



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 108 532.8**

(22) Anmeldetag: **03.04.2023**

(43) Offenlegungstag: **10.10.2024**

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

**H01L 33/52** (2010.01)

**H01L 33/60** (2010.01)

(71) Anmelder:  
**ams-OSRAM International GmbH, 93055  
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Wilhelm & Beck, 80639 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Hanisch, Andreas, 93059 Regensburg, DE;  
Huckenbeck, Thomas, 86920 Denklingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

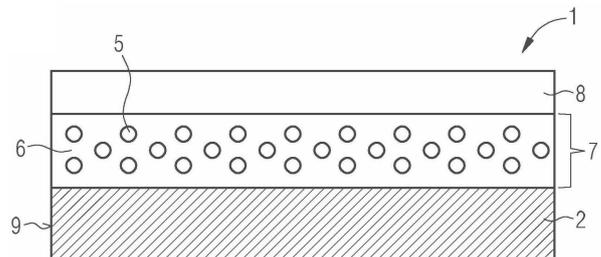
DE	10 2007 053 069	A1
DE	10 2009 040 148	A1
DE	11 2019 000 823	T5
DE	11 2019 002 462	T5

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES OPTOELEKTRONISCHEN BAUELEMENTS UND OPTOELEKTRONISCHES BAUELEMENT**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) beschrieben. Das Verfahren umfasst die Schritte - Bereitstellen eines strahlungsemitternden Halbleiterchips (2), - Bereitstellen einer Schicht (3) umfassend ein teilweise ausgehärtetes Matrixmaterial (4) und einen Leuchtstoff (5), - Verbinden des strahlungsemitternden Halbleiterchips (2) und der Schicht (3), - Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials (4) zu einem Matrixmaterial (6), sodass eine Konversionschicht (7) mit dem Matrixmaterial (6) und dem Leuchtstoff (5) in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitternden Halbleiterchip (2) gebildet wird. Weiterhin wird ein optoelektronisches Bauelement (1), insbesondere mit einer Mikro-LED, beschrieben.



## Beschreibung

**[0001]** Es werden ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements und ein optoelektronisches Bauelement angegeben.

**[0002]** Es ist unter anderem eine Aufgabe, ein einfaches und effizientes Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements bereitzustellen. Weiterhin soll ein optoelektronisches Bauelement mit einer erhöhten Effizienz bereitgestellt werden.

**[0003]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein strahlungsemitterender Halbleiterchip bereitgestellt. Insbesondere ist der strahlungsemitterende Halbleiterchip dazu eingerichtet elektromagnetische Strahlung im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums zu emittieren. Beispielsweise emittiert der strahlungsemitterende Halbleiterchip ultraviolette bis blaue elektromagnetische Strahlung. Bei dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip handelt es sich zum Beispiel um einen Leuchtdiodenchip.

**[0004]** Dabei ist es möglich, dass einzelne Halbleiterchips oder eine Vielzahl von Halbleiterchips im Verbund - zum Beispiel im Waferverbund - bereitgestellt werden.

**[0005]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Schicht bereitgestellt. Die Schicht umfasst ein teilweise ausgehärtetes Matrixmaterial und einen Leuchtstoff. Beispielsweise wird die Schicht in Form eines Plättchens bereitgestellt. Alternativ weist die Schicht die Größe eines Wafers auf. Insbesondere weist das Plättchen in Draufsicht gesehen eine ähnliche oder gleiche Form und/oder Größe wie der strahlungsemitterende Halbleiterchip oder der Verbund von Halbleiterchips in Draufsicht gesehen auf.

**[0006]** Insbesondere ist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial bei Raumtemperatur, das heißt zwischen einschließlich 20 °C und einschließlich 30 °C, fest. Es ist jedoch möglich, das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial durch eine Erhöhung von Temperatur und/oder Druck zumindest teilweise zu verflüssigen oder zu schmelzen. Mit anderen Worten ist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial thermoresponsiv. Das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial zeigt bei Raumtemperatur insbesondere keine oder lediglich eine sehr geringe Reaktivität hinsichtlich einer Vernetzung zu einem ausgehärteten Matrixmaterial. Durch eine Lagerung des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials unter 10 °C oder unter 0 °C wird insbesondere die Reaktivität des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials herabgesetzt.

**[0007]** Der Leuchtstoff ist insbesondere homogen in dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial verteilt. Beispielsweise ist der Leuchtstoff in dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial eingebettet. Der Leuchtstoff kann die von dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip emittierte elektromagnetische Strahlung konvertieren. Beispielsweise wandelt der Leuchtstoff die elektromagnetische Strahlung, die von dem Halbleiterchip emittiert wird, in elektromagnetische Strahlung mit einer geringeren Energie um. Das zeigt sich insbesondere darin, dass eine von dem Leuchtstoff emittierte elektromagnetische Strahlung größere Wellenlängen im Vergleich zu der von dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip emittierten elektromagnetischen Strahlung aufweist.

**[0008]** Es ist weiterhin möglich, dass der Leuchtstoff geschichtet in dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial vorhanden ist. Vorteilhafterweise kann so eine durch Konversion entstehende Wärme besser von dem Leuchtstoff abgeleitet werden. Dadurch ist es vorteilhafterweise möglich auch temperatursensitive Leuchtstoff einzusetzen.

**[0009]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden der strahlungsemitterende Halbleiterchip und die Schicht verbunden. Insbesondere stehen der strahlungsemitterende Halbleiterchip und die Schicht während und/oder nach dem Verbinden zumindest stellenweise, insbesondere vollständig in direktem Kontakt miteinander. Mit anderen Worten ist keine weitere Schicht, wie beispielsweise eine zusätzliche Klebeschicht, zwischen dem Halbleiterchip und der Schicht angeordnet. Das Verbinden erfolgt insbesondere unter einer Verwendung von Druck und/oder erhöhter Temperatur. Beispielsweise werden Druck und eine erhöhte Temperatur angewendet um den strahlungsemitterenden Halbleiterchip und die Schicht zu verbinden. Durch die erhöhte Temperatur kann das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial aufgeschmolzen werden. Durch den Druck wird insbesondere eine ausreichende Anhaftung der Schicht an dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip erzielt.

**[0010]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial, insbesondere vollständig, zu einem Matrixmaterial ausgehärtet. Es ist möglich, dass das Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials während des Verbindens der Schicht und des strahlungsemitternden Halbleiterchips erfolgt. Das Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials erfolgt insbesondere unter der Verwendung von Temperatur und/oder Druck. Beispielsweise vernetzt sich das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial unter dem Einfluss von erhöhter Temperatur zu dem Matrixmaterial. Unter erhöhter Temperatur wird hier und im Folgenden insbesondere eine Temperatur über Raumtemperatur verstanden.

