

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. September 2022 (29.09.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/200501 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C09K 11/66 (2006.01) H01L 33/50 (2010.01)
C09K 11/67 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/057774

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. März 2022 (24.03.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 107 550.5
25. März 2021 (25.03.2021) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **BAUMANN, Dominik**; Großhaderner Str. 21b,
81375 München (DE). **SEIBALD, Markus**; Bahnhofstr. 28
a, 86916 Kaufering (DE). **BANDEMEHR, Jascha**; Fon-
tanestr. 9, 35039 Marburg (DE). **KRAUS, Florian**; Unter-
mühlhauser Str. 6, 86929 Penzing (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5,
80639 München (DE).

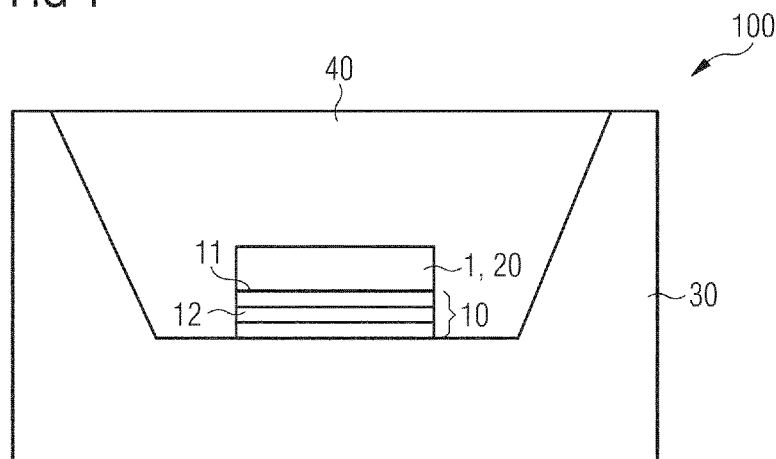
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

(54) Title: LUMINOUS SUBSTANCE, METHOD FOR THE PRODUCTION OF A LUMINOUS SUBSTANCE AND RADIATION-
EMITTING COMPONENT

(54) Bezeichnung: LEUCHTSTOFF, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LEUCHTSTOFFS UND
STRAHLUNGSEMITTIERENDES BAUELEMENT

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a luminous substance (1) having the general formula $\text{Li}_b\text{A}_c\text{X}_6\text{:E}$, wherein A is selected from tetravalent elements, X is selected from monovalent elements, E is selected from activator elements, $1,9 \leq b \leq 2,1$ and $0,9 \leq c \leq 1,1$. The invention also relates to a method for producing a luminous substance and to a radiation-emitting component (100).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Leuchtstoff (1) mit der allgemeinen Formel $\text{Li}_b\text{A}_c\text{X}_6\text{:E}$ angegeben, wobei A ausgewählt ist aus vierwertigen Elementen, X ausgewählt ist aus einwertigen Elementen, E ausgewählt ist aus Aktivatorelementen, $1,9 \leq b \leq 2,1$ und $0,9 \leq c \leq 1,1$. Es werden weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs sowie ein strahlungsemittierendes Bauelement (100) angegeben.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2022/200501 A1

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Beschreibung

LEUCHTSTOFF, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LEUCHTSTOFFS UND
STRAHLUNGSEMITTIERENDES BAUELEMENT

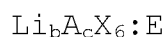
5

Es werden ein Leuchtstoff, ein Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs und ein strahlungsemittierendes Bauelement angegeben.

- 10 Aufgabe zumindest einer Ausführungsform ist es, einen Leuchtstoff mit verbesserten Eigenschaften anzugeben. Aufgabe zumindest einer weiteren Ausführungsform ist es, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs anzugeben. Aufgabe zumindest einer weiteren Ausführungsform
- 15 ist es, ein strahlungsemittierendes Bauelement mit verbesserten Eigenschaften anzugeben. Diese Aufgaben werden durch einen Leuchtstoff, ein Verfahren sowie ein strahlungsemittierendes Bauelement gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

20

Es wird ein Leuchtstoff angegeben. Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff die allgemeine Formel



auf, wobei

- 25 A ausgewählt ist aus vierwertigen Elementen,
X ausgewählt ist aus einwertigen Elementen,
E ausgewählt ist aus Aktivatorelementen,
 $1,9 \leq b \leq 2,1$, und
 $0,9 \leq c \leq 1,1$.

30

Unter dem Begriff „Leuchtstoff“ wird hier und im Folgenden ein Wellenlängenkonversionsstoff verstanden, also ein Material, das zur Absorption und Emission von

elektromagnetischer Strahlung eingerichtet ist. Insbesondere absorbiert der Leuchtstoff elektromagnetische Strahlung, die ein anderes Wellenlängenmaximum als die von dem Leuchtstoff emittierte elektromagnetische Strahlung aufweist.

- 5 Beispielsweise absorbiert der Leuchtstoff Strahlung mit einem Wellenlängenmaximum bei kleineren Wellenlängen als das Emissionsmaximum und emittiert somit Strahlung mit einem in Richtung Rot verschobenen Emissionsmaximum. Reine Streuung oder reine Absorption werden vorliegend nicht als
10 wellenlängenkonvertierend verstanden.

Hier und im Folgenden werden Leuchtstoffe mit Summenformeln beschrieben. Es ist bei den angegebenen Formeln möglich, dass der Leuchtstoff weitere Elemente etwa in Form von

- 15 Verunreinigungen aufweist, wobei diese Verunreinigungen zusammengenommen mit einem Anteil von höchstens 5 Mol%, insbesondere höchstens 1 Mol%, bevorzugt höchstens 0,1 Mol% in dem Leuchtstoff vorhanden sind.

- 20 Der Leuchtstoff setzt sich aus Elementen zusammen, die in dem Leuchtstoff als Ionen, also Anionen oder Kationen vorliegen. Hier und im Folgenden werden die Bestandteile des Leuchtstoffs, Li, A, X und E, sowohl als Elemente als auch als Ionen bzw. Kationen oder Anionen bezeichnet. Die Angabe
25 von konkreten Elementen erfolgt dabei der Übersichtlichkeit halber nicht notwendigerweise mit der Angabe der Ladung. Insbesondere liegen Li, A und E als Kation vor, während X als Anion vorliegt.

- 30 Mit dem Begriff „Wertigkeit“ in Bezug auf ein bestimmtes Element ist vorliegend gemeint, wie viele Elemente mit einfacher entgegengesetzter Ladung in einer chemischen Verbindung benötigt werden, um einen Ladungsausgleich zu

erzielen. Somit umfasst der Begriff „Wertigkeit“ die Ladungszahl des Elements.

Einwertige Elemente sind Elemente mit der Wertigkeit eins.

- 5 Einwertige Elemente sind häufig in chemischen Verbindungen einfach negativ geladen und besitzen eine Ladungszahl von -1. Ein Ladungsausgleich in einer chemischen Verbindung kann beispielsweise über ein Element, das einfach positiv geladen ist stattfinden.

10

Vierwertige Elemente sind Elemente mit der Wertigkeit vier.

- Vierwertige Elemente sind häufig in chemischen Verbindungen vierfach positiv geladen und besitzen eine Ladungszahl von +4. Ein Ladungsausgleich in einer chemischen Verbindung kann
15 beispielsweise über ein Element, das vierfach negativ geladen ist, durch zwei Elemente, die zweifach negativ geladen sind, oder vier Elemente, die einfach negativ geladen sind, stattfinden.

- 20 Der vorliegende Leuchtstoff kann nach außen hin ungeladen vorliegen. Das bedeutet, dass im Leuchtstoff nach außen hin ein vollständiger Ladungsausgleich zwischen positiven und negativen Ladungen bestehen kann. Es ist hingegen auch möglich, dass der Leuchtstoff formell in geringem Maße keinen
25 vollständigen Ladungsausgleich besitzt.

Der Leuchtstoff kann insbesondere ein kristallines,

beispielsweise keramisches Wirtsmaterial, in das

Fremdelemente als Aktivatorelemente E eingebracht sind,

- 30 aufweisen. Bei dem Leuchtstoff handelt es sich beispielsweise um ein keramisches Material.

Das Aktivatorelement E verändert die elektronische Struktur des Wirtsmaterials insofern, dass elektromagnetische Strahlung eines ersten Wellenlängenbereichs von dem Leuchtstoff absorbiert werden kann. Diese sogenannte

5 Primärstrahlung kann in dem Leuchtstoff einen elektronischen Übergang anregen, der unter Aussenden von elektromagnetischer Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereichs (Sekundärstrahlung) wieder in den Grundzustand übergehen kann. Das Aktivatorelement, das in das Wirtsmaterial

10 eingebracht ist, ist somit für die wellenlängenkonvertierenden Eigenschaften des Leuchtstoffs verantwortlich.

Ein hier beschriebener Leuchtstoff kann beispielsweise bei

15 Anregung mit einer Primärstrahlung aus dem blauen oder dem UV Spektralbereich eine Sekundärstrahlung im roten Spektralbereich emittieren. Damit kann er insbesondere in strahlungsemittierenden Bauelementen, wie beispielsweise weißes Licht emittierende LEDs (LED: Licht emittierende

20 Diode), eingesetzt werden, in denen ein Halbleiterchip blaue Primärstrahlung emittiert, welche von Leuchtstoffen zum Teil in Sekundärstrahlung umgewandelt wird.

Sollen in strahlungsemittierenden Bauelementen, wie

25 beispielsweise weißes Licht emittierenden LEDs, geringe Farbtemperaturen (CCT, Correlated Color Temperature) und ein hoher Farbwiedergabeindex R_a (CRI, Color Rendering Index) erreicht werden, werden typischerweise neben gelbes Licht emittierenden Leuchtstoffen auch rotes Licht emittierende

30 Leuchtstoffe eingesetzt. Insbesondere der spezielle Farbwiedergabeindex R_9 der CRI-Metrik ist stark von den Eigenschaften des roten Leuchtstoffes abhängig.

Die Empfindlichkeit des menschlichen Auges für Licht ist im roten Spektralbereich relativ gering und sinkt dort zudem mit steigender Wellenlänge annähernd exponentiell ab. Daher hat die spektrale Lage der Emission eines rot emittierenden Leuchtstoffs einen starken Einfluss auf die gesamte spektrale Effizienz eines strahlungsemittierenden Bauelements, wie einer leuchtstoffkonvertierten LED. Bereits kleine Verschiebungen der spektralen Lage des rot emittierenden Leuchtstoffs können zu Änderungen der Effizienz des Bauelements im zweistelligen Prozentbereich führen.

Neben der Lage der Emissionsbanden im Emissionsspektrum beeinflusst in der Regel auch die Halbwertsbreite die spektrale Effizienz von Leuchtstoffen. Im Falle von rot emittierenden Leuchtstoffen ist eine geringe Halbwertsbreite, also eine schmalbandige Emission, vorteilhaft, da in diesem Fall vergleichsweise weniger Photonen im tiefroten Spektralbereich, welcher vom menschlichen Auge nur sehr ineffizient wahrgenommen wird, erzeugt werden, während gleichzeitig der rote Farbeindruck des Lichtes beibehalten wird.

Eine schmalbandige Emission eines rot emittierenden Leuchtstoffs ist auch vorteilhaft, wenn ein strahlungsemittierendes Bauelement, das den Leuchtstoff enthält, als Displayhinterleuchtung eingesetzt wird. Hier kommt neben der höheren spektralen Effizienz ein weiterer Effekt zu tragen. Beispielsweise sorgen in LC (Liquid Crystal)-Displays Farbfilter für die Trennung des weißen Lichtes der von dem Bauelement, insbesondere einer LED, emittierten Hintergrundbeleuchtung in die Farben Rot, Grün und Blau für die jeweiligen Subpixel. Dies funktioniert am besten, wenn zwischen den genannten Spektralbereichen im

Ausgangsspektrum, also dem von dem Bauelement emittierten Licht, möglichst wenig bis kein Überlapp besteht. Bei der Verwendung von Leuchtstoffen mit breiter Emission, wie beispielsweise herkömmlich verwendetes Eu^{2+} -aktiviertes (Sr,Ca)AlSiN₃:Eu, kommt es allerdings zum so genannten Übersprechen, bei dem auch teilweise beispielsweise rotes Licht in den grünen Farbkanal gelangen kann. Dies führt im Endeffekt zu einer Verkleinerung des maximal darstellbaren Farbraums des Displays. Zwar kann dieser Effekt durch Farbfilter mit engeren spektralen Transmissionsfenstern teilweise reduziert werden, allerdings nur auf Kosten der Gesamthelligkeit und damit der Effizienz des Displays.

