

Beschreibung

Optoelektronisches Halbleiterbauelement und Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements

5

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2011 114 641.9, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

10 Es werden ein optoelektronisches Halbleiterbauelement und ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements angegeben.

Die optische Effizienz einer Leuchtdiode (LED) wird stark
15 beeinflusst vom Unterschied und der Anpassung der Brechungsindices des Leuchtdiodenchips und eines darauf aufgetragenen funktionellen optischen Elements, beispielsweise einer Leuchtstoffschicht oder einer Linse. Üblicherweise wird die Verbindung zwischen dem
20 Leuchtdiodenchip, der ein hochbrechendes Halbleitermaterial mit einem Brechungsindex im Bereich von 2,4 bis 3,5 aufweist, und zum Beispiel einer keramischen Leuchtstoffschicht mit einem Brechungsindex im Bereich von 1,8 bis 2,8 oder einer Glaslinse mit einem Brechungsindex im Bereich von 1,46 bis
25 2,1 durch eine niedrig brechende Silikonschicht mit einem Brechungsindex im Bereich von 1,4 bis 1,55 hergestellt, was zu signifikanten optischen Verlusten von etwa 5 bis 10 % führt. Um die Auskoppelleffizienz einer LED zu erhöhen und um insbesondere zu Effizienzen mehr als 150 Lumen pro Watt
30 vordringen zu können, ist es notwendig, solche optischen Verluste soweit wie möglich zu minimieren.

Das Bestreben, optische Elemente möglichst ohne Schichten mit niedriger Brechzahl an einen Leuchtdiodenchip anzukoppeln ist bekannt. Beispielsweise wird versucht, möglichst hochbrechende konventionelle Klebeschichten zu verwenden. Da es jedoch keine langzeitstabilen optischen Klebstoffe mit Brechzahlen von mehr als 1,55 gibt, ist dieser Ansatz bisher limitiert. Weiterhin wird versucht, ein optisches Element ohne Haftsichten auf einem Leuchtdiodenchip durch direktes Bonden aufzubringen. Das direkte Bonden würde zwar optisch und thermisch die beste Verbindung darstellen, ist aber praktisch aufgrund der hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität nur sehr begrenzt einsatzfähig. Darüber hinaus wird auch das direkte Abscheiden von Halbleitermaterialien auf einem optischen Element diskutiert. Das direkte Abscheiden von epitaktischem Material auf optisch aktiven Substanzen ist jedoch bisher noch nicht ausreichend gezeigt worden und schränkt darüber hinaus die Wahl der geeigneten und zu verwendenden Materialien sehr stark ein.

Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein optoelektronisches Halbleiterbauelement mit einem optischen Element auf einem Halbleiterchip anzugeben. Zumindest eine weitere Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements anzugeben.

Diese Aufgaben werden durch einen Gegenstand und ein Verfahren gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Gegenstands und des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

Gemäß einer Ausführungsform weist ein optoelektronisches Halbleiterbauelement einen optoelektronischen Halbleiterchip und ein optisches Element auf. Zwischen dem optischen Element und dem Halbleiterchip ist eine Verbindungsschicht

5 angeordnet, die an das optische Element und den Halbleiterchip jeweils unmittelbar angrenzt und durch die das optische Element auf dem Halbleiterchip befestigt ist.

„Unmittelbar angrenzen“ bedeutet hier und im Folgenden, dass sich keine weitere Schicht, insbesondere beispielsweise in
10 Form einer Klebstoffschicht, einer verbindenden Harzschicht oder einer Lotschicht, zwischen der hier beschriebenen Verbindungsschicht und dem Halbleiterchip sowie zwischen der Verbindungsschicht und dem optischen Element befindet. Die Verbindungsschicht ist somit direkt am Halbleiterchip und
15 direkt am optischen Element zwischen diesen angeordnet.

Durch die unmittelbare Anordnung der Verbindungsschicht am Halbleiterchip und am optischen Element kann eine mechanische Ankopplung und Befestigung des optischen Elements auf dem
20 Halbleiterchip ermöglicht werden. Weiterhin kann die Verbindungsschicht eine gute thermische und optische Ankopplung des optischen Elements am Halbleiterchip ermöglichen.