**[0011]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Aushärten so, dass eine Konversionsschicht in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitternden Halbleiterchip gebildet wird. Die Konversionsschicht umfasst dabei das Matrixmaterial und den Leuchtstoff. Bei der Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial und dem Leuchtstoff handelt es sich also insbesondere um einen Vorläufer für die Konversionsschicht. Mit anderen Worten wird beim Aushärten die Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial in die Konversionsschicht umgewandelt. Das Matrixmaterial weist beispielsweise adhäsive Eigenschaften auf. Hierdurch wird vorteilhafterweise ein effektives Anhaften der Konversionsschicht auf dem strahlungsemitternden Halbleiterchip auch ohne zusätzliche Klebeschicht sichergestellt.

**[0012]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements die Schritte:

- Bereitstellen eines strahlungsemitternden Halbleiterchips,
- Bereitstellen einer Schicht umfassend ein teilweise ausgehärtetes Matrixmaterial und einen Leuchtstoff,
- Verbinden des strahlungsemitternden Halbleiterchips und der Schicht,
- Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials zu einem Matrixmaterial, sodass eine Konversionsschicht mit dem Matrixmaterial und dem Leuchtstoff in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitternden Halbleiterchip gebildet wird.

**[0013]** Bei anderen Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements wird insbesondere eine zusätzliche Klebeschicht eingesetzt, um den strahlungsemitternden Halbleiterchip mit der Konversionsschicht zu verbinden. Dabei ist eine Dicke der zusätzlichen Klebeschicht von Bedeutung. Ist die Dicke zu groß, so kann dies einen negativen Effekt auf die Wärmeverteilung in dem optoelektronischen Bauelement haben. Insbesondere wird hier und im Folgenden unter Wärmeverteilung eine Abfuhr der durch eine Stokes-Verschiebung bei der Konversion in der Konversionsschicht generierten Wärme über den strahlungsemitternden Halbleiterchip verstanden. Der strahlungsemitternde Halbleiterchip dient beispielsweise dabei als Wärmesenke.

**[0014]** Durch eine ungenügende Wärmeverteilung, insbesondere eine ungenügende Wärmeabfuhr über den strahlungsemitternden Halbleiterchip als Wärmesenke, kann die Lebensdauer des optoelektronischen Bauelements aufgrund von Überhitzung von einzelnen Elementen verringert werden. Ferner ist es möglich, dass eine zu dicke zusätzliche Klebeschicht oder eine schlecht kontrollierte Ausformung der zusätzlichen Klebeschicht einen negativen Einfluss auf die Bauteilhelligkeit hat. Hierdurch kann eine Emissionseffizienz des optoelektronischen Bauelements sinken. Bei einer zu dünnen zusätzlichen Klebeschicht ist es hingegen möglich, dass während des Verbindens des strahlungsemitternden Halbleiterchips und der Konversionsschicht der strahlungsemitternde Halbleiterchip beschädigt wird oder Luftblasen zwischen dem strahlungsemitternden Halbleiterchip und der Konversionsschicht entstehen. Die Luftblasen können in einer schlechteren Wärmeverteilung, insbesondere einer schlechteren Wärmeabfuhr, und/oder einer geringeren Emissionseffizienz resultieren. Die geringe Emissionseffizienz lässt sich insbesondere durch zusätzliche Streuzentren erklären.

**[0015]** Vorliegend ist der strahlungsemitternde Halbleiterchip in direktem Kontakt mit der Konversionsschicht, das heißt es wird keine zusätzliche Klebeschicht zwischen dem strahlungsemitternden Halbleiterchip und der Konversionsschicht eingesetzt. Dadurch weist das hergestellte optoelektronische Bauelement vorteilhafterweise eine verbesserte Wärmeverteilung und Emissionseffizienz auf. Zudem ist das hier beschriebene Verfahren vorteilhaft hinsichtlich Prozesskontrolle und Prozessstabilität, da keine zusätzliche Klebeschicht zwischen der Konversionsschicht und dem strahlungsemitternden Halbleiterchip hergestellt wird und somit weniger Grenzflächen für potentielle Delaminations-Schadenmechanismen vorliegen.

**[0016]** Weiterhin ist insbesondere bei einer Miniaturisierung des optoelektronischen Bauelements, beispielsweise durch Verwendung einer Mikro-LED als strahlungsemitternden Halbleiterchip, eine Dosierung des Klebers nur unter erhöhtem Aufwand möglich. In dem hier beschriebenen Verfahren wird dieser Verfahrensschritt nicht benötigt, da keine zusätzliche Klebeschicht vorhanden ist.

**[0017]** Das hier beschriebene Verfahren vereinfacht also die Herstellung von optoelektronischen Bauelementen und stellt gleichzeitig ein effizienteres und langlebigeres optoelektronisches Bauelement bereit. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass der strahlungsemitternde Halbleiterchip in direktem Kontakt mit der Konversionsschicht steht, wobei das Matrixmaterial insbesondere zur Anhaftung der Konversionsschicht an dem strahlungsemitternden Halbleiterchip dient.

**[0018]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial einen geringeren Vernetzungsgrad als das Matrixmaterial auf. Unter Vernetzungsgrad wird hier und im Folgenden verstanden, wie hoch eine Vernetzungsdichte in einem Material ist. Mit anderen Worten beschreibt der Vernetzungsgrad eines Materials wie viele Gruppen eines Materials, die zur Vernetzung geeignet sind, bereits mit einer weiteren Gruppe, die zur Vernetzung geeignet ist, verbunden sind. Insbesondere ist der Vernetzungsgrad vorliegend nicht abhängig von einer Anzahl von Gruppen eines Materials, die zur Vernetzung geeignet sind. Das heißt, ein Material mit vielen Gruppen, die zur Vernetzung geeignet sind, weist nicht automatisch einen höheren Vernetzungsgrad auf als ein Material mit weniger Gruppen, die zur Vernetzung geeignet sind.

**[0019]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das Matrixmaterial ein Polysiloxan auf. Insbesondere ist auch das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial ein Polysiloxan, das beispielsweise einen geringeren Vernetzungsgrad als das Polysiloxan des Matrixmaterials hat. Mit anderen Worten ist das Polysiloxan des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials ein Vorläufer für das Polysiloxan des Matrixmaterials.

**[0020]** Hier und im Folgenden wird unter Polysiloxan ein Polymer verstanden, das aus den Baueinheiten M-Einheit, D-Einheit, T-Einheit und/oder Q-Einheit aufgebaut ist und primär ein Grundgerüst aus sich abwechselnden Sauerstoff-Atomen und Silizium-Atomen aufweist. Beispielsweise weist das Polysiloxan in dem Grundgerüst lediglich wenige, im Idealfall keine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen auf. Bei dem Polysiloxan handelt es sich insbesondere nicht um ein Blockcopolymer. Das heißt, die Baueinheiten des Polysiloxans sind in dem Polysiloxan zufällig miteinander verbunden.

