



(10) **DE 11 2006 003 161 B4** 2017.11.16

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 003 161.9**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2006/045181**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/120216**  
(86) PCT-Anmeldetag: **22.11.2006**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.10.2007**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **02.10.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **16.11.2017**

(51) Int Cl.: **C09K 11/80 (2006.01)**  
**C09K 11/79 (2006.01)**  
**C09K 11/77 (2006.01)**  
**H01L 33/50 (2010.01)**  
**F21K 2/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**11/285,024**                      **22.11.2005**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**Gelcore LLC, Valley View, Ohio, US**

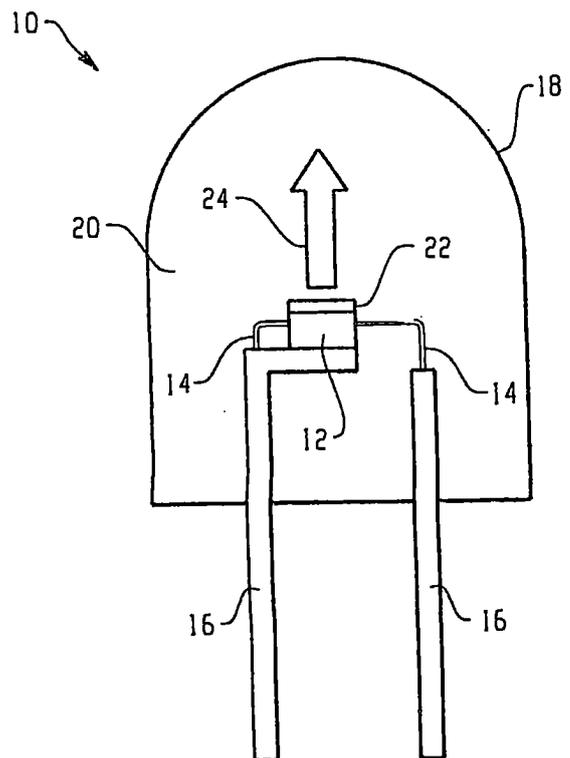
(74) Vertreter:  
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte  
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Setlur, Anant Achyut, Niskayuna, N.Y., US;  
Radkov, Emil Vergilov, Euclid, Ohio, US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**WO**                                      **2005/ 103 199**      **A1**

(54) Bezeichnung: **Ladungskompensierte Nitridleuchtstoffe und deren Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Verwendung eines Leuchtstoffmaterials zum Emittieren von weißem Licht, umfassend:  
eine Lichtquelle, die Strahlung mit einem Peak bei 250 nm bis 550 nm emittiert, und ein Leuchtstoffmaterial, das mittels Strahlung mit der Lichtquelle verbunden ist,  
wobei das Leuchtstoffmaterial wenigstens eines von  
 $\text{Ca}_{1-a-b}\text{Ce}_a\text{Eu}_b\text{Al}_{1+a}\text{Si}_{1-a}\text{N}_3$ , worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ ;  
 $\text{Ca}_{1-c-d}\text{Ce}_c\text{Eu}_d\text{Al}_{1-c}(\text{Mg}, \text{Zn})_c\text{SiN}_3$ , worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ ;  
 $\text{Ca}_{1-2e-f}\text{Ce}_e(\text{Li}, \text{Na})_f\text{Eu}_f\text{AlSiN}_3$ , worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ ; oder  
 $\text{Ca}_{1-g-h-i}\text{Ce}_g(\text{Li}, \text{Na})_h\text{Eu}_i\text{Al}_{1+g-h}\text{Si}_{1-g+h}\text{N}_3$ , worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + i > 0$ , umfasst.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

**[0001]** Die vorliegenden exemplarischen Ausführungsformen beziehen sich auf neue Leuchtstoff-Zusammensetzungen. Sie finden besondere Anwendung in Verbindung mit einer Umwandlung von LED erzeugter ultravioletter (UV), violetter oder blauer Strahlung in weißes Licht oder anderes gefärbtes Licht für allgemeine Beleuchtungszwecke. Es sollte allerdings klar sein, dass die Erfindung auch auf die Umwandlung von Strahlung in Hg-basierten fluoreszierenden Lampen, in Gasentladungslampen, wie Szintillationsdetektorelemente in der Computer-Tomographie (CT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET), UV-, violetten und/oder blauen Lasern, wie auch in anderen Quellen für weißes oder gefärbtes Licht für verschiedene Anwendungen anwendbar ist.

**[0002]** Licht emittierende Dioden bzw. Leuchtdioden (LEDs) sind Halbleiter-Lichtemitter, die oft als Ersatz für andere Lichtquellen, zum Beispiel Glühlampen, verwendet werden. Sie sind besonders als Displaylichter, Warnlichter und Anzeigelichter oder in anderen Anwendungen, wo gefärbtes Licht gewünscht wird, nützlich. Die Farbe von Licht, das durch eine LED produziert wird, ist von dem Typ des Halbleitermaterials abhängig, das bei seiner Herstellung verwendet wird.

**[0003]** Gefärbtes Licht emittierende Halbleitervorrichtungen, einschließlich Licht emittierende Dioden bzw. Leuchtdioden und Laser (beide werden allgemein hierin als LEDs bezeichnet), werden aus Legierungen der Gruppe III-V, zum Beispiel Galliumnitrid (GaN) produziert. Um LEDs zu bilden, werden typischerweise Schichten der Legierung epitaxial auf einem Substrat, zum Beispiel Siliciumcarbid oder Saphir, abgeschieden, und können mit einer Vielzahl von Dotierungsmitteln vom n- und p-Typ dotiert werden, um Eigenschaften, zum Beispiel Lichtemissionseffizienz, zu verbessern. Was die GaN-basierten LEDs angeht, so wird Licht im Allgemeinen im UV- und/oder blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert. Bis vor kurzem waren LEDs für Beleuchtungsverwendungen, in denen ein helles weißes Licht benötigt wird, aufgrund der inhärenten Farbe des durch die LED produzierten Lichts nicht geeignet.

**[0004]** Vor kurzem wurden Techniken zur Umwandlung des Lichts, das aus LEDs emittiert wird, in für Beleuchtungszwecke verwendbares Licht entwickelt. In einer Technik wird die LED mit einer Leuchtstoffschicht beschichtet oder bedeckt. Ein Leuchtstoff ist ein lumineszentes Material, das Strahlungsenergie in einem Teil des elektromagnetischen Spektrums absorbiert und Energie in einem anderen Teil des elektromagnetischen Spektrums emittiert. Leuchtstoffe einer wichtigen Klasse sind kristalline anorganische Verbindungen mit sehr hoher chemischer Reinheit und mit einer kontrollierten Zusammensetzung, denen geringe Mengen anderer Elemente ("Aktivatoren" genannt) zugesetzt wurden, um sie in effiziente fluoreszente Materialien umzuwandeln. Mit der richtigen Kombination von Aktivatoren und anorganischen Wirtsverbindungen kann die Farbe der Emission kontrolliert werden. Äußerst nützliche und gut bekannte Leuchtstoffe emittieren Strahlung im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums als Reaktion auf eine Anregung durch elektromagnetische Strahlung außerhalb des sichtbaren Bereichs.

**[0005]** Indem ein Leuchtstoff, der durch die Strahlung angeregt wird, welche durch die LED erzeugt wird, zwischengeschaltet wird, kann Licht einer unterschiedlichen Wellenlänge, zum Beispiel im sichtbaren Bereich des Spektrums, erzeugt werden. Gefärbte LEDs werden oft in Spielzeugen, Anzeigelampen und anderen Vorrichtungen verwendet. Hersteller suchen kontinuierlich nach neuen Leuchtstoffen zur Verwendung in solchen LEDs, um maßgefertigte Farben und höhere Leuchtstärke zu produzieren.

**[0006]** Zusätzlich zu gefärbten LEDs kann eine Kombination von durch LED erzeugtem Licht und durch Leuchtstoff erzeugtem Licht verwendet werden, um weißes Licht zu produzieren. Die populärsten weißen LEDs basieren auf blau emittierenden GaInN-Chips. Die blau emittierenden Chips werden mit einem Leuchtstoff beschichtet, der einiges der blauen Strahlung in eine komplementäre Farbe umwandelt, zum Beispiel eine gelbgrüne Emission. Die Summe des Lichts aus dem Leuchtstoff und dem LED-Chip stellt einen Farbpunkt mit den entsprechenden Farbkoordinaten (x und y) in dem CIE 1931-Chromatizitäts-Diagramm und korrelierter Farbtemperatur (CCT) bereit, und seine Spektralverteilung stellt eine Farbwiedergabefähigkeit, gemessen durch den Farbwiedergabe-Index (CRI), bereit.

**[0007]** Der CRI ist allgemein definiert als ein Mittelwert für 8 Standardfarbproben ( $R_{1-8}$ ), der üblicherweise als der allgemeine Farbwiedergabe-Index (General Color Rendering Index) bezeichnet wird und als  $R_a$  abgekürzt wird.

**[0008]** Eine bekannte weißes Licht emittierende Vorrichtung umfasst eine blaues Licht emittierende LED, die eine Peak-Emissionswellenlänge im blauen Bereich hat (von etwa 440 nm bis etwa 480 nm), kombiniert mit einem Leuchtstoff, zum Beispiel Cerdotierter Yttrium-Aluminium-Granat  $Y_3Al_5O_{12} \cdot Ce^{3+}$  ("YAG"). Der Leuchtstoff absorbiert einen Teil der Strahlung, die von der LED emittiert wird, und wandelt die absorbierte Strahlung in ein gelb-grünes Licht um. Der Rest des blauen Lichts, das durch die LED emittiert wird, wird durch den Leuchtstoff transmittiert und mit dem gelben Licht, das durch den Leuchtstoff emittiert wird, vermischt. Ein Betrachter nimmt das Gemisch aus blauem und gelbem Licht als ein weißes Licht wahr.

**[0009]** Die oben beschriebene blaue LED-YAG-Leuchtstoffvorrichtung produziert typischerweise ein weißes Licht mit einem allgemeinen Farbwiedergabe-Index ( $R_a$ ) von etwa 70–82 mit einem abstimmbaren Farbtemperaturbereich von etwa 4000 K bis 8000 K. Typische allgemeine Beleuchtungsanwendungen erfordern einen höheren CRI und niedrigere CCT-Werte als sie unter Verwendung des blauen LED-YAG-Ansatzes möglich sind. Bei einer Anstrengung, den CRI zu verbessern, verwenden neuere im Handel erhältliche LEDs eine Mischung von YAG-Leuchtstoff und einem zusätzlichen Leuchtstoff oder mehreren zusätzlichen Leuchtstoffen, einschließlich eines roten Leuchtstoffs, zum Beispiel  $CaS:Eu^{2+}$  oder  $(Ba, Sr, Ca)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ , um Farbtemperaturen unter 4000 K mit einem  $R_a$  von etwa 90 bereitzustellen.

**[0010]** Somit gibt es einen anhaltenden Bedarf für zusätzliche Zusammensetzungen, die als eine einzelne Leuchtstoffkomponente oder als Teil einer Leuchtstoffmischung bei der Herstellung sowohl von weißen als auch gefärbten LEDs wie auch in anderen Anwendungen eingesetzt werden können. Solche Leuchtstoff-Zusammensetzungen werden einen noch weiteren Array von LEDs mit wünschenswerten Eigenschaften, einschließlich der Fähigkeit, Lichtquellen mit guter Farbqualität ( $CRI > 80$ ) und einem großen Bereich von Farbtemperaturen bereitzustellen, erlauben.

