

(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
17. November 2016 (17.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/180930 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F21K 99/00 (2016.01) H01L 33/50 (2010.01)
C09K 11/77 (2006.01) C09K 11/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060720

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2016 (12.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 107 580.6 13. Mai 2015 (13.05.2015) DE

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

(72) Erfinder: STOLL, Ion; Brennesstr. 10, 93105 Tegernheim (DE). LUGAUER, Hans-Jürgen; Am Ehgarten 14, 93161 Sinzing (DE). BERGBAUER, Werner; Sandweg 1, 94336 Windberg (DE). SCHULTEN, Dominik; Edith-

Stein-Str. 34, 93055 Regensburg (DE). KUNZ, Thorsten; Lessingstr. 25, 93093 Donaustauf (DE). HUCKENBECK, Barbara; Max-Gutmann-Str. 6 d, 86159 Augsburg (DE). STÖPPELKAMP, Vera; Dambörstr. 11, 86157 Augsburg (DE). LANGE, Stefan; Dambörstr. 11, 86157 Augsburg (DE).

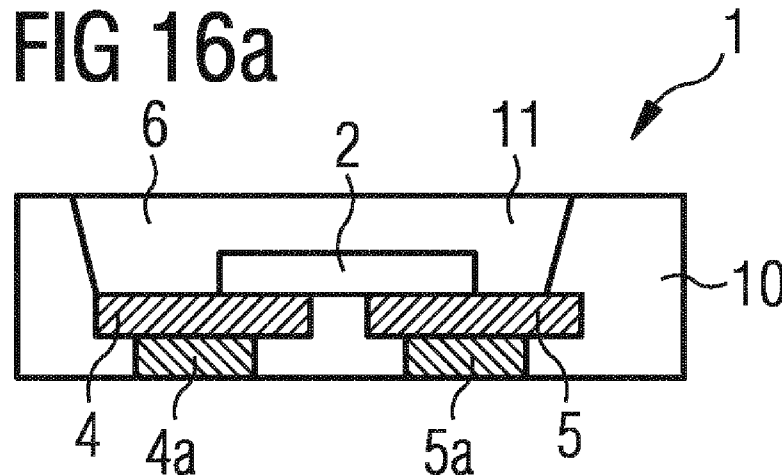
(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION-EMITTING OPTOELECTRONIC COMPONENT

(54) Bezeichnung : STRAHLUNGSEMITTIERENDES OPTOELEKTRONISCHES BAUELEMENT



(57) Abstract: A radiation-emitting optoelectronic component is specified, comprising a 1st semiconductor chip, which, during operation of the component, emits a primary radiation in the UV range of the electromagnetic spectrum, and a conversion element comprising – a 1st luminescent material having the formula $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, where $M = Sr$ or $M = Sr$, and one or more elements that are chosen from a group that comprises Mg, Ca and Ba and $x = 0.01-0.12$ or a 1st luminescent material having the formula $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, where $M = Ba$ or $M = Ba$, and one or more elements that are chosen from a group that comprises Mg, Ca and Sr and $y = 0.01-0.9$, which converts the primary radiation emitted by the semiconductor chip partly into a 1st secondary radiation in the blue range of the electromagnetic spectrum during operation of the component, – a 2nd luminescent material having the formula $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, where $M = Ba$ or $M = Ba$, and one or more elements that are selected from a group that comprises Mg, Ca and Sr, where $p = 0.01-0.7$ and $z = 0.05-0.5$, which converts the primary radiation emitted by the semiconductor chip partly into a 2nd secondary radiation in the green range of the electromagnetic spectrum during operation of the component, – a 3rd luminescent material having the formula $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$, where $q = 0.001-0.06$, which converts the primary radiation emitted by the semiconductor chip partly into a 3rd secondary radiation in the red range of the electromagnetic spectrum during operation of the component.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/180930 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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)

Es wird ein strahlungsemitierendes optoelektronisches Bauelement angegeben, umfassend einen ersten Halbleiterchip, der im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im UV- Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert und ein Konversionselement umfassend - einen ersten Leuchtstoff der Formel $(M_1-x Eu_x)_{10} (PO_4)_6 (Cl,F)_2$, wobei M= Sr oder M = Sr und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-0,12$ oder einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_1-y Eu_y MgAl_{10} O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und $y = 0,01-0,9$, der die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine erste Sekundärstrahlung im blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert, - einen zweiten Leuchtstoff der Formel $M_1-p Eu_p (Mg_{1-z} Mn_z) Al_{10} O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst mit $p = 0,01-0,7$ und $z = 0,05-0,5$, der die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine zweite Sekundärstrahlung im grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert, - einen dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4 Ge_{1-q} Mn_q (O,F)_6$ mit $q = 0,001-0,06$, der die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine dritte Sekundärstrahlung im roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

Beschreibung

Strahlungsemittierendes optoelektronisches Bauelement

5 Die Erfindung betrifft ein strahlungsemittierendes
optoelektronisches Bauelement, eine Verwendung eines
strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements zur
Hinterleuchtung von Farbfiltersystemen und eine
Beleuchtungseinheit umfassend ein strahlungsemittierendes
10 optoelektronisches Bauelement.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung DE 10 2015 107 580.6, deren Offenbarungs-
gehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

15

Strahlungsemittierende optoelektronische Bauelemente wie
lichtemittierende Dioden (LEDs) werden in Fernsehern,
Smartphones und Computern für die Hinterleuchtung von LCD-
Filtersystemen benutzt. Dabei gibt es unterschiedliche
20 Anforderungen an die LED. Zwei wesentliche Aspekte sind zum
einen die maximale Helligkeit und zum anderen die Abdeckung
eines großen Farbraums. Die herkömmlichen LCD-Filterysteme
bestehen aus drei beziehungsweise vier Farbfiltern (blau,
grün und rot beziehungsweise blau, grün, gelb und rot). Die
25 LCD-Filter besitzen eine Halbwertsbreite (FWHM, full width at
half maximum) im Bereich von typischerweise 70 bis 120 nm, in
der die Transmission elektrisch gesteuert werden kann. Die
Transmission ergibt sich aus der Superposition der drei
Farbfilter, dadurch ergeben sich Bereiche des sichtbaren
30 Spektrums, in denen keine vollständige Transmission erreicht
wird. Das führt dazu, dass bei einem breitbandigen Spektrum
der LED, die die Farbfilter hinterleuchtet, ein Anteil des
emittierten Lichts vom Filter absorbiert wird. Um die

maximale Lichtmenge aus der LED bei vollständig geöffnetem LCD Farbfiltern auf Bildschirmenebene zu erhalten, werden schmalbandige Leuchtstoffe benötigt. Um zudem eine hohe Farbsättigung zu erhalten, ist es wichtig, dass die einzelnen Emissionen der LED spektral jeweils möglichst nur eine Farbe des Farbfiltersystems ansprechen.

Um weißes Licht mittels einer LED zu generieren, wird in der Regel ein Halbleiterchip, der schmalbandiges blaues Licht emittiert, verwendet. Anteile dieses blauen Lichts werden durch Leuchtstoffe in rotes und grünes Licht konvertiert, so dass insgesamt weißes Licht resultiert. Die verwendeten Leuchtstoffe enthalten in der Regel Eu^{2+} und Ce^{3+} Aktivatoren zur Konversion des von dem Halbleiterchip emittierten blauen Lichts. Die Emissionsspektren dieser Leuchtstoffe sind jedoch in der Regel sehr breit ($\text{FWHM}(\text{Eu}^{2+}) = 50\text{-}100\text{nm}$, $\text{FWHM}(\text{Ce}^{3+}) > 100\text{ nm}$).

Eine Lösung um ein schmalbandiges LED-Spektrum, welches aus blauen, grünen und roten Anteilen besteht, zu erhalten, ist die Verwendung von drei verschiedenfarbigen Halbleiterchips in einer LED, das heißt ohne Leuchtstoffkonversion. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines blauen Halbleiterchips, dessen Licht zum Teil in grünes Licht anhand eines Leuchtstoffs (zum Beispiel Orthosilikate wie $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Mg}, \text{Ca})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, Nitridoorthosilikate wie z.B. $\text{AE}_{2-x-a}\text{RE}_x\text{Eu}_a\text{SiO}_{4-x}\text{N}_x$ oder $\text{AE}_{2-x-a}\text{RE}_x\text{Eu}_a\text{Si}_{1-y}\text{O}_{4-x-2y}\text{N}_x$ mit ($\text{AE} = \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca}, \text{Mg}$; $\text{RE} = \text{Seltene Erdmetalle}$), beta-SiAlONE wie z.B. $(\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_2\text{N}_{8-z}:\text{Eu})$, Granate wie $(\text{Lu}, \text{Y}, \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Ce})_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ und $\text{Ba}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$) umgewandelt wird und einem roten Halbleiterchip in einem LED-Package. Oft wird ein blauer Halbleiterchip verwendet mit zwei Leuchtstoffen, die einen Teil des blauen Lichts in grüne (zum Beispiel Orthosilikate $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Mg}, \text{Ca})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, Nitridoorthosilikate (z.B.

$AE_{2-x-a}RE_xEu_aSiO_{4-x}N_x$ oder $AE_{2-x-a}RE_xEu_aSi_{1-y}O_{4-x-2y}N_x$ mit (AE = Sr, Ba, Ca, Mg; RE = Seltene Erdmetalle), beta-SiAlONe (z.B. $(Si_{6-z}Al_zO_2N_{8-z}:Eu)$, Granate wie $(Lu, Y, Gd, Tb, Ce)_3(Al, Ga)_5O_{12}$, $Ba_3Si_6O_{12}N_2:Eu^{2+}$) und rote (zum Beispiel $(Sr, Ca)AlSiN_3:Eu^{2+}$,

5 $(Ba, Sr, Ca)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$, $K_2SiF_6:Mn^{4+}$, $Sr(Sr_aCa_{1-a})Si_2Al_2N_6:Eu^{2+}$ Bestandteile des Lichts konvertieren. Diese Lösungen weisen allerdings zum Teil eine niedrige Helligkeit und/oder eine zu geringe Farbraumabdeckung auf.

10 Die Aufgabe zumindest einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es, ein strahlungsemitterendes optoelektronisches Bauelement bereitzustellen, das eine gegenüber dem Stand der Technik erhöhte Helligkeit und eine Abdeckung eines großen Farbraums aufweist. Eine weitere

15 Aufgabe besteht darin, ein strahlungsemitterendes optoelektronisches Bauelement zur Hinterleuchtung von Farbfiltersystemen und eine Beleuchtungseinheit umfassend ein strahlungsemitterendes optoelektronisches Bauelement bereitzustellen.

20

Die Aufgaben werden durch ein strahlungsemitterendes optoelektronisches Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch die Verwendung eines strahlungsemitterenden optoelektronischen Bauelements zur Hinterleuchtung von LCD-

25 Filtern mit den Merkmalen des Anspruchs 13 und durch eine Beleuchtungseinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

Es wird ein strahlungsemitterendes optoelektronisches

30 Bauelement angegeben. Das Bauelement umfasst einen ersten Halbleiterchip, der im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert.

Hier und im Folgenden bezeichnet UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums den Wellenlängenbereich kleiner oder gleich 420 nm, insbesondere den Wellenlängenbereich von 365 nm bis 420 nm.

5

In einer Ausführungsform umfasst das Bauelement ein Konversionselement umfassend einen ersten Leuchtstoff, einen zweiten Leuchtstoff und einen dritten Leuchtstoff.

10 In den folgenden Ausführungen werden die Zusammensetzungen des ersten, zweiten und dritten Leuchtstoffs durch Summenformeln beschrieben. Diese entsprechen jeweils der nominellen Zusammensetzung der Materialien. Tatsächlich können die genauen Atomverhältnisse leicht von den
15 angegebenen Idealwerten abweichen. Ein möglicher Wert für eine derartige Abweichung liegt beispielsweise bei 10%. Ebenso ist möglich, dass die Leuchtstoffe andere weitere Elemente enthalten, die beispielsweise über Verunreinigungen oder Flussmittel in der Ansatzmischung oder während der
20 Synthese eingebracht werden, insbesondere (aber nicht ausschließlich) Bor und/oder Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Halogene wie z.B. Fluor oder Chlor oder Brom. Durch eventuelle Abdampfungen einzelner Komponenten während der
25 Synthese kann es auch zu statistischen Unterbesetzungen einzelner Lagen kommen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind diese eventuellen Effekte in den in der Folge angegebenen Summenformeln vereinfachend nicht jedes Mal explizit erwähnt.

30 In einer Ausführungsform weist der erste Leuchtstoff die Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$ auf, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-$

0,12. Der erste Leuchtstoff kann auch die Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$ aufweisen, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und $y = 0,01-0,9$. Der erste Leuchtstoff
5 konvertiert die von dem ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine erste Sekundärstrahlung im blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Der zweite Leuchtstoff weist die Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$ auf, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$
10 und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst mit $p = 0,01-0,7$ und $z = 0,05-0,5$. Der zweite Leuchtstoff konvertiert die von dem ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine zweite
15 Sekundärstrahlung im grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Der dritte Leuchtstoff weist die Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit $q = 0,001-0,06$ auf. Der dritte Leuchtstoff konvertiert die von dem ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements
20 teilweise in eine dritte Sekundärstrahlung im roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums.

Dass der erste, der zweite und der dritte Leuchtstoff die Primärstrahlung teilweise in eine elektromagnetische
25 Sekundärstrahlung konvertieren, bedeutet, dass die Primärstrahlung zumindest teilweise von den Leuchtstoffen absorbiert und als Sekundärstrahlung mit einem zumindest teilweise von der Primärstrahlung verschiedenen Wellenlängenbereich emittiert wird.

30

Gemäß einer Ausführungsform kann zusätzlich auch die Sekundärstrahlung des ersten Leuchtstoffs zumindest teilweise von dem zweiten und/oder dritten Leuchtstoff absorbiert und

als zweite und/oder dritte Sekundärstrahlung emittiert werden und/oder die zweite Sekundärstrahlung des zweiten Leuchtstoffs kann zumindest teilweise von dem dritten Leuchtstoff absorbiert und als dritte Sekundärstrahlung
5 emittiert werden.

In einer Ausführungsform wird die Primärstrahlung von dem ersten, zweiten und dritten Leuchtstoff nahezu vollständig in die erste, zweite und dritte Sekundärstrahlung konvertiert. Unter nahezu vollständiger Konversion ist eine Konversion
10 über 75 %, bevorzugt über 85 %, besonders bevorzugt über 90 % zu verstehen.

In einer Ausführungsform erweckt die erste, zweite und dritte Sekundärstrahlung überlagert einen weißfarbigen
15 Leuchteindruck.

In einer Ausführungsform umfasst das Bauelement einen ersten Halbleiterchip, der im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen
20 Spektrums emittiert und einen zweiten Halbleiterchip, der im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im grünen oder roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert. Weiter umfasst das optoelektronische Bauelement ein Konversionselement umfassend einen ersten Leuchtstoff der
25 Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, wobei M = Sr oder M = Sr und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-0,12$. Der erste Leuchtstoff kann auch die Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$ aufweisen,
30 wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und $y = 0,01-0,9$. Der erste Leuchtstoff konvertiert die von dem ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine erste

Sekundärstrahlung im blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums.

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip
5 im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im grünen
Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Das
Konversionselement umfasst einen dritten Leuchtstoff der
Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit $q = 0,001-0,06$, der die von dem
ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb
10 des Bauelements teilweise in eine dritte Sekundärstrahlung im
roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip
im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im roten
15 Bereich des elektromagnetischen Spektrums und das
Konversionselement umfasst einen zweiten Leuchtstoff der
Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein
oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind,
die Mg, Ca und Sr umfasst und $p = 0,01-0,7$ und $z = 0,05 -0,5$.
20 Der zweite Leuchtstoff konvertiert die von dem ersten
Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des
Bauelements teilweise in eine zweite Sekundärstrahlung im
grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums.

25 In einer Ausführungsform erweckt die Primärstrahlung und die
erste und zweite Sekundärstrahlung oder die Primärstrahlung
und die erste und dritte Sekundärstrahlung überlagert einen
weißfarbigen Leuchteindruck.

30 In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip
im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im roten
Bereich des elektromagnetischen Spektrums und das
Konversionselement umfasst einen ersten Leuchtstoff der

Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, wobei M = Sr oder M = Sr und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und bevorzugt $x = 0,02-0,08$, besonders bevorzugt $x = 0,03-0,06$. Bevorzugt enthält M

5 mindestens 50 mol% Sr, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Sr, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Sr, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement in dieser Ausführungsform einen

10 zweiten Leuchtstoff der Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $p = 0,05-0,6$ und $z = 0,1-0,4$, besonders bevorzugt $p = 0,1-0,5$ und $z = 0,15-0,35$. Bevorzugt enthält M mindestens

15 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba.

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im roten

20 Bereich des elektromagnetischen Spektrums und das Konversionselement umfasst einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $y = 0,1-0,6$, besonders

25 bevorzugt $y = 0,3-0,6$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das

30 Konversionselement in dieser Ausführungsform einen zweiten Leuchtstoff der Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $p = 0,05-0,6$ und $z = 0,1-0,4$, besonders bevorzugt p

= 0,1-0,5 und $z = 0,15-0,35$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba.

5

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums und das Konversionselement umfasst einen ersten Leuchtstoff der Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$ auf, wobei M = Sr oder M = Sr und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und bevorzugt $x = 0,02-0,08$, besonders bevorzugt $x = 0,03-0,06$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Sr, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Sr, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Sr, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement in dieser Ausführungsform einen dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit bevorzugt $q = 0,001-0,04$, besonders bevorzugt $q = 0,005-0,03$.

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums und das Konversionselement umfasst einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $y = 0,1 - 0,6$, besonders bevorzugt $y = 0,3 - 0,6$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement in dieser Ausführungsform einen dritten

Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit bevorzugt $q = 0,001-0,04$, besonders bevorzugt $q = 0,005-0,03$.

5 In einer Ausführungsform liegt die Peakwellenlänge der von dem ersten Halbleiterchip emittierten Primärstrahlung im Bereich von 365 nm bis 420 nm. Als „Peakwellenlänge“ wird vorliegend die Wellenlänge eines Peaks bezeichnet, bei der die maximale Intensität des Peaks liegt.

10 In einer Ausführungsform weist der erste Leuchtstoff die Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$ auf, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und bevorzugt $x = 0,02-0,08$, besonders bevorzugt $x = 0,03-0,06$. Bevorzugt
15 enthält M mindestens 50 mol% Sr, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Sr, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Sr, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba.

In einer Ausführungsform weist der erste Leuchtstoff die
20 Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $y = 0,1 - 0,6$, besonders bevorzugt $y = 0,3 - 0,6$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz
25 besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba.

In einer Ausführungsform weist der zweite Leuchtstoff die
30 Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $p = 0,05-0,6$ und $z = 0,1-0,4$, besonders bevorzugt $p = 0,1-0,5$ und $z = 0,15-0,35$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders

bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba.

- 5 In einer Ausführungsform weist der dritte Leuchtstoff die Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit bevorzugt $q = 0,001-0,04$, besonders bevorzugt $q = 0,005-0,03$ auf.

- Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Konversionselement einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $y = 0,1-0,6$, besonders bevorzugt $y = 0,3-0,6$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders
- 10 bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement einen zweiten Leuchtstoff der Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei M = Ba oder M = Ba und ein oder mehrere Elemente, die aus einer
- 20 Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $p = 0,05-0,6$ und $z = 0,1-0,4$, besonders bevorzugt $p = 0,1-0,5$ und $z = 0,15-0,35$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen
- 25 auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement einen dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit bevorzugt $q = 0,001-0,04$, besonders bevorzugt $q = 0,005-0,03$.

- 30 Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Konversionselement einen ersten Leuchtstoff der Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$ auf, wobei M = Sr oder M = Sr und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba

umfasst und bevorzugt $x = 0,02-0,08$, besonders bevorzugt $x = 0,03-0,06$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Sr, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Sr, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Sr, jeweils bezogen auf die

5 Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement einen zweiten Leuchtstoff der Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und bevorzugt $p = 0,05-0,6$ und $z = 0,1-$

10 $0,4$, besonders bevorzugt $p = 0,1-0,5$ und $z = 0,15-0,35$. Bevorzugt enthält M mindestens 50 mol% Ba, besonders bevorzugt mindestens 70 mol% Ba, ganz besonders bevorzugt mindestens 80 mol% Ba, jeweils bezogen auf die Summe aus Mg, Ca, Sr und Ba. Weiter umfasst das Konversionselement einen

15 dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit bevorzugt $q = 0,001-0,04$, besonders bevorzugt $q = 0,005-0,03$.

In einer Ausführungsform liegt die Peakwellenlänge der ersten Sekundärstrahlung im Bereich von 420 nm bis 460 nm. Die

20 Halbwertsbreite der ersten Sekundärstrahlung liegt in dieser Ausführungsform bevorzugt unter 45 nm. Unter Halbwertsbreite (FWHM) wird vorliegend die Breite des Peaks verstanden, bei der die Hälfte des Intensitätsmaximums erreicht ist.

25 In einer Ausführungsform liegt die Peakwellenlänge der zweiten Sekundärstrahlung im Bereich von 500 nm bis 540 nm. Die Halbwertsbreite der zweiten Sekundärstrahlung liegt in dieser Ausführungsform bevorzugt unter 45 nm.

30 In einer Ausführungsform liegt die Peakwellenlänge der dritten Sekundärstrahlung im Bereich von 625 nm bis 665 nm. Die Halbwertsbreite der dritten Sekundärstrahlung liegt in dieser Ausführungsform bevorzugt unter 45 nm.

- In einer Ausführungsform weist die erste Sekundärstrahlung, die zweite Sekundärstrahlung und/oder die dritte Sekundärstrahlung eine Halbwertsbreite unter 45 nm auf. Im Vergleich kann eine so schmalbandige Emission aktuell von Leuchtstoffen, die durch eine Primärstrahlung im blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums angeregt werden nicht erreicht werden.
- 5
- 10 In einer Ausführungsform kann die erste, zweite und/oder dritte Sekundärstrahlung aus einer Mehrzahl von schmalen Linien bestehen, beispielsweise mit einer Halbwertsbreite von unter 5 nm.
- 15 In einer Ausführungsform umfasst der erste Halbleiterchip eine aktive Epitaxieschichtenfolge, die geeignet ist, im Betrieb des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements eine Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu emittieren.
- 20
- Es ist möglich, dass der erste Halbleiterchip und/oder der zweite Halbleiterchip ein Saphir-Substrat umfasst oder auf einem Saphir-Substrat aufgewachsen ist.
- 25 In einer Ausführungsform umfasst der zweite Halbleiterchip eine aktive Epitaxieschichtenfolge, die geeignet ist, im Betrieb des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements eine Primärstrahlung im roten oder grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu emittieren.
- 30
- Zur Erzeugung der Primärstrahlung kann die Epitaxieschichtenfolge beispielsweise ein pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfachquantentopf- oder besonders

bevorzugt eine Mehrfachquantentopfstruktur aufweisen. Die Bezeichnung Quantentopfstruktur beinhaltet keine Angabe über die Dimensionalität. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte, Quantenpunkte und jede
5 Kombination dieser Strukturen.

