



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 31 483 T2** 2007.08.23

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 073 089 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 31 483.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 306 244.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.07.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.10.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01J 29/20** (2006.01)

H01J 61/44 (2006.01)

C09K 11/80 (2006.01)

C09K 11/78 (2006.01)

G21K 4/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

359900 26.07.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(72) Erfinder:

**Srivastava, Alok Mani, Niskayuna, New York
12309, US; Comanzo, Holly Ann, Schenectady,
New York 12309, US; Doughty, Douglas Allen,
Charlton, New York 12019, US; Beers, William
Winder, Chesterland, Ohio 44026, US**

(74) Vertreter:

**Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189
Wiesbaden**

(54) Bezeichnung: **Mit Mangan aktivierter grün emittierender SrAl₂O₄ Leuchtstoff**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein lumineszentes Material, das mit verschiedenen Ionen dotiert ist, und insbesondere ein $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ Material, das mit Mn^{2+} , Ce^{3+} , Pr^{3+} , Gd^{3+} , Tb^{3+} und/oder Mg^{2+} wie in Anspruch 1 definiert dotiert ist, und als ein Lampenleuchtstoff, ein Displayleuchtstoff oder als ein Laserkristall verwendet wird.

[0002] Ein lumineszentes Material absorbiert Energie in einem Teil des elektromagnetischen Spektrums und emittiert Energie in einem anderen Teil des elektromagnetischen Spektrums. Ein lumineszentes Material in Pulverform wird üblicherweise Leuchtstoff genannt, während ein lumineszentes Material in Form eines transparenten Festkörpers üblicherweise Szintillator genannt wird.

[0003] Die nützlichsten Leuchtstoffe und Szintillatoren emittieren Strahlung im sichtbaren Teil des Spektrums, in Antwort auf die Absorption von Strahlung, die außerhalb des sichtbaren Teils des Spektrums liegt. Somit übt der Leuchtstoff die Funktion der Umwandlung elektromagnetischer Strahlung aus, für die das menschliche Auge nicht empfindlich ist, in elektromagnetische Strahlung, für die das menschliche Auge empfindlich ist. Die meisten Leuchtstoffe sprechen auf höherenergetische Anteile des elektromagnetischen Spektrums an als den sichtbaren Teil des Spektrums. Somit existieren Leuchtstoffe und Szintillatoren, die auf ultraviolettes Licht ansprechen (wie in Fluoreszenzlampen), Elektronen (wie in Kathodenstrahlröhren) und Röntgen (wie in der Radiographie).

[0004] Zwei große Klassen lumineszenter Materialien sind bekannt. Dieses sind die selbstaktivierten lumineszenten Materialien und fremdaktivierte lumineszente Materialien.

[0005] Ein selbstaktiviertes lumineszentes Material ist eines, in dem das reine kristalline Wirtsmaterial bei Absorption eines hochenergetischen Photons Elektronen auf einen angeregten Zustand anhebt, von dem sie durch Emittierung eines Photons auf einen geringer energetischen Zustand zurückkehren. Selbstaktivierte lumineszente Materialien besitzen normalerweise ein breites Spektrumemissionsmuster wegen des relativ breiten Bereichs an Energien, die das Elektron entweder in den angeregten oder in den geringer energetischen Zuständen haben kann. Somit kann jedes gegebene angeregte Elektron während seines Übergangs von seinem angeregten zu seinem geringer energetischen Zustand einen ziemlich breiten Energiebereich emittieren, abhängig von den speziellen Energien, die es vor und nach seinem emissiven Übergang hat.

[0006] Ein fremdaktiviertes lumineszentes Material ist normalerweise eines, in dem ein nicht-lumineszentes Wirtsmaterial durch den Einschluss einer Aktivatorspezies modifiziert wurde, die im Wirtsmaterial in einer relativ geringen Konzentration vorhanden ist, wie z.B. im Bereich von etwa 200 ppm bis 1000 ppm. Jedoch benötigen manche Materialien einige Mole oder Atomprozent Aktivatorionen für einen optimierten Lichtausstoß. Bei einem fremdaktivierten lumineszenten Material können die Aktivatorionen direkt die einfallenden Photonen absorbieren oder das Gitter kann die einfallenden Photonen absorbieren und die absorbierte Photonenenergie zu den Aktivatorionen transferieren.

[0007] Das durch das Gitter absorbierte Photon kann mobile wandernde Elektronen und Löcher im Gitter erzeugen. Aufgrund günstiger Ladungskonfigurationen werden die wandernden Elektronen und die Löcher an den Aktivatorionen eingefangen, wo sie sich rekombinieren und ein Photon lumineszenten Lichts emittieren.

[0008] Alternativ hebt das Photon, wenn das Photon direkt vom Aktivatorion absorbiert wird, ein oder mehr Elektronen des Aktivatorions auf einen angeregteren Zustand. Diese Elektronen emittieren bei der Rückkehr in ihren weniger angeregten Zustand ein Photon lumineszenten Lichts.

[0009] In vielen allgemein eingesetzten fremdaktivierten lumineszenten Materialien sind die Elektronen, die das lumineszente Licht emittieren, d- oder f-Schalen Elektronen, deren Energieniveaus durch das umgebende Kristallfeld signifikant beeinflusst oder relativ unbeeinflusst sein können. In den Situationen, in denen das Aktivatorion durch das lokale Kristallfeld nicht sehr beeinflusst wird, ist das emittierte lumineszente Licht im Wesentlichen charakteristisch für die Aktivatorionen statt für das Wirtsmaterial und das Lumineszenzspektrum umfasst einen oder mehr relativ enge Emissionspeaks. Dies kontrastiert zu dem sehr viel breiteren Emissionsspektrum selbstaktivierter lumineszenter Materialien.

[0010] Wenn ein Wirtsgitter das einfallende Photon absorbiert (d.h. die Anregungsenergie) und sie auf das Aktivatorion transferiert, wirkt das Wirtsgitter als Sensibilisator. Das Wirtsgitter kann auch mit Sensibilisatoratomen dotiert sein. Die Sensibilisatoratome absorbieren das einfallende Photon entweder direkt, oder vom

Wirtsgitter, und transferieren es zum Aktivatorion.

[0011] Ein Grünlicht emittierender Leuchtstoff aus dem Stand der Technik ist $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$. Dieser Leuchtstoff wird in Anzeigeeinrichtungen, wie Plasmaanzeigen und Kathodenstrahlröhren (CRT), und in verschiedenen Fluoreszenzlampen verwendet. Der Leuchtstoff absorbiert die emittierte UV Strahlung von der Lampe oder der Plasmaanzeige oder Elektronen in einem CRT und emittiert Strahlung im grünen Spektralbereich.

[0012] Es ist bei einem Leuchtstoff im Allgemeinen vorteilhaft, wenn er gegen Strahlungsschädigung resistent ist und eine hohe Lumenerhaltung zeigt. Eine Strahlungsschädigung ist das Charakteristikum eines lumineszenten Materials, bei dem die Menge des durch das lumineszente Material emittierten Lichtes in Antwort auf eine gegebene Intensität der Anregungsstrahlung abnimmt, nachdem das Material einer hohen Strahlungsdosis ausgesetzt wurde. Die Lumenerhaltung ist die Fähigkeit eines lumineszenten Materials, der Strahlungsschädigung über die Zeit zu widerstehen. Lumineszente Materialien mit einer hohen Resistenz gegen Strahlungsschädigung über die Zeit besitzen eine hohe Lumenerhaltung.

[0013] Jedoch hat der $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff einen signifikanten Abfall des Lichtausstoßes nach mehreren Stunden Bombardement mit energetischer UV-Strahlung oder Elektronen gezeigt. Daher leidet der Leuchtstoff an einer geringen Lumenerhaltung.

[0014] Zwei der jetzigen Erfinder schlugen jüngst im U.S. Patent 5,571,451 einen neuen $\text{Sr}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Al}_{12-y}\text{Mg}_y\text{O}_{19}$ Leuchtstoff vor. Der Leuchtstoff emittiert aufgrund der Emission des Pr^{3+} Aktivators Licht im blauen Spektralbereich. Außerdem zeigt dieser Leuchtstoff eine hohe Quantenausbeute im blauen Spektralbereich aufgrund eines Pr Quanten-Splittingeffekts. Jedoch zeigt dieser Leuchtstoff keine Lumineszenz im grünen Spektralbereich.

