Ausführungsform 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 Fluores-

zenzmaterial, das zwei oder mehrere Arten von Leuchtstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung enthält, oder vorzugsweise mit Zer aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien, nimmt. Mit dieser Konfiguration kann eine lichtemittierende Diode hergestellt werden, die es erlaubt, einen gewünschten Farnton 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 konstant gehalten werden.

[0106] Was das Fluoreszenzmaterial betrifft, kann als Leuchtstoff auch ein Fluoreszenzmaterial benutzt werden, das durch die allgemeine Formel $(Re_{1-r}Sm_r)_3(Al_{1-s}Ga_s)_5O_{12}:Ce$ dargestellt wird. Hier sind $0 \leq r < 1$ und $0 \leq s \leq 1$, und Re ist mindestens ein Material aus der Gruppe Y, Gd. und La. Diese Konfiguration ermöglicht es, die Denaturierung der 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 einer äußerst unbedeutenden Farbverschiebung unterliegt und die gewünschte Emissionskomponente mit hoher Leuchtdichte aufweist.

(Leuchtstoff der abweichenden Ausführungsform)

[0107] Nun soll der Leuchtstoff, der in der lichtemittierenden Komponente der obigen 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 Zer aktivierten Leuchtstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung, wie weiter vorn beschrieben, benutzt werden, und die Methode der Anwendung des Fluoreszenzmaterials ist vom Grunde her dieselbe.

[0108] 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 Bildungstemperatur und die Viskosität sowie die Konfiguration und die Teilchenverteilung des Leuchtstoffs aussucht oder steuert. Somit wird gemäß dieser 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).

[0109] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform hat mit der Konfiguration dieser 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 Strahlungsdichte (E_d) im Bereich von 3 Wcm^{-2} bis 10 Wcm^{-2} angeordnet ist.

[0110] Das mit Zer aktivierte Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterial (YAG-Fluoreszenzmaterial), das in dieser 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 dieser Ausführungsform kann auf etwa 450 nm gelegt werden, wie durch die ausgezogene Linie in [Fig. 5A](#) angegeben ist, und der Wellenlängen-Peak der Emission kann auf etwa 510 nm gelegt werden, wie die ausgezogene Linie in [Fig. 5B](#) zeigt, wobei man das Emissionsspektrum so breit macht, indem man seinen Schweif bei 700 nm ausklingen lässt. Das ermöglicht, grünes Licht auszusenden. Der Wellenlängen-Peak eines anderen mit Zer aktivierten Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterials dieser 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 sein Schweif bei 750 nm ausklingt. Dies ermöglicht, rotes Licht auszusenden.

[0111] 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 bei 1:1 bis 4:6, wenn man den Wirkungsgrad der Lichtheission und die Wellenlänge der Emission in Betracht zieht. In ähnlicher Weise soll der Anteil der Substitution von Y durch Gd und/oder La vorzugsweise für Verhältniszahlen Y:Gd und/oder Y:La bei 9:1 bis 1:9 liegen, günstiger allerdings von Y:Gd und/oder Y:La von 4:1 bis 2:3. 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.

[0112] Materialien für die Herstellung eines derartigen Leuchtstoffes 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 mitfällt und den Mitfällniederschlag glüht, 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 Schmelzriegel 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, abgeschieden, getrocknet und gesiebt, um das gewünschte Material zu erhalten.

[0113] Bei dieser Ausführungsform können die zwei oder mehr Arten von mit Zer 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 Lamieren 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.

[0114] Die lichtemittierende Diode dieser Ausführungsform wird hergestellt, indem man als Fluoreszenzmaterialien die zwei oder mehr Arten von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung benutzt, wie weiter vorn beschrieben ist. Dies ermöglicht, eine lichtemittierende Diode herzustellen, die imstande ist, Licht einer gewünschten Farbe mit hohem Wirkungsgrad auszusenden. Das heißt, wenn die Wellenlänge des Lichtes, das von der lichtemittierenden Halbleiterkomponente ausgesendete Licht 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 Bereichs in [Fig. 6](#), wobei die letzteren die Farbtonpunkte (Punkte C und D) der zwei oder mehr Arten von Yttrium-Aluminium-Granat-Fluoreszenzmaterialien unterschiedlicher Zusammensetzung sind, 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.

[0115] 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 Nitrid-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 die Emissionsausbeute der lichte-

mittierende Diode nicht herabgesetzt.

(Planare Lichtquelle)

[0116] Eine planare Lichtquelle, die eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, ist in [Fig. 7](#) gezeigt.

[0117] Bei der in [Fig. 7](#) dargestellten planaren Lichtquelle befindet sich der in der ersten 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.

[0118] 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 Leitermuster (nicht dargestellt) gebildet werden. Nach den elektrischen Anschließen der Elektrode der lichtemittierenden Komponente und des Leitermusters wird der Leuchtstoff mit Epoxydharz gemischt und in das Metallsubstrat **703** mit der umgekehrten C-Form gebracht, worauf die lichtemittierende Komponente **702** gesetzt wird. Die so gehaltete lichtemittierende Komponente wird mittels eines Epoxydharzes 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 die Streulichtscheibe **706** zum Zwecke der Verhinderung von Fluoreszenz nicht ausgebildet wird.

[0119] In ähnlicher Weise wird ein Reflektor auf der ganzen Fläche auf der Rückseite der Lichtleitplatte **704** und auf der Stirnfläche vorgesehen, wo 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.

[0120] Die Anwendung der lichtemittierenden Diode für planare Lichtemission bei einer Flüssigkristallanzeige kann dadurch erfolgen, dass man eine Polarisierplatte auf einer Hauptebene der Lichtleiterplatte **704** über einen Flüssigkristall anordnet, der zwischen Glassubstrate (nicht dargestellt) injiziert wurde, worauf ein lichtdurchlässiges Leitermuster geformt wird.

[0121] 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 Lichtleiterplatte **704** abgegeben wird.

[0122] 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 in Punkten und nicht als Scheibe auf der Lichtleiterplatte **704** ausgebildet werden.

<Anwendung>

(Anzeigevorrichtung)

[0123] 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 Videodatenspeicher **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 lichtemittierenden Dioden **501** enthält wie dies in [Fig. 11](#) dargestellt ist, wird als eine monochromatische LED-Anzeigevorrichtung benutzt. Das Gehäuse **504** ist mit einem lichtundurchlässigen Material **505** versehen, das rundum angeordnet ist.

[0124] Der Ansteuerkreis **610** enthält Mittel für die Videodatenspeicherung (RAM) **603** für das zeitweilige Speichern der eingegebenen Anzeigedaten, Mittel zur Farbtonsteuerung **604**, die die Farbtonsignale zur Steuerung der einzelnen lichtemittierenden Dioden der LED-Anzeigevorrichtung **601** berechnen und ausgeben, damit diese entsprechend der spezifizierten Helligkeit gemäß den Daten vom RAM **603** leuchten, und den Treiber **602**, der durch Signale geschaltet wird, die von den Mitteln zur Farbtonsteuerung **604** bereitgestellt werden, um das Leuchten der lichtemittierenden Dioden anzusteuern. 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.

[0125] Die LED-Anzeigevorrichtung, die unter Benutzung von lichtemittierenden Dioden der drei Farben RGB mit weißem Licht anzeigt, ist für die Anzeige erforderlich, indem sie die Ausgangsleistung der Lichtemission der roten, gelben und blauen lichtemittierenden Dioden steuert und dementsprechend die lichtemittierenden Dioden unter Berücksichtigung der Emissionsintensität, die Temperaturkenndaten und weitere Faktoren der lichtemittierenden Dioden steuern muss, was zu einer komplizierten Konfiguration des Ansteuerkreises führt, der die LED-Anzeigevorrichtung ansteuert. Weil die LED-Anzeigevorrichtung **601** dadurch gebildet wird, dass lichtemittierenden Dioden **501** der vorliegenden Erfindung benutzt 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 roten, gelben und blauen lichtemittierenden Dioden ansteuert, wodurch möglich wird, dass die Konfiguration des Ansteuerkreises einfacher wird und dadurch die Anzeigevorrichtung zu niedrigen Kosten hergestellt werden kann.

[0126] Bei einer LED-Anzeigevorrichtung, die unter Benutzung von lichtemittierenden Dioden dreierlei Art, nämlich RGB, mit weißem Licht anzeigt, müssen die 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 Beschatten einer oder mehrerer lichtemittierender Dioden RGB je nach dem Sichtwinkel, während bei der erfindungsgemäßen LED-Anzeigevorrichtung dieses Problem nicht besteht.

[0127] Wie oben beschrieben ist die Anzeigevorrichtung, die mit der LED-Anzeigevorrichtung ausgestattet ist, 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 anzeigen, 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 lichtemittierende Diode)

[0128] 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 – Mittel zur Videodatenspeicher (RAM) für das zeitweilige Speichern der eingegebenen Anzeigedaten, einen Farbton-Steuerkreis, der die im RAM gespeicherten Daten für das Leuchten der lichtemittierenden Dioden mit einer speziellen Helligkeit aufbereitet, und einem 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 weiße lichtemittierende 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 lichtemittierenden Dioden RGB verkürzt, oder der Spitzenwert des Signalimpulses wird verringert, oder es wird gar kein Signalimpuls abgegeben. Andererseits wird als Ausgleich ein Signalimpuls an die weiße lichtemittierende Diode gegeben. Dieser bewirkt, dass die LED-Anzeigevorrichtung mit weißem Licht anzeigt.

[0129] Wie weiter oben beschrieben wurde, kann die Helligkeit der Anzeige dadurch verbessert werden, dass man die weiße lichtemittierende Diode zu den lichtemittierenden Dioden RGB hinzufügt. Wenn die lichtemittierenden Dioden RGB 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 lichtemittierende Diode zufügt.

[0130] 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 lichtemittierende Diode mit einer bestimmten Helligkeit leuchtet. Der Signalimpuls, der von dem Farbton-Steuerkreis abgegeben wird, gelangt auf den Treiber für die weiße lichtemittierende Diode, wodurch der Treiber geschaltet wird. Die weiße lichtemittierende Diode leuchtet, wenn der Treiber eingeschaltet ist, und erlischt, wenn der Treiber ausgeschaltet wird.

(Lichtsignal)

[0131] Wenn die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode als Lichtsignal benutzt wird, das eine Art von Anzeigevorrichtung ist, dann kann man solche Vorteile wie ein stabiles Leuchten über einen großen Zeitraum und keine Farbungleichmäßigkeit, wenn ein Teil der lichtemittierenden Dioden erlöschen, erzielen. Das Lichtsignal, das die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode benutzt, hat eine solche Konfiguration, dass weiße lichtemittierenden Dioden auf einem Substrat angeordnet sind, auf dem ein Leitermuster 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 Stromanschlusse 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 in weißer Farbe versehen. Die elektrischen Anschlüsse der LED-Anzeigevorrichtung werden durch eine Gummidichtung auf der Rückseite des Gehäuses durchgeführt, 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 können 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 eines mit Glühlampen betriebenen Signals.

<Beispiele>

[0132] Die folgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung ausführlich veranschaulichen, ohne ihren Umfang einzuzgrenzen.

(Beispiel 1)

[0133] Beispiel 1 stellt eine lichtemittierende Komponente mit einem Emissions-Peak bei 450 nm und einer Halbwertbreite von 30 nm bei Benutzung eines GaInN-Halbleiters. 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 SiH₄ und Cp₂Mg (bis(Zyclopentadienyl)Magnesium) als Dotiergas umschaltet. Das LED-Element des Beispiels 1 hat eine Kontaktsschicht, 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 Kontaktsschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, und zwischen der Kontaktsschicht mit der n-Leitfähigkeit und der Hüllschicht mit der p-Leitfähigkeit ist eine undotierte InGaN-Aktivierschicht der Stärke 3 nm 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 geheißt.

[0134] 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-Wafer, der wie oben beschrieben hergestellt wurde, fertigt man die lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafer durch äußere Kräfte.

[0135] Die nach dem oben beschriebenen Vorgang hergestellte lichtemittierende Komponente wird in eine Schale eines aus silberplattiertem Stahl gefertigten äusseren Anschlusses durch Press-Bonden mit Epoxydharz befestigt. Dann werden die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, des äusseren Anschlusses und des inneren Anschlusses durch Draht-Bonden mit Golddrähten von 30 µm Durchmesser elektrisch angeschlossen, um eine lichtemittierende Diode vom Leitertyp herzustellen.

[0136] Ein Leuchtstoff wird durch Lösen von den Seldenen Erden Y, Gd und Ce in stöchiometrischen Anteilen in einer Säure und durch Mitfällen der Lösung mit Oxalsäure hergestellt. Die Oxide des Mitfällniederschlags werden durch Glühen erhalten, und dieses Material wird 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 Schmelzriegel 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_{0,2/3})Al₅O₁₂:Ce dargestellt wird, wo etwa 20% des Yttrium durch Gd substituiert ist und das Substitutionsverhältnis von Ce 0,03 beträgt.

[0137] 80 Gewichtsteile des Fluoreszenzmaterials mit der Zusammensetzung (Y_{0,8}Gd_{0,2/3})Al₅O₁₂:Ce, das nach dem obigen Prozess hergestellt wurde, und 100 Gewichtsteile Epoxydharz werden ausreichend gemischt, so dass sich eine Aufschlämmung ergibt. Die Aufschlämmung wird in die Schale auf dem äusseren Anschluss gegossen, auf dem die lichtemittierende Komponente montiert ist. Nach dem Vergießen wird die Aufschlämmung eine Stunde lang bei 130°C aushärten lassen. Dadurch wird ein Überzug, der den Leuchtstoff enthält, mit einer Stärke von 120 µm Stärke auf der lichtemittierenden Komponente gebildet. Im Beispiel 1 wird der Überzug so ausgebildet, dass er den Leuchtstoff zur lichtemittierenden Komponente hin mit allmählich zunehmender Konzentration enthält. Die Bestrahlungsintensität beträgt etwa 3,5 W/cm². Die lichtemittierende Komponente und der Leuchtstoff werden mit lichtdurchlässigem Epoxydharz vergossen, um einen Schutz gegen äußere Beanspruchung, Feuchtigkeit und Staub zu bilden. Ein Leiträumen mit der Überzugsschicht aus dem Leuchtstoff darauf wird in einen kugelförmigen Stempel gebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxydharz gemischt und dann 5 Stunden lang bei 150°C aushärten lassen.