Ein erster Halbleiterchip, der geeignet ist im Betrieb UV-Primärstrahlung einer Peakwellenlänge zwischen 365 und 420 nm zu emittieren, basiert beispielsweise auf AlInGaN oder ZnO.
10 Beispielsweise basiert der erste Halbleiterchip auf $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$.

Die Wellenlänge kann hierbei für die jeweilige Anwendung durch die Zusammensetzung, zum Beispiel das Verhältnis von Indium zu Gallium in AlInGaN, in den bevorzugten Bereich
15 geschoben werden. Die Halbwertsbreite der ersten, zweiten und/oder dritten Sekundärstrahlung kann ebenfalls durch die Gestaltung der Zusammensetzung der aktivoptischen Schichten verändert werden.

20 Aufgrund der annähernden Linearität der emittierten Photonen über der Stromdichte bei einem ersten Halbleiterchip, der Primärstrahlung im UV-Bereich emittiert, kann zum Betrieb des Bauelements eine im Vergleich zu blau emittierenden
25 Halbleiterchips hohe Stromdichte verwendet werden ohne Effizienzverlust oder mit nur sehr geringen Effizienzverlust.

Die von dem ersten Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung liegt nicht im sichtbaren Bereich beziehungsweise am Rand des sichtbaren Bereichs und hat deshalb keinen direkten Einfluss
30 beziehungsweise einen sehr geringen Einfluss auf den Farbort Bauelements. Die Fertigungsschwankungen des Halbleiterchips haben deshalb weniger Einfluss auf den Farbort, es können

somit eine Vielzahl an Chipbins verwendet werden. Im Vergleich zu blauen Halbleiterchips ist damit eine kostengünstigere Herstellung möglich.

Durch individuell emittierende Mehrfach-Quantumwells kann
5 eine relativ breite Emission des ersten Halbleiterchips
eingestellt werden, beispielsweise eine Halbwertsbreite
größer als 25 nm. Dadurch können Leuchtstoffe mit
unterschiedlichen Absorptionsmaxima im Bereich von 380 nm und
430 nm auf Gleichmäßigkeit oder zu optimalen Anteilen
10 angeregt werden. Dadurch kann durch ein konstantes
Leuchtstoffmischungsverhältnis über die Halbwertsbreite und
Lage der ultravioletten Primärstrahlung das resultierte
Spektrum kontrolliert werden. Breite UV-Emissionen können zum
Beispiel durch dreidimensional epitaxiierte Schichten erzeugt
15 werden, beispielsweise durch Nano/Mikro-Rods oder pyramidale
Strukturen.

In einer Ausführungsform weisen der erste, der zweite
und/oder der dritte Leuchtstoff eine starke Absorption im
20 Bereich von 380 nm und 430 nm, bevorzugt zwischen 390 nm und
425 nm auf. Bevorzugt liegt ein Absorptionsmaximum des
dritten Leuchtstoffs im Bereich von 400 bis 430 nm, besonders
bevorzugt zwischen 415 nm und 425 nm. Starke Absorption
bedeutet hier, dass eine diffuse Reflektivität des ersten,
25 zweiten oder dritten Leuchtstoffs, gemessen an einem
Leuchtstoffpulver, im betrachteten Spektralbereich maximal
80%, bevorzugt maximal 60%, besonders bevorzugt maximal 50%
des Wertes einer diffusen Reflektivität desselben ersten,
zweiten oder dritten Leuchtstoffs bei einer Wellenlänge von
30 650 nm beträgt.

In einer Ausführungsform liegt die Halbwertsbreite (FWHM) der Primärstrahlung im UV-Bereich in einem Bereich von 10 nm bis 50 nm, bevorzugt zwischen 25 nm und 50 nm.

5 In einer Ausführungsform ist ein weiterer erster Halbleiterchip oder mehrere weitere erste Halbleiterchips, die Primärstrahlung im UV-Bereich emittieren von dem Bauelement umfasst. Der oder die weiteren ersten Halbleiterchips können aus den gleichen Materialien aufgebaut
10 sein wie der erste Halbleiterchip. Es ist möglich, dass der erste und der oder die weiteren ersten Halbleiterchips Primärstrahlung unterschiedlicher Wellenlänge im UV-Bereich emittieren.

15 In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip eine Primärstrahlung im roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums, der zweite Halbleiterchip basiert beispielsweise auf InGaAlP. Beispielsweise basiert der zweite Halbleiterchip auf $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$. Auch
20 hier kann die gewünschte Wellenlänge durch die Materialzusammensetzung eingestellt werden.

In einer Ausführungsform emittiert der zweite Halbleiterchip eine Primärstrahlung im grünen Bereich des
25 elektromagnetischen Spektrums, der zweite Halbleiterchip basiert beispielsweise auf AlInGaN oder ZnO. Beispielsweise basiert der zweite Halbleiterchip auf $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$. Auch hier kann die gewünschte Wellenlänge durch die Materialkomposition eingestellt werden.

30

Es kann sich in einer Ausführungsform bei dem ersten und/oder dem zweiten Halbleiterchip um oberflächenemittierende oder volumenemittierende Halbleiterchips handeln. Dies bedeutet,

dass der erste und/oder der zweite Halbleiterchip die Primärstrahlung in nur eine Raumrichtung oder alle Raumrichtungen abstrahlen kann.

5 Gemäß einer Ausführungsform handelt es sich bei den Leuchtstoffen um ein Pulver. Die Pulver können Konverterpartikel aufweisen. Die mittlere Partikelgröße liegt im Bereich von 50 nm bis 100 μm , bevorzugt im Bereich von μm 2 bis 35 μm .

10

In einer Ausführungsform umfasst das Konversionselement Reflexionspartikel. Die Reflexionspartikel umfassen oder bestehen aus einem Material, das die Primärstrahlung im UV-Bereich reflektiert. In einer Ausführungsform ist die Reflektivität des Materials für UV-Strahlung größer als 60 %, bevorzugt größer als 70 %, besonders bevorzugt größer als 80 %. Beispielsweise werden ZrO_2 -Partikel als Reflexionspartikel eingesetzt. Die Reflexionspartikel weisen beispielsweise einen mittleren Durchmesser von 30 nm bis 30 μm auf.

20

In einer Ausführungsform beträgt der Gewichtsanteil der Reflexionspartikel 0,01 bis 5 % bezogen auf die Gesamtmasse des Konversionselements.

25 In einer Ausführungsform umfasst das Konversionselement ein Matrixmaterial. Das Konversionselement kann aus dem ersten, dem zweiten, dem dritten Leuchtstoff und dem Matrixmaterial bestehen. Das Konversionselement kann auch aus dem ersten, dem zweiten, dem dritten Leuchtstoff, den Reflexionspartikeln
30 und dem Matrixmaterial bestehen. Die Leuchtstoffe und/oder die Reflexionspartikel können in dem Matrixmaterial eingebettet sein. Es ist möglich, dass die Leuchtstoffe homogen in dem Matrixmaterial verteilt sind. Es ist aber auch

möglich, dass die Leuchtstoffe mit einem Konzentrationsgradienten in dem Matrixmaterial verteilt sind. Das Matrixmaterial weist insbesondere eines der folgenden Materialien auf oder besteht hieraus: Einem Silikon, einem
5 Glas.

Eine mögliche Ausführung des Konversionselements ist die Ausführung in Form eines Vergusses, wobei der Verguss den ersten Halbleiterchip formschlüssig umhüllt. Des Weiteren
10 kann der den ersten Halbleiterchip formschlüssig umhüllende Verguss an den Seitenwänden zum Beispiel durch ein Gehäuse stabilisiert werden und befindet sich beispielsweise in einer Ausnehmung eines solchen Gehäuses.

15 Weiter kann das Konversionselement als Konversionsschicht ausgeführt sein. Bei der Konversionsschicht besteht ein direkter Kontakt zwischen Konversionsschicht und dem ersten Halbleiterchip, wobei die Dicke der Konversionsschicht beispielsweise kleiner ist als die Dicke des ersten
20 Halbleiterchips und zum Beispiel konstant an allen Strahlungsausstrittsflächen ausgebildet sein kann. Das Aufbringen einer solchen Konversionsschicht erfolgt insbesondere durch folgende Verfahren: Spraycoating, Spritzgießen, Spritzpressen, Jetten, Dispensen oder
25 Elektrophorese.

In einer Ausführungsform liegen die Leuchtstoffe zu 5 bis 75 Gew%, bevorzugt zu 15 bis 60 Gew% bezogen auf die Gesamtmasse an Leuchtstoffen und Matrixmaterial oder bezogen auf die
30 Gesamtmasse an Leuchtstoffen, Reflexionspartikeln und Matrixmaterial vor.

Das Konversionselement kann ferner die Form einer Platte oder einer Folie einnehmen. Die Platte oder die Folie ist über dem Halbleiterchip angeordnet. Bei diesen weiteren Varianten der Ausführung des Konversionselements besteht nicht

5 notwendigerweise ein direkter und/oder formschlüssiger Kontakt des Konversionselements mit dem ersten Halbleiterchip. Das heißt, dass zwischen dem Konversions-

element und dem ersten Halbleiterchip ein Abstand bestehen kann. Mit anderen Worten ist das Konversionselement dem

10 ersten Halbleiterchip nachgeordnet und wird von der Primärstrahlung angestrahlt. Zwischen Konversionselement und erstem Halbleiterchip kann dann ein Vergusskörper oder ein Luftspalt ausgebildet sein. Vorteilhaft bei dieser

geometrischen Anordnung ist es, dass es insbesondere aufgrund

15 des Abstands zwischen dem Konversionselement und dem ersten Halbleiterchip zu einer reduzierten Erwärmung des Konversionselements durch Abwärme des ersten Halbleiterchips kommt.

20 In einer Ausführungsform besteht das Konversionselement aus dem ersten, zweiten und dem dritten Leuchtstoff. Beispielsweise kann es sich hierbei um eine Keramik der Leuchtstoffe handeln. Beispielsweise handelt es sich bei der

in der Ausführungsform des Konversionselements als Platte um

25 eine Platte bestehend aus einer Keramik der Leuchtstoffe. Bevorzugt weist die Platte eine niedrige Porosität auf. Damit kann unerwünschte Lichtstreuung verhindert oder nahezu verhindert werden und es erfolgt eine gute Wärmeabfuhr.

30 Ferner sind auch Kombinationen möglich, in denen ein oder mehrere Leuchtstoffe als Leuchtstoffpulver ausgebildet sind und mit ein oder mehreren Leuchtstoffen in Form einer Keramik kombiniert werden. Weiterhin ist es auch möglich, drei

Leuchtstoffe in Form jeweils einer Keramik, welche jeweils nur einen der Leuchtstoffe umfasst, miteinander zu kombinieren. Weiterhin ist es auch möglich, zwei Leuchtstoffe in Form jeweils einer Keramik, welche jeweils nur einen der
5 Leuchtstoffe umfasst, sowie einen dritten Leuchtstoff als Leuchtstoffpulver miteinander zu kombinieren.

In einer Ausführungsform ist über dem Konversionselement ein Farbfiltersystem angeordnet. Bei dem Farbfiltersystem kann es
10 sich um ein LCD-Farbfiltersystem handeln. Unter LCD ist "Liquid Crystal Display" zu verstehen.

Dass eine Schicht oder ein Element "auf" oder "über" eine anderen Schicht oder einem anderen Element angeordnet oder
15 aufgebracht ist, kann dabei hier und im Folgenden bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element unmittelbar in direktem mechanischem und/oder elektrischem und/oder thermischen Kontakt auf der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Weiter kann es auch bedeuten, dass
20 die eine Schicht oder das eine Element mittelbar auf beziehungsweise über der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Dabei können dann weitere Schichten und/oder Elemente oder ein lichter Abstand zwischen der einen oder der anderen Schicht beziehungsweise zwischen dem einen
25 oder dem anderen Element angeordnet sein.

Beispielsweise kann es sich bei dem strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelement um eine Leuchtdiode, kurz LED,
handeln.

30

Die angegebenen Ausführungsformen des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements können für nachfolgend genannte Verwendungen eingesetzt werden.

Es wird eine Verwendung des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements gemäß den oben genannten Ausführungsformen zur Hinterleuchtung eines
5 Farbfiltersystems, insbesondere eines LCD-Farbfiltersystems angegeben.

In einer Ausführungsform der Verwendung handelt es sich bei dem Farbfiltersystem um ein Farbfiltersystem für einen
10 Computer, einen Fernseher oder ein Smartphone.

In einer Ausführungsform handelt es sich bei dem Farbfiltersystem um Farbfiltersysteme der Farben Rot, Grün und Blau oder Rot, Grün, Blau und Gelb.
15

In einer Ausführungsform besitzt das Farbfiltersystem je eine Halbwertsbreite im Bereich von 70 bis 120 nm für die Farben Rot, Grün, Blau oder Rot, Grün, Blau und Gelb.

20 In einer Ausführungsform werden die Emission des optoelektronischen Bauelements und die Transmission des Farbfiltersystems so gewählt, dass die Maxima bei ähnlichen Wellenlängen liegen. Dadurch gibt es nur wenig Reabsorption am Farbfiltersystem und es ergibt sich eine hohe On-Screen-
25 Effizienz.

Die angegebenen Ausführungsformen des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements können Bestandteil einer Beleuchtungseinheit, beispielsweise für einen Fernseher,
30 Computer oder ein Smartphone sein.

Eine Beleuchtungseinheit umfasst ein hier beschriebenes strahlungsemittierendes optoelektronisches Bauelement und ein

Farbfiltersystem, insbesondere ein LCD-Farbfiltersystem. Das Farbfiltersystem dient in der Regel dazu, die Subpixel einer Beleuchtungseinheit beispielsweise eines Fernsehers, Computers oder Smartphones zu bilden, wobei die Subpixel
5 Licht der Farben blau, grün und rot und/oder blau, grün, gelb und rot aussenden. Die Lichtquelle für die einzelnen Subpixel bildet hierbei das strahlungsemittierende optoelektronische Bauelement. Mit anderen Worten tritt die Sekundärstrahlung, die von den Leuchtstoffen ausgesandt wird oder die
10 Primärstrahlung des zweiten Halbleiterchips die Sekundärstrahlung, die von den Leuchtstoffen ausgesandt wird durch das Farbfiltersystem hindurch. Die gesamte elektromagnetische Strahlung, die durch das Filtersystem hindurch tritt, wird als Gesamtstrahlung bezeichnet.

15

In einer Ausführungsform handelt es sich um eine Beleuchtungseinheit für einen Fernseher, Computer oder Smartphone.

20 Das Farbfiltersystem weist bevorzugt einen blauen Filter, einen grünen Filter und einen roten Filter auf, die die Gesamtstrahlung zu Licht eines ersten, zweiten und dritten Transmissionsspektrums filtern.

25 Ein Peak des Transmissionsspektrums weist bevorzugt eine Halbwertsbreite auf, die im Bereich von 70 bis 120 nm liegt.

In einer Ausführungsform spannen ein zu dem Farbeindruck des ersten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im
30 CIE-Farbdiagramm (1931) ein zu dem Farbeindruck des zweiten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im CIE-Farbdiagramm (1931) und ein zu dem Farbeindruck des dritten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im CIE-

Farbdiagramm (1931) einen Farbraum beziehungsweise ein Farbdreieck innerhalb des CIE-Normdiagramms auf, das ein Überdeckungsgrad von mindestens 80 % mit dem sRGB-Farbdreieck, von mindestens 69 % mit dem DCI-P3-Farbdreieck, von mindestens 71 % mit dem Adobe-Farbdreieck, von mindestens 50 % mit dem Rec2020-Farbdreieck aufweist. Als sRGB Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdiagramms (1931) bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (x,y) aufgespannt wird: $(0,640, 330)$, $(0,300, 0,600)$ und $(0,150, 0,060)$. Als DCI-P3-Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdiagramms 1931 bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (x,y) aufgespannt wird: $(0,680, 0,320)$, $(0,265, 0,690)$ und $(0,150, 0,060)$. Als Rec2020-Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdiagramms 1931 bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (x,y) aufgespannt wird: $(0,708, 0,292)$, $(0,170, 0,797)$ und $(0,131, 0,046)$.

In einer Ausführungsform spannen ein zu dem Farbeindruck des ersten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im CIE-LUV-Farbdiagramm (1976), ein zu dem Farbeindruck des zweiten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im CIE-LUV-Farbdiagramm (1976) und ein zu dem Farbeindruck des dritten Transmissionsspektrums korrespondierender Punkt im CIE-LUV-Farbdiagramm (1976) einen Farbraum beziehungsweise ein Farbdreieck innerhalb des CIE-LUV-Farbdiagramm (1976) auf, das ein Überdeckungsgrad von mindestens 75 % mit dem sRGB-Farbdreieck, von mindestens 69 % mit dem DCI-P3-Farbdreieck, von mindestens 75 % mit dem Adobe-Farbdreieck, von mindestens 62 % mit dem Rec2020-Farbdreieck aufweist. Als sRGB Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdiagramms 1931 bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (u', v') aufgespannt wird: $(0,451, 0,523)$, $(0,125,$

0,563) und (0,175, 0,158). Als DCI-P3-Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdigramms 1931 bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (u' , v') aufgespannt wird: (0,496, 0,526), (0,099, 0,578) und

5 (0,175, 0,158). Als Rec2020-Farbdreieck wird vorliegend das Dreieck innerhalb des CIE-Farbdigramms 1931 bezeichnet, das durch die folgenden Punkte (u' , v') aufgespannt wird: (0,557, 0,517), (0,056, 0,587) und (0,159, 0,126).

10 Das von den Transmissionsspektren aufgespannte Farbdreieck im CIE-Farbdigramm wird in der Regel durch einen blauen Punkt im blauen Bereich, durch einen grünen Punkt im grünen Bereich und durch einen roten Punkt im roten Bereich aufgespannt. Der blaue Punkt wird hierbei in der Regel durch den Peak des

15 Transmissionsspektrums mit maximaler Intensität im blauen Bereich festgelegt, während der grüne Punkt in der Regel durch den Peak des Transmissionsspektrums mit maximaler Intensität im grünen Bereich festgelegt wird und der rote Punkt durch den Peak des Transmissionsspektrums mit maximaler

20 Intensität im roten Bereich.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

25

Figur 1 zeigt die idealen Weißpunkte für die Hinterleuchtung von Fernsehern und Smartphones verschiedener Ausführungsbeispiele von strahlungsemitternden Bauelementen in der CIE-Normtafel (1931),

30

Figuren 2A bis 15A zeigen Emissionsspektren verschiedener Ausführungsbeispiele von strahlungsemitternden Bauelementen und Transmissionsspektren,

Figuren 2B bis 15B zeigen aufgespannte Farbräume
verschiedener Ausführungsbeispiele von
strahlungsemittierenden Bauelementen mit verschiedenen
5 Farbfiltersystemen in der CIE-Farbnormtafel (1931),

Figuren 16 bis 20 zeigen schematische Seitenansichten
verschiedener Ausführungsformen von strahlungsemittierenden
optoelektronischen Bauelementen,

10

Figuren 21 bis 24 zeigen Emissionsspektren verschiedener
Ausführungsbeispiele der Leuchtstoffe und verschiedener
Ausführungsformen von strahlungsemittierenden
optoelektronischen Bauelementen,

15

Figur 25 zeigt aufgespannte Farbräume verschiedener
Ausführungsbeispiele von strahlungsemittierenden Bauelementen
im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976),

20 Figur 26 zeigt die relative Quanteneffizienz verschiedener
Ausführungsbeispiele des zweiten Leuchtstoffs,

Figur 27A zeigt die Korrelation der Mangan Konzentration z
des zweiten Leuchtstoffs mit dem x- Anteil der Grundfarbe rot
25 der CIE-Normtafel (1931),

30

Figur 27B zeigt die Korrelation der Mangan Konzentration z
des zweiten Leuchtstoffs mit dem y- Anteil der Grundfarbe
grün der CIE-Normtafel (1931),

Figuren 28 bis 31 zeigen die relative diffuse Reflektivität
verschiedener Ausführungsbeispiele des ersten, zweiten und
dritten Leuchtstoffs.

In Figur 1 ist die CIE-Normtafel (1931) gezeigt, wobei auf der x-Achse der x- Anteil der Grundfarbe rot und auf der y-Achse der y- Anteil der Grundfarbe grün aufgetragen ist. Der Punkt mit dem Bezugszeichen A stellt den idealen Weißpunkt eines Fernsehers, eines Smartphones und eines Computers dar. Der mit dem Bezugszeichen A versehene Punkt stellt den Zielfarbort der Transmissionspektren dar. Die mit den Bezugszeichen B, C, I und E versehene Punkte zeigen die idealen Weißpunkte verschiedener Ausführungsformen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements, die in einem Fernseher mit einem Farbfiltersystem und die den Bezugszeichen J, D, K, und L versehene Punkte zeigen die idealen Weißpunkte verschiedener Ausführungsformen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements, die in einem Smartphone mit einem Farbfiltersystem nötig wären, um den idealen Weißpunkt A zu realisieren. Die mit den Bezugszeichen B, K, C, L, I, D, E und J versehene Punkte sind folgenden Bauelementen zugeordnet:

20 B, K: InGaN Halbleiterchip, Konversionselement umfassend einen beta-SiAlON-Leuchtstoff und einen $K_2SiF_6:Mn^{4+}$ -Leuchtstoff,

C, L: InGaN Halbleiterchip, Konversionselement umfassend einen beta-SiAlON-Leuchtstoff und einen $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ -Leuchtstoff mit $q = 0,001-0,06$,

I, D: AlInGaN Halbleiterchip, Konversionselement umfassend einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und $y = 0,01 - 0,9$, einen zweiten und dritten Leuchtstoff.

30 E, J: AlInGaN Halbleiterchip, Konversionselement umfassend einen ersten Leuchtstoff der Formel $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr$ und ein oder mehrere Elemente, die

aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-0,12$, einen zweiten und dritten Leuchtstoff.

In den Figuren 2A bis 15A ist jeweils auf der x-Achse die Wellenlänge λ in nm und auf der y Achse die relative Intensität I aufgetragen.

In den Figuren 2B bis 15B sind aufgespannte Farbräume in CIE-Normtafeln (1931) gezeigt, wobei jeweils auf der x-Achse der x- Anteil der Grundfarbe rot und auf der y-Achse der y-Anteil der Grundfarbe grün aufgetragen sind.

In Figur 2A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ - (YAG:Ce) Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,662	0,289	0,156	0,305
CIE _y	0,330	0,669	0,063	0,333

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 2B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborths des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt in der CIE-Normtafel (1931) 100% des sRGB-Farbraums, 89% des DCI-P3-Farbraums, 82% Adobe-Farbraums und 64 % des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte

Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 100% des sRGB-Farbraums, 89% des DCI-P3-Farbraums, 89% Adobe-Farbraums und 65 % des Rec2020-Farbraums ab. Im Folgenden wird die sich aus diesem Spektrum ergebende Monitorhelligkeit als Referenz für die Monitorhelligkeit mit einem typischen TV-Farbfiltersystem herangezogen, sie liegt hier also bei 100%.