**[0011]** Die Lehre nach der WO 2005/103199 A schafft hier keine Abhilfe. Sie beschreibt eine Beleuchtungsapparatur, die eine Leuchtstoffschicht aufweist, die einen Nitrid-Leuchtstoff und ein Licht emittierendes Element enthält. Dieses Element weist einen Emissionspeak in dem Wellenlängenbereich von 360 nm bis weniger als 500 nm auf. Der Nitrid-Leuchtstoff wird durch das Licht angeregt, das durch das Licht emittierende Element ausgestrahlt wird. Der Nitrid-Leuchtstoff wird durch  $Eu^{2+}$  aktiviert und durch die Formel  $(M_{1-x}Eu_x)AlSiN_3$  dargestellt, wobei "M" Mg, Ca, Sr, Ba und/oder Zn ist, wobei die Zahl "x" die Formel  $0,005 \leq x \leq 0,3$  erfüllt. Vorzugsweise enthält die Leuchtstoffschicht einen grünen Leuchtstoff, der durch  $Eu^{2+}$  oder  $Ce^{3+}$  aktiviert wird, und hat einen Emissionspeak in einem Wellenlängenbereich von 500 nm bis 560 nm. Der grüne Leuchtstoff ist vorzugsweise ein Nitrid-Leuchtstoff oder ein Oxynitrid-Leuchtstoff, ein Erdalkalimetallorthosilikat-Leuchtstoff, ein Thiogallat-Leuchtstoff, ein Aluminat-Leuchtstoff, jeweils aktiviert mit  $Eu^{2+}$ , ein Aluminat-Leuchtstoff, koaktiviert mit  $Eu^{2+}$  und  $Mn^{2+}$ , ein Nitrid-Leuchtstoff oder ein Oxynitrid-Leuchtstoff, und ein Leuchtstoff mit Granat-Struktur, jeweils aktiviert mit  $Ce^{3+}$ . Die nachfolgend geschilderte Erfindung zeigt zwar bezüglich der Peakbreite der Strahlung mit diesem Stand der Technik eine Überlappung. Es besteht bei dem jeweiligen Leuchtstoffmaterial keine Übereinstimmung.

#### KURZE BESCHREIBUNG

**[0012]** In einem ersten Aspekt wird ein Leuchtstoff bereitgestellt, umfassend  $Ca_{1-a-b}Ce_aEu_bAl_{1+a}Si_{1-a}N_3$ , worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ .

**[0013]** In einem zweiten Aspekt wird ein Leuchtstoff bereitgestellt, umfassend  $Ca_{1-c-d}Ce_cEu_dAl_{1-c}(Mg, Zn)_cSiN_3$ , worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ .

**[0014]** In einem dritten Aspekt wird ein Leuchtstoff bereitgestellt, umfassend  $Ca_{1-2e-f}Ce_e(Li; Na)_eEu_fAlSiN_3$ , worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ .

**[0015]** In einem vierten Aspekt wird ein Leuchtstoff bereitgestellt, umfassend  $Ca_{1-g-h}Ce_g(Li, Na)_hEu_iAl_{1+g-h}Si_{1-g+h}N_3$ , worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + i > 0$ .

**[0016]** In einem fünften Aspekt wird eine Licht emittierende Vorrichtung bereitgestellt, die eine Halbleiter-Lichtquelle mit einer Peak-Emission von etwa 250 bis etwa 550 nm hat, und einen der oben definierten Leuchtstoffe umfasst.

**[0017]** In einem sechsten Aspekt wird eine Leuchtstoffmischung bereitgestellt, die einen oder mehrere der Leuchtstoffe, wie sie oben definiert sind, und wenigstens einen zusätzlichen Leuchtstoff umfasst, wobei die Leuchtstoffmischung fähig ist, Licht zu emittieren, das zur Verwendung in einer allgemeinen Beleuchtung ent-

weder allein oder in Kombination mit Strahlung, die von einer Halbleiter-Lichtquelle, die mittels Strahlung mit der Leuchtstoffmischung verbunden ist, emittiert wird, geeignet ist, wobei der eine zusätzliche Leuchtstoff oder die mehreren zusätzlichen Leuchtstoffe ausgewählt ist/sind aus der Gruppe, umfassend:

(Ba, Sr, Ca)<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(Cl, F, Br, OH):Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Ba, Sr, Ca)BPO<sub>5</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>;  
 (Sr, Ca)<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>vB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin 0 < v ≤ 1); Sr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>·2SrCl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Ca, Sr, Ba)<sub>3</sub>MgSi<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; BaAl<sub>8</sub>O<sub>13</sub>:Eu<sup>2+</sup>; 2SrO·0,84P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·0,16B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Ba, Sr, Ca)Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; (Y, Gd, Lu, Sc, La)BO<sub>3</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)<sub>2</sub>Si<sub>1-ξ</sub>O<sub>4-2ξ</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin 0 ≤ ξ ≤ 0,2); (Ba, Sr, Ca)<sub>2</sub>(Mg, Zn)Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Sr, Ca, Ba)(Al, Ga, In)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; (Y, Gd, Tb, La, Sm, Pr, Lu)<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5-λ</sub>O<sub>12-3/2λ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin 0 ≤ λ ≤ 0,5); (Lu, Y, Sc)<sub>2-ρ</sub>(Ca, Mg)<sub>1+ρ</sub>Li<sub>σ</sub>Mg<sub>2-σ</sub>(Si, Ge)<sub>3-σ</sub>P<sub>σ</sub>O<sub>12-ρ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin 0 ≤ ρ ≤ 0,5, 0 ≤ σ ≤ 0,5);  
 Ca(Sr)<sub>8</sub>(Mg, Zn)(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; Na<sub>2</sub>Gd<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>;  
 (Ca, Sr)<sub>8</sub>Ba, Mg, Zn)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>;  
 (Gd, Y, Lu, La)VO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>, Ce<sup>3+</sup>; SrY<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 CaLa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce<sup>3+</sup>; (Ba, Sr, Ca)MgP<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Y, Lu)<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Mo<sup>6+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)<sub>β</sub>Si<sub>ν</sub>N<sub>μ</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin 2β + 4γ = 3μ); Ca<sub>3</sub>(SiO<sub>4</sub>)Cl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Y, Lu, Gd)<sub>2-φ</sub>Ca<sub>φ</sub>Si<sub>4</sub>N<sub>6+φ</sub>C<sub>1-φ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin 0 ≤ φ ≤ 0,5); (Lu, Ca, Li, Mg, Y)α-SiAlON, dotiert mit Eu<sup>2+</sup> und/oder Ce<sup>3+</sup>; und 3,5MgO·0,5MgF<sub>2</sub>·GeO<sub>2</sub>:Mn<sup>4+</sup>

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0018]** Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Beleuchtungssystems nach einer Ausführungsform.

**[0019]** Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Beleuchtungssystems nach einer zweiten Ausführungsform.

**[0020]** Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht eines Beleuchtungssystems nach einer dritten Ausführungsform.

**[0021]** Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung mit weg geschnittener Seite eines Beleuchtungssystems nach einer vierten Ausführungsform.

**[0022]** Fig. 5 ist das Emissionsspektrum eines Leuchtstoffs nach einer erfindungsgemäßen Ausführungsform unter 470 nm-Anregung.

**[0023]** Fig. 6 sind die Emissions- und Absorptionsspektren eines Leuchtstoffs einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform.

**[0024]** Fig. 7 sind die Emissionsspektren von verschiedenen nach einer anderen Ausführungsform.

**[0025]** Fig. 8 sind die Spektren der diffusen Reflexion von verschiedenen Leuchtstoffen nach einer anderen Ausführungsform.

**[0026]** Fig. 9 ist das simulierte Emissionsspektrum einer LED-basierten Lampe nach einer anderen Ausführungsform.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0027]** Leuchtstoffwandeln Strahlung (Energie) in sichtbares Licht um. Verschiedene Kombinationen von Leuchtstoffen stellen unterschiedliche gefärbte Lichtemissionen bereit. Das gefärbte Licht, das aus den Leuchtstoffen stammt, stellt eine Farbtemperatur bereit. Hierin werden neue Leuchtstoff-Zusammensetzungen sowie ihre Verwendung in LED- und anderen Lichtquellen präsentiert.

**[0028]** Ein Leuchtstoff-Umwandlungsmaterial (Leuchtstoffmaterial) wandelt erzeugte UV- oder blaue Strahlung in sichtbares Licht unterschiedlicher Wellenlänge um. Die Farbe des erzeugten sichtbaren Lichts ist von den besonderen Komponenten des Leuchtstoffmaterials abhängig. Das Leuchtstoffmaterial kann nur eine einzelne Leuchtstoff-Zusammensetzung oder zwei oder mehr Leuchtstoffe einer Grundfarbe umfassen, zum Beispiel eine besondere Mischung mit einem oder mehreren eines gelben und roten Leuchtstoffs, um eine gewünschte Farbe (Tönung) von Licht zu emittieren. Wie der Ausdruck "Leuchtstoffmaterial" hierin verwendet

wird, soll er sowohl eine einzelne Leuchtstoff-Zusammensetzung als auch eine Mischung von zwei oder mehr Leuchtstoff-Zusammensetzungen umfassen.

**[0029]** Es wurde bestimmt, dass eine LED-Lampe, die ein hellweißes Licht produziert, verwendbar wäre, um LEDs als Lichtquellen wünschenswerte Qualitäten zu verleihen. In einer Ausführungsform der Erfindung wird daher ein lumineszentes Material, ein mit Leuchtstoff-Umwandlungsmaterial beschichteter LED-Chip, zur Bereitstellung von weißem Licht offenbart. Das Leuchtstoffmaterial kann ein einzelner Leuchtstoff oder eine Leuchtstoffmischung aus zwei oder mehr Leuchtstoff-Zusammensetzungen, einschließlich einzelner Leuchtstoffe, die Strahlung bei einer spezifizierten Wellenlänge, zum Beispiel Strahlung von etwa 250 bis 550 nm, wie sie durch eine UV- bis sichtbare LED emittiert wird, in sichtbares Licht unterschiedlicher Wellenlänge umwandeln, sein. Das sichtbare Licht, das durch das Leuchtstoffmaterial (und einen LED-Chip, wenn er sichtbares Licht emittiert) bereitgestellt wird, umfasst ein hellweißes Licht mit hoher Intensität und Helligkeit.

**[0030]** Was **Fig. 1** angeht, so wird eine beispielhafte LED-basierte Licht emittierende Anordnung oder Lampe **10** gemäß einer bevorzugten Struktur gezeigt. Die Licht emittierende Anordnung **10** umfasst eine Halbleiter-Quelle für UV- oder sichtbare Strahlung, zum Beispiel einen Leuchtdioden (LED)-Chip **12** und Leitungen **14**, die elektrisch mit dem LED-Chip verbunden sind. Die Leitungen **14** können dünne Drähte umfassen, die durch (einen) dickeren Leiterrahmen **16** gestützt werden, oder die Leitungen können selbst tragende Elektroden umfassen und der Leiterrahmen kann weggelassen sein. Die Leitungen **14** führen Strom zu dem LED-Chip **12** und bewirken so, dass der LED-Chip **12** Strahlung emittiert.

