



(10) **DE 10 2018 101 428 A1** 2019.07.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 101 428.7**

(22) Anmeldetag: **23.01.2018**

(43) Offenlegungstag: **25.07.2019**

(51) Int Cl.: **H01L 33/50** (2010.01)

C09K 11/80 (2006.01)

C09K 11/79 (2006.01)

C09K 11/55 (2006.01)

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:

**Butendeich, Rainer, Dr., 93161 Sinzing, DE;
Baumgartner, Alexander, Dr., 93093 Donaustauf,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| DE | 10 2009 037 730 | A1 |
| US | 2017 / 0 342 320 | A1 |
| WO | 2013/ 000 615 | A1 |

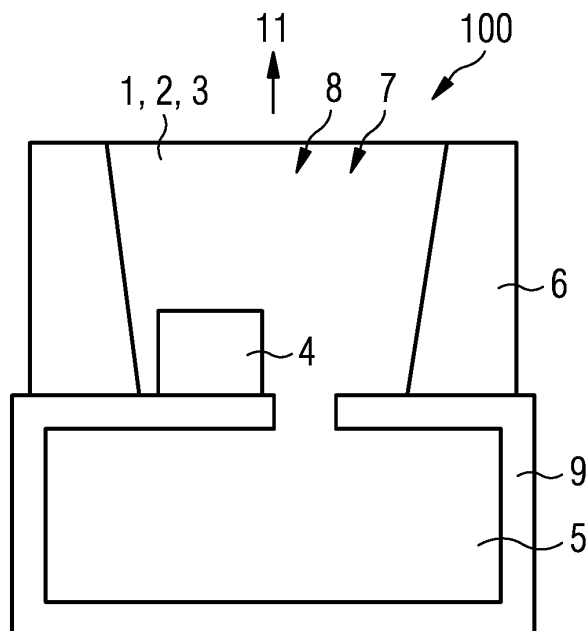
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optoelektronisches Bauelement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement (100) aufweisend: einen Halbleiterchip (4), der zur Emission von Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich befähigt ist, ein Konversionselement (10), das mindestens drei Leuchtstoffe aufweist, die jeweils zur Konversion der Primärstrahlung in Sekundärstrahlung befähigt sind, wobei der erste Leuchtstoff (1) zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich befähigt ist, wobei der zweite Leuchtstoff (2) zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt ist, wobei der dritte Leuchtstoff (3) ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff ist und zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt ist, wobei das Bauelement (100) einen Ra-Wert von mindestens 80 und einen R9-Wert von mindestens 75 aufweist, wobei das Bauelement (100) zur Emission von weißer Mischstrahlung befähigt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement

[0002] Optoelektronische Bauelemente weisen zumindest ein Konversionselement auf, das Leuchtstoffe beinhaltet. Beispielsweise ist es für die Anwendung der optoelektronischen Bauelemente für die Allgemeinbeleuchtung von Vorteil, wenn der CRI-Bereich zwischen CRI80 und CRI100 liegt. Dazu ist es von Vorteil, wenn die Leuchtstoffe eine möglichst schmalbandige Emission aufweisen. Insbesondere sind schmalbandige Leuchtstoffe von Vorteil, die Strahlung aus dem roten Spektralbereich emittieren. Ein möglicher schmalbandiger Leuchtstoff ist beispielsweise ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff. In Kombination mit einem anderen Leuchtstoff, der Strahlung aus dem grünen Spektralbereich emittiert, kann ein CRI80/90-System zusammengestellt werden.

[0003] Dieser Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff besitzt allerdings Nachteile, die sich störend auf die Applikation auswirken können. Der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff weist beispielsweise bei hohen Anregungsintensitäten Sättigungseffekte auf und führt damit zu Änderungen in Kenngrößen, wie beispielsweise dem Farbbort, CRI oder R9.

[0004] Im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtstoffen weist der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff eine große Anstiegszeit zur Emission bei Betrieb des optoelektronischen Bauelements im PWM-Dimmodus (pulse-width modulation; Rechteckpulse, beispielsweise zwischen zwei Strömen null und dem Betriebsstrom, zum Helligkeits-Dimmen, als Alternative zum Betrieb bei niedrigen Strömen) auf.

[0005] Dies führt im Vergleich zu optoelektronischen Bauelementen mit herkömmlichen Leuchtstoffen zu einer niedrigen Alterungsstabilität, sodass das optoelektronische Bauelement eine stärkere Alterung aufweist. Zudem zeigt ein derartiges optoelektronisches Bauelement, das als Rotkomponente den Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff aufweist, gerade im Hoch-CRI-Bereich (CR90+) den Nachteil, dass die CRI/R9-Einstellung schwierig zu bewerkstelligen ist und gegebenenfalls den einsetzbaren CCT-Bereich einschränkt.

[0006] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein optoelektronisches Bauelement bereitzustellen, das die oben beschriebenen Nachteile überwindet.

[0007] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Gegenstands sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und gehen aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

[0008] In zumindest einer Ausführungsform weist das optoelektronische Bauelement einen Halbleiterchip auf. Der Halbleiterchip ist zur Emission von Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich befähigt. Das optoelektronische Bauelement weist ein Konversionselement auf. Das Konversionselement weist mindestens drei Leuchtstoffe auf. Insbesondere weist das Konversionselement genau drei Leuchtstoffe auf. Die Leuchtstoffe sind jeweils zur Konversion der Primärstrahlung in Sekundärstrahlung befähigt. Die drei Leuchtstoffe können ein erster Leuchtstoff, ein zweiter Leuchtstoff und ein dritter Leuchtstoff sein. Der erste Leuchtstoff ist zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich befähigt. Der zweite Leuchtstoff ist zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt. Der dritte Leuchtstoff ist ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff. Der dritte Leuchtstoff ist zur Emission von Strahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt. Das Bauelement weist einen Ra-Wert und einen R9-Wert auf. Der Ra-Wert ist mindestens 80. Der R9-Wert ist mindestens 75. Das Bauelement ist zur Emission von weißer Mischstrahlung befähigt.

[0009] Insbesondere gilt:

[0010] Für den Ra-Wert gleich 80, ein R9-Wert von > 0 . Für den Ra-Wert von 90, ein R9-Wert von > 90 , insbesondere R9 > 95 . Für den Ra-Wert von 97, ein R9-Wert von > 90 , insbesondere R9 > 95 .

[0011] „Befähigt“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass insbesondere im Betrieb des optoelektronischen Bauelements dieses weiße Mischstrahlung emittiert. Mit anderen Worten wird die Primärstrahlung des Halbleiterchips nicht vollständig in Sekundärstrahlung konvertiert, sondern insbesondere die weiße Mischstrahlung ist eine Summe aus Primärstrahlung und Sekundärstrahlung der drei Leuchtstoffe.

[0012] Dass die Leuchtstoffe zur Emission befähigt sind, bedeutet hier, dass die Leuchtstoffe zur Absorption und/oder Transmission von Primärstrahlung und Emission von Sekundärstrahlung eingerichtet sind. Sie emittieren insbesondere die Sekundärstrahlung im Betrieb des optoelektronischen Bauelements.

[0013] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass mit dem Begriff Bauelement nicht nur fertige Bauelemente, wie beispielsweise Leuchtdioden (LEDs) oder Laserdioden, gemeint sind, sondern auch Substrate und/oder Halbleiterschichten, sodass beispielsweise bereits ein Verbund einer Kupferschicht und einer Halbleiterschicht ein Bauelement darstellen und Bestandteil eines übergeordneten zweiten Bauelements sein kann, an dem beispielsweise zusätzlich elektrische Anschlüsse vorhanden sind. Das erfindungsgemäße optoelektronische Bauelement kann beispielsweise ein Dünnschicht-Halbleiterchip, insbesondere ein Dünnschicht-Leuchtdiodenchip, sein.

[0014] Hier und im Folgenden bezeichnen Farbangaben in Bezug auf emittierende Leuchtstoffe den jeweiligen Spektralbereich der elektromagnetischen Strahlung.

[0015] Dass der erste Leuchtstoff zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich befähigt ist, bezieht sich hier insbesondere auf Wellenlängen oder Peak-Wellenlängen im Bereich von 500 nm bis 580 nm.

[0016] Dass der zweite und/oder dritte Leuchtstoff zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt ist/sind, bezieht sich hier insbesondere auf Wellenlängen oder Peak-Wellenlängen zwischen 580 nm und 650 nm.

[0017] Dass der Halbleiterchip zur Emission von Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich befähigt ist, bezieht sich hier insbesondere auf Wellenlängen oder Peak-Wellenlängen von 430 nm bis 470 nm.