**[0021]** In einer M-Einheit ( $R_3SiO-$ ) sind drei organische Reste und ein Sauerstoff an ein Silizium-Atom gebunden. In einer D-Einheit ( $-OSiR_2O-$ ) sind zwei organische Reste und zwei Sauerstoffe an ein Silizium-Atom gebunden. In einer T-Einheit ( $-OSiRO_2-$ ) sind ein organischer Rest und drei Sauerstoffe an ein Silizium-Atom gebunden. In einer Q-Einheit ( $-OSiO_3-$ ) sind vier Sauerstoffe an ein Silizium-Atom gebunden. Polysiloxane zeichnen sich vorteilhafterweise durch eine hohe thermische und chemische Stabilität aus.

**[0022]** Die organischen Reste an den Silizium-Atomen sind insbesondere unabhängig voneinander gewählt aus einer Gruppe bestehend aus aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffgruppen. Beispielsweise ist ein organischer Rest Methyl (Me,  $CH_3$ ), Ethyl ( $CH_3CH_2$ , Et), Propyl ( $CH_3CH_2CH_2$ , Pr) oder Phenyl (Ph,  $C_6H_5$ ). Die organischen Reste an den M-, D- und T-Einheiten können gleich oder verschieden sein.

**[0023]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das Polysiloxan einen Anteil von zumindest 25 Gew.% T-Einheiten auf. Mit anderen Worten sind 25 Gew.% der Baueinheiten des Polysiloxans T-Einheiten. Insbesondere weist das Polysiloxan einen Anteil von zumindest 50 Gew.% T-Einheiten auf, insbesondere zumindest 70 Gew.%, beispielsweise zumindest 80 Gew.%. Ein Polysiloxan mit zumindest 25 Gew.% T-Einheiten zeichnet sich durch eine größere Härte und eine höhere thermische Stabilität im Vergleich zu Polysiloxanen mit nur D-Einheiten aus. Polysiloxane, die lediglich D-Einheiten aufweisen, werden auch als Silikone bezeichnet.

**[0024]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial ein Molekulargewicht von zumindest 5000 g/mol, insbesondere von zumindest 10000 g/mol auf. Beim Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials vergrößert sich das Molekulargewicht, sodass das Matrixmaterial ein größeres Molekulargewicht aufweist als das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial. Aufgrund des hohen Molekulargewichts ist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial insbesondere im festen Aggregatzustand.

**[0025]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial und/oder das Matrixmaterial einen Brechungsindex im Bereich zwischen einschließlich 1,51 und einschließlich 1,59 auf, insbesondere zwischen einschließlich 1,53 und einschließlich 1,55. Vorteilhafterweise weist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial und/oder das Matrixmaterial also einen im Vergleich zu anderen Polysiloxanen oder Silikonen erhöhten Brechungsindex auf.

**[0026]** Eine zusätzliche Klebeschicht zwischen dem strahlungsemitternden Halbleiterchip und der Konversionsschicht weist beispielsweise einen Brechungsindex im Bereich zwischen einschließlich 1,41 und einschließlich 1,44 auf. Durch den Unterschied des Brechungsindex des strahlungsemitternden Halbleiterchips und der zusätzlichen Klebeschicht, die eine zusätzliche Grenzfläche generiert, kann die Emissionseffizienz des optoelektronischen Bauelements verringert werden. Da in dem hier beschriebenen Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements keine zusätzliche Klebeschicht eingesetzt wird, um den strahlungsemitternden Halbleiterchip und die Konversionsschicht zu verbinden, wird die Emissionseffizienz des optoelektronischen Bauelements gesteigert. Die Anzahl von Grenzflächen, an denen Reflektion aufgrund von Brechungsindexunterschieden auftreten, kann durch die Abwesenheit einer zusätzlichen Klebeschicht verringert werden.

**[0027]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist der Leuchtstoff ein keramischer Leuchtstoff und/oder ein Quantenpunkt-Leuchtstoff. Insbesondere handelt es sich bei dem Leuchtstoff um eine Mischung aus zumindest zwei verschiedenen Leuchtstoffen.

**[0028]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Leuchtstoff zumindest ein Material aus der folgenden Gruppe:

$Ce^{3+}$  dotierte Granate wie YAG und LuAG, beispielsweise  $(Y, Lu, Gd, Tb)_3 (Al_{1-x}, Ga_x)_5 O_{12} : Ce^{3+}; Eu^{2+}$  dotierte Nitride,

beispielsweise  $(Ca, Sr) AlSiN_3 : Eu^{2+}$ ,  $Sr (Ca, Sr) Si_2 Al_2 N_6 : Eu^{2+}$  (SCASN),  $(Sr, Ca) AlSiN_3 \cdot Si_2 N_2 O : Eu^{2+}$ ,  $(Ca, Ba, Sr)_2 Si_5 N_8 : Eu^{2+}$ ,  $SrLiAl_3 N_4 : Eu^{2+}$ ,  $SrLi_2 Al_2 O_2 N_2 : Eu^{2+}$ ;  $Ce^{3+}$  dotierte Nitride, beispielsweise  $(Ca, Sr) Al_{(1-4x/3)} Si_{(1+x)} N_3 : Ce$ ; ( $x = 0,2 - 0,5$ );  $Eu^{2+}$  dotierte Sulfide,  $(Ba, Sr, Ca) Si_2 O_2 N_2 : Eu^{2+}$ ,  $SiAlONe$ , Nitrido-Orthosilikate (zum Beispiel  $AE_{2-x-a} RE_x Eu_a Si_{1-y} O_{4-x-2y} N_x$ ), Orthosilikate wie  $(Ba, Sr, Ca)_2 SiO_4 : Eu^{2+}$ ; Chlorosilikate wie  $Ca_8 Mg (SiO_4)_4 Cl_2 : Eu^{2+}$ ;  $Mn^{4+}$  dotierte Fluoride, beispielsweise  $(K, Na)_2 (Si, Ti) F_6 : Mn^{4+}$ ;  $Eu^{2+}$  oder  $Ce^{3+}$  dotierte Litho-Silikate, wie  $(Li, Na, K, Rb, Cs) (Li_3 SiO_4)$ : E mit  $E = Eu^{2+}, Ce^{3+}$ ,  $(Sr, Li) Li_3 AlO_4 : Eu^{2+}$  oder  $SrLi_3 AlO_4 : Eu^{2+}$ , und Mischungen daraus.