**[0031]** Die Lampe kann eine Halbleiter-Quelle für sichtbares oder UV-Licht umfassen, die fähig ist, weißes Licht zu produzieren, wenn ihre Strahlung auf den Leuchtstoff gerichtet ist. Die bevorzugte Peak-Emission des LED-Chips in der vorliegenden Erfindung wird von der Identität der Leuchtstoffe in den offenbarten Ausführungsformen abhängen und kann von zum Beispiel von 250–550 nm reichen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird jedoch die Emission der LED im nahen UV bis zur blauen Region sein und eine Peak-Wellenlänge im Bereich von etwa 350 bis etwa 500 nm haben. Die Halbleiter-Lichtquelle umfasst dann typischerweise eine LED, die mit verschiedenen Verunreinigungen dotiert ist. So kann die LED eine Halbleiter-Diode, basierend auf geeigneten III-V-, II-VI- oder IV-IV-Halbleiter-Schichten, mit einer Peak-Emissions-Wellenlänge von etwa 250 bis 550 nm umfassen.

**[0032]** Vorzugsweise kann die LED wenigstens eine Halbleiter-Schicht umfassen, die GaN, ZnSe oder SiC umfasst. Beispielsweise kann die LED einen Nitrid-Verbindungs-Halbleiter umfassen, der durch die Formel  $\text{In}_3\text{Ga}_k\text{Al}_j\text{N}$  (worin  $0 \leq j$ ;  $0 \leq k$ ;  $0 \leq l$  und  $j + k + l = 1$ ) dargestellt wird, der eine Peak-Emissionswellenlänge von größer als etwa 250 nm und kleiner als etwa 550 nm hat. Solche LED-Halbleiter sind auf dem Fachgebiet bekannt. Die Strahlungsquelle wird hierin aus Gründen der Zweckmäßigkeit als eine LED beschrieben. Wie der Ausdruck allerdings hierin verwendet wird, ist gemeint, dass alle Halbleiter-Strahlungsquellen, einschließlich zum Beispiel Halbleiter-Laserdioden, mit umfasst werden.

**[0033]** Obgleich die allgemeine Diskussion der beispielhaften Strukturen der Erfindung, die hierin diskutiert werden, auf anorganische LED-basierte Lichtquellen gerichtet ist, sollte einzusehen sein, dass der LED-Chip durch eine organische Licht emittierende Struktur oder eine andere Strahlungsquelle ersetzt werden kann, es sei denn, es ist etwas anderes angegeben, und dass eine Bezugnahme auf einen LED-Chip oder Halbleiter lediglich repräsentativ für eine beliebige geeignete Strahlungsquelle ist.

**[0034]** Der LED-Chip **12** kann in einer Hülle **18** eingekapselt sein, welche den LED-Chip und ein Verkapselungsmaterial **20** einschließt. Die Hülle **18** kann zum Beispiel Glas oder Kunststoff sein. Vorzugsweise ist die LED **12** im Wesentlichen in dem Verkapselungsmaterial **20** zentriert. Das Verkapselungsmaterial **20** ist vorzugsweise ein Epoxid, Kunststoff, Niedrigtemperaturglas, Polymer, Thermoplast, ein wärmehärtendes Material, Harz, Silicon oder ein anderer Typ eines LED-einkapselnden Materials, wie es auf dem Fachgebiet bekannt ist. Gegebenenfalls ist das Verkapselungsmaterial **20** ein Spinglas oder ein anderes Material mit hohem Brechungs-Index. Vorzugsweise ist das Verkapselungsmaterial **20** ein Epoxid oder ein Polymermaterial, zum Beispiel Silicon. Sowohl die Hülle **18** als auch das Verkapselungsmaterial **20** sind vorzugsweise transparent oder im Wesentlichen optisch durchlässig für die Wellenlänge des Lichts, das durch den LED-Chip **12** und ein Leuchtstoffmaterial **22** (unten beschrieben) produziert wird. In einer alternativen Ausführungsform kann die Lampe **10** nur ein Verkapselungsmaterial ohne eine äußere Hülle **18** umfassen. Der LED-Chip **12** kann zum Beispiel durch den Leiterrahmen **16**, durch selbst tragende Elektroden, den Boden der Hülle **18** oder durch ein Fundament (nicht gezeigt), das an der Hülle oder dem Leiterrahmen montiert ist, gestützt bzw. getragen werden.

**[0035]** Die Struktur des Beleuchtungssystems umfasst ein Leuchtstoffmaterial **22** mittels Strahlung verbunden mit dem LED-Chip **12**. Mittels Strahlung verbunden bedeutet, dass die Elemente miteinander assoziiert sind, so dass Strahlung von einem zu dem anderen übertragen wird.

**[0036]** Dieses Leuchtstoffmaterial **22** wird durch ein beliebiges geeignetes Verfahren auf der LED **12** abgeschieden. Beispielsweise kann eine wasserbasierte Suspension des Leuchtstoffs (der Leuchtstoffe) gebildet werden, und als eine Leuchtstoffschicht auf die LED-Oberfläche aufgetragen werden. In einem derartigen Verfahren wird eine Siliconaufschlämmung, in der die Leuchtstoffpartikel statistisch suspendiert sind, um die LED platziert. Dieses Verfahren ist lediglich exemplarisch für mögliche Positionen des Leuchtstoffmaterials **22** und der LED **12**. So kann das Leuchtstoffmaterial **22** über oder direkt auf die Licht emittierende Oberfläche des LED-Chips **12** aufgetragen werden, indem die Leuchtstoffsuspension über den LED-Chip **12** aufgetragen und getrocknet wird. Sowohl die Hülle **18** als auch das Verkapselungsmaterial **20** sollten transparent sein, um zu erlauben, dass Licht **24** durch solche Elemente durchgelassen wird. In einer Ausführungsform kann die mittlere Partikelgröße des Leuchtstoffmaterials von etwa 1 bis etwa 10 Mikrometer sein, obgleich dies keine Beschränkung sein soll.

**[0037]** Fig. 2 stellt eine zweite bevorzugte Struktur des Systems gemäß dem bevorzugten Aspekt dar. Die Struktur der Ausführungsform von Fig. 2 ist ähnlich der von Fig. 1, außer dass das Leuchtstoffmaterial **122** in das Verkapselungsmaterial **120** eingemischt (eingeschlossen) ist, anstatt dass es direkt auf dem LED-Chip **112** ausgebildet ist. Das Leuchtstoffmaterial (in Form eines Pulvers) kann innerhalb einer einzelnen Region des Verkapselungsmaterials **120** oder bevorzugter durch das ganze Volumen des Verkapselungsmaterials hindurch eingemischt sein. Eine Strahlung **126**, die durch den LED-Chip **112** emittiert wird, mischt sich mit dem Licht, das durch das Leuchtstoffmaterial **122** emittiert wird, und das gemischte Licht erscheint als weißes Licht **124**. Wenn der Leuchtstoff mit dem Verkapselungsmaterial **120** zu vermischen ist, dann kann ein Leuchtstoffpulver zu einem Polymervorläufer gegeben werden, um den LED-Chip **112** aufgegeben werden, und dann kann der Polymervorläufer unter Verfestigen des Polymermaterials gehärtet werden. Andere bekannte Leuchtstoffmischungsverfahren (phosphor interspersion methods) können ebenfalls verwendet werden, zum Beispiel eine Transferbeladung. Die Bezugszeichen **114**, **116** und **118** stellen zu den Bezugszeichen **14**, **16** und **18** der Fig. 1 analoge Komponenten dar.

**[0038]** Fig. 3 stellt eine dritte bevorzugte Struktur des Systems gemäß den bevorzugten Aspekten dar. Die Struktur der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform ist ähnlich der von Fig. 1, außer dass das Leuchtstoffmaterial **122** auf eine Oberfläche der Hülle **218** aufgetragen ist, anstatt über den LED-Chip **212** ausgebildet zu sein. Das Leuchtstoffmaterial wird vorzugsweise auf die innere Oberfläche der Hülle **218** aufgetragen, obgleich der Leuchtstoff, wenn es gewünscht wird, auf die äußere Oberfläche der Hülle aufgetragen werden kann. Das Leuchtstoffmaterial **222** kann auf die ganze Oberfläche der Hülle oder nur einen oberen Teil der Oberfläche der Hülle aufgetragen werden. Die Strahlung **226**, die durch den LED-Chip **212** emittiert wird, mischt sich mit dem Licht, das durch das Leuchtstoffmaterial **222** emittiert wird, und das gemischte Licht erscheint als weißes Licht **224**. Die Bezugszeichen **214**, **216** und **220** stellen zu den Bezugszeichen **14**, **16** und **20** der Fig. 1 analoge Komponenten dar. Natürlich können die Strukturen der Fig. 1–Fig. 3 kombiniert werden und der Leuchtstoff kann in beliebigen zwei oder allen drei Stellen oder in einer anderen geeigneten Stelle, zum Beispiel getrennt von der Hülle oder integriert in die LED, lokalisiert werden.

**[0039]** In einer beliebigen der obigen Strukturen kann die Lampe **10** auch eine Vielzahl von Streupartikeln (nicht gezeigt) umfassen, die in das Verkapselungsmaterial eingebettet sind. Die Streupartikel können zum Beispiel  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Partikel, zum Beispiel Aluminiumoxidpulver oder  $\text{TiO}_2$ -Partikel umfassen. Die Streupartikel streuen das kohärente Licht, das aus dem LED-Chip emittiert wird, wirksam, vorzugsweise mit einer vernachlässigbaren Menge an Absorption.

**[0040]** Wie in einer bevorzugten Struktur in Fig. 4 gezeigt ist, kann der LED-Chip **412** in eine reflektierende Schale **430** montiert sein. Die Schale **430** kann aus einem reflektierenden Material bestehen oder damit beschichtet sein, zum Beispiel Aluminiumoxid, Titandioxid oder anderes dielektrisches Pulver, das im Fachgebiet bekannt ist. Ein bevorzugtes reflektierendes Material ist  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Der Rest der Struktur der Ausführungsform von Fig. 4 ist derselbe wie der einer der vorangehenden Figuren und umfasst zwei Leitungen **416**, einen leitenden Draht **432**, der elektrisch mit dem LED-Chip **412** mit der zweiten Leitung verbunden ist, und ein Verkapselungsmaterial **420**.

**[0041]** In einer Ausführungsform stellt die Erfindung eine neue Leuchtstoffzusammensetzung bereit, die in der Leuchtstoffzusammensetzung **22** in dem oben beschriebenen LED-Licht verwendet werden kann, wobei

die Zusammensetzung eine Leuchtstoffzusammensetzung mit der Formel  $\text{Ca}_{1-a-b}\text{Ce}_a\text{Eu}_b\text{Al}_{1+a}\text{Si}_{1-a}\text{N}_3$  umfasst, worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ .

**[0042]** In einer zweiten Ausführungsform umfasst der Leuchtstoff  $\text{Ca}_{1-c-d}\text{Ce}_c\text{Eu}_d\text{Al}_{1-c}(\text{Mg}, \text{Zn})_c\text{SiN}_3$ , worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ .

**[0043]** In einer dritten Ausführungsform umfasst der Leuchtstoff  $\text{Ca}_{1-2e-f}\text{Ce}_e(\text{Li}, \text{Na})_e\text{Eu}_f\text{AlSiN}_3$ , worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ .

**[0044]** In einer vierten Ausführungsform umfasst der Leuchtstoff  $\text{Ca}_{1-g-h-i}\text{Ce}_g(\text{Li}, \text{Na})_h\text{Eu}_i\text{Al}_{1+g-h}\text{Si}_{1-g+h}\text{N}_3$ , worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + i > 0$ .