[0018] Das Bauelement ist zur Emission von weißer Mischstrahlung befähigt. Mischstrahlung bedeutet hier insbesondere die Summe aus Primärstrahlung und Sekundärstrahlung. Das Bauelement weist also eine Teilkonversion auf. Als weiße Mischstrahlung kann hier und im Folgenden Licht mit einem Farbort bezeichnet werden, der dem Farbort eines Planck'schen Schwarzkörperstrahlers entspricht oder um weniger als 0,07 und bevorzugt um weniger als 0,05, beispielsweise 0,03, in Cx- und/oder Cy-Farbortkoordinaten vom Farbort eines Planck'schen Schwarzkörperstrahlers abweicht. Weiterhin kann ein hier und im Folgenden als weißer Leuchteindruck bezeichneter Leuchteindruck durch Licht hervorgerufen werden, das einen einem Fachmann bekannten Farbwiedergabeindex („color rendering index“, CRI) von größer oder gleich 70, bevorzugt größer oder gleich 80 und besonders bevorzugt von größer oder gleich 90 oder 95 aufweist.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das optoelektronische Bauelement eine anorganische Leuchtdiode, kurz LED.

[0020] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das optoelektronische Bauelement einen Halbleiterchip auf. Der Halbleiterchip ist zur Emission von Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich befähigt. Insbesondere emittiert der Halbleiterchip im Betrieb des Bauelements Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich. Der Halbleiterchip weist insbesondere eine Halbleiterschichtenfolge auf. Die Halbleiterschichtenfolge weist Halbleitermaterialien auf. Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich zum Beispiel um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $\text{AlIn}_{1-n}\text{mGa}_n\text{N}$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$ ist. Bevorzugt gilt dabei für zumindest eine Schicht oder für alle Schichten der Halbleiterschichtenfolge: $0 < n \leq 0,8$, $0,4 \leq m < 1$ und $n + m \leq 0,95$ sowie $0 < k \leq 0,5$. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, Ga, In oder N, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

[0021] Die Halbleiterschichtenfolge kann als aktiven Bereich beispielsweise einen herkömmlichen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfachquantentopfstruktur oder eine Mehrfachquantentopfstruktur aufweisen. Die Halbleiterschichtenfolge kann neben dem aktiven Bereich weitere funktionelle Schichten und funktionelle Bereiche umfassen, etwa p- oder n-dotierte Ladungsträgertransportschichten, also Elektronen- oder Löchertransportschichten, p- oder n-dotierte Konfinement- oder Cladding-Schichten, Pufferschichten und/oder Elektroden sowie Kombinationen daraus. Solche Strukturen im aktiven Bereich oder die weiteren funktionellen Schichten und Bereiche betreffend sind dem Fachmann insbesondere hinsichtlich Aufbau, Funktion und Struktur bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht näher erläutert.

[0022] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement ein Konversionselement auf. Das Konversionselement weist mindestens drei Leuchtstoffe auf. Insbesondere weist das Konversionselement genau drei Leuchtstoffe auf. Die drei Leuchtstoffe sind ein erster Leuchtstoff, ein zweiter Leuchtstoff und ein dritter Leuchtstoff. Jeder der Leuchtstoffe ist zur Konversion von der vom Halbleiterchip emittierten Primärstrahlung in Sekundärstrahlung befähigt. Mit anderen Worten sind die jeweiligen Leuchtstoffe dazu eingerichtet, im Betrieb des Bauelements die von dem Halbleiterchip emittierte Primärstrahlung in Sekundärstrahlung zu konvertieren. Vorzugsweise ist das Konversionselement im Strahlengang der Primärstrahlung angeordnet. Das Konversionselement ist zur Teilkonversion befähigt. Mit anderen Worten wird die Primärstrahlung hier nicht vollständig in Sekundärstrahlung konvertiert, sondern die aus dem Bauelement austretende Gesamtstrahlung ist eine Summe aus Primär- und Sekundärstrahlung. Insbesondere ist die Gesamtstrahlung weiße Mischstrahlung.

[0023] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement einen Ra-Wert auf. Der Farbwiedergabeindex Ra (oder auch CRI für Colour Rendering Index) ist eine Kennzahl, mit der die Qualität der Farbwiedergabe von Lichtquellen beschrieben wird. Der Index a im Formelzeichen steht für den allgemeinen Farbwiedergabeindex, der als Mittelwert aus den ersten acht Testfarben berechnet wird.

[0024] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Ra-Wert mindestens 80. Insbesondere ist der Ra-Wert größer oder gleich 90, vorzugsweise größer oder gleich 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 und/oder 99.

[0025] Zusätzlich weist das Bauelement einen R9-Wert auf. Von den nach DIN insgesamt 14 Testfarben, gehen in den RA (CRI) lediglich die ersten acht ein (Mischfarben). Die neunte Testfarbe ist gesättigtes rot. Der R9-Wert ist also ein Maß für den rot-Anteil im Spektrum. Der R9-Wert gibt einen höheren Farbwiedergabeindex für gesättigtes Rot an.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der R9-Wert mindestens 75. Vorzugsweise ist der R9-Wert größer oder gleich 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 oder 99.

[0027] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Dominanzwellenlänge λ_{dom} des blauen Spektralbereichs des Halbleiterchips kleiner als 455 nm, 450 nm, 454 nm oder 445 nm. Die Dominanzwellenlänge kann auch die Peakwellenlänge λ_{peak} sein.

[0028] Die Dominanzwellenlänge oder dominante Wellenlänge ist insbesondere diejenige Wellenlänge, die sich als Schnittpunkt der Spektralfarblinie der CIE-Norm-Farbtabelle mit einer geraden Linie ergibt, wobei diese gerade Linie, ausgehend vom Weißpunkt in der CIE-Norm-Farbtabelle durch den tatsächlichen Farbort der Strahlung verläuft. Im Allgemeinen ist die dominante Wellenlänge oder Dominanzwellenlänge von der Hauptpeakwellenlänge verschieden.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Konversionselement einen ersten Leuchtstoff auf. Der erste Leuchtstoff ist zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich befähigt.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff aus folgender Gruppe oder Kombinationen daraus ausgewählt: Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat, Lutetium-Aluminium-Granat, Lutetium-Aluminium-Gallium-Granat, Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat, Orthosilikat, Nitridoorthosilikat.

[0031] Der Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat-Leuchtstoff kann beispielsweise $\text{Y}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}$ sein. Der Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat-Leuchtstoff kann die Strukturformel $\text{Y}_3(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ aufweisen.

[0032] Der Lutetium-Aluminium-Granat kann LuAG sein. Der Lutetium-Aluminium-Granat kann die Strukturformel $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ aufweisen.

[0033] Der Lutetium-Aluminium-Gallium-Granat kann beispielsweise LuAGaG sein. Der Lutetium-Aluminium-Gallium-Granat kann die Strukturformel $\text{Lu}_3(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ aufweisen.

[0034] Der Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat kann beispielsweise LuYAG sein. Der Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat kann die Strukturformel $(\text{Lu},\text{Y})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ aufweisen.

[0035] Nitrido-Orthosilikate können beispielsweise $\text{AE}_2\text{-x-RE}_x\text{EuaSiO}_4\text{-xNx}$ oder $\text{AE}_2\text{-x-RE}_x\text{EuaSi}_1\text{-yO}_4\text{-x-2yNx}$ mit RE = Seltenerdmetall und AE = Erdalkalimetall oder $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca},\text{Mg})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ sein.

[0036] Der erste, zweite und/oder dritte Leuchtstoff ist bevorzugt aus der folgenden Gruppe ausgewählt, sofern diese Leuchtstoffe eine Emission in dem entsprechenden Spektralbereich aufweisen: Eu^{2+} -dotierte Nitride wie $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}(\text{Ca}, \text{Sr})\text{Si}_2\text{A}_{12}\text{N}_6:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSiN}_3*\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Sr}, \text{Ca})[\text{LiAl}_{13}\text{N}_4]:\text{Eu}^{2+}$; Granate aus dem allgemeinen System $(\text{Gd}, \text{Lu}, \text{Tb}, \text{Y})_3(\text{Al}, \text{Ga}, \text{D})_5(\text{O}, \text{X})_{12}:\text{RE}$ mit $\text{X} = \text{Halogenid}$, N oder zweiwertiges Element, $\text{D} = \text{dreiwertiges oder vierwertiges Element}$ und $\text{RE} = \text{Seltenerdmetalle}$ wie $\text{Lu}_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$; Eu^{2+} -dotierte Sulfide wie $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$; Eu^{2+} -dotierte SiONe wie $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$; SiAlONe etwa aus dem System $\text{Li}_x\text{MyLn}_z\text{Si}_{12}-(m+n)\text{Al}(m+n)\text{O}_n\text{N}_{16-n}$; beta- SiAlONe aus dem System $\text{Si}_6-x\text{Al}_x\text{O}_y\text{N}_{8-y}:\text{RE}_z$ mit $\text{RE} = \text{Seltenerdmetalle}$; Nitrido-Orthosilikate wie $\text{AE}_2-x-\text{aRE}_x\text{EuaSiO}_4-x\text{N}_x$ oder $\text{AE}_2-x-\text{aRE}_x\text{EuaSi}_1-y\text{O}_4-x-2y\text{N}_x$ mit $\text{RE} = \text{Seltenerdmetall}$ und $\text{AE} = \text{Erdalkalimetall}$ oder wie $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$; Chlorosilikate wie $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$; Chlorophosphate wie $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca}, \text{Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$; BAM-Leuchtstoffe aus dem $\text{BaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ -System wie $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$; Halophosphate wie $\text{M}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}):(\text{Eu}^{2+}, \text{Sb}^{2+}, \text{Mn}^{2+})$; SCAP-Leuchtstoffe wie $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$. Außerdem können auch sogenannte Quantenpunkte als Konvertermaterial eingebracht werden. Quantenpunkte in der Form nanokristalliner Materialien, welche eine Gruppe II-VI-Verbindung und/oder eine Gruppe III-V-Verbindung und/oder eine Gruppe IV-VI-Verbindung und/oder Metall-Nanokristalle beinhalten, sind hierbei bevorzugt. Ferner kann der Leuchtstoff eine Quantentopfstruktur aufweisen und epitaktisch gewachsen sein.