Die Erfinder haben erkannt, dass ein hier beschriebener Leuchtstoff, insbesondere bei Anregung mit blauem oder UV Licht, eine schmalbandige Emission, insbesondere im roten Spektralbereich aufweist. Die schmalbandige Emission kann durch eine geringe Halbwertsbreite des Emissionsspektrums beschrieben werden. Zudem weist der hier beschriebene Leuchtstoff eine kurzwelligere Emission auf, als beispielsweise die herkömmlich eingesetzten rot emittierenden Leuchtstoffe SrLiAl₃N₄:Eu oder K₂SiF₆:Mn. Diese Eigenschaften wirken sich vorteilhaft auf die spektrale Effizienz des Leuchtstoffs und damit auch auf die spektrale Effizienz des den Leuchtstoff enthaltenden Bauelements bei Verwendung als Allgemeinbeleuchtung sowie als Displayhinterleuchtung aus. Die zu kürzeren Wellenlängen verschobene Emission des hier beschriebenen Leuchtstoffs bewirkt außerdem eine bessere Überlappung des Emissionsspektrums mit der menschlichen Augenempfindlichkeitskurve, was zu einem erhöhten photometrischen Strahlungsäquivalent (LER) führt.

Darüber hinaus kann der hier beschriebene Leuchtstoff ohne die Verwendung giftiger Schwermetalle hergestellt werden, was ihn weniger bedenklich im Hinblick auf Gesundheit und Umwelt macht als beispielsweise bislang eingesetzte Quantenpunkte.

- 5 Damit genügt der hier beschriebene Leuchtstoff den RoHS-Richtlinien. Des Weiteren lässt sich der hier beschriebene Leuchtstoff einfach und unter Vermeidung giftiger Edukte herstellen.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist A ausgewählt aus Sn, Ti, Ge und Kombinationen daraus. Somit sind in dem Leuchtstoff Sn^{4+} , Ti^{4+} , Ge^{4+} oder Kombinationen daraus vorhanden.
- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist X ausgewählt aus F, Cl, Br, I und Kombinationen daraus. X ist somit ein einwertiges Halogen, welches die Ladungen der Kationen Li und A ausgleicht. Gemäß einer Ausführungsform wird F für X eingesetzt.
- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist E ausgewählt aus Mn, Cr, Ni, Eu, Ce und Kombinationen daraus. Insbesondere handelt es sich dabei um Mn^{4+} , Cr^{3+} und Ni^{2+} , Eu^{2+} oder Ce^{3+} . Es können somit Aktivatorelemente verschiedener Wertigkeiten in
- 25 dem Leuchtstoff zum Einsatz kommen. Gemäß einer Ausführungsform ist das Aktivatorelement E Mn, insbesondere Mn^{4+} .
- Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist $b = 2$ und $c = 1$.
- 30 Die allgemeine Formel des Leuchtstoffs ist dann somit $\text{Li}_2\text{AX}_6:\text{E}$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff die Formel $\text{Li}_2\text{GeF}_6\text{:Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ oder $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ auf. Bei diesen Leuchtstoffen ist somit für A Sn, Ti bzw. Ge, für X F und für E Mn, insbesondere Mn^{4+} , ausgewählt. Ein Leuchtstoff der eine der genannten Formeln aufweist, ist frei von giftigen Schwermetallen und kann einfach und unter Vermeidung giftiger Edukte, wie beispielsweise Flusssäure, hergestellt werden. Zudem weist er eine schmalbandige und vergleichsweise kurzwellige Emission im roten Spektralbereich auf. Gegenüber herkömmlich verwendetem $\text{K}_2\text{SiF}_6\text{:Mn}$ weisen $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ oder $\text{Li}_2\text{GeF}_6\text{:Mn}$ eine verbesserte spektrale Effizienz auf, welche ein zumindest vergleichbares, insbesondere ein höheres photometrisches Strahlungsäquivalent (LER, luminous efficacy of radiation) bedingt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff eine Wirtsstruktur auf, die LiX_6 - und AX_6 -Oktaeder umfasst. Beispielsweise handelt es sich dabei um LiF_6 - und AF_6 -Oktaeder. Dabei wird jeweils Li bzw. A von den sechs X-Atomen in der Gestalt eines Oktaeders umgeben.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die LiX_6 - und AX_6 -Oktaeder allseitig eckenverknüpft. Das bedeutet, dass jedes X eine Ecke von zwei Oktaedern bildet. Zusätzlich können die Oktaeder zumindest teilweise auch miteinander kantenverknüpft sein. Eine verknüpfte Kante bildet dann die Kante zweier Oktaeder.

Die LiX_6 - und AX_6 -Oktaeder bilden somit ein Netzwerk aus ecken- und zumindest teilweise kantenverknüpften LiX_6 - und AX_6 -Oktaedern, welche über gemeinsame X-Ionen verknüpft sind. Dabei sind die AX_6 -Oktaeder durch die LiX_6 -Oktaeder voneinander isoliert, das heißt, zwei AX_6 -Oktaeder sind nicht

direkt miteinander verknüpft. Dahingegen können zwei oder mehrere LiX_6 -Oktaeder schon miteinander verknüpft sein. Innerhalb eines AX_6 -Oktaeders kann das A durch das Aktivatorelement E ersetzt sein.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff eine Kristallstruktur auf, die ausgewählt ist aus dem Na_2SiF_6 -Strukturtyp, dem Trirutil-Strukturtyp und dem Li_2ZrF_6 -Strukturtyp. Damit weist der Leuchtstoff einen anderen
10 Strukturtyp auf als beispielsweise das herkömmlich verwendete K_2SiF_6 , welches im K_2PtCl_6 -Strukturtyp kristallisiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform kristallisiert der Leuchtstoff in einer Raumgruppe, die ausgewählt ist aus $P321$,
15 $P4_2/mnm$ und $P\bar{3}1m$. Insbesondere weist der Leuchtstoff den Na_2SiF_6 -Strukturtyp auf und kristallisiert in der Raumgruppe $P321$ oder der Leuchtstoff weist den Trirutil-Strukturtyp und kristallisiert in der Raumgruppe $P4_2/mnm$ oder der Leuchtstoff weist den Li_2ZrF_6 -Strukturtyp auf und kristallisiert in der
20 Raumgruppe $P\bar{3}1m$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff ein Emissionsspektrum auf, das in dem Bereich von 600 nm bis 700 nm mindestens einen Emissionspeak aufweist. Insbesondere
25 weist der Leuchtstoff ein solches Emissionsspektrum bei Anregung mit blauem und/oder UV Licht auf. Damit emittiert der Leuchtstoff Strahlung insbesondere aus dem roten Spektralbereich und kann somit besonders gut in strahlungsemittierenden Bauelementen eingesetzt werden und
30 deren spektrale Effizienz verbessern.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Emissionspeak ein Emissionsmaximum in dem Bereich von

einschließlich 625 nm bis einschließlich 635 nm. Insbesondere kann das Emissionsmaximum in dem Bereich von einschließlich 629 nm bis einschließlich 632 nm liegen. Beispielsweise ist das Emissionsmaximum bei 629,9 nm oder bei 631,4 nm. Damit

5 emittiert der Leuchtstoff im roten Spektralbereich mit einem Emissionsmaximum, das im Vergleich zu herkömmlichen rot emittierenden Leuchtstoffen, wie beispielsweise $\text{SrLiAl}_3\text{N}_4\text{:Eu}$ oder $\text{K}_2\text{SiF}_6\text{:Mn}$, zu kürzeren Wellenlängen verschoben ist. Dies führt auf Grund der damit einhergehenden besseren Überlappung

10 des Emissionsspektrums des hier beschriebenen Leuchtstoffs mit der menschlichen Augenempfindlichkeitskurve zu einer höheren spektralen Effizienz gegenüber herkömmlichen Leuchtstoffen wie beispielsweise dem Leuchtstoff $\text{K}_2\text{SiF}_6\text{:Mn}$.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Emissionspeak eine Halbwertsbreite aus dem Bereich von einschließlich 2 nm bis einschließlich 20 nm, bevorzugt aus dem Bereich von einschließlich 3 nm bis einschließlich 11 nm, auf. Damit emittiert der Leuchtstoff besonders schmalbandig, was die

20 spektrale Effizienz von den Leuchtstoff enthaltenden Bauelementen begünstigt und sie auch geeignet für die Displayhinterleuchtung macht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff

25 in dem Bereich von 600 nm bis 700 nm einen zusätzlichen Emissionspeak mit einem Emissionsmaximum in dem Bereich von einschließlich 618 nm bis einschließlich 622 nm auf. Insbesondere weist der zusätzliche Emissionspeak ein Emissionsmaximum bei 620 nm auf. Insbesondere weist der

30 Leuchtstoff einen zusätzlichen Emissionspeak bei Anregung mit blauem und/oder UV Licht auf. Dieser auch als Zero Phonon Line (ZPL) bezeichnete Emissionspeak kann insbesondere vorhanden sein, wenn der Leuchtstoff den Na_2SiF_6 -Strukturtyp

aufweist, und tritt beispielsweise nicht bei dem herkömmlichen Leuchtstoff $K_2SiF_6:Mn$ auf, der in dem K_2PtCl_6 -Strukturtyp kristallisiert. Dieser zusätzliche Emissionspeak trägt dazu bei, dass der Schwerpunkt des Emissionsspektrums des hier beschriebenen Leuchtstoffs gegenüber K_2SiF_6 zu noch kürzeren Wellenlängen verschoben ist und damit das photometrische Strahlungsäquivalent (LER) erhöht wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Leuchtstoff eine Dominanzwellenlänge λ_{dom} aus dem Bereich von einschließlich 605 nm bis einschließlich 625 nm auf. Beispielsweise kann die Dominanzwellenlänge bei 618,6 nm, bei 619,4 nm oder bei 609,7 nm liegen.

Es wird weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs angegeben. Mit dem Verfahren kann insbesondere ein wie oben beschriebener Leuchtstoff hergestellt werden. Sämtliche in Verbindung mit dem Leuchtstoff offenbarten Merkmale und Ausführungsformen gelten somit auch für das Verfahren und umgekehrt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mit dem Verfahren ein Leuchtstoff mit der allgemeinen Formel $Li_bA_cX_6:E$ hergestellt, wobei

A ausgewählt ist aus vierwertigen Elementen,
X ausgewählt ist aus einwertigen Elementen,
E ausgewählt ist aus Aktivatorelementen,
 $1,9 \leq b \leq 2,1$, und $0,9 \leq c \leq 1,1$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren die Schritte

- Bereitstellen einer Zusammensetzung, insbesondere einer geeigneten Zusammensetzung, von Edukten,

- 12 -

- Homogenisieren der Edukte zur Herstellung eines Reaktionsgemenges,
- Erhitzen des Reaktionsgemenges auf eine Maximaltemperatur.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Edukte ausgewählt aus einer Gruppe, die Halogenide, Carbonate, Sulfide, Oxide, Oxalate, Imide, Permanganate, Nitrate, Nitrite, Sulfate, Sulfite, Hydrogensulfate, Disulfate, Thiosulfate, Cyanide, Cyanate, Thiocyanate, Acetate,
10 Carbonsäurederivate, ternäre Verbindungen, insbesondere Ammoniumverbindungen, und Amide jeweils von Li, A und E, elementares X_2 und Kombinationen daraus umfasst. Bevorzugt sind die Edukte ausgewählt aus einer Gruppe, die Halogenide, Carbonate, Oxide und Permanganate jeweils von Li, A und E,
15 elementares X_2 und Kombinationen daraus umfasst.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Edukte ausgewählt aus einer Gruppe, die Lithiumcarbonat, Germanium(IV)-oxid, Titan(IV)-oxid, Mangan(II)-chlorid-
20 Tetrahydrat, Lithiumpermanganat-Trihydrat, Zinn(II)-chlorid-Tetrahydrat und Kombinationen daraus umfasst. Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird elementares X_2 als Edukt für die Komponente X eingesetzt.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird das Reaktionsgemenge auf eine Maximaltemperatur von höchstens 600 °C erhitzt. Insbesondere wird das Reaktionsgemenge auf eine Maximaltemperatur von höchstens 500 °C erhitzt. Bevorzugt wird das Reaktionsgemenge auf eine Maximaltemperatur von
30 höchstens 450 °C erhitzt. Die Maximaltemperatur kann beispielsweise 400°C betragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform findet das Erhitzen in einem Strom statt, der F_2 enthält. Darunter ist zu verstehen, dass der Strom sowohl reines F_2 als auch bis zu 100 Vol.-% F_2 in einem Inertgas enthalten oder daraus bestehen kann.

- 5 Insbesondere wird bei dem Erhitzen reines F_2 durch das Reaktionsgemenge geleitet. Alternativ weist der Strom F_2 und ein Inertgas auf. Insbesondere wird bei dem Erhitzen durch das Reaktionsgemenge bis zu 100 Vol.-%, beispielsweise bis zu 10 Vol.-%, F_2 in einem Inertgas geleitet. Beispielsweise ist
10 das Inertgas He, Ne, Kr, Ar, Xe, N_2 oder SF_6 , insbesondere Ar. Damit können oxidierende Bedingungen gewährleistet werden.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird bei dem Verfahren
15 keine Flusssäure-Lösung verwendet. Das Gefahrenpotential durch Hinzugabe einer giftigen Flusssäure-Lösung wird demzufolge vermieden. Eine Gefährdung durch gasförmiges F_2 lässt sich bei dem hier beschriebenen Verfahren durch Arbeiten in abgeschlossenen Systemen minimieren.