**[0045]** Es sollte betont werden, dass hierin verschiedene Leuchtstoffe beschrieben werden, in denen verschiedene Elemente in Klammern und durch Kommata eingeschlossen sind, zum Beispiel in dem obigen  $\text{Ca}_{1-c-d}\text{Ce}_c\text{Eu}_d\text{Al}_{1-c}(\text{Mg}, \text{Zn})_c\text{SiN}_3$ -Leuchtstoff. Wie vom Fachmann auf diesem Gebiet verstanden wird, bedeutet dieser Typ eine Angabe, dass der Leuchtstoff eines oder alle dieser spezifizierten Elemente in der Formel in einem beliebigen Verhältnis von 0 bis 100% umfassen kann. Das heißt, dieser Typ einer Angabe hat für den obigen Leuchtstoff zum Beispiel dieselbe Bedeutung wie  $\text{Ca}_{1-c-d}\text{Ce}_c\text{Eu}_d\text{Al}_{1-c}(\text{Mg}_{1-q}\text{Zn}_q)_c\text{SiN}_3$ , worin  $0 < q \leq 1$ .

**[0046]** Beispielhafte Leuchtstoff nach einer oder mehreren dieser Ausführungsformen umfassen  $(\text{Ca}_{0,97}\text{Eu}_{0,01}\text{Ce}_{0,02})(\text{Al}_{0,98}\text{Mg}_{0,02})\text{SiN}_3$ ,  $(\text{Ca}_{0,99}\text{Ce}_{0,01})(\text{Al}_{0,99}\text{Mg}_{0,01})\text{SiN}_3$ ,  $(\text{Ca}_{0,95}\text{Eu}_{0,02}\text{Li}_{0,03})\text{Al}_{0,97}\text{Si}_{1,03}\text{N}_3$ ,  $\text{Ca}_{0,90}\text{Eu}_{0,02}\text{Li}_{0,08}\text{Al}_{0,92}\text{Si}_{1,08}\text{N}_3$ .

**[0047]** Fig. 5 ist das Emissionsspektrum von  $(\text{Ca}_{0,97}\text{Eu}_{0,01}\text{Ce}_{0,02})(\text{Al}_{0,98}\text{Mg}_{0,02})\text{SiN}_3$  unter 470 nm-Anregung. Fig. 6 sind die Anregungs- und Emissionsspektren von  $(\text{Ca}_{0,99}\text{Ce}_{0,01})(\text{Al}_{0,99}\text{Mg}_{0,01})\text{SiN}_3$ .

**[0048]** Die Verwendung von  $\text{Ce}^{3+}$  als Dotierungsmittel kann die Effizienz der resultierenden Beleuchtungsvorrichtung erhöhen, wenn andere Leuchtstoffe vorhanden sind. Das heißt, da von mit  $\text{Eu}^{2+}$  dotierten Leuchtstoffen bekannt ist, dass sie die Strahlung absorbieren, die von anderen Leuchtstoffen, die in der Vorrichtung vorliegen, emittiert wird, während  $\text{Ce}^{3+}$  dies typischerweise nicht tut, hat dies den zusätzlichen Vorteil einer Erhöhung der Vorrichtung-Bauteileffizienz, wenn zusätzliche Leuchtstoffe vorliegen (zum Beispiel YAG), da weniger des Lichts, das durch diese Leuchtstoffe emittiert wird, infolge der niedrigeren Konzentration an  $\text{Eu}^{2+}$  absorbiert werden wird.

**[0049]** Obgleich in vielen Anwendungen ein blauer oder UV-LED-Chip allein geeignet ist, kann der oben beschriebene Leuchtstoff mit einem oder mehreren zusätzlichen Leuchtstoff(en) zur Verwendung in LED-Lichtquellen vermischt werden. So wird in einer anderen Ausführungsform eine LED-Beleuchtungsanordnung bereitgestellt, die eine Leuchtstoffkombination umfasst, welche eine Mischung eines Leuchtstoffs aus einer der obigen Ausführungsformen mit einem oder mehreren zusätzlichen Leuchtstoffen umfasst. Diese Leuchtstoffe können entweder einzeln für einzelne Farblampen oder in Mischungen mit anderen Leuchtstoffen eingesetzt werden, um weißes Licht für eine allgemeine Beleuchtung zu erzeugen. Diese Leuchtstoffe können mit geeigneten Leuchtstoffen gemischt werden, um eine weißes Licht emittierende Vorrichtung mit CCTs im Bereich von 2500 bis 10 000 K und CRIs im Bereich von 50–99 zu produzieren. Nicht-limitierende Beispiele für geeignete Leuchtstoffe zur Verwendung mit den vorliegenden erfindungsgemäßen Leuchtstoffen in Leuchtstoffmischungen sind unten aufgelistet.

**[0050]** Die spezifischen Mengen einzelner Leuchtstoffe, die in der Leuchtstoffmischung verwendet werden, wird von der gewünschten Farbtemperatur abhängen. Die relativen Mengen jedes Leuchtstoffs in der Leuchtstoffmischung können als Spektralgewicht beschrieben werden. Das Spektralgewicht ist eine relative Menge, die jeder Leuchtstoff zu dem Gesamt-Emissionsspektrum der Vorrichtung beiträgt. Die Spektralgewichtsmengen aller einzelnen Leuchtstoff und eines restlichen Bluts aus der LED-Quelle sollten sich zu 100% addieren. In einer bevorzugten Ausführungsform von gemischten Leuchtstoffen wird der oben beschriebene Leuchtstoff in der Mischung ein Spektralgewicht haben, das von etwa 1 bis 75% reicht.

**[0051]** Obgleich dies nicht beschränkend sein soll, umfassen geeignete Leuchtstoffe zur Verwendung in der Mischung mit den erfindungsgemäßen Leuchtstoffen:

$(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{Br}, \text{OH}):\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$

$(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{BPO}_5:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$

$(\text{Sr}, \text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{vB}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$  (worin  $0 < v \leq 1$ )

$\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$

$(\text{Ca, Sr, Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 $\text{BaAl}_8\text{O}_{13}:\text{Eu}^{2+\sigma}$   
 $2\text{SrO}\cdot 0,84\text{P}_2\text{O}_5\cdot 0,16\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Ba, Sr, Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 $(\text{Ba, Sr, Ca})\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Y, Gd, Lu, Sc, La})\text{BO}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$   
 $(\text{Ba, Sr, Ca})_2\text{Si}_{1-\xi}\text{O}_{4-2\xi}:\text{Eu}^{2+}$  (worin  $0 \leq \xi \leq 0,2$ )  
 $(\text{Ba, Sr, Ca})_2(\text{Mg, Zn})\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Sr, Ca, Ba})(\text{Al, Ga, In})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Y, Gd, Tb, La, Sm, Pr, Lu})_3(\text{Al, Ga})_{5,\lambda}\text{O}_{12-3/2\lambda}:\text{Ce}^{3+}$  (worin  $0 \leq \lambda \leq 0,5$ )  
 $(\text{Lu, Y, Sc})_{2-p}(\text{Ca, Mg})_{1+p}\text{Li}_\sigma\text{Mg}_{2-\sigma}(\text{Si, Ge})_{3-\sigma}\text{P}_\sigma\text{O}_{12-p}:\text{Ce}^{3+}$  (worin  $0 \leq p \leq 0,5, 0 \leq \sigma \leq 0,5$ )  
 $(\text{Ca, Sr})_8(\text{Mg, Zn})(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 $\text{Na}_2\text{Gd}_2\text{B}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$   
 $(\text{Sr, Ca, Ba, Mg, Zn})_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 $(\text{Gd, Y, Lu, La})_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$   
 $(\text{Gd, Y, Lu, La})_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$   
 $(\text{Gd, Y, Lu, La})\text{VO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$   
 $(\text{Ca, Sr})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Ca, Sr})\text{S}:\text{Eu}^{2+}, \text{Ce}^{3+}$   
 $\text{SrY}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$   
 $\text{CaLa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$   
 $(\text{Ba, Sr, Ca})\text{MgP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 $(\text{Y, Lu})_2\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}\text{Mo}^{3+}$   
 $(\text{Ba, Sr, Ca})_\beta\text{Si}_\nu\text{N}_\mu:\text{Eu}^{2+}$  (worin  $2\beta + 4\gamma = 3\mu$ )  
 $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$   
 $(\text{Y, Lu, Gd})_{2-\varphi}\text{Ca}_\varphi\text{Si}_4\text{N}_{6+\varphi}\text{C}_{1-\varphi}:\text{Ce}^{3+}$  (worin  $0 \leq \varphi \leq 0,5$ )  
 $(\text{Lu, Ca, Li, Mg, Y})_\alpha\text{-SiAlON}$  dotiert mit  $\text{Eu}^{2+}$  und/oder  $\text{Ce}^{3+}$   
 $3,5\text{MgO}\cdot 0,5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$

**[0052]** Für die Zwecke der vorliegenden Anmeldung sollte verstanden werden, dass, wenn ein Leuchtstoff zwei oder mehr Dotierungs-Ionen hat (das heißt solche Ionen, die auf den Doppelpunkt in den obigen Zusammensetzungen folgen), soll dies bedeuten, dass der Leuchtstoff wenigstens eines (aber nicht notwendigerweise alle) von solchen Dotierungs-Ionen in dem Material hat. Das heißt, wie es vom Fachmann verstanden wird, bedeutet dieser Typ von Angabe, dass der Leuchtstoff eines oder alle von solchen spezifizierten Ionen als Dotierungsmittel in der Formulierung enthalten kann.

**[0053]** Wie festgestellt wurde, können die erfindungsgemäßen Leuchtstoff entweder allein unter Herstellung von einfarbigen Lichtquellen oder in Mischungen für weiße Lichtquellen eingesetzt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Leuchtstoffzusammensetzung eine Mischung von einem oder mehreren der obigen Leuchtstoffen und einem oder mehreren Lücken füllenden Leuchtstoffen, so dass das von der LED-Vorrichtung emittierte Licht ein weißes Licht ist.

**[0054]** Wenn die Leuchtstoffzusammensetzung eine Mischung aus zwei oder mehr Leuchtstoffen umfasst, kann der Verhältnisanteil jedes der individuellen Leuchtstoffe in der Leuchtstoffmischung in Abhängigkeit von den Charakteristika des gewünschten Licht-Outputs variieren. Die relativen Verhältnisse der einzelnen Leuchtstoffe in den verschiedenen Ausführungsformen von Leuchtstoffmischungen können so eingestellt werden, dass, wenn ihre Emissionen gemischt und in einer Gegenlichtbeleuchtungsvorrichtung verwendet werden, sichtbares Licht mit vorbestimmten x- und y-Werten im CIE-Chromatizitätsdiagramm produziert wird. Wie angegeben wurde, wird vorzugsweise ein weißes Licht produziert. Dieses weiße Licht kann zum Beispiel einen x-Wert im Bereich von etwa 0,30 bis etwa 0,55 und einen y-Wert im Bereich von etwa 0,30 bis etwa 0,55 besitzen. Wie dargelegt wurde, können allerdings die genaue Identität und die genauen Mengen jedes Leuchtstoffs in der Leuchtstoffzusammensetzung entsprechend den Bedürfnissen des Endverwenders variiert werden.

**[0055]** Die oben beschriebene Leuchtstoffzusammensetzung kann unter Verwendung bekannter Reaktionsverfahren im gelösten oder festen Zustand für die Produktion von Leuchtstoffen produziert werden, indem zum Beispiel Element-nitride, -oxide, -carbonate und/oder -hydroxide als Ausgangsmaterialien kombiniert werden. Andere Ausgangsmaterialien können Nitrate, Sulfate, Acetate, Citrate oder Oxalate umfassen. Alternativ können Co-Präzipitate der Seltenerdoxide als die Ausgangsmaterialien für die RE-Elemente verwendet werden. In einem typischen Verfahren werden die Ausgangsmaterialien durch ein Trocken- oder Nassmischverfahren

kombiniert und in einem Ofen oder unter einer reduzierenden Atmosphäre oder in Ammoniak bei zum Beispiel 1000 bis 1600°C gebrannt.