In Figur 3A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 0%; photometrische Helligkeit 0%), eines $(\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 450 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 20,9%; photometrische Helligkeit 4,8%), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 516 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 25,4%; photometrische Helligkeit 69,6%) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658 \text{ nm}$ radiometrische Helligkeit: 53,7%; photometrische Helligkeit 25,6%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,710	0,138	0,139	0,313
CIE _y	0,286	0,750	0,114	0,329

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 3B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 95% des sRGB-Farbraums, 87% des

DCI-P3-Farbraums, 94% Adobe-Farbraums und 82% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 84% des sRGB-Farbraums, 80% des DCI-P3-Farbraums, 85% Adobe-Farbraums und 72% des Rec2020-Farbraums ab. Die Standard Farbräume werden also sehr gut abgedeckt. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit von 136%. Damit ergibt sich gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)) eine erhöhte Helligkeit.

10

In Figur 4A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398$ nm; radiometrische Helligkeit: 7,7%; photometrische Helligkeit 0%), eines $(\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ -Leuchtstoffs mit $x = 0,01-0,12$ ($\lambda = 450$ nm; radiometrische Helligkeit: 19,3%; photometrische Helligkeit 4,3%), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ - Leuchtstoffs ($\lambda = 516$ nm; radiometrische Helligkeit: 23,4%; photometrische Helligkeit 69,6%) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658$ nm radiometrische Helligkeit: 49,5%; photometrische Helligkeit 25,6%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

25

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,710	0,138	0,139	0,312
CIE _y	0,286	0,749	0,114	0,329

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 4B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an

30

der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 95% des sRGB-Farbraums, 87% des DCI-P3-Farbraums, 94% Adobe-Farbraums und 82% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 84% des sRGB-Farbraums, 80% des DCI-P3-Farbraums, 85% Adobe-Farbraums und 72% des Rec2020-Farbraums ab. Die Standard Farbräume werden also sehr gut abgedeckt. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438 \text{ nm}$) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555 \text{ nm}$)) deutlich erhöhte Monitorhelligkeit von 136%.

In Figur 5A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 405 \text{ nm}$), eines $(\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 450 \text{ nm}$), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 516 \text{ nm}$) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658 \text{ nm}$) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,711	0,136	0,137	0,296
CIE _y	0,284	0,731	0,100	0,290

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 5B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar im Vergleich zu dem idealen Weißpunkts also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt) etwas in den blauen Bereich verschoben. Der aufgespannte Farbraum F deckt

97% des sRGB-Farbraums, 86% des DCI-P3-Farbraums, 93% Adobe-Farbraums und 81% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 89% des sRGB-Farbraums, 84% des DCI-P3-Farbraums, 89% Adobe-Farbraums und 76% des Rec2020-Farbraums ab. Die Standard Farbräume werden also sehr gut abgedeckt. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438 \text{ nm}$) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555 \text{ nm}$)) deutlich erhöhte Monitorhelligkeit von 135%.

10

In Figur 6A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 0%; photometrische Helligkeit 0%), eines $\text{Ba}_{0,4}\text{Eu}_{0,6}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 450 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 30,1%; photometrische Helligkeit 27,7%), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 516 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 16,7%; photometrische Helligkeit 46,5%) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658 \text{ nm}$ radiometrische Helligkeit: 53,2%; photometrische Helligkeit 25,8%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II).

15

Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden

20

Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,710	0,138	0,125	0,312
CIE _y	0,287	0,700	0,137	0,331

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 6B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem

30

Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an

der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 89% des sRGB-Farbraums, 78% des DCI-P3-Farbraums, 84% Adobe-Farbraums und 72% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumssystem (1976) 75% des sRGB-Farbraums, 69% des DCI-P3-Farbraums, 75% Adobe-Farbraums und 62% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438 \text{ nm}$) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555 \text{ nm}$)) deutlich erhöhte Monitorhelligkeit von 135%.

In Figur 7A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 444 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 33,5%; photometrische Helligkeit 2,72%), eines beta-SiAlON-Leuchtstoffs ($\lambda = 538 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 46,0%; photometrische Helligkeit 84,0%) und eines $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 630 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 20,5%; photometrische Helligkeit 13,3%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen I). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen TV-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,684	0,264	0,153	0,312
CIE _y	0,310	0,698	0,063	0,330

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 7B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts

des Transmissionspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 100% des sRGB-Farbraums, 99% des DCI-P3-Farbraums, 88% Adobe-Farbraums und 73% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im
 5 CIE-LUV-Farbraumssystem (1976) 100% des sRGB-Farbraums, 99% des DCI-P3-Farbraums, 93% Adobe-Farbraums und 75% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit von 110% im Vergleich zur Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)). Damit ist
 10 die Monitorhelligkeit, die durch dieses Referenz-Bauelement erzielt wird, deutlich geringer als bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements.

15 In Figur 8A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 444$ nm; radiometrische Helligkeit: 26,6%; photometrische Helligkeit 2,73%), eines beta SiAlON-Leuchtstoffs ($\lambda = 538$ nm; radiometrische Helligkeit: 36,9%; photometrische Helligkeit 85,1%) und
 20 $Mg_4Ge_{0,99}Mn_{0,01}O_{5,5}F$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658$ nm radiometrische Helligkeit: 36,5%; photometrische Helligkeit 12,1%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die
 25 Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,697	0,263	0,153	0,312
CIE _y	0,297	0,698	0,064	0,329

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 8B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der
5 aufgespannte Farbraum F deckt 100% des sRGB-Farbraums, 99% des DCI-P3-Farbraums, 88% Adobe-Farbraums und 75% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 100% des sRGB-Farbraums, 99%
10 des DCI-P3-Farbraums, 93% Adobe-Farbraums und 80% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit von 110% im Vergleich zur Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)). Damit ist die Monitorhelligkeit, die durch dieses Referenz-Bauelement
15 erzielt wird, deutlich geringer als bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements. Damit zeigt sich, dass die Kombination des ersten, des zweiten und des dritten Leuchtstoffs und eines Halbleiterchips, der eine
20 Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert, überraschenderweise eine im Vergleich zum Stand der Technik erhöhte Helligkeit erzielt werden kann.

In Figur 9A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit
25 einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ -Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2, T3). Die Farbortanalyse ergibt einen
30 aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,631	0,305	0,157	0,305
CIE _y	0,330	0,599	0,065	0,333

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 9B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt in der CIE-Normtafel (1931) 95% des sRGB-Farbraums, 70% des DCI-P3-Farbraums, 71% Adobe-Farbraums und 50% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 94% des sRGB-Farbraums, 75% des DCI-P3-Farbraums, 81% Adobe-Farbraums und 55 % des Rec2020-Farbraums ab. Im Folgenden wird die sich aus diesem Spektrum ergebende Monitorhelligkeit als Referenz für die Monitorhelligkeit mit einem typischen Smartphone-Filtersystem herangezogen, sie liegt hier also bei 100%.

In Figur 10A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 0%; photometrische Helligkeit 0%), eines $(\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 450 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 21,8%; photometrische Helligkeit 5,2%), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 516 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 24,4%; photometrische Helligkeit 68,5%) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658 \text{ nm}$ radiometrische Helligkeit: 53,8%; photometrische Helligkeit 26,3%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit

folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,697	0,147	0,156	0,312
CIE _y	0,281	0,675	0,094	0,328

5

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 10B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 91% des sRGB-Farbraums, 80% des DCI-P3-Farbraums, 86% Adobe-Farbraums und 74% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumssystem (1976) 90% des sRGB-Farbraums, 84% des DCI-P3-Farbraums, 89% Adobe-Farbraums und 74% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)) erhöhte Monitorhelligkeit von 114%.

20 In Figur 11A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398$ nm; radiometrische Helligkeit: 8,1%; photometrische Helligkeit 0%), eines $(\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 450$ nm; radiometrische Helligkeit: 19,7%; photometrische Helligkeit 5,0%), eines $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 516$ nm; radiometrische Helligkeit: 22,7%; photometrische Helligkeit 68,8%) und eines $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658$ nm radiometrische Helligkeit: 49,6%; photometrische Helligkeit 26,2%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen

30

Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,697	0,147	0,156	0,312
CIE _y	0,281	0,676	0,094	0,329

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 11B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 91% des sRGB-Farbraums, 80% des DCI-P3-Farbraums, 86% Adobe-Farbraums und 74% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 90% des sRGB-Farbraums, 84% des DCI-P3-Farbraums, 89% Adobe-Farbraums und 74% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)) erhöhte Monitorhelligkeit von 114%.

20

In Figur 12A ist die Emission eines Bauelements mit einem AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398$ nm; radiometrische Helligkeit: 0%; photometrische Helligkeit 0%), eines Ba_{0,4}Eu_{0,6}MgAl₁₀O₁₇-Leuchtstoffs ($\lambda = 450$ nm; radiometrische Helligkeit: 30,2%; photometrische Helligkeit 28,3%), (Ba_{0,7}Eu_{0,3})(Mg_{0,7}Mn_{0,3})Al₁₀O₁₇-Leuchtstoffs ($\lambda = 516$ nm; radiometrische Helligkeit: 15,9%; photometrische Helligkeit 45,2%) und eines Mg₄Ge_{0,99}Mn_{0,01}O_{5,5}F-Leuchtstoffs ($\lambda = 658$ nm radiometrische Helligkeit: 53,9%; photometrische Helligkeit 26,6%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II).

30

Zusätzlich ist die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden

5 Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,700	0,147	0,145	0,313
CIE _y	0,284	0,612	0,119	0,331

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 12B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem
 10 Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarbborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 80% des sRGB-Farbraums, 69% des DCI-P3-Farbraums, 74% Adobe-Farbraums und 64% des Rec2020-
 15 Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 77% des sRGB-Farbraums, 71% des DCI-P3-Farbraums, 76% Adobe-Farbraums und 63% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine gegenüber der Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda =$
 20 555 nm)) erhöhte Monitorhelligkeit von 114%.

In Figur 13A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 444$ nm; radiometrische Helligkeit: 38,0%; photometrische Helligkeit 3,33%), eines
 25 beta SiAlON-Leuchtstoffs ($\lambda = 538$ nm; radiometrische Helligkeit: 42,0%; photometrische Helligkeit 82,7%) und eines K₂SiF₆:Mn⁴⁺-Leuchtstoffs ($\lambda = 630$ nm; radiometrische Helligkeit: 20,0%; photometrische Helligkeit 14,0%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist
 30 die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems

gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2, T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,657	0,279	0,162	0,313
CIE _y	0,305	0,639	0,057	0,330

Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 13B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 99% des sRGB-Farbraums, 83% des DCI-P3-Farbraums, 79% Adobe-Farbraums und 61% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 97% des sRGB-Farbraums, 89% des DCI-P3-Farbraums, 85% Adobe-Farbraums und 69% des Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit von 104% im Vergleich zur Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)). Damit ist die Monitorhelligkeit, die durch dieses Referenz-Bauelement erzielt wird, deutlich geringer als bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements.

In Figur 14A ist die Emission eines Referenz-Bauelements mit einem InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 444$ nm; radiometrische Helligkeit: 30,4%; photometrische Helligkeit 3,36%), eines beta SiAlON-Leuchtstoffs ($\lambda = 538$ nm; radiometrische Helligkeit: 33,7%; photometrische Helligkeit 83,8%) und $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$ -Leuchtstoffs ($\lambda = 658$ nm radiometrische

Helligkeit: 35,9%; photometrische Helligkeit 12,9%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen Smartphone-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2 und T3). Die
 5 Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,697	0,263	0,153	0,312
CIE _y	0,297	0,698	0,064	0,329

10 Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 14B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborts des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der
 15 aufgespannte Farbraum F deckt 100% des sRGB-Farbraums, 99% des DCI-P3-Farbraums, 88% Adobe-Farbraums und 75% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) 100% des sRGB-Farbraums, 99% des DCI-P3-Farbraums, 93% Adobe-Farbraums und 80% des
 20 Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit von 110% im Vergleich zur Referenz (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438$ nm) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555$ nm)). Damit ist die Monitorhelligkeit, die durch dieses Referenz-Bauelement erzielt wird, geringer als bei den erfindungsgemäßen
 25 Ausführungsbeispielen eines strahlungsemitterenden optoelektronischen Bauelements. Damit zeigt sich, dass die Kombination des ersten, des zweiten und des dritten Leuchtstoffs und eines Halbleiterchips, der eine Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen

Spektrums emittiert, überraschenderweise eine im Vergleich zum Stand der Technik erhöhte Helligkeit erzielt werden kann.

In Figur 15A ist die Emission eines Bauelements mit einem
 5 AlInGaN Halbleiterchip ($\lambda = 398 \text{ nm}$; radiometrische Helligkeit: 0%; photometrische Helligkeit 0%), eines
 ($\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04}$)₁₀(PO₄)₆Cl₂-Leuchtstoffs ($\lambda = 450 \text{ nm}$;
 radiometrische Helligkeit: 20,9%; photometrische Helligkeit
 4,8%), eines (Ba_{0.7}Eu_{0.3})(Mg_{0.7}Mn_{0.3})Al₁₀O₁₇-Leuchtstoffs ($\lambda = 516$
 10 nm; radiometrische Helligkeit: 25,4%; photometrische Helligkeit 69,6%) und eines Mg₄Ge_{0,99}Mn_{0,01}O_{5,5}F-Leuchtstoffs ($\lambda = 658 \text{ nm}$ radiometrische Helligkeit: 53,7%; photometrische Helligkeit 25,6%) dargestellt (Kurve mit dem Bezugszeichen II). Zusätzlich ist die Transmission eines typischen
 15 Computer-Filtersystems gezeigt (Kurven mit dem Bezugszeichen T1, T2, T3). Die Farbortanalyse ergibt einen aus dem Spektrum resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931):

	Rot	Grün	Blau	Weiß
CIE _x	0,710	0,138	0,144	0,313
CIE _y	0,286	0,750	0,054	0,329

20 Der aufgespannte Farbraum ist in Figur 15B dargestellt und mit dem Bezugszeichen F versehen. Der Weißpunkt ist mit dem Bezugszeichen W versehen und liegt wie erkennbar direkt an der Position des idealen Weißpunkts, also des Zielfarborths
 25 des Transmissionsspektrums (als Kreis dargestellt). Der aufgespannte Farbraum F deckt 100% des sRGB-Farbraums, 93% des DCI-P3-Farbraums, 98% Adobe-Farbraums und 89% des Rec2020-Farbraums ab. Der aufgespannte Farbraum F deckt im CIE-LUV-Farbraumssystem (1976) 100% des sRGB-Farbraums, 97%
 30 des DCI-P3-Farbraums, 100% Adobe-Farbraums und 95% des

Rec2020-Farbraums ab. Es ergibt sich eine Monitorhelligkeit im Vergleich zu dem Referenz-Bauelement (InGaN Halbleiterchip ($\lambda = 438 \text{ nm}$) und einem YAG:Ce-Leuchtstoff ($\lambda = 555 \text{ nm}$)) von 136%.

5

Das in Figur 16a dargestellte Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1 weist einen ersten Halbleiterchip 2 auf, der im Betrieb Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert. Der erste Halbleiterchip 2 basiert auf Aluminiumindiumgalliumnitrid. Der erste Halbleiterchip 2 ist auf einem ersten Anschluss 4 und einem zweiten Anschluss 5 befestigt und elektrisch mit diesen Anschlüssen kontaktiert. Die Anschlüsse 4,5 sind mit Durchkontaktierungen 4a und 5a elektrisch verbunden.

Bei dem in Figur 16a dargestellten Ausführungsbeispiel sind der erste und zweite elektrische Anschluss 4, 5 in ein lichtundurchlässiges, zum Beispiel vorgefertigtes Grundgehäuse 10 mit einer Ausnehmung 11 eingebettet. Unter "vorgefertigt" ist zu verstehen, dass das Grundgehäuse 10 bereits an den Anschlüssen 4, 5 beispielsweise mittels Spritzguss fertig gebildet ist, bevor der erste Halbleiterchip 2 auf die Anschlüsse 4, 5 montiert wird. Das Grundgehäuse 10 umfasst zum Beispiel einen lichtundurchlässigen Kunststoff und die Ausnehmung 11 ist hinsichtlich ihrer Form als Reflektor für die Primärstrahlung und Sekundärstrahlung ausgebildet, wobei die Reflexion gegebenenfalls durch eine geeignete Beschichtung der Innenwände der Ausnehmung 11 realisiert werden kann. Die Anschlüsse 4, 5 sind aus einem Metall gebildet, das eine Reflektivität für UV-Strahlung größer als 60 %, bevorzugt

größer als 70 %, besonders bevorzugt größer als 80 % aufweist, beispielsweise Ag oder Al.

Das Konversionselement 6 ist beim Ausführungsbeispiel der
5 Figur 16a in Form eines Vergusses ausgebildet und füllt die Ausnehmung 11, wie in Figur 16A gezeigt, aus. Dabei umfasst das Konversionselement ein Silikon oder ein Epoxid, in dem Partikel eines ersten Leuchtstoffs der Formel
($\text{Sr}_{0,96}\text{Eu}_{0,04}$)₁₀(PO_4)₆ Cl_2 oder $\text{Ba}_{0,4}\text{Eu}_{0,6}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$, Partikel eines
10 zweiten Leuchtstoffs der Formel $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ und Partikel eines dritten Leuchtstoff der Formel $\text{Mg}_4\text{Ge}_{0,99}\text{Mn}_{0,01}\text{O}_{5,5}\text{F}$, eingebettet sind. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel nach oben über das Konversionselement 6 abgestrahlt.

15

In dem in Figur 16b dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1, ist das Konversionselement 6 im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 16A als eine Schicht ausgebildet, die über dem ersten
20 Halbleiterchip 2 angeordnet ist. Die Schicht ist über der Strahlungsausstrittsfläche des ersten Halbleiterchips 2 angeordnet. Es ist möglich, dass die Schicht auch die Seitenwände des ersten Halbleiterchips 2 bedeckt (hier nicht gezeigt).

25

In dem in Figur 17a dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1 ist im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 16a der erste Halbleiterchip 2 nur auf einem ersten Anschluss 4 befestigt.
30 Eine Vorderseitenkontaktschicht 5b ist auf dem Halbleiterchip 2 auf dessen Strahlungsausstrittsfläche 2a zu dessen elektrischer Kontaktierung angeordnet, wobei die Vorderseitenkontaktschicht 5b über einen Bonddraht 12 mit dem

elektrischen Anschluss 5 kontaktiert ist. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel nach oben über das Konversionselement 6 abgestrahlt.

In dem in Figur 17b dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1 ist im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 16a der erste Halbleiterchip 2 nur auf einem ersten Anschluss 4 befestigt. Eine Vorderseitenkontaktschicht 5b ist auf dem Halbleiterchip 2 auf dessen Strahlungsausstrittsfläche 2a zu dessen elektrischer Kontaktierung angeordnet, wobei die Vorderseitenkontaktschicht 5b über einen Bonddraht 12 mit dem elektrischen Anschluss 5 kontaktiert ist. Das Konversionselement 6 ist als eine Schicht ausgebildet, die über dem ersten Halbleiterchip 2 angeordnet ist. In dieser Ausführungsform umgibt die Schicht den ersten Halbleiterchip 2 formschlüssig an den Seitenwänden und der Strahlungsausstrittsfläche 2a. Die Ausnehmung 11 ist mit einem Verguss ausgefüllt. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel nach oben über das Konversionselement 6 und den Verguss abgestrahlt.

In dem in Figur 18a dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1 ist im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 17a eine weitere Vorderseitenkontaktschicht 4b auf dem ersten Halbleiterchip 2 auf dessen Strahlungsausstrittsfläche 2a zu dessen elektrischer Kontaktierung angeordnet, wobei die Vorderseitenkontaktschicht 4b über einen Bonddraht 12 mit dem elektrischen Anschluss 4 kontaktiert ist. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel nach oben über das Konversionselement 6 abgestrahlt.

In dem in Figur 18b dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1, ist das Konversionselement 6 im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 18a als eine Schicht ausgebildet, die über dem ersten Halbleiterchip 2 angeordnet ist. Die Ausnehmung 11 ist mit einem Verguss ausgefüllt.

In dem in Figur 19 dargestellten Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements 1 sind der erste und der zweite elektrische Anschluss 4, 5 über dem ersten Halbleiterchip 2 auf dessen Strahlungsausstrittsfläche 2a angeordnet. Über dem ersten Halbleiterchip 2 ist das Konversionselement 6 angeordnet, welches als eine Schicht ausgebildet ist. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel seitlich über das Konversionselement 6 abgestrahlt.

Das in Figur 20a dargestellte Ausführungsbeispiel weist im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 16a einen zweiten Halbleiterchip 2b auf, der im Betrieb Primärstrahlung im roten oder grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert. Der zweite Halbleiterchip 2b ist auf dem zweiten Anschluss 5 und einem dritten Anschluss 3 befestigt. Der Anschluss 3 ist mit einer Durchkontaktierungen 3a elektrisch verbunden. Die Gesamtstrahlung wird in diesem Ausführungsbeispiel nach oben über das Konversionselement 6 abgestrahlt. Das Konversionselement 6 umfasst im Falle eines rot emittierenden zweiten Halbleiterchips 2b ein Silikon oder ein Epoxid, in dem ZrO_2 -Partikel, Partikel eines ersten Leuchtstoffs beispielsweise der Formel $(Sr_{0,98}Eu_{0,02})_{10}(PO_4)_6Cl_2$ oder $Ba_{0,5}Eu_{0,5}MgAl_{10}O_{17}$ und Partikel eines zweiten Leuchtstoffs beispielsweise der Formel $(Ba_{0,7}Eu_{0,3})(Mg_{0,65}Mn_{0,35})Al_{10}O_{17}$ eingebettet sind. Im Falle eines grün emittierenden zweiten

Halbleiterchips 2b umfasst das Konversionselement ein Silikon oder ein Epoxid, in dem ZrO_2 -Partikel, Partikel eines ersten Leuchtstoffs beispielsweise der Formel $(Sr_{0,98}Eu_{0,02})_{10}(PO_4)_6Cl_2$ oder $Ba_{0,5}Eu_{0,5}MgAl_{10}O_{17}$ und Partikel eines dritten Leuchtstoff
5 beispielsweise der Formel $Mg_4Ge_{0,99}Mn_{0,01}O_{5,5}F$ eingebettet sind.

Bei dem in Figur 20b dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Konversionselement 6 im Unterschied zu dem Bauelement in Figur 20a als eine Schicht ausgebildet, die über dem ersten
10 Halbleiterchip 2 angeordnet ist. Die Ausnehmung 11 ist mit einem Verguss ausgefüllt.