25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Verbindungsschicht ein transparentes Oxid auf. Besonders bevorzugt weist die Verbindungsschicht einen Brechungsindex von größer oder gleich 1,6 auf. Dadurch können optische Verluste, wie sie beispielsweise bei der Verwendung von
30 Silikon-basierten Klebstoffen zur Befestigung optischer Elemente auf Leuchtdiodenchips verwendet werden, verringert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements das optische Element auf dem optoelektronischen Halbleiterchip angeordnet. Danach wird die
5 Verbindungsschicht, die insbesondere als Verbindungsschicht mit einem transparenten Oxid ausgebildet sein kann, zwischen dem Halbleiterchip und dem optischen Element jeweils unmittelbar angrenzend an den Halbleiterchip und an das optische Element aufgebracht. Das optische Element wird durch
10 das direkte Aufbringen der Verbindungsschicht zwischen dem optischen Element und dem Halbleiterchip auf dem Halbleiterchip befestigt.

Die hier und im Folgenden beschriebenen Merkmale gelten
15 gleichermaßen für das optoelektronische Halbleiterbauelement und das Verfahren zur Herstellung dieses.

Besonders bevorzugt wird die Verbindungsschicht mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens („atomic layer deposition“, ALD)
20 zwischen dem Halbleiterchip und dem optische Element angeordnet. Beim Verfahren der Atomlagenabscheidung wird eine Schichtbildung aus einem Verbindungsschichtmaterial auf einer Oberfläche oder einem Oberflächenbereich des Halbleiterchips und einer Oberfläche oder einem Oberflächenbereich des
25 optischen Elements durch eine chemische Reaktion von mindestens zwei gasförmig bereitgestellten Ausgangsstoffen oder -verbindungen („precursor“) ermöglicht. Im Vergleich zu anderen Verfahren der chemischen Gasphasenabscheidung werden bei der Atomlagenabscheidung die Ausgangsverbindungen
30 zyklisch nacheinander in eine Reaktionskammer eingelassen. Eine erste von den zumindest zwei gasförmigen Ausgangsverbindungen kann auf den zu beschichtenden Oberflächen adsorbieren, wobei sich die Moleküle der ersten

Ausgangsverbindung unregelmäßig und ohne eine Fernordnung auf dem Oberflächenbereich anordnen und somit eine zumindest teilweise amorphe Bedeckung bilden können. Nach einer bevorzugt vollständigen oder nahezu vollständigen Bedeckung der Oberflächen mit der ersten Ausgangsverbindung kann eine zweite der zumindest zwei Ausgangsverbindungen zugeführt werden, die mit der auf der zu beschichtenden Oberfläche adsorbierten ersten Ausgangsverbindung reagiert, wodurch eine Submonolage oder maximal eine Monolage des Verbindungsschichtmaterials ausgebildet werden kann. Durch Wiederholung dieser Schritte können weitere Submonolagen oder Monolagen hergestellt werden. Ein wesentliches Merkmal der Atomlagenabscheidung ist der selbstbegrenzende Charakter der Teilreaktion, was bedeutet, dass die Ausgangsverbindung einer Teilreaktion nicht mit sich selbst oder Liganden von sich selbst reagiert, was das Schichtwachstum einer Teilreaktion auch bei beliebig langer Zeit und Gasmenge auf maximal eine Monolage des Verbindungsschichtmaterials auf den zu beschichtenden Oberflächen oder Oberflächenbereichen begrenzt. Je nach Verfahrensparametern und Reaktionskammer sowie in Abhängigkeit vom Verbindungsschichtmaterial beziehungsweise dessen Ausgangsverbindungen kann ein Zyklus zwischen einigen Millisekunden und einigen Sekunden dauern, wobei dann pro Zyklus eine etwa 0,1 bis etwa 3 Ångström dicke Schicht aus dem Verbindungsschichtmaterial erzeugt werden kann.

Von besonderer Bedeutung bei dem hier beschriebenen Verfahren und bei dem hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauelement ist es, dass ALD-Verfahren die Eigenschaft haben, je nach Prozessparameter Strukturen mit hohem sogenannten Aspektverhältnissen von mehr als 100 oder sogar mehr als 1000 konform zu beschichten. Als

Aspektverhältnis wird hier und im Folgenden bei einem Kanal oder einem Spalt das Verhältnis von Kanal- oder Spalttiefe zur minimalen Breite, also zur Breite an der engsten Stelle, des Kanals oder Spalts bezeichnet. Somit können nach dem

5 Anordnen des optischen Elements auf dem Halbleiterchip Spalte, die zwischen dem optischen Element und dem Halbleiterchip vorliegen und die fertigungsbedingt und/oder gezielt durch eine Oberflächenstrukturierung hergestellt werden können, durch das Material der Verbindungsschicht