[0037] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Konversionselement einen zweiten Leuchtstoff auf. Der zweite Leuchtstoff ist zur Emission von Strahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt. Insbesondere ist der zweite Leuchtstoff ein $\text{M}_2\text{Si}_5\text{N}_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid. M weist zumindest Eu und zusätzlich Ca , Sr und/oder Ba auf. M ist insbesondere eine Kombination aus Ca , Sr , Ba und Eu . M kann auch Ca , Sr oder Ba sein, wobei M zusätzlich eine Dotierung, beispielsweise mit Eu oder Ce , aufweist. Der Leuchtstoff ist dotiert. Die Dotierung erfolgt insbesondere mit Eu . Der Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid-Leuchtstoff kann ein Eu^{2+} -dotiertes Nitrid, wie $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}(\text{Ca}, \text{Sr})\text{Si}_2\text{A}_{12}\text{N}_6:\text{Eu}^{2+}$ oder $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSiN}_3*\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}:\text{Eu}^{2+}$ sein.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement einen dritten Leuchtstoff auf. Der dritte Leuchtstoff ist ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff. Insbesondere ist der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff ein $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$.

[0039] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der zweite Leuchtstoff eine größere Halbwertsbreite als der dritte Leuchtstoff auf. Insbesondere ist der zweite Leuchtstoff breitbandig ausgeformt, wohingegen der dritte Leuchtstoff ein schmalbandiger Leuchtstoff ist.

[0040] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der zweite Leuchtstoff eine Halbwertsbreite zwischen 60 nm und 90 nm auf.

[0041] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der dritte Leuchtstoff eine Halbwertsbreite zwischen 20 nm und 50 nm auf. Ein schmalbandiger Leuchtstoff weist insbesondere Halbwertsbreiten im Bereich 20 nm und 50 nm auf. Der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (KSF) hat ein linienartiges Spektrum aus mehreren Emissionslinien mit jeweils nur wenigen nm Halbwertsbreite. Eine gedachte Einhüllende über alle Einzellinien hätte ca. 30 nm spektrale Breite.

[0042] Der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff weist negative intrinsische Eigenschaften auf. Diese negativen Eigenschaften können zwar verbessert, jedoch nicht gänzlich eliminiert werden. Es werden daher Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoffe bisher nur eingeschränkt verwendet, da diese beispielsweise in der Anwendung von optoelektronischen Bauelementen mit Betriebsströmen und Temperaturen limitiert sind.

[0043] Die Erfinder haben nun erkannt, dass diese Nachteile des Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoffs verringert oder vermieden werden können, indem ein zweiter Leuchtstoff, der ebenfalls Strahlung aus dem roten Spektralbereich emittiert, zugegeben wird. Insbesondere ist der zweite Leuchtstoff ein stabiler Nitridleuchtstoff. Durch die Zugabe eines zweiten Leuchtstoffs kann der Hauptanteil der Konversion in dem roten Spektralbereich von dem zweiten Leuchtstoff übernommen werden, der die beschriebenen negativen Eigenschaften des Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoffs nicht aufweist. Insbesondere wird gerade so viel Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff zugegeben, wie hinsichtlich der CRI/R9-Anforderung erforderlich ist. Durch diesen Verdünnungseffekt reduzieren sich auch die Auswirkungen der negativen Eigenschaften des dritten Leuchtstoffs auf das gesamte Leuchtstoffsystem.

[0044] Die Zugabe eines breitbandigen zweiten Leuchtstoffs widerspricht dabei nicht den vorgenannten Vorteilen von schmalbandigen dritten Leuchtstoffen. Der Einsatz von schmalbandigen dritten Leuchtstoffen als langwellige Rotkomponente ist vorteilhaft hinsichtlich der Effizienz, da beispielsweise weniger Rotanteil im schwach-Lumen-bewerteten Bereich hervortritt. Der zusätzliche, kurzwellige Rotleuchtstoff kann dabei durchaus breitbandig sein. Weiterhin wird durch die Zugabe des zweiten Leuchtstoffs die Flexibilität in der Auswahl des ersten Leuchtstoffs und des verwendeten Halbleiterchips insbesondere bei Hoch-CRI-Anwendungen bewirkt.

[0045] Die Erfinder haben erkannt, dass ohne den zweiten Leuchtstoff überhaupt nur einzelne Systeme möglich sind, die die beanspruchten Ra- und R9-Werte aufweisen. Im Vergleich zu Bauelementen mit genau zwei Leuchtstoffen, beispielsweise aus einem ersten Leuchtstoff und einem dritten Leuchtstoff, also einem Kalium-Strontium-Fluorid-Leuchtstoff, werden bei solchen Bauelementen Halbleiterchips benötigt, die Primärstrahlung aus dem langen blauen Spektralbereich aufweisen. Der Grund liegt darin, dass ein einzelner Leuchtstoff den Spektralbereich zwischen blauer Halbleiterchipemission und dem rotemittierenden Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff nicht vollständig schließen kann. Die resultierende spektrale Lücke erlaubt keine hohen Ra-Werte (CRI). Dies kann allenfalls durch einen langwellig grün emittierenden ersten Leuchtstoff in Kombination mit einem sehr langwellig blauen emittierenden Halbleiterchip erfolgen.

[0046] Die Erfinder haben nun erkannt, dass sich durch die Hinzugabe eines zweiten Leuchtstoffes, der Strahlung aus dem roten Spektralbereich emittiert, eine nahezu uneingeschränkte Kombinationsmöglichkeit der Leuchtstoffe mit Kalium-Silizium-Fluorid und einem Halbleiterchip, der Strahlung aus dem blauen Spektralbereich emittiert, ergibt. Der zweite Leuchtstoff füllt die spektrale Lücke zwischen dem ersten Leuchtstoff und dem dritten Leuchtstoff und erlaubt es deswegen auch, kurzwellige erste Leuchtstoffe und entsprechend kurzwellige Halbleiterchips einzusetzen.

[0047] Mit dem hier beschriebenen erfindungsgemäßen optoelektronischen Bauelement können hohe Ra-/R9-Werte mit spektralen Effizienzen erreicht werden, die deutlich über denen von konventionellen optoelektronischen Bauelementen liegen.

[0048] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff zwischen 55 wt-% und 82 wt-%, insbesondere zwischen 55 wt-% und 60 wt%, bezogen auf den Gesamtanteil aus zweitem und drittem Leuchtstoff. Vorstellbar ist aber auch ein höher dotierter KSF-Derivat, dessen Absorption dann höher wäre und die dann dafür notwendigen Konzentrationen erniedrigen würde.

[0049] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff zwischen 80 wt-% und 84 wt-% bezogen auf den Gesamtanteil des zweiten und dritten Leuchtstoffs.

[0050] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der minimale Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff zwischen 53 wt-% und 67 wt-% bezogen auf den Gesamtanteil aus zweitem und drittem Leuchtstoff. Minimaler Anteil bedeutet hier der Anteil des dritten Leuchtstoffs an der Rotkomponente, um die erforderlichen Ra- und R9-Werte des Bauelements zu erzeugen.

[0051] Was den Anteil des dritten Leuchtstoffes an dem System betrifft, so ist der Massenanteil zwar hoch, der spektrale Anteil des dritten Leuchtstoffs an dem weißen Spektrum ist allerdings eher klein. Dies liegt insbesondere an der schlechten Absorptionseigenschaft des dritten Leuchtstoffes.