**[0056]** Ein Flussmittel kann zu dem Gemisch vor oder während des Mischschrittes gegeben werden. Dieses Flussmittel kann  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  oder ein beliebiges anderes herkömmliches Flussmittel sein. Eine Menge eines Flussmittels von weniger als etwa 20, vorzugsweise weniger als etwa 10 Gew.-% des Gesamtgewichts des Gemisches ist im Allgemeinen für Fließzwecke adäquat.

**[0057]** Die Ausgangsmaterialien können durch ein beliebiges mechanisches Verfahren miteinander vermischt werden, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Rühren oder Mischen in einem Hochgeschwindigkeitsmischer oder einem Bandmischer. Die Ausgangsmaterialien können kombiniert werden und miteinander in einer Kugelmühle, einer Hammermühle oder einer Strahlmühle pulverisiert werden. Das Mischen kann durch Nassverfahren durchgeführt werden, speziell wenn das Gemisch der Ausgangsmaterialien für eine anschließende Präzipitation in Lösung gebracht werden soll. Wenn das Gemisch nass ist, kann es zuerst getrocknet werden, bevor es unter einer reduzierenden Atmosphäre bei einer Temperatur von etwa 900°C bis etwa 1700°C, vorzugsweise von etwa 1100°C bis etwa 1600°C, für eine Zeit gebrannt wird, die ausreichend ist, um das gesamte Gemisch in die Endzusammensetzung umzuwandeln.

**[0058]** Das Brennen kann in einem Chargen- oder kontinuierlichen Verfahren, vorzugsweise mit einer Rühr- oder Mischwirkung, durchgeführt werden, um einen guten Gas-Feststoff-Kontakt zu fördern. Die Brennzeit hängt von der Menge des zu brennenden Gemisches, der Gasrate, die durch die Brennvorrichtung geführt wird, und der Qualität des Gas-Feststoff-Kontakts in der Brennvorrichtung ab. Typischerweise ist eine Brennzeit von bis zu etwa 10 Stunden adäquat, für eine Phasenbildung ist es allerdings wünschenswert, nach dem Vermahlen mehrmals bei den gewünschten Temperaturen zu brennen. Die reduzierende Atmosphäre umfasst typischerweise ein reduzierendes Gas, zum Beispiel Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Ammoniak oder eine Kombination davon, gegebenenfalls mit einem Inertgas, zum Beispiel Stickstoff, Helium, usw., oder einer Kombination davon verdünnt. Eine typische Brenn-atmosphäre ist 2%  $\text{H}_2$  in Stickstoff. Alternativ kann der Tiegel, der das Gemisch enthält, in einen zweiten geschlossenen Tiegel gepackt werden, der Kohlenstoffpartikel hoher Reinheit enthält, und in Luft gebrannt werden, so dass die Kohlenstoffpartikel mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff reagieren, wodurch Kohlenmonoxid zur Bereitstellung einer reduzierenden Atmosphäre erzeugt wird.

**[0059]** Es kann wünschenswert sein, Pigmente oder Filter zu der Leuchtstoffzusammensetzung zuzugeben. Wenn die LED eine UV-emittierende LED ist, kann die Leuchtstoffschicht **22** auch 0 bis zu etwa 5 Gew.-% (bezogen auf das Gesamtgewicht der Leuchtstoffe) eines Pigments oder eines anderen UV-absorbierenden Materials umfassen, das fähig ist, UV-Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 250 nm und 550 nm zu absorbieren oder zu reflektieren.

**[0060]** Geeignete Pigmente oder Filter umfassen beliebige von denen, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, die fähig sind, Strahlung zu absorbieren, die zwischen 250 nm und 550 nm erzeugt wird. Solche Pigmente umfassen zum Beispiel Nickeltitanat oder Praseodymiumzirkonat. Das Pigment wird in einer Menge verwendet, die wirksam ist, um 10 bis 100% der Strahlung zu filtern, die im Bereich von 250 nm bis 550 nm erzeugt wird.

#### Beispiele

**[0061]** Proben-Leuchtstoffe wurden hergestellt, indem die folgenden Ausgangsmaterialien gemischt wurden. Ein geringer Überschuss an  $\text{Li}_3\text{N}$  (2% pro mol Probe) wurde zugesetzt, um die Li-Flüchtigkeit bei hohen Temperaturen zu kompensieren. Alle Proben wurden unter Verwendung von Mörser und Pistill gemischt und in nicht bedeckten Mo-Tiegeln bei 800°C für 2 Stunden, dann bei 1200°C für 3 Stunden und schließlich bei 1500°C für 5 Stunden gebrannt, alle unter 2%  $\text{H}_2/\text{N}_2$ -Atmosphäre mit einem Kohletiegel vor der Probe (Probe 1 stellt ein Vergleichsbeispiel dar).

Probe 1:	$\text{Ca}_{0,98}\text{Eu}_{0,02}\text{AlSiN}_3$	Probe 2:	$\text{Ca}_{0,95}\text{Eu}_{0,02}\text{Li}_{0,03}\text{Al}_{0,97}\text{Si}_{1,03}\text{N}_3$
$\text{Ca}_3\text{N}_2$ :	1,042 g	$\text{Ca}_3\text{N}_2$ :	1,017 g
$\text{EuF}_3$ :	0,090 g	$\text{EuF}_3$ :	0,091 g
$\text{AlN}$ :	0,882 g	$\text{AlN}$ :	0,862 g
$\text{Si}_3\text{N}_4$ :	1,006 g	$\text{Si}_3\text{N}_4$ :	1,044 g
		$\text{Li}_3\text{N}$ :	0,023 g

Probe 3:	$\text{Ca}_{0,90}\text{Eu}_{0,02}\text{Li}_{0,08}\text{Al}_{0,92}\text{Si}_{1,08}\text{N}_3$
$\text{Ca}_3\text{N}_2$ :	0,975 g
$\text{EuF}_3$ :	0,092 g
AlN:	0,827 g
$\text{Si}_3\text{N}_4$ :	1,107 g
$\text{Li}_3\text{N}$ :	0,036 g

**[0062]** Charakteristika dieser Leuchtstoffe sind in Tabelle 1 gezeigt, einschließlich des Quantum-Effizienzvergleichs mit MFG-Leuchtstoff ( $3,5\text{MgO}\cdot 0,5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2\cdot \text{Mn}^{4+}$ ), der von NICHIA im Handel erhältlich ist.

TABELLE 1

Zusammensetzung	Relative QE vs. MFG	Absorption bei 405 nm	(x, y)	Luminosität (lm/w-rad)
$\text{Ca}_{0,98}\text{Eu}_{0,02}\text{AlSiN}_3$	71	83	(0,665, 0,330)	98
$\text{Ca}_{0,95}\text{Li}_{0,03}\text{Eu}_{0,02}\text{Al}_{0,97}\text{Si}_{1,03}\text{N}_3$	79	83,5	(0,658, 0,339)	98
$\text{Ca}_{0,92}\text{Li}_{0,08}\text{Eu}_{0,02}\text{Al}_{0,92}\text{Si}_{1,08}\text{N}_3$	81	85	(0,646, 0,351)	110

**[0063]** Die Emissionsspektren dieser Zusammensetzungen unter 405 nm-Anregung sind in Fig. 7 gezeigt. Die diffusen Reflexionsspektren der Zusammensetzungen 1 und 3 sind in Fig. 8 gezeigt.

**[0064]** Die errechneten Charakteristika von LED-basierten Lichtern unter Verwendung eines 470 nm-LED-Chips und verschiedener Leuchtstoffmischungen aus  $\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}$ ;  $\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}, \text{Eu}^{2+}$ ;  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl:Eu}^{2+}$  ("SAE") und  $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}\text{:Eu}^{2+}$  ("SECA") sind unten in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2

Probe	Komponenten	x	y	CCT	Ra	L/W rad
1	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{SECA}$	0,437	0,405	3008	72	318
2	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{SAE}/\text{SECA}$	0,381	0,377	4000	86	301
3	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}, \text{Eu}^{2+}/\text{SAE}/\text{SECA}$	0,406	0,392	3500	90	290
4	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}, \text{Eu}^{2+}/\text{SAE}/\text{SECA}$	0,406	0,392	3500	95	280
5	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}, \text{Eu}^{2+}/\text{SAE}/\text{SECA}$	0,437	0,405	3000	90	282
6	$\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}/\text{CaAlSiN}_3\text{:Ce}^{3+}, \text{Eu}^{2+}/\text{SAE}/\text{SECA}$	0,460	0,411	2700	90	273

**[0065]** Ein simuliertes Emissionsspektrum einer LED-Lampe mit einer CCT von 2700 K (Probe 6) ist in Fig. 9 gezeigt.

**[0066]** Bei Verwendung in Beleuchtungsanwendungen als Teil einer Leuchtstoffmischung können wir durch Zuordnen geeigneter Spektralgewichte für jeden Leuchtstoff Spektralmischungen schaffen, um die relevanten Teile von Farbraum, speziell für weiße Lampen, abzudecken. Für verschiedene gewünschte CCTs, CRIs und Farbpunkte kann man die geeigneten Mengen jedes Leuchtstoffs zum Einschluss in die Mischung bestimmen. Auf diese Weise kann man Leuchtstoffmischungen individuell aufmachen, um fast eine beliebige CCT oder einen Farbpunkt mit entsprechend hohem CRI zu produzieren. Natürlich wird die Farbe jedes Leuchtstoffs von seiner genauen Zusammensetzung abhängen. Allerdings ist eine Bestimmung der Änderungen im Spektralgewicht, um dieselbe oder eine ähnliche charakteristische Beleuchtungsvorrichtung zu produzieren, die durch solche Variationen benötigt werden, trivial und kann von einem Fachmann unter Verwendung verschiedener Methodologien, zum Beispiel experimentelle Entwicklung (design of experiment (DOE)) oder andere Strategien erreicht werden.

**[0067]** Durch Verwendung der vorliegenden Erfindung können einzelne Leuchtstofflampen bereitgestellt werden, die CRI-Werte haben, die größer als die sind, die erreichbar sind, wenn YAG allein verwendet wird, und zwar über einen weiten Bereich von Farbtemperaturen. Außerdem kann die Verwendung der vorliegenden Oxynitrid-Leuchtstoffe in LED-Mischungen Lampen mit CRI-Werten über 90 über den gesamten Bereich von Farbtemperaturen von Interesse für eine allgemeine Beleuchtung (2500 K bis 8000 K) produzieren. In einigen Mischungen können die CRI-Werte das theoretische Maximum von 100 erreichen.

**[0068]** Die oben beschriebene Leuchtstoff-Zusammensetzung kann außer in LEDs in weiteren Anwendungen eingesetzt werden. Das Material kann zum Beispiel als Leuchtstoff in einer Hg-Fluoreszenzlampe oder in Fluoreszenzlampen, die auf abwechselnden Entladungen basieren, in einer Kathodenstrahlröhre, in einer Plasma-Displayvorrichtung oder in einem Flüssigkristall-Display (LCD) verwendet werden. Das Material kann auch als Szintillator in einem elektromagnetischen Calorimeter, in einer Röntgenkamera, in einem Computer-Tomographie-Scanner, als Szintillationsdetektorelemente in einem CT- oder PET-System oder in einem Laser verwendet werden. Diese Verwendungen sind lediglich exemplarisch und nicht erschöpfend.