[0015] Die US-A-3836477 offenbart einen Cer- und Mangan-aktivierten Strontiumaluminat-Leuchtstoff, $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Ce},\text{Mn}$, zur Verwendung in Fluoreszenzlampen. Der Emissionspeak dieses Leuchtstoffs liegt bei 515 Nanometern und er hat eine extrem enge Emissionsandbreite von 22 Nanometern bei halber Peakhöhe. Diese enge Emissionsbande macht den Leuchtstoff recht nützlich in Anwendungen, worin eine reine grüne Lichtquelle benötigt wird, wie beim Fotokopieren.

[0016] Die FR-A-2307864 offenbart ein lumineszentes Cer- und Mangan-aktiviertes Aluminat, das durch die Formel $\text{La}_{1-x-p}\text{Ba}_x\text{Ce}_p\text{Al}_{12-y-q}\text{Mn}_q\text{O}_{1,5y+1,5-0,5x-0,5q}$ definiert ist, worin $10 \leq y \leq 13$, $0,10 \leq x \leq 0,75$, $0,05 \leq p \leq 0,75$, $x + p \leq 0,90$ und $0,10 \leq q \leq 0,50$.

[0017] Die GB-A-2259095 offenbart einen Grünlicht emittierenden Cer-Strontium-Aluminat-Leuchtstoff der allgemeinen Formel $(\text{Ce}_{1-m-n}\text{Tb}_m\text{Sr}_n)\text{Mn}_p\text{Mg}_q\text{Al}_r\text{O}_{1,5(1+r)+p+q-0,5n}$, der mit Terbium und/oder Mangan aktiviert ist, worin $0 \leq m \leq 0,4$; $0 < n \leq 0,8$; $0,3 \leq m + n \leq 0,9$; $0 \leq p \leq 1,0$; $0 \leq q \leq 2$ und $10 \leq r \leq 20$.

[0018] In Anbetracht des Vorangehenden wäre es wünschenswert, einen Grünlicht-emittierenden Leuchtstoff oder Szintillator zur Verfügung zu stellen, der eine angemessene Lumenerhaltung zeigt. Es wäre ebenso wünschenswert, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Leuchtstoffs oder Szintillators zur Verfügung zu stellen.

[0019] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt einen Stoff zur Verfügung, aufweisend $(\text{Sr}_{1-m-q-r-t}\text{Ce}_m\text{Pr}_q\text{Gd}_r\text{Tb}_t)(\text{Al}_{12-e-g}\text{Mg}_e\text{Mn}_g)\text{O}_{19}$, worin $0 \leq m \leq 1$; $0 \leq q \leq 1$; $0 < r \leq 0,5$; $0 < t \leq 0,5$; $0 \leq e \leq 0,5$ und $0 < g \leq 0,5$, mit der Einschränkung dass beide m und q nicht beide 0 sind.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt eine Lumineszenzeinrichtung zur Verfügung, aufweisend: ein Gehäuse, eine Quelle eines energetischen Mediums, die in dem Gehäuse enthalten ist, und ein lumineszentes Material, das im Inneren des Gehäuses enthalten ist und aufweist:

$(\text{Sr}_{1-m-q-r-t}\text{Ce}_m\text{Pr}_q\text{Gd}_r\text{Tb}_t)(\text{Al}_{12-e-g}\text{Mg}_e\text{Mn}_g)\text{O}_{19}$, worin $0 \leq m \leq 1$; $0 \leq q \leq 1$; $0 < r \leq 0,5$; $0 < t \leq 0,5$; $0 \leq e \leq 0,5$ und $0 < g \leq 0,5$, mit der Einschränkung dass beide m und q nicht beide 0 sind.

[0021] Weiterhin stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Farbstoffs zur Verfügung, umfassend die Schritte: Mischen von Oxid, Carbonat, Hydroxid, Nitrat- oder Oxalatverbindungen des Strontiums, Aluminiums, Mangans, Gadoliniums und Terbiums mit Cer und/oder Präsodymium und gegebenenfalls Magnesium; und Erhitzen der resultierenden Mischung zur Bildung des Leuchtstoffs. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Herstellung eines Szintillators zur Verfügung, bei dem man: einen Einkristallkeim in Berührung mit einer Schmelze platziert, welche

Strontium, Aluminium, Sauerstoff, Mangan und Gadolinium und Terbium sowie Cer und/oder Präsodymium aufweist und gegebenenfalls Magnesium; den Keim aus einer Hochtemperaturzone in eine Niedertemperaturzone bewegt und einen Einkristallszintillator in Berührung mit dem Keim bildet.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] Die [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Magnetoplumbit-Kristallstruktur.

[0023] Die [Fig. 2](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht einer Fluoreszenzlampe, die mit einem Leuchtstoff gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschichtet ist.

[0024] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) sind seitliche Querschnittsansichten von Kathodenstrahlröhren, die mit einem Leuchtstoff gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschichtet sind.

[0025] Die [Fig. 5](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht einer flüssigkristallinen Anzeigevorrichtung, die mit einem Leuchtstoff gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschichtet ist.

[0026] Die [Fig. 6](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht einer Plasmaanzeige-Einrichtung, die mit einem Leuchtstoff gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschichtet ist.

[0027] Die [Fig. 7](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht einer Röntgendetektionseinrichtung, die einen Szintillator gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

[0028] Die [Fig. 8](#) ist eine seitliche Querschnittsansicht eines Lasers, der einen Szintillator gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält.

[0029] Die [Fig. 9](#) ist ein Schema eines Verfahrens zur Herstellung eines Szintillators gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0030] Die [Fig. 10](#) ist ein Schema eines weiteren Verfahrens zur Herstellung eines Szintillators gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0031] Die [Fig. 11](#) ist ein Vergleich eines Emissionsspektrums des Leuchtstoffs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Leuchtstoffs nach dem Stand der Technik unter 254 nm einfallender Strahlung.

[0032] Die [Fig. 12](#) ist ein Vergleich von Farbartkoordinaten des Leuchtstoffs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eines Leuchtstoffs nach dem Stand der Technik.

[0033] Die jetzigen Erfinder haben entdeckt, dass $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ ein lumineszentes Material im grünen Spektralbereich ist, wenn es mit Mn^{2+} Aktivatorionen dotiert ist. Zudem wirken trivalente Seltenerd-Ionen, wie Ce, Pr, Gd und Tb als Sensibilisatoren in $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$. Dieses Material besitzt eine gesättigtere grüne Lumineszenz (d.h. einen scharfen Emissionspeak mit einer maximalen Wellenlänge im grünen Spektralbereich) und eine äquivalente maximale Quantenausbeute im Vergleich zum $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff aus dem Stand der Technik, der einen breiten Emissionspeak im grün-gelben Spektralbereich besitzt. Der $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff ist dem $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff auch bezüglich der Resistenz gegen Schädigung durch hochenergetische Strahlung und der Lumenerhaltung aufgrund einer inhärenten Stabilität seiner Magnetoplumbit-Gitterstruktur überlegen.

[0034] Obwohl die jetzigen Erfinder nicht durch irgendeine spezielle Theorie gebunden sein wollen, warum Mn und trivalente Seltenerd-Ionen-Dotierung eine Grünemission des $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ ergeben, glauben die jetzigen Erfinder das folgende.

[0035] Das $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ Material kristallisiert in einer Magnetoplumbitstruktur, wie in der [Fig. 1](#) gezeigt. Die Mn^{2+} Dotierungionen substituieren Al Ionen auf den tetraedrischen Al-Kationstellen, die nicht die Spiegelebene besetzen. Daher haben die Mn-Ionen eine tetraedrische Koordination, weil jedes Mn Ion vier Bindungen hat. Tetraedrisch koordinierte Mn^{2+} Ionen sind Gegenstand eines schwachen Kristallfelds. Daher emittiert $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ Strahlung im grünen Spektralbereich, weil das emittierte lumineszente Licht im Wesentlichen eher charakteristisch für die Mn^{2+} Aktivatorionen ist als für das Wirtsmaterial.