[0052] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0053] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0054] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Lutetium-Aluminium-Gallium-Granat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0055] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Lutetium-Aluminium-Granat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0056] In diesen besagten Ausführungsformen ist als dritter Leuchtstoff insbesondere der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (KSF) enthalten.

[0057] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Orthosilikat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0058] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der erste Leuchtstoff ein Nitridoorthosilikat und der zweite Leuchtstoff entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid.

[0059] Im Vergleich zu einem binären System, beispielsweise einem System aus einem Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat als Grünkomponente und einem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (KSF) als Rotkomponente, weist das hier beschriebene optoelektronische Bauelement die hier beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften auf.

[0060] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Gegenstands ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0061] Die Figuren zeigen:

Fig. 1A eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 1B eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 1C eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 1D eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 1E eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 2 den LER in Abhängigkeit von R_a eines Vergleichs- und Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 die Darstellung des Effizienzvorteils von Vergleichs- und Ausführungsbeispielen,

Fig. 4A die Abhängigkeit des R_9 von R_a eines Vergleichsbeispiels,

Fig. 4B die Abhängigkeit des R_9 von R_a von Ausführungsbeispielen,

Fig. 5A die Abhängigkeit des R_a von der Konzentration des dritten Leuchtstoffes gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 5B die Abhängigkeit des R_9 von der Konzentration des dritten Leuchtstoffes gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 5C die Effizienzvorteile in Abhängigkeit von der Konzentration des dritten Leuchtstoffs, und

Fig. 6 ein Kalium-Silizium-Fluorid-Emissionsspektrum.

[0062] In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind grundsätzlich nicht als maßstabsgerecht anzusehen. Weiterhin sind gleiche Ausführungsbeispiele von Leuchtstoffen mit den gleichen Kurzbezeichnungen versehen.

[0063] Die Tabelle 1 zeigt Bauelemente gemäß mehrerer Ausführungsformen und eines binären Vergleichsbeispiels. Diese Beispiele können Bestandteil der Ausführungsformen der nachfolgenden Figuren sein.

Tabelle 1

| Erster Leuchtstoff | Zweiter Leuchtstoff | Dritter Leuchtstoff | Wellenlänge der Primärstrahlung in nm (λ_{peak}) |
|--------------------|---------------------|---------------------|--|
| YAGaG | $M_2Si_5N_8$ | KSF | |
| YAGaG | SCASN | KSF | > 445 |
| LuAG | $M_2Si_5N_8$ | KSF | |

| Erster Leuchtstoff | Zweiter Leuchtstoff | Dritter Leuchtstoff | Wellenlänge der Primärstrahlung in nm (λ_{peak}) |
|--------------------|---------------------|---------------------|---|
| LuAG | SCASN | KSF | |
| LuAGaG | M2Si5N8 | KSF | |
| LuAGaG | SCASN | KSF | > 445 |
| LuYAG | M2Si5N8 | KSF | |
| LuYAG | SCASN | KSF | > 455 |
| Orthosilikat | M2Si5N8 | KSF | |
| Orthosilikat | SCASN | KSF | |
| Vergleich | | | |
| LuYAG | - | KSF | > 455 |

[0064] Die **Fig. 1** zeigt eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform.

[0065] Gemäß der **Fig. 1A** weist das optoelektronische Bauelement **100** einen Leiterrahmen **9** auf. Ferner weist das optoelektronische Bauelement einen Träger oder ein Substrat **5** auf. Auf dem Leiterrahmen **9** ist ein Halbleiterchip **4** angeordnet. Der Halbleiterchip **4** weist eine Halbleiterschichtenfolge auf. Der Halbleiterchip ist zur Emission von Strahlung aus dem blauen Spektralbereich, beispielsweise mit einer dominanten Wellenlänge von 450 nm, eingerichtet. Der Halbleiterchip **4** ist innerhalb einer Ausnehmung **7** angeordnet. Die Ausnehmung **7** ist Teil eines Gehäuses **6**. Die Ausnehmung **7** kann mit einem Verguss ausgefüllt sein. Der Verguss kann ein Matrixmaterial **8** aufweisen. In dem Matrixmaterial können der erste Leuchtstoff, der zweite Leuchtstoff und der dritte Leuchtstoff eingebettet sein. Die Einbettung kann homogen oder inhomogen sein. Weiterhin können weitere Partikel in dem Verguss eingebettet sein. Weitere Partikel können beispielsweise Streupartikel sein (hier nicht gezeigt). Das Matrixmaterial kann Silikon oder Epoxidharz sein.

[0066] Das Konversionselement umgibt den Halbleiterchip **4** stoff- und formschlüssig und konvertiert die von dem Halbleiterchip **4** emittierte Primärstrahlung zumindest teilweise in Sekundärstrahlung. Der erste Leuchtstoff **1** emittiert die Primärstrahlung in Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich, der zweite Leuchtstoff **2** emittiert die Primärstrahlung in Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich, insbesondere in breitbandige rote Spektralstrahlung, und der dritte Leuchtstoff **3** ist insbesondere ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff. Schmalbandig kann eine Halbwertsbreite von 20 nm bis 50 nm bedeuten.

[0067] Der dritte Leuchtstoff **3** emittiert die Primärstrahlung in Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich, vorzugsweise in schmalbandigem Spektralstrahlung. Die aus dem Bauelement **100** austretende Gesamtstrahlung ist weiße Mischstrahlung **11**. Das Bauelement weist einen Ra-Wert von mindestens 80 und einen R9-Wert von mindestens 75 auf. Der R9-Wert von 75 bezieht sich insbesondere auf eine Hoch-Ra-Lösung mit $Ra > 90$. Für CRI80 ist auch ein R9-Limit von > 0 praktikabel.

[0068] Die **Fig. 1B** zeigt eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform. Hier ist der Halbleiterchip **4** auf einem Träger oder Substrat **5** angeordnet. Das Substrat kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat aufweisen, die ausgewählt sind aus Glas, Quarz, Kunststoff, Metall, Silizium, Wafer. Insbesondere ist das Substrat ein Siliziumwafer.

[0069] Auf der Strahlungshauptseite **12** des Halbleiterchips **4** ist das Konversionselement **10** angeordnet. Das Konversionselement **10** kann ein Matrixmaterial **8** und die drei Leuchtstoffe **1**, **2** und **3** aufweisen. Das Konversionselement **10** kann beispielsweise vorgefertigt sein und in einem sogenannten Pick-and-Place-Prozess auf die Strahlungshauptfläche **12** des Halbleiterchips **4** aufgebracht werden. Vorzugsweise sind die Seitenflächen **13** des Halbleiterchips **4** frei von dem Konversionselement des Bauelements **100**.

[0070] Die **Fig. 1C** beschreibt eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform. Der Halbleiterchip **4** ist auf einem Träger **5** angeordnet. Der Träger kann beispielsweise eine Keramik sein. Das Konversionselement **10** umgibt hier allseitig den Halbleiterchip **4**. Das

Konversionselement **10** kann zumindest die drei Leuchtstoffe **1**, **2** und **3** aufweisen. Das Konversionselement **10** kann als Keramik ausgeformt sein. Alternativ sind die drei Leuchtstoffe **1**, **2** und **3** in einem Matrixmaterial **8**, beispielsweise Silikon, eingebettet.

[0071] Die **Fig. 1D** zeigt eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements **100** gemäß einer Ausführungsform. Hier ist der Halbleiterchip **4** auf dem Träger **5** angeordnet. Im Strahlengang des Halbleiterchips **4** ist ein Konversionselement **10** angeordnet. Das Konversionselement weist zumindest zwei Teilschichten auf. Die erste Teilschicht ist dem Halbleiterchip **4** direkt nachgeordnet. Die erste Teilschicht weist den ersten Leuchtstoff **1** auf. Der erste Leuchtstoff **1** kann ohne Matrixmaterial **8** oder eingebettet in einem Matrixmaterial vorliegen. Insbesondere ist die erste Teilschicht direkt auf der Strahlungshauptfläche **12** des Halbleiterchips **4** angeordnet. Der ersten Teilschicht kann eine zweite Teilschicht folgen. Die zweite Teilschicht kann eine Mischung aus zweitem Leuchtstoff **2** und drittem Leuchtstoff **3** aufweisen. Die zweite Teilschicht kann als Keramik vorliegen, oder der zweite und dritte Leuchtstoff sind in einem Matrixmaterial **8**, beispielsweise Silikon, verteilt. Die zweite Teilschicht ist der ersten Teilschicht vorzugsweise direkt nachgeordnet.

[0072] Alternativ kann die Reihenfolge der ersten und zweiten Teilschicht auch vertauscht sein. Mit anderen Worten kann die zweite Teilschicht dem Halbleiterchip **4** direkt nachfolgen, und die erste Teilschicht folgt dann der zweiten Teilschicht direkt nach.