- 20
Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Erhitzen ein trockenes Hochtemperaturverfahren. Das heißt, es werden bei dem Erhitzen keine zusätzlichen Lösungsmittel oder Säuren hinzugegeben. Das Gefahrenpotential durch Hinzugabe einer
25 Säure, insbesondere einer Flusssäure-Lösung, wird demzufolge vermieden.

- Im Gegensatz dazu wird der konventionell verwendete rot emittierende Leuchtstoff $K_2SiF_6:Mn$ industriell mithilfe einer
30 wässrigen Flusssäure-Lösung synthetisiert. Dies erfordert auf Grund der Giftigkeit und schlechten Handhabbarkeit der Flusssäure sehr aufwendige Sicherheitsvorkehrungen. Bei dem hier beschriebenen Leuchtstoff ist die Synthese mithilfe

einer wässrigen Lösung, insbesondere einer Flusssäure-Lösung, jedoch nicht möglich, da sich die Edukte, beispielsweise LiF mit einer Löslichkeit von nur 1,34 g/l, kaum in Wasser lösen lassen und somit die Synthese mit einer wässrigen Flusssäure-Lösung nicht möglich ist. Zusätzlich stellt das trockene Hochtemperaturverfahren im Vergleich zu dem Verfahren mit Flusssäure eine vereinfachte Syntheseroute dar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Edukte homogenisiert. Das entstandene Reaktionsgemenge aus den Edukten kann dann in einen Tiegel, beispielsweise in ein Korundschiff oder einem Strahlnetzschiffchen, gegeben werden und in einem Ofen, insbesondere in einem Rohrofen platziert werden, durch welchen reines F₂ oder bis zu 100% F₂ in einem Inertgas wie beispielsweise Ar geleitet wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ein stufenweises Erhitzen des Reaktionsgemenges. Stufenweises Erhitzen bedeutet, dass das Reaktionsgemenge mit mindestens einer Aufheizrate auf mindestens eine Zwischentemperatur erhitzt wird und das Reaktionsgemenge mit einer Haltezeit auf einer Zwischentemperatur gehalten wird, bevor die Maximaltemperatur erreicht wird. Die Zwischentemperatur ist insbesondere gleich oder kleiner als die Maximaltemperatur. Insbesondere weist das stufenweise Erhitzen zwei Aufheizraten auf, welche gleich oder voneinander verschieden sein können.

Die Zwischentemperatur liegt beispielsweise zwischen einschließlich 80 °C und einschließlich 420 °C. Die Haltezeit liegt beispielsweise zwischen einschließlich fünf Stunden und einschließlich 30 Tagen. Die Aufheizrate liegt beispielsweise zwischen einschließlich 0,05 °C pro Minute und einschließlich 5 °C pro Minute.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das stufenweise Erhitzen mindestens einen Abkühlschritt. Der Abkühlschritt erfolgt insbesondere nach einem Erhitzen auf eine
5 Zwischentemperatur. Bei dem Abkühlschritt wird das Reaktionsgemenge im Ofen auf eine Minimaltemperatur abgekühlt. Die Minimaltemperatur liegt insbesondere zwischen einschließlich 20 °C und einschließlich 50 °C, beispielsweise bei 30°C. Nach dem Abkühlschritt wird das Reaktionsgemenge
10 bevorzugt vermengt und anschließend erneut erhitzt.

Beispielsweise wird in einem ersten Verfahrensschritt das Reaktionsgemenge mit mindestens zwei Aufheizraten auf mindestens zwei Zwischentemperaturen erhitzt und mit
15 mindestens zwei Haltezeiten bei jeweils einer Zwischentemperatur gehalten. Anschließend wird das Reaktionsgemenge auf eine Minimaltemperatur in dem Ofen abgekühlt. Der erste Verfahrensschritt kann optional mindestens einmal wiederholt werden. In einem zweiten
20 Verfahrensschritt wird das Reaktionsgemenge erneut in dem Ofen platziert und mit mindestens einer Aufheizrate auf die Maximaltemperatur erhitzt und mit einer Haltezeit bei der Maximaltemperatur gehalten. Nach der Haltezeit auf der Maximaltemperatur wird das Reaktionsgemenge im Ofen auf eine
25 Minimaltemperatur, beispielsweise Raumtemperatur, abgekühlt und der Leuchtstoff wird erhalten.

Im ersten Verfahrensschritt kann eine erste Zwischentemperatur ausgewählt sein aus dem Bereich 80°C bis
30 120°C, eine zweite Zwischentemperatur aus dem Bereich 280°C bis 420°C. Eine erste Haltezeit kann aus dem Bereich 5h bis 22h ausgewählt sein, eine zweite Haltezeit aus dem Bereich 1 Tag bis 20 Tage. Im zweiten Verfahrensschritt kann die

Haltezeit auf der Maximaltemperatur aus dem Bereich 10 Tage bis 30 Tage ausgewählt sein.

Es wird weiterhin ein strahlungsemittierendes Bauelement

5 angegeben. Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das strahlungsemittierende Bauelement

- einen Halbleiterchip, der im Betrieb elektromagnetische Strahlung eines ersten Wellenlängenbereichs von einer Strahlungsaustrittsfläche emittiert, und

10 - ein Konversionselement, das einen Leuchtstoff aufweist, der elektromagnetische Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs in elektromagnetische Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereichs konvertiert, wobei der Leuchtstoff die allgemeine Formel $\text{Li}_b\text{A}_c\text{X}_6\text{:E}$ aufweist, wobei

15 A ausgewählt ist aus vierwertigen Elementen,

X ausgewählt ist aus einwertigen Elementen,

E ausgewählt ist aus Aktivatorelementen,

$1,9 \leq b \leq 2,1$,

$0,9 \leq c \leq 1,1$.

20

Der oben beschriebene Leuchtstoff ist insbesondere zur Verwendung in einem strahlungsemittierenden Bauelement

geeignet und vorgesehen. Merkmale und Ausführungsformen, die in Verbindung mit dem Leuchtstoff und/oder dem Verfahren zur

25 Herstellung eines Leuchtstoffs beschrieben sind, gelten somit ebenso für das strahlungsemittierende Bauelement und umgekehrt.

Die elektromagnetische Strahlung des ersten

30 Wellenlängenbereichs bildet das Emissionsspektrum des Halbleiterchips aus und wird auch als Primärstrahlung bezeichnet.

Bei dem Halbleiterchip handelt es sich zum Beispiel um einen Leuchtdiodenchip oder einen Laserdiodenchip. Das Bauelement kann somit eine Licht emittierende Diode (LED) oder ein Laser sein. Bevorzugt weist der Halbleiterchip eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge mit einer aktiven Zone auf, die dazu geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen. Hierzu weist die aktive Zone beispielsweise einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, ein Einfachquantentopf- oder eine Mehrfachquantentopfstruktur auf.

Der Halbleiterchip kann im Betrieb elektromagnetische Strahlung beispielsweise aus dem ultravioletten Spektralbereich und/oder aus dem sichtbaren Spektralbereich, insbesondere aus dem blauen Spektralbereich aussenden. Die Primärstrahlung weist somit beispielsweise Wellenlängen aus dem Bereich 400 nm bis 500 nm auf.

Der Leuchtstoff in dem Konversionselement wandelt elektromagnetische Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs in elektromagnetische Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereichs um. Die elektromagnetische Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs bildet das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs aus und wird auch als Sekundärstrahlung bezeichnet.

Die elektromagnetische Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs ist von dem ersten Wellenlängenbereich zumindest teilweise verschieden. Der Leuchtstoff, der in dem Konversionselement enthalten ist oder aus dem das Konversionselement besteht, verleiht dem Konversionselement wellenlängenkonvertierende Eigenschaften. Beispielsweise wandelt das Konversionselement die elektromagnetische

Strahlung des Halbleiterchips lediglich teilweise in elektromagnetische Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs um, während ein weiterer Teil der elektromagnetischen Strahlung des Halbleiterchips von dem Konversionselement

5 transmittiert wird. Das strahlungsemittierende Bauelement emittiert in diesem Fall Mischlicht, das sich aus elektromagnetischer Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs und elektromagnetischer Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs zusammensetzt. Das Mischlicht umfasst

10 beispielsweise weißes Licht. Erfolgt eine vollständige Konversion der Primärstrahlung durch das Konversionselement und/oder findet keine Transmission von Primärstrahlung durch das Konversionselement statt, bezeichnet man das als Vollkonversion. In diesem Fall emittiert das

15 strahlungsemittierende Bauelement die von dem Konversionselement emittierte Sekundärstrahlung.

Aufgrund der Beschaffenheit des hier beschriebenen Leuchtstoffs, insbesondere die schmalbandige und im Vergleich

20 zu herkömmlich verwendeten rot emittierenden Leuchtstoffen zu kürzeren Wellenlängen verschobene Emission, weist das Bauelement eine hohe spektrale Effizienz mit hohem visuellem Nutzeffekt auf und ist zudem sowohl für die Allgemeinbeleuchtung als auch für die Verwendung als

25 Displayhintergrundbeleuchtung gut geeignet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform enthält das Konversionselement zumindest einen weiteren Leuchtstoff. Der weitere Leuchtstoff ist insbesondere von dem ersten

30 Leuchtstoff unterschiedlich und wandelt elektromagnetische Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs in elektromagnetische Strahlung eines dritten Wellenlängenbereichs um. Der weitere Leuchtstoff kann

beispielsweise elektromagnetische Strahlung emittieren, die aus dem gelben Spektralbereich oder aus dem grünen Spektralbereich ausgewählt ist. Der hier beschriebene Leuchtstoff und der weitere Leuchtstoff bilden somit eine

5 Leuchtstoffmischung, die die Primärstrahlung ganz oder teilweise konvertiert. Beispielsweise kann ein weiterer Leuchtstoff ausgewählt sein aus einer Gruppe, die $Y_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$, $(Lu,Y)_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$, $(Y,Gd)_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$, $(Y,Tb)_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$, $Lu_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$,

10 $(La,Y)_3Si_6N_{11}:Ce^{3+}$, $(Ca,Ba,Sr)_2SiO_4:Eu^{2+}$, β -SiAlON:Eu²⁺, $NaK_2Li(Li_3SiO_4)_4:Eu^{2+}$, $RbLi(Li_3SiO_4)_2:Eu^{2+}$ und $RbNa(Li_3SiO_4)_2:Eu^{2+}$ umfasst.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das

15 Konversionselement als Konversionsschicht ausgebildet. Die Konversionsschicht kann in direktem oder in indirektem Kontakt auf die Strahlungsaustrittsfläche des Halbleiterchips aufgebracht sein. Im Falle eines indirekten Kontakts kann sie mit Hilfe von beispielsweise einer Klebeschicht auf die

20 Strahlungsaustrittsfläche aufgebracht sein oder zwischen der Strahlungsaustrittsfläche und dem Konversionselement kann ein Verguss angebracht sein.

Halbleiterchip, Konversionsschicht und gegebenenfalls

25 Klebeschicht können gemäß einer weiteren Ausführungsform auch alle von einem Verguss umgeben sein. Beispielsweise sind Halbleiterchip, Konversionselement und gegebenenfalls eine Klebeschicht dann in der Vertiefung eines Gehäuses angeordnet, in der weiterhin der Verguss angeordnet ist.

30

Ein Verguss kann eine Durchlässigkeit für die Primärstrahlung und/oder die Sekundärstrahlung und/oder die von weiteren vorhandenen Leuchtstoffen emittierte Strahlung aufweisen, die

mindestens 85 %, bevorzugt 95 % beträgt. Weiterhin kann ein Verguss beispielsweise Silikon oder Epoxidharz als Material aufweisen.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt der Leuchtstoff in dem Konversionselement als Keramik vor. In einem solchen Fall kann die Konversionsschicht aus der die Keramik bildenden Leuchtstoff bestehen.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt der Leuchtstoff in dem Konversionselement in eine Matrix eingebettet vor. Insbesondere liegt dann der Leuchtstoff in Partikelform vor. Gegebenenfalls vorhandene weitere Leuchtstoffe können ebenfalls, insbesondere in Partikelform, in der Matrix
- 15 eingebettet vorliegen. Gemäß einer Ausführungsform liegt der Leuchtstoff in Partikelform insbesondere mit Korngrößen zwischen einschließlich 500 nm und einschließlich 50 µm vor.

- Die Matrix kann beispielsweise ein Material aufweisen, das
- 20 aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Polymere und Glas umfasst. Als Polymere können beispielsweise Polystyrol, Polysiloxan, Polysilazan, PMMA, Polycarbonat, Polyacrylat, Polytetrafluorethylen, Polyvinyl, Silikonharz, Silikon, Epoxidharz und transparenter Synthesekautschuk ausgewählt
- 25 werden. Als Glas können beispielsweise Silikate, Wasserglas und Quarzglas ausgewählt werden.

- Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Bauelements und des Verfahrens ergeben sich aus den im
- 30 Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittansicht eines strahlungsemittierenden Bauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel.

5 Figur 2 zeigt eine schematische Schnittansicht eines strahlungsemittierenden Bauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Figur 3 zeigt eine Le Bail-Anpassung a) bzw. Rietveld-Anpassungen b), c) von Röntgenpulverdiffraktogrammen im Vergleich zu gemessenen Röntgenpulverdiffraktogrammen von Ausführungsbeispielen des Leuchtstoffs.