[0036] Die Strontiumionen okkupieren Kationenstellen im inneren der Magnetoplumbitgitterspiegelebene. Daher dehnen diese Ionen die Gitterspiegelebene und sind eine Quelle von Kristallfeldeffekten im Gitter. Die trivalenten Seltenerd-Dotierungionen besetzen die Sr-Gitterstellen. Da die Seltenerdionen größer sind als die Sr-Ionen, können die Seltenerdionen ein größeres Ausmaß Spiegelebenenexpansion bewirken als die Sr-Ionen und wirken als Sensibilisatoren für die Mn^{2+} Aktivatorionen.

[0037] Die trivalenten Seltenerdionen sind Cer (Ce), Präsodymium (Pr), Gadolinium (Gd) und Terbium (Tb). Die jetzigen Erfinder glauben, dass jedes Seltenerdion eine verschiedene Sensibilisatorfunktion hat. Pr wirkt als Sensibilisator für einfallende 185 nm Strahlung. Daher absorbieren die Pr Ionen auf den Sr Gitterstellen wenn das Material 185 nm Strahlung ausgesetzt wird die einfallende Strahlung und transferieren die durch die einfallende Strahlung erzeugte Energie auf die Mn^{2+} Aktivatorionen an den Al Stellen. Daher sollte der Leuchtstoff, wenn $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ als grün emittierender Leuchtstoff für eine UV-Gasentladungslampe eingesetzt wird, die bei 185 nm emittiert, mit Pr Aktivatorionen dotiert sein.

[0038] Ce wirkt als Sensibilisator für einfallende 254 nm Strahlung. Daher absorbieren die Ce Ionen auf den Sr Gitterstellen die einfallende Strahlung wenn das lumineszente Material 254 nm Strahlung ausgesetzt wird und transferieren die durch die einfallende Strahlung erzeugte Energie auf die Mn^{2+} Aktivatorionen auf den Al Stellen. Daher sollte der Leuchtstoff mit Ce Aktivatorionen dotiert sein, wenn $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ als grün emittierender Leuchtstoff für eine UV Gasentladungslampe verwendet wird. Wenn das $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ als grün emittierender Leuchtstoff für eine Lampe oder eine andere Strahlungsquelle verwendet wird, die sowohl bei 185 nm als auch bei 254 nm emittiert, sollten sowohl Ce- als auch Pr-Sensibilisatoren verwendet werden. Es ist zu beachten, dass Pr und Ce als Sensibilisatoren für verschiedene Wellenlängenbereiche wirken, die sich bis etwa 300 nm erstrecken, und nicht nur für 185 und 254 nm Wellenlängen.

[0039] Die jetzigen Erfinder glauben an den folgenden möglichen Mechanismus für den Energietransfer, der Gd Ionen gebraucht. Die Gd Ionen sitzen an benachbarten Sr Stellen im Magnetoplumbit $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ Gitter, um ein Gd-Ionen-Subgitter zu bilden. Die Pr und Ce Sensibilisatoren absorbieren die einfallende Strahlung und transferieren die Energie auf mindestens ein Gd Ion im Subgitter. Die Gd Ionen transferieren die Energie auf andere Gd Ionen im Subgitter bis die Energie ein zum Mn^{2+} Aktivator benachbartes Gd Ion erreicht. Die Energie wird dann von dem Subgitter zum Aktivator transferiert. So erleichtert das Gd-Ionen-Subgitter den Energietransfer zu den Aktivatorionen. Daher kann Gd dem $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ zusätzlich zu Pr und/oder Ce zugegeben werden.

[0040] Tb wirkt als Quantenausbeutesteigerer in $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$. Die jetzigen Erfinder haben entdeckt, dass die grüne Mn^{2+} Quantenausbeute, wenn $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ mit Tb Ionen dotiert ist, im Vergleich zu nicht mit Tb-Ionen dotiertem $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ verbessert wird. Daher kann $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ zusätzlich zur Dotierung mit Pr, Ce und/oder Gd Ionen mit Tb Ionen dotiert werden. Die jetzigen Erfinder glauben, dass ein komplexer Mehrschritt-Energietransfer möglicherweise auftritt, wenn $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ mit Tb Ionen dotiert wird, wie auch mit anderen trivalenten Seltenerd-Ionen, um eine verbesserte Quantenausbeute zu erzielen. Die jetzigen Erfinder bestimmten, dass das Grünlicht in $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$, Tb^{3+} , Ce^{3+} hauptsächlich von Mn^{2+} Ionen, und nicht von den Ce^{3+} oder Tb^{3+} Ionen emittiert wird.

[0041] Vorzugsweise umfasst die dotierende Spezies Pr, Ce, Gd und Tb.

[0042] Weiterhin kann ein Teil der Al Ionen mit Magnesiumionen-dotierenden Spezies ersetzt sein. Mg Ionen wirken als ladungsausgleichende Ionen wenn die Sr^{2+} Gitterstellen mit trivalenten Seltenerd-Ionen gefüllt sind.

[0043] In der nachfolgenden Beschreibung umfasst A Strontium, umfasst D Aluminium und optional Magnesium und R umfasst trivalente Seltenerd-Ionen, ausgewählt aus Pr, Ce, Gd und Tb, in Übereinstimmung mit Anspruch 1. Mn umfasst ein Aktivatorion mit einem 2+ Valenzzustand.

[0044] Die Mn Ionenkonzentration kann von größer als Null bis 50 Mol- oder Atomprozent oder weniger von 1/12 der D-Kationenspezies reichen. Der bevorzugte Mn Ionenkonzentrationsbereich ist 20 bis 30 Atomprozent und die bevorzugte Mn Ionenkonzentration ist 25 Atomprozent von 1/12 der D Kationenspezies. In anderen Worten können > 0–0,5 Mol oder Ionen Mn aus einer Gesamtheit von 12 Mol oder Ionen der D-Kationenspezies vorliegen. Die verbleibenden 11,5 bis 12 Mole der D-Kationenspezies umfassen Al oder eine Kombination aus Al und Mg.

[0045] Die Magnesiumionenkonzentration kann von Null bis 50 Mol- oder Atomprozent von 1/12 der gesamten Al-Ionenkonzentration reichen. Der bevorzugte Mg-Ionenkonzentrationsbereich ist 20 bis 30 Atomprozent

und die bevorzugte Mg-Ionenkonzentration ist 25 Atomprozent von 1/12 der kationischen Al Spezies. In anderen Worten können 0–0,5 Mol oder Ionen Mg aus einer Gesamtheit von 12 Mol oder Ionen der D-Kationenspezies vorliegen.

[0046] Die R Ionenkonzentration kann von größer als Null bis 100 Mol- oder Atomprozent der A-Kationenspezies reichen (d.h. der Strontiumkationenspezies). Der bevorzugte R-Ionenkonzentrationsbereich ist 25 bis 75 Atomprozent und die bevorzugte R-Ionenkonzentration ist 50 Atomprozent der kationischen A Spezies.

[0047] Die Cer- und Präsodymium-Ionenkonzentration kann jeweils von Null bis 100 Mol- oder Atomprozent der gesamten Sr-Ionenkonzentration reichen. Es versteht sich, dass jegliche Kombination von Ce und Pr Ionen nicht 100 Mol- oder Atomprozent der Sr-Ionenkonzentration überschreiten kann. Der bevorzugte Ce- und Pr-Ionenkonzentrationsbereich ist jeweils 10 bis 40 Atomprozent der Sr-Kationenspezies. Wenn Ce-Ionen zugegeben werden ohne Pr-Ionen zuzugeben, beträgt die bevorzugte Ce-Ionenkonzentration 30 Atomprozent der kationischen Sr Spezies. Wenn Pr-Ionen zugegeben werden ohne Ce-Ionen zuzugeben beträgt die bevorzugte Pr-Ionenkonzentration 30 Atomprozent der kationischen Sr Spezies. Wenn sowohl Ce- als auch Pr-Ionen zugegeben werden, beträgt die bevorzugte Ce- und Pr-Ionenkonzentration jeweils 15 Atomprozent der kationischen Sr-Spezies.