10 aufgefüllt werden. Durch die hohe Spaltgängigkeit und das konforme Füllverhalten, das beispielsweise schon aus der Beschichtung oder Füllung von tiefen und engen Sacklöchern wie etwa sogenannten „vias“ bekannt ist, wird durch die hier beschriebene Verbindungsschicht mittels des ALD-Verfahrens

15 eine Dünnspaltnutzung erreicht. Durch die konforme Beschichtung, die durch das ALD-Verfahren erreicht werden kann, kann das hier beschriebene Verfahren zum Aufbringen der Verbindungsschicht zwischen dem Halbleiterchip und dem optischen Element auch nachträglich von anderen Verfahren

20 unterscheidbar und nachweisbar sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der optoelektronische Halbleiterchip eine Halbleiterschichtenfolge auf. Der Halbleiterchip kann als

25 Licht emittierender Halbleiterchip oder als Licht detektierender Halbleiterchip, beispielsweise in Form einer Photodiode oder einer Photovoltaikzelle, ausgebildet sein. Der Halbleiterchip kann je nach Wellenlänge eine Halbleiterschichtenfolge auf der Basis von verschiedenen

30 Halbleitermaterialsystemen aufweisen. Für eine langwellige, infrarote bis rote Strahlung ist beispielsweise eine Halbleiterschichtenfolge auf Basis von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$, für rote bis gelbe Strahlung beispielsweise eine

Halbleiterschichtenfolge auf Basis von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ und für kurzwellige sichtbare, also insbesondere für grüne bis blaue, und/oder für UV-Strahlung beispielsweise eine Halbleiterschichtenfolge auf Basis von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ geeignet, wobei jeweils $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$ gilt. Weiterhin kann eine Halbleiterschichtenfolge basierend auf einem Antimonid, beispielsweise InSb , GaSb , AlSb oder eine Kombination daraus, geeignet sein für langwellige Infrarotstrahlung.

Besonders bevorzugt kann der Halbleiterchip eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge aufweisen oder daraus sein. Dazu kann die Halbleiterschichtenfolge mittels eines Epitaxieverfahrens, beispielsweise metallorgansicher Gasphasenepitaxie (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsen und mit elektrischen Kontakten versehen werden. Durch Vereinzelung des Aufwachssubstrats mit der aufgewachsenen Halbleiterschichtenfolge kann eine Mehrzahl von Halbleiterchips bereitgestellt werden.

Weiterhin kann die Halbleiterschichtenfolge vor dem Vereinzeln auf ein Trägersubstrat übertragen werden und das Aufwachssubstrat kann gedünnt oder ganz entfernt werden. Derartige Halbleiterchips, die als Substrat ein Trägersubstrat anstelle des Aufwachssubstrats aufweisen, können auch als so genannte Dünnfilm-Halbleiterchips bezeichnet werden.

Ein Dünnfilm-Halbleiterchip zeichnet sich insbesondere durch folgende charakteristische Merkmale aus:

- an einer zu dem Trägersubstrat hin gewandten ersten Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Epitaxieschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht

aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert;

- die Epitaxieschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20µm oder weniger, insbesondere im Bereich zwischen 4 µm und 10 µm auf; und
- die Epitaxieschichtenfolge enthält mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, d.h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

Ein Dünnschicht-Halbleiterchip ist in guter Näherung ein Lambert'scher Oberflächenstrahler. Das Grundprinzip eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips ist beispielsweise in der Druckschrift I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, 2174 - 2176 beschrieben.

Die elektrischen Kontakte des Halbleiterchips können auf verschiedenen Seiten der Halbleiterschichtenfolge oder auch auf derselben Seite angeordnet sein. Beispielsweise kann der Halbleiterchip einen elektrischen Kontakt in Form einer lötbaren oder klebbaren Kontaktfläche auf einer der Halbleiterschichtenfolge gegenüber liegenden Seite des Substrats aufweisen. Auf einer dem Substrat gegenüber liegenden Seite der Halbleiterschichtenfolge kann eine weitere Kontaktfläche ausgebildet sein, beispielsweise in Form eines so genannten Bondpads zur Kontaktierung mittels eines Bonddrahts. Weiterhin kann der Halbleiterchip die elektrischen Kontaktflächen auf derselben Seite, beispielsweise als lötbare oder klebbare Kontaktflächen,