[0138] Bei der visuellen Betrachtung der nach obiger Beschreibung hergestellten lichtemittierenden Diode in der Richtung normal zur lichtemittierenden Ebene fand man, dass der mittlere Teil in einer gelblichen Farbe erschien, was auf die Körperfarbe des Leuchtstoffs zurückzuführen war.

[0139] Messungen des Farbwertpunktes, der Farbtemperatur und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Diode, die nach obiger Beschreibung hergestellt wurde 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. Die Lichtemissionsausbeute betrug 9,5 lm/W, ein Wert, der auch mit dem einer Leuchtstofflampe vergleichbar ist. Außerdem wurden in Lebensdauerversuchen unter einer Erregung mit 60 mA bei 25°C, 25 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 lichtemittierende Diode für blaues Licht zeigte.

(Vergleichsbeispiel 1)

[0140] 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 100 Stunden auf Null. Die Analyse der Ursache für die Abnahme der Leistungsdaten ergab, dass das Fluoreszenzmaterial schwarz geworden war.

[0141] 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 geschrärzten 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 vom Beispiel 1 in [Fig. 13](#) dargestellt. Die Leuchtdichte ist als Relativwert mit Bezug auf den Anfangswert dargestellt. Eine durchgehende Linie trifft auf das Beispiel 1 zu, während die gestrichelte Linie für das Vergleichsbeispiel 1 in [Fig. 13](#) gilt.

[0142] Beim Beispiel 2 wurde eine lichtemittierende Komponente in derselben Art und Weise wie beim Beispiel 1 hergestellt, allerdings mit dem Unterschied, dass der Gehalt an In im Nitridverbindungshalbleiter 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.

[0143] Messungen des Farbwertpunktes, der Farbtemperatur und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Diode, die nach obiger Beschreibung hergestellt wurde 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).

[0144] [Fig. 18A](#), [Fig. 18B](#) und [Fig. 18C](#) zeigen die Emissionsspektren des Leuchtstoffs, der lichtemittierenden Komponente bzw. der lichtemittierenden Diode des Beispiels 2.

[0145] 100 Stück der lichtemittierenden Dioden vom 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 Lebensdauerversuch gemessen wurde, betrug die durchschnittliche Leuchtkraft nach dem Lebensdauerversuch 98,8%, was beweist, dass in den Kenndaten keine Änderung vorliegt.

(Beispiel 3)

[0146] 100 lichtemittierende Dioden wurden in derselben Art und Weise wie beim Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, dass man Sm zusätzlich zu den Seltenen Erden Y, Gd und C 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 Temperaturkenndaten als beim Beispiel 1 erhalten.

(Beispiel 4)

[0147] Die LED-Anzeigevorrichtung des Beispiels 4 besteht aus den lichtemittierenden Dioden des Beispiels 1, die in einer 16×16-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.

[0148] 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 Farbtionssignale berechnet, damit die lichtemittierenden Dioden mit einer bestimmten Hel-

ligkeit leuchten, und Treibervorrichtungen, die durch das Ausgangssignal der 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)

[0149] Die lichtemittierende Diode vom Beispiel 5 wurde auf dieselbe Art und Weise wie beim Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, dass man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel $(Y_{0,2}Gd_{0,8})_3Al_5O_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 5 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0150] 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 vom Beispiel 5 eine um etwa 40% niedrigere Leuchtdichte zeigten als die lichtemittierenden Dioden vom Beispiel 5, wiesen sie im Lebensdauerversuch eine gute Witterungsbeständigkeit auf, die mit der des Beispiels 1 vergleichbar ist.

(Beispiel 6)

[0151] Die lichtemittierende Diode vom Beispiel 6 wurde auf dieselbe Art und Weise wie beim Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, dass man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel $Y_3Al_5O_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 6 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0152] Gemäß der Messung des Farbwertpunktes wurde im Vergleich mit Beispiel 1 ein weißes Licht mit leicht gelb-grünem Einschlag ausgesendet. Die lichtemittierende Diode des Beispiels 6 zeigte im Lebensdauerversuch 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)

[0153] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 7 wurde auf dieselbe Art und Weise wie beim Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, dass man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel $Y_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 7 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0154] Obwohl die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 7 eine niedrige Leuchtdichte aufwiesen und ein grünlich-weißes Licht aussendeten, zeigten sie im Lebensdauerversuch 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)

[0155] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 8 wurde auf dieselbe Art und Weise wie beim Beispiel 1 gefertigt, allerdings mit dem Unterschied, dass man einen Leuchtstoff benutzte, der durch die allgemeine Formel $Gd_3(Al_{0,5}Ga_{0,5})_5O_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird, in welchem kein Y enthalten ist. 100 Stück der lichtemittierenden Diode des Beispiels 8 wurden hergestellt und hinsichtlich der verschiedenen Kenndaten ausgemessen.

[0156] Obwohl die lichtemittierenden Dioden von Beispiel 8 eine niedrige Leuchtdichte aufwiesen, zeigten sie im Lebensdauerversuch eine gute Witterungsbeständigkeit ähnlich der vom Beispiel 1.

(Beispiel 9)

[0157] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 9 ist eine planare lichtemittierende Vorrichtung mit der in [Fig. 7](#) dargestellten Konfiguration.

[0158] 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 SiH₄ und Cp₂Mg (bis(Zyclopentadienyl)Magnesium) als Dotiergas umschaltet und dabei einen pn-Übergang erzeugt. Für die lichtemittierende Halbleiterkomponente werden eine Kontaktsschicht, 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 Kontaktsschicht, 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 geglüht.

[0159] Nach der Ausbildung der Halbleiterschichten und 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 oben beschriebenen Halbleiter-Wafer werden die lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafer durch äußere Kräfte gefertigt.

[0160] Die lichtemittierende Komponente wird auf einem äusseren Anschluss, der eine Schale an der Spitze eines aus silberplattiertem Kupfer bestehenden Leitrahmens aufweist, durch Press-Bonding mit Epoxydharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der äussere Anschluss und der innere Anschluss werden durch Draht-Bonding mit Golddrähten von 30 µm Durchmesser elektrisch angeschlossen.

[0161] Der Leitrahmen mit der darauf angebrachten lichtemittierenden Komponente wird in einen kugelförmigen Stempel gebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxydharz zum Gießen versiegelt und wird dann 5 Stunden lang bei 150°C aushärten lassen, um dadurch eine blaue Licht aussendende Diode zu erhalten. Die das blaue 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 Bariumtititanat auf, das in einem Akrylbinder als Reflektor weißer Farbe dispergiert ist, und lässt es aushärten.

[0162] 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. Oxide des Mitfällniederschlags werden durch Glühen erhalten, und dieses Material wird mit Aluminiumoxid und Galliumoxid gemischt, wobei die jeweiligen Materialgemische erhalten werden. Das Gemisch wurde dann mit Ammoniumfluorid, das als Flussmittel benutzt wird, gemischt und in einem Schmelzriegel 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.

[0163] 120 Gewichtsteile des ersten Fluoreszenzmaterials, das die Zusammensetzung Y₃(Al_{0,6}Ga_{0,4})₅O₁₂:Ce hat, grünes Licht auszusenden vermag und nach dem obigen Prozess hergestellt wurde, und 100 Gewichtsteile des zweiten Fluoreszenzmaterials, das die Zusammensetzung (Y_{0,4}Gd_{0,6})₃Al₅O₁₂:Ce hat, rotes Licht auszusenden vermag und nach einem Prozess hergestellt wurde, der dem für das erste Fluoreszenzmaterial ähnlich ist, werden mit 100 Gewichtanteilen Epoxydharz ausreichend gemischt, so dass sich eine Aufschlämmung ergibt. Die Aufschlämmung wird mittels einer Mehrschicht-Auftragvorrichtung auf eine Akrylschicht mit einer Stärke von 0,5 mm gebracht und trocknen lassen, damit eine Schicht aus Fluoreszenzmaterial entsteht, die als Farbwandlermaterial mit einer Stärke von etwa 30 µm benutzt werden kann. Die Schicht aus Fluoreszenzmaterial wird in die gleiche Größe geschnitten wie die der lichtemittierenden Hauptplatte 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. Eine Lichtausbeute von 12 lm/W, die mit der einer Glühlampe vergleichbar ist, wurde erhalten. Außerdem wurde in Versuchen auf Witterungsbeständigkeit bei einer Anregung von 60 mA bei Zimmertemperatur, 20 mA bei Zimmertemperatur und 20 mA bei 60°C und 9% relativer Luftfeuchtigkeit keine Änderung beobachtet, die auf das Fluoreszenzmaterial zurückzuführen wäre.

(Vergleichsbeispiel 2)

[0164] Eine lichtemittierende Diode wurde in derselben Art und Weise hergestellt und auf ihre Witterungsbeständigkeit untersucht wie beim 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 fluoreszenten Farbstoffs (FA-005 von Synleuch Chemisch), die Perylen-Derivate sind, mischte. Die Farbwertkoordinaten der lichtemittierenden Diode des so erzeugten Vergleichsbeispiels 1 ergaben $(x; y) = (0,34; 0,35)$. Die Prüfung auf Witterungsbeständigkeit erfolgte durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht, das durch einen Kohlelichtbogen erzeugt wurde, über einen Zeitraum von 200 Stunden, was der Bestrahlung mit Sonnenlicht über einen Zeitraum von einem Jahr äquivalent war. Dabei maß man das Verhältnis der Lumineszenzbeständigkeit und den Farnton zu verschiedenen Zeiten des Versuchszeitraums. In einer Zuverlässigkeitssprüfung wurde die lichtemittierende Komponente erregt, um Licht bei einer konstanten Temperatur von $70^\circ C$ auszusenden, wobei die Leuchtdichte und der Farnton 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 **Fig. 15** ersichtlich ist, liegt bei der lichtemittierenden Komponente des Beispiels 9 eine geringere Abnahme der Eigenschaften als beim Vergleichsbeispiel 2 vor.

(Beispiel 10)

[0165] Die lichtemittierende Diode des Beispiels 10 ist eine lichtemittierende Diode vom Leiterrtyp.

[0166] Bei der lichtemittierenden Diode des Beispiels 10, die man in derselben Weise herstellte wie die, die man Beispiel 9 benutzte, hat die lichtemittierende Komponente eine lichtemittierende Schicht aus $In_{0,05}Ga_{0,95}N$ mit einem Emissions-Peak bei 450 nm. Die lichtemittierende Komponente wird in der Schale, die sich an der Spitze eines äusseren Anschlusses aus silberplattiertem Kupfer befindet, durch Press-Bonden mit Epoxyharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der äussere Anschluss und der innere Anschluss wurden durch Draht-Bonden über Golddrähte elektrisch angeschlossen.

[0167] 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 benutzt 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 Schmelziegel 3 Stunden lang bei einer Temperatur von $1400^\circ C$. 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.

[0168] 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 äusseren Anschluss angebrachte Schale, in der sich die lichtemittierende Komponente befindet. Dann lässt man das Harz einschließlich des Leuchtstoffs eine Stunde lang bei $130^\circ C$ 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 Einschmelzen 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 einen kugelförmigen Stempel gebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxyharz gemischt und dann 5 Stunden lang bei $150^\circ C$ aushärten lassen. Bei visueller Beobachtung der wie oben beschrieben erzeugten lichtemittierenden Diode in der Richtung normal zur lichtemittierenden Ebene wurde gefunden, dass der mittlere Teil eine gelbliche Farbe annahm, die auf die Körperfarbe des Leuchtstoffs zurückzuführen ist.

[0169] Messungen des Farbwertpunktes und der Farbwiedergabezahl der lichtemittierenden Vorrichtung des Beispiels 10, die wie oben beschrieben hergestellt wurde, ergaben Werte von $(0,32; 0,34)$ für den Farbwert-

punkt (x; y) und 89,0 für die Farbwiedergabezahl (Ra) und eine Lichtausbeute 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 das Fluoreszenzmaterial zurückzuführen wäre, was zeigt, dass kein Unterschied zu einer gewöhnlichen blauen lichtemittierende Dioden im Verhalten während der Betriebslebensdauer besteht.

(Beispiel 11)

[0170] Ein $\text{In}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{N}$ -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-Prozess eine Halbleiterschicht aus einer Galliumnitridverbindung zu erzeugen. Ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ und ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ wurden 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 Kontaktsschicht, 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 Kontaktsschicht, die ein Galliumnitrid-Halbleiter mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ ist, gebildet. Zwischen der Kontaktsschicht mit der n-Leitfähigkeit und der Hüllschicht mit der p-Leitfähigkeit wird eine undotierte InGaN-Aktivierschicht der Stärke 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.

[0171] 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-Wafer, der wie oben beschrieben hergestellt wurde, werden die lichtemittierenden Komponenten durch Teilen des Wafer durch äußere Kräfte erzeugt.

[0172] Die lichtemittierende Komponente wird in einer Schale an der Spitze eines äusseren Anschlusses aus silberplattiertem Kupfer durch Press-Bonding mit Epoxydharz angebracht. Die Elektroden der lichtemittierenden Komponente, der äussere Anschluss und der innere Anschluss werden durch Draht-Bonding über Golddrähte mit einem Durchmesser von 30 µm elektrisch angeschlossen.

[0173] Der Leiterrahmen mit der darauf angebrachten lichtemittierenden Komponente wird in einen kugelförmigen Stempel gebracht und mit lichtdurchlässigem Epoxydharz zum Vergießen versiegelt und dann 5 Stunden lang bei 150°C aushärten lassen, um eine blaues Licht emittierende Diode zu ergeben. Die das blaue Licht aussendende Diode wird mit einer Stirnfläche einer an allen Stirnflächen polierten Lichtleiterplatte aus Akryl verbunden. Auf eine Oberfläche und eine Seitenfläche der Akrylplatte bringt man im Siebdruckverfahren Bariumtititanat auf, das in einem Akrylbinder als Reflektor weißer Farbe dispergiert ist, und lässt es aushärten.