[0048] Die Gd und Tb Ionenkonzentration kann jeweils von größer als Null bis 50 Mol- oder Atomprozent der gesamten Sr Ionenkonzentration reichen. Der bevorzugte Gd- und Tb-Ionenkonzentrationsbereich ist jeweils 5 bis 15 Atomprozent und die bevorzugte Gd- und Tb-Ionenkonzentration ist jeweils 10 Atomprozent der kationischen Sr-Spezies.

[0049] Die Konzentrationen von Mg, Ce, Pr, Gd und Tb-Ionen im bevorzugten Material der vorliegenden Erfindung kann durch die folgende Formel ausgedrückt werden: $(\text{Sr}_{1-m-q-r-t}\text{Ce}_m\text{Pr}_q\text{Gd}_r\text{Tb}_t)(\text{Al}_{12-e-g}\text{Mg}_e\text{Mn}_g)\text{O}_{19}$ worin $0 \leq m \leq 1$; $0 \leq q \leq 1$; $0 < r \leq 0,5$; $0 \leq t \leq 0,5$; $0 \leq e \leq 0,5$ und $0 < g \leq 0,5$. Ein bevorzugtes Material der vorliegenden Erfindung enthält nicht-Null-Konzentrationen von Mg, Ce, Pr, Gd und Tb-Ionen. Das Material der vorliegenden Erfindung enthält nicht-Null Konzentrationen von Ce und/oder Pr-Ionen. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält nicht-Null Konzentrationen von Ce und Gd und Tb-Ionen. Noch ein weiteres bevorzugtes Material der vorliegenden Erfindung enthält nicht-Null Konzentrationen von Pr und Gd und Tb-Ionen. Drei spezielle bevorzugte Materialien der vorliegenden Erfindung sind:

- 1) $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$,
- 2) $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,15}\text{Pr}_{0,15}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$, und
- 3) $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,15}\text{Pr}_{0,15}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,75}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$.

[0050] Das oben beschriebene lumineszente Material kann in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden. Zum Beispiel kann das Material als Leuchtstoff in einer Lampe, einer Kathodenstrahlröhre, einer Plasmaanzeige-Einrichtung oder einer Flüssigkristallanzeige verwendet werden. Das Material kann auch als Szintillator in einem elektromagnetischen Kalorimeter, in einer Gammastrahlenkamera, einem Computertomographenscanner oder in einem Laser verwendet werden. Diese Verwendungen sind als beispielhaft und als nicht erschöpfend gedacht.

[0051] Der Leuchtstoff kann in einer Lampe benutzt werden. Z.B. kann der Leuchtstoff in einer linearen Fluoreszenzlampe verwendet werden, wie zum Beispiel in der [Fig. 2](#) gezeigt. Eine Fluoreszenzlampe umfasst einen Kolben **1**, der mit einem Gas gefüllt ist, den Leuchtstoff **2**, der auf der inneren Oberfläche des Kolbens **1** gebildet ist, mehrfache Kathoden oder Gasentladungselektroden **3** und einen Lampensockel oder Basis **4**. Alternativ kann der Leuchtstoff **2** auf der Außenoberfläche des Kolbens **1** beschichtet sein, oder auf einer separaten Hülle, die das Gas enthält. Der Kolben **1** ist vorzugsweise aus Glas hergestellt. Andere geeignete transparente Materialien können ebenso verwendet werden. Das Gas, wie Quecksilber, emittiert Strahlung (d.h. Ultraviolettstrahlung) wenn ein Potential durch den Sockel **4** auf die Kathode **3** angelegt wird. Der Leuchtstoff **2** absorbiert die einfallende UV-Strahlung aus dem Gas und emittiert grünes Licht.

[0052] Der Leuchtstoff kann in einer Kathodenstrahlröhre (CRT) verwendet werden. Z.B. kann der Leuchtstoff in einer CRT verwendet werden, die zur Verwendung für ein Fernsehbild angepasst ist, wie z.B. in der [Fig. 3](#) gezeigt. Die CRT enthält mindestens eine, und vorzugsweise drei Elektronenkanone(n) **5**, mindestens einen Elektronenstrahlableiter **6**, eine Anode **7** und einen Abbildungsschirm **10** und den auf der Innenseite des Schirms beschichteten Leuchtstoff **2**. Die CRT arbeitet durch Emittieren eines Elektronenstrahls **8** aus der Kanone **5**. Der Strahl **8** wird durch die Anode **7** auf den Leuchtstoff **2** gezogen. Die Ablenker **6** kontrollieren die Position des Strahls **8** auf dem Leuchtstoff **2**. Der Teil des Leuchtstoffs **2**, der den einfallenden Elektronenstrahl **8** absorbiert, emittiert grünes Licht **9** durch den Schirm **10**. Alternativ kann die CRT eine Kathodenanordnung

umfassen, wie z.B. in der [Fig. 4](#) gezeigt. Die CRT umfasst eine Anordnung von Spindt-Kathoden **11** (zur Klarheit ist nur eine Kathode gezeigt). Wenn ein Steuerstrom (nicht gezeigt) ein Potential an einer bestimmten Kathode **11** angelegt, emittiert sie einen Elektronenstrahl **8** in Richtung des Leuchtstoffs **2**. Der Leuchtstoff **2** überführt den Elektronenstrahl **8** in einer Emission grünen Lichts **9**.

[0053] Der Leuchtstoff kann in einem Flüssigkristallanzeige (LCD) verwendet werden, wie z.B. der in der [Fig. 5](#) gezeigten. Das LCD umfasst ein transparentes Substrat **12**, eine Lichtquelle **13**, eine Anordnung mehrfacher Steuerungstransistoren **14**, **15**, wie z.B. Dünnschichttransistoren (zur Klarheit sind nur zwei gezeigt), eine transparente Elektrode **16**, **17** in elektrischem Kontakt mit jedem Transistor, Flüssigkristallmaterial **18**, ein transparentes Gegensubstrat **19**, den auf dem Gegensubstrat **19** über der Elektrode **16** gebildeten grün emittierenden Leuchtstoff **2**, einen weiteren auf dem Gegensubstrat **19** über der Elektrode **17** gebildeten Leuchtstoff **20**, einen transparenten Displayschirm **21** und ein opakes Gehäuse **22**. Wenn der Transistor **14** angeschaltet wird, gibt die Elektrode **16** ein Potential auf das Flüssigkristallmaterial **18** direkt über der Elektrode **16**. Das angelegte Potential erzwingt, dass das Flüssigkristallmaterial **18** über der Elektrode **16** transparent wird. Das Flüssigkristallmaterial bleibt über der Elektrode **17** opak, wenn kein Potential aus dem Transistor **15** auf die Elektrode **17** angelegt wird. Das Licht aus der Lampe **13** kann nun durch den transparenten Teil des Flüssigkristallmaterials **18** dringen, um den Leuchtstoff **2** zu erreichen. Der Leuchtstoff **2** absorbiert das Licht aus der Lampe **13** und emittiert grünes Licht durch den Schirm **21**. Ein Bild kann auf dem Schirm **21** gebildet werden, indem man die Transmission von Licht aus der Lampe **13** auf verschiedene gefärbte Leuchtstoffe **2**, **20** durch das Flüssigkristallmaterial kontrolliert. Der Leuchtstoff **2** kann alternativ über dem Gegensubstrat **19** oder auf der innenseitigen Oberfläche des Schirms **21** gebildet sein.

[0054] Der Leuchtstoff kann in einer Plasmaanzeige-Einrichtung verwendet werden, wie z.B. derjenigen, die in der [Fig. 6](#) gezeigt ist. Die Plasmaanzeige-Einrichtung umfasst einen transparenten Anzeigeschirm **21**, ein opakes Gehäuse **22**, eine Gashülle **23**, eine Anordnung Gasentladungselektroden **24** (zur Klarheit ist nur eine Elektrode gezeigt) und eine Steuervorrichtung **25**, wie z.B. einen Transistor. Der Leuchtstoff **2** kann auf der inneren oder äußeren Oberfläche der Gashülle **23** oder der inneren Oberfläche des Schirms **21** gebildet sein. Wenn die Steuervorrichtung **25** ein Potential auf die Elektrode **24** legt, erzeugt die Elektrode **24** eine lokalisierte Plasmaentladung in dem Gas, das in der Hülle **23** enthalten ist. Das lokalisierte Plasma emittiert UV Strahlung, die durch einen benachbarten Teil des Leuchtstoffs **2** absorbiert wird. Der bestrahlte Teil des Leuchtstoffs **2** emittiert dann grünes Licht durch den Schirm **21**. Ein Bild kann auf dem Schirm **21** gebildet werden, indem man das Anlegen des Potentials auf verschiedene Elektroden **24** der Elektrodenanordnung steuert.