**[0069]** Die exemplarische Ausführungsform wurde anhand der bevorzugten Ausführungsformen beschrieben. Offensichtlich werden Modifikationen und Veränderungen anderen beim Lesen und Verstehen der vorstehenden detaillierten Beschreibung einfallen. Es ist vorgesehen, dass die exemplarische Ausführungsform als solche Modifikationen und Veränderungen enthaltend konstruiert wurde, insoweit wie diese in den Rahmen der beigefügten Ansprüche oder die Äquivalente davon fallen.

### Patentansprüche

1. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials zum Emittieren von weißem Licht, umfassend: eine Lichtquelle, die Strahlung mit einem Peak bei 250 nm bis 550 nm emittiert, und ein Leuchtstoffmaterial, das mittels Strahlung mit der Lichtquelle verbunden ist, wobei das Leuchtstoffmaterial wenigstens eines von  
 $\text{Ca}_{1-a-b}\text{Ce}_a\text{Eu}_b\text{Al}_{1+a}\text{Si}_{1-a}\text{N}_3$ , worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ ;  
 $\text{Ca}_{1-c-d}\text{Ce}_c\text{Eu}_d\text{Al}_{1-c}(\text{Mg}, \text{Zn})_c\text{SiN}_3$ , worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ ;  
 $\text{Ca}_{1-2e-f}\text{Ce}_e(\text{Li}, \text{Na})_f\text{Eu}_f\text{AlSiN}_3$ , worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ ; oder  
 $\text{Ca}_{1-g-h-i}\text{Ce}_g(\text{Li}, \text{Na})_h\text{Eu}_i\text{Al}_{1+g-h}\text{Si}_{1-g+h}\text{N}_3$ , worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + i > 0$ , umfasst.
2. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, wobei die Lichtquelle eine Halbleiter-Leuchtdiode (LED) ist, die Strahlung mit einer Peak-Wellenlänge im Bereich von 350 bis 500 nm emittiert.
3. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 2, wobei die LED einen Nitridverbindungs-Halbleiter, dargestellt durch die Formel  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ , worin  $0 \leq i$ ,  $0 \leq j$ ,  $0 \leq k$ , und  $i + j + k = 1$ , umfasst.
4. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, wobei die Leuchtstoffzusammensetzung auf die Oberfläche der Lichtquelle aufgetragen ist.
5. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, die außerdem einen Verkapselungsstoff umfasst, der die Lichtquelle und die Leuchtstoffzusammensetzung umgibt.
6. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, wobei die Leuchtstoffzusammensetzung in dem Verkapselungsstoff dispergiert ist.
7. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, der außerdem eine Reflektorschale umfasst.
8. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, wobei die Leuchtstoffzusammensetzung außerdem einen zusätzlichen Leuchtstoff oder mehrere zusätzliche Leuchtstoffe umfasst.
9. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 8, wobei der eine zusätzliche Leuchtstoff oder die mehreren zusätzlichen Leuchtstoffe ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend:  
 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{Br}, \text{OH}):\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ ;  $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{BPO}_5:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ ;  
 $(\text{Sr}, \text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)^6 \cdot v\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$  (worin  $0 < v \leq 1$ );  
 $\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ ;  $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ ;  
 $\text{BaAl}_8\text{O}_{13}:\text{Eu}^{2+}$ ;  $2\text{SrO} \cdot 0,84\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0,16\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$ ;  $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ ;  
 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ ;  $(\text{Y}, \text{Gd}, \text{Lu}, \text{Sc}, \text{La})\text{BO}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ ;  $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_2\text{Si}_{1-\xi}\text{O}_{4-2\xi}:\text{Eu}^{2+}$  (worin  $0 \leq \xi \leq 0,2$ );  $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_2(\text{Mg}, \text{Zn})\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ;  $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})(\text{Al}, \text{Ga}, \text{In})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ;

(Y, Gd, Tb, La, Sm, Pr, Lu)<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5-λ</sub>O<sub>12-3/2λ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq \lambda \leq 0,5$ ,  $0 \leq \sigma \leq 0,5$ );  
 (Lu, Y, Sc)<sub>2-p</sub>(Ca, Mg)<sub>1+p</sub>Li<sub>σ</sub>Mg<sub>2-σ</sub>(Si, Ge)<sub>3-σ</sub>P<sub>σ</sub>O<sub>12-p</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq p \leq 0,5$ );  
 (Ca, Sr)<sub>8</sub>(Mg, Zn)(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; Na<sub>2</sub>Gd<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>;  
 (Sr, Ca, Ba, Mg, Zn)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>;  
 (Gd, Y, Lu, La)VO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>, Ce<sup>3+</sup>; SrY<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; CaLa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce<sup>3+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)MgP<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Y, Lu)<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Mo<sup>6+</sup>; (Ba, Sr, Ca)<sub>β</sub>Si<sub>ν</sub>N<sub>μ</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin  $2\beta + 4\gamma = 3\mu$ );  
 Ca<sub>3</sub>(SiO<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>):Eu<sup>2+</sup>; (Y, Lu, Gd)<sub>2-φ</sub>Ca<sub>φ</sub>Si<sub>4</sub>N<sub>6+φ</sub>C<sub>1-φ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq \phi \leq 0,5$ ); (Lu, Ca, Li, Mg, Y)α-SiAlON, dotiert mit Eu<sup>2+</sup> und/oder Ce<sup>3+</sup>; und 3,5MgO·0,5MgF<sub>2</sub>·GeO<sub>2</sub>:Mn<sup>4+</sup>

10. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 1, wobei das Licht, das durch die Apparatur emittiert wird, einen allgemeinen CRI (Ra) von wenigstens 80 hat.

11. Verwendung eines Leuchtstoffmaterials nach Anspruch 11, wobei das Licht, das durch die Apparatur emittiert wird, einen allgemeinen CRI (Ra) von wenigstens 90 hat.

12. Leuchtstoffmaterial, umfassend wenigstens eines von

Ca<sub>1-a-b</sub>Ce<sub>a</sub>Eu<sub>b</sub>Al<sub>1+a</sub>Si<sub>1-a</sub>N<sub>3</sub>, worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ ;  
 Ca<sub>1-c-d</sub>Ce<sub>c</sub>Eu<sub>d</sub>Al<sub>1-c</sub>(Mg, Zn)<sub>c</sub>SiN<sub>3</sub>, worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ ;  
 Ca<sub>1-2e-f</sub>Ce<sub>e</sub>(Li, Na)<sub>e</sub>Eu<sub>f</sub>AlSiN<sub>3</sub>, worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ ; oder  
 Ca<sub>1-g-h-i</sub>Ce<sub>g</sub>(Li, Na)<sub>h</sub>Eu<sub>i</sub>Al<sub>1+g+h</sub>N<sub>3</sub>, worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + h > 0$ ,

13. Leuchtstoffmaterial nach Anspruch 12, umfassend wenigstens eines von

(Ca<sub>0,97</sub>Eu<sub>0,01</sub>Ce<sub>0,02</sub>)(Al<sub>0,98</sub>Mg<sub>0,02</sub>)SiN<sub>3</sub>; (Ca<sub>0,99</sub>Ce<sub>0,01</sub>)(Al<sub>0,99</sub>Mg<sub>0,01</sub>)SiN<sub>3</sub>;  
 (Ca<sub>0,95</sub>Eu<sub>0,02</sub>Li<sub>0,03</sub>)Al<sub>0,97</sub>Si<sub>1,03</sub>N<sub>3</sub>; oder (Ca<sub>0,90</sub>Eu<sub>0,02</sub>Li<sub>0,08</sub>)Al<sub>0,92</sub>Si<sub>1,08</sub>N<sub>3</sub>.

14. Leuchtstoffmischung, umfassend wenigstens eines von

Ca<sub>1-a-b</sub>Ce<sub>a</sub>Eu<sub>b</sub>Al<sub>1+a</sub>Si<sub>1-a</sub>N<sub>3</sub>, worin  $0 < a \leq 0,2$ ,  $0 \leq b \leq 0,2$ ;  
 Ca<sub>1-c-d</sub>Ce<sub>c</sub>Eu<sub>d</sub>Al<sub>1-c</sub>(Mg, Zn)<sub>c</sub>SiN<sub>3</sub>, worin  $0 < c \leq 0,2$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ ;  
 Ca<sub>1-2e-f</sub>Ce<sub>e</sub>(Li, Na)<sub>e</sub>Eu<sub>f</sub>AlSiN<sub>3</sub>, worin  $0 < e \leq 0,2$ ,  $0 \leq f \leq 0,2$ ,  $e + f > 0$ ; oder  
 Ca<sub>1-g-h-i</sub>Ce<sub>g</sub>(Li, Na)<sub>h</sub>Eu<sub>i</sub>Al<sub>1+g+h</sub>Si<sub>1-g+h</sub>N<sub>3</sub>, worin  $0 \leq g \leq 0,2$ ,  $0 < h \leq 0,4$ ,  $0 \leq i \leq 0,2$ ,  $g + i > 0$ ;  
 und wenigstens einen zusätzlichen Leuchtstoff, wobei die Leuchtstoffmischung fähig ist, Licht zu emittieren, das zur Verwendung entweder allein oder in Kombination mit Strahlung, die durch eine Lichtquelle, die mittels Strahlung mit dem Leuchtstoff verbunden ist, emittiert wird, zur Verwendung in der allgemeinen Beleuchtung geeignet ist, wobei der eine zusätzliche Leuchtstoff oder die mehreren zusätzlichen Leuchtstoffe ausgewählt ist/sind aus der Gruppe, umfassend:

(Ba, Sr, Ca)<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(Cl, F, Br, OH):Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Ba, Sr, Ca)BPO<sub>5</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>;  
 (Sr, Ca)<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6-v</sub>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin  $0 < v \leq 1$ ); Sr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>·2SrCl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Ca, Sr, Ba)<sub>3</sub>MgSi<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; BaAl<sub>8</sub>O<sub>13</sub>:Eu<sup>2+</sup>; 2SrO·0,84P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·0,16B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Ba, Sr, Ca)Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; (Y, Gd, Lu, Sc, La)BO<sub>3</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)<sub>2</sub>Si<sub>1-ξ</sub>O<sub>4-2ξ</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin  $0 \leq \xi \leq 0,2$ ); (Ba, Sr, Ca)<sub>2</sub>(Mg, Zn)Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Sr, Ca, Ba)(Al, Ga, In)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>; (Y, Gd, Tb, La, Sm, Pr, Lu)<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5-λ</sub>O<sub>12-3/2λ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq \lambda \leq 0,5$ ); (Lu, Y, Sc)<sub>2-p</sub>(Ca, Mg)<sub>1+p</sub>Li<sub>σ</sub>Mg<sub>2-σ</sub>(Si, Ge)<sub>3-σ</sub>P<sub>σ</sub>O<sub>12-p</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq p \leq 0,5$ ,  $0 \leq \sigma \leq 0,5$ );  
 Ca(Sr)<sub>8</sub>(Mg, Zn)(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; Na<sub>2</sub>Gd<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>;  
 (Ca, Sr)<sub>8</sub>Ba, Mg, Zn)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Gd, Y, Lu, La)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>;  
 (Gd, Y, Lu, La)VO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Bi<sup>3+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>; (Ca, Sr)S:Eu<sup>2+</sup>, Ce<sup>3+</sup>; SrY<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 CaLa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Ce<sup>3+</sup>; (Ba, Sr, Ca)MgP<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>; (Y, Lu)<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Mo<sup>6+</sup>;  
 (Ba, Sr, Ca)<sub>β</sub>Si<sub>ν</sub>N<sub>μ</sub>:Eu<sup>2+</sup> (worin  $2\beta + 4\gamma = 3\mu$ ); Ca<sub>3</sub>(SiO<sub>4</sub>)Cl<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup>;  
 (Y, Lu, Gd)<sub>2-φ</sub>Ca<sub>φ</sub>Si<sub>4</sub>N<sub>6+φ</sub>C<sub>1-φ</sub>:Ce<sup>3+</sup> (worin  $0 \leq \phi \leq 0,5$ ); (Lu, Ca, Li, Mg, Y)α-SiAlON, dotiert mit Eu<sup>2+</sup> und/oder Ce<sup>3+</sup>; und 3,5MgO·0,5MgF<sub>2</sub>·GeO<sub>2</sub>:Mn<sup>4+</sup>

15. Leuchtstoffmischung nach Anspruch 14 wobei das Licht, das durch die Mischung emittiert wird, allein oder in Kombination mit Strahlung, die durch eine Lichtquelle emittiert wird, die mittels Strahlung mit dem Leuchtstoff verbunden ist, weiß ist.