aufweisen und als so genannter Flip-Chip ausgebildet sein, der mit den Kontaktflächen auf einem elektrisch leitenden Träger, beispielsweise einer Platine, einer Leitplatte oder einem Leuchtdiodengehäuse, montierbar ist. Darüber hinaus
5 kann ein Halbleiterchip auch zwei als Bondpads ausgebildete Kontaktflächen auf derselben Seite der Halbleiterschichtenfolge aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische
10 Element ein transparentes oder transluzentes Material auf, durch das im Betrieb des optoelektronischen Halbleiterbauelements Licht vom als Licht emittierenden Halbleiterchip ausgebildeten Halbleiterchip abgestrahlt wird oder durch das Licht vom als Licht detektierenden
15 Halbleiterchip ausgebildeten Halbleiterchip empfangen werden kann. Das optische Element kann beispielsweise ein Glas, ein Keramikmaterial, einen Kunststoff, ein Halbleitermaterial oder eine Kombination genannter Materialien aufweisen. Beispielsweise kann das optische Element als transparentes
20 Substrat, besonders bevorzugt als Glas-, Keramik- oder Halbleitersubstrat, ausgebildet sein.

Das optische Element kann beispielsweise auch als Zwischenträger dienen, der zwischen dem Halbleiterchip und
25 einem weiteren optischen Element angeordnet ist, das beispielsweise über eine weitere Verbindungsschicht mit dem optischen Element verbunden ist, wobei die weitere Verbindungsschicht Merkmale aufweisen kann, wie sie im Zusammenhang mit der Verbindungsschicht zwischen dem
30 optischen Element und dem Halbleiterchip beschrieben sind.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische Element eine dem Halbleiterchip abgewandte Oberfläche auf,

die eine gekrümmte oder sonstige nicht-ebene Form aufweist. Beispielsweise kann die dem Halbleiterchip abgewandte Oberfläche linsenartig konvex oder konkav gekrümmt sein, beispielsweise in Form einer sphärischen oder asphärischen Linse. Weiterhin kann die dem Halbleiterchip abgewandte Oberfläche des optischen Elements beispielsweise einen oder mehrere Kegel oder Kegelstümpfe aufweisen oder durch einen oder mehrere dieser gebildet sein. Insbesondere kann das optische Element mit einer solchen Oberfläche zur Strahlformung oder Streuung des emittierten Lichts einer Licht emittierenden Halbleiterbauelements dienen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das optische Element als Wellenlängenkonversionselement ausgebildet oder weist ein Wellenlängenkonversionselement auf. Das Wellenlängenkonversionselement kann einen oder mehrere Wellenlängenkonversionsstoffe aufweisen, die geeignet sind, das vom Halbleiterchip emittierte Licht zumindest teilweise zu absorbieren und als Licht mit einem zumindest teilweise verschiedenen Wellenlängenbereich zu emittieren. Das Wellenlängenkonversionselement kann beispielsweise einen oder mehrere der folgenden Wellenlängenkonversionsstoffe aufweisen oder aus einem oder mehreren der folgenden Wellenlängenkonversionsstoffe gebildet sein: mit Metallen der seltenen Erden dotierte Granate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Erdalkalisulfide, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Thiogallate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Aluminate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Silikate, wie Orthosilikate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Chlorosilikate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Erdalkalisiliziumnitride, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Oxinitride und mit Metallen der seltenen Erden

dotierte Aluminiumoxinitride, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Siliziumnitride, Sialone.

Als Wellenlängenkonversionsstoffe können insbesondere Granate wie Yttriumaluminiumoxid (YAG), Lutetiumaluminiumoxid (LuAG) und Terbiumaluminiumoxid (TAG) verwendet werden. Die Wellenlängenkonversionsstoffe sind beispielsweise mit einem der folgenden Aktivatoren dotiert: Cer, Europium, Terbium, Praseodym, Samarium, Mangan.

Weiterhin kann das Wellenlängenkonversionselement als Wellenlängenkonversionsstoff zusätzlich oder alternativ ein organisches Material umfassen, das aus einer Gruppe ausgewählt sein kann, die Perylene, Benzopyrene, Coumarine, Rhodamine und Azo-Farbstoffe umfasst.

Das Wellenlängenkonversionselement kann auch geeignete Mischungen und/oder Kombinationen der genannten Wellenlängenkonversionsstoffe aufweisen.

Weiterhin kann das Wellenlängenkonversionselement aus einem oder mehreren Wellenlängenkonversionsstoffen gebildet sein und beispielsweise als keramisches Wellenlängenkonversionselement vorliegen.