[0174] Den Leuchtstoff erzeugt man durch Mischen eines Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel $(\text{Y}_{0,8}\text{Gd}_{0,2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird und gelbes Licht mit relativ kurzer Wellenlänge auszusenden vermag, und eines Fluoreszenzmaterials, das durch die allgemeine Formel $(\text{Y}_{0,4}\text{Gd}_{0,6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Ce}$ dargestellt wird und gelbes Licht mit 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 Mitfallen 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 Schmelziegel 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.

[0175] 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 auf dieselbe Größe wie die Hauptemissionsebene der Lichtleiterplatte geschnitten und auf der Lichtleiterplatte angebracht, um dadurch eine lichtaussendende Vorrichtung zu erzeugen. Messungen des Farbwertpunktes und der Farbwiedergabezahl der lichtaussendenden 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 eine Lichtausbeute 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 lichtemittierende Diode von Beispiel 11. Außerdem wurde bei Lebensdauerversuchen 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.

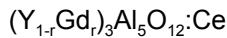
(Beispiel 12)

[0176] 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 vom Beispiel 1, so wies sie doch im Lebensdauerversuch eine gute Witterungsbeständigkeit auf, die mit der des Beispiels 1 vergleichbar war.

[0177] Wie weiter oben beschrieben wurde, kann die erfindungsgemäße lichtemittierende Diode Licht einer beliebigen Farbe aussenden und unterliegt einer geringeren Abnahme der Emissionsausbeute und zeigt eine gute Witterungsbeständigkeit, selbst wenn sie über einen großen Zeitraum mit hoher Luminanz benutzt wird. Daher ist die Anwendung der lichtemittierenden Diode nicht auf elektronische Anwendungsfälle beschränkt, sondern kann neue Anwendungsgebiete eröffnen einschließlich der Anzeigen für Automobile, Flugzeuge, Bojen in Häfen und auf Flugplätzen sowie für den Außeneinsatz wie als Verkehrszeichen und als Beleuchtung für Schnellstraßen.

Patentansprüche

1. Eine lichtemittierende Vorrichtung, die ein lichtemittierendes Teil (102) und einen Leuchtstoff (101) enthält, der in der Lage ist, einen Teil des vom lichtemittierenden Teil ausgesandten Lichtes zu absorbieren und Licht mit einer Wellenlänge auszusenden, die sich von der des absorbierten Lichtes unterscheidet, wobei das besagte lichtemittierende Teil (102) einen Verbindungshalbleiter auf der Grundlage von GaN und der besagte Leuchtstoff ein Granat-Fluoreszenzmaterial entsprechend der Formel



mit $0 \leq r \leq 1$

enthält, in der Al mindestens teilweise durch Ga und/oder In ersetzt sein kann, und

in der das besagte lichtemittierende Teil (102) eine blaue lichtemittierende Diode (LED) ist und in der der besagte Leuchtstoff sich in einem direkten oder indirekten Kontakt mit der besagten blauen lichtemittierenden Diode befindet, und in der ein Hauptemissionspeak der lichtemittierenden Diode innerhalb des Bereichs von 400 nm bis 530 nm liegt und eine Hauptemissionswellenlänge des Leuchtstoffs so liegt, dass sie länger als der Hauptemissionspeak des lichtemittierenden Teils ist.

2. Eine lichtemittierende Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Verbindungshalbleiter auf GaN-Grundlage In enthält.

3. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei der das lichtemittierende Teil (102) auf eine Schale (105a) eines ersten Anschlusses (105), aufgebracht ist, wobei besagte Schale (105a) mit einem Überzugsmaterial (101) gefüllt ist, um das lichtemittierende Teil (102) zu bedecken, und wobei das lichtemittierende Teil (102) zwei Elektroden aufweist, von denen eine mittels eines leitenden Drahtes (103) mit einem zweiten Anschluss (106) verbunden ist, wobei das besagte lichtemittierende Teil (102), die besagte Schale (105a) und das besagte Überzugsmaterial (101) mit einem Formstoff (104) bedeckt sind und der besagte erste Anschluss (105) und der besagte zweite Anschluss (106) teilweise mit diesem besagten Formstoff (104) überzogen sind und der besagte Leuchtstoff entweder in dem Formstoff (104) oder in dem Überzugsmaterial (101) oder in beiden, dem Überzugsmaterial (101) und dem Formstoff (104), enthalten sein kann.

4. Eine Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der der Formstoff (104) ein transparentes Material wie Epoxidharz, Harnstoffharz, Silikonharz oder Glas ist.

5. Eine Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der das Überzugsmaterial (**101**) ein transparentes Material wie Epoxydharz, Harnstoffharz, Silikonharz oder Glas ist.
6. Eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 5, bei der der Formstoff (**104**) dasselbe Material wie das Überzugsmaterial (**101**) ist.
7. Eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 6, bei der der Formstoff (**104**) ein Dispergiermittel wie Bariumtitannat, Titanoxid, Aluminiumoxid oder Siliziumdioxid enthält.
8. Eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 3 bis 7, bei der der Formstoff (**104**) ein Färbemittel enthält.
9. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei der das lichtemittierende Teil (**202**) in eine Vertiefung eines geformten Gehäuses (**204**) eingesetzt ist und das besagte Gehäuse mit einem Überzugsmaterial (**201**) gefüllt ist, um das lichtemittierende Teil (**202**) zu bedecken, wobei das besagte lichtemittierende Teil (**202**) Elektroden aufweist, die mit Hilfe von leitenden Drähten (**203**) mit Metallanschlüssen (**205**) verbunden sind, welche auf gegenüberliegenden Seiten des besagten Gehäuses (**204**) angebracht sind und wobei das Überzugsmaterial (**201**) den besagten Leuchtstoff enthält.
10. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, die eine im Wesentlichen rechteckige optisch leitende Platte (**704**) enthält, welche mit dem lichtemittierenden Teil (**702**), das an einer ihrer Stirnseiten angebracht ist, ausgestattet und mit Ausnahme einer Hauptfläche mit einem reflektierenden Material (**705**) bedeckt ist.
11. Eine Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der der besagte Leuchtstoff in einem Überzugsmaterial (**701**), das sich auf der besagten Stirnseite und im direkten Kontakt mit dem lichtemittierenden Teil (**702**) befindet, enthalten ist.
12. Eine Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der der Leuchtstoff (**706**) auf einer Hauptfläche der optisch leitenden Platte (**704**) aufgebracht ist, die nicht vom reflektierenden Material (**705**) bedeckt ist.
13. Eine LED-Anzeigevorrichtung, die Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 9, welche in einer Matrix angeordnet sind, und einen Steuerkreis aufweist, der die LED-Anzeigevorrichtung entsprechend der auf ihn gegebenen Anzeigedaten steuert.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