Figur 21 zeigt Emissionsspektren von $(Sr_{0,95}Eu_{0,05})_{10}(PO_4)_6Cl_2$ (Kurve mit dem Bezugszeichen III), $(Sr_{0,7}Ca_{0,25}Eu_{0,05})_{10}(PO_4)_6Cl_2$
15 (Kurve mit dem Bezugszeichen IV), $Ba_{0,9}Eu_{0,1}MgAl_{10}O_{17}$ (Kurve mit dem Bezugszeichen V) und $Ba_{0,7}Eu_{0,3}MgAl_{10}O_{17}$ (Kurve mit dem Bezugszeichen VI) bei einer Anregung mit einer Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit einer Peakwellenlänge von 400nm. Auf der x-
20 Achse ist die Wellenlänge λ in nm aufgetragen und auf der y-Achse die relative Intensität der Emission.

Figur 22 zeigt das Emissionsspektrum von $Ba_{0,7}Eu_{0,3}Mg_{0,7}Mn_{0,3}Al_{10}O_{17}$ bei einer Anregung mit einer
25 Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit einer Peakwellenlänge von 400nm. Auf der x-Achse ist die Wellenlänge λ in nm aufgetragen und auf der y-Achse die relative Intensität der Emission.

30 Figur 23 zeigt das Emissionsspektrum von $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit $q = 0,01$ bei einer Anregung mit einer Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit einer Peakwellenlänge von 400nm. Auf der x-Achse ist die

Wellenlänge λ in nm aufgetragen und auf der y-Achse die relative Intensität der Emission.

Figur 23a zeigt die Emissionsspektren von $\text{Mg}_4\text{Ge}_{1-q}\text{Mn}_q(\text{O},\text{F})_6$ mit
5 $q = 0,01$, $q = 0,02$ und $q = 0,03$ bei einer Anregung mit einer Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit einer Peakwellenlänge von 400nm. Auf der x-Achse ist die Wellenlänge λ in nm aufgetragen und auf der y-Achse die relative Intensität der Emission. Wie ersichtlich
10 ändert sich das Emissionsspektrum des bei einer Änderung des Mn-Anteils von $q = 0,01$ zu $0,03$ nicht beziehungsweise nur sehr geringfügig.

Figur 24 zeigt das Emissionsspektrum eines Bauelements mit
15 einem AlInGaN Halbleiterchip und einem Konversionselement umfassend $(\text{Sr}_{0,95}\text{Eu}_{0,05})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$, $\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3}\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ und $\text{Mg}_4\text{Ge}_{1-q}\text{Mn}_q(\text{O},\text{F})_6$ mit $q = 0,01$ bei einer Anregung mit einer Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit einer Peakwellenlänge von 405 nm. Auf der x-
20 Achse ist die Wellenlänge λ in nm aufgetragen und auf der y-Achse die relative Intensität der Emission.

In Figuren 25 ist auf der x-Achse der u' - Anteil der Grundfarbe rot und auf der y-Achse der v' - Anteil der
25 Grundfarbe grün des CIE-LUV-Farbraumsystem (1976) aufgetragen. Das mit dem Bezugszeichen c aufgespannte Dreieck entspricht dem Rec2020-Farbraum, das mit dem Bezugszeichen b aufgespannte Dreieck entspricht dem Farbraum eines Referenz Bauelements mit einen typischen Farbfiltersystem und das mit
30 dem Bezugszeichen a aufgespannte Dreieck entspricht dem Farbraum eines Bauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel, welches wie unter Figur 24 dargestellt aufgebaut ist mit einen typischen Farbfiltersystem. Das Referenz-Bauelement

weist einen Halbleiterchip auf, der eine Primärstrahlung mit einer Peakwellenlänge von 448 nm emittiert und ein Konversionselement mit einem grünen Eu^{2+} -dotierten Nitrido-Orthosilikat Leuchtstoff und einem roten Eu^{2+} - CaAlSiN_3

- 5 Leuchtstoff. Die Farbortanalyse des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels ergibt einen resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931) und im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976):

	Rot	Grün	Blau	Weiß (nach Filter)
CIE _x	0,705	0,144	0,143	0,276
CIE _y	0,283	0,644	0,091	0,275
CIE _u '	0,566	0,055	0,150	0,192
CIE _v '	0,511	0,555	0,215	0,431

10

Die Farbortanalyse der Referenz ergibt einen resultierenden aufgespannten Farbraum mit folgenden Eckpunkten (rot, grün und blau) und folgendem Weißpunkt in der CIE-Normtafel (1931) und im CIE-LUV-Farbraumsystem (1976):

	Rot	Grün	Blau	Weiß (nach Filter)
CIE _x	0,663	0,271	0,151	0,270
CIE _y	0,319	0,604	0,057	0,260
CIE _u '	0,483	0,112	0,178	0,193
CIE _v '	0,522	0,560	0,153	0,420

15

Wie Figur 25 zeigt, weist das Farbdreieck a einen Überdeckungsgrad mit dem rec2020 Standarddreieck c auf, der mindestens 75 % beträgt, während das Farbdreieck b einen Überdeckungsgrad mit dem rec2020 Standarddreieck von 66 %

aufweist. In der CIE-Normtafel (1931) weist der durch das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel aufgespannte Farbraum einen Überdeckungsgrad mit dem rec2020-Standarddreieck von mindestens 71% auf, während das aufgespannte Farbdreieck der Referenz einen Überdeckungsgrad mit dem rec2020-Standarddreieck von nur 58 % aufweist (hier nicht gezeigt).

In Figur 26 ist auf der x-Achse die Mangan Konzentration z des zweiten Leuchtstoffs der Formel $Ba_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$ und auf der y-Achse die relative Quanteneffizienz in Prozent aufgetragen. Alle Werte sind auf die Quanteneffizienz des Leuchtstoffs mit $p = 0,05$ und $z = 0,1$ normiert, also auf den Leuchtstoff der Formel $Ba_{0,95}Eu_{0,05}(Mg_{0,9}Mn_{0,1})Al_{10}O_{17}$, dessen relative Quanteneffizienz also bei 100 % liegt (Wert mit dem Bezugszeichen R1). Die mit einer Raute versehenen Werte sind Leuchtstoffen mit $p = 0,05$, die mit einem Quadrat versehenen Werte Leuchtstoffen mit $p = 0,1$ und die mit einem Kreis versehenen Werte Leuchtstoffen mit $p = 0,2$ zugeordnet. Wie ersichtlich wird bei einem gegebenen Wert für z für alle Leuchtstoffe eine hohe relative Quanteneffizienz erzielt. Besonders hoch ist diese bei den Leuchtstoffen mit z kleiner oder gleich 0,35 auf. Daher ist z ganz besonders bevorzugt $0 < z \leq 0,35$.

In Figur 27A ist auf der x-Achse die Mangan Konzentration z des zweiten Leuchtstoffs der Formel $Ba_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$ und auf der y-Achse der x- Anteil der Grundfarbe rot der CIE-Normtafel (1931) aufgetragen. In Figur 27B ist auf der x-Achse die Mangan Konzentration z des zweiten Leuchtstoffs der Formel $Ba_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$ und auf der y-Achse der y-Anteil der Grundfarbe grün der CIE-Normtafel (1931) aufgetragen. Die mit einer Raute versehenen Werte sind Leuchtstoffen mit $p = 0,05$, die mit einem Quadrat versehenen

Werte Leuchtstoffen mit $p = 0,1$ und die mit einem Kreis
 versehenen Werte Leuchtstoffen mit $p = 0,2$ zugeordnet. Wie
 aus Figur 27B ersichtlich besteht eine starke Korrelation
 zwischen z und dem y - Anteil der Grundfarbe grün der CIE-
 5 Normtafel (1931). Ausführungsbeispiele des zweiten
 Leuchtstoffs mit $z \geq 0,3$ zeigen eine besonders gesättigte
 Emission im grünen Spektralbereich mit einem y - Anteil der
 Grundfarbe grün der CIE-Normtafel (1931) von über $0,6$, die
 für die Hinterleuchtung von Farbfiltersystemen besonders
 10 vorteilhaft sind. Daher ist z ganz besonders bevorzugt $0,3 \leq$
 $z \leq 0,5$.

In Figur 28 ist auf der x-Achse die Wellenlänge λ in nm und
 auf der y-Achse die relative diffuse Reflektivität in Prozent
 15 aufgetragen. Die Kurven der relativen diffusen Reflektivität
 mit den Bezugszeichen A1 bis A5 sind folgenden
 Ausführungsbeispielen des ersten Leuchtstoffs zugeordnet:
 A1: $(\text{Sr}_{0,95}\text{Eu}_{0,05})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$;
 A2: $(\text{Sr}_{0,7}\text{Ca}_{0,25}\text{Eu}_{0,05})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$;
 20 A3: $\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$;
 A4: $\text{Ba}_{0,9}\text{Eu}_{0,1}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$;
 A5: $\text{Ba}_{0,94}\text{Eu}_{0,06}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}$.

In Figur 29 ist auf der x-Achse die Wellenlänge λ in nm und
 25 auf der y-Achse die relative diffuse Reflektivität in Prozent
 aufgetragen. Die Kurve zeigt die relative diffuse
 Reflektivität eines Ausführungsbeispiels eines zweiten
 Leuchtstoffs der Formel $(\text{Ba}_{0,7}\text{Eu}_{0,3})(\text{Mg}_{0,7}\text{Mn}_{0,3})\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$.

30 In Figur 30 ist auf der x-Achse die Wellenlänge λ in nm und
 auf der y-Achse die relative diffuse Reflektivität in Prozent
 aufgetragen. Die Kurven der relativen diffusen Reflektivität

mit den Bezugszeichen B1 bis B5 sind folgenden Ausführungsbeispielen des zweiten Leuchtstoffs

$Ba_{1-p}Eu_p(Mg_{0,7}Mn_{0,3})Al_{10}O_{17}$ zugeordnet:

B1: $p = 0,1$;

5 B2: $p = 0,2$;

B3: $p = 0,3$;

B4: $p = 0,4$;

B5: $p = 0,6$.

10 In Figur 31 ist auf der x-Achse die Wellenlänge λ in nm und auf der y-Achse die relative diffuse Reflektivität in Prozent aufgetragen. Die Kurven der relativen diffusen Reflektivität mit den Bezugszeichen C1 bis C3 sind folgenden Ausführungsbeispielen des dritten Leuchtstoffs Formel

15 $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$:

C1: $q = 0,01$;

C2: $q = 0,02$;

C3: $q = 0,03$.

20 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
25 oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

- A idealer Weißpunkt
- 5 B, C, I, E J, D, K, L ideale Weißpunkte verschiedener Ausführungsformen eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements
- x x- Anteil der Grundfarbe rot der CIE-Normtafel (1931)
- y y- Anteil der Grundfarbe grün der CIE-Normtafel (1931)
- 10 λ Wellenlänge
- I relative Intensität
- II Emission
- III, IV, V, VI Emissionsspektren
- T1, T2, T3 Transmission von Filtersystemen
- 15 F aufgespannter Farbraum
- W Weißpunkt
- u' u'- Anteil der Grundfarbe rot des CIE-LUV-Farbraumsystem (1976)
- v' v'- Anteil der Grundfarbe grün des CIE-LUV-
- 20 Farbraumsystem (1976)
- z Konzentration
- R1 relative Quanteneffizienz
- a, b Farbraum
- c Rec2020-Farbraum
- 25 A1, A2, A3, A4, A5 relative diffuse Reflektivität
- B1, B2, B3, B4, B5 relative diffuse Reflektivität
- C1, C2, C3 relative diffuse Reflektivität
- 1 strahlungsemittierendes optoelektronisches Bauelement
- 2 erster Halbleiterchip
- 30 2a Strahlungsausstrittsfläche
- 3 dritter Anschluss
- 3a Durchkontaktierung
- 4 erster Anschluss

- 4a Durchkontaktierung
 - 4b Vorderseitenkontaktschicht
 - 5 zweiter Anschluss
 - 5a Durchkontaktierung
 - 5 5b Vorderseitenkontaktschicht
 - 6 Konversionselement
 - 10 Grundgehäuse
 - 11 Ausnehmung
 - 12 Bonddraht
- 10

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes optoelektronisches Bauelement
(1) umfassend einen ersten Halbleiterchip (2), der im
5 Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im UV-
Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert und
ein Konversionselement (6) umfassend
- einen ersten Leuchtstoff der Formel
 $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr$ und ein
10 oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt
sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-0,12$ oder
einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$,
wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente,
die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr
15 umfasst und $y = 0,01-0,9$, der die von dem Halbleiterchip
emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements
teilweise in eine erste Sekundärstrahlung im blauen
Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert,
- einen zweiten Leuchtstoff der Formel
20 $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein
oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt
sind, die Mg, Ca und Sr umfasst mit $p = 0,01-0,7$ und $z =$
 $0,05-0,5$, der die von dem Halbleiterchip emittierte
Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in
25 eine zweite Sekundärstrahlung im grünen Bereich des
elektromagnetischen Spektrums konvertiert,
- einen dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$
mit $q = 0,001-0,06$, der die von dem Halbleiterchip
emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements
30 teilweise in eine dritte Sekundärstrahlung im roten
Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

2. Bauelement (1) nach Anspruch 1, wobei die Peakwellenlänge der emittierten Primärstrahlung des Halbleiterchips im Bereich von 365 nm - 420 nm liegt.
- 5 3. Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste, der zweite und der dritte Leuchtstoff eine starke Absorption im Bereich von 380 nm - 430 nm aufweisen.
- 10 4. Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Peakwellenlänge der ersten Sekundärstrahlung im Bereich von 420 nm bis 460 nm, die Peakwellenlänge der zweiten Sekundärstrahlung im Bereich von 500 nm bis 540 nm und die Peakwellenlänge der dritten
15 Sekundärstrahlung im Bereich von 625 nm bis 665 nm liegt.
5. Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Sekundärstrahlung, die zweite
20 Sekundärstrahlung und/oder die dritte Sekundärstrahlung eine Halbwertsbreite unter 45 nm aufweisen.
6. Strahlungsemittierendes optoelektronisches Bauelement (1) umfassend einen ersten Halbleiterchip (2), der im
25 Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert, einen zweiten Halbleiterchip (2b), der im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung im grünen oder roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert und
30 ein Konversionselement (6) umfassend
- einen ersten Leuchtstoff der Formel
 $(M_{1-x}Eu_x)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2$, wobei $M = Sr$ oder $M = Sr$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt

sind, die Mg, Ca und Ba umfasst und $x = 0,01-0,12$ oder einen ersten Leuchtstoff der Formel $M_{1-y}Eu_yMgAl_{10}O_{17}$, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst und $y = 0,01-0,9$, der die von dem ersten Halbleiterchip (2) emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine erste Sekundärstrahlung im blauen Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

10

7. Bauelement nach Anspruch 6, wobei der zweite Halbleiterchip (2b) im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert und das Konversionselement einen dritten Leuchtstoff der Formel $Mg_4Ge_{1-q}Mn_q(O,F)_6$ mit $q = 0,001-0,06$ umfasst, der die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine dritte Sekundärstrahlung im roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

20

8. Bauelement nach Anspruch 6, wobei der zweite Halbleiterchip (2b) im Betrieb des Bauelements eine Primärstrahlung roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums emittiert und das Konversionselement einen zweiten Leuchtstoff der Formel $M_{1-p}Eu_p(Mg_{1-z}Mn_z)Al_{10}O_{17}$ umfasst, wobei $M = Ba$ oder $M = Ba$ und ein oder mehrere Elemente, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Mg, Ca und Sr umfasst mit $p = 0,01-0,7$ und $z = 0,05-0,5$, der die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung im Betrieb des Bauelements teilweise in eine zweite Sekundärstrahlung im grünen Bereich des elektromagnetischen Spektrums konvertiert.

30

9. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leuchtstoffe in Form von Partikeln vorliegen, die eine mittlere Partikelgröße von 50 nm bis 100 µm aufweisen.

5

10. Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Konversionselement (6) Teil eines Vergusses des ersten Halbleiterchips (2) ist oder das Konversionselement (6) den Verguss bildet.

10

11. Bauelement (1) nach dem vorherigen Anspruch, bei dem das Konversionselement (6) als eine Schicht ausgebildet und direkt auf den ersten Halbleiterchip (2) aufgebracht ist.

15

12. Bauelement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Konversionselement (6) als eine Platte oder Folie ausgebildet ist, die über dem ersten Halbleiterchip (2) aufgebracht ist.

20

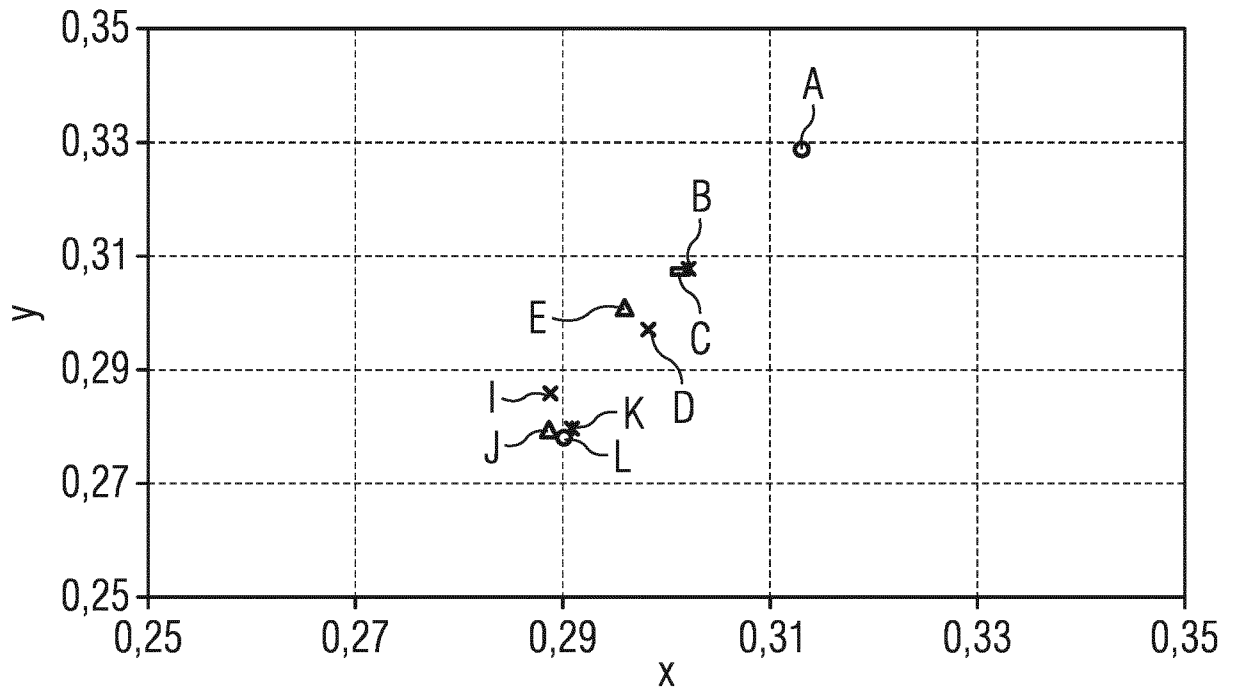
13. Verwendung eines strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Hinterleuchtung von Farbfiltersystemen.

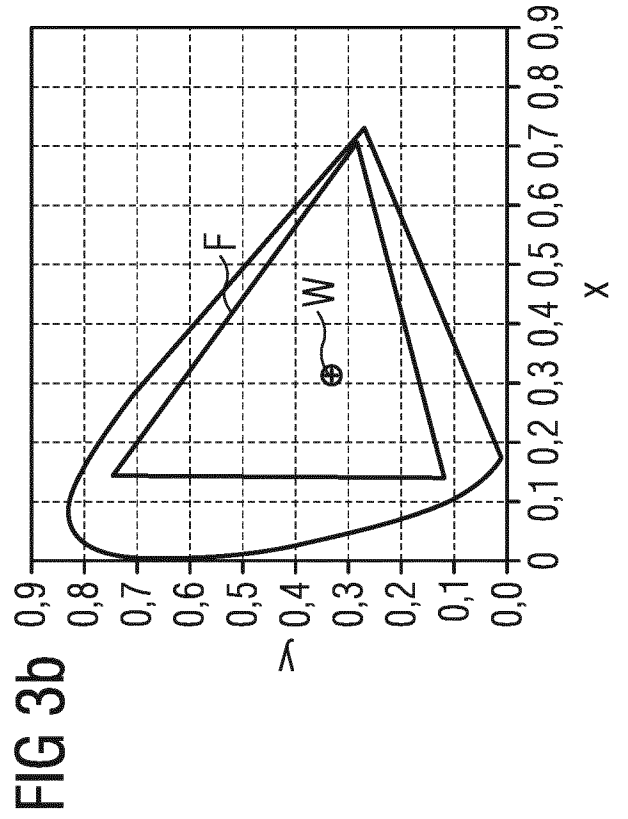
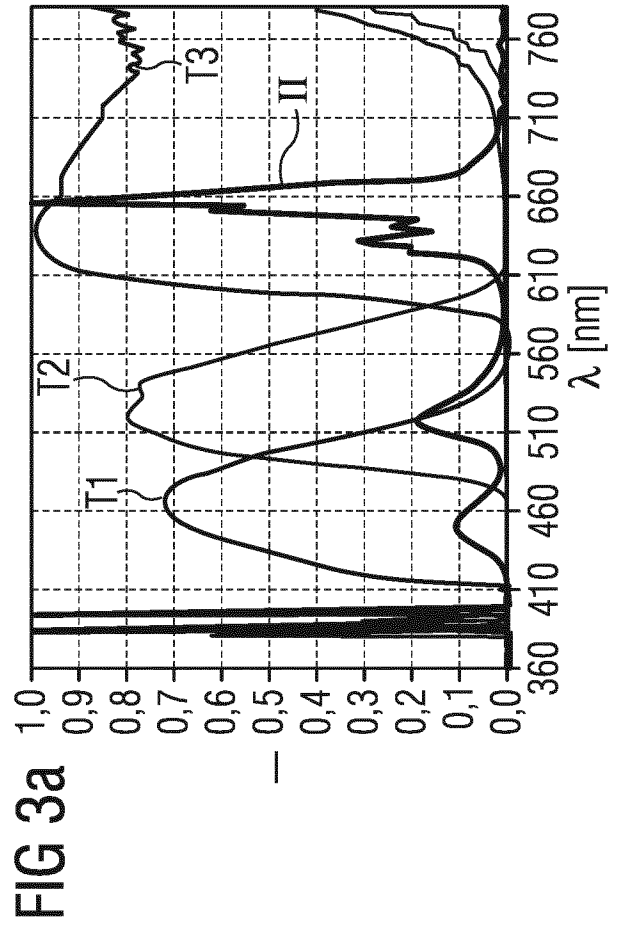
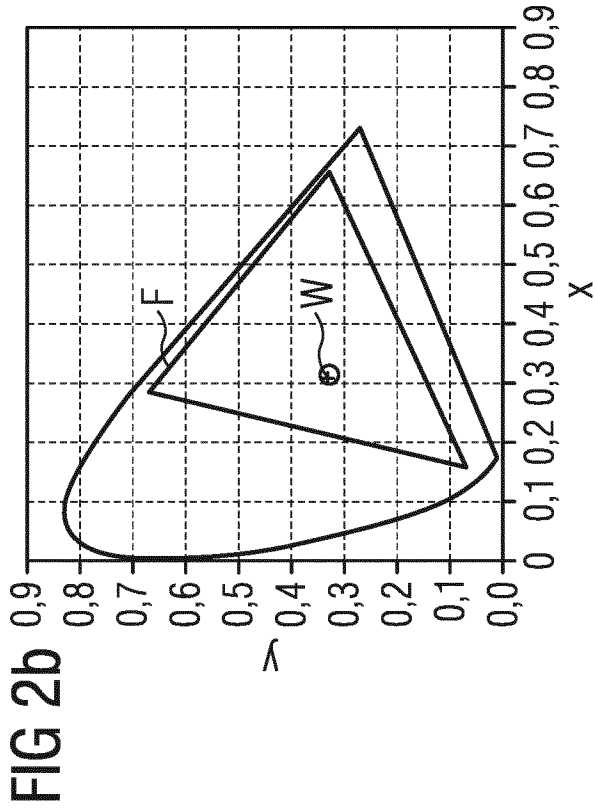
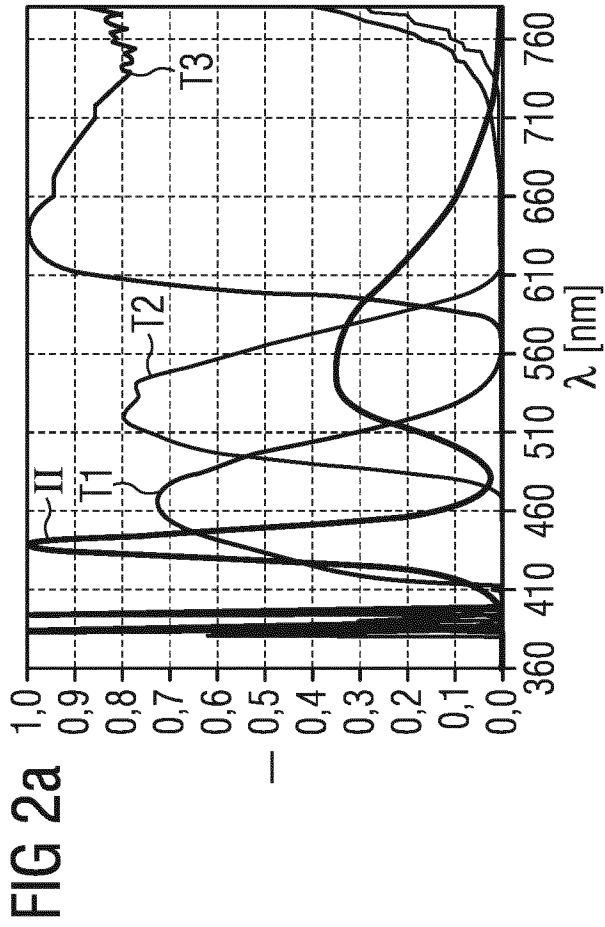
25