**[0029]** Alternativ oder zusätzlich umfasst der Leuchtstoff einen aluminiumhaltigen und/oder siliziumhaltigen Leuchtstoff, insbesondere ausgewählt aus der folgenden Gruppe:

$(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) SiO_4 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ),  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y)_3 SiO_5 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ),  $Li_2 SrSiO_4 : Eu^{2+}$ , Oxo-Nitride wie  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) Si_2 O_2 N_2 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ),  $SrSiAl_2 O_3 N_2 : Eu^{2+}$ ,  $Ba_x Ca_x Si_6 ON_{10} : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $(Ba_{1-x} Sr_x) Y_2 Si_2 Al_2 O_2 N_5 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $Sr_x Si_{(6-y)} Al_y O_y N_{(8-y)} : Eu^{2+}$  ( $0,05 \leq x \leq 0,5; 0,001 \leq y \leq 0,5$ ),  $Ba_3 Si_6 O_{12} N_2 : Eu^{2+}$ ,  $Si_{6-z} Al_z O_z N_{8-z} : Eu^{2+}$  ( $0 \leq z \leq 0,42$ ),  $M_x Si_{12-m-n} Al_{m+n} O_n N_{16-n} : Eu^{2+}$  ( $M = Li, Mg, Ca, Y; x = m/v; v = \text{Wertigkeit von } M, x \leq 2$ ),  $M_x Si_{12-m-n} Al_{m+n} O_n N_{16-n} : Ce^{3+}$ ,  $AE_{2-x-a} RE_x Eu_a Si_{1-y} O_{4-x-2y} N_x$  ( $AE = Sr, Ba, Ca, Mg; RE = \text{Seltenerdmetallelemente}$ ),  $AE_{2-x-a} RE_x Eu_a Si_{1-y} O_{4-x-2y} N_x$  ( $AE = Sr, Ba, Ca, Mg; RE = \text{Seltenerdmetallelemente}$ ),  $Ba_3 Si_6 O_{12} N_2 : Eu^{2+}$  oder Nitride wie  $La_3 Si_6 N_{11} : Ce^{3+}$ ,  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y)_2 Si_5 N_8 : Eu^{2+}$ ,  $(Ca_{1-x-y} Sr_x Ba_y) AlSiN_3 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ),  $Sr (Sr_{1-x} Ca_x) Al_2 Si_2 N_6 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 0,2$ ),  $Sr (Sr_{1-x} Ca_x) Al_2 Si_2 N_6 : Ce^{3+}$  ( $0 \leq x \leq 0,2$ ),  $Sr AlSi_4 N_7 : Eu^{2+}$ ,  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) SiN_2 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ),  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) SiN_2 : Ce^{3+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ),  $(Sr_{1-x} Ca_x) LiAl_3 N_4 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) Mg_2 Al_2 N_4 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ),  $(Ba_{1-x-y} Sr_x Ca_y) Mg_3 SiN_4 : Eu^{2+}$  ( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ ) und Mischungen daraus.

**[0030]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens beträgt ein Anteil des Leuchtstoffs in der Konversionsschicht und/oder der Schicht zwischen einschließlich 50 Gew.% und einschließlich 85 Gew.%, insbesondere zwischen einschließlich 65 Gew.% und einschließlich 80 Gew.%, beispielsweise zwischen einschließlich 70 Gew.% und einschließlich 76 Gew.%. Beispielsweise wird der verbleibende Anteil der Konversionsschicht und/oder der Schicht durch das Matrixmaterial beziehungsweise das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial gebildet. Mit einem Leuchtstoffanteil von mindestens 50 Gew.% wird insbesondere gewährleistet, dass die Konversionsschicht nicht zu weich zum Vereinzeln ist. Ein Leuchtstoffanteil von höchstens 85 Gew.% wird mit Vorteil gewährleistet, dass die Konversionsschicht zwar hart, jedoch nicht spröde ist.

**[0031]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Schicht auf einem Träger bereitgestellt. Insbesondere umfasst der Träger ein für die von dem Leuchtstoff und/oder dem strahlungsemitternden

den Halbleiterchip transparentes Material. Beispielsweise transmittiert der Träger mindestens 90%, insbesondere mindestens 95%, beispielsweise mindestens 99% der von dem Leuchtstoff und/oder dem strahlungsemitternden Halbleiterchip emittierten elektromagnetischen Strahlung. Beispielsweise umfasst der Träger ein Glas oder Saphir oder besteht aus Glas oder Saphir.

**[0032]** Vorteilhafterweise wird durch den Träger eine höhere Formstabilität der Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial erreicht. Dies kann zu einer besseren Handhabbarkeit der Schicht während des Verfahrens zur Herstellung des optoelektronischen Bauelements führen. Beispielsweise ermöglicht der Träger auch eine besser Kraftverteilung beim Verbinden der Schicht und des strahlungsemitternden Halbleiterchips.

**[0033]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Bereitstellen der Schicht die Schritte Bereitstellen des Trägers, Aufbringen einer Mischung aus dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial, dem Leuchtstoff und einem Lösungsmittel auf den Träger und Entfernen des Lösungsmittels, sodass die Schicht auf dem Träger gebildet wird.

**[0034]** Insbesondere wird die Mischung aus dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial, dem Leuchtstoff und dem Lösungsmittel mit Hilfe eines Beschichtungsverfahrens, wie Rakeln oder Foliengießen (engl. „tape-casting“), oder eines Sprühprozesses auf den Träger aufgebracht. Das Lösungsmittel wird beispielsweise durch erhöhte Temperatur und/oder unter vermindertem Druck entfernt.

**[0035]** Beispielsweise ist das Lösungsmittel ausgewählt aus Carbonsäureestern oder Ethern mit einem Siedepunkt von zumindest 100 °C. Insbesondere werden als Lösungsmittel Methylether oder Essigsäureester eingesetzt. Beispielsweise ist das Lösungsmittel Propylenglycolmonomethyletheracetat (PGMEA), Butylacetat oder Anisol.

**[0036]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Träger bei dessen Bereitstellen ein Vielfaches der Größe des strahlungsemitternden Halbleiterchips auf, insbesondere jeweils in Draufsicht gesehen. Nach dem Entfernen des Lösungsmittels, sodass die Schicht auf dem Träger gebildet wird, wird der Träger mit der Schicht vereinzelt. Das Vereinzeln erfolgt beispielsweise mittels Stanzen, Sägen, Laserschneiden (engl. „laser dicing“) oder Hybridschneiden (engl. „hybrid dicing“). Auf diese Weise werden beispielsweise Plättchen mit der Schicht gebildet, die dann mit dem strahlungsemitternden Halbleiterchip oder Halbleiterwafer verbunden werden.

**[0037]** Bei dem Vereinzeln des Trägers mit der Schicht ist insbesondere ein Anteil des Leuchtstoffs in der Schicht im Bereich zwischen einschließlich 50 Gew.% und einschließlich 85 Gew.% vorteilhaft. Mit solch einem Leuchtstoffanteil wird vorteilhafterweise gewährleistet, dass beim Vereinzeln Sägekanten in guter Qualität ausgebildet werden.