Figur 4 zeigt in a), b) und c) schematische Darstellungen von Kristallstrukturausschnitten des Leuchtstoffs gemäß verschiedener Ausführungsbeispiele.

Figur 5 zeigt in a) das Emissionsspektrum eines Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels und in b) den Vergleich des Emissionsspektrums des Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels mit einem Vergleichsbeispiel.

Figur 6 zeigt in a) das Emissionsspektrum eines Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels und in b) den Vergleich des Emissionsspektrums des Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels mit einem Vergleichsbeispiel.

Figur 7 zeigt in a) das Emissionsspektrum eines Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels und in b) den Vergleich des Emissionsspektrums des Leuchtstoffs gemäß eines Ausführungsbeispiels mit einem Vergleichsbeispiel.

Figur 8 zeigt den Vergleich des relativen photometrischen Strahlungsäquivalents zwischen einem Leuchtstoff gemäß eines Ausführungsbeispiels und einem Vergleichsbeispiel.

- 5 Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente, insbesondere
- 10 Schichtdicken, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittansicht eines strahlungsemittierenden Bauelements gemäß einer

15 Ausführungsform. Das strahlungsemittierende Bauelement 100 weist einen Halbleiterchip 10 auf. Der Halbleiterchip 10 emittiert im Betrieb elektromagnetische Strahlung eines ersten Wellenlängenbereichs (Primärstrahlung) aus einer Strahlungsaustrittsfläche 11. Der Halbleiterchip 10 weist

20 eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge mit einer aktiven Zone 12 auf, die dazu geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen. Die Primärstrahlung weist beispielsweise Wellenlängen im blauen und/oder ultravioletten Bereich auf.

25 Weiterhin weist das Bauelement ein Konversionselement 20 auf. Das Konversionselement 20 enthält entweder eine Matrix, in der der erste Leuchtstoff 1, insbesondere Partikel des ersten Leuchtstoffs 1, eingebettet ist, oder das Konversionselement

30 20 weist eine aus dem Leuchtstoff 1 gebildete Keramik auf oder besteht daraus.

Der Leuchtstoff 1 weist die allgemeine Formel $\text{Li}_b\text{A}_c\text{X}_6:\text{E}$ auf, wobei A, X, E, b und c ausgewählt werden können wie oben aufgeführt. Gemäß Ausführungsbeispielen handelt es sich bei dem Leuchtstoff 1 um $\text{Li}_2\text{SnF}_6:\text{Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6:\text{Mn}$ oder $\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$.

- 5 Alle bezüglich der allgemeinen Formel angegebenen möglichen Varianten bezüglich der in dem Leuchtstoff enthaltenen Elemente bzw. der Wertes für b und c sind aber ebenso möglich.
- 10 Zusätzlich kann mindestens ein zweiter Leuchtstoff in dem Konversionselement 20 vorhanden sein, der mit dem hier beschriebenen ersten Leuchtstoff 1 eine Leuchtstoffmischung bildet.
- 15 Wenn das Konversionselement 20 eine Matrix aufweist, in der der Leuchtstoff 1 oder gegebenenfalls die Leuchtstoffmischung eingebettet ist, weist die Matrix dabei ein Material auf, das ausgewählt ist aus Polymeren wie beispielsweise Polystyrol, Polysiloxan, Polysilazan, PMMA, Polycarbonat, Polyacrylat,
- 20 Polytetrafluorethylen, Polyvinyl, Silikonharz, Silikon, Epoxidharz und transparentes Synthetikgummi, und Glas wie beispielsweise Silikate, Wasserglas und Quarzglas.

- Der Leuchtstoff 1 wandelt im Betrieb elektromagnetische
- 25 Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs in elektromagnetische Strahlung des zweiten Wellenlängenbereichs (Sekundärstrahlung) um. Bei den Ausführungsbeispielen $\text{Li}_2\text{SnF}_6:\text{Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6:\text{Mn}$ und $\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$ liegt die Sekundärstrahlung im tiefroten Bereich, insbesondere bei
- 30 Anregung mit blauer oder UV-Strahlung. Bei nicht vollständiger Konversion der Primärstrahlung durch das Konversionselement sendet das Bauelement somit Mischlicht, das aus Primär- und Sekundärstrahlung und, wenn weitere

Leuchtstoffe in dem Konversionselement 20 vorhanden sind, der emittierten Strahlung dieser weiteren Leuchtstoffe zusammengesetzt ist, aus.

- 5 Das Konversionselement 20, das hier als Konversionsschicht ausgebildet ist, kann entweder direkt auf dem Halbleiterchip 10 aufgebracht sein, oder beispielsweise mittels einer Klebeschicht (hier nicht explizit gezeigt), daran befestigt sein.

10

- Der Halbleiterchip 10 mit dem darauf angeordneten Konversionselement 20 ist in der Ausnehmung eines Gehäuses 30 angeordnet. Das Gehäuse 30 hat zum Halbleiterchip 10 hin abgeschrägte Seitenflächen, die reflektiv ausgebildet sein können. Der Halbleiterchip 10 und das Konversionselement 20 können in dem Gehäuse 30 von einem Verguss 40 umgeben sein, wie hier gezeigt. Das Vorhandensein eines Vergusses 40 ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Der Verguss kann beispielsweise aus einem Silikon oder Epoxidharz gebildet sein und weist eine Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung der aktiven Zone 12 auf, die mindestens 85%, bevorzugt 95% beträgt.

- Alternativ kann das Gehäuse 30 auch keine Seitenwände und damit keine Ausnehmung aufweisen und als Träger ausgebildet sein (hier nicht gezeigt).

- Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform eines strahlungsemittierenden Bauelements. Für die Elemente mit gleichen Bezugszeichen gelten die in Bezug auf Figur 1 gemachten Ausführungen. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Konversionselement 20 nicht direkt auf dem Halbleiterchip 10 angeordnet, sondern beabstandet dazu auf der von dem

Halbleiterchip 10 abgewandten Seite des Vergusses 40. Auch hier ist das Konversionselement 20 wieder als Konversionsschicht ausgebildet.

- 5 Bei den in den Figuren 1 und 2 gezeigten Bauelementen handelt es sich beispielsweise um LEDs. Der Übersichtlichkeit halber sind in den Figuren 1 und 2 zusätzlich vorhandene Elemente, wie beispielsweise elektrische Kontaktierungen, nicht gezeigt.

10

Im Folgenden wird das Verfahren zur Herstellung des Leuchtstoffs 1 anhand der Ausführungsbeispiele $\text{Li}_2\text{GeF}_6\text{:Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ und $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ näher erläutert.

15 $\text{Li}_2\text{GeF}_6\text{:Mn}$

- Für die Synthese von $\text{Li}_2\text{GeF}_6\text{:Mn}$ werden die Edukte Lithiumcarbonat (Li_2CO_3 , 371,7 mg, 5,03 mmol), Germanium(IV)-oxid (GeO_2 , 458,7 mg, 4,39 mmol) und Mangan(II)-chlorid-Tetrahydrat ($\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, 50,5 mg, 0,26 mmol) bereitgestellt, in einem Achatmörser innig vermengt und das so erhaltene, homogenisierte Reaktionsgemenge in ein Korundschiff gegeben. Dieses Korundschiff wird in einem, durch einen Rohrofen beheizbares Korundrohr platziert, durch
20 welches 10% F_2 in Argon (V/V) geleitet wird (5 ml/min). Die Temperatur wird innerhalb von 5 h von 30 °C auf die Zwischentemperatur 100°C erhöht, welche bei einer Haltezeit von 20 h gehalten wird, bevor die Temperatur stufenweise um 100°C (Aufheizrate 10°C/h, 10 h Haltezeit) bis auf die
25 Zwischentemperatur 400°C erhöht wird. Nach 18 Tagen Reaktionszeit wird das Reaktionsgut auf die Minimaltemperatur 30°C abgekühlt, in einem Glaskohlenstoffmörser vermengt und erneut im Ofen platziert. Dieser wird mit einer Aufheizrate
- 30

von 4°C/min wieder auf die Maximaltemperatur 400°C erhitzt und die Probe bei einer Haltezeit von 13 Tagen fluoriert. Danach wird die Probe auf Raumtemperatur abgekühlt und der Leuchtstoff Li₂GeF₆:Mn erhalten.

5

Li₂TiF₆:Mn

Für die Synthese von Li₂TiF₆:Mn werden die Edukte Lithiumcarbonat (Li₂CO₃, 414 mg, 5,60 mmol), Titan(IV)-oxid (TiO₂, 440 mg, 5,51 mmol) und Lithiumpermanganat-Trihydrat (LiMnO₄ · 3 H₂O, 3 mg, 0,02 mmol) in einem Achatmörser innig vermengt und das so erhaltene, homogenisierte Reaktionsgemenge in ein zuvor passiviertes Stahlnetzschiffchen (Leinwandbindung, 0,04 mm Drahtdicke, 0,063 mm Maschenweite, Drahtweberei Pausa GmbH) gegeben. Dieses Schiffchen wird in einem, durch einen Rohrofen beheizbaren Korundrohr platziert, durch welches 10% F₂ in Argon (V/V) geleitet wird (5 ml/min). Die Temperatur wird innerhalb von 10 h von 30°C auf die Zwischentemperatur 100°C erhöht, welche für eine Haltezeit von 10 h gehalten wird. Bei dieser Zwischentemperatur wird das Reaktionsgemisch einmal herausgenommen und in einem Glaskohlenstoffmörser an Luft erneut verrieben, bevor die Temperatur stufenweise um 100°C (Aufheizrate 10°C/h, 10 h Haltezeit) bis auf die Zwischentemperatur 300°C erhöht wird. Nach einer Haltezeit von drei Tagen im Fluorstrom wird der Ofen auf die Minimaltemperatur 30°C abgekühlt, die Probe herausgenommen, gemörsert und erneut im Rohrofen platziert. Dieser wird abermals mit demselben Ofenprofil wie zuvor auf 300°C erhitzt. Nach einer Haltezeit von drei Tagen wird der Ofen auf die Minimaltemperatur 30°C abgekühlt, die Probe erneut gemörsert, in ein Korundschiffchen umgefüllt und im Ofen platziert. Dieser wird mit einer Aufheizrate von 4°C/min auf

die Maximaltemperatur 400°C erhitzt und die Probe für eine Haltezeit von 11 Tagen fluoriert. Danach wird die Probe auf Raumtemperatur abgekühlt und der Leuchtstoff $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ erhalten.

5

 $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$

Für die Synthese von $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ werden die Edukte Lithiumcarbonat (Li_2CO_3 , 295 mg, 3,99 mmol), Zinn(II)-chlorid-Tetrahydrat ($\text{SnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, 887 mg, 3,93 mmol) und Lithiumpermanganat-Trihydrat ($\text{LiMnO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, 21 mg, 0,12 mmol) in einem Achatmörser innig vermengt und das so erhaltene, homogenisierte Reaktionsgemenge in ein zuvor passiviertes Stahlnetzschiffchen (Leinwandbindung, 0,04 mm Drahtdicke, 0,063 mm Maschenweite, Drahtweberei Pausa GmbH) gegeben. Dieses Schiffchen wird in einem, durch einen Rohrofen beheizbares Korundrohr platziert, durch welches mit 10% F_2 in Argon (V/V) geleitet wird (5 ml/min). Die Temperatur wird innerhalb von 10 h von 30 °C auf die Zwischentemperatur 100°C erhöht, welche für eine Haltezeit von 10 h gehalten wird. Bei dieser Zwischentemperatur wird das Reaktionsgut einmal herausgenommen, in einem Glaskohlenstoffmörser an Luft erneut verrieben und wieder in den Ofen transferiert, bevor die Temperatur dann stufenweise um 100 °C (Aufheizrate 10°C/h, 10 h Haltezeit) bis auf die Zwischentemperatur 300°C erhöht wird. Nach einer Haltezeit von drei Tagen im Fluorstrom wird der Ofen auf die Minimaltemperatur 30°C abgekühlt, die Probe gemörsert und erneut im Rohrofen platziert. Dieser wird abermals mit demselben Ofenprofil wie zuvor auf die Zwischentemperatur 300°C erhitzt. Nach einer Haltezeit von drei Tagen wird der Ofen auf die Minimaltemperatur 30°C abgekühlt, die Probe erneut gemörsert, in ein Korundschiffchen umgefüllt und im

Ofen platziert. Dieser wird mit einer Aufheizrate von 4°C/min auf die Maximaltemperatur 400°C erhitzt und die Probe für eine Haltezeit von 28 Tage fluoriert. Danach wird die Probe auf Raumtemperatur abgekühlt und der Leuchtstoff Li₂SnF₆:Mn erhalten.

Im Folgenden wird auch auf das Vergleichsbeispiel K₂SiF₆:Mn Bezug genommen, ein mit Mn⁴⁺ dotiertes Fluorid, welches eine Emission im roten Spektralbereich zeigt.

Alle drei gezeigten Ausführungsbeispiele können somit einfach mittels Hochtemperaturfluorierung und ohne die Verwendung von giftiger Flusssäure hergestellt werden. Zudem enthält der Leuchtstoff 1, wie anhand der Ausführungsbeispiele gezeigt wird, keine RoHS-relevanten Schwermetalle.