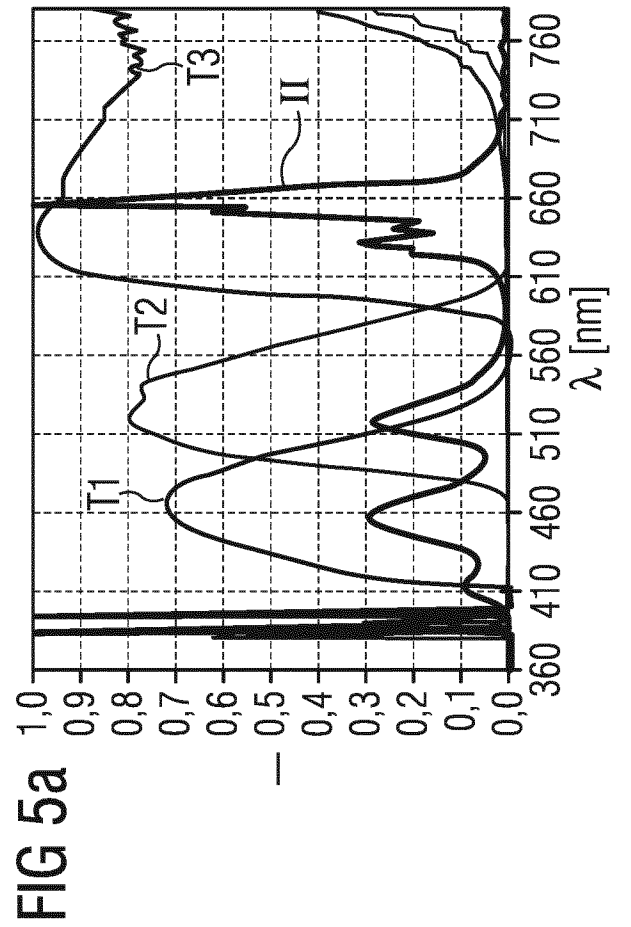
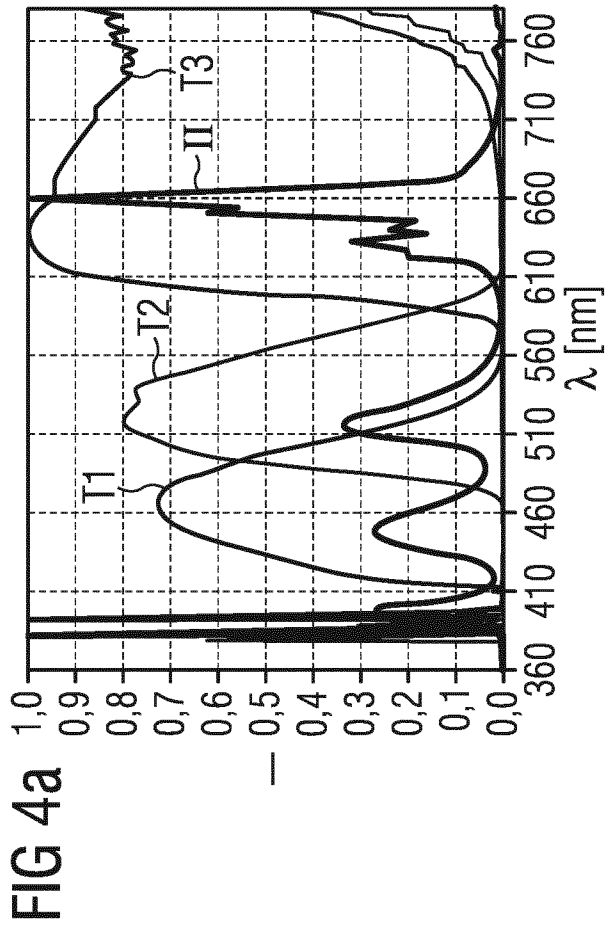
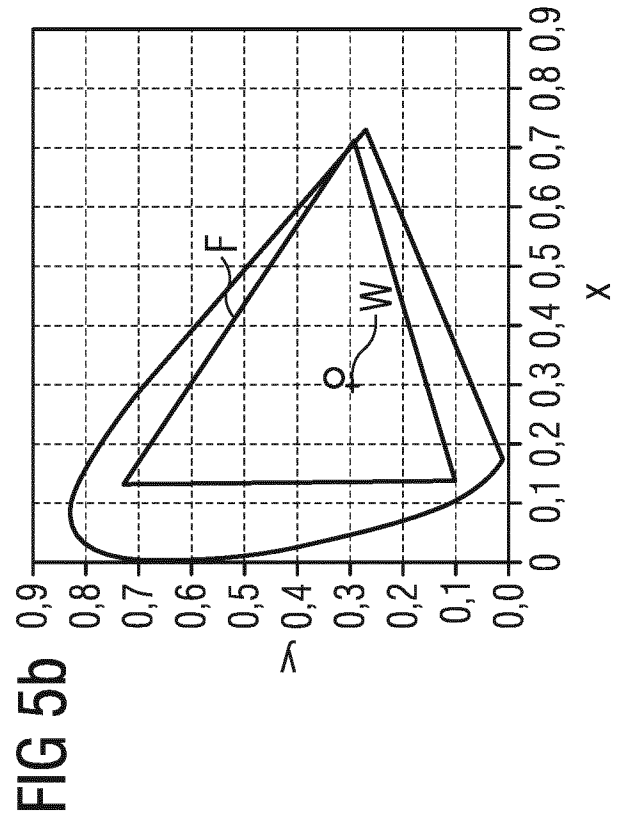
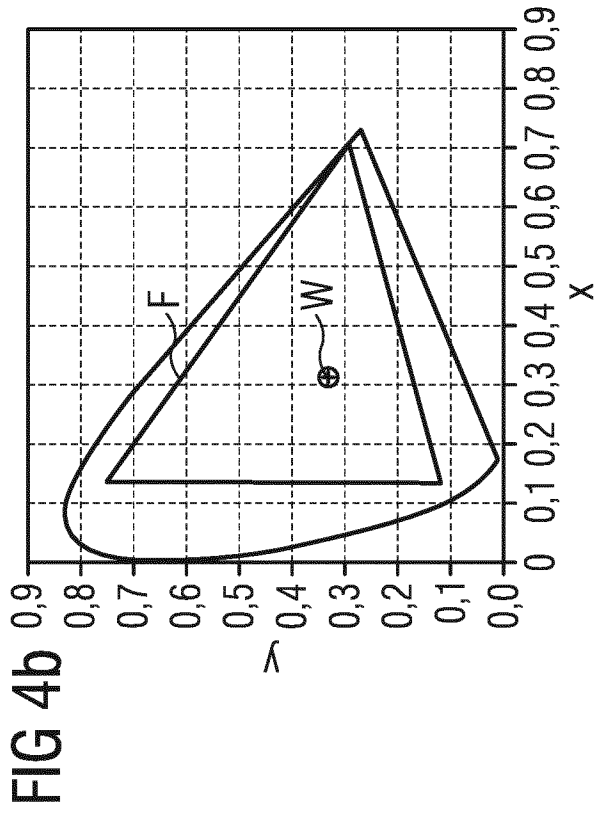
14. Beleuchtungseinheit mit:
- einem strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, und
- einem Farbfiltersystem umfassend einen blauen Filter, einen grünen Filter und einen roten Filter, die das Licht des Gesamtspektrums des strahlungsemittierenden optoelektronischen Bauelements (1) zu Licht eines Transmissionsspektrums filtern.

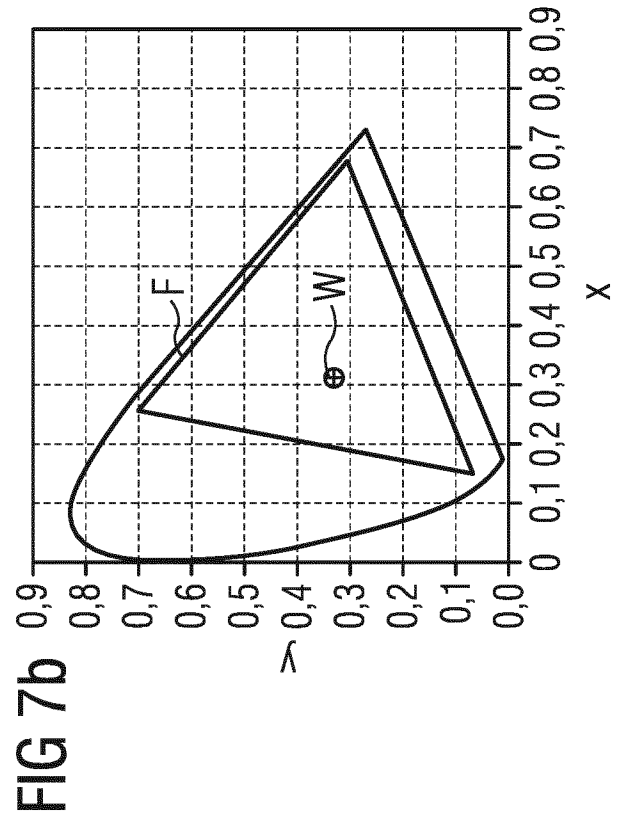
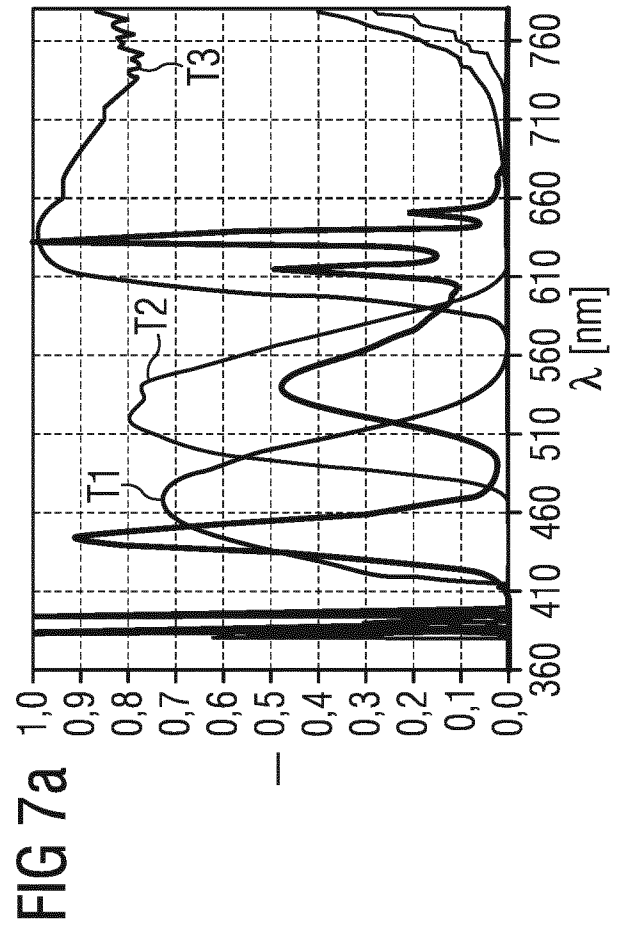
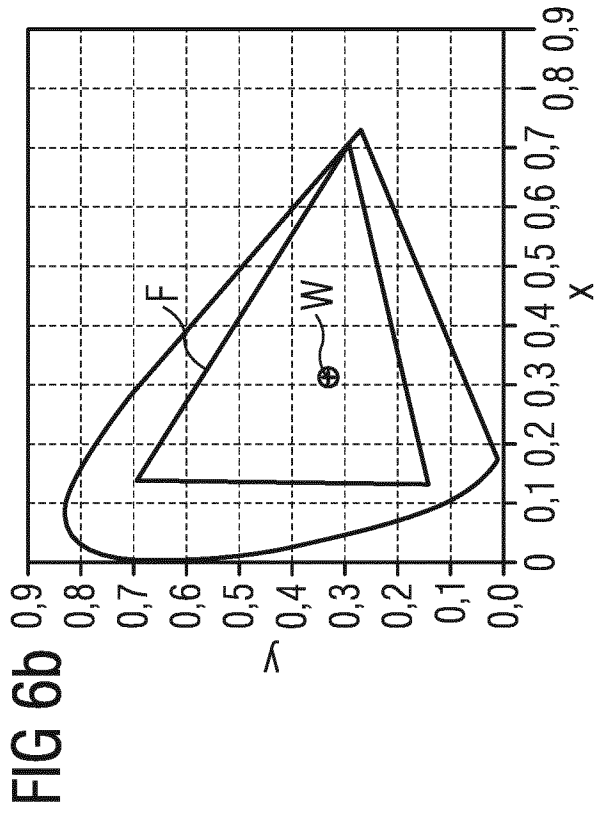
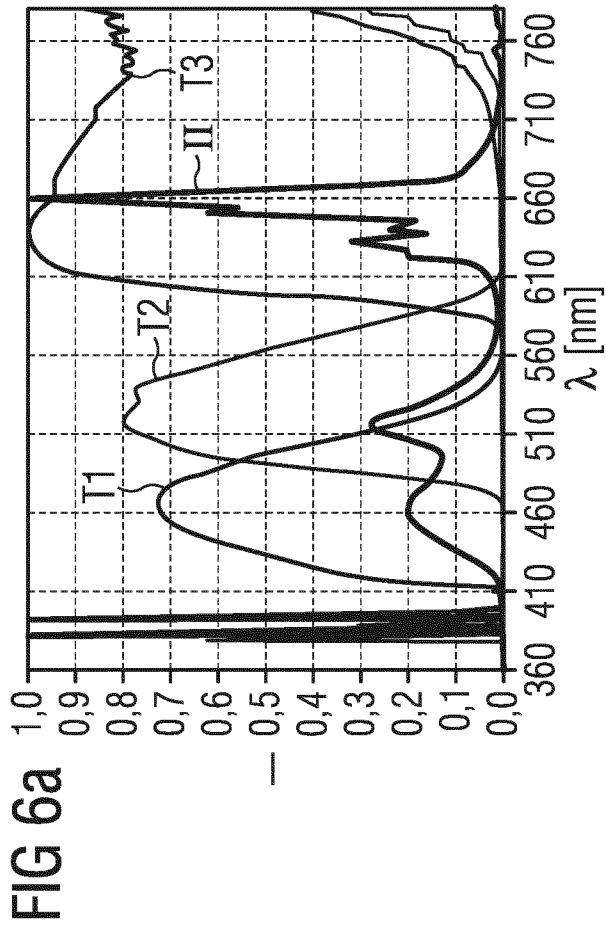
30

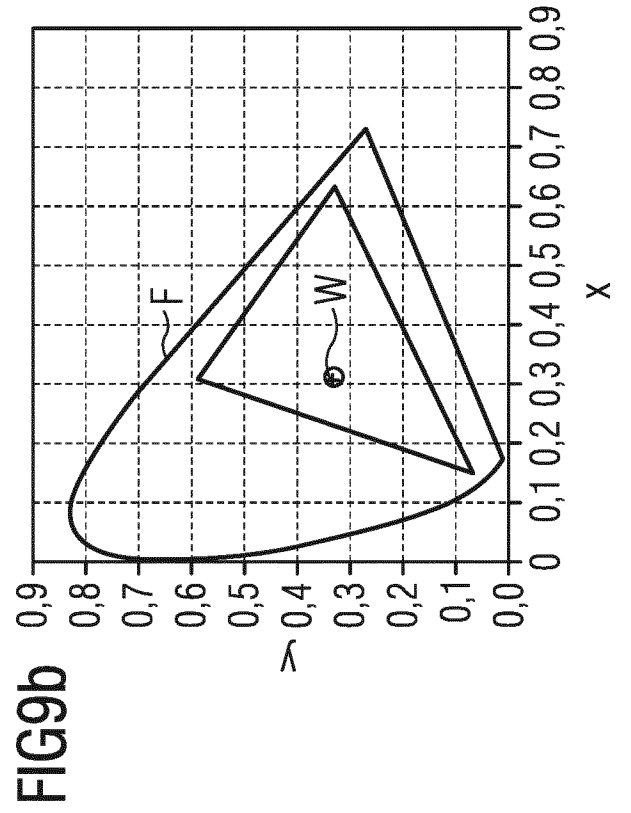
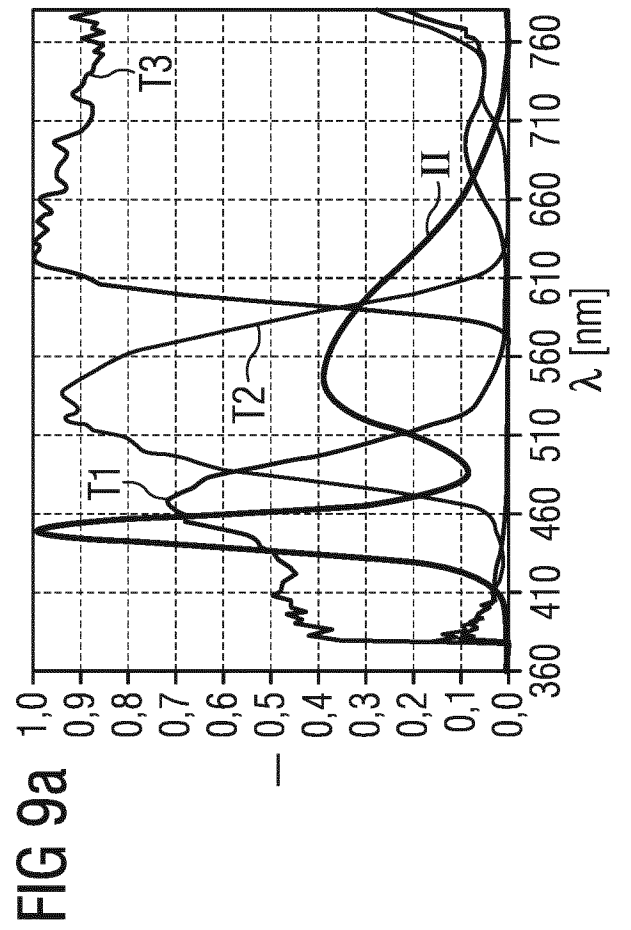
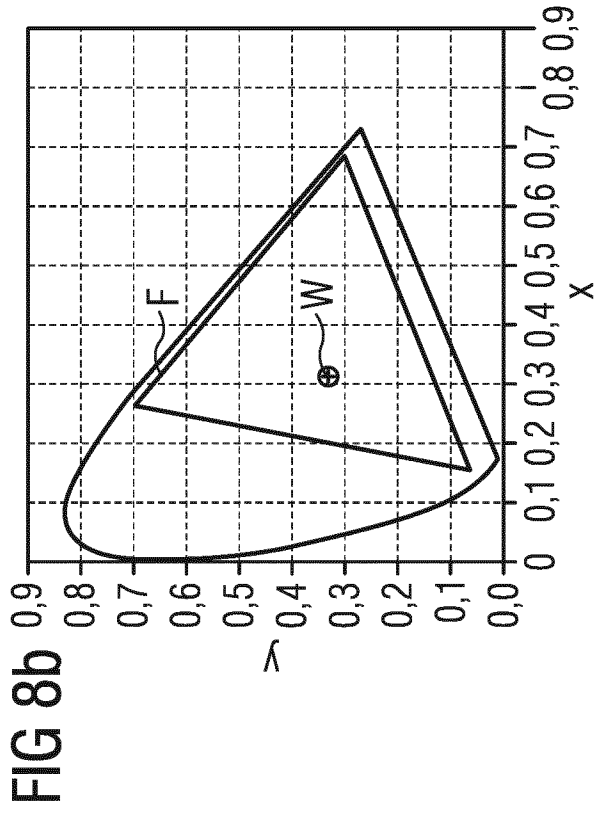
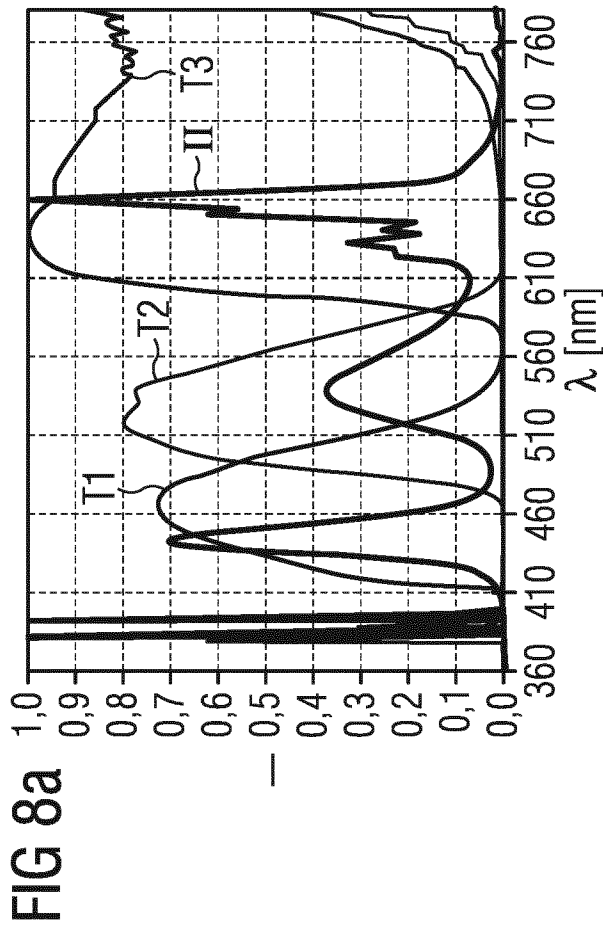
FIG 1