Darüber hinaus kann das Wellenlängenkonversionselement ein Matrixmaterial aufweisen, das den oder die Wellenlängenkonversionsstoffe umgibt oder enthält oder das an den oder die Wellenlängenkonversionsstoffe chemisch gebunden ist. Das transparente Matrixmaterial kann beispielsweise Siloxane, Epoxide, Acrylate, Methylmethacrylate, Imide, Carbonate, Olefine, Styrole, Urethane oder Derivate davon in Form von Monomeren, Oligomeren oder Polymeren und weiterhin

auch Mischungen, Copolymere oder Verbindungen damit aufweisen. Beispielsweise kann das Matrixmaterial ein Epoxidharz, Polymethylmethacrylat, Polystyrol, Polycarbonat, Polyacrylat, Polyurethan oder ein Silikonharz wie etwa
5 Polysiloxan oder Mischungen daraus umfassen oder sein.

Weiterhin kann das Wellenlängenkonversionselement auch als keramisches Wellenlängenkonversionselement vorliegen und ein Keramikmaterial oder ein Glasmaterial als Matrixmaterial
10 aufweisen, in dem einer oder mehrere der oben genannten Wellenlängenkonversionsstoffe enthalten sind.

Der oder die Wellenlängenkonversionsstoffe können homogen im Matrixmaterial verteilt sein. Weiterhin kann das
15 Wellenlängenkonversionselement mehrere Wellenlängenkonversionsstoffe aufweisen, die in verschiedenen Schichten im Wellenlängenkonversionselement angeordnet sind.

Durch die Verbindungsschicht kann eine gute thermische und
20 optische Anbindung des oder der Wellenlängenkonversionsstoffe im Wellenlängenkonversionselement an den Halbleiterchip ermöglicht werden, was beispielsweise im Falle eines keramischen Wellenlängenkonversionselements besonders vorteilhaft sein und eine Erhöhung der Effizienz zur Folge
25 haben kann. Weiterhin kann insbesondere ein keramisches Wellenlängenkonversionselement auch als mechanische Stabilisierung des Halbleiterchips dienen, beispielsweise im Falle eines als Flip-Chip ausgeführten Halbleiterchips mit entferntem oder gedünntem Aufwachssubstrat.

30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das optische Element als Streuelement ausgeführt sein und Streupartikel oder Streustrukturen aufweisen. Die Streupartikel oder

Streustrukturen können dabei auf einer Oberfläche des optischen Elements, insbesondere der dem Halbleiterchip abgewandten Oberfläche, in Form von Oberflächenstruktur angeordnet sein oder sie können alternativ oder zusätzlich zu
5 einem Wellenlängenkonversionsstoff wie oben beschrieben in einem Matrixmaterial eingeschlossen sein. Insbesondere können die Streupartikel beispielsweise ein Halbmetall- oder Metalloxid, so etwa Siliziumdioxid, Titandioxid oder Aluminiumoxid, und/oder Glaspartikel und/oder Poren, so etwa
10 Lufteinschlüsse, aufweisen oder sein. Die Streupartikel oder Streustrukturen können dabei Durchmesser oder Korngrößen von weniger als einem Mikrometer bis zu einer Größenordnung von 10 Mikrometer oder auch bis zu 100 Mikrometer aufweisen.

15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Verbindungsschicht ein dielektrisches transparentes Oxid auf. Beispielsweise kann die Verbindungsschicht Aluminiumoxid, Titandioxid, Zirkoniumdioxid, Tantalpentoxid, Hafniumdioxid, Siliziumdioxid, Siliziumnitrid oder eine Kombination dieser
20 aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Verbindungsschicht ein transparentes leitendes Oxid auf. Dadurch kann beispielsweise auch ein elektrischer Kontakt
25 zwischen dem Halbleiterchip und dem optischen Element oder einem Kontaktelement ermöglicht werden, so dass der Halbleiterchip über das optische Element bzw. das Kontaktelement und die Verbindungsschicht elektrisch kontaktiert werden kann. Weiterhin kann eine

30 Verbindungsschicht mit einem transparenten leitenden Oxid beispielsweise auch der Stromverteilung dienen. Transparente, elektrisch leitende Oxide (transparent conductive oxides, „TCO“) sind transparente, elektrisch leitende Materialien, in