[0055] Der Szintillator der vorliegenden Erfindung kann in einem Computertomographen (CT)-Scannersystem verwendet werden, wie z.B. in der [Fig. 7](#) gezeigt. Das CT Scannersystem wird verwendet, um Querschnittsbilder des menschlichen Körpers zu erhalten. In einem CT Scannersystem rotiert eine Röntgenquelle, wie eine Röntgenröhre **41**, in einem Kreis über dem Patienten **43**. Ein Röntgendetektor **42** ist auf der gegenüberliegenden Seite des Patienten **43** platziert. Der Detektor **42** rotiert synchron mit der Röntgenquelle über dem Perimeter des Kreises. Der Detektor umfasst den Szintillator, der optisch an eine Photodiode oder einen anderen Typ Photodetektor gekoppelt ist. Alternativ kann der Detektor **42** den Leuchtstoff auf einem transparenten Substrat beschichtet und optisch an eine Photodiode oder einen anderen Typ Photodetektor gekoppelt umfassen.

[0056] Alternativ kann der Szintillator einen Laserkristall umfassen, wie z.B. in der [Fig. 8](#) gezeigt. Der Laser umfasst ein Gehäuse **51**, den Szintillatorkristall **52** und eine Lichtquelle, wie z.B. eine Lampe **53**. Ein Potential wird an den Kristall **52** durch Elektroden von einer Spannungsquelle **54** angelegt. Der Kristall **52** emittiert kohärente grüne Strahlung durch die Apertur **55**, während der Kristall durch die Lichtquelle **53** bestrahlt wird, und ein Potential wird von der Spannungsquelle **54** angelegt. Der Laser kann wahlweise einen Vollspiegel **56** und einen Halbspiegel **57** enthalten, zur Verstärkung der kohärenten Lichtamplitude durch Rück- und Vorwärtsreflexion des Lichts zwischen den Spiegeln. Alternativ kann der Laserkristall **52** gespalten und/oder verarbeitet sein, um eine Vollspiegeloberfläche auf der Rückseite des Kristalls zu bilden und eine Teilspiegeloberfläche auf der Frontoberfläche des Kristalls **52**, das die Apertur **55** gegenüber liegt.

[0057] Der Szintillator kann auch als Gammastrahlenkamera oder als elektromagnetisches Kalorimeter verwendet werden. In einer Gammastrahlenkamera absorbiert der Szintillator Gammastrahlen und emittiert grünes Licht, um einen Film zu belichten. In einem elektromagnetischen Kalorimeter absorbiert der Szintillator hochenergetische einfallende Strahlung, wie Gammastrahlen, die durch ein Teleskop gesammelt werden, oder Positronen, die durch eine Positronenquelle emittiert werden, und emittiert grünes Licht. Einfallende Strahlung von einer entfernten Strahlungsquelle tritt in das Gehäuse durch eine Apertur in dem Gehäuse ein. Bei diesen Anwendungen kann die Apertur die Quelle einfallender Strahlung für den Szintillator betrachtet werden. Natur-

lich können der Leuchtstoff und der Szintillator in anderen Anwendungen als den oben beschriebenen verwendet werden.

[0058] Der Leuchtstoff kann durch jedes keramische Pulververfahren hergestellt werden, wie z.B. ein Flüssigphasen (flux) Verfahren oder ein Festphasenverfahren. Vorzugsweise umfasst das Verfahren zur Herstellung des Leuchtstoffs die nachfolgenden Schritte. Als erstes werden die Verbindungen des Leuchtstoffmaterials in einem Tiegel oder einem anderen geeigneten Behälter gemischt, wie einer Kugelmühle. Zum Beispiel können die Ausgangsmaterialien unter Verwendung einer Kugelmühle mit ZrO_2 oder Yttrium-gehärtetem Zirkonoxid-Mahlmedium vermischt werden. Die bevorzugten Leuchtstoff-Ausgangsverbindungen umfassen Oxide, Carbonate, Hydroxide, Nitrate oder Oxalate der Metallbestandteile. Z.B. können zur Bildung von $(\text{Sr}_{1-m-q-r-t}\text{Ce}_m\text{Pr}_q\text{Gd}_r\text{Tb}_t)(\text{Al}_{12-e-g}\text{Mg}_e\text{Mn}_g)\text{O}_{19}$ Strontiumcarbonat (SrCO_3), Aluminiumoxid (Alumina, Al_2O_3) oder Aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$), Präsodymiumoxid (Pr_6O_{11}), Ceroxid (Ce_2O_3), Gadoliniumoxid (Gd_2O_3), Terbiumoxid (Tb_4O_7), Magnesiumcarbonat (MgCO_3) oder Magnesiumoxid (MgO), und Manganoxid oder -carbonat (MnCO_3) in dem Tiegel oder der Kugelmühle vermischt werden.

[0059] Die vermischten Materialien werden dann in reduzierender Atmosphäre für 5–15 Stunden bei 1400 bis 1600°C, vorzugsweise für 10 Stunden bei 1500°C gebrannt, um das Material zu sintern. Die reduzierende Atmosphäre kann Formiergas (2 Prozent Wasserstoff und 98 Prozent Stickstoff) enthalten. Vorzugsweise enthalten die Ausgangsmaterialien auch ein Flussmittel, das die Reaktion der Ausgangsmaterialien während des Brennschritts befördert, um den keramischen Leuchtstoff zu bilden. Vorzugsweise umfasst das Flussmittel eine Halogenverbindung, wie eine Fluorid- oder Chloridverbindung. Die bevorzugten Halogenverbindungen umfassen Magnesium-, Aluminium- oder Strontiumfluorid oder Magnesium-, Strontium-, Mangan- oder Ammoniumchlorid. Jedoch kann der Leuchtstoff ohne Zugabe eines Flussmittels gebrannt werden. Die gebrannte Mischung wird dann auf das Substrat beschichtet, wie einen Anzeigeschirm oder einen Lampenkolben. Vorzugsweise wird eine Suspension aus den Mischungspartikeln und einer Flüssigkeit verwendet, um das Substrat zu beschichten.

[0060] Der Szintillator kann mit jedem Kristallwachstumsverfahren hergestellt werden. Vorzugsweise wird der Szintillator entweder durch das Bridgeman-Stockbarger-Verfahren oder durch das Czochralski-Verfahren hergestellt. Ein Schema des Bridgeman-Stockbarger-Kristallwachstumsverfahrens ist in der [Fig. 9](#) gezeigt. Ein festes Material gemäß den Ansprüchen wird in Kontakt mit einem Einkristallkeim **61** in einem Gehäuse oder Behälter platziert. Der Keimkristall **61** kann das Material gemäß Anspruch 1 oder ein anderes Material mit Magnetoplumbit-Kristallstruktur enthalten. Das feste Material wird dann in einer Hochtemperaturzone **62** platziert. Die Hochtemperaturzone kann einen Widerstands- oder Lampenheizer umfassen. Der Heizer kann eine Block- oder Streifenform haben, die nur einen Teil des festen Materials schmilzt, oder er kann ein Ofen sein, der das gesamte feste Material zur Bildung einer Schmelzregion **64** schmilzt. Der Keimkristall **61** und die Schmelzregion **64** werden dann in eine Niedertemperaturzone **63** bewegt. Wenn die Hochtemperaturzone **62** einen blockförmigen Heizer umfasst, umfasst die Niedertemperaturzone **63** die vom Heizer entfernte Fläche. Wenn die Hochtemperaturzone **62** einen Ofen umfasst, kann die Niedertemperaturzone **63** eine Fläche außerhalb des Ofens sein oder ein zweiter Ofen, der auf eine niedrigere Temperatur eingestellt ist als der erste Ofen. Die zwei Öfen sind vorzugsweise durch ein Isoliermaterial **65** getrennt. Wenn die Schmelzregion **64** die Niedertemperaturzone erreicht, verfestigt sie sich als Einkristall **66**, der das gleiche Gitter und Orientierung aufweist wie der Keimkristall **61**. Der Keimkristall und das feste Material können relativ zu einem stationären Heizer oder Ofen bewegt werden. Alternativ kann der Heizer oder Ofen relativ zu einem stationären Keimkristall **61** bewegt werden. Die relative Bewegung kann vertikal, horizontal oder in jede andere Richtung sein.