16. Leuchtstoffmischung nach Anspruch 15, wobei das Licht, das durch die Mischung emittiert wird, allein oder in Kombination mit Strahlung, die durch eine Lichtquelle emittiert wird, welche mittels Strahlung mit dem Leuchtstoff verbunden ist, einen allgemeinen CRI (Ra) von wenigstens 80 hat.

17. Leuchtstoffmischung nach Anspruch 16, wobei das Licht, das durch die Mischung emittiert wird, allein oder in Kombination mit Strahlung, die durch eine Lichtquelle emittiert wird, welche mittels Strahlung mit dem Leuchtstoff verbunden ist, einen allgemeinen CRI (Ra) von wenigstens 90 hat.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

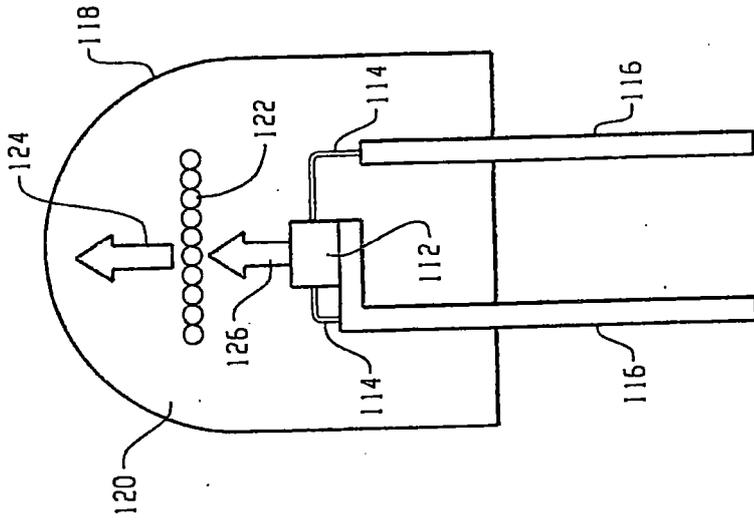


Fig. 2

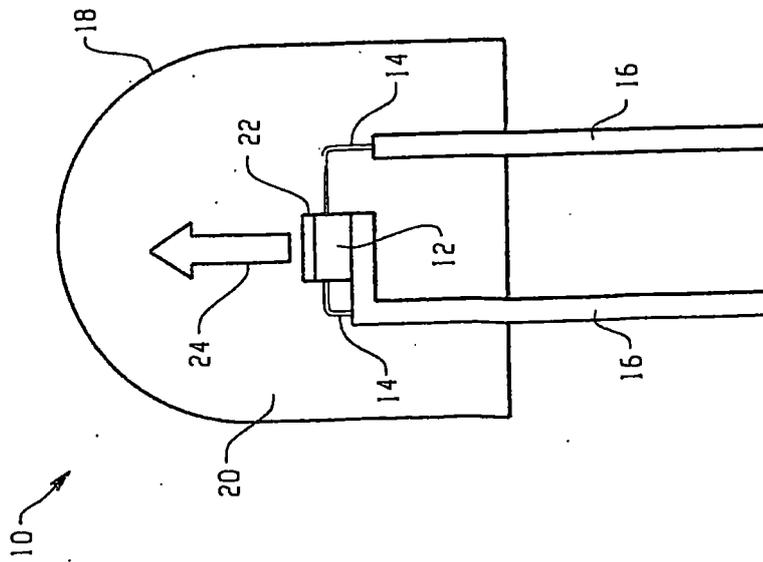


Fig. 1

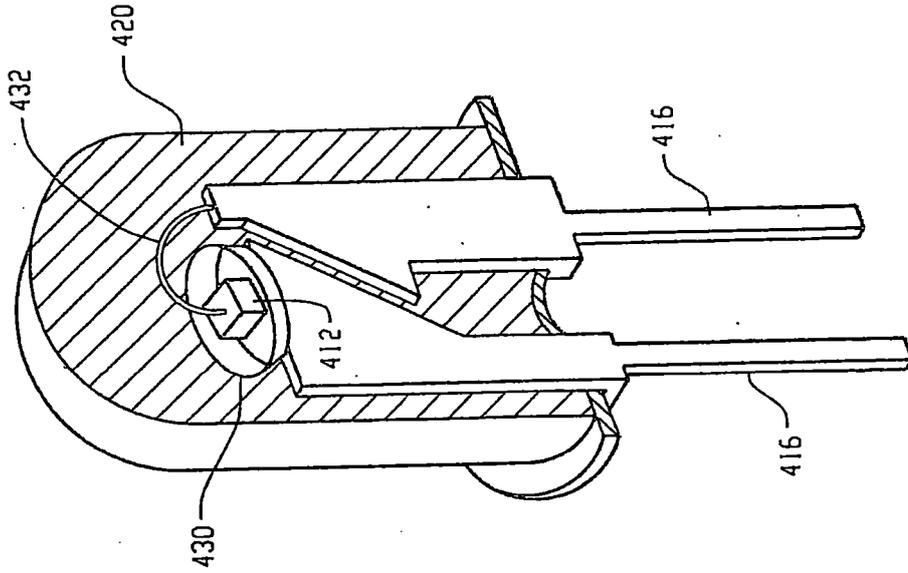


Fig. 4

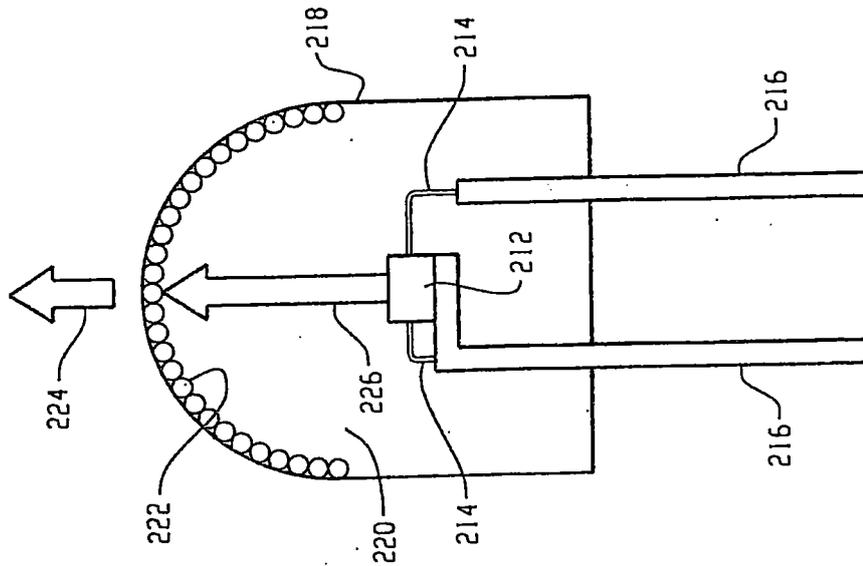
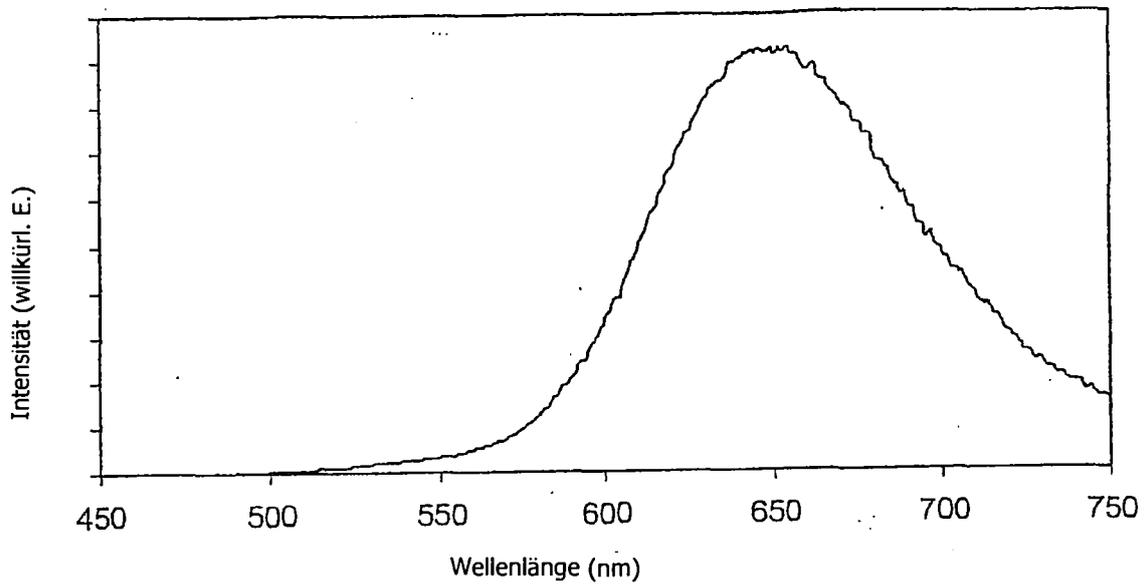
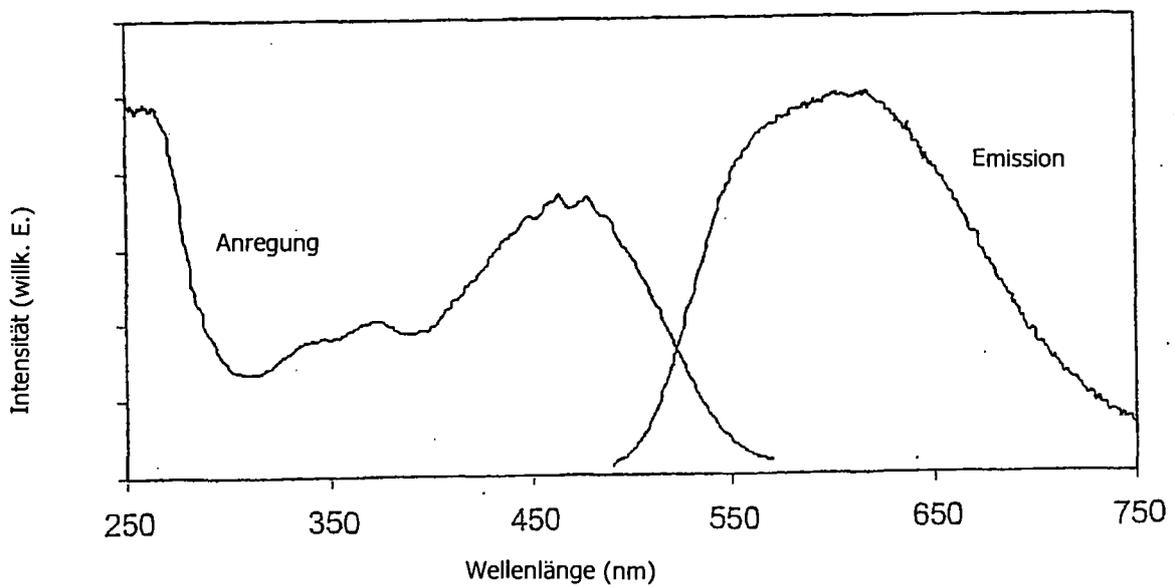