Die Phasenzusammensetzung der so hergestellten Proben, die die Leuchtstoffe 1 umfassen oder daraus bestehen, wird mittels Röntgenpulverdiffraktometrie (Cu-K α ₁-Strahlung) bestimmt. Figur 3 zeigt jeweils das gemessene Diffraktogramm (M, hellgraue Kreuze), das berechnete Diffraktogramm (R, schwarze Linie), das Differenzdiagramm (D, dunkelgraue Linie) sowie die zu erwartenden Reflexpositionen des Leuchtstoffs 1 (R1, schwarze Markierungen) und gegebenenfalls von Nebenprodukten (R2, schwarze Markierungen). Aufgetragen ist jeweils der Winkel 2 θ in ° gegen die Intensität in willkürlichen Einheiten (a.u.)

Figur 3a zeigt eine Le-Bail Verfeinerung des Ausführungsbeispiels Li₂GeF₆. Die berechneten Reflexpositionen sind die von Li₂GeF₆ (R1) und von LiF (R2). Es zeigt sich, dass neben geringen Mengen LiF ausschließlich die Zielphase Li₂GeF₆ vorliegt. Die Startwerte für die

Verfeinerung der Gitterparameter von Li_2GeF_6 entsprechen bekannten Werten für Li_2GeF_6 aus der Literatur.

Figur 3b zeigt eine Rietveld-Verfeinerung des Ausführungsbeispiels Li_2TiF_6 . Die berechneten Reflexpositionen sind die von Li_2TiF_6 (R1) und LiF (R2). Es zeigt sich, dass neben geringen Mengen LiF ausschließlich die Zielphase Li_2TiF_6 vorliegt. Die Startwerte für die Verfeinerung der Gitterparameter von Li_2TiF_6 entsprechen bekannten Werten für Li_2TiF_6 aus der Literatur.

Figur 3c zeigt eine Rietveld-Verfeinerung des Ausführungsbeispiels Li_2SnF_6 . Die berechneten Reflexpositionen R1 sind die der Zielphase Li_2TiF_6 , die ausschließlich vorliegt. Die Startwerte für die Verfeinerung der Gitterparameter von Li_2SnF_6 entsprechen bekannten Werten für Li_2SnF_6 aus der Literatur.

In Tabelle 1 sind die durch die Röntgenpulverdiffraktometrie jeweils erhaltenen verfeinerten Gitterparameter a und c, das Volumen V sowie die Raumgruppe für die drei Ausführungsbeispiele aufgeführt.

	Li_2GeF_6	Li_2TiF_6	Li_2SnF_6
$a / \text{\AA}$	8,41313(6)	4,64183(6)	4,9478(3)
$c / \text{\AA}$	4,6241(4)	8,95494(14)	4,5686(4)
$V / \text{\AA}^3$	283,4	192,95	96,859(12)
Raumgruppe	$P321$	$P4_2/mnm$	$\bar{P}31m$

Tabelle 1

25

In den Figuren 4a bis 4c sind schematisch die Kristallstrukturen der Ausführungsbeispiele Li_2GeF_6 (Figur 4a, Projektion entlang [001]), Li_2TiF_6 (Figur 4b, Projektion entlang [010]) und Li_2SnF_6 (Figur 4c, Projektion entlang

[100]) dargestellt. Die weißen Oktaeder stellen jeweils die LiF_6 Oktaeder dar, die schraffierten Oktaeder die GeF_6 (Figur 4a), TiF_6 (Figur 4b) bzw. SnF_6 (Figur 4c) Oktaeder.

Schattierungen sind jeweils durch gepunktete Flächen

5 dargestellt. Die weißen Kreise stehen jeweils für F. Li_2GeF_6 kristallisiert im Na_2SiF_6 -Strukturtyp, Li_2TiF_6 im Trirutil-Strukturtyp und Li_2SnF_6 im Li_2ZrF_6 -Strukturtyp. Allen Kristallstrukturen gemeinsam ist das Netzwerk aus ecken- und zumindest teilweise kantenverknüpften LiF_6 - und GeF_6 - bzw. 10 TiF_6 - bzw. SnF_6 -Oktaedern, wobei die Verknüpfung über gemeinsame Fluoridionen erfolgt. Die Kristallstrukturen unterscheiden sich damit deutlich von der des Vergleichsbeispiels K_2SiF_6 , welches im K_2PtCl_6 -Strukturtyp kristallisiert.

15

Die Figuren 5 bis 7 zeigen Emissionsspektren von pulverförmigen Proben der Ausführungsbeispiele alleine (Figuren 5a, 6a und 7a) sowie im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$ (Figuren 5b, 6b und 7b, die 20 gestrichelte Linie kennzeichnet jeweils das Emissionsspektrum des Vergleichsbeispiels). Aufgetragen ist jeweils die Wellenlänge λ in nm gegen die Intensität in willkürlichen Einheiten a.u. Die Anregungswellenlänge beträgt jeweils 460 nm.

25

Figur 5a zeigt das Emissionsspektrum von $\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$ mit der charakteristischen Mn^{4+} -Linienemission. Das Emissionsmaximum λ_{max} des Emissionspeaks befindet sich bei etwa 630 nm. Bei dem Vergleich des Emissionsspektrums mit dem des 30 Vergleichsbeispiels in Figur 5b ist ersichtlich, dass das Emissionsspektrum von Li_2GeF_6 deutlich zu kürzeren Wellenlängen hin verschoben ist. Dies führt auf Grund der damit einhergehenden besseren Überlappung des

Emissionsspektrums mit der menschlichen Augenempfindlichkeitskurve zu einer merklich höheren spektralen Effizienz gegenüber dem Vergleichsbeispiel. Dies äußert sich in einem um etwa 3% höheren photometrischen Strahlungsäquivalent (LER). Bedingt durch die zu K_2SiF_6 unterschiedliche Kristallstruktur, trägt hier auch die messbare Zero Phonon Line bei $\lambda_{\text{max}} \approx 620 \text{ nm}$ merklich zu diesem Effekt bei.

Figur 6a zeigt das Emissionsspektrum von $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ mit der charakteristischen Mn^{4+} -Linienemission. Das Emissionsmaximum λ_{max} des Emissionspeaks befindet sich bei etwa 631 nm. Wie Figur 6b zu entnehmen ist, ist das Emissionsspektrum von $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ gegenüber dem Vergleichsbeispiel insgesamt zu etwas kürzeren Wellenlängen verschoben, womit sich ein um etwa $0,6 \text{ lm W}_{\text{opt.}}^{-1}$, entsprechend etwa 0,3%, höheres photometrisches Strahlungsäquivalent (LER) erreichen lässt, so dass der Leuchtstoff $\text{Li}_2\text{TiF}_6\text{:Mn}$ ein höheres spektrales Helligkeitspotenzial als das Vergleichsbeispiel aufweist.

Figur 7a zeigt das Emissionsspektrum von $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ mit der charakteristischen Mn^{4+} -Linienemission. Das Emissionsmaximum λ_{max} des Emissionspeaks befindet sich bei etwa 631 nm. Wie Figur 7b zu entnehmen ist, ist das Emissionsspektrum von $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ gegenüber dem Vergleichsbeispiel insgesamt zu kürzeren Wellenlängen verschoben, womit sich ein um $21,4 \text{ lm W}_{\text{opt.}}^{-1}$ (entsprechend etwa 10%) höheres photometrisches Strahlungsäquivalent (LER) als bei dem Vergleichsbeispiel erreichen lässt, so dass der Leuchtstoff 1 gemäß dem Ausführungsbeispiel $\text{Li}_2\text{SnF}_6\text{:Mn}$ ein höheres spektrales Helligkeitspotenzial aufweist.

Tabelle 2 zeigt ausgewählte optische Daten der Ausführungsbeispiele und des Vergleichsbeispiels:

	$\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$	$\text{Li}_2\text{TiF}_6:\text{Mn}$	$\text{Li}_2\text{SnF}_6:\text{Mn}$	$\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$
LER / lm $W_{\text{opt.}}^{-1}$	211,6	205,6	226,3	204,9
$\lambda_{\text{max}} / \text{nm}$	629,9	631,4	631,4	630,5
$\lambda_{\text{dom}} / \text{nm}$	618,6	619,4	609,7	618,6
CIE-x	0,689	0,690	0,665	0,689
CIE-y	0,311	0,309	0,335	0,311

Tabelle 2

5

Wenn man das relative photometrische Strahlungsäquivalent LER für das Vergleichsbeispiel 100% setzt, dann beträgt es für das Ausführungsbeispiel $\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$ 103%, was eine deutliche Steigerung gegenüber dem Vergleichsbeispiel darstellt. Dieser Vergleich ist zur Veranschaulichung in Figur 8 nochmals schematisch dargestellt.

Wie den Figuren 5 bis 7 zu entnehmen ist, emittiert der Leuchtstoff 1, wie hier gezeigt anhand der Ausführungsbeispiele, somit schmalbandig und mit einem zu kürzeren Wellenlängen verschobenen Emissionsspektrum im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$. Damit kann gezeigt werden, der Leuchtstoff für den Einsatz in strahlungsemittierenden Bauelementen, insbesondere LEDs geeignet ist und deren spektrale Effizienzen verbessert, was sie für die Allgemeinbeleuchtung sowie für die Displayhinterleuchtung geeignet macht.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in

den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

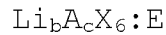
- 5 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102021107550.5, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Leuchtstoff
	10	Halbleiterchip
5	11	Strahlungsausstrittsfläche
	12	Aktive Zone
	20	Konversionselement
	30	Gehäuse
	40	Verguss
10	100	Strahlungsemittierendes Bauelement
	M	Gemessenes Diffraktogramm
	R	Berechnetes Diffraktogramm
	D	Differenzdiagramm
	R1	Reflexposition
15	R2	Reflexposition

Patentansprüche

1. Leuchtstoff (1) mit der allgemeinen Formel



5 wobei

A ausgewählt ist aus Sn, Ti, Ge und Kombinationen daraus,
X ausgewählt ist aus F, Cl, Br, I und Kombinationen daraus,
E ausgewählt ist aus Mn, Cr, Ni, Eu, Ce und Kombinationen
daraus,

10 $1,9 \leq b \leq 2,1$,
 $0,9 \leq c \leq 1,1$.

2. Leuchtstoff (1) nach dem vorhergehenden Anspruch,
aufweisend die Formel $\text{Li}_2\text{SnF}_6:\text{Mn}$, $\text{Li}_2\text{TiF}_6:\text{Mn}$ oder $\text{Li}_2\text{GeF}_6:\text{Mn}$.

15

3. Leuchtstoff (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, der eine
Wirtsstruktur aufweist, die LiX_6 - und AX_6 -Oktaeder umfasst.

4. Leuchtstoff (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
20 die LiX_6 - und AX_6 -Oktaeder allseitig eckenverknüpft sind.

5. Leuchtstoff (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der eine Kristallstruktur aufweist, die ausgewählt ist aus
dem Na_2SiF_6 -Strukturtyp, dem Trirutil-Strukturtyp und dem
25 Li_2ZrF_6 -Strukturtyp.

6. Leuchtstoff (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der in einer Raumgruppe kristallisiert, die ausgewählt ist
aus $P321$, $P4_2/mnm$ und $P\bar{3}1m$.

30

7. Leuchtstoff (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der ein Emissionsspektrum aufweist, das in dem Bereich von
600 nm bis 700 nm mindestens einen Emissionspeak aufweist.

8. Leuchtstoff (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Emissionspeak ein Emissionsmaximum in dem Bereich von einschließlich 625 nm bis einschließlich 635 nm umfasst.

5

9. Leuchtstoff (1) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei der Emissionspeak eine Halbwertsbreite aus dem Bereich von einschließlich 2 nm bis einschließlich 20 nm aufweist.

10 10. Leuchtstoff (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, der in dem Bereich von 600 nm bis 700 nm einen zusätzlichen Emissionspeak mit einem Emissionsmaximum in dem Bereich von einschließlich 618 nm bis einschließlich 622 nm aufweist.

15 11. Leuchtstoff (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der eine Dominanzwellenlänge λ_{dom} aus dem Bereich von einschließlich 605 nm bis einschließlich 625 nm aufweist.

12. Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs (1) mit der
20 allgemeinen Formel $\text{Li}_b\text{A}_c\text{X}_6\text{:E}$, wobei
A ausgewählt ist aus Sn, Ti, Ge und Kombinationen daraus,
X ausgewählt ist aus F, Cl, Br, I und Kombinationen daraus,
E ausgewählt ist aus Mn, Cr, Ni, Eu, Ce und Kombinationen
daraus,

25 $1,9 \leq b \leq 2,1$,

$0,9 \leq c \leq 1,1$

umfassend die Schritte

- Bereitstellen einer Zusammensetzung von Edukten,
- Homogenisieren der Edukte zur Herstellung eines

30 Reaktionsgemenges,

- Erhitzen des Reaktionsgemenges auf eine Maximaltemperatur.

13. Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs (1) nach Anspruch 12,
bei dem das Erhitzen in einem Strom stattfindet, der F_2 enthält.