[0061] Ein Schema des Czochralski-Kristallwachstumsverfahrens ist in der [Fig. 10](#) gezeigt. Die Ausgangsmaterialien, umfassend Strontium, Aluminium, Sauerstoff, Mangan, optional Magnesium, Gadolinium und Terbium, Cer und/oder Präsodymium, werden in einem Tiegel **71** platziert und zur Bildung einer reaktiven Schmelze **72** erhitzt. Der Tiegel ist in einem Gehäuse lokalisiert, wie einer Quarzröhre **73**, und wird durch R. F. oder Widerstandsheizer **74** erhitzt. Die Schmelztemperatur wird durch ein Thermoelement **75** bestimmt. Ein Einkristallkeim **76**, befestigt an einem Keimkristallhalter **77**, wird in die Schmelze herabgelassen (die Schmelze ist die Hochtemperaturzone). Wenn der Keimkristall **76** entlang seiner Achse rotiert und aus der Schmelze **72** gehoben wird, bildet sich unterhalb des Keimkristalls eine Einkristall-Szintillator-Kristallkugel **78**. Die Größe der Kristallkugel **78** wächst wenn der Keimkristall **76** weiter weg von der Schmelze **72** in Richtung der Niedertemperaturzone über den Heizern **74** gehoben wird. Die Kugel wird dann geschnitten und zu Szintillatorkristallen poliert.

SPEZIELLES BEISPIEL

[0062] Ein $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$ Leuchtstoff wurde nach dem folgenden Verfahren herge-

stellt. Stöchiometrische Mengen Oxid- und Carbonat-Ausgangsmaterialien (SrCO_3 , Gd_2O_3 , CeO_2 , Tb_4O_7 , Al_2O_3 , MnCO_3 und MgO) wurden gut vermischt und bei 1000°C für fünf Stunden unter leicht reduzierender Atmosphäre (97% N_2 und 2% H_2 Formiergas) gebrannt. Das teilweise reagierte Material wurde nach Abkühlen auf Raumtemperatur unter der gleichen reduzierenden Atmosphäre wieder zerkleinert. Das wieder zerkleinerte Material wurde unter der gleichen reduzierenden Atmosphäre wieder auf 1550°C erhitzt. Der resultierende Leuchtstoff lumineszierte hellgrün unter kurzweiliger UV-Anregung. Aluminium- oder Magnesiumfluorid-Flussmittel können den Ausgangsmaterialien ebenso zugegeben werden, um die Reaktion zwischen den Ausgangsmaterialien zu befördern.

[0063] Der $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$ Leuchtstoff der vorliegenden Erfindung und ein $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff nach dem Stand der Technik wurden mit 254 nm einfallender Strahlung bestrahlt und ihre Emissionsspektren wurden mit einem Spektrometer gemessen. Die Spektren sind in der [Fig. 11](#) gezeigt. Der $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$ Leuchtstoff zeigte eine maximale Emissionswellenlänge von 517 nm. Diese Wellenlänge im grünen Spektralbereich ist nur 6 nm entfernt von der maximalen $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Emissionswellenlänge von 523 nm.

[0064] Die Farbkoordinaten des $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$ Leuchtstoffs und des $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoffs nach dem Stand der Technik sind in der unteren Tabelle beschrieben und graphisch auf der CIE Farbtabelle in der [Fig. 12](#) gezeigt.

TABELLE

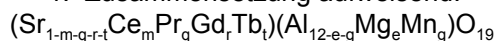
LEUCHTSTOFF	x	y
$(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$	0,173	0,736
$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$	0,249	0,694

[0065] Die Farbtafelkoordinaten x und y sind in der Leuchtstofftechnik bekannt und z.B. definiert in einem Textbuch von K. H. Butler, "Fluorescent Lamp Phosphors, Technology and Theory" (Penn. State U. Press 1980), S. 98–107. Die durchgezogene Kurve in dem Diagramm zeigt die monochromatische Emissionswellenlänge entsprechend bestimmten x und y Koordinaten. Wie in der [Fig. 12](#) zu sehen, besitzt der $(\text{Sr}_{0,5}\text{Ce}_{0,3}\text{Gd}_{0,1}\text{Tb}_{0,1})(\text{Al}_{11,5}\text{Mg}_{0,25}\text{Mn}_{0,25})\text{O}_{19}$ Leuchtstoff (ausgefüllter Kreis **81**), der eine Peakemissionswellenlänge im grünen Bereich hat, eine gesättigtere Grünlumineszenz als der $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff nach dem Stand der Technik (offener Kreis **82**), der eine Peakemissionswellenlänge im grün-gelben Bereich hat. Weiterhin haben die beiden Leuchtstoffe eine äquivalente absolute Quantenausbeute. Daher kann der Leuchtstoff nach Anspruch 1 den $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ Leuchtstoff in nahezu allen Anwendungen ersetzen. Es versteht sich, dass das obige Beispiel nur mehr zur Verdeutlichung der vorliegenden Erfindung gedacht ist und nicht als Beschränkung des Schutzbereichs der Ansprüche anzusehen ist.

[0066] Zur Vollständigkeit sind verschiedene Aspekte der Erfindung in den nachfolgenden nummerierten Sätzen dargelegt.

Patentansprüche

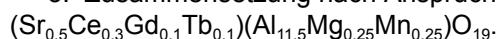
1. Zusammensetzung aufweisend:



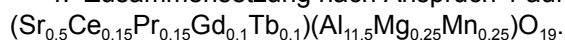
worin $0 \leq m \leq 1$; $0 \leq q \leq 1$; $0 < r \leq 0,5$; $0 < t \leq 0,5$; $0 \leq e \leq 0,5$ und $0 < g \leq 0,5$ mit der Einschränkung dass beide m und q nicht beide 0 sind.

2. Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei Mn ein Aktivatorion mit einem 2 + Wertigkeitszustand aufweist.

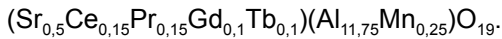
3. Zusammensetzung nach Anspruch 1 aufweisend:



4. Zusammensetzung nach Anspruch 1 aufweisend:



5. Zusammensetzung nach Anspruch 1 aufweisend:



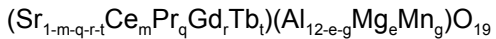
6. Eine Lumineszenz-Einrichtung aufweisend eine Lampe, eine Kathodenstrahlröhre, eine Plasmaanzei-ge-Einrichtung, eine flüssigkristalline Anzeige, einen Laser, ein elektromagnetisches Kalorimeter, eine Gamm-strahlen-Kamera oder einen Computertomographenscanner, wobei ein Abschnitt einer solchen Einrichtung die Zusammensetzung nach Anspruch 1 aufweist.

7. Eine Lumineszenz-Einrichtung aufweisend:

Ein Gehäuse;

eine Quelle eines energetischen Mediums enthalten in dem Gehäuse; und

ein luminiszendes Material enthalten im Inneren des Gehäuses, aufweisend:



worin $0 \leq m \leq 1$; $0 \leq q \leq 1$; $0 \leq r \leq 0,5$; $0 < t \leq 0,5$; $0 \leq e \leq 0,5$ und $0 < g \leq 0,5$ mit der Einschränkung dass beide m und q nicht beide 0 sind.

8. Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs mit einer Zusammensetzung nach Anspruch 1, welches Verfahren die Schritte umfasst:

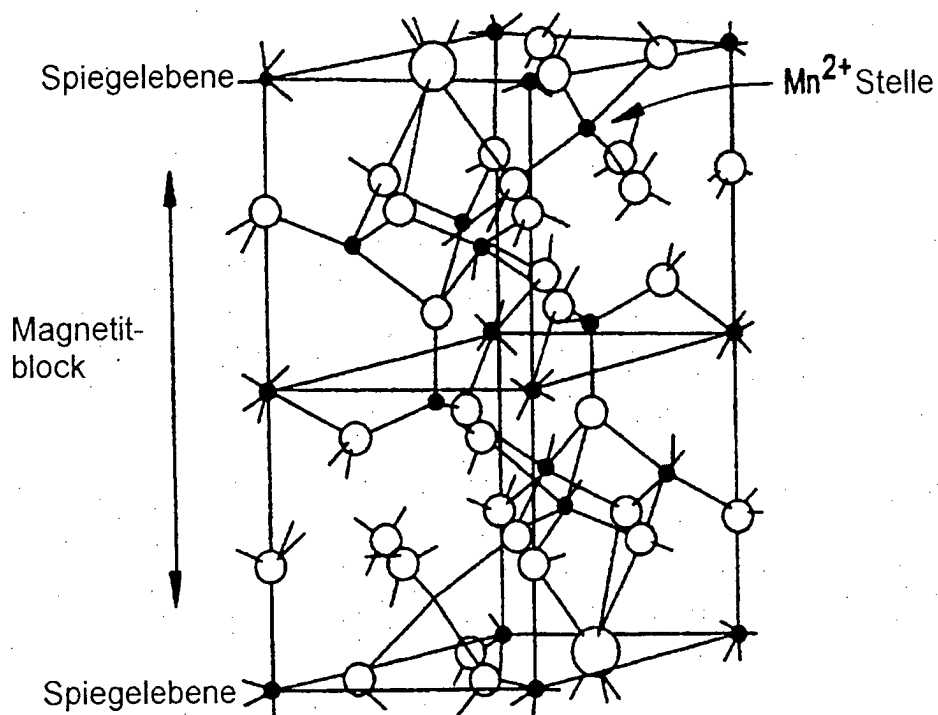
Mischen von Oxid, Carbonat, Hydroxid, Nitrat- oder Oxalatverbindungen des Strontiums, Aluminiums, Man-gans, Gadoliniums und Terbiums mit Cer und/oder Präsodymium und gegebenenfalls Magnesium; und Erhitzen der resultierenden Mischung zur Bildung des Leuchtstoffs.

9. Verfahren zur Herstellung eines Szintillators mit einer Zusammensetzung nach Anspruch 1, welches Verfahren die Schritte umfasst, dass man:

Einen Einkristallkeim in Berührung mit einer Schmelze platziert, welche Strontium, Aluminium, Sauerstoff, Mangan und Gadolinium und Terbium sowie Cer und/oder Präsodymium aufweist und gegebenenfalls Magne-sium; den Keim aus einer Hochtemperaturzone in eine Niedertemperaturzone bewegt; und einen Einkristallszintillator in Berührung mit dem Keim bildet.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