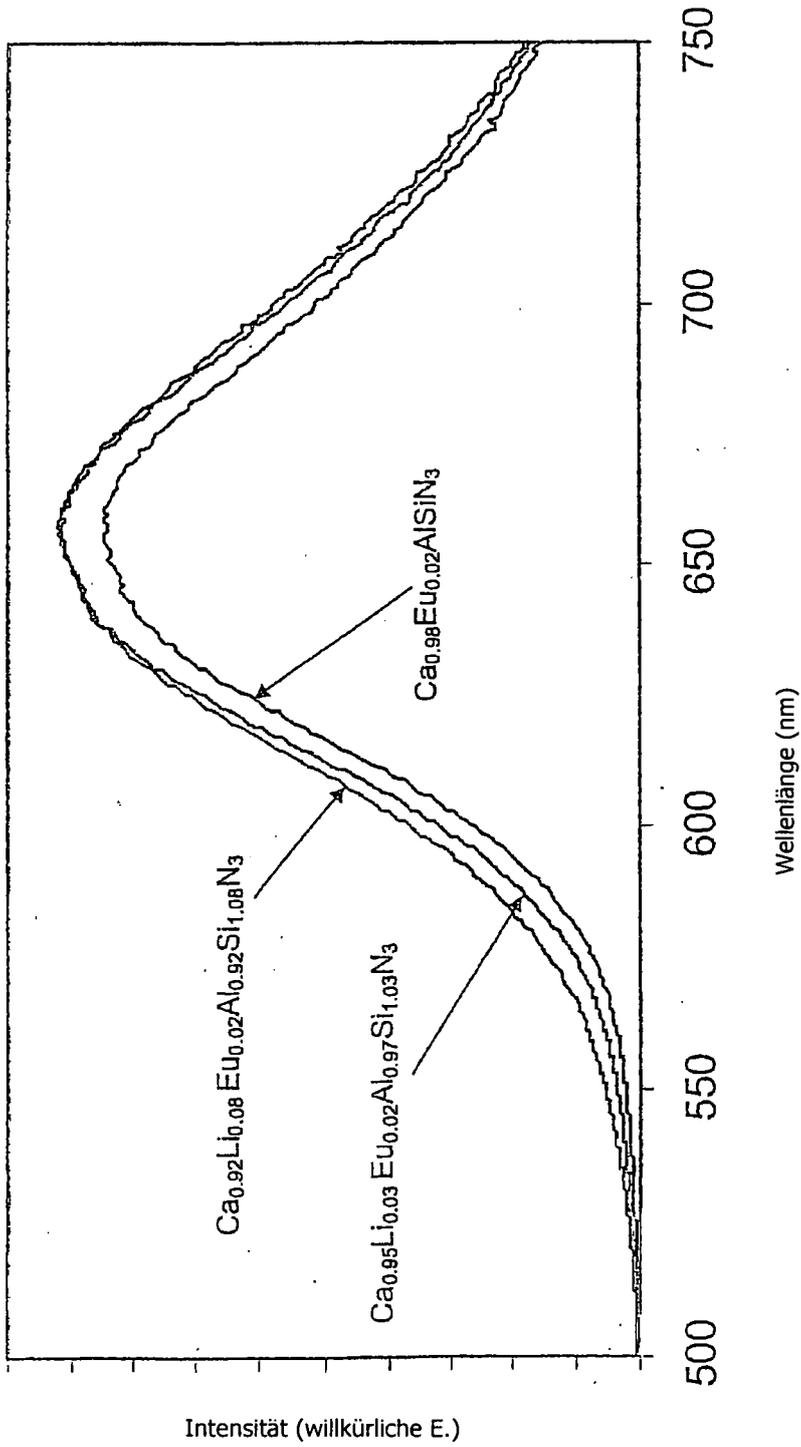
Fig. 3



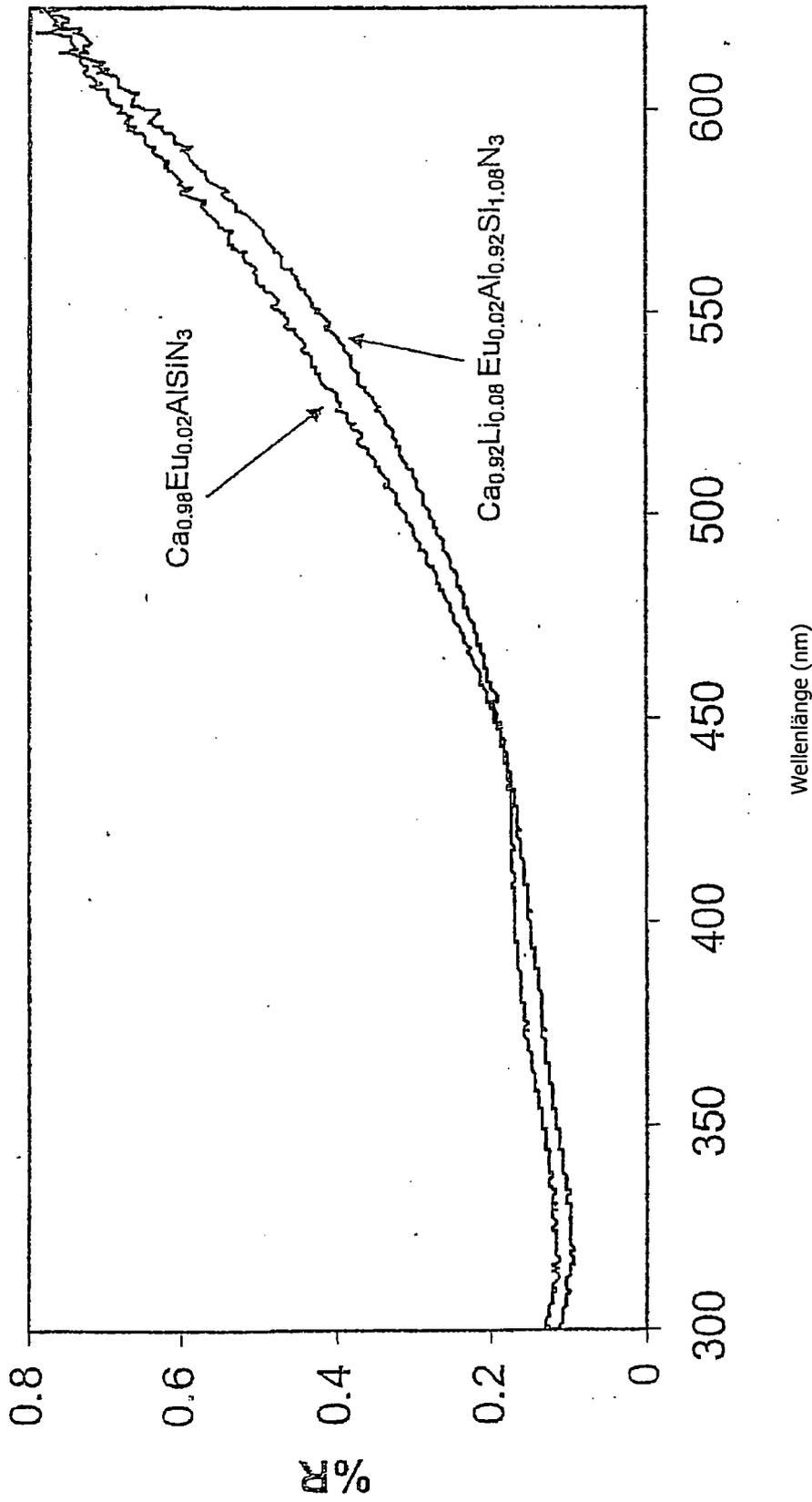
FIGUR 5



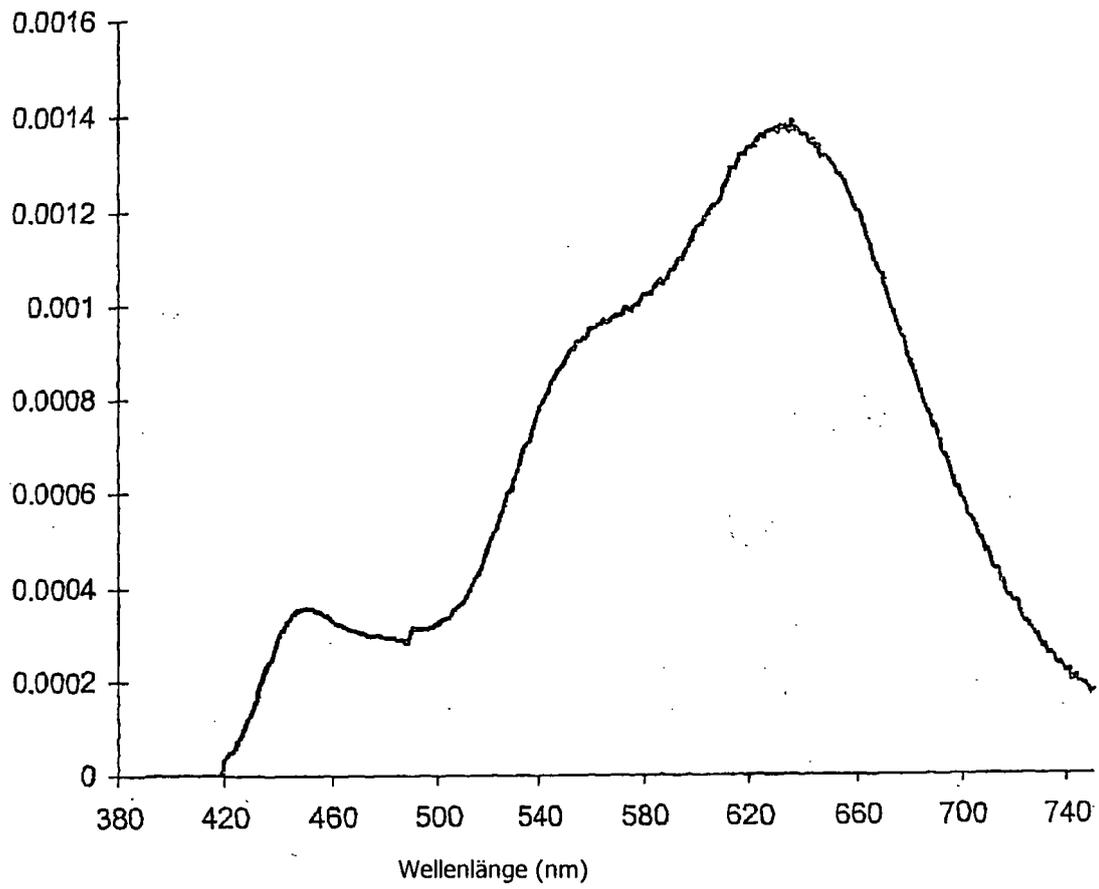
FIGUR 6



Figur 7



Figur 8



FIGUR 9