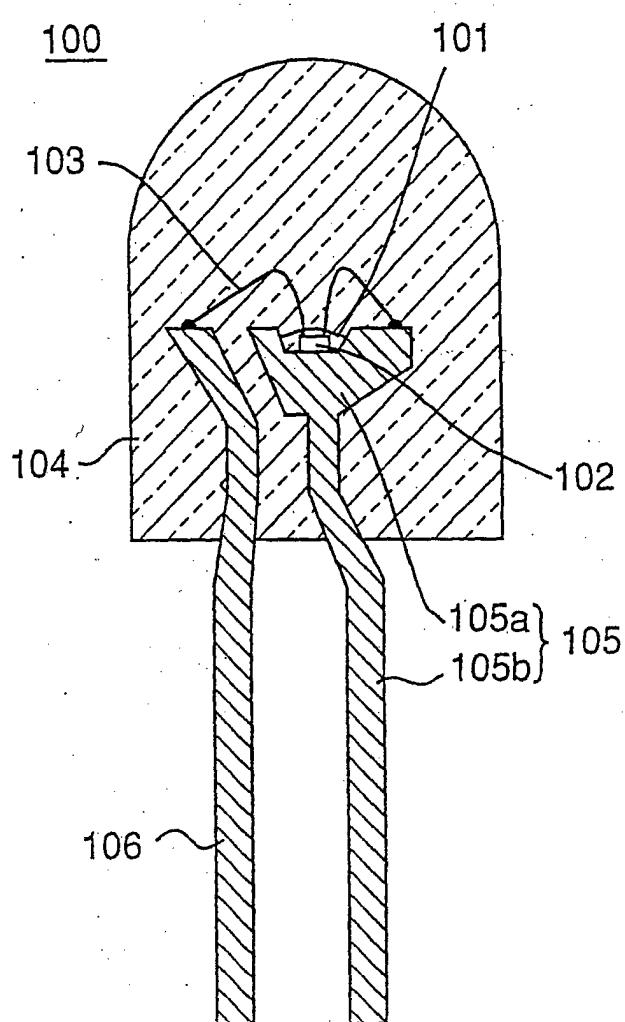


Fig.2

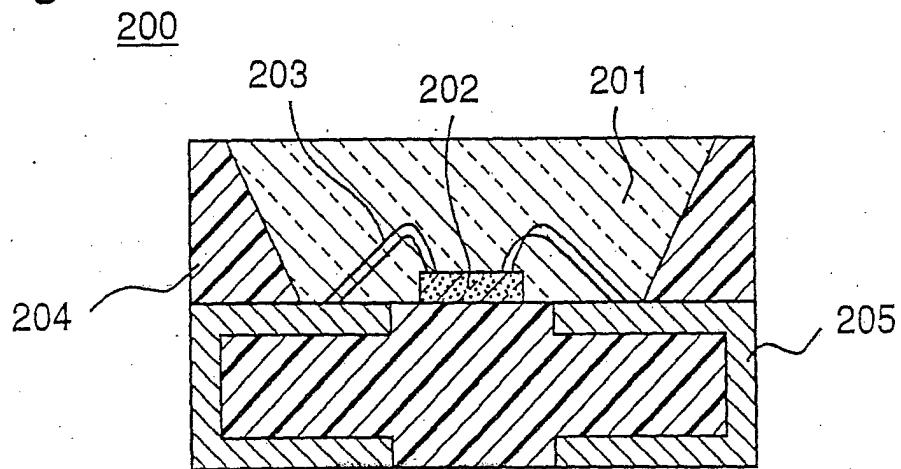


Fig.3A

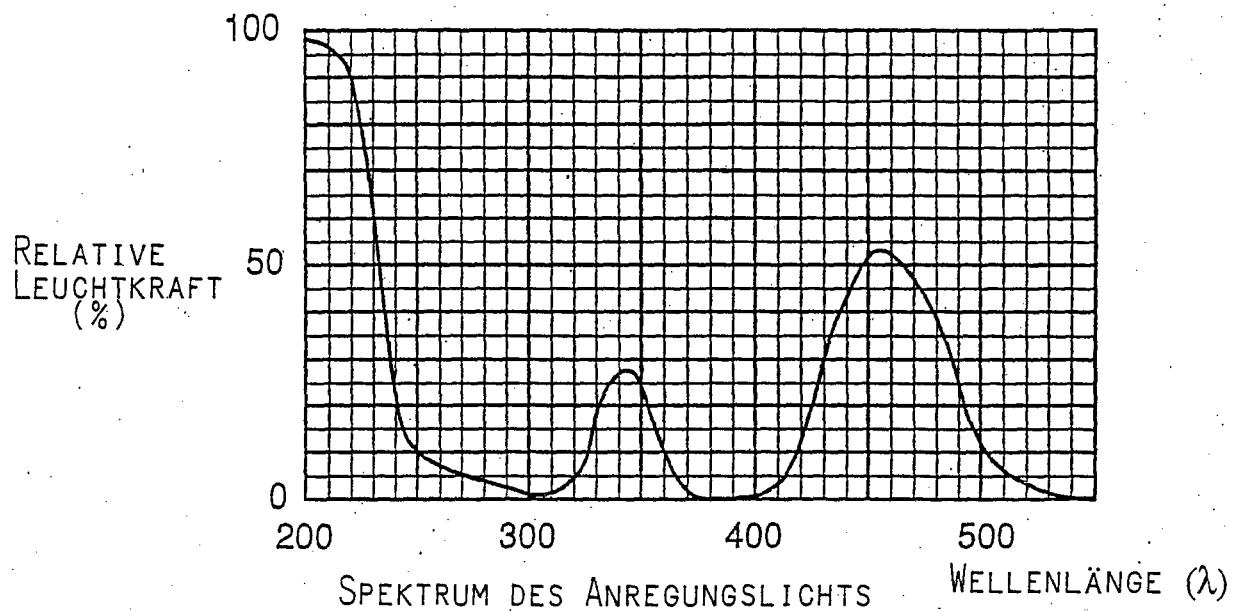


Fig.3B

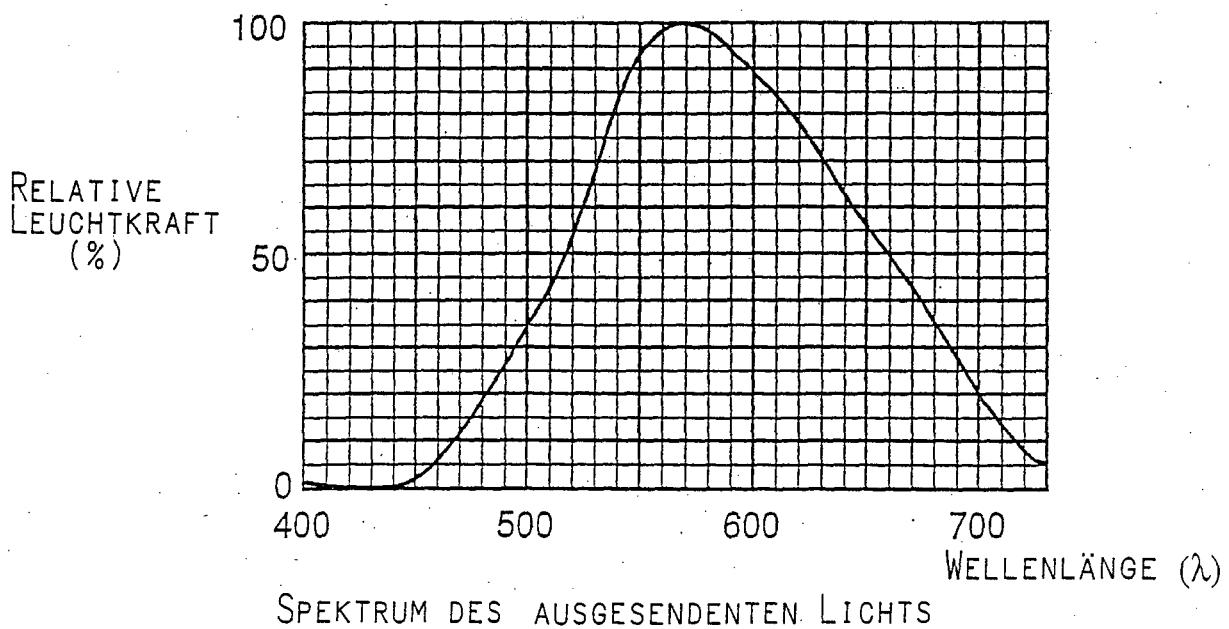


Fig. 4 EMISSIONSSPEKTRUM

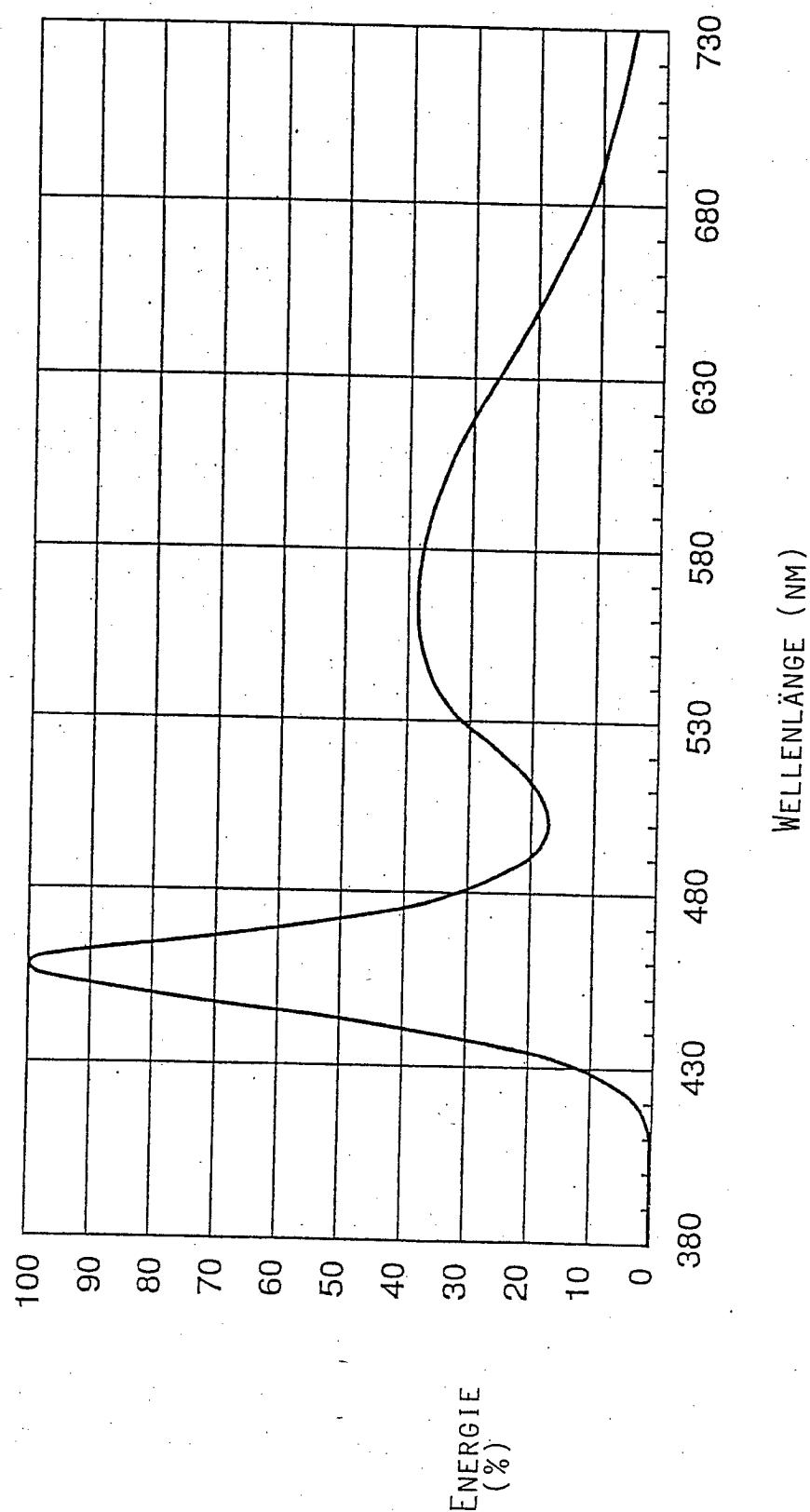


Fig.5A

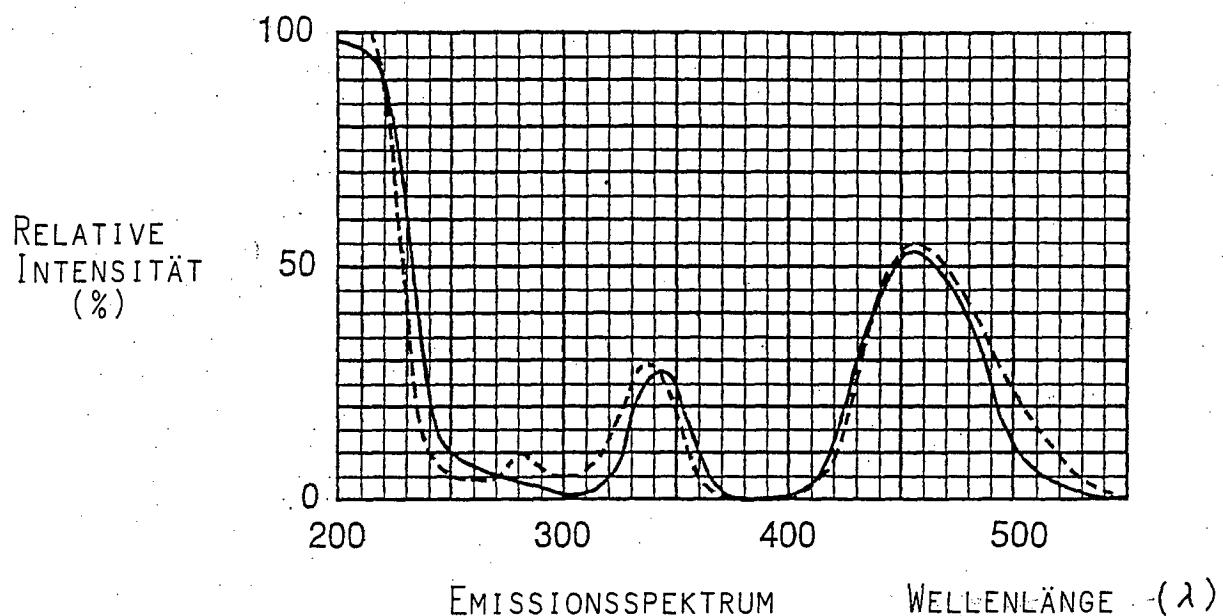


Fig.5B

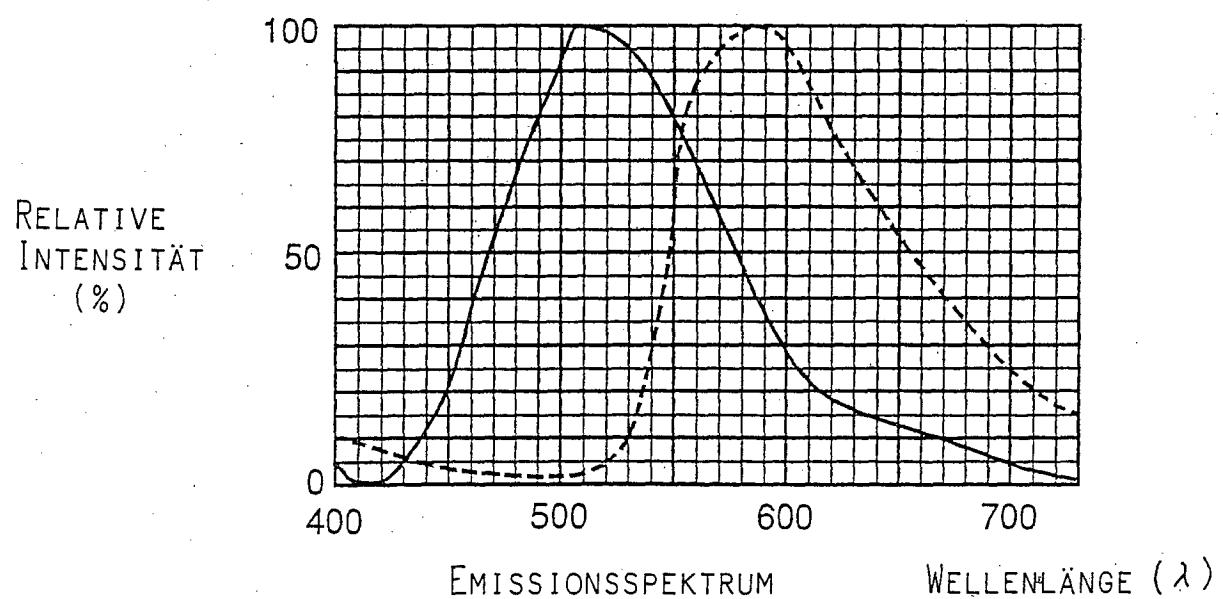


Fig. 6