5

14. Verfahren zur Herstellung eines Leuchtstoffs (1) nach einem der Ansprüche 12 und 13, bei dem keine Flusssäure-Lösung verwendet wird.

10 15. Strahlungsemittierendes Bauelement (100) aufweisend
- einen Halbleiterchip (10), der im Betrieb elektromagnetische Strahlung eines ersten Wellenlängenbereichs von einer Strahlungsausstrittsfläche (11) emittiert, und

15 - einem Konversionselement (20), das zumindest einen Leuchtstoff (1) aufweist, der elektromagnetische Strahlung des ersten Wellenlängenbereichs in elektromagnetische Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereichs konvertiert, wobei der Leuchtstoff (1) die allgemeine Formel $Li_bA_cX_6:E$
20 aufweist, wobei

A ausgewählt ist aus Sn, Ti, Ge und Kombinationen daraus,
X ausgewählt ist aus F, Cl, Br, I und Kombinationen daraus,
E ausgewählt ist aus Mn, Cr, Ni, Eu, Ce und Kombinationen daraus,

25 $1,9 \leq b \leq 2,1$,
 $0,9 \leq c \leq 1,1$.

16. Strahlungsemittierendes Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Konversionselement (20)
30 zumindest einen weiteren Leuchtstoff enthält.

FIG 1

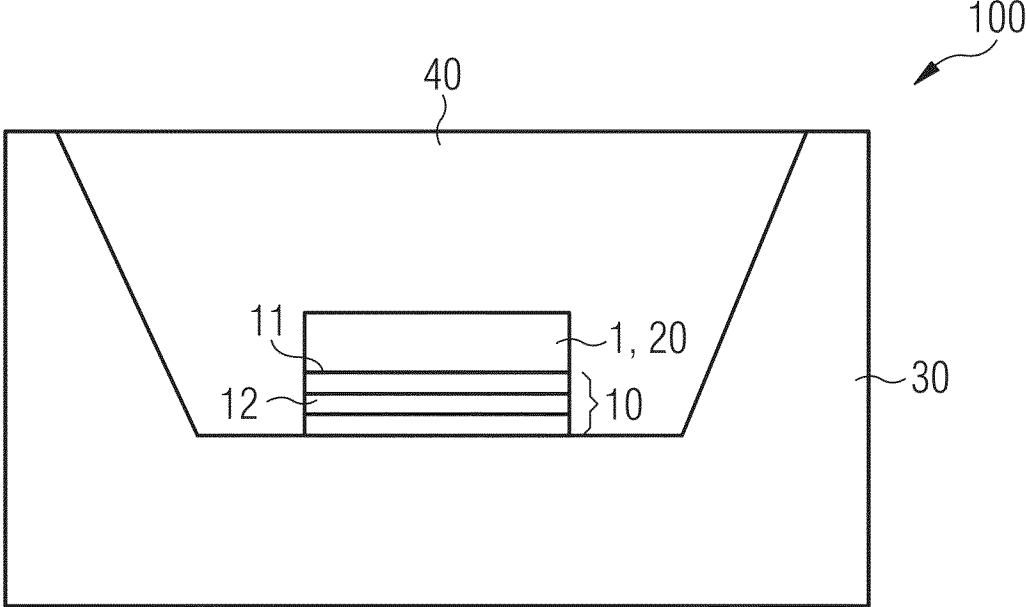


FIG 2

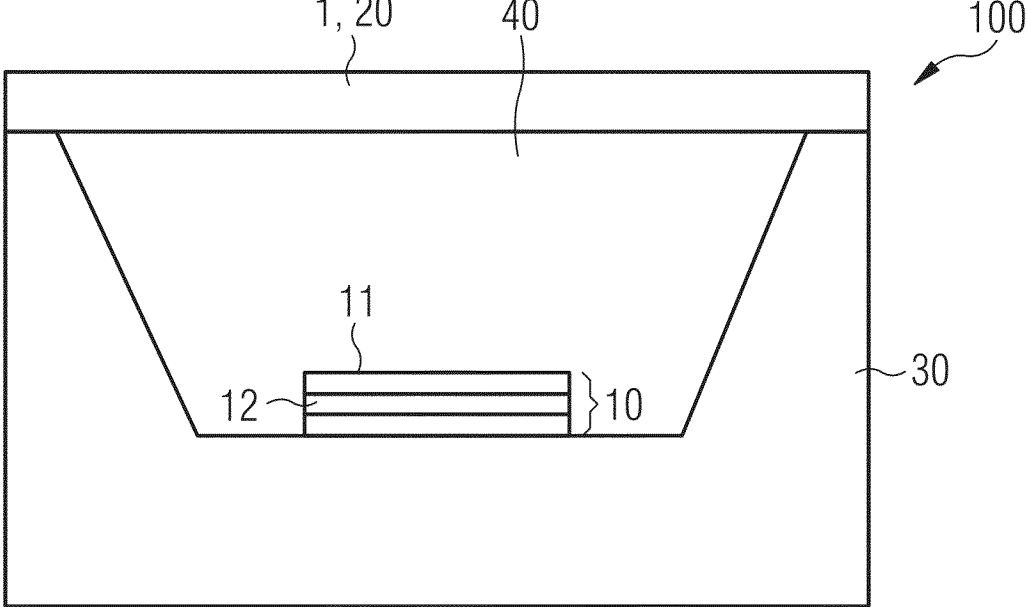


FIG 3A

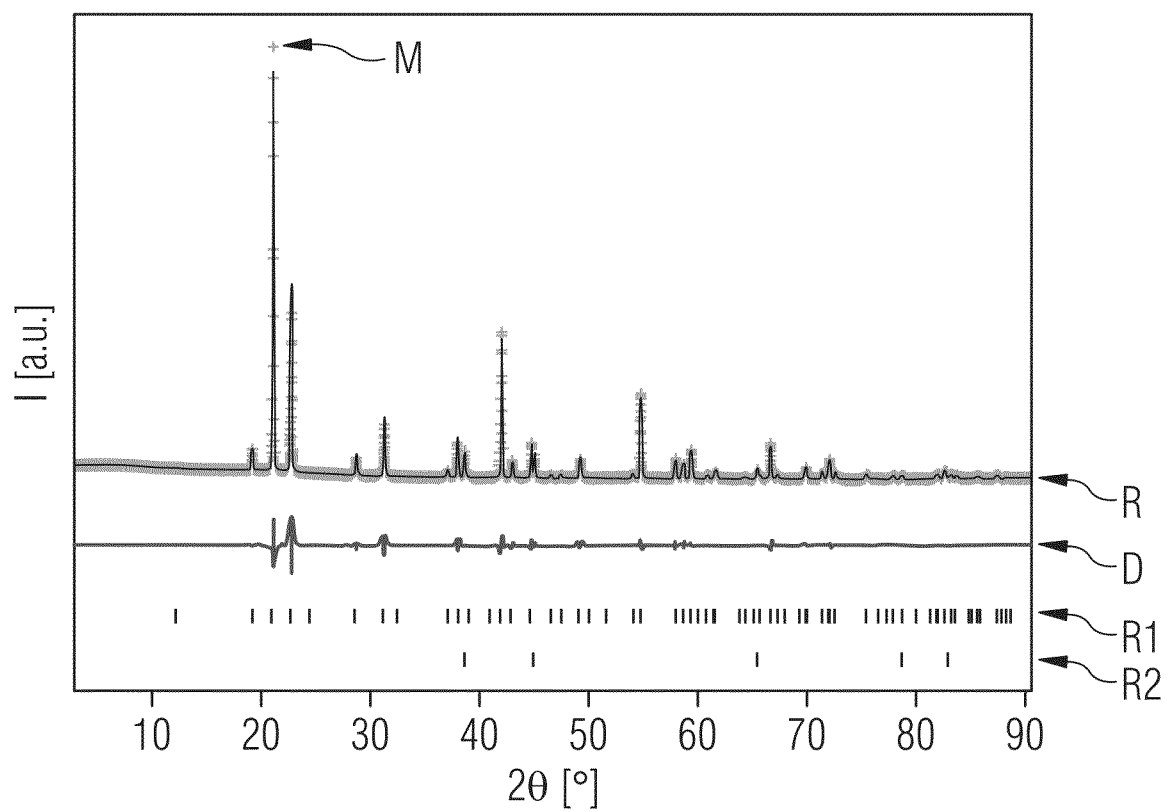


FIG 3B

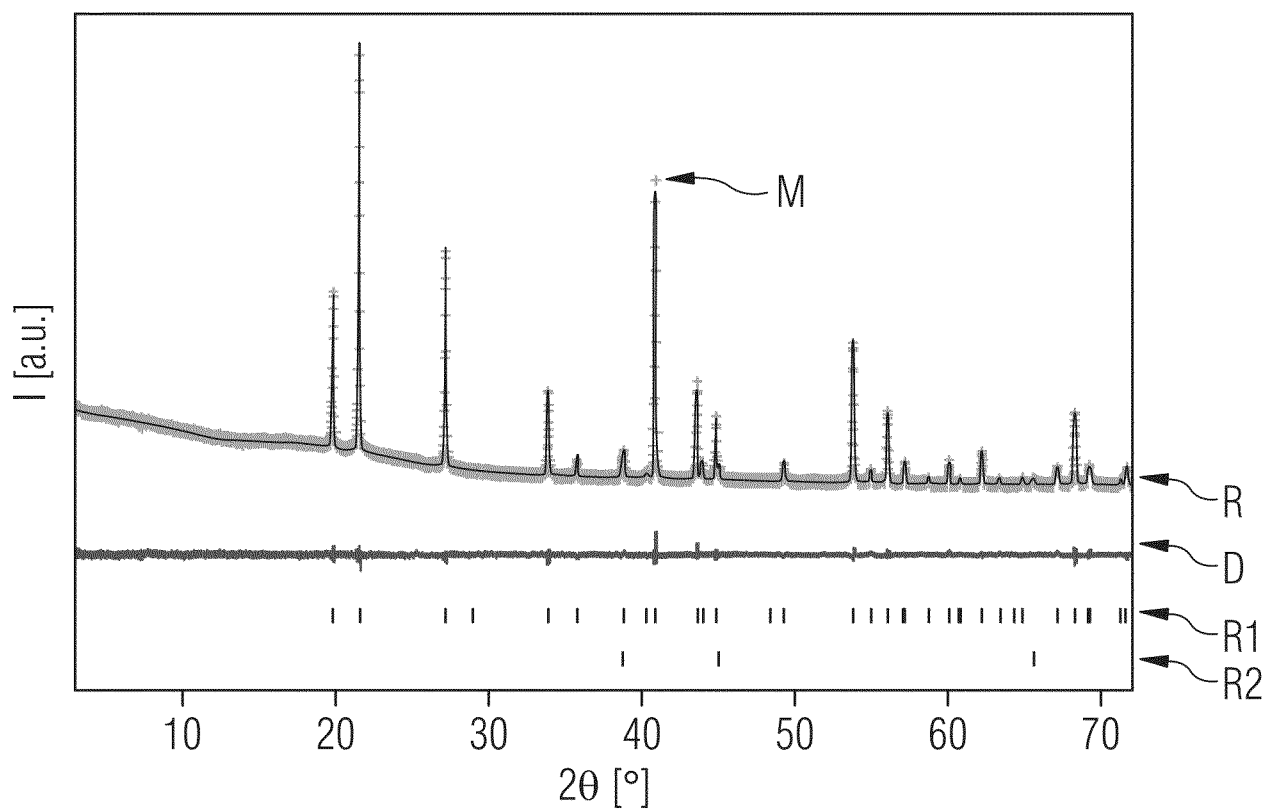


FIG 3C

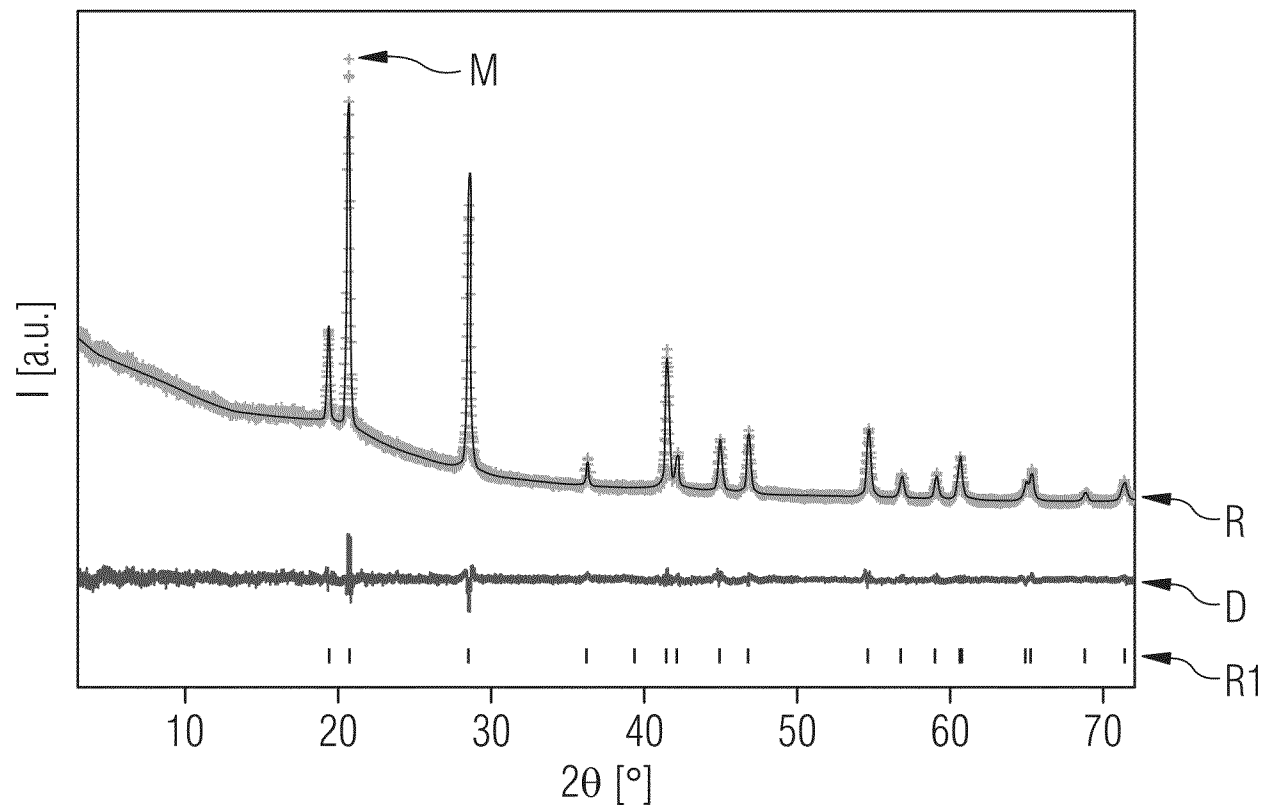


FIG 4A

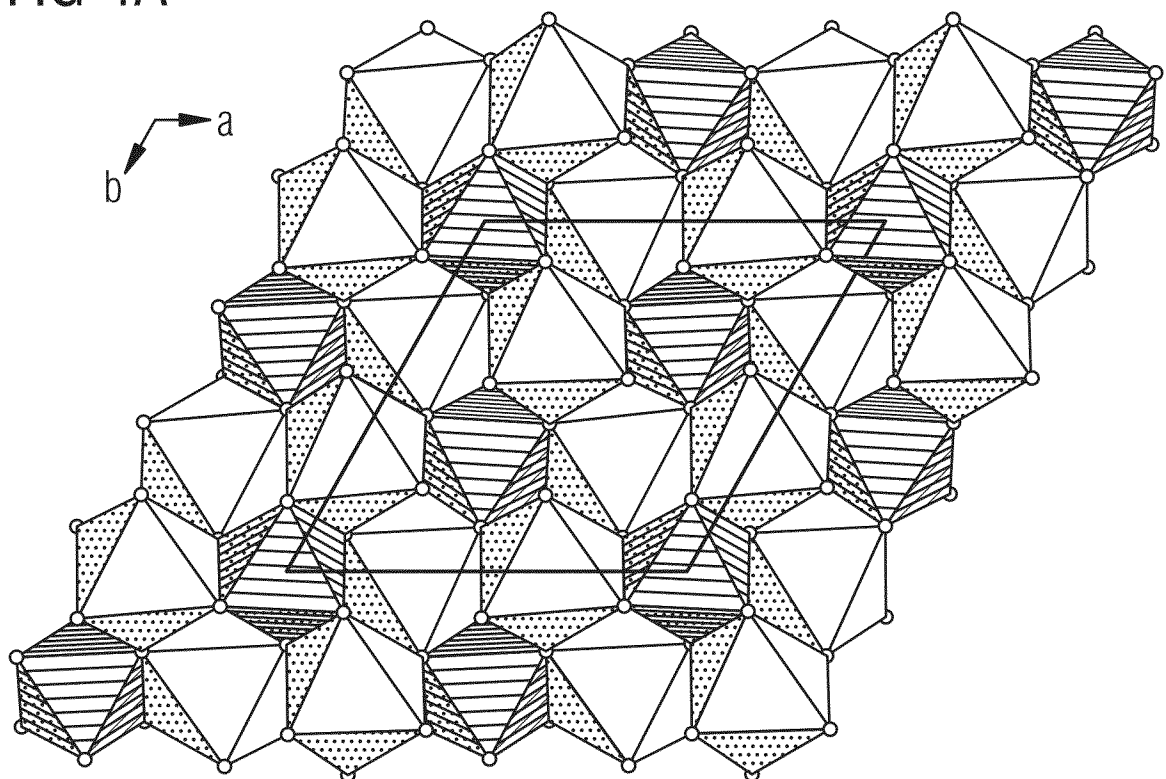


FIG 4B

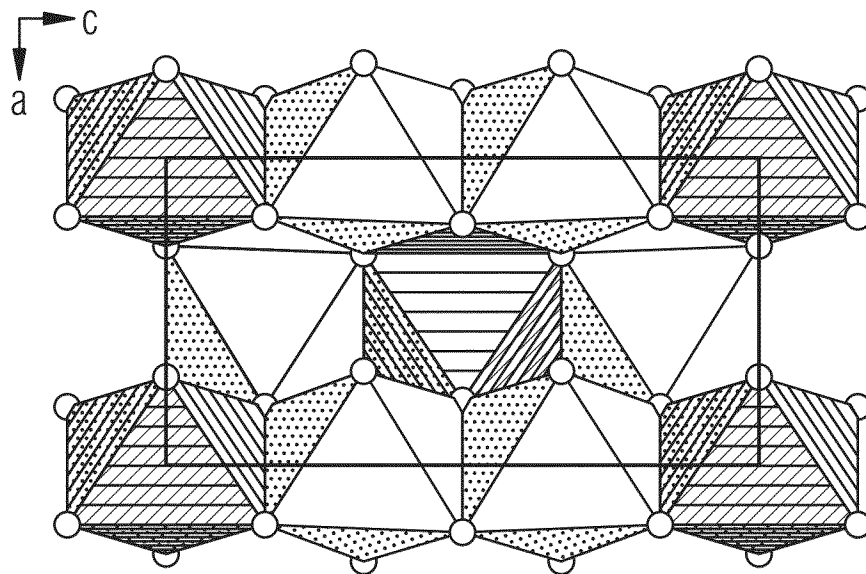