[0073] Die **Fig. 1E** zeigt eine schematische Seitenansicht eines optoelektronischen Bauelements **100** gemäß einer Ausführungsform. Der Halbleiterchip **4** ist auf einem Träger **5** angeordnet. Das Konversionselement **10** weist drei Teilschichten auf. Die erste Teilschicht weist den ersten Leuchtstoff **1** auf. Die zweite Teilschicht weist den zweiten Leuchtstoff **2** auf. Die dritte Teilschicht weist den dritten Leuchtstoff **3** auf. Die Teilschichten können nachfolgend in Richtung weg vom Halbleiterchip **4** wie folgt angeordnet sein: erste Teilschicht, zweite Teilschicht und dritte Teilschicht.

[0074] Alternativ kann die Reihenfolge in Richtung weg vom Halbleiterchip **4** sein: zweite Teilschicht, dritte Teilschicht, erste Teilschicht.

[0075] Alternativ kann die Reihenfolge in Richtung weg vom Halbleiterchip **4** sein: dritte Teilschicht, erste Teilschicht, zweite Teilschicht.

[0076] Die **Fig. 2** zeigt die Abhängigkeit der Effizienz LER (mit der Einheit Lumen pro optischen Watt) in Abhängigkeit von dem Ra-Wert. Es sind hier Vergleichsbeispiele und Ausführungsbeispiele dargestellt. Der Bereich **20** zeigt die Vergleichsbeispiele, der Bereich **21** zeigt das optoelektronische Bauelement gemäß einer Ausführungsform.

[0077] Die Vergleichsbeispiele sind insbesondere Bauelemente, die lediglich zwei Leuchtstoffe, einen grün emittierenden Leuchtstoff und einen rot emittierenden Leuchtstoff, aufweisen. Die Vergleichsbeispiele weisen kein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff auf.

[0078] Das erfindungsgemäße Bauelement weist mindestens drei Leuchtstoffe auf und wurde bei 4000 K, bei einer Peakwellenlänge von 445, 450 und 455 nm simuliert. Im Vergleich zu den Vergleichsbeispielen zeigt das hier beschriebene erfindungsgemäße Bauelement eine hohe Lichtqualität bei gleichzeitig hoher Effizienz.

[0079] Die **Fig. 3** zeigt die LER in Abhängigkeit von R9 als Simulation. Es sind die Effizienzvorteile von Vergleichsbeispielen (**322**) und Ausführungsbeispielen (**311**, x) gezeigt. Die Vergleichsbeispiele enthalten keinen Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff. Die Ausführungsbeispiele weisen Kalium-Silizium-Fluorid auf. Die Simulation wurde bei 4000 K, bei einer Peakwellenlänge von 445 nm und einem CRI von größer 92 durchgeführt.

[0080] Das erfindungsgemäße Bauelement zeigt im Vergleich zum jeweiligen Vergleichsbeispiel eine hohe Qualität und einen hohen LER-Wert (siehe Pfeil **31** im Vergleich zum Pfeil **32**).

[0081] Die **Fig. 4A** zeigt eine Simulation des R9 in Abhängigkeit des R8-Wertes von Vergleichsbeispielen bei Wellenlängen von 445 nm, 450 nm und 455 nm.

[0082] Es ist außerdem das „Ziel-Viereck“ definiert, also der Bereich, der einen Ra-Wert von mindestens 80 und einen R9-Wert von mindestens 75 aufweist. Hier ist eine Simulation von Leuchtstofflösungen mit ausschließlich Kalium-Silizium-Fluorid als Rotkomponente in **Fig. 4A** und im Vergleich dazu ein optoelektronisches Bauelement gemäß eines Ausführungsbeispiels gemäß der **Fig. 4B** dargestellt.

[0083] Die **Fig. 4B** zeigt die Abhängigkeit des R9-Wertes von Ra bei Wellenlängen von 445 nm, 450 nm und 455 nm von Ausführungsbeispielen.

[0084] Aus dem Vergleich der beiden Grafiken der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** wird deutlich sichtbar, dass durch ein erfindungsgemäßes Bauelement mehr und bessere Kombinationsmöglichkeiten von Leuchtstoffsystemen zugänglich sind im Vergleich zum Vergleichsbeispiel mit dem geforderten Ra- und R9-Wert. Zudem wird der einsetzbare Chipwellenlängenbereich durch das hier beschriebene erfindungsgemäße Bauelement vergrößert.

[0085] Die **Fig. 5A** bis **Fig. 5B** zeigen jeweils die Abhängigkeit des Ra-Werts von der Konzentration des dritten Leuchtstoffes c KSF in %. Als dritter Leuchtstoff wird hier Kalium-Silizium-Fluorid (KSF) in Prozent % angegeben. Der Anteil c KSF in % bezieht sich auf den Gesamtanteil aus den Anteilen des zweiten und dritten Leuchtstoffs.

[0086] Die **Fig. 5C** zeigt die Effizienz LER in Abhängigkeit von der Konzentration des dritten Leuchtstoffs KSF in Prozent. Hier wurde ein Konversionselement **10** eines optoelektronischen Bauelements **100** simuliert, das einen ersten, zweiten und dritten Leuchtstoff aufweist.

[0087] Aus den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** wird deutlich, dass für eine ausreichende Farbwiedergabe eine Konzentration an KSF von 100 % in der Mischung nicht notwendig ist. Eine gleichwertige Farbwiedergabe kann auch mit zirka 60 wt-% KSF und 40 wt-% des zweiten Leuchtstoffs erreicht werden, wobei darüber hinaus noch eine Effizienzsteigerung erreicht werden kann (siehe **Fig. 5C**).

[0088] Die **Fig. 5A** zeigt eine minimale Konzentration von KSF von ungefähr 50 wt-%. Bei zirka 80 wt-% KSF bezogen auf den Gesamtanteil von zweitem und drittem Leuchtstoff ist der Ra-Wert maximal.

[0089] Die **Fig. 5B** zeigt die minimale KSF-Konzentration von 65 wt-% für R9 = 80 und ein Maximum der KSF-Konzentration von 80 wt-% bei maximalem R9-Wert von zirka 100.

[0090] Aus der Grafik der **Fig. 5C** ist ersichtlich, dass, je geringer die Konzentration des dritten Leuchtstoffs ist, die spektrale Effizienz LER umso höher ist.

[0091] Die **Fig. 6** zeigt ein Kalium-Silizium-Fluorid (KSF)-Emissionsspektrum. Es ist die Intensität in Abhängigkeit der Wellenlänge gezeigt.

[0092] Die Erfinder haben erkannt, dass durch den Einsatz einer minimalen Konzentration von dem dritten Leuchtstoff in dem optoelektronischen Bauelement gemäß der Ausführungsform eine maximale Effizienz erreicht werden kann.

[0093] Die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Merkmale können gemäß weiterer Ausführungsbeispiele auch miteinander kombiniert werden, auch wenn solche Kombinationen nicht explizit in den Figuren gezeigt sind. Weiterhin können die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele zusätzliche oder alternative Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

[0094] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

| | |
|------------|-------------------------------|
| 100 | optoelektronisches Bauelement |
| 1 | erster Leuchtstoff |
| 2 | zweiter Leuchtstoff |
| 3 | dritter Leuchtstoff |
| 4 | Halbleiterchip |
| 5 | Träger oder Substrat |

| | |
|-----------|--|
| 6 | Gehäuse |
| 7 | Ausnehmung |
| 8 | Matrixmaterial |
| 9 | Leiterrahmen |
| 10 | Konversionselement |
| 11 | Gesamtstrahlung, Mischstrahlung |
| 12 | Strahlungshauptseite des Halbleiterchips |
| 13 | Seitenflächen des Halbleiterchips |

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement (100) aufweisend:

- einen Halbleiterchip (4), der zur Emission von Primärstrahlung aus dem blauen Spektralbereich befähigt ist,
- ein Konversionselement (10), das mindestens drei Leuchtstoffe aufweist, die jeweils zur Konversion der Primärstrahlung in Sekundärstrahlung befähigt sind,
- wobei der erste Leuchtstoff (1) zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem grünen Spektralbereich befähigt ist,
- wobei der zweite Leuchtstoff (2) zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt ist,
- wobei der dritte Leuchtstoff (3) ein Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff ist und zur Emission von Sekundärstrahlung aus dem roten Spektralbereich befähigt ist,
- wobei das Bauelement (100) einen Ra-Wert von mindestens 80 und einen R9-Wert von mindestens 75 aufweist, wobei das Bauelement (100) zur Emission von weißer Mischstrahlung befähigt ist.

2. Optoelektronisches Bauelement (100) nach Anspruch 1, wobei die Dominanzwellenlänge (λ_{dom}) des blauen Spektralbereichs des Halbleiterchips (4) kleiner als 455 nm ist.

3. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) aus folgender Gruppe ausgewählt ist: Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat, Lutetium-Aluminium-Granat, Lutetium-Aluminium-Gallium-Granat, Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat, Orthosilikat, Nitridoorthosilikat.

4. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Leuchtstoff (2) $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist, wobei M zumindest Eu und zusätzlich Ca, Sr und/oder Ba aufweist.

5. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (3) $K_2SiF_6:Mn$ ist.

6. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Leuchtstoff (2) eine Halbwertsbreite von 60 nm bis 90 nm aufweist.

7. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der dritte Leuchtstoff (3) eine Halbwertsbreite von 20 nm bis 50 nm aufweist.

8. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ra-Wert größer als 90 ist.

9. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ra-Wert größer als 97 ist.

10. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der R9-Wert größer als 90 ist.

11. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der R9-Wert größer als 95 ist.

12. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) ein Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat ist und der zweite Leuchtstoff (2) entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist.

13. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) ein Lutetium-Aluminium-Granat ist und der zweite Leuchtstoff (2) entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist.

14. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) ein Yttrium-Aluminium-Gallium-Granat ist und der zweite Leuchtstoff (2) entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist.

15. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) ein Lutetium-Yttrium-Aluminium-Granat ist und der zweite Leuchtstoff (2) entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist.

16. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Leuchtstoff (1) ein Orthosilikat ist und der zweite Leuchtstoff (2) entweder $M_2Si_5N_8$ oder ein Strontium-Calcium-Aluminium-Silizium-Nitrid ist.

17. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (3) zwischen 55 wt-% und 82 wt-% bezogen auf den Gesamtanteil aus zweitem und drittem Leuchtstoff (2, 3) ist.

18. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (3) zwischen 80 wt-% und 84 wt-% bezogen auf den Gesamtanteil aus zweitem und drittem Leuchtstoff (2, 3) ist.

19. Optoelektronisches Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der minimale Anteil an dem Kalium-Silizium-Fluorid-Leuchtstoff (3) zwischen 53 wt-% und 67 wt-% bezogen auf den Gesamtanteil aus zweitem und drittem Leuchtstoff (2, 3) ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

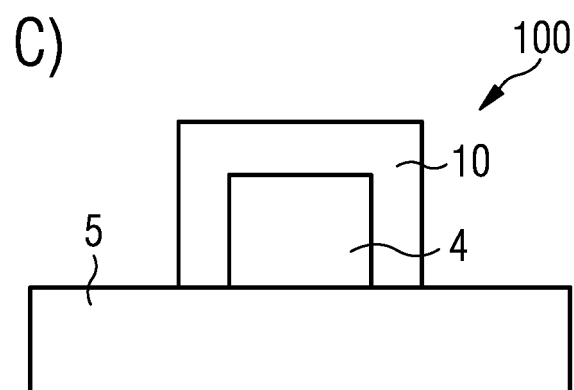
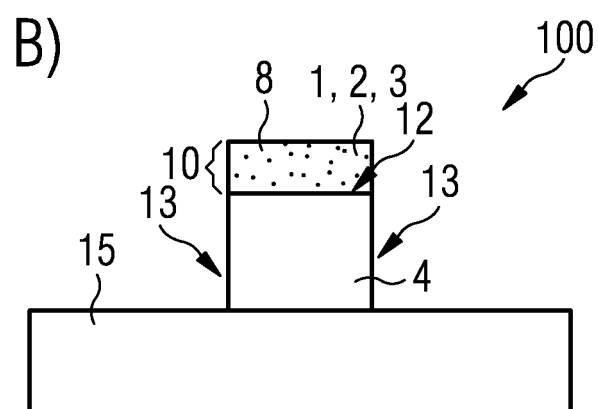
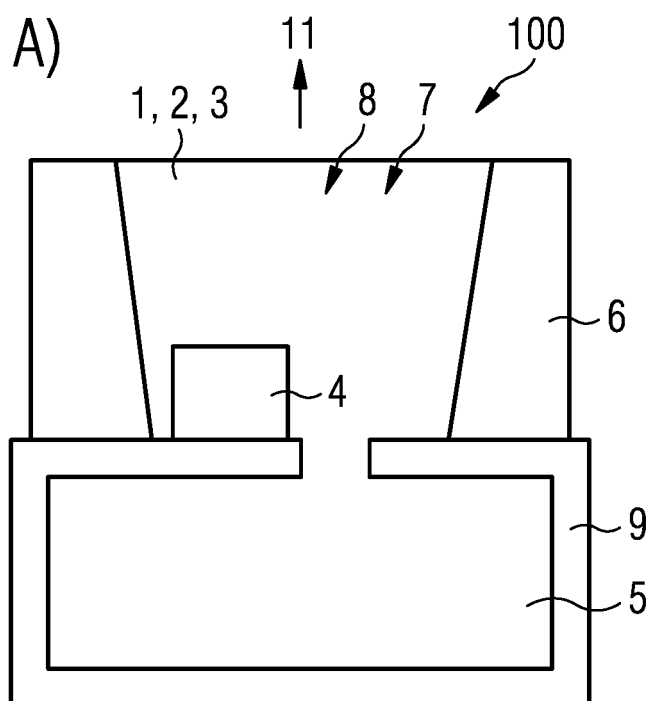
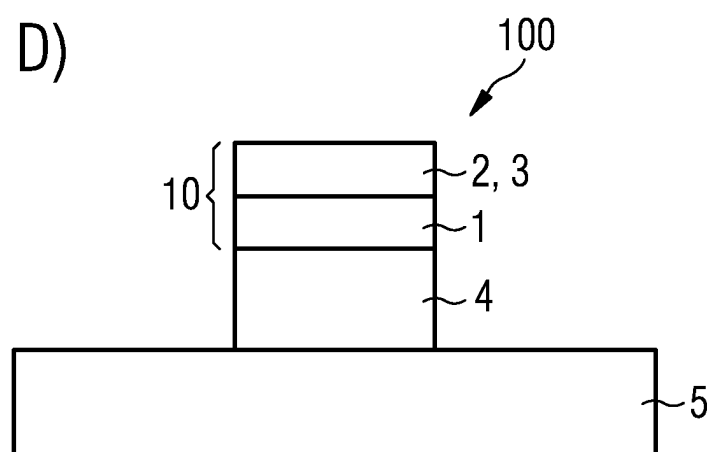
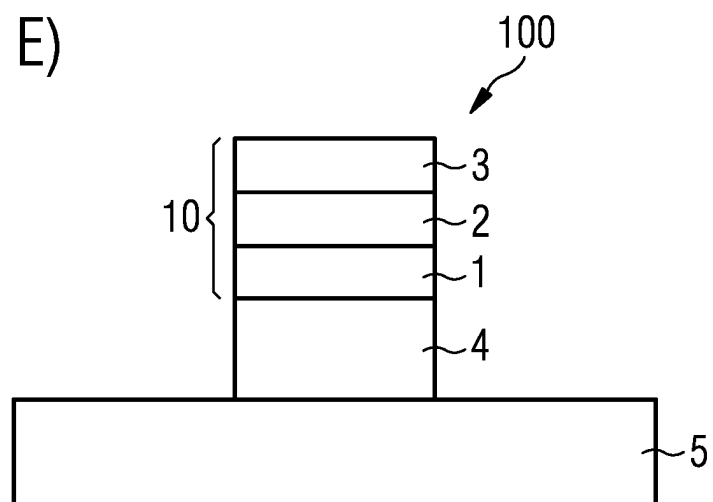