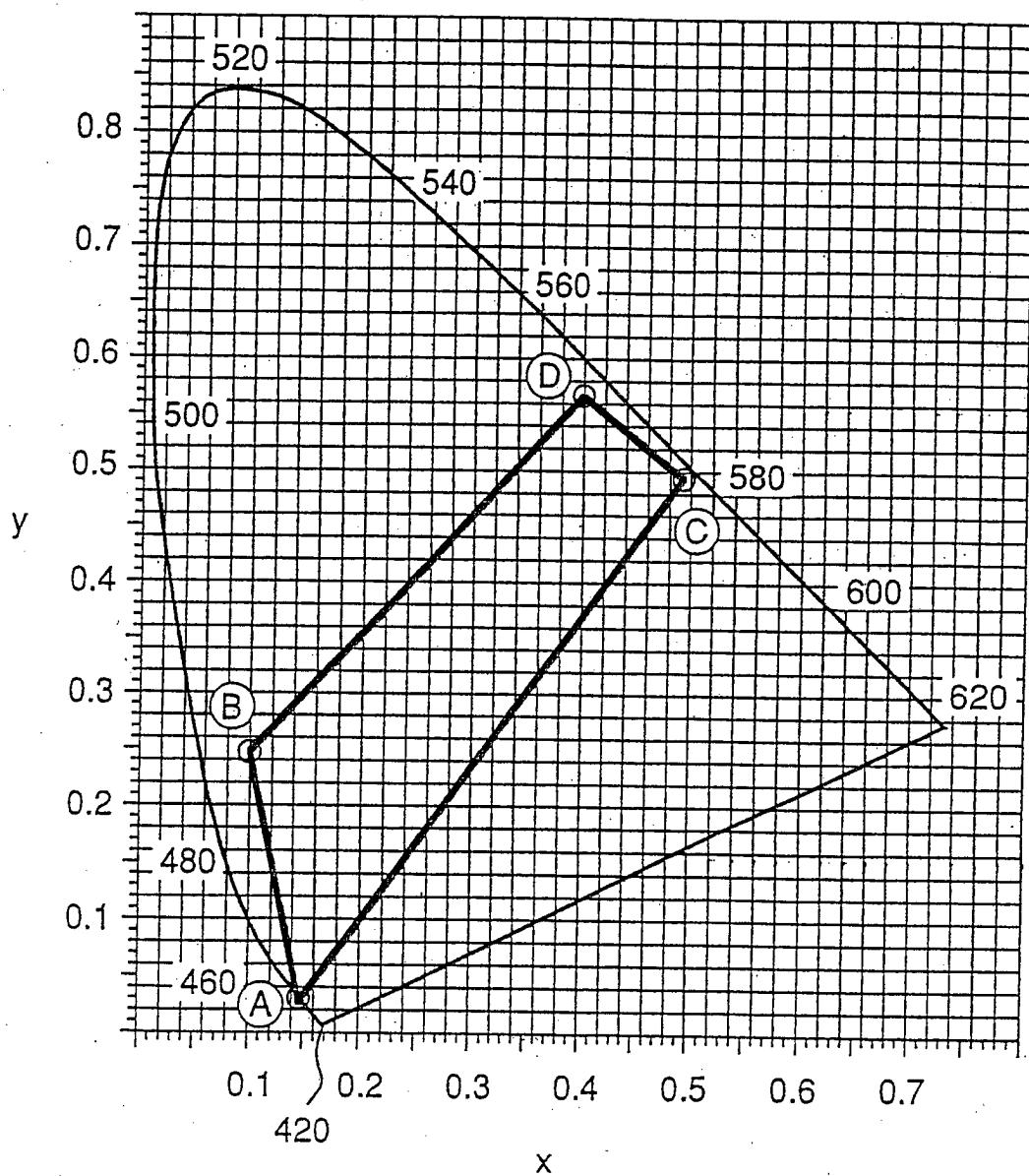


Fig.7

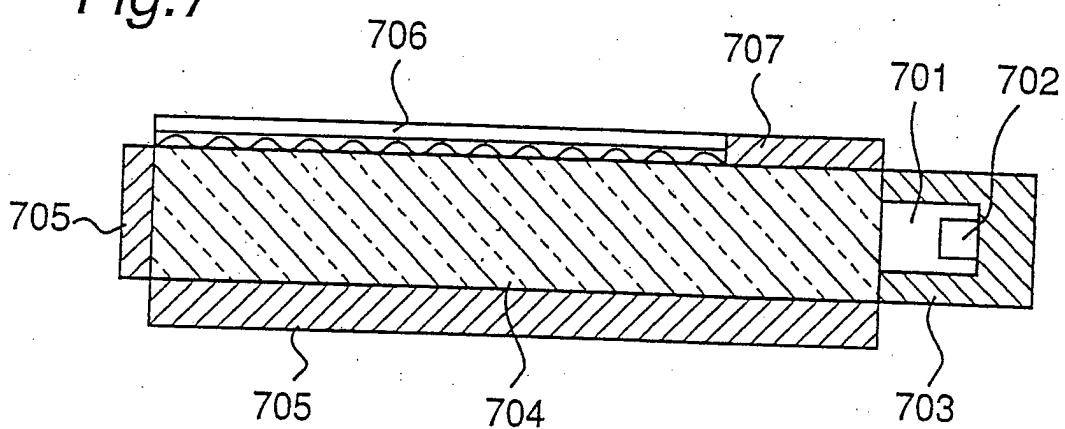


Fig.8

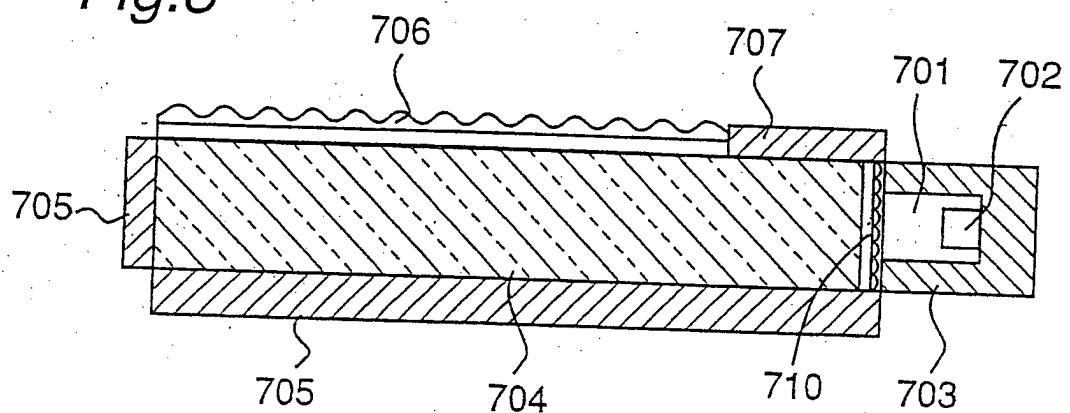


Fig.9

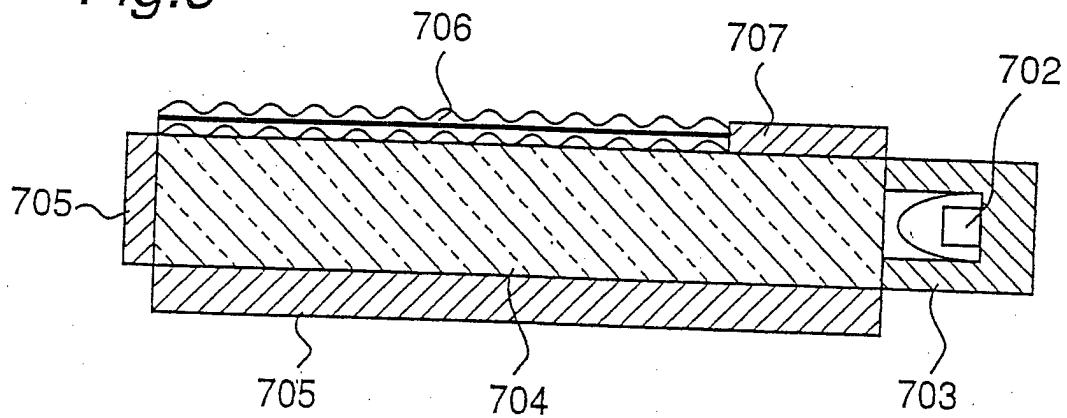


Fig.10

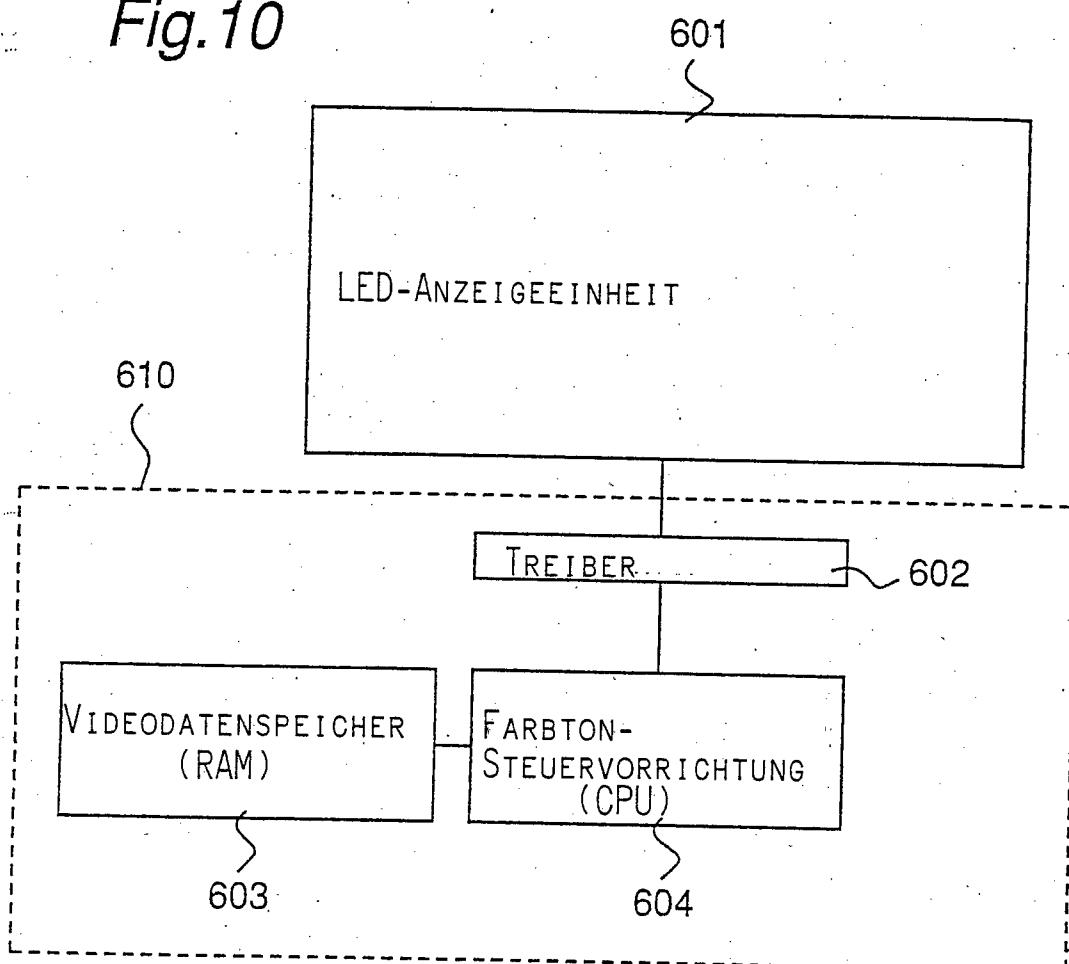


Fig. 11

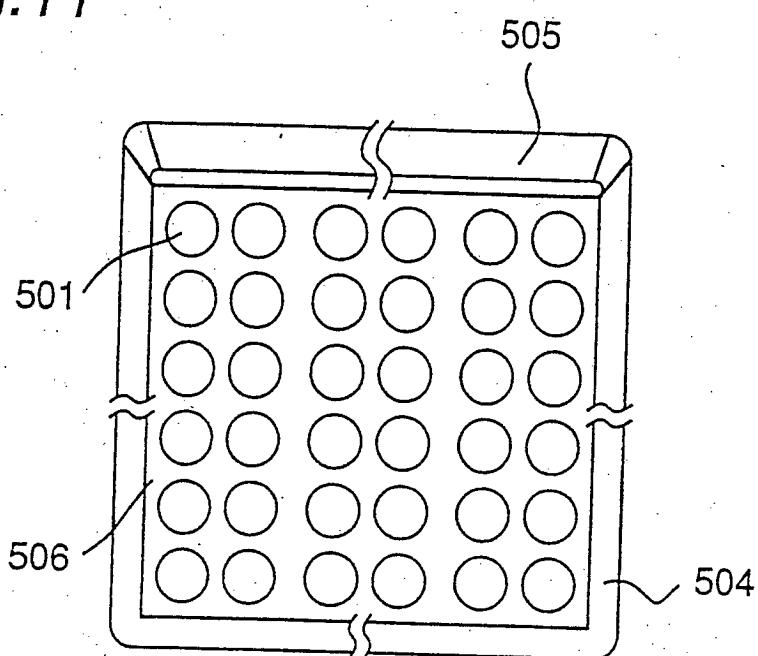


Fig. 12

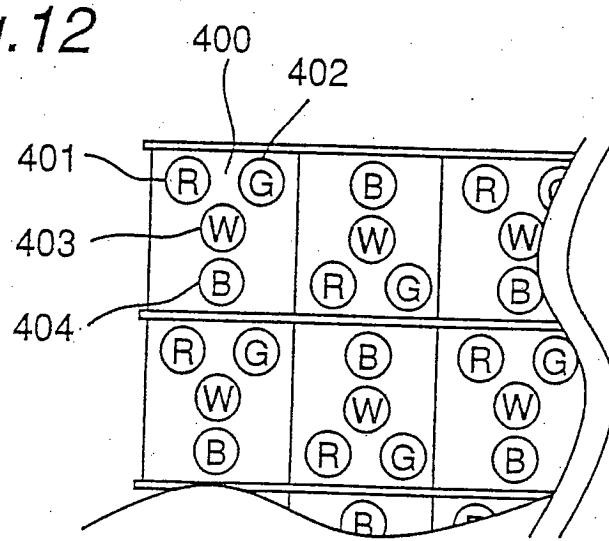


Fig.13A

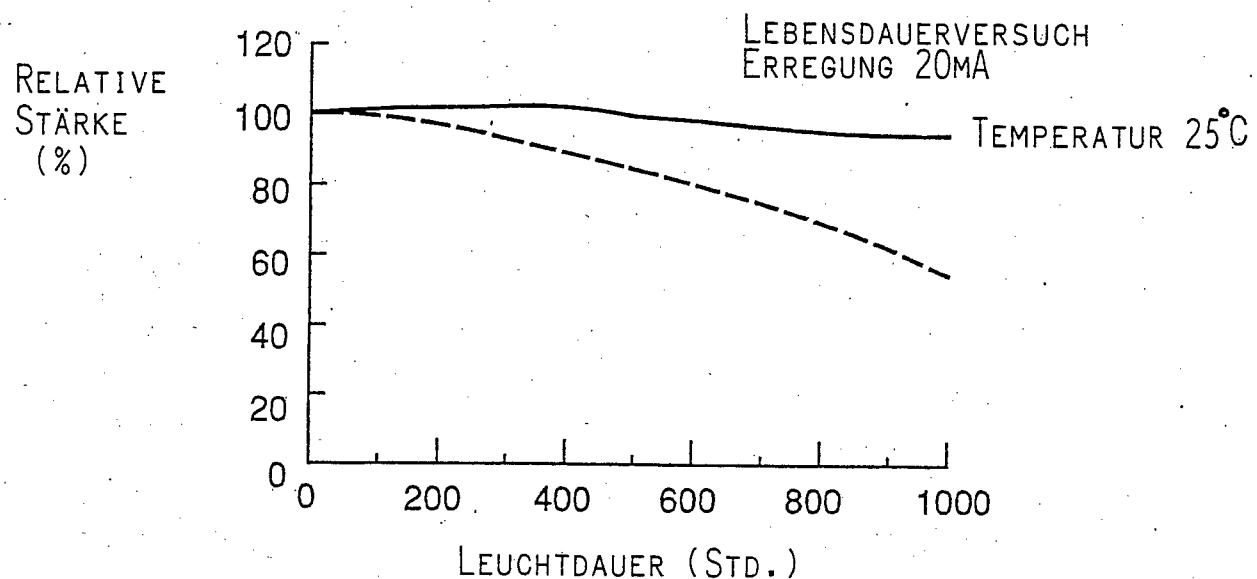


Fig.13B