FIG 4C

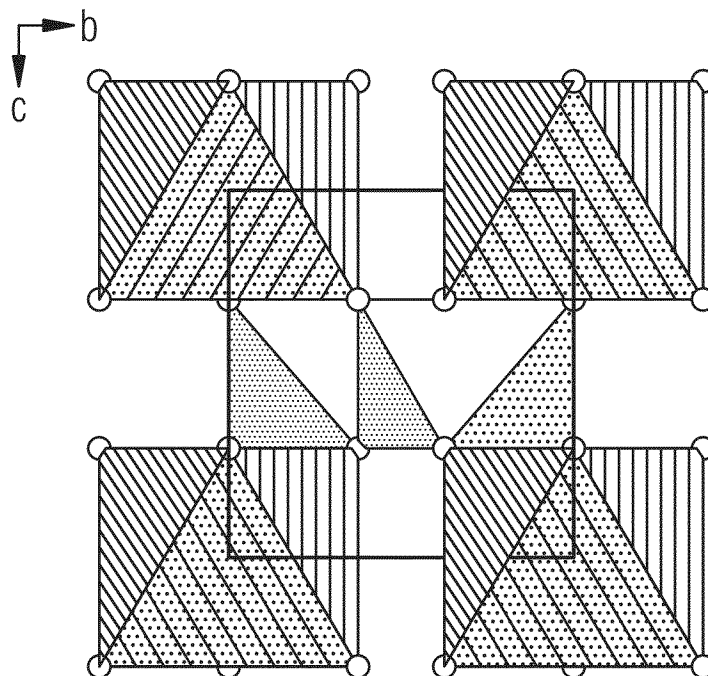


FIG 5A

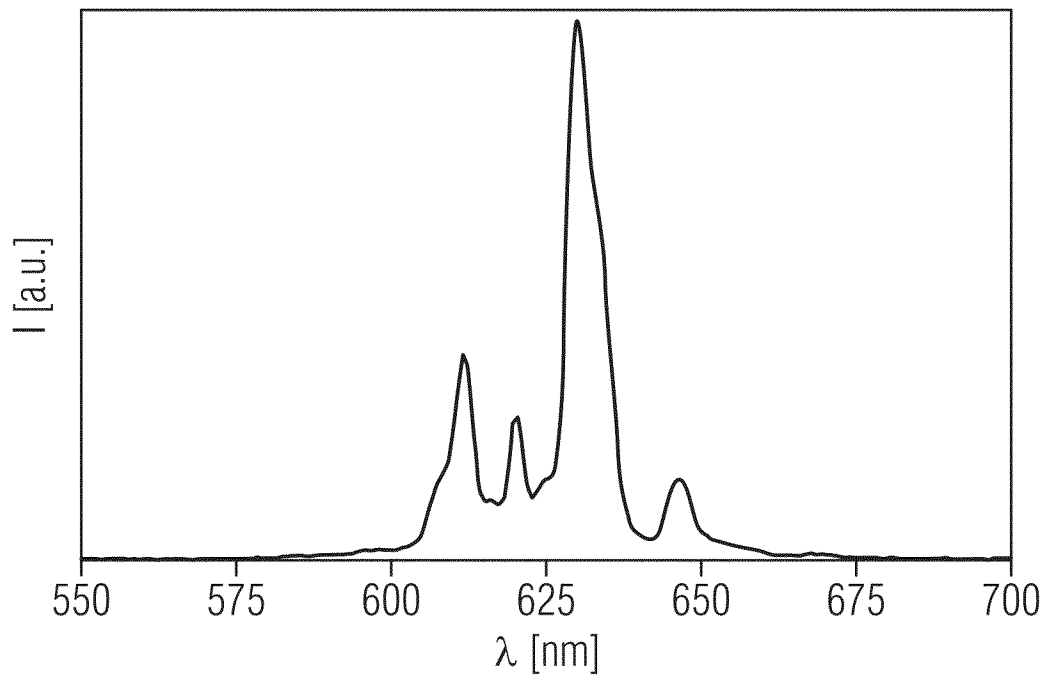


FIG 5B

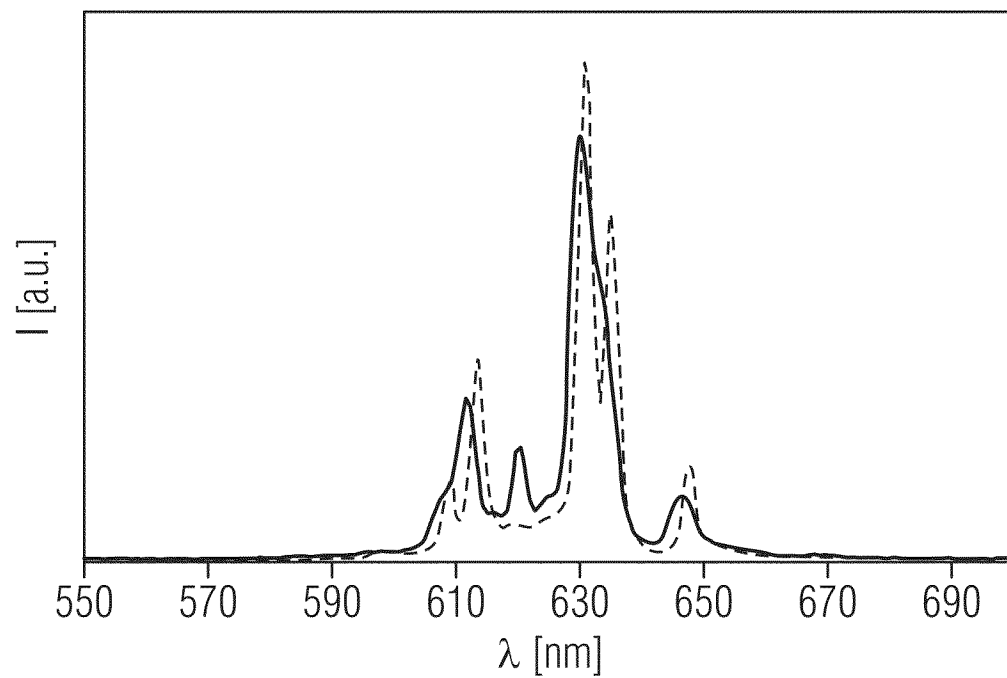


FIG 6A

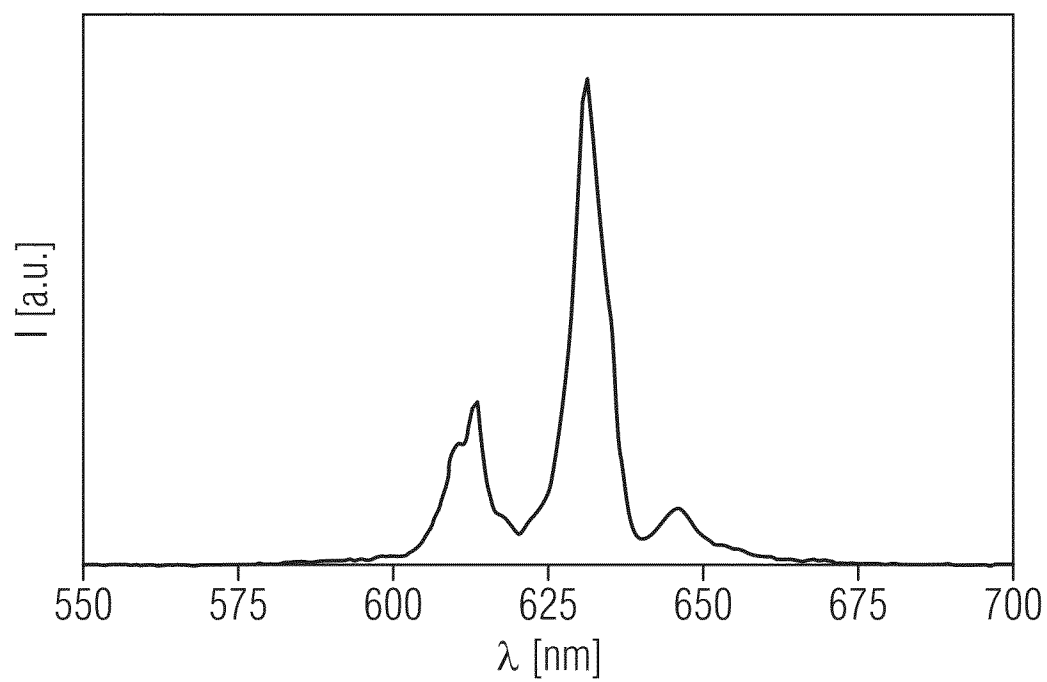


FIG 6B

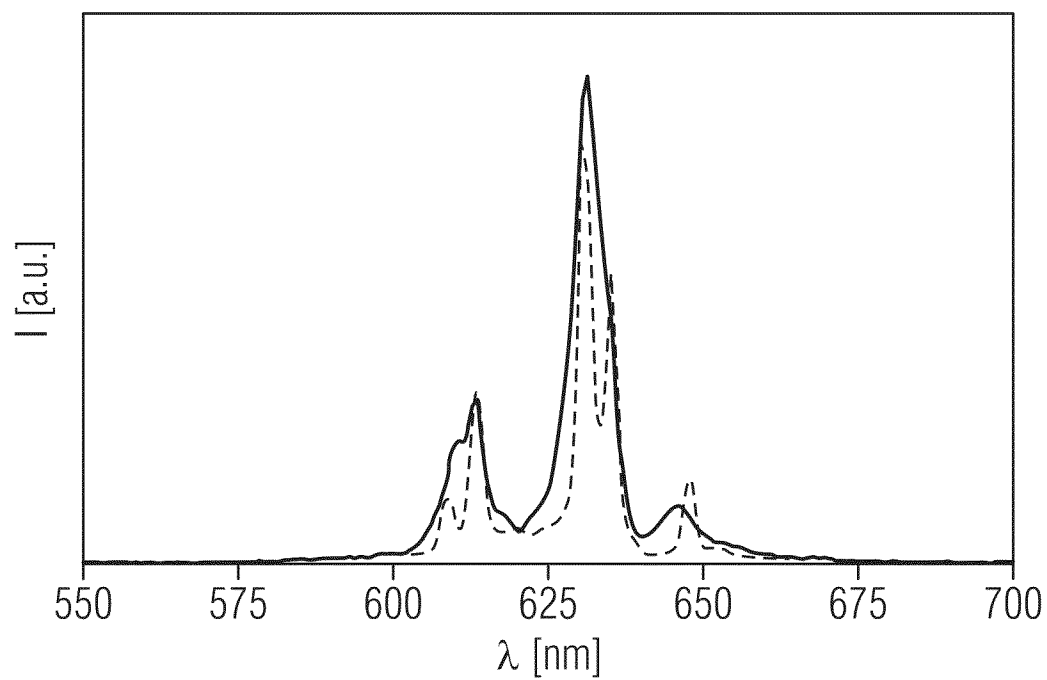


FIG 7A

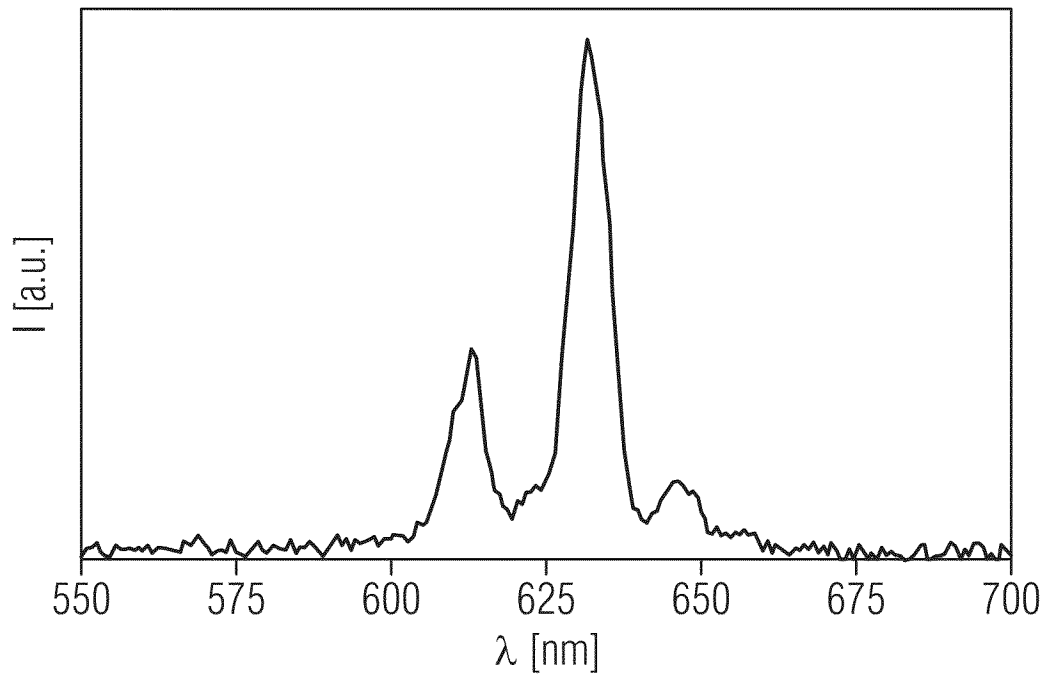


FIG 7B

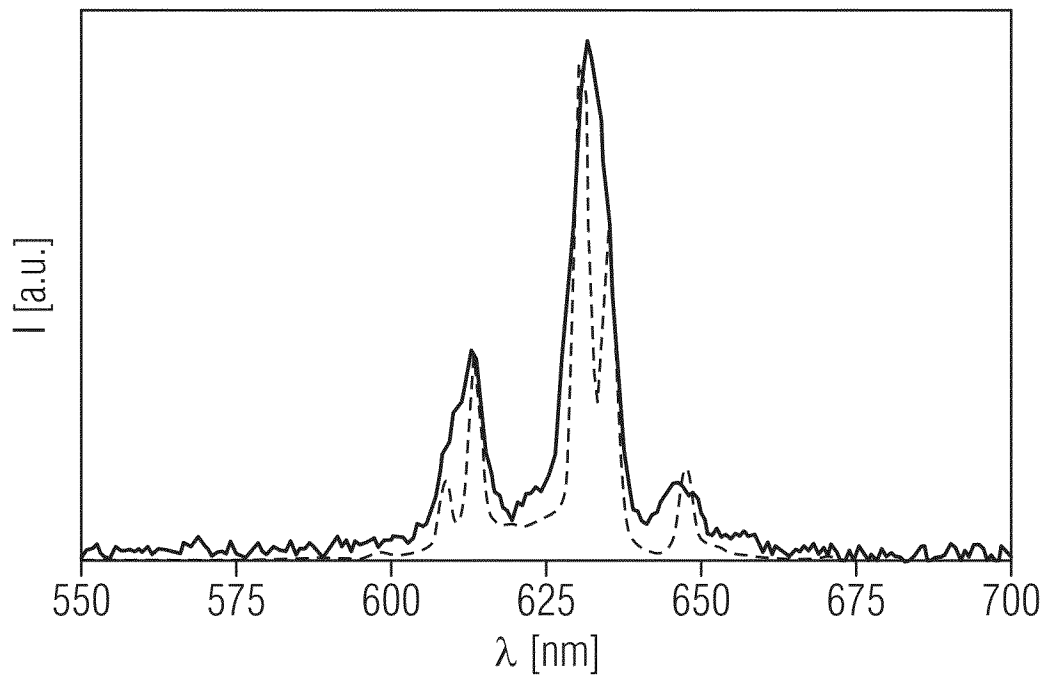
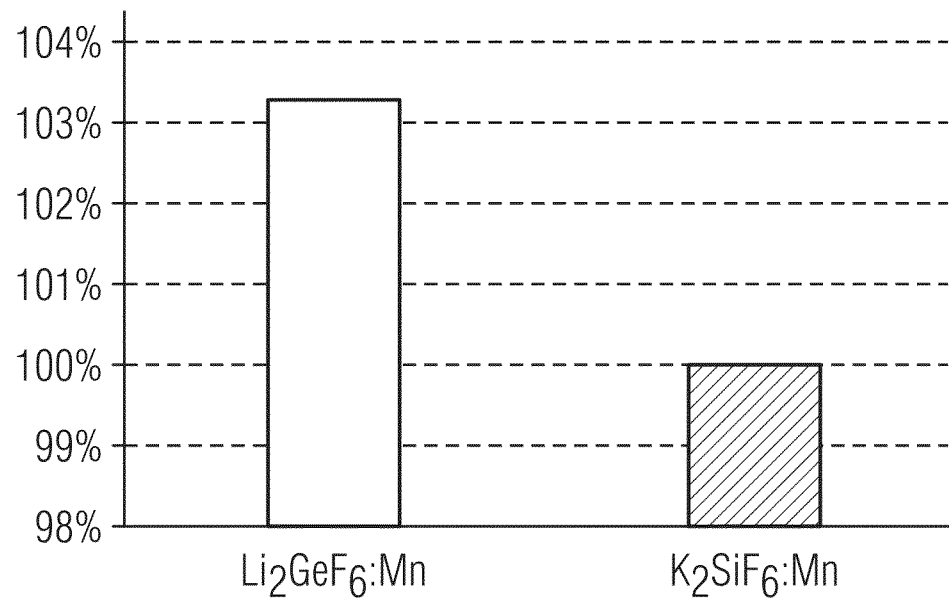


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/057774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*C09K 11/66*(2006.01)i; *C09K 11/67*(2006.01)i; *H01L 33/50*(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C09K; H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2020209032 A1 (STELLA CHEMIFA CORP [JP]) 15 October 2020 (2020-10-15) paragraph [0031]; claims 1,8 paragraph [0045]	1-12,14-16 13
X A	JP 2020172633 A (STELLA CHEMIFA CORP) 22 October 2020 (2020-10-22) paragraph [0031]; claim 1 paragraph [0045]	1-12,14-16 13
X A	CN 104650877 A (UNIV CHONGQING ARTS & SCIENCES) 27 May 2015 (2015-05-27) example 5	1-12,14-16 13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 June 2022

Date of mailing of the international search report

04 July 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Mehdaoui, Imed

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/057774

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020209032	A1	15 October 2020	EP	3954748	A1	16 February 2022
				KR	20210110399	A	07 September 2021