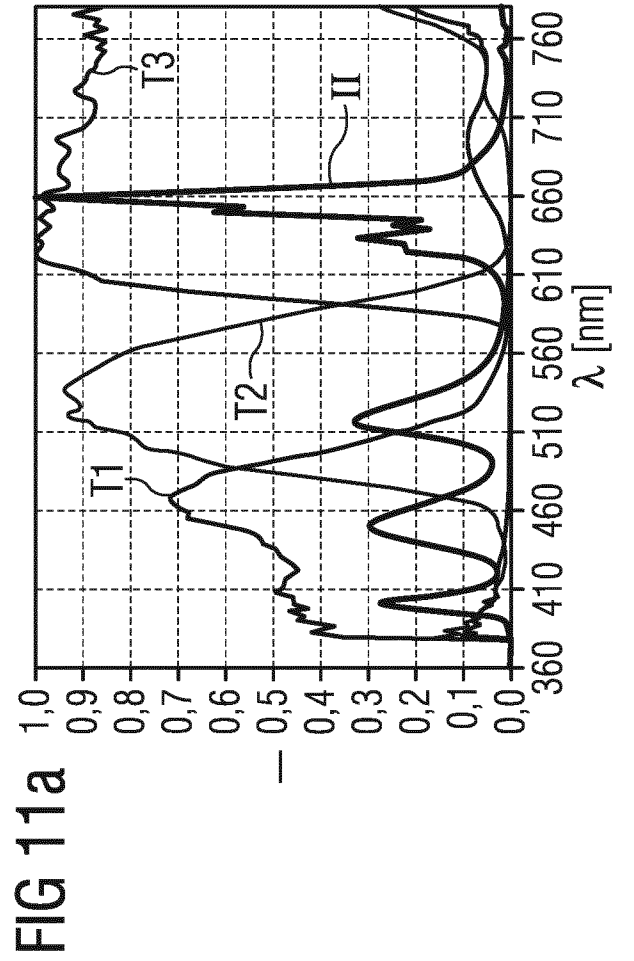
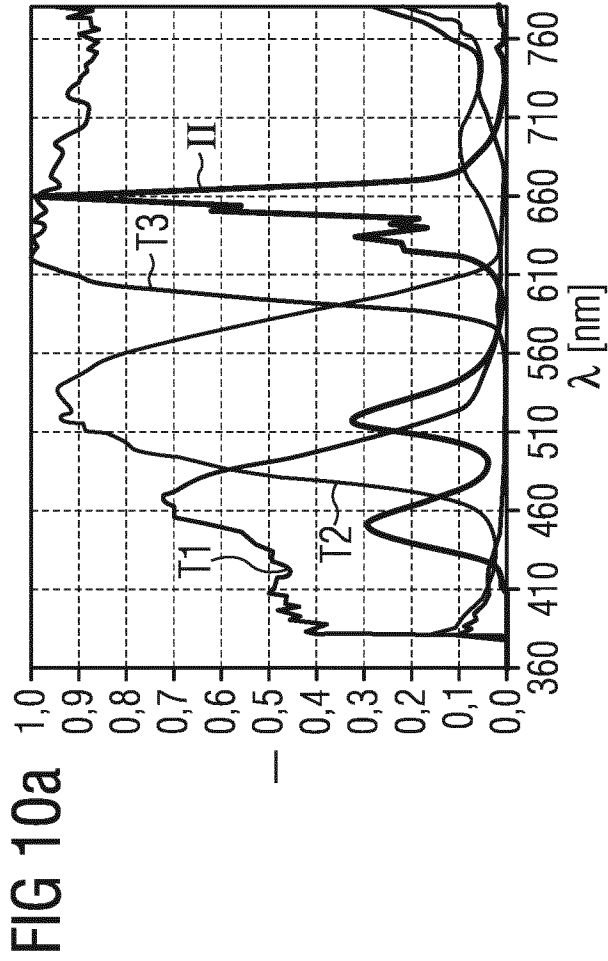
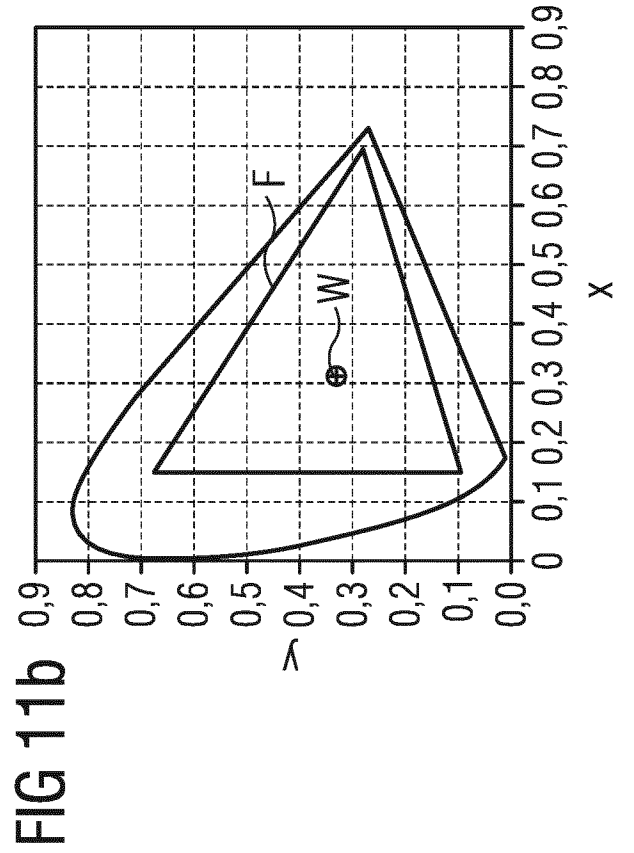
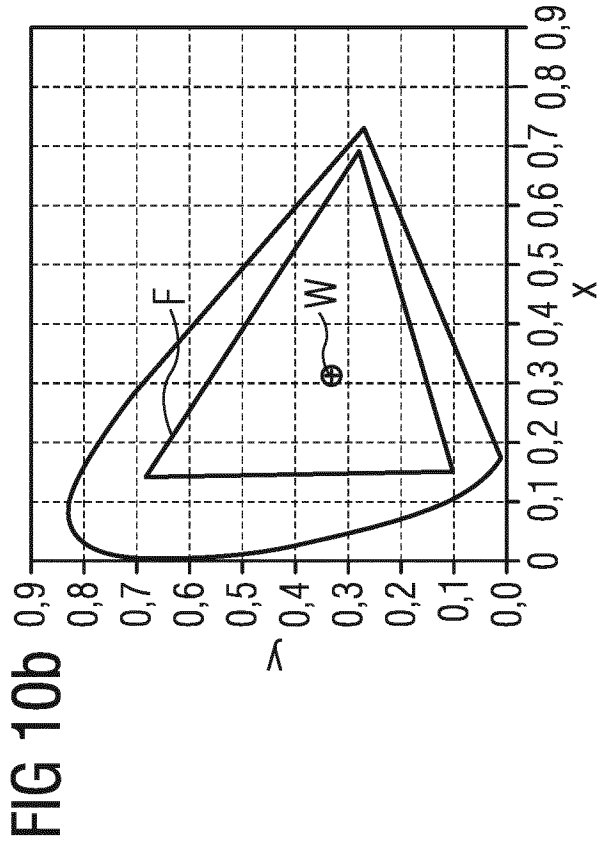


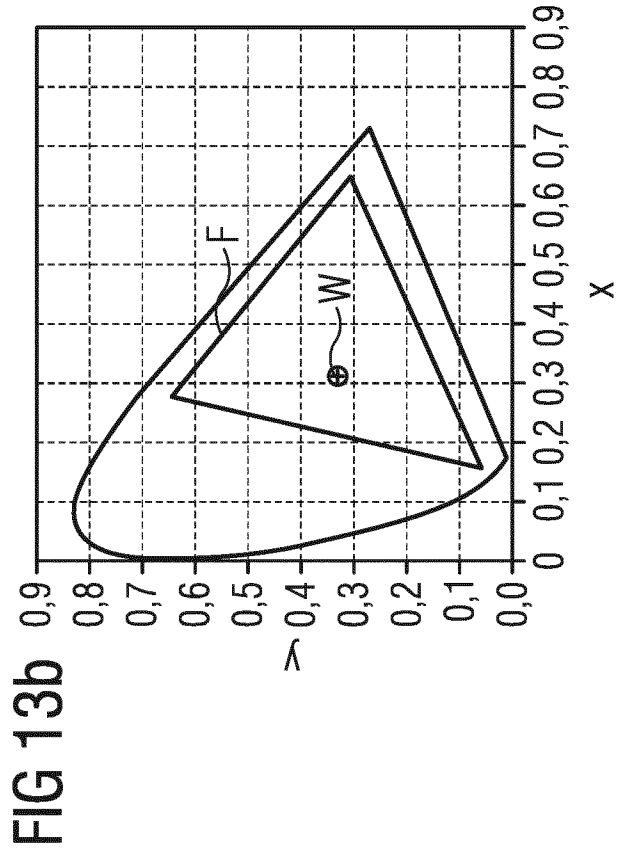
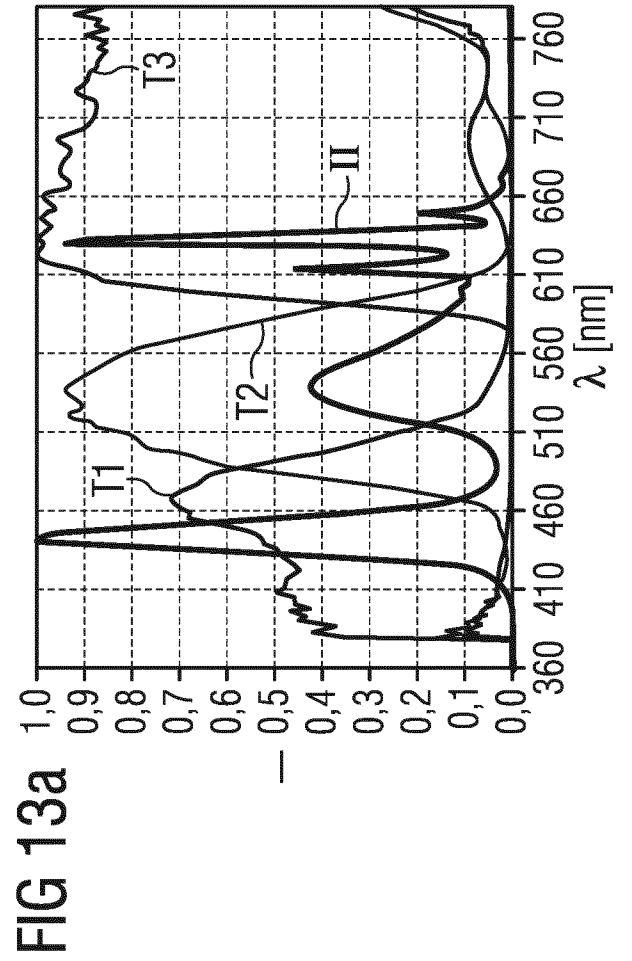
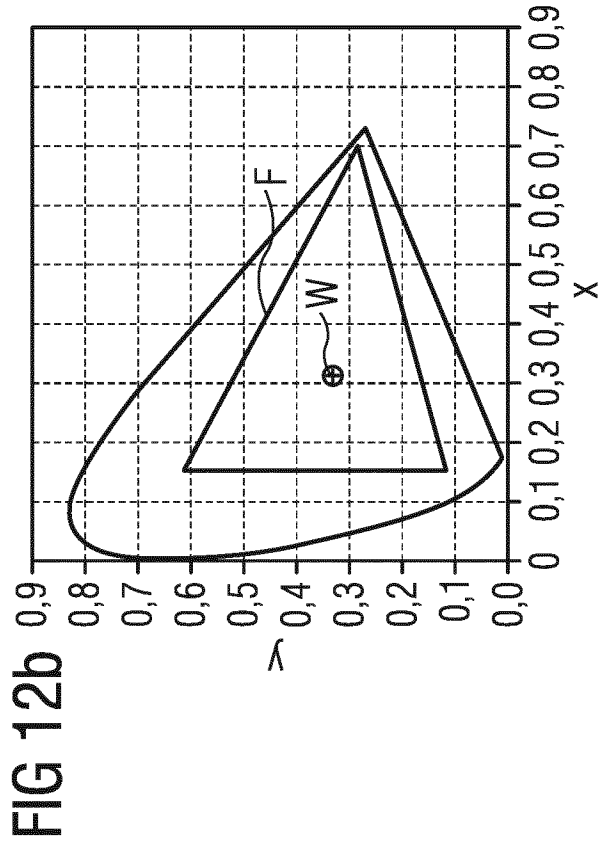
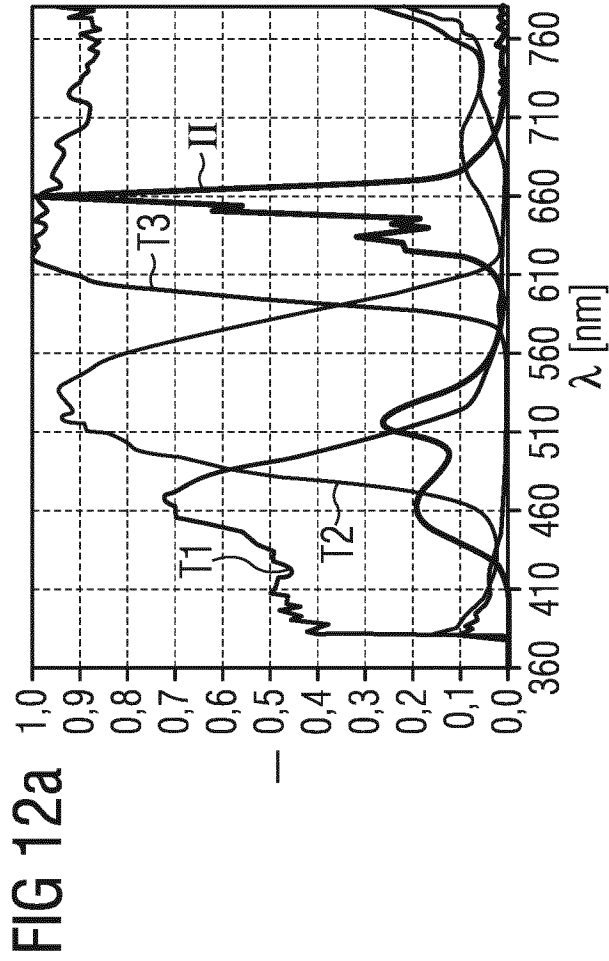


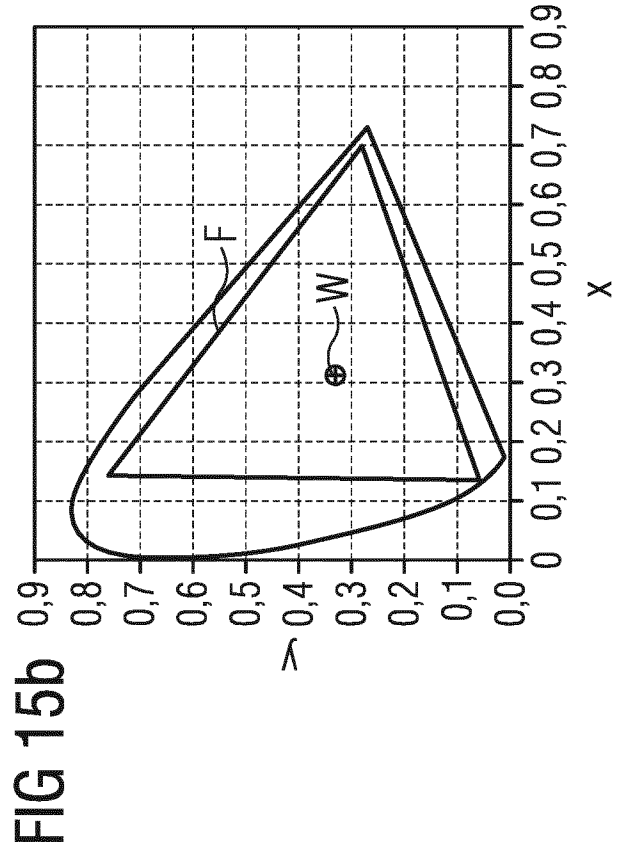
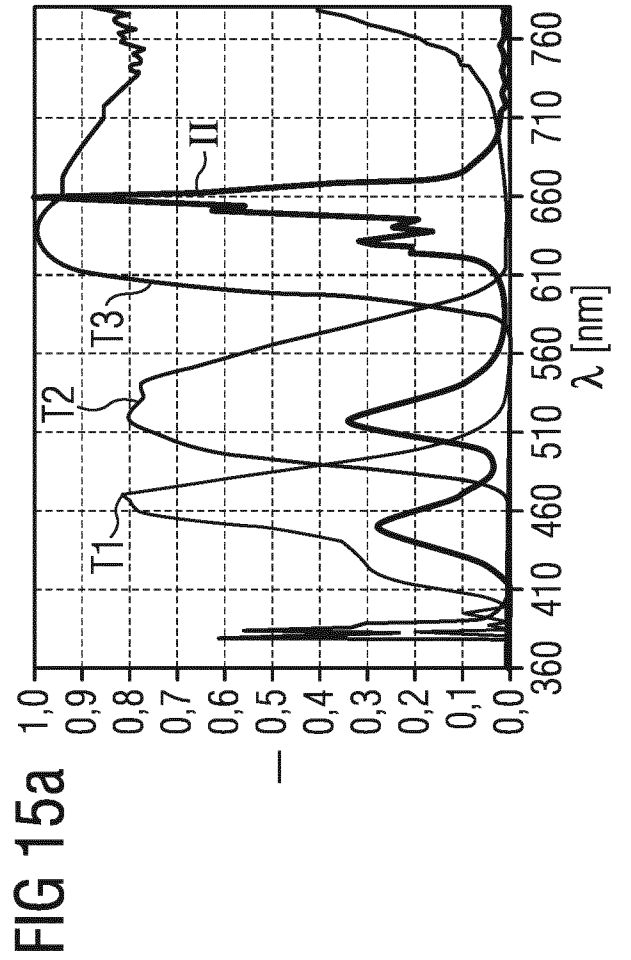
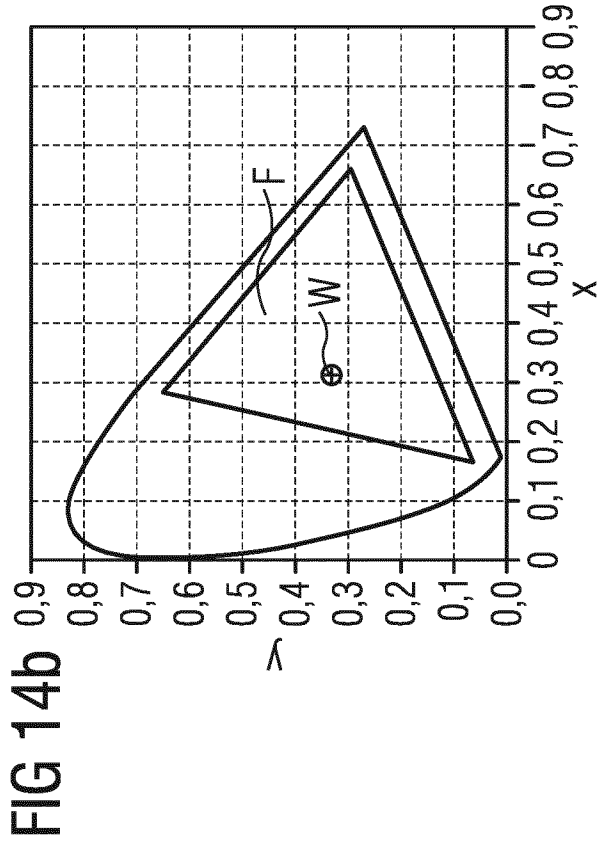
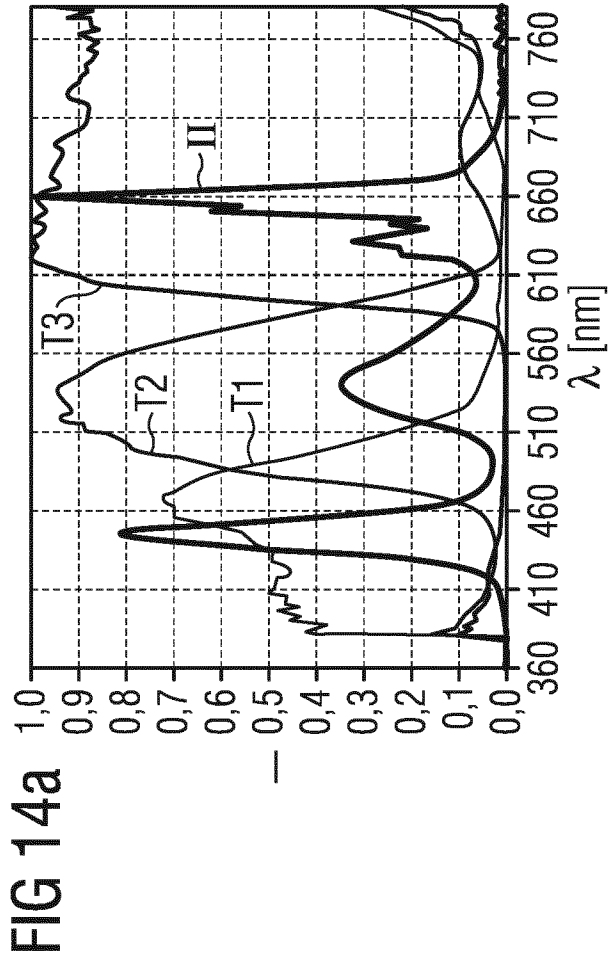