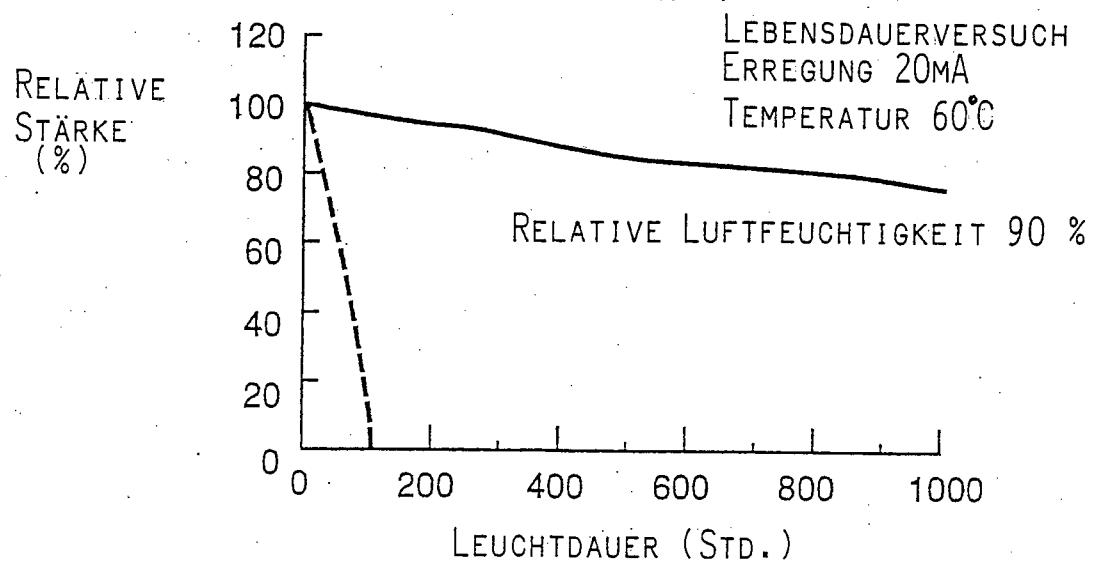


Fig. 14A

WITTERUNGSVERSUCH

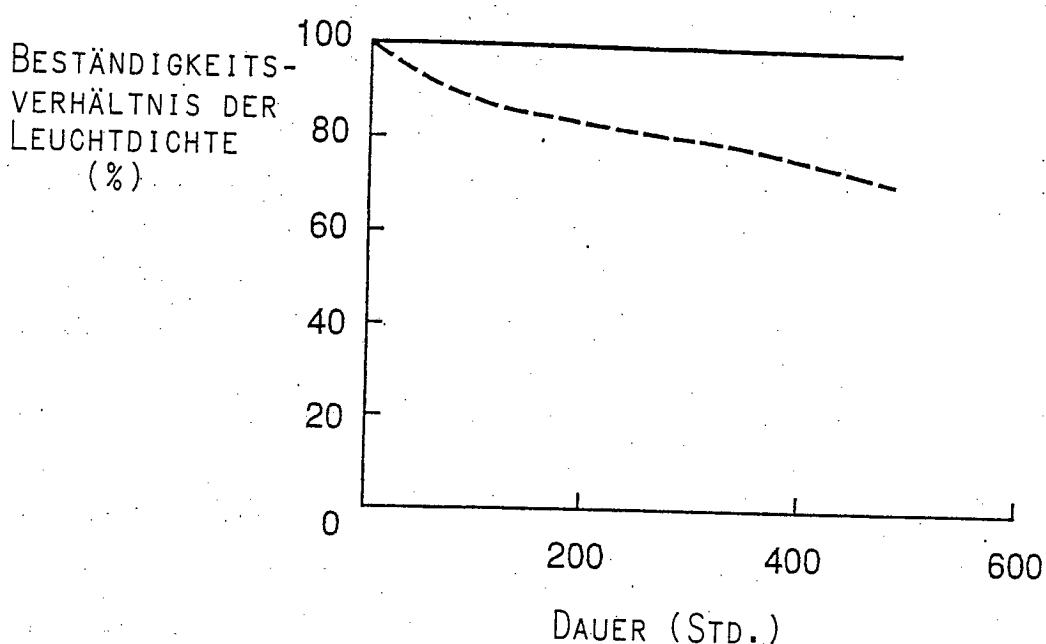


Fig. 14B

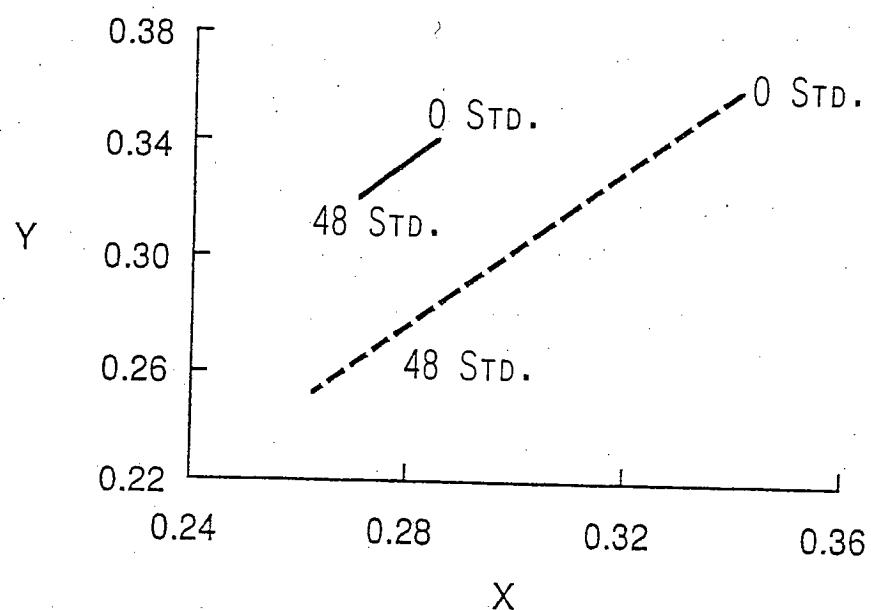


Fig. 15A

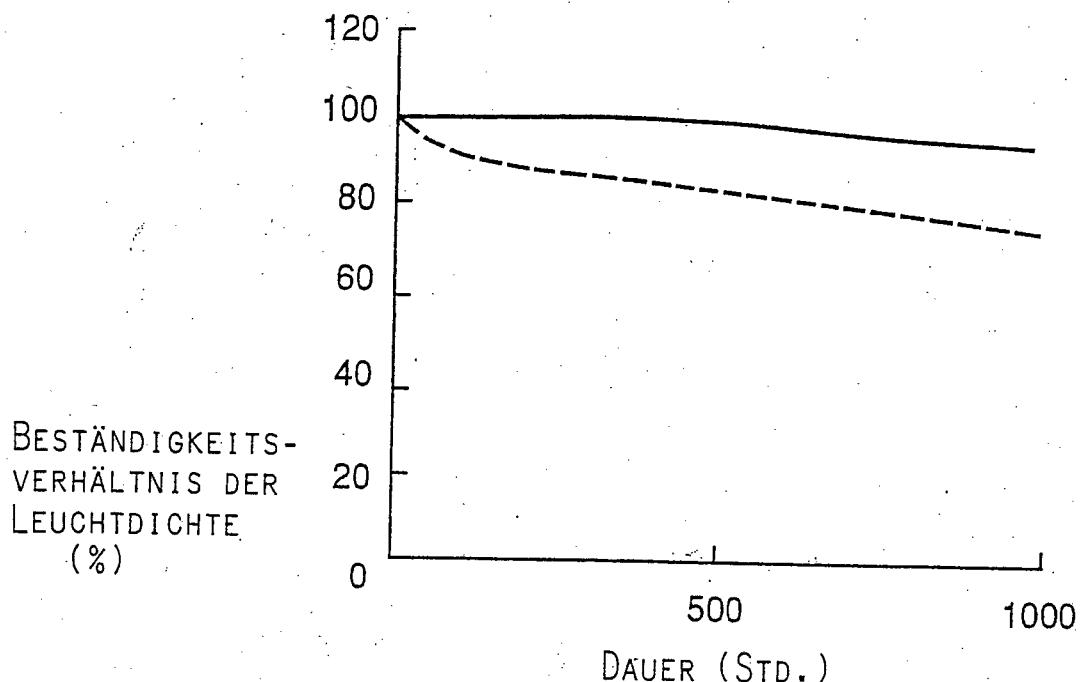


Fig. 15B

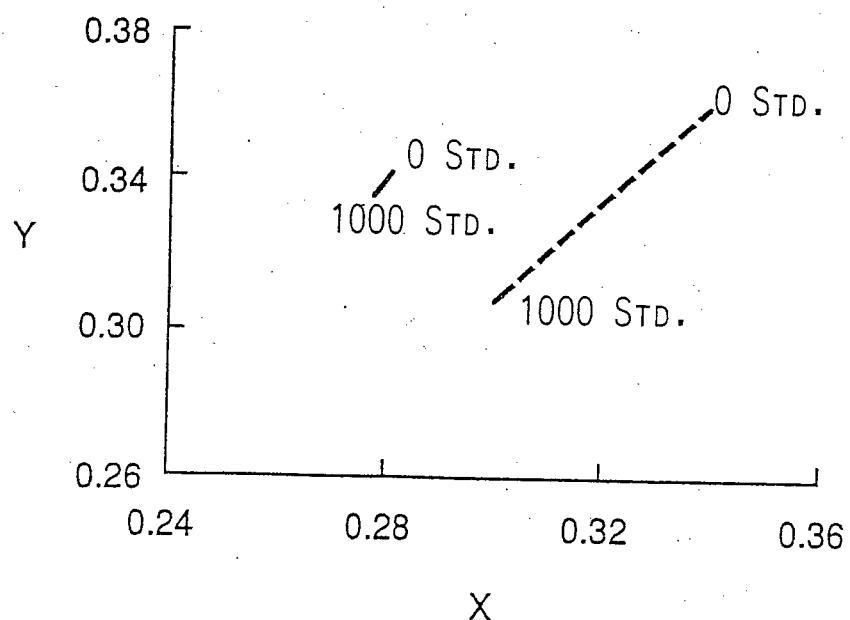


Fig. 16

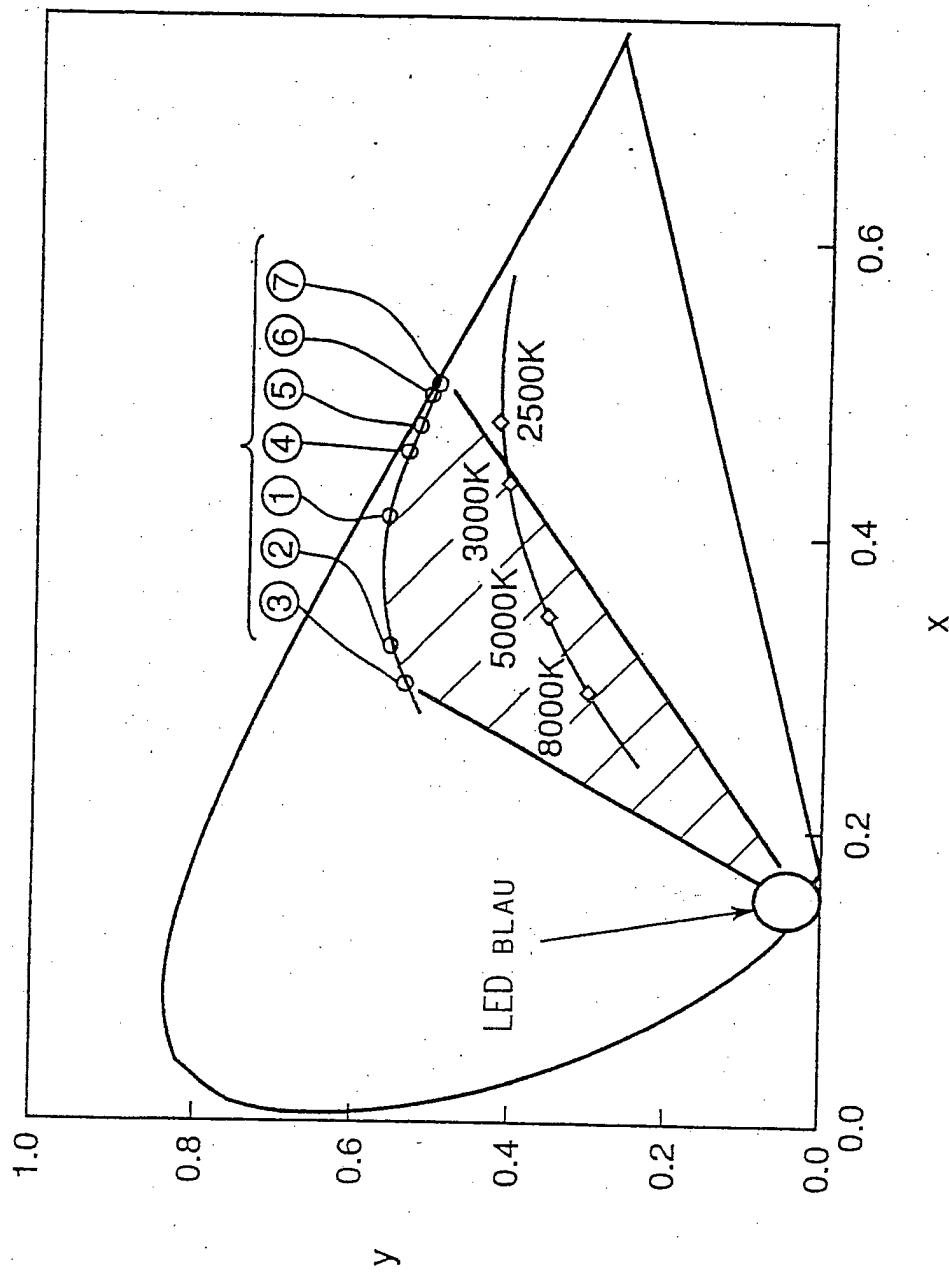


Fig. 17

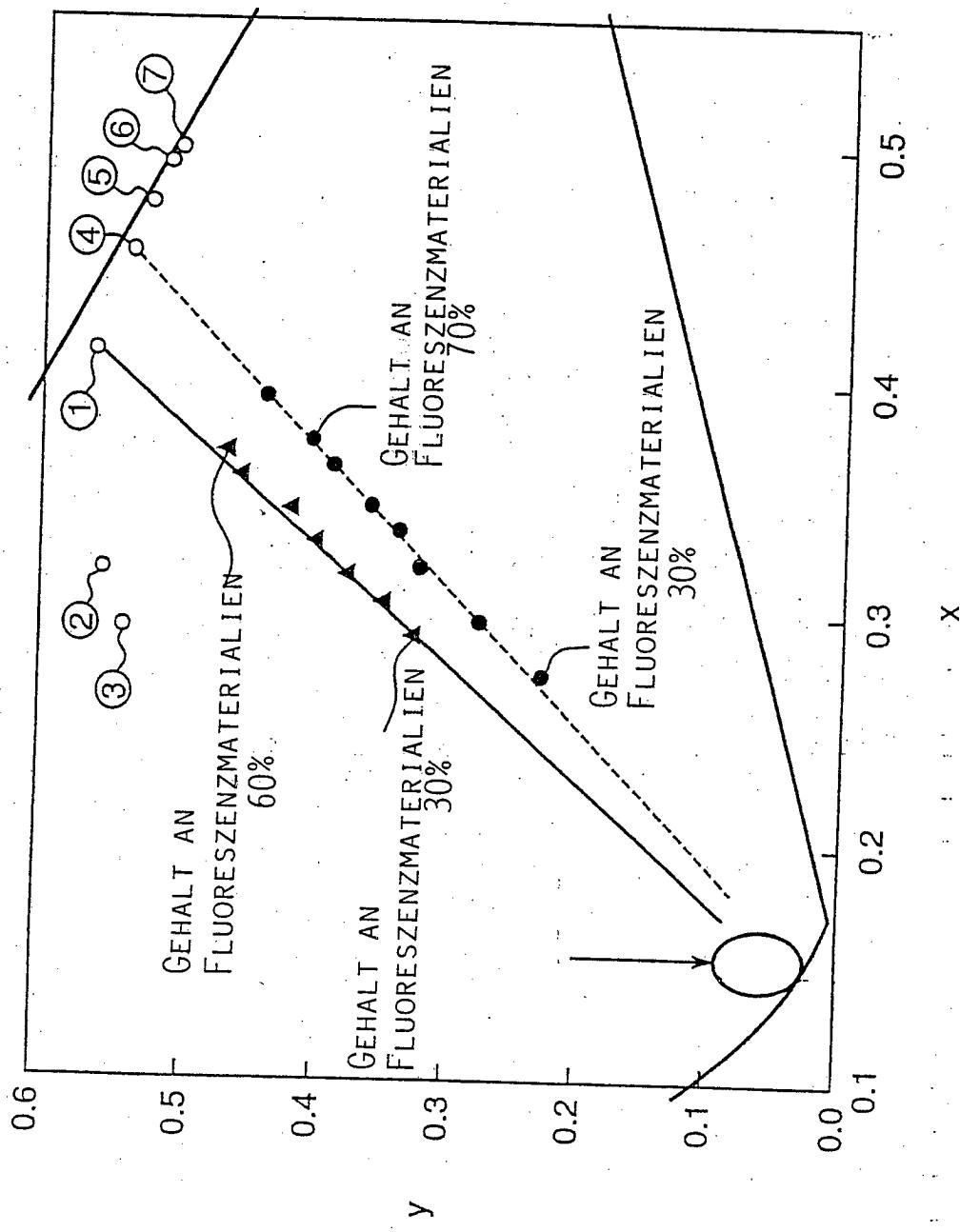


Fig. 18A