○ = Sr oder R

○ Sauerstoff

● = Al, Mg, Ga oder Mn

FIG. 2

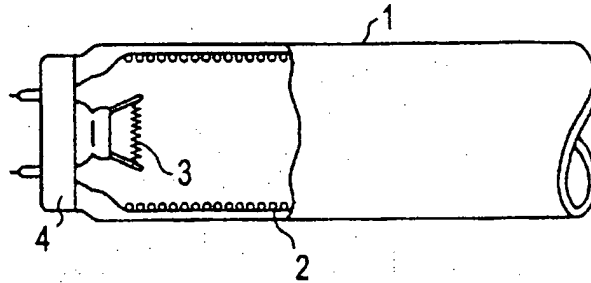


FIG. 3

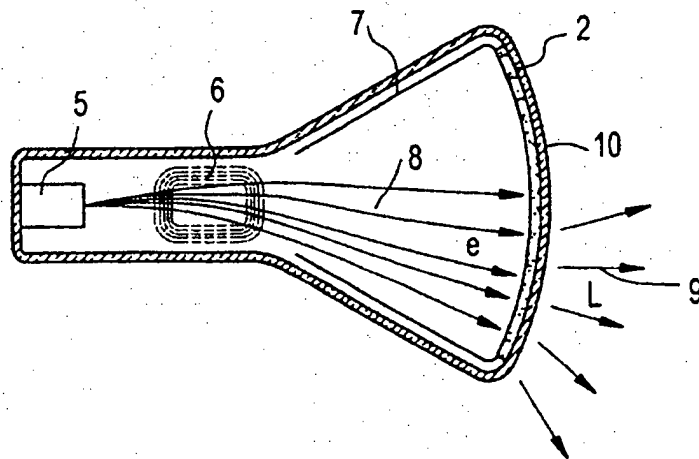


FIG. 4

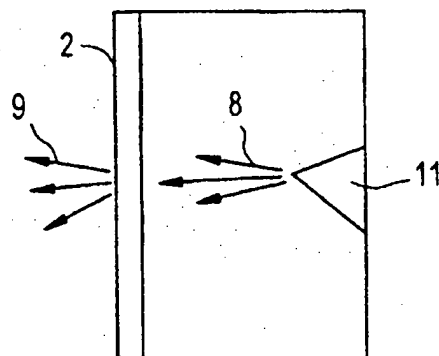


FIG. 5

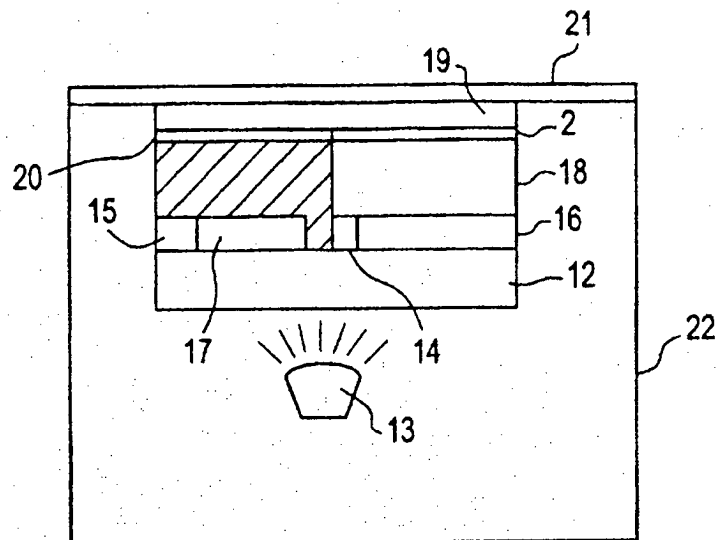


FIG. 6

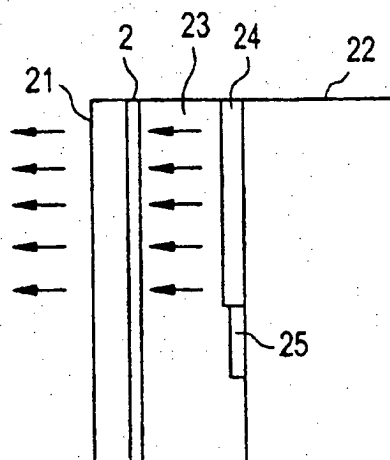


FIG. 7

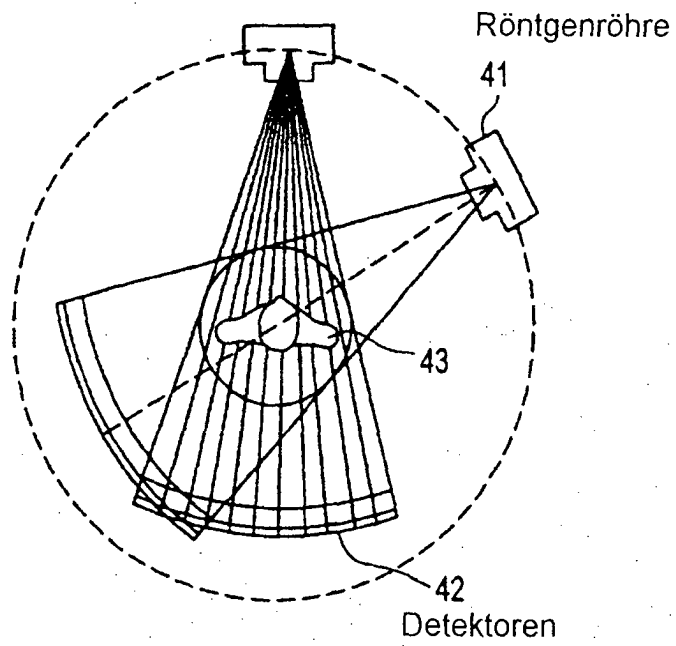


FIG. 8

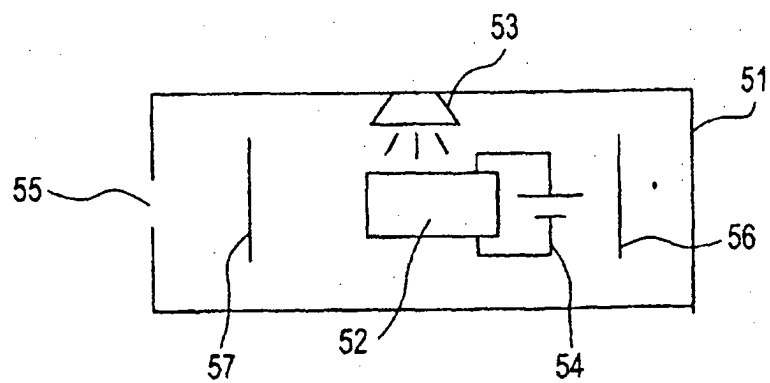


FIG. 9

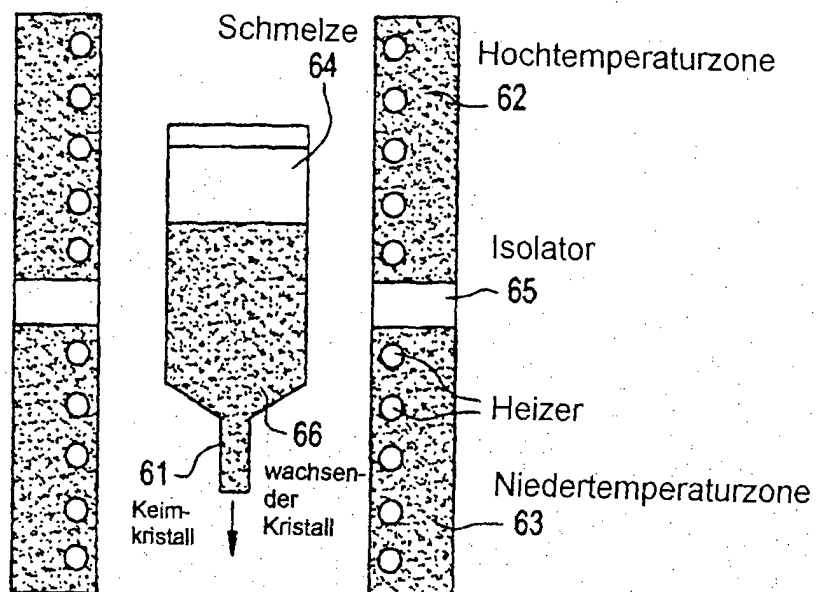


FIG. 10

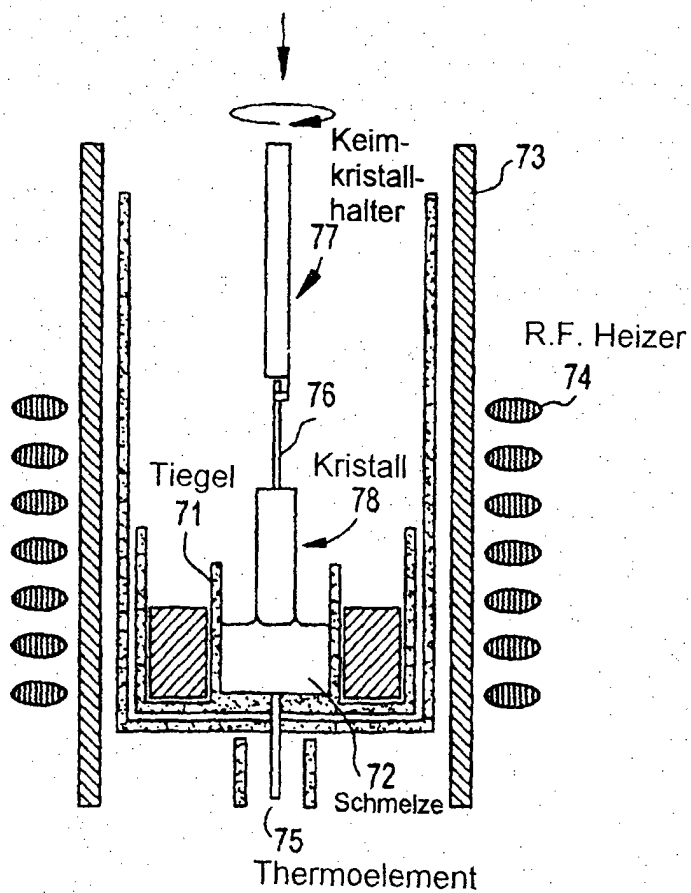


FIG. 11

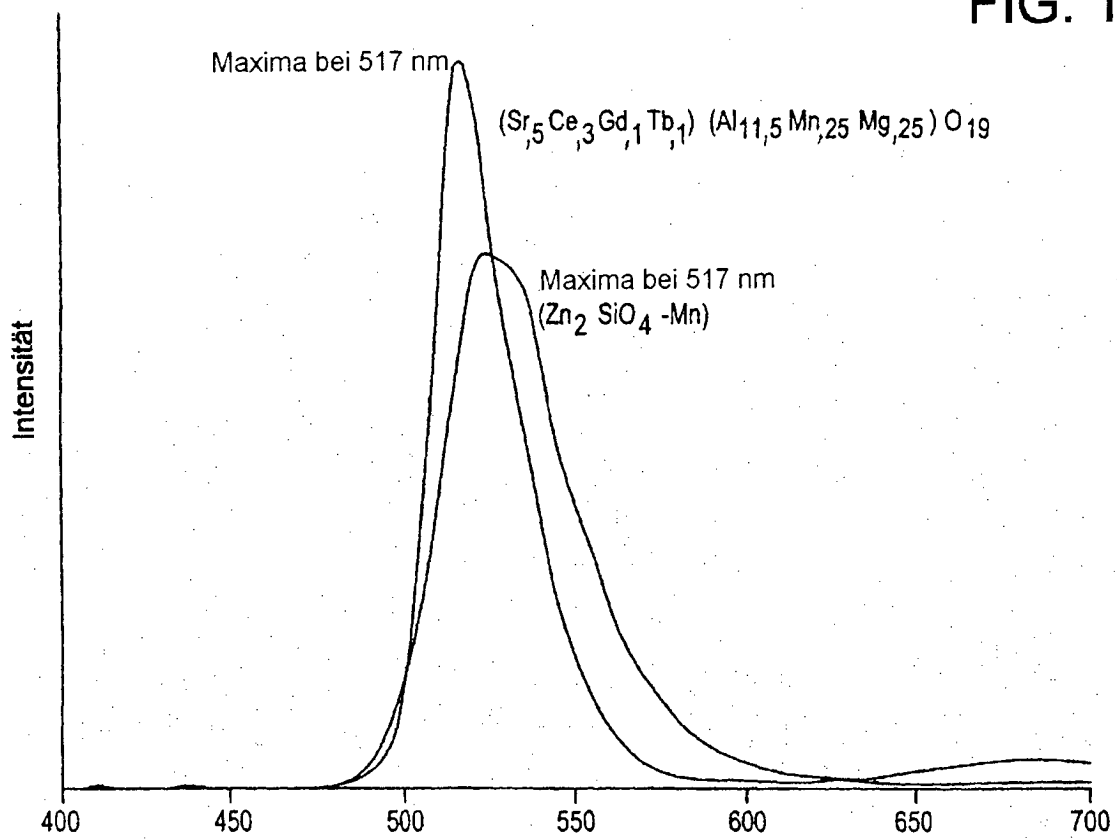


FIG. 12