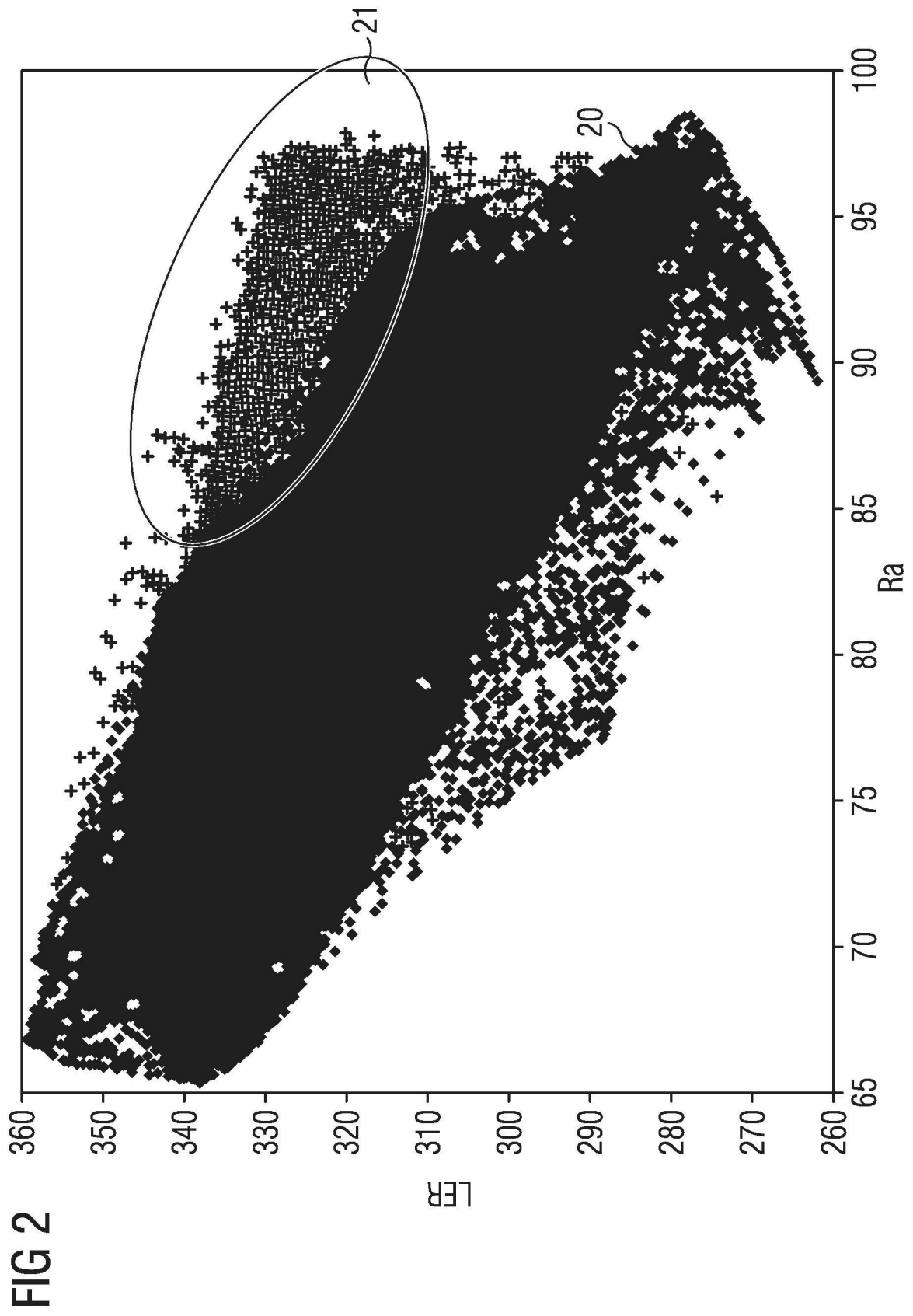
FIG 1

D)



E)