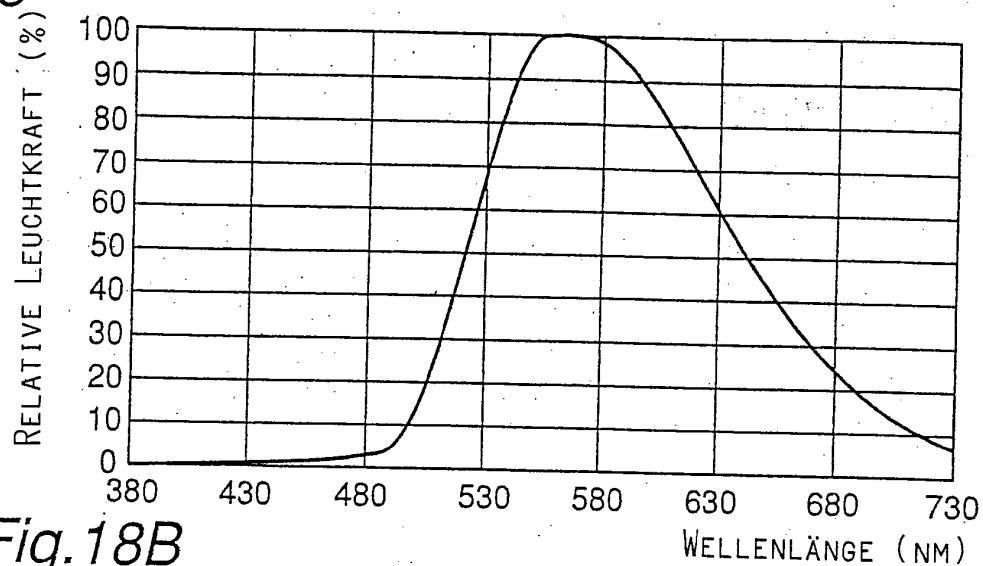


Fig. 18B

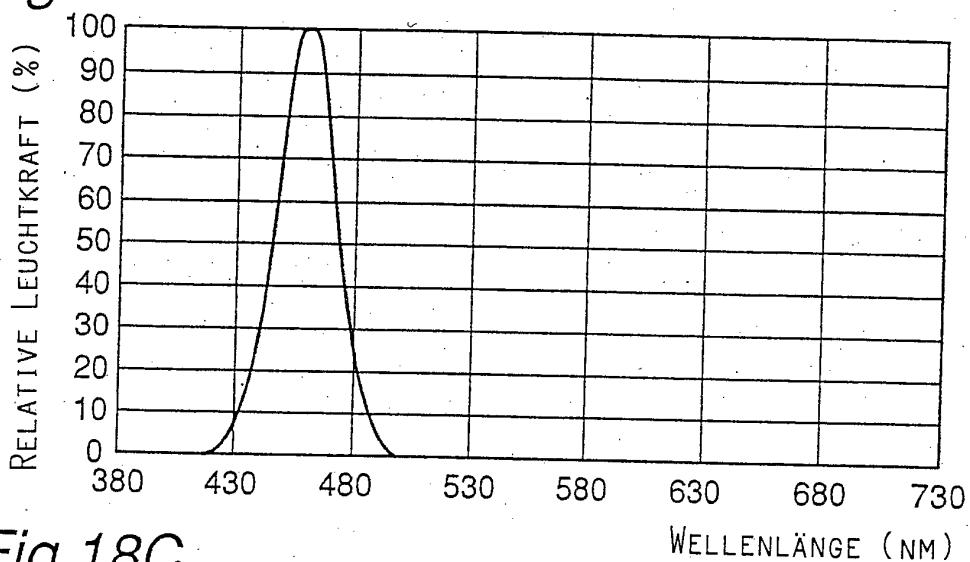


Fig. 18C

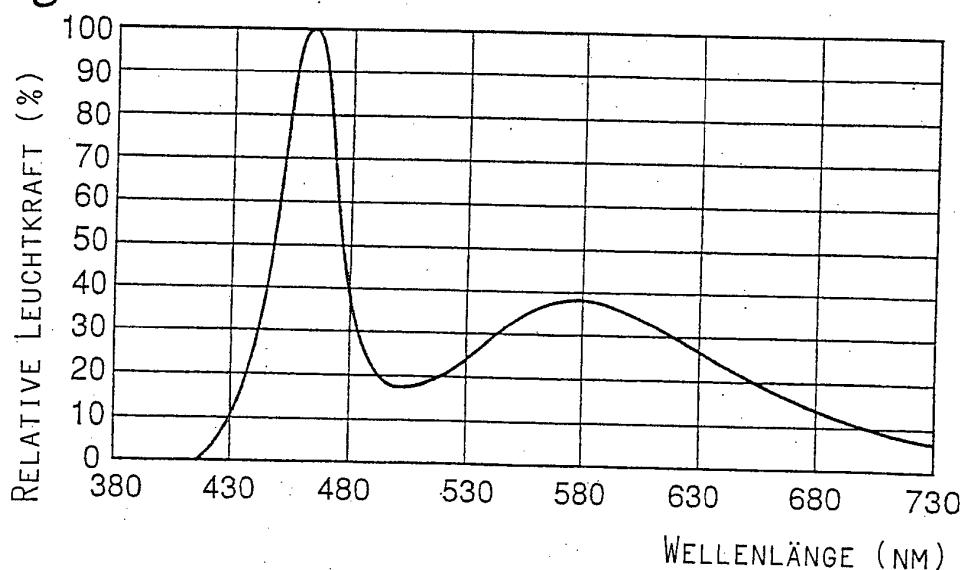


Fig. 19A

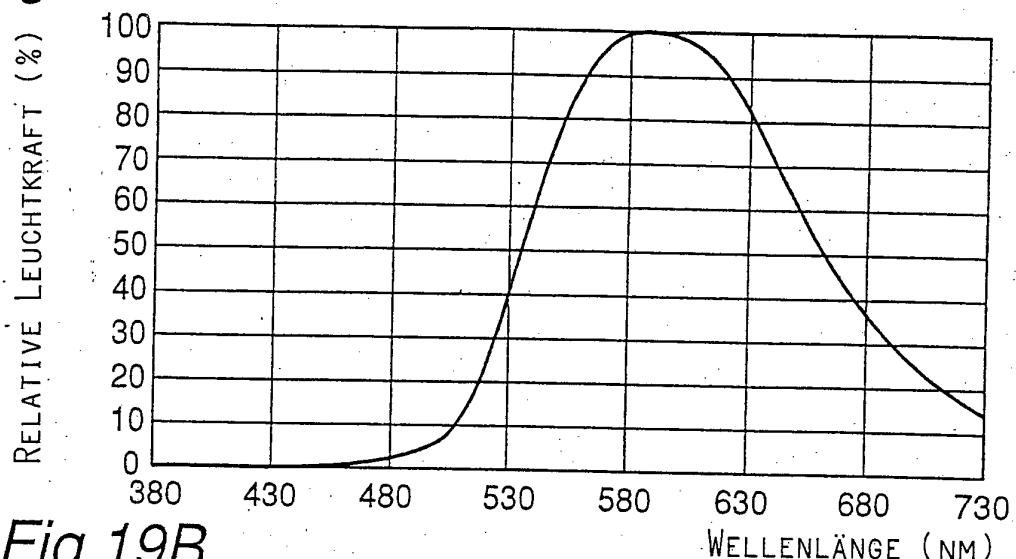


Fig. 19B

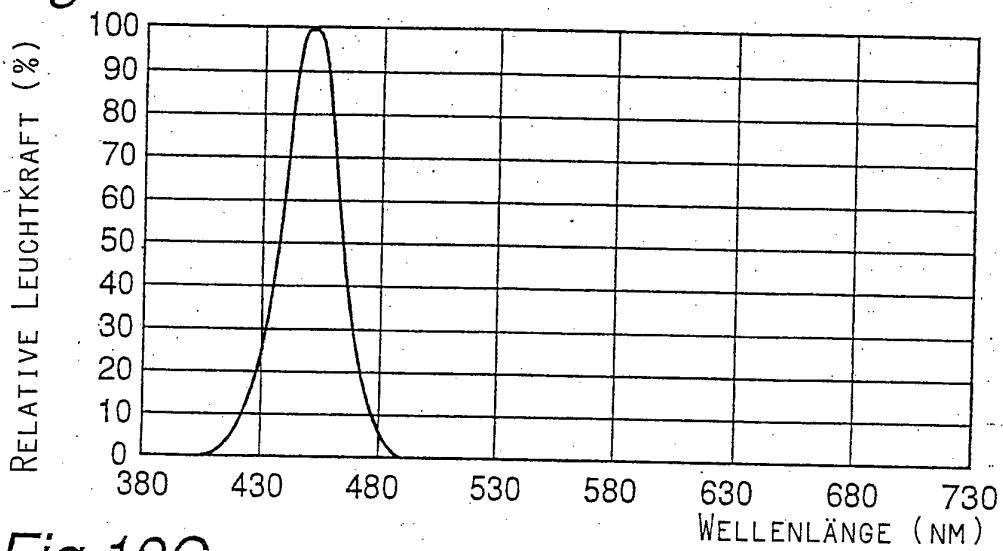


Fig. 19C

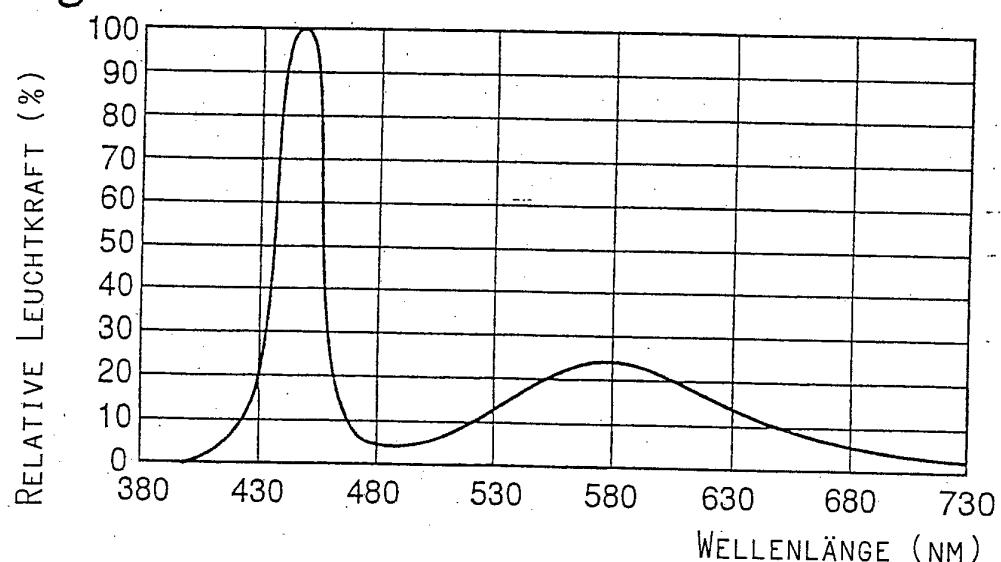


Fig.20A

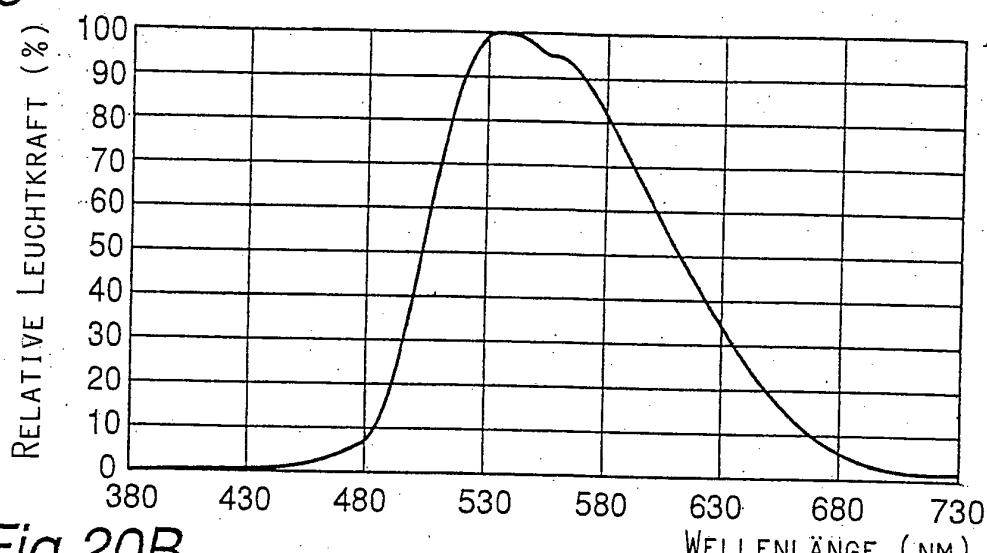


Fig.20B

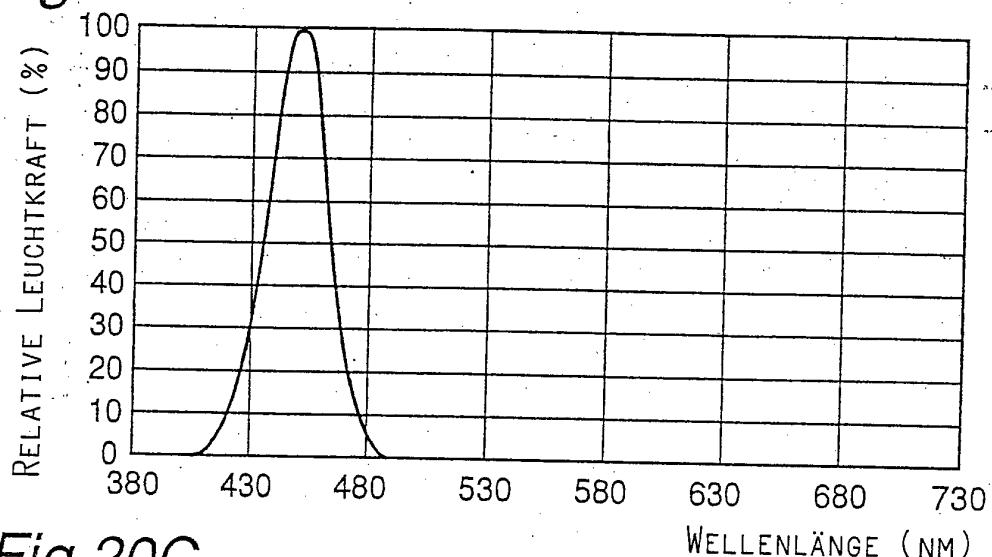