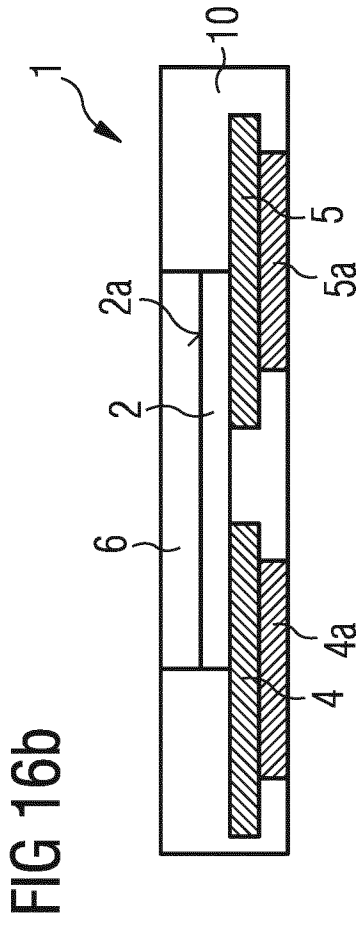


FIG 16a

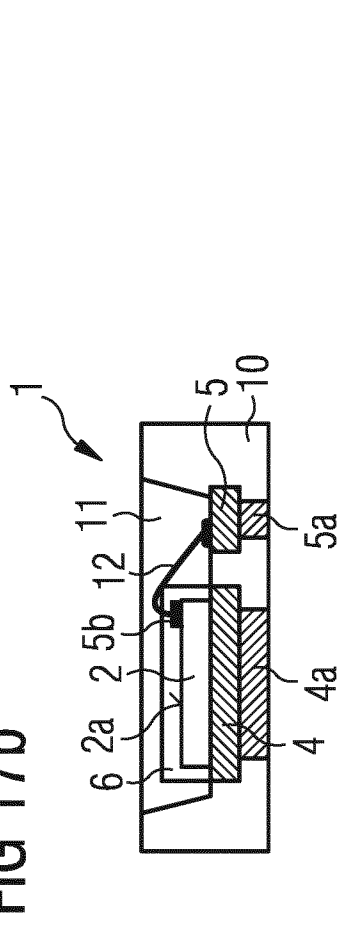


FIG 17a

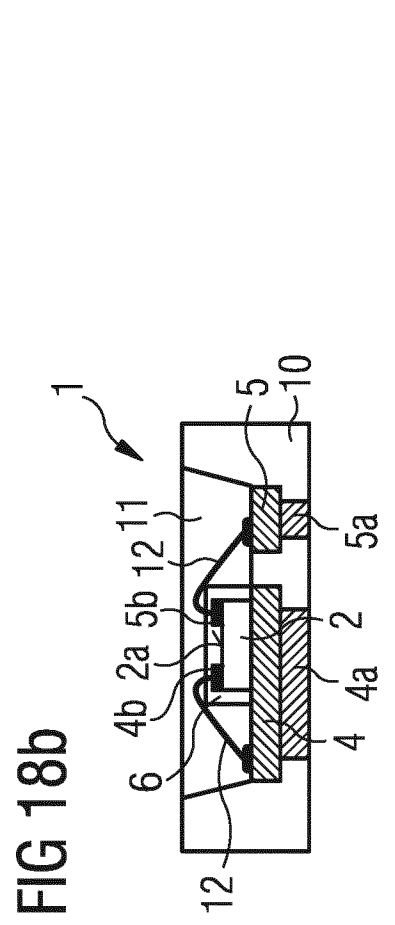


FIG 18a

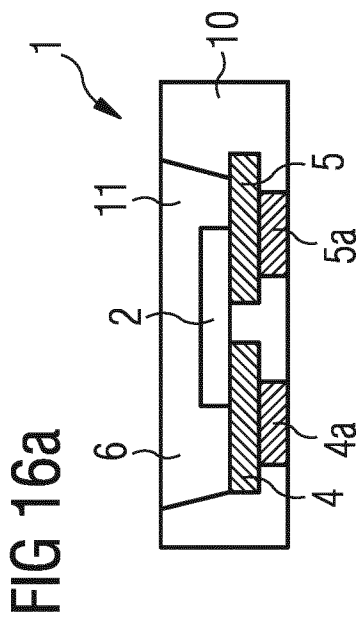


FIG 16b

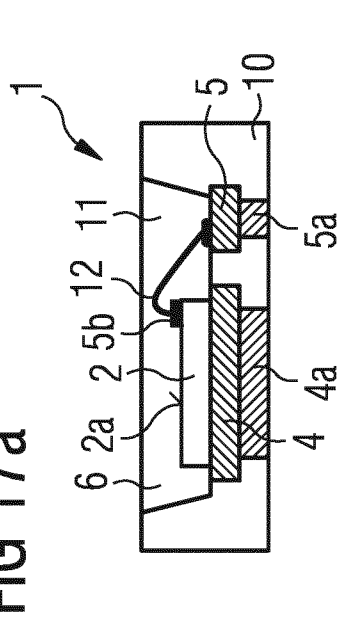


FIG 17b

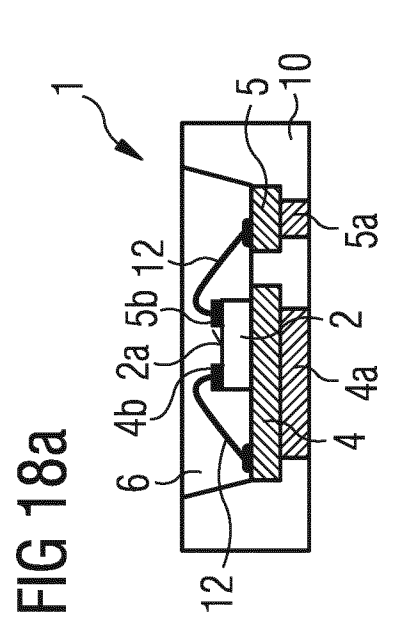


FIG 18b

FIG 19

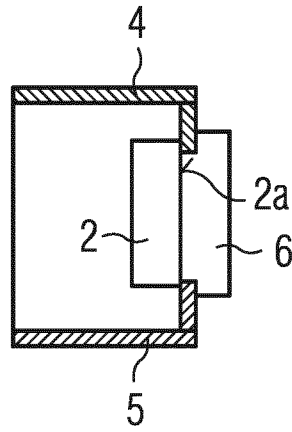


FIG 20a

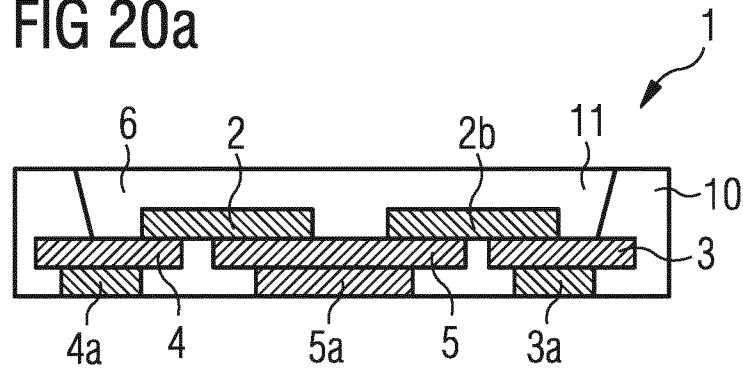


FIG 20b

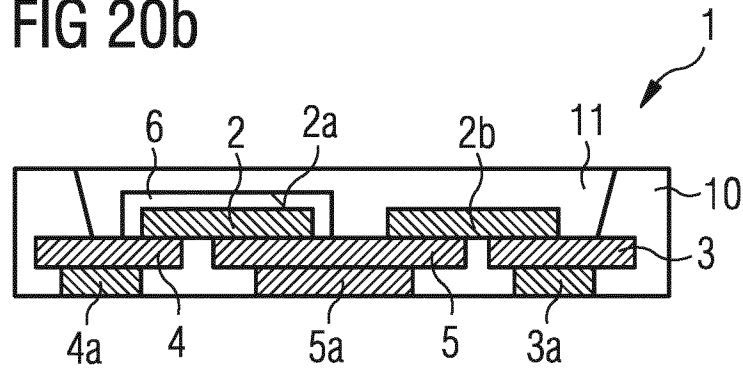


FIG 21

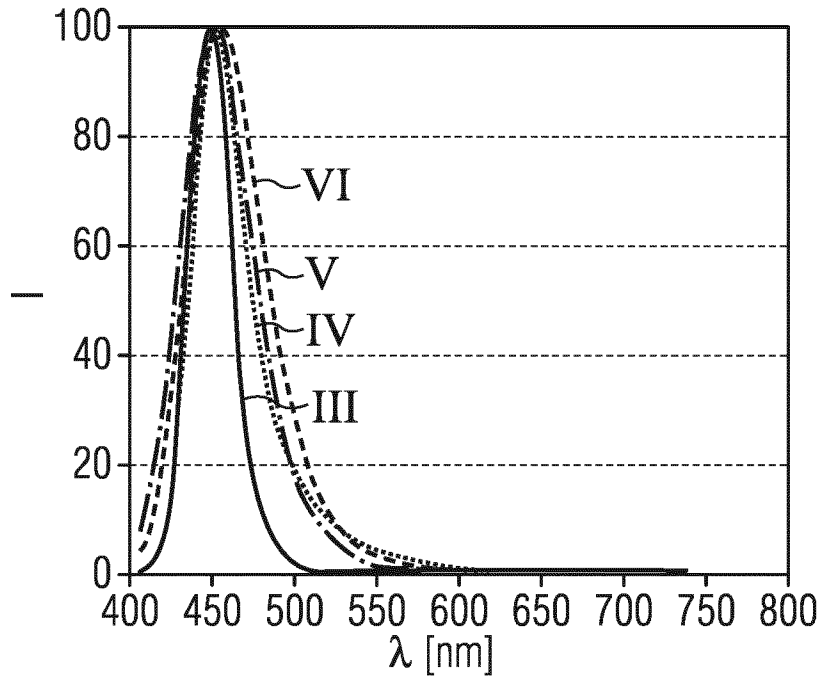


FIG 22

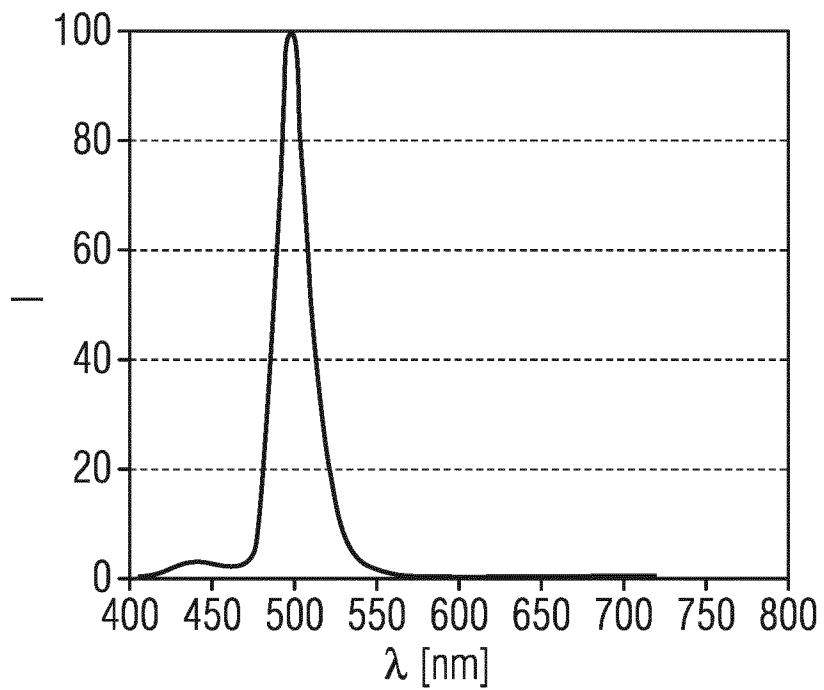


FIG 23

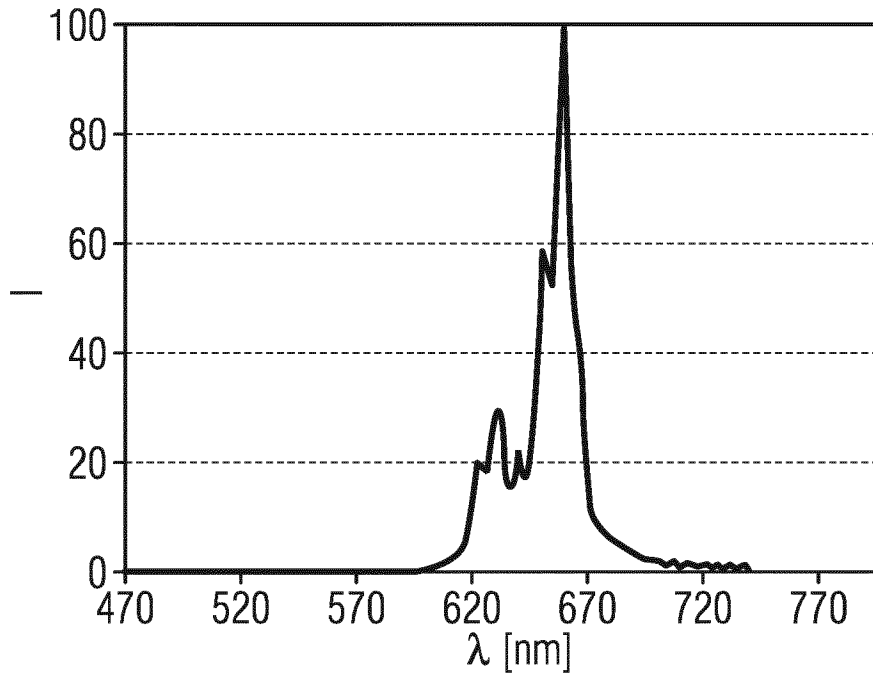


FIG 23A

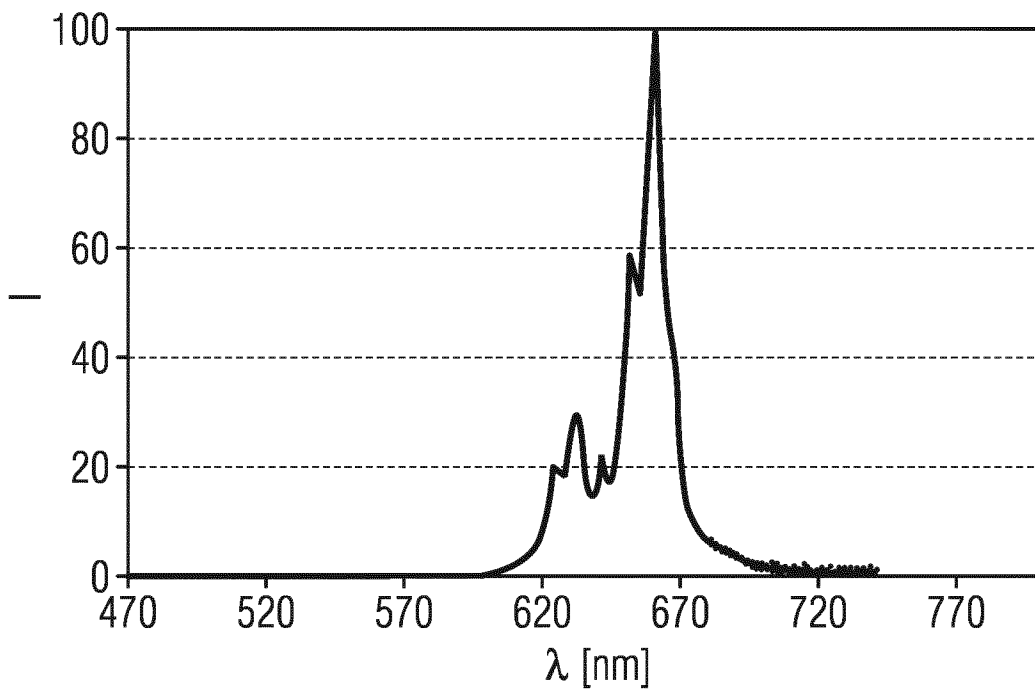


FIG 24

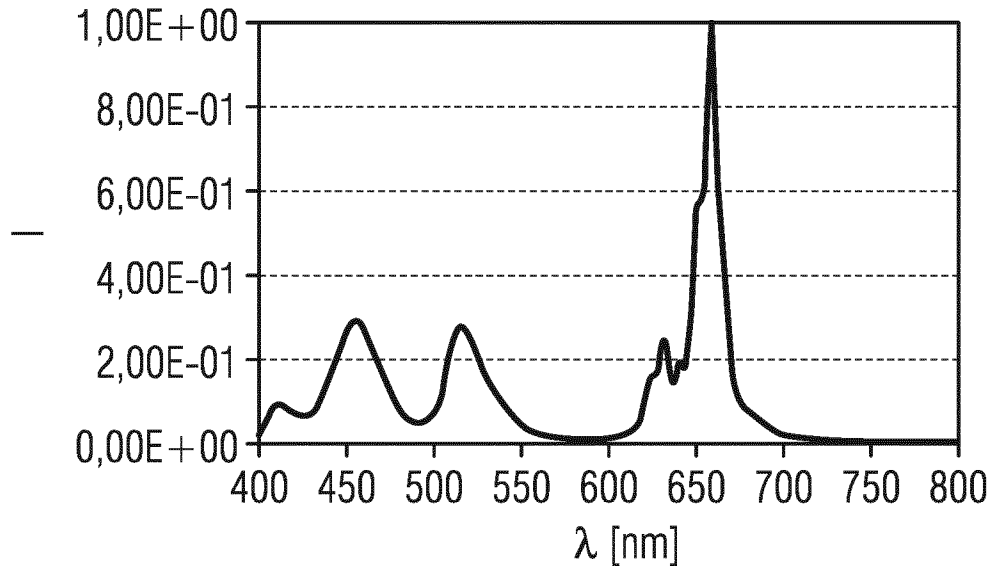


FIG 25

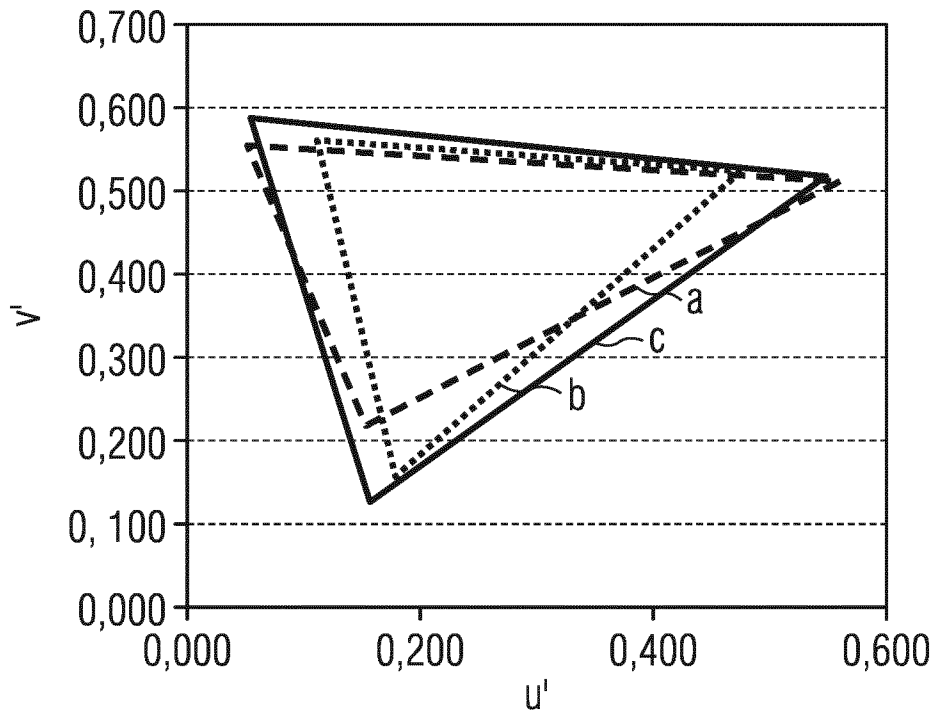


FIG 26

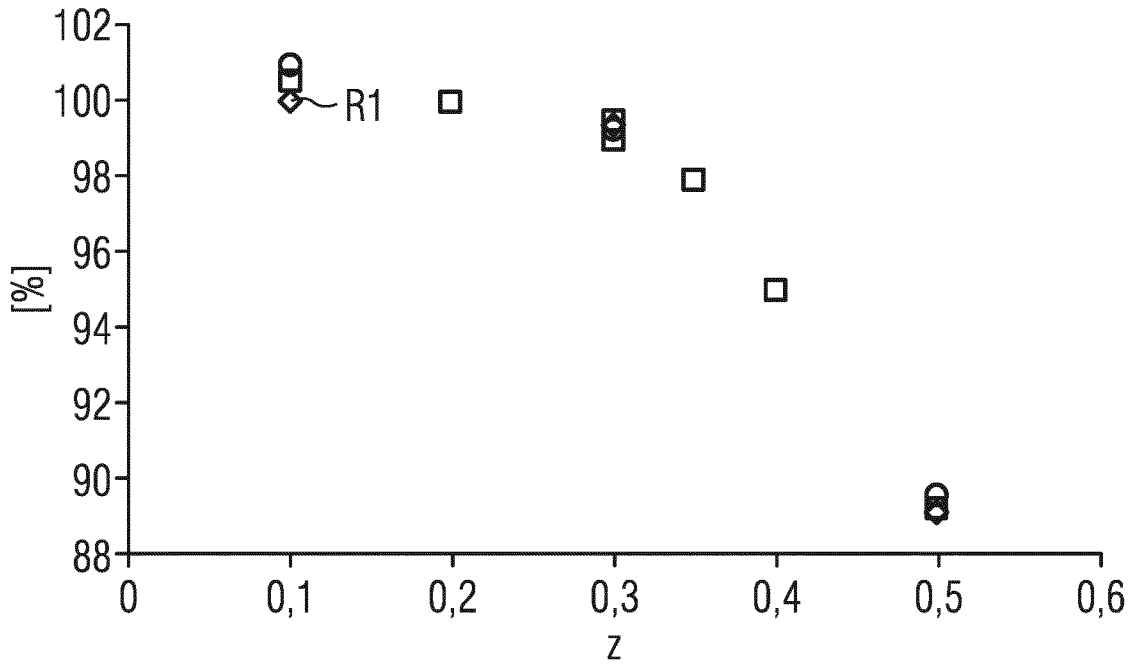


FIG 27A

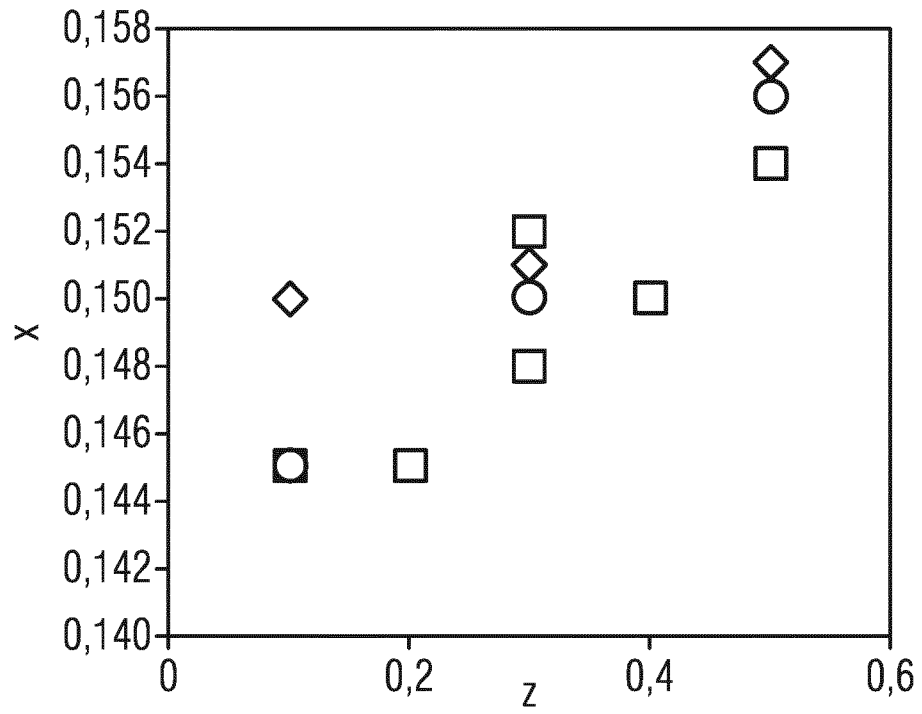


FIG 27B

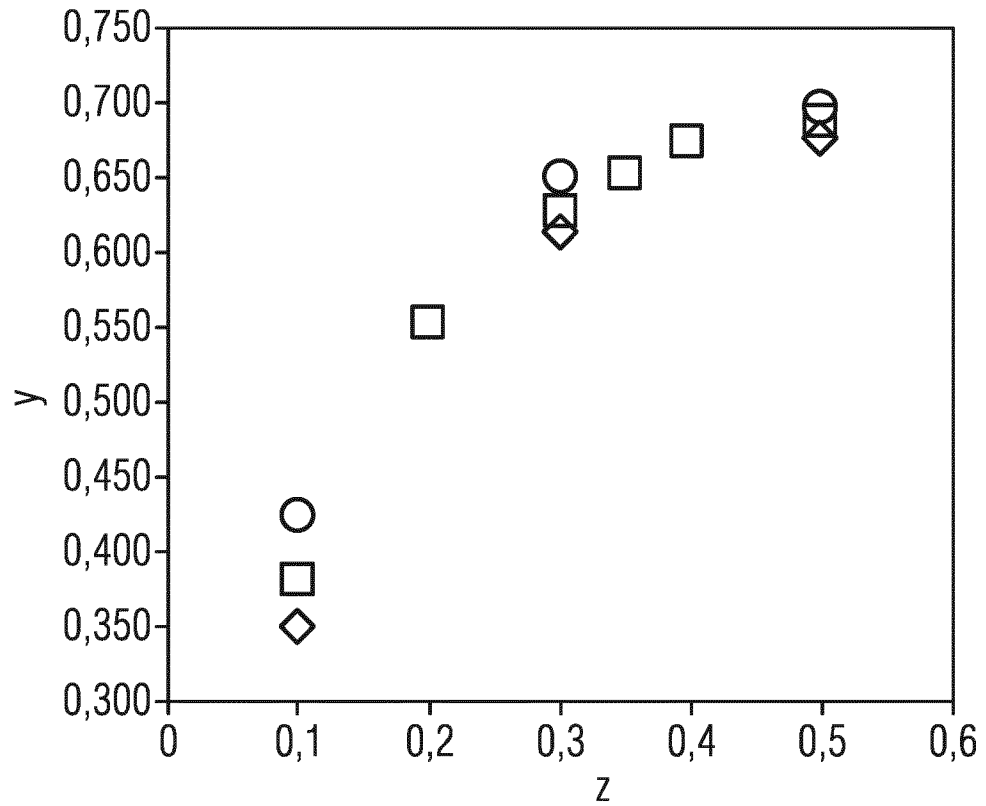


FIG 28

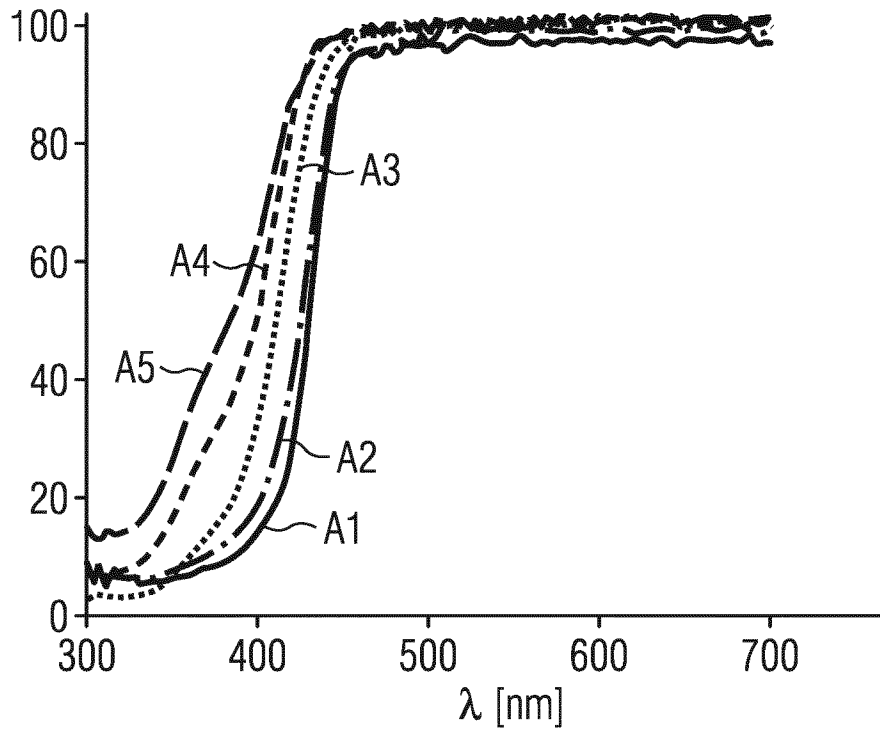


FIG 29

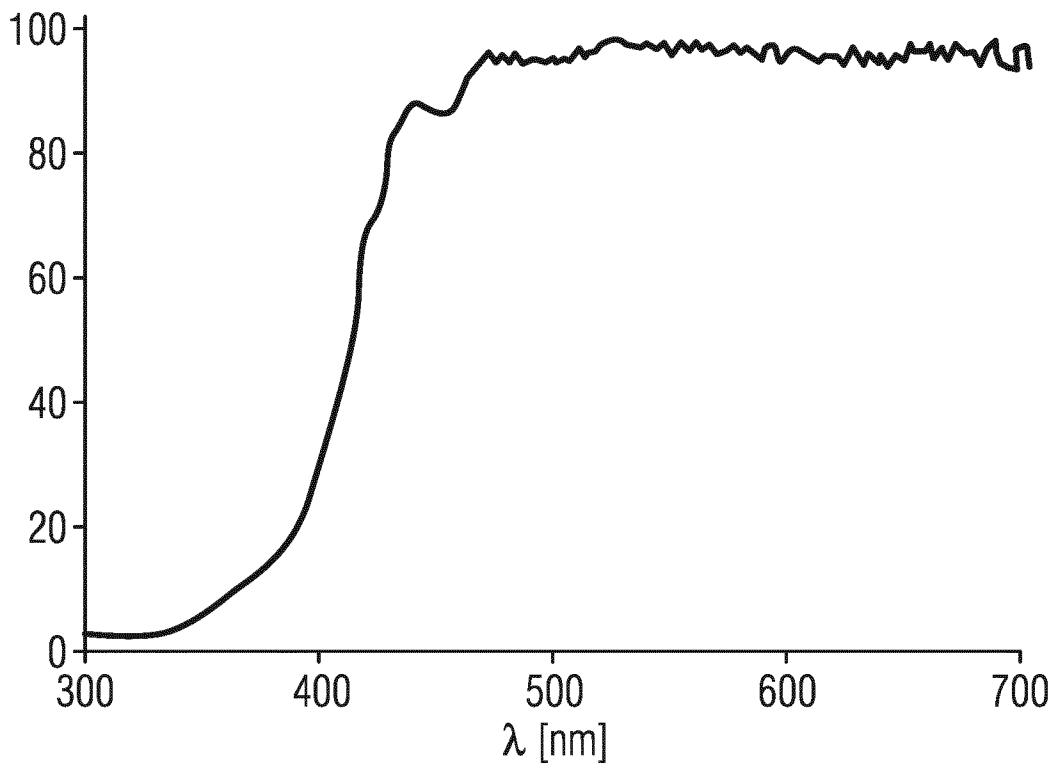


FIG 30

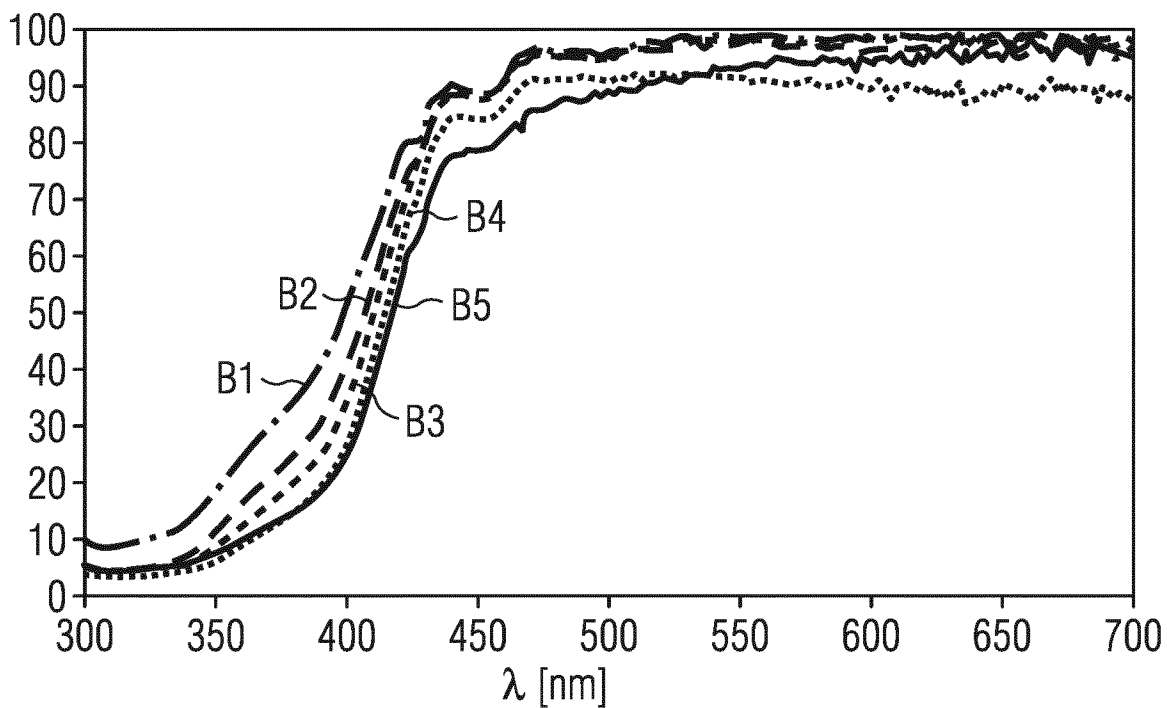
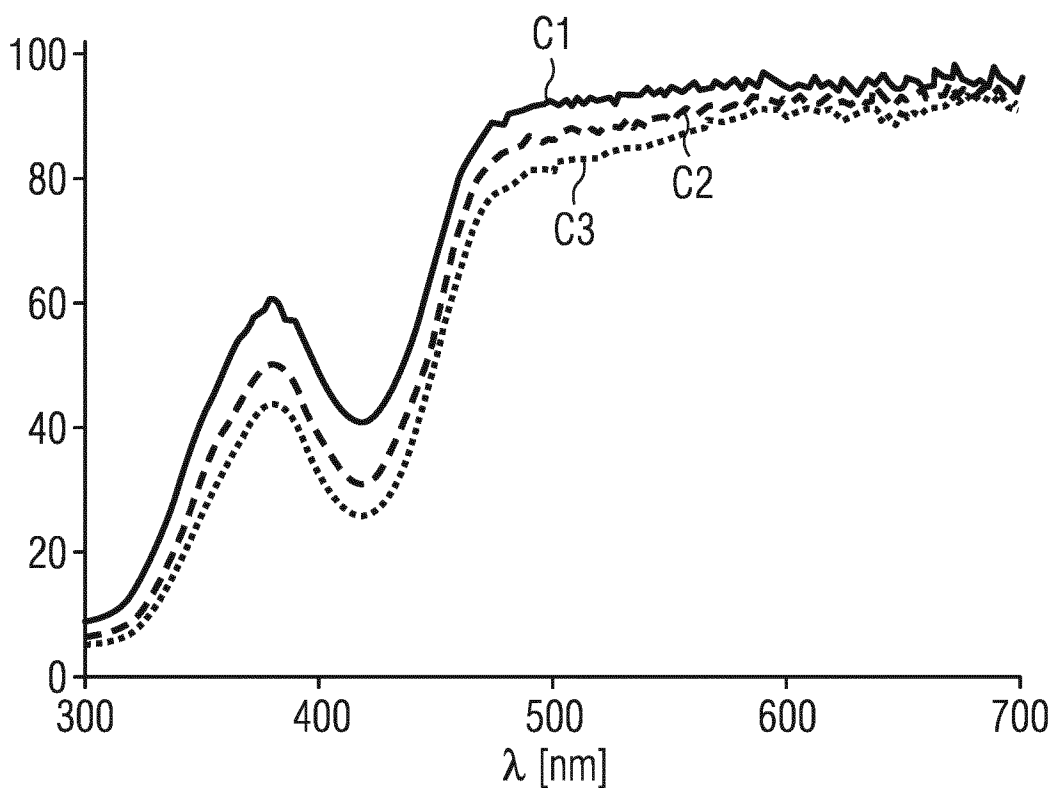


FIG 31



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F21K99/00 C09K11/77
 ADD. H01L33/50 C09K11/08

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)
 H01L F21K C09K

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, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/154195 A1 (ISHII TSUTOMU [JP] ET AL) 18 June 2009 (2009-06-18) abstract; claims 3,4,13,14 paragraphs [0029], [0041] - [0043] paragraphs [0057] - [0072] -----	1-14
Y	US 2012/043559 A1 (HIRAMATSU RYOSUKE [JP]) 23 February 2012 (2012-02-23) abstract; claim 2; figures 5, 7 paragraphs [0005], [0074], [0084], [0085] -----	1-14
A	US 2013/299816 A1 (BESHO HISANORI [JP] ET AL) 14 November 2013 (2013-11-14) paragraphs [0122] - [0124] -----	1-14
	-/--	

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 20 June 2016	Date of mailing of the international search report 29/06/2016
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Faderl, Ingo
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060720

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/009905 A1 (KOBAYASHI YUHKI [JP] ET AL) 9 January 2014 (2014-01-09) paragraphs [0075] - [0077] -----	1-14
A	EP 2 568 513 A1 (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]) 13 March 2013 (2013-03-13) paragraphs [0009], [0010] paragraphs [0087], [0099] -----	1-14
A	US 2006/226759 A1 (MASUDA MASATSUGU [JP] ET AL) 12 October 2006 (2006-10-12) abstract; tables 3, 6 -----	1-14
A	US 2011/006334 A1 (ISHII TSUTOMU [JP] ET AL) 13 January 2011 (2011-01-13) page 11, paragraph 210 - page 12, paragraph 233 page 20 - page 23 -----	1-14
A	US 2012/008647 A1 (MATSUDA NAOTOSHI [JP] ET AL) 12 January 2012 (2012-01-12) paragraphs [0020], [0021] -----	1
A	EP 2 172 983 A1 (SHARP KK [JP]) 7 April 2010 (2010-04-07) paragraphs [0044], [0048] -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060720

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2009154195	A1	18-06-2009	JP 5127455 B2	23-01-2013
			TW I323045 B	01-04-2010
			US 2009154195 A1	18-06-2009
			WO 2007037339 A1	05-04-2007
US 2012043559	A1	23-02-2012	JP 5421205 B2	19-02-2014
			JP 2012044053 A	01-03-2012
			US 2012043559 A1	23-02-2012
US 2013299816	A1	14-11-2013	US 2013299816 A1	14-11-2013
			WO 2012090786 A1	05-07-2012
US 2014009905	A1	09-01-2014	US 2014009905 A1	09-01-2014
			WO 2012081568 A1	21-06-2012
EP 2568513	A1	13-03-2013	CN 102782887 A	14-11-2012
			EP 2535392 A1	19-12-2012
			EP 2568513 A1	13-03-2013
			EP 2703469 A1	05-03-2014
			JP 4930649 B1	16-05-2012
			JP 2012178538 A	13-09-2012
			KR 20120118469 A	26-10-2012
			KR 20120131152 A	04-12-2012
			TW 201243027 A	01-11-2012
			TW 201249962 A	16-12-2012
			WO 2012114640 A1	30-08-2012
US 2006226759	A1	12-10-2006	JP 2007049114 A	22-02-2007
			US 2006226759 A1	12-10-2006
			US 2010213821 A1	26-08-2010
			US 2014225145 A1	14-08-2014
			US 2016141465 A1	19-05-2016
US 2011006334	A1	13-01-2011	JP 5422721 B2	19-02-2014