der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre
5 Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin kann es möglich sein, dass die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung
10 entsprechen und auch p- oder n-dotiert sein können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Halbleiterchip eine Oberfläche auf, an die die Verbindungsschicht unmittelbar angrenzt und die eine Oberflächenstruktur
15 aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann auch das optische Element eine Oberfläche aufweisen, an die die Verbindungsschicht unmittelbar angrenzt und die eine Oberflächenstruktur aufweist. Die Oberflächenstruktur, also die Oberflächenstruktur des Halbleiterchips und/oder die
20 Oberflächenstruktur des optischen Elements, kann dabei zumindest teilweise oder gänzlich von der Verbindungsschicht bedeckt sein. Insbesondere befindet sich die Oberflächenstruktur zwischen dem optischen Element und dem Halbleiterchip, so dass vor dem Aufbringen der
25 Verbindungsschicht durch die Oberflächenstruktur Hohlräume zwischen dem optischen Element und dem Halbleiterchip gebildet werden. Diese Hohlräume können durch die Verbindungsschicht zumindest teilweise oder gänzlich bedeckt werden. Es kann jedoch auch sein, dass durch das Bedecken der
30 Hohlraumwandungen mit der Verbindungsschicht Poren in der Verbindungsschicht gebildet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur zumindest einen Kanal auf, der sich von einem Randbereich der Oberfläche entlang einer Haupterstreckungsebene der Oberfläche zu einem Innenbereich der Oberfläche erstreckt. Durch den Kanal kann der Innenbereich der Oberfläche somit von außen zugänglich sein, so dass die zum Aufbringen der Verbindungsschicht verwendeten Gase über den Kanal in den Innenbereich transportiert werden können. Der Kanal kann dabei als Zugang zu Spalten und Hohlräumen, die beispielsweise durch die Oberflächenstruktur im Innenbereich gebildet werden, dienen, und derart dimensioniert sein, dass der Kanal während des Aufwachsens der Verbindungsschicht nur wenig zuwächst, während dünnere Spalten und kleinere Hohlräume aufgefüllt werden und so eine optische und mechanische Kopplung zwischen dem Halbleiterchip und dem optischen Element ermöglicht wird. Der zumindest eine Kanal kann beispielsweise durch Ätzen im Halbleiterchip oder im optischen Element ausgebildet sein. Bezogen auf die Abmessungen des Halbleiterchips oder des optischen Elements kann der zumindest eine Kanal durchgängig sein und somit von einem Randbereich des Halbleiterchips oder des optischen Elements zu einem anderen Randbereich des Halbleiterchips oder des optischen Elements reichen. Es ist auch möglich, dass der zumindest eine Kanal als Blindkanal oder Blindgraben ausgebildet ist und vom Randbereich lediglich in den Innenbereich reicht.

Die Wahl einer geeigneten Oberflächenstruktur ist entscheidend für die Funktionalität der Verbindungsschicht und die Anwendbarkeit des hier beschriebenen Verfahrens sowie auch für die optische Effizienz des optoelektronischen Halbleiterbauelements, da die Oberfläche des Halbleiterchips und/oder des optischen Elements gemäß weiterer hier

beschriebener Ausführungsformen noch zusätzliche Funktionen aufweisen kann, beispielsweise Streuung durch Aufrauung oder Stromverteilung über eine leitfähige Verbindungsschicht.

Insbesondere ermöglicht die Verwendung des ALD-Verfahrens mit

5 der Möglichkeit der atomlagenfeinen Abscheidung der Verbindungsschicht zusammen mit einer geeigneten Oberflächenstrukturierung des Halbleiterchips und/oder des optischen Elements eine mechanische und insbesondere stoffschlüssige sowie eine optische Ankopplung des optischen
10 Elements über eine dünne transparente Verbindungsschicht, insbesondere über eine dünne transparente Oxidschicht als Verbindungsschicht.

Die Strukturierung der Oberfläche des Halbleiterchips

15 und/oder des optischen Elements muss dabei zum einen auf eine optimale Zufuhr der während des ALD-Verfahrens verwendeten Gase und einer damit verbundenen effizienten und kontrollierten Prozessführung ausgerichtet sein. Zum anderen ist es auch erforderlich, eine optimale optische Ankopplung
20 des optischen Elements an den Halbleiterchip zu erreichen, insbesondere durch eine große Grenzfläche zwischen diesen, die durch die Verbindungsschicht gebildet wird, mit kleinen maximalen Spaltwerten. Die optimale Oberflächenstruktur ist somit durch die Brechzahlen des Halbleiterchips und des
25 optischen Elements gegeben.