Fig.20C

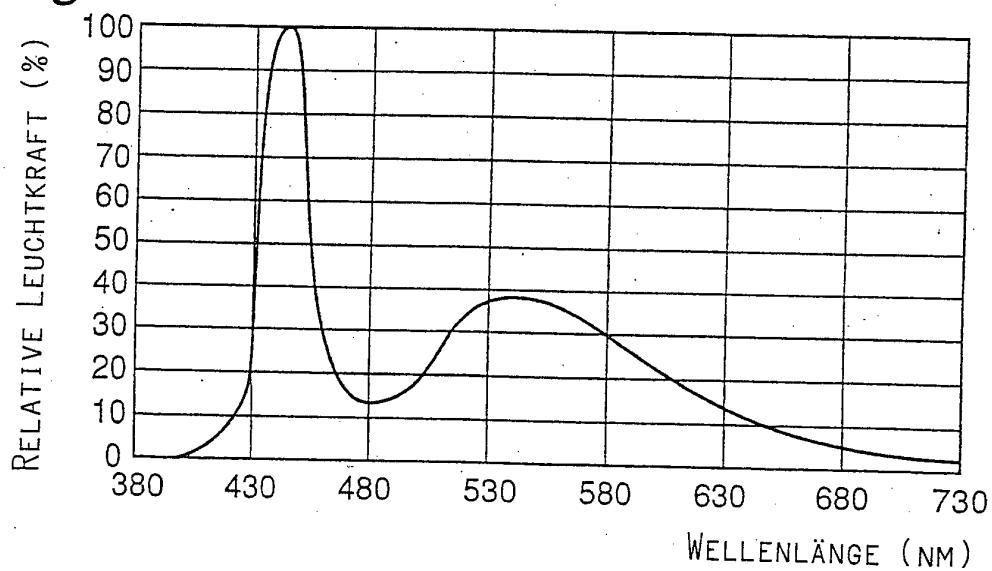


Fig.21A

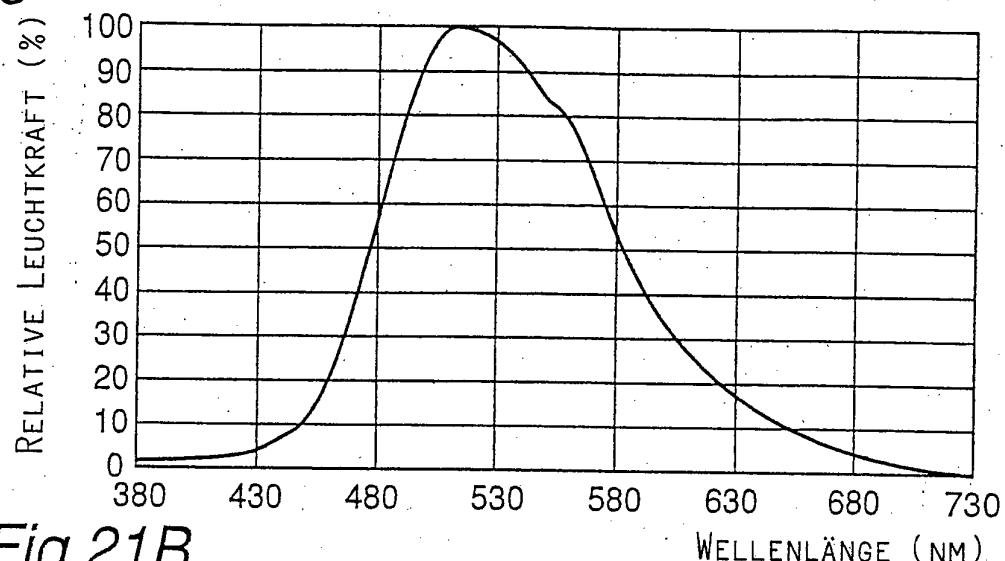


Fig.21B

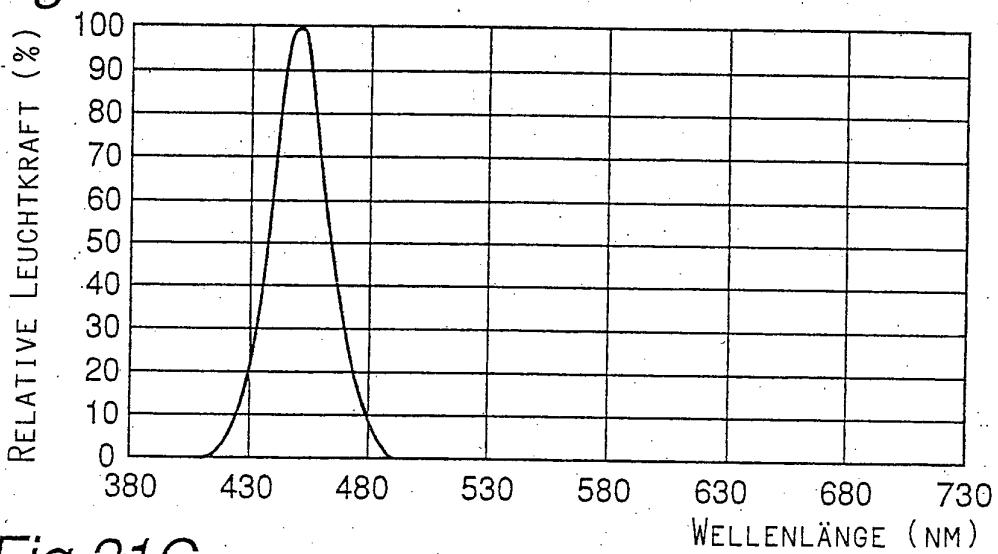


Fig.21C

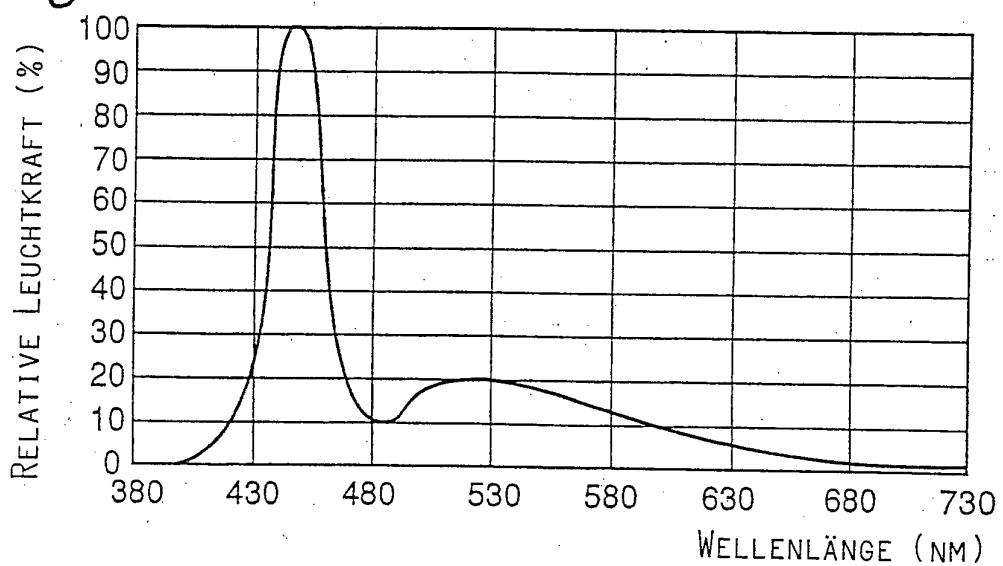


Fig.22A

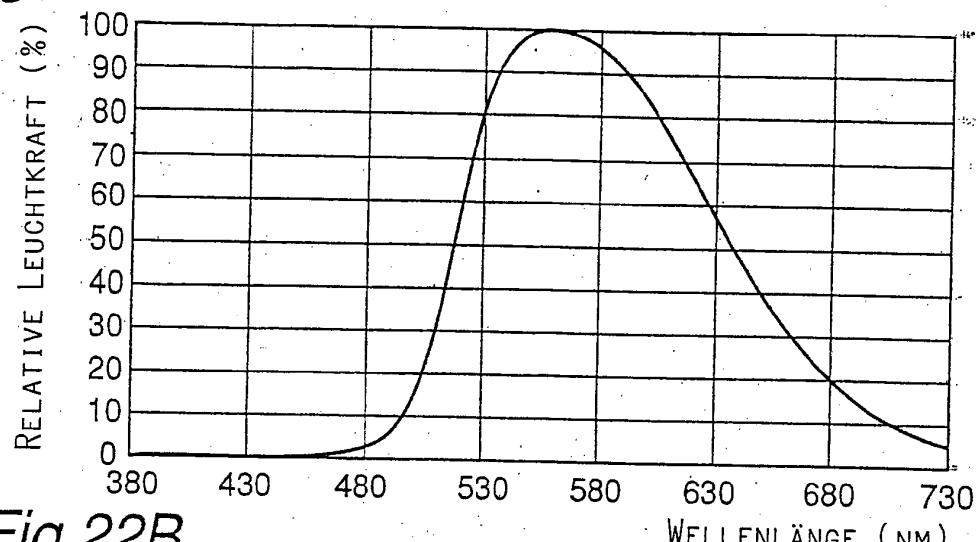


Fig.22B

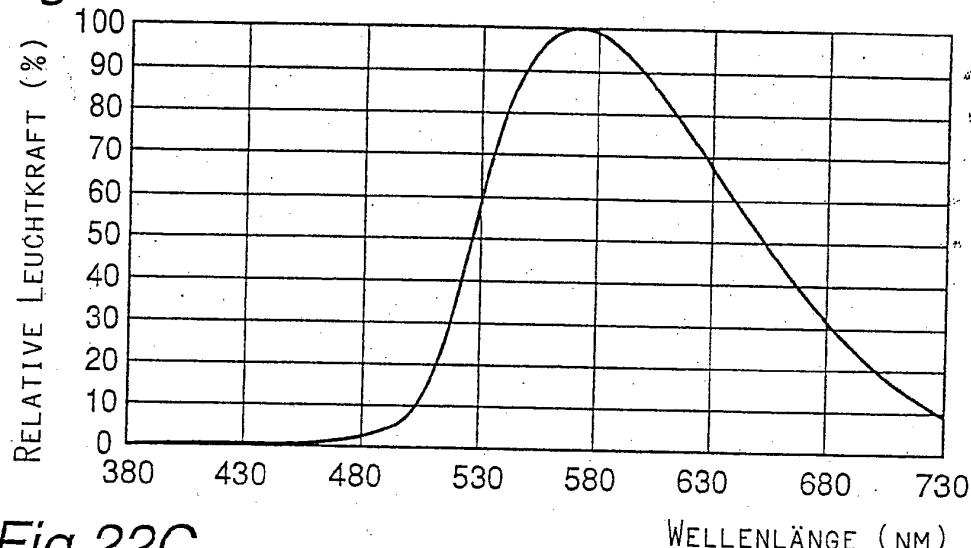


Fig.22C

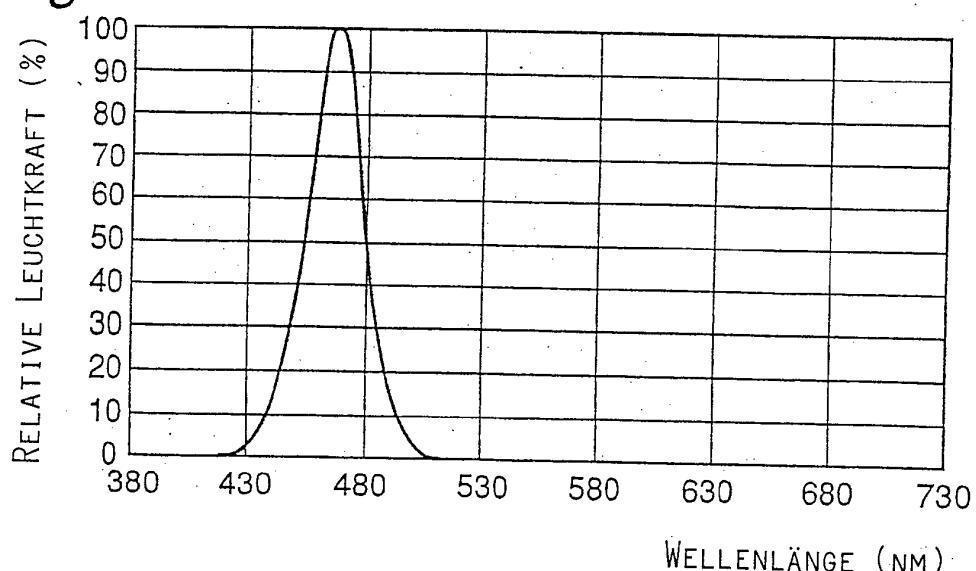


Fig. 23