				US	2022186115	A1	16 June 2022
				WO	2020209032	A1	15 October 2020
JP	2020172633	A	22 October 2020	CN	113366085	A	07 September 2021
				JP	6910085	B2	28 July 2021
				JP	2020172633	A	22 October 2020
				TW	202104547	A	01 February 2021
CN	104650877	A	27 May 2015	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C09K11/66 C09K11/67 H01L33/50 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C09K H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2020/209032 A1 (STELLA CHEMIFA CORP [JP]) 15. Oktober 2020 (2020-10-15)	1-12,
A	Absatz [0031]; Ansprüche 1,8 Absatz [0045]	14-16
	-----	13
X	JP 2020 172633 A (STELLA CHEMIFA CORP) 22. Oktober 2020 (2020-10-22)	1-12,
A	Absatz [0031]; Anspruch 1 Absatz [0045]	14-16
	-----	13
X	CN 104 650 877 A (UNIV CHONGQING ARTS & SCIENCES) 27. Mai 2015 (2015-05-27)	1-12,
A	Beispiel 5	14-16
	-----	13
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
23. Juni 2022		04/07/2022
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Mehdaoui, Imed

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/057774

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020209032 A1	15-10-2020	EP 3954748 A1	16-02-2022
		KR 20210110399 A	07-09-2021
		US 2022186115 A1	16-06-2022
		WO 2020209032 A1	15-10-2020
JP 2020172633 A	22-10-2020	CN 113366085 A	07-09-2021
		JP 6910085 B2	28-07-2021
		JP 2020172633 A	22-10-2020
		TW 202104547 A	01-02-2021
CN 104650877 A	27-05-2015	KEINE	