Zur geeigneten Dimensionierung des zumindest einen Kanals und insbesondere dessen Aspektverhältnisses ist es hilfreich, die ALD-Diffusion beispielsweise theoretisch abzuschätzen sowie
30 eine optische und thermische Modellierung hinsichtlich der Effizienz und der Ankoppelfläche durchzuführen. Hinsichtlich der Anforderungen an die Planarität beziehungsweise die Rauigkeit der Oberflächenstruktur hat sich gezeigt, dass es

besonders vorteilhaft ist wenn die Aufrauung der Oberflächenstruktur eine Rauigkeit aufweist, die kleiner etwa dem Zweifachen der Dicke der Verbindungsschicht ist. Bei einer geeigneten Dicke der Verbindungsschicht kann diese
5 weiterhin auch als reflexionsmindernde Beschichtung („antireflection coating“: AR coating) für das im Halbleiterchip erzeugte Licht dienen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der zumindest eine
10 Kanal eine Länge auf, entlang derer er sich vom Randbereich zum Innenbereich erstreckt. Weiterhin weist der Kanal einen Durchmesser oder Breite auf, der beispielsweise die engste Stelle des Kanals kennzeichnet. Wie weiter unten beispielsweise in Verbindung mit den Figur beschrieben ist,
15 kann insbesondere ein Aspektverhältnis von Länge zu Durchmesser bzw. Breite des Kanals von kleiner oder gleich 500, bevorzugt kleiner oder gleich 200 und besonders bevorzugt kleiner oder gleich 100 besonders vorteilhaft sein, um eine optimale Zufuhr der beim ALD-Verfahren verwendeten
20 Gase vom Rand- zum Innenbereich zwischen dem Halbleiterchip und dem optischen Element zu erreichen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur eine Mehrzahl von Kanälen auf. Die Kanäle
25 können gleichmäßig zueinander beabstandet nebeneinander angeordnet sein. Weiterhin ist es auch möglich, dass Kanäle sich kreuzen und somit von verschiedenen Randbereichen aus zum Innenbereich verlaufen. Insbesondere können die Kanäle, beispielsweise sich kreuzende Kanäle, jeweils als
30 durchgehende Kanäle ausgebildet sein, die sich von einem Randbereich zu einem gegenüberliegenden Randbereich des Halbleiterchips oder des optischen Elements erstrecken.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur eine Aufrauung auf. Die Aufrauung kann beispielsweise durch zufällig angeordnete Erhebungen und Vertiefungen gebildet werden, die beispielsweise durch Ätzen
5 oder mechanisch abtragende Verfahren wie etwa Sandstrahlen erzeugbar sind. Weiterhin kann die Aufrauung auch durch spezielle Kristallwachstumsbedingungen auf einer Oberfläche des Halbleiterchips erzeugt werden. Es ist auch möglich, dass die Erhebungen und Vertiefungen der Aufrauung regelmäßig oder
10 zumindest teilweise regelmäßig und/oder gleichartig beziehungsweise zumindest teilweise gleichartig ausgebildet sind. Beispielsweise kann die Aufrauung plateauartige Erhebungen aufweisen. Die Vertiefungen können miteinander verbunden sein und so zumindest einen Kanal oder eine
15 Mehrzahl von sich kreuzenden beziehungsweise verzweigten Kanälen bilden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur linsenförmige und/oder pyramidenförmige
20 Erhebungen auf. Insbesondere können die pyramidenförmigen Erhebungen auch als Pyramidenstümpfe beziehungsweise plateauartig ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Aufrauung der Oberfläche des Halbleiterchips, die unmittelbar an die Verbindungsschicht angrenzt, möglichst
25 viele schräge Facetten bildet, die eine effektive Lichtauskopplung ermöglichen. Weiterhin sollte die Oberfläche und damit auch die Oberflächenstruktur möglichst große Ankoppelflächen bilden.

30 Darüber hinaus kann es auch möglich sein, dass die Oberflächenstruktur zusätzlich zur Aufrauung zumindest einen oder eine Mehrzahl von Kanälen aufweist. Der zumindest eine Kanal oder die Mehrzahl von Kanälen können insbesondere

Abmessungen aufweisen, also eine jeweilige Länge beziehungsweise Breite, die größer als die Abmessungen der durch die Aufrauung gebildeten Vertiefungen ist.

5 Beispielsweise bei Halbleiterchips mit Abmessungen von kleiner oder gleich $300\text{ }\mu\text{m}$ kann die Oberflächenstruktur allein durch die Aufrauung gebildet sein. Bei größeren Halbleiterchips mit Abmessungen beispielsweise im Bereich von 1 mm beträgt das Aspektverhältnis bei einer Standard-
10 Aufrauung etwa 1000, so dass sich bei derartig großen Halbleiterchips zumindest ein zusätzlicher Kanal in der Oberfläche des Halbleiterchips oder in der Oberfläche des optischen Elements als vorteilhaft erweisen kann. So können beispielsweise ein oder mehrere Kanäle mit einem Durchmesser
15 von etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ das Aspektverhältnis, das durch die Aufrauung gegeben ist, um etwa einen Faktor 10 reduzieren.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberfläche des Halbleiterchips, die unmittelbar an die Verbindungsschicht
20 angrenzt, eine durch eine Aufrauung gebildete Oberflächenstruktur auf. Zusätzlich weist die Oberfläche des optischen Elements, die unmittelbar an die Verbindungsschicht angrenzt, eine durch zumindest einen Kanal mit einer größeren Abmessung als die Aufrauung gebildete Oberflächenstruktur
25 auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur regelmäßig angeordnete Erhebungen auf. Die Erhebungen können beispielsweise als freistehende
30 Erhebungen, also beispielsweise hügelförmig oder turmförmig, ausgebildet sein und durch sich kreuzende Kanäle beziehungsweise Vertiefungen voneinander getrennt sein. Beispielsweise kann eine regelmäßige Anordnung von Erhebungen