**[0038]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Schicht vor dem Verbinden mit dem strahlungsemitternden Halbleiterchip auf seine optischen Eigenschaften getestet. Insbesondere wird der Farbort einer von der Schicht emittierten und/oder transmittierten elektromagnetischen Strahlung untersucht. Vorteilhafterweise kann so das Herstellen von optoelektronischen Bauelementen mit einem fehlerhaften Farbort verhindert werden. Beispielsweise können auf diese Weise Produktionskosten gesenkt werden, da weniger fehlerhafte optoelektronische Bauelemente hergestellt werden.

**[0039]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Verbinden der Schicht und des strahlungsemitternden Halbleiterchips bei einer Temperatur im Bereich zwischen einschließlich 60 °C und einschließlich 180 °C, insbesondere im Bereich zwischen einschließlich 100 °C und einschließlich 150 °C. Insbesondere erfolgt auch das Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials zum Matrixmaterial bei dieser Temperatur. Beispielsweise kondensiert das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial, sodass das Matrixmaterial gebildet wird. Durch eine Kondensation erhöht sich insbesondere das Molekulargewicht.

**[0040]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials in einem zusätzlichen Schritt. Insbesondere erfolgt das Aushärten bei einer Temperatur im Bereich zwischen einschließlich 60 °C und einschließlich 200 °C, beispielsweise zwischen einschließlich 100 °C und einschließlich 180 °C. Das Aushärten des Matrixmaterials erfolgt insbesondere für eine Zeit von einschließlich 1 Stunde bis einschließlich 10 Stunden, insbesondere von einschließlich 1 Stunde bis einschließlich 5 Stunden. Beispielsweise wird für etwa 4 Stunden bei einer Temperatur von etwa 160 °C ausgehärtet.

**[0041]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird bei dem Verbinden der Schicht und des strahlungsemitterenden Halbleiterchips ein Druck zwischen einschließlich 0,1 N und 5 N auf, insbesondere zwischen einschließlich 1,0 N und einschließlich 2,5 N die Schicht ausgeübt. Vorteilhafterweise wird durch das Ausüben des Drucks auf die Schicht eine gute Verbindung von der Schicht und auch von der Konversionsschicht mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchips erzeugt. Es ist zudem möglich, dass durch eine geeignete Wahl des Drucks die benötigte Zeit und/oder die benötigte Temperatur für das Verbinden gesenkt werden kann. Hierdurch kann vorteilhafterweise eine größere Stückzahl pro Zeitintervall an optoelektronischen Bauelementen hergestellt werden.

**[0042]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird beim dem Verbinden der Schicht und des strahlungsemitterenden Halbleiterchips ein Druck für eine Zeit von höchstens 60 Sekunden, insbesondere von höchstens 30 Sekunden, beispielsweise von höchstens 1 Sekunde auf die Schicht ausgeübt. Es wird zum Beispiel der Druck für eine Zeit von ungefähr 5 Sekunden auf die Schicht ausgeübt. Eine Zeit von höchstens 60 Sekunden ermöglicht ein effektives Verbinden der Schicht mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip. Durch eine Temperatur im Bereich von einschließlich 100 °C und einschließlich 150 °C und durch einen Druck im Bereich von einschließlich 1,0 N bis einschließlich 1,5 N kann vorteilhafterweise die Zeit in der der Druck auf die Schicht ausgeübt wird auf höchstens 5 Sekunden reduziert werden.

**[0043]** Es wird weiterhin ein optoelektronisches Bauelement angegeben. Vorzugsweise wird das optoelektronische Bauelement mit dem hier beschriebenen Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements hergestellt. Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile, die in Verbindung mit dem Verfahren beschrieben sind, gelten daher auch für das optoelektronische Bauelement und umgekehrt. Insbesondere gelten Ausführungen, die zur Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial gemacht wurden, auch für die Konversionsschicht und umgekehrt.

**[0044]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das optoelektronische Bauelement einen strahlungsemitterenden Halbleiterchip auf. Insbesondere weist der strahlungsemitterende Halbleiterchip eine Hauptemissionsfläche auf.

**[0045]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das optoelektronische Bauelement eine Konversionsschicht auf. Die Konversionsschicht umfasst ein Matrixmaterial und einen Leuchtstoff. Insbesondere ist die Konversionsschicht an der Hauptemissionsfläche des strahlungsemitterenden Halbleiterchips angeordnet.

**[0046]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements steht die Konversionsschicht in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip. Insbesondere steht die Konversionsschicht in direktem Kontakt mit der Hauptemissionsfläche des strahlungsemitterenden Halbleiterchips. Mit anderen Worten weist das optoelektronische Bauelement keine zusätzliche Klebeschicht zwischen dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip und der Konversionsschicht auf.

**[0047]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements sind Seitenflächen des strahlungsemitterenden Halbleiterchips frei von der Konversionsschicht. Insbesondere erstrecken sich die Seitenflächen senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene des strahlungsemitterenden Halbleiterchips. Beispielsweise bilden die Seitenflächen und die Hauptemissionsfläche Kanten des optoelektronischen Bauelements aus.

**[0048]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Bauelement einen strahlungsemitterenden Halbleiterchip und eine Konversionsschicht mit einem Matrixmaterial und einem Leuchtstoff, wobei die Konversionsschicht in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip steht und Seitenflächen des strahlungsemitterenden Halbleiterchips frei von der Konversionsschicht sind.

**[0049]** Durch den direkten Kontakt zwischen der Konversionsschicht und dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip weist das optoelektronische Bauelement vorteilhafterweise eine bessere Wärmeverteilung auf. Weiterhin kann eine erhöhte Zuverlässigkeit des optoelektronischen Bauelements auf Grund der nicht vorhandenen zusätzlichen Klebeschicht beobachtet werden. Dabei dienen die adhäsiven Eigenschaften des Matrixmaterials der Konversionsschicht zur Anhaftung der Konversionsschicht an den strahlungsemitterenden Halbleiterchip.

**[0050]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements schließen die Konversionsschicht und der strahlungsemitterende Halbleiterchip an den Seitenflächen bündig ab. Mit anderen

Worten weisen der strahlungsemitierende Halbleiterchip und die Konversionsschicht jeweils in Draufsicht gesehen die gleiche oder annähernd die gleiche Form und Ausdehnung auf. Vorteilhafterweise wird dadurch ein kompaktes optoelektronisches Bauelement ohne hervorstehende Bereiche bereitgestellt.

**[0051]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements ist an einer dem strahlungsemitierenden Halbleiterchip abgewandten Seite der Konversionsschicht ein Träger angeordnet. Mit anderen Worten ist die Konversionsschicht zwischen Träger und strahlungsemitierendem Halbleiterchip angeordnet. Der Träger steht insbesondere direkt mit der Konversionsschicht in Kontakt. Beispielsweise umfasst der Träger Glas oder Saphir oder besteht aus Glas oder Saphir. Bei dem Träger handelt es sich insbesondere nicht um eine Linse. Beispielsweise weist der Träger keine optischen Strukturen, wie Streupartikel oder eine strukturierte Oberfläche, auf.