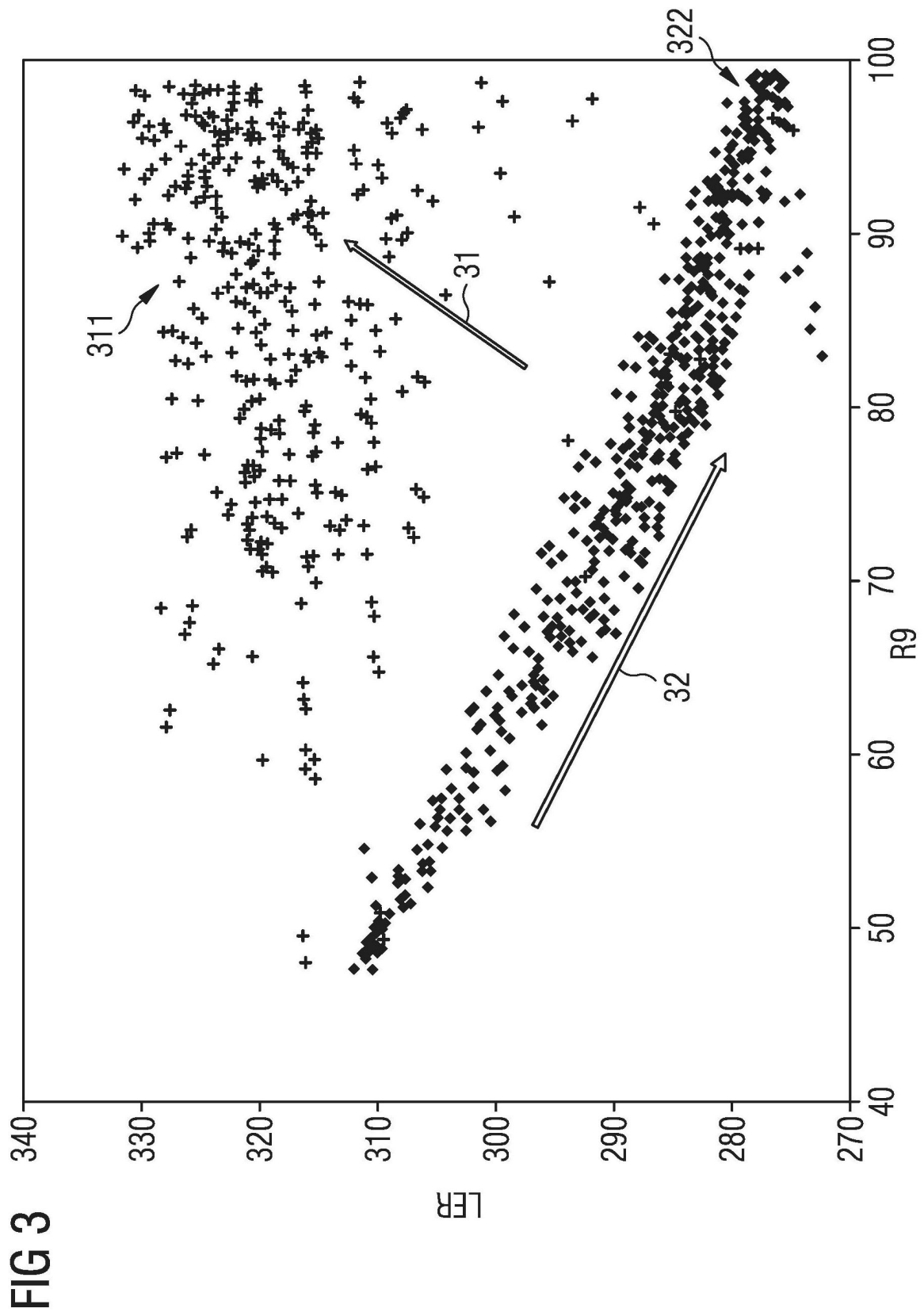


FIG 4

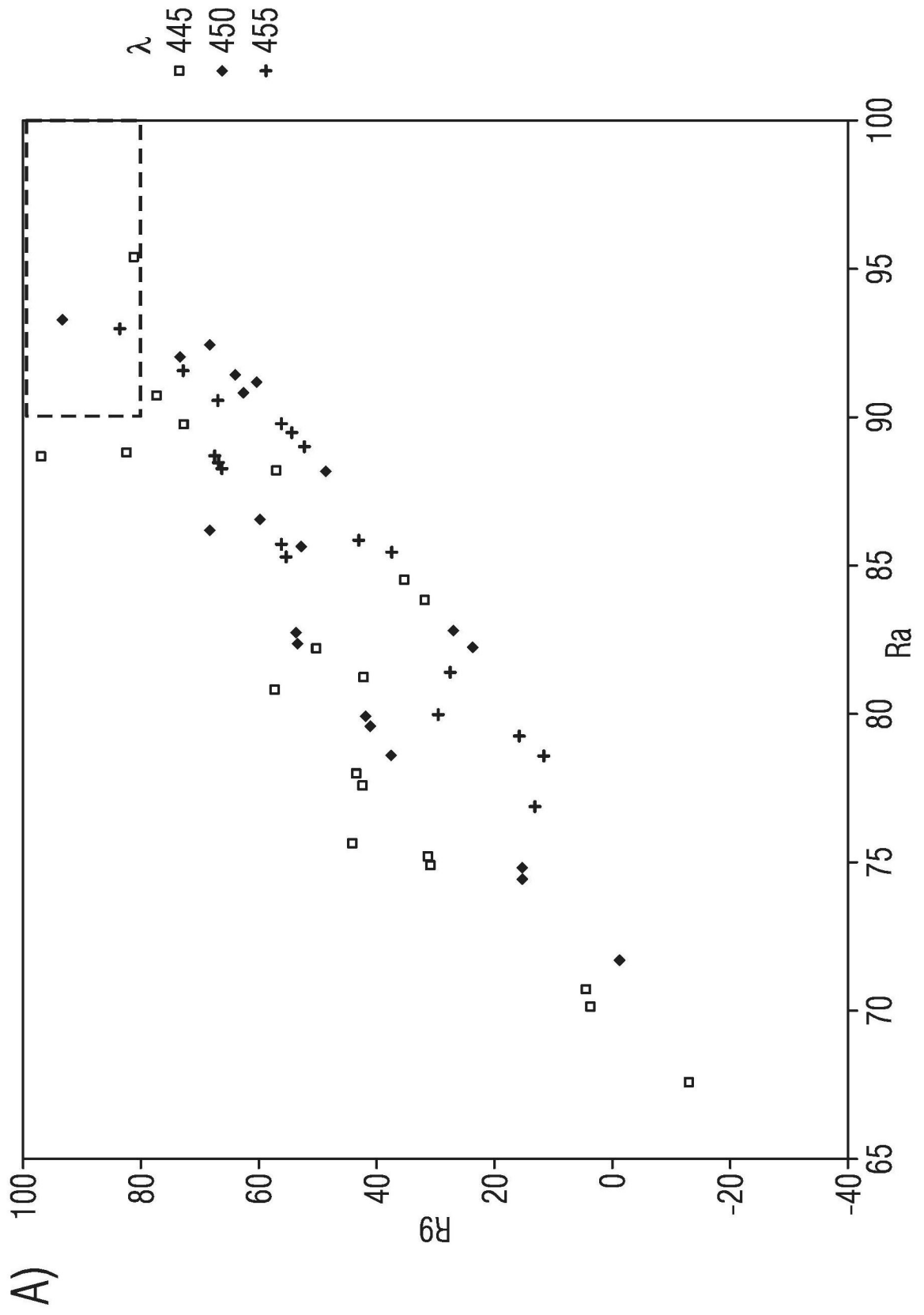


FIG 4

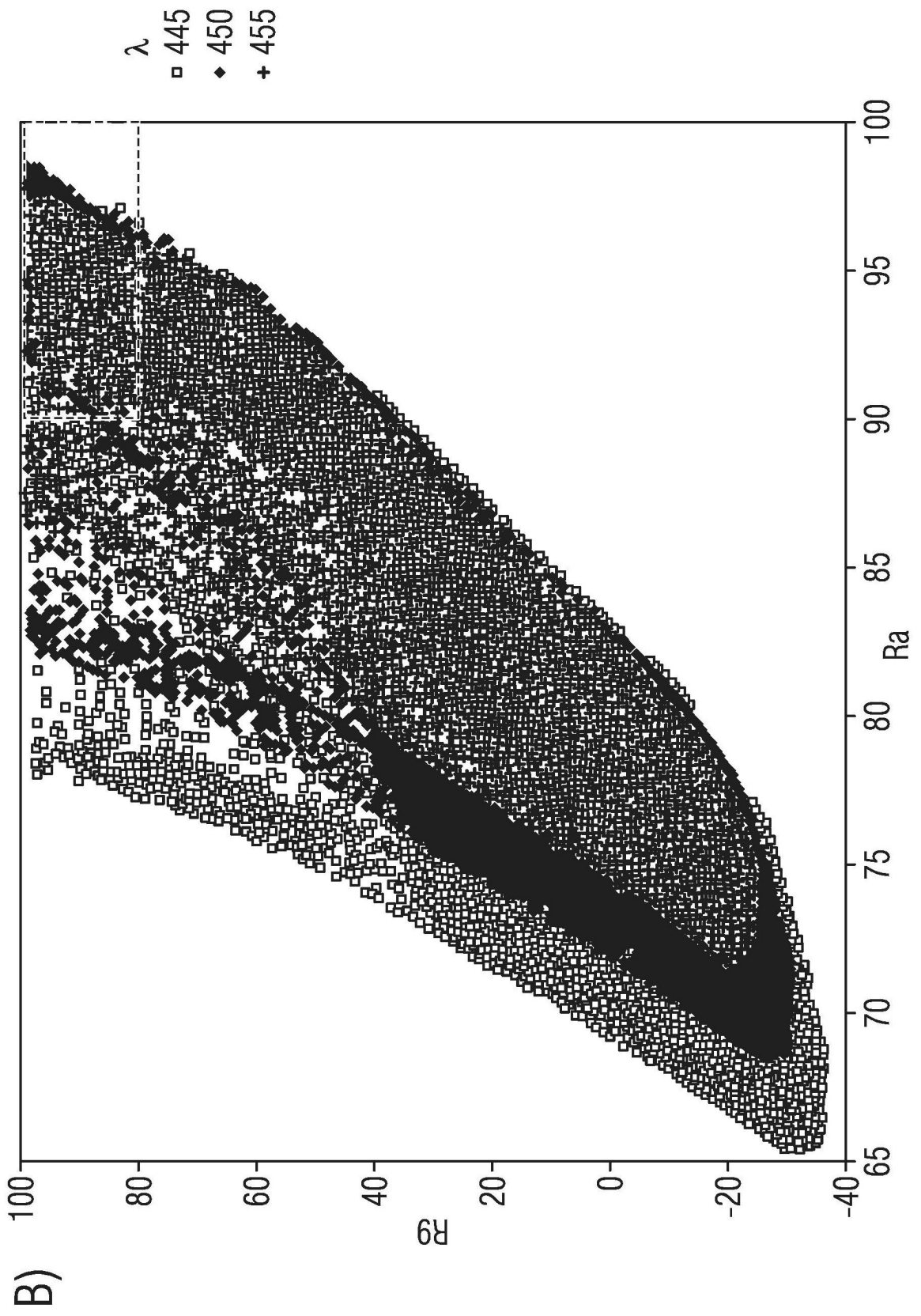


FIG 5

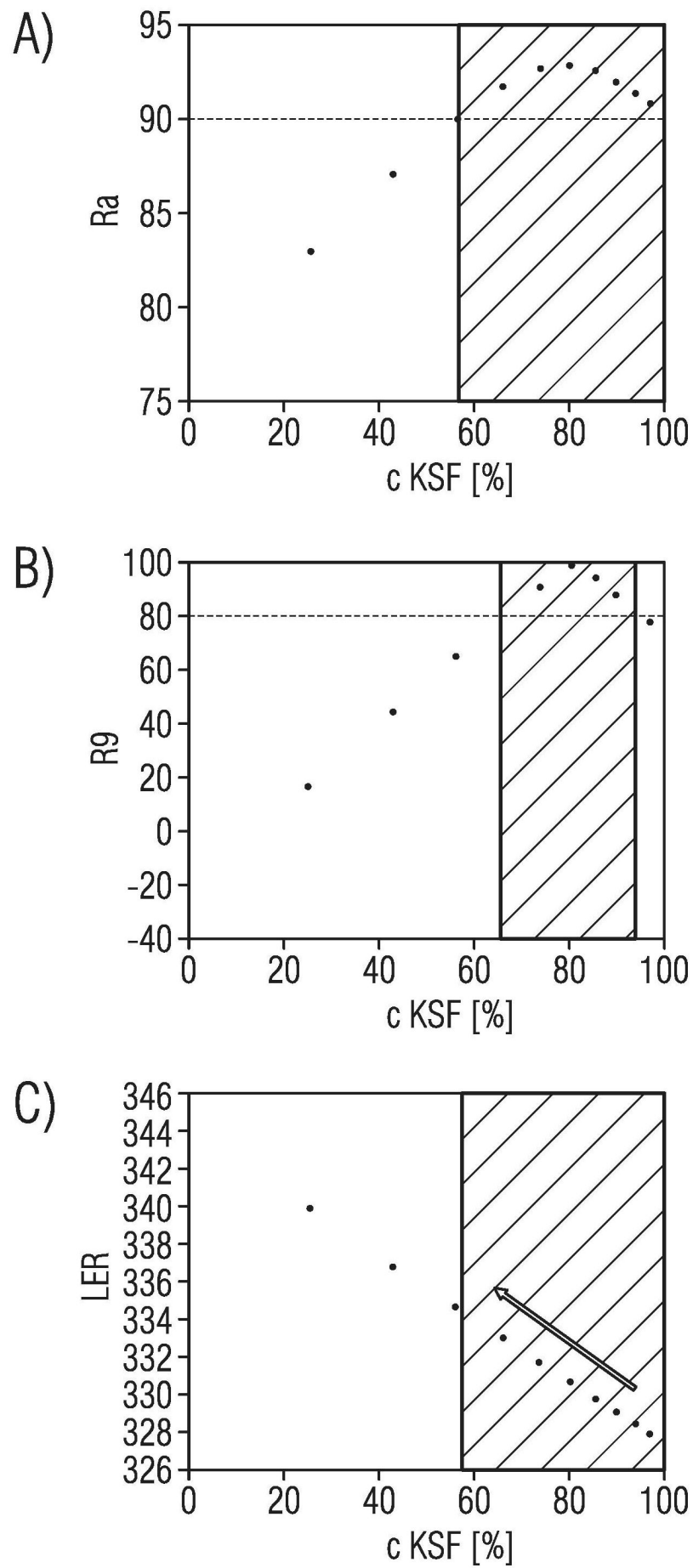


FIG 6