einen photonischen Kristall bilden. Ein solcher photonischer Kristall kann beispielsweise durch Erhebungen gebildet werden, die regelmäßig nebeneinander angeordnet sind und einen Füllfaktor von mindestens 50 % und eine Strukturgröße von mindestens 400 nm aufweisen. Dabei kann es vorteilhaft sein, wenn die Oberflächenstruktur Strukturgrößen aufweist, die möglichst klein bei einer angestrebten Effizienz sind, um das Aspektverhältnis für die Verfüllung der Vertiefungen beziehungsweise Spalten in Grenzen zu halten. Insbesondere kann die Größenordnung der Strukturen in einem Größenordnungsbereich der abgestrahlten oder zu empfangenden Wellenlänge des Halbleiterchips liegen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen sowohl der Halbleiterchip als auch das optische Element jeweils eine Oberflächenstruktur auf, zwischen denen die Verbindungsschicht angeordnet ist, an die die Verbindungsschicht unmittelbar angrenzt und die ineinander greifen. Mit anderen Worten können die Oberflächenstrukturen des Halbleiterchips und des optischen Elements miteinander verzahnt sein beziehungsweise in einer Nut-Feder-artigen Anordnung ausgebildet sein. Dadurch kann eine Erhöhung der Flächenüberlappung der Oberfläche des Halbleiterchips und der Oberfläche des optischen Elements, die jeweils unmittelbar an die Verbindungsschicht angrenzen, erreicht werden. Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Oberflächenstruktur eine mittlere Strukturgröße auf, die kleiner oder gleich dem Zweifachen der Dicke, insbesondere der mittleren Dicke, der Verbindungsschicht ist. Die Strukturgröße kann dabei durch die mittlere Rauigkeit bei einer zufälligen Anordnung beziehungsweise Aufrauung von Erhebungen und Vertiefungen oder auch gemittelt über die Strukturen der

Oberflächenstruktur bei einer regelmäßigen Anordnung definiert sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden zur Herstellung
5 des optoelektronischen Halbleiterbauelements eine Mehrzahl
von Halbleiterchips sowie eine Mehrzahl von optischen
Elementen bereitgestellt, die jeweils in einem Verbund
gebildet sind. Beispielsweise können die Halbleiterchips in
einem Waferverbund vorliegen. Die Mehrzahl der optischen
10 Elemente können gemeinsam gefertigt sein und beispielsweise
in Form einer Scheibe beziehungsweise eines Scheibenverbunds
vorliegen. Der Verbund der Halbleiterchips und der Verbund
der optischen Elemente werden aufeinander angeordnet, so dass
je ein optisches Element auf einem Halbleiterchip angeordnet
15 ist. Anschließend wird die Verbindungsschicht mittels des
oben beschriebenen ALD-Verfahrens zwischen den Verbund der
Halbleiterchips und den Verbund der optischen Elemente
aufgebracht, wodurch die Mehrzahl der optischen Elemente auf
der Mehrzahl der Halbleiterchips befestigt wird. Nach dem
20 Aufbringen der Verbindungsschicht können durch Vereinzeln
einzelne optoelektronische Halbleiterbauelemente aus dem
Verbund ausgelöst werden. Das Vereinzeln kann beispielsweise
durch Sägen, Schneiden oder Ätzen erfolgen.

25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das optische
Element zumindest einen weiteren Kanal auf, der sich
senkrecht zur Haupterstreckungsebene des optischen Elements
beziehungsweise der Verbindungsschicht von einer dem
Halbleiterchip abgewandten Oberfläche in das optische Element
30 oder besonders bevorzugt in einen Verbund mit optischen
Elementen hinein erstreckt. Ein derartiger senkrechter Kanal
kann als weiterer Zugangskanal für die Gase, die