**[0052]** Der Träger dient vorteilhafterweise zur mechanischen Stabilisierung der Konversionsschicht, insbesondere während des Verfahrens zur Herstellung des optoelektronischen Bauelements.

**[0053]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements weist der Träger eine Dicke zwischen einschließlich 50 Mikrometer und einschließlich 200 Mikrometer auf, insbesondere zwischen einschließlich 100 Mikrometer und einschließlich 175 Mikrometer.

**[0054]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements weist die Konversionsschicht eine Dicke zwischen einschließlich 10 Mikrometer und einschließlich 250 Mikrometer auf, insbesondere zwischen einschließlich 30 Mikrometer und einschließlich 150 Mikrometer.

**[0055]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements weist die Konversionsschicht Füllstoffe und/oder Streupartikel auf. Alternativ ist es möglich, dass die Konversionsschicht keine Füllstoffe und/oder Streupartikel aufweist. Insbesondere weist auch die Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial während des Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements Füllstoffe und/oder Streupartikel auf. Vorteilhafterweise wird durch die Füllstoffe eine Härte der Konversionsschicht eingestellt. Durch die Füllstoffe und/oder Streupartikel können auch rheologische Eigenschaften der Schicht mit dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial und/oder der Konversionsschicht beeinflusst werden.

**[0056]** Die Füllstoffe und/oder Streupartikel sind beispielsweise nicht konvertierend ausgebildet. Mit anderen Worten konvertieren die Füllstoffe und/oder Streupartikel die elektromagnetische Strahlung, die von dem strahlungsemitierenden Halbleiterchip und/oder dem Leuchtstoff in der Konversionsschicht ausgesendet wird, nicht.

**[0057]** Beispielsweise werden Partikel mit einem anorganischen Oxid, wie  $\text{SiO}_2$ , als Füllstoff eingesetzt. Durch den Einsatz von Partikeln mit einem anorganischen Oxid kann die Härte der Konversionsschicht erhöht werden. Alternativ oder zusätzlich können Partikel mit einem Polysiloxan als Füllstoff eingesetzt werden. Beispielsweise weist das Polysiloxan der Füllstoff-Partikel einen höheren Anteil an D-Einheiten auf als das Matrixmaterial. Auf diese Weise kann die Härte der Konversionsschicht verringert werden.

**[0058]** Streupartikel weisen insbesondere eine anorganische Verbindung auf. Beispielsweise umfassen die Streupartikel ein Oxid, wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , oder sind daraus gebildet.

**[0059]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements, umfasst der strahlungsemitierende Halbleiterchip eine Mikro-Leuchtdiode (engl. „light emitting diode“, LED). Insbesondere ist der strahlungsemitierende Halbleiterchip eine Mikro-LED.

**[0060]** Mikro-LEDs können eine Breite, eine Länge, eine Dicke und/oder einen Durchmesser kleiner als oder gleich 100 Mikrometer, insbesondere kleiner als oder gleich 70 Mikrometer, beispielsweise kleiner als oder gleich 50 Mikrometer aufweisen. Insbesondere weisen Mikro-LEDs, beispielsweise rechteckige Mikro-LEDs, eine Kantenlänge, insbesondere in Draufsicht auf die Schichten des Schichtstapels, einer Leuchtfläche kleiner als oder gleich 70 Mikrometer, beispielsweise kleiner als oder gleich 50 Mikrometer auf. Eine Mikro-LED ist beispielsweise eine Leuchtdiode, bei der ein Aufwachsubstrat entfernt ist, so dass eine Dicke der Mikro-LED beispielsweise im Bereich von 1,5 Mikrometer einschließlich bis 10 Mikrometer einschließlich liegt.

**[0061]** Beispielsweise wird die Mikro-LED auf einem Wafer mit lösbaren Haltestrukturen bereitgestellt. Die Mikro-LED kann zerstörungsfrei von dem Wafer gelöst werden.

**[0062]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements löst sich die Konversionsschicht bei einer Scherkraft von mindestens 0,40 Kilogramm·Force (kg·f), insbesondere von mindestens 0,80 kg·f, beispielsweise von mindestens 1,10 kg·f nicht von dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip. 1 kg·f entspricht insbesondere 9,80665 N. Das hier beschriebene optoelektronische Bauelement toleriert also ähnliche Scherkräfte wie ein optoelektronisches Bauelement mit einer zusätzlichen Klebeschicht zwischen strahlungsemitterenden Halbleiterchip und Konversionsschicht.

**[0063]** Es wird weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements gemäß einem oder mehrerer der hier beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens beschrieben, wobei das optoelektronische Bauelement nach einer oder mehrerer Ausführungsformen des hier beschriebenen optoelektronischen Bauelements hergestellt wird.

**[0064]** Vorteilhafterweise ist das Verfahren gegenüber anderen Verfahren vereinfacht und weist weniger Schritte auf. Dies lässt beispielsweise dadurch erklären, dass keine zusätzliche Klebeschicht aufgebracht wird. Vorteilhafterweise werden durch die Vereinfachung des Verfahrens Kosten eingespart. Das optoelektronische Bauelement zeichnet sich insbesondere durch eine größere Lebensdauer und eine verbesserte Wärmeverteilung aus.

**[0065]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements und des optoelektronischen Bauelements ergeben sich aus den folgenden, in Verbindung mit den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen.

**[0066]** Die **Fig. 1** bis **4** zeigen schematische Schnittdarstellungen verschiedener Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0067]** **Fig. 5** zeigt ein Diagramm in dem Scherkräfte für verschiedene optoelektronische Bauelemente dargestellt sind.

**[0068]** Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente, insbesondere Schichtdicken zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

**[0069]** In einem Schritt zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel wird ein strahlungsemitterender Halbleiterchip 2 bereitgestellt, der in der **Fig. 1** dargestellt ist. Der strahlungsemitterende Halbleiterchip 2 ist dazu eingerichtet elektromagnetische Strahlung im ultravioletten bis sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu erzeugen. Die erzeugte elektromagnetische Strahlung wird durch eine Hauptemissionsfläche hindurch emittiert. Die Hauptemissionsfläche des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2 ist parallel zu einer Haupterstreckungsebene des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2.

**[0070]** Gemäß einem weiteren Schritt, der in der **Fig. 2** gezeigt ist, wird ein Träger 8 bereitgestellt. Der Träger 8 weist in Draufsicht gesehen vorliegend ein Vielfaches der Größe des Halbleiterchips 2 in Draufsicht gesehen auf. Der Träger 8 weist ein für sichtbares Licht transparentes Material auf. Vorliegend ist der Träger 8 aus Glas gebildet. Der Träger 8 weist eine Dicke im Bereich zwischen einschließlich 50 Mikrometer und einschließlich 200 Mikrometer auf.

**[0071]** Auf den Träger 8 wird eine Mischung aus einem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial 4, einem Lösungsmittel und einem Leuchtstoff 5 durch Rakeln oder Foliengießen aufgebracht. Vorliegend weist das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4 ein Polysiloxan mit einem Anteil von zumindest 80 Gew.% T-Einheiten auf. Das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4 weist ein Molekulargewicht von mindestens 5000 g/mol auf. Bei dem Lösungsmittel handelt es sich um Propylenglycolmonomethyletheracetat. Die organischen Reste an den Silizium-Atomen der Siloxangruppen in dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial sind vorliegend Methyl oder Phenyl.

**[0072]** Das Lösungsmittel wird unter erhöhter Temperatur und/oder vermindertem Druck entfernt. Auf diese Weise wird der in **Fig. 3** gezeigte Träger 8 mit einer Schicht 3 umfassend das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4 und den Leuchtstoff 5 gebildet. Das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4 ist fest, lässt sich jedoch unter dem Einfluss von erhöhter Temperatur und Druck verflüssigen. Die Schicht 3 weist einen Anteil zwischen einschließlich 70 Gew.% und einschließlich 72 Gew.% an dem Leuchtstoff 5 auf.

**[0073]** Nach dem Ausbilden der Schicht 3 wird der Träger 8 mit der Schicht 3 durch Sägen oder Stanzen vereinzelt. Nach dem Vereinzeln weist der Träger 8 mit der Schicht 3 in Draufsicht gesehen eine annähernd gleiche Ausdehnung wie der Halbleiterchip 2 auf. Durch das Vereinzeln wird demnach ein Plättchen mit Träger 8 und Schicht 3 gebildet.

**[0074]** Das Plättchen wird auf den strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2 aufgebracht. Dabei wird die Schicht 3 mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2 verbunden. Die Schicht 3 steht in direktem Kontakt mit der Hauptemissionsfläche des Halbleiterchips 2. Während des Verbindens der Schicht 3 mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2 wird die Schicht 3 ausgehärtet. Dabei reagiert das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4 zum Matrixmaterial 6 und es wird eine Konversionsschicht 7 gebildet. Das Matrixmaterial 6 weist einen höheren Vernetzungsgrad auf als das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial 4. Das Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials 4 zum Matrixmaterial 6 wird durch Druck und/oder erhöhte Temperatur induziert. Reaktionsparameter für das Aushärten und Verbinden sind in der Tabelle 1 gezeigt, die in Verbindung mit der **Fig. 5** beschrieben wird.

**[0075]** Das mit dem Verfahren hergestellte optoelektronische Bauelement 1 ist in der **Fig. 4** gezeigt. Das optoelektronische Bauelement 1 weist den strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2, die Konversionsschicht 7 und den Träger 8 auf. Die Konversionsschicht 7 steht in direktem Kontakt mit dem Träger 8 und dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2. Die Konversionsschicht weist eine Dicke im Bereich zwischen einschließlich 10 Mikrometer und einschließlich 250 Mikrometer auf.

**[0076]** Die Konversionsschicht 7 weist vorliegend ein Polysiloxan mit einem Anteil von zumindest 80 Gew.% T-Einheiten als Matrixmaterial 6 auf. Der Leuchtstoff 5 ist in der Konversionsschicht 7 verteilt. Dabei weist der Leuchtstoff 5 einen Anteil im Bereich zwischen einschließlich 70 Gew.% und einschließlich 72 Gew.% an der Konversionsschicht auf. Der Leuchtstoff 5 ist in dem Matrixmaterial 6 eingebettet.

**[0077]** Die Seitenflächen 9 des Trägers 8, der Konversionsschicht 7 und des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2 schließen vorliegend bündig miteinander ab. Die Konversionsschicht 7 ist auf der Hauptemissionsfläche des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2 angeordnet. Der strahlungsemitterende Halbleiterchip 2 weist vorliegend keine eigenen Konversionsschichten auf. Mit anderen Worten emittiert der strahlungsemitterende Halbleiterchip 2 lediglich die elektromagnetische Strahlung, die im strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2 erzeugt wird.

**[0078]** In der **Fig. 5** ist ein Diagramm dargestellt, das die Scherkräfte  $F$  in  $\text{kg}\cdot\text{f}$  zeigt, die von optoelektronischen Bauelementen 1, die gemäß dem hier beschriebenen Verfahren hergestellt wurden, toleriert werden. Die gestrichelte Linie  $R$  dient als Referenz und stellt die Scherkraft dar, die ein optoelektronisches Bauelement mit einer zusätzlichen Klebeschicht zwischen der ausgehärteten Konversionsschicht 7 und dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip 2 toleriert. In der Tabelle 1 sind die Verfahrensparameter wiedergegeben, die bei der Herstellung der optoelektronischen Bauelemente 1 angewendet wurden. Insbesondere wurden diese Verfahrensparameter beim Verbinden und Aushärten der Schicht 3 und des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2 angewendet.

Tabelle 1: Verfahrensparameter

	Temperatur	Druck	Zeit
5-1	110 °C	0,3 N	5 s
5-2	110 °C	0,5 N	5 s
5-3	135 °C	0,3 N	5 s
5-4	135 °C	0,5 N	5 s
5-5	135 °C	1,0 N	5 s
5-6	135 °C	0,3 N	60 s

**[0079]** Die gemessenen Scherkräfte  $F$  zeigen, dass durch eine Erhöhung der Temperatur sowie des Drucks beim Verbinden und Aushärten des strahlungsemitterenden Halbleiterchips 2 und der Schicht 3 eine Stabilität des optoelektronischen Bauelements 1 erhöht werden kann. Dies zeigt sich darin, dass das optoelektronische Bauelement 1 höhere Scherkräfte toleriert.

**[0080]** Weiterhin wird insbesondere bei den Ausführungsbeispielen 5-4, 5-5 und 5-6 sogar eine mitunter höhere Stabilität des optoelektronischen Bauelements 1 erreicht im Vergleich zur Referenz R.

**[0081]** Die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Merkmale und Ausführungsbeispiele können gemäß weiteren Ausführungsbeispielen miteinander kombiniert werden, auch wenn nicht alle Kombinationen explizit beschrieben sind. Weiterhin können die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele alternativ oder zusätzlich weitere Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

**[0082]** 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

1	optoelektronisches Bauelement
2	strahlungsemitterender Halbleiterchip
3	Schicht
4	teilweise ausgehärtetes Matrixmaterial
5	Leuchtstoff
6	Matrixmaterial
7	Konversionsschicht
8	Träger
9	Seitenfläche
F	Scherkraft
R	Referenz

#### Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) umfassend die Schritte
  - Bereitstellen eines strahlungsemitterenden Halbleiterchips (2),
  - Bereitstellen einer Schicht (3) umfassend ein teilweise ausgehärtetes Matrixmaterial (4) und einen Leuchtstoff (5),
  - Verbinden des strahlungsemitterenden Halbleiterchips (2) und der Schicht (3),
  - Aushärten des teilweise ausgehärteten Matrixmaterials (4) zu einem Matrixmaterial (6), sodass eine Konversionsschicht (7) mit dem Matrixmaterial (6) und dem Leuchtstoff (5) in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitterenden Halbleiterchip (2) gebildet wird.
- Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial (4) einen geringeren Vernetzungsgrad aufweist als das Matrixmaterial (6).
- Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Matrixmaterial (6) ein Polysiloxan aufweist.
- Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Polysiloxan einen Anteil von zumindest 25 Gew.% T-Einheiten aufweist.
- Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das teilweise ausgehärtete Matrixmaterial (4) ein Molekulargewicht von zumindest 5000 g/mol aufweist.

6. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Anteil des Leuchtstoffs (5) in der Konversionsschicht (7) zwischen einschließlich 50 Gew.% und einschließlich 85 Gew.% beträgt.

7. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schicht (3) auf einem Träger (8) bereitgestellt wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Bereitstellen der Schicht (3) die folgenden Schritte umfasst:

- Bereitstellen des Trägers (8),
- Aufbringen einer Mischung aus dem teilweise ausgehärteten Matrixmaterial (4), dem Leuchtstoff (5) und einem Lösungsmittel auf den Träger (8), und
- Entfernen des Lösungsmittels, sodass die Schicht (3) auf dem Träger (8) gebildet wird.

9. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verbinden der Schicht (3) und des strahlungsemitierenden Halbleiterchips (2) bei einer Temperatur im Bereich zwischen einschließlich 100 °C und einschließlich 150 °C erfolgt.

10. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei dem Verbinden der Schicht (3) und des strahlungsemitierenden Halbleiterchips (2) ein Druck zwischen einschließlich 0,1 N und 5 N auf die Schicht (3) ausgeübt wird.

11. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei dem Verbinden der Schicht (3) und des strahlungsemitierenden Halbleiterchips (2) ein Druck für eine Zeit von höchstens 60 Sekunden auf die Schicht (3) ausgeübt wird.

12. Optoelektronisches Bauelement (1) mit

- einem strahlungsemitierenden Halbleiterchip (2), und
- einer Konversionsschicht (7) mit einem Matrixmaterial (6) und einem Leuchtstoff (5), wobei
- die Konversionsschicht (7) in direktem Kontakt mit dem strahlungsemitierenden Halbleiterchip (2) steht, und
- Seitenflächen (9) des strahlungsemitierenden Halbleiterchips (2) frei von der Konversionsschicht (7) sind.

13. Optoelektronisches Bauelement (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Konversionsschicht (7) und der strahlungsemitierende Halbleiterchip (2) an den Seitenflächen (9) bündig abschließen.

14. Optoelektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an einer dem strahlungsemitierenden Halbleiterchip (2) abgewandten Seite der Konversionsschicht (7) ein Träger (8) angeordnet ist.

15. Optoelektronisches Bauelement (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Träger (8) eine Dicke zwischen einschließlich 50 Mikrometer und einschließlich 200 Mikrometer aufweist.

16. Optoelektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Konversionsschicht (7) eine Dicke zwischen einschließlich 10 Mikrometer und einschließlich 250 Mikrometer aufweist.

17. Optoelektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Konversionsschicht (7) Füllstoffe und/oder Streupartikel aufweist.

18. Optoelektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der strahlungsemitierende Halbleiterchip (2) eine Mikro-LED umfasst.

19. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das optoelektronische Bauelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 18 hergestellt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

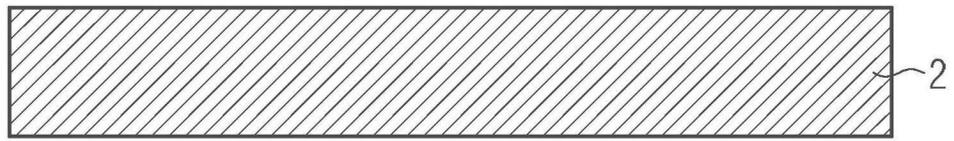


FIG 2



FIG 3

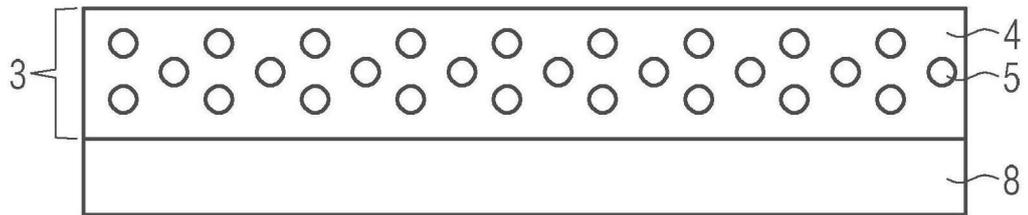


FIG 4

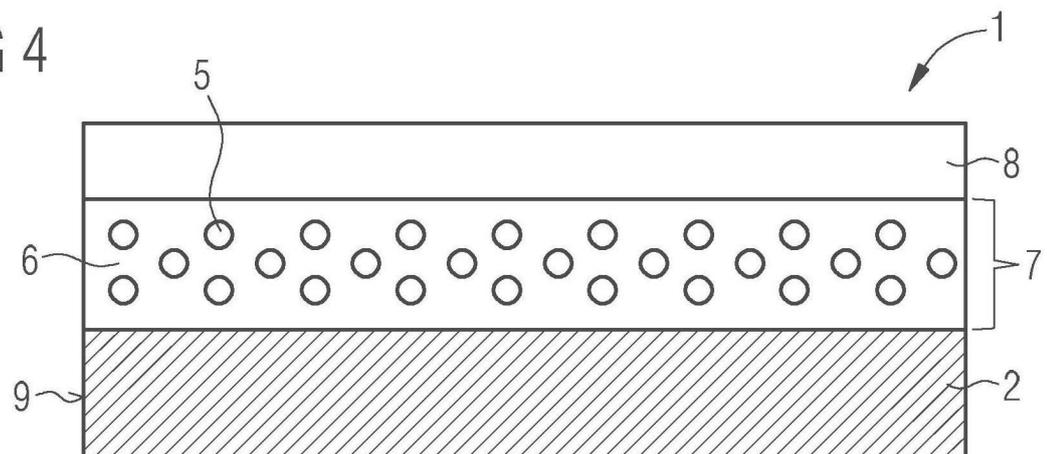


FIG 5