			JP 2013012784 A	17-01-2013
			JP 2013038447 A	21-02-2013
			JP 2013201434 A	03-10-2013
			JP 2014197707 A	16-10-2014
			TW 200952217 A	16-12-2009
			US 2011006334 A1	13-01-2011
			US 2013010456 A1	10-01-2013
			US 2015060926 A1	05-03-2015
			WO 2009107535 A1	03-09-2009
US 2012008647	A1	12-01-2012	JP 5398657 B2	29-01-2014
			JP 2012018977 A	26-01-2012
			US 2012008647 A1	12-01-2012
EP 2172983	A1	07-04-2010	CN 101755345 A	23-06-2010
			CN 105185895 A	23-12-2015
			EP 2172983 A1	07-04-2010
			TW 200912475 A	16-03-2009
			US 2010181580 A1	22-07-2010
			WO 2009011205 A1	22-01-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F21K99/00 C09K11/77
 ADD. H01L33/50 C09K11/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L F21K C09K

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, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2009/154195 A1 (ISHII TSUTOMU [JP] ET AL) 18. Juni 2009 (2009-06-18) Zusammenfassung; Ansprüche 3,4,13,14 Absätze [0029], [0041] - [0043] Absätze [0057] - [0072] -----	1-14
Y	US 2012/043559 A1 (HIRAMATSU RYOSUKE [JP]) 23. Februar 2012 (2012-02-23) Zusammenfassung; Anspruch 2; Abbildungen 5, 7 Absätze [0005], [0074], [0084], [0085] -----	1-14
A	US 2013/299816 A1 (BESSHO HISANORI [JP] ET AL) 14. November 2013 (2013-11-14) Absätze [0122] - [0124] ----- -/--	1-14



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

20. Juni 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/06/2016

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

Faderl, Ingo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2014/009905 A1 (KOBAYASHI YUHKI [JP] ET AL) 9. Januar 2014 (2014-01-09) Absätze [0075] - [0077] -----	1-14
A	EP 2 568 513 A1 (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]) 13. März 2013 (2013-03-13) Absätze [0009], [0010] Absätze [0087], [0099] -----	1-14
A	US 2006/226759 A1 (MASUDA MASATSUGU [JP] ET AL) 12. Oktober 2006 (2006-10-12) Zusammenfassung; Tabellen 3, 6 -----	1-14
A	US 2011/006334 A1 (ISHII TSUTOMU [JP] ET AL) 13. Januar 2011 (2011-01-13) Seite 11, Absatz 210 - Seite 12, Absatz 233 Seite 20 - Seite 23 -----	1-14
A	US 2012/008647 A1 (MATSUDA NAOTOSHI [JP] ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12) Absätze [0020], [0021] -----	1
A	EP 2 172 983 A1 (SHARP KK [JP]) 7. April 2010 (2010-04-07) Absätze [0044], [0048] -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060720

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009154195 A1	18-06-2009	JP 5127455 B2	23-01-2013
		TW I323045 B	01-04-2010
		US 2009154195 A1	18-06-2009
		WO 2007037339 A1	05-04-2007
US 2012043559 A1	23-02-2012	JP 5421205 B2	19-02-2014
		JP 2012044053 A	01-03-2012
		US 2012043559 A1	23-02-2012
US 2013299816 A1	14-11-2013	US 2013299816 A1	14-11-2013
		WO 2012090786 A1	05-07-2012
US 2014009905 A1	09-01-2014	US 2014009905 A1	09-01-2014
		WO 2012081568 A1	21-06-2012
EP 2568513 A1	13-03-2013	CN 102782887 A	14-11-2012
		EP 2535392 A1	19-12-2012
		EP 2568513 A1	13-03-2013
		EP 2703469 A1	05-03-2014
		JP 4930649 B1	16-05-2012
		JP 2012178538 A	13-09-2012
		KR 20120118469 A	26-10-2012
		KR 20120131152 A	04-12-2012
		TW 201243027 A	01-11-2012
		TW 201249962 A	16-12-2012
		WO 2012114640 A1	30-08-2012
US 2006226759 A1	12-10-2006	JP 2007049114 A	22-02-2007
		US 2006226759 A1	12-10-2006
		US 2010213821 A1	26-08-2010
		US 2014225145 A1	14-08-2014
		US 2016141465 A1	19-05-2016
US 2011006334 A1	13-01-2011	JP 5422721 B2	19-02-2014
		JP 2013012784 A	17-01-2013
		JP 2013038447 A	21-02-2013
		JP 2013201434 A	03-10-2013
		JP 2014197707 A	16-10-2014
		TW 200952217 A	16-12-2009
		US 2011006334 A1	13-01-2011
		US 2013010456 A1	10-01-2013
		US 2015060926 A1	05-03-2015
WO 2009107535 A1	03-09-2009		
US 2012008647 A1	12-01-2012	JP 5398657 B2	29-01-2014
		JP 2012018977 A	26-01-2012
		US 2012008647 A1	12-01-2012
EP 2172983 A1	07-04-2010	CN 101755345 A	23-06-2010
		CN 105185895 A	23-12-2015
		EP 2172983 A1	07-04-2010
		TW 200912475 A	16-03-2009
		US 2010181580 A1	22-07-2010
		WO 2009011205 A1	22-01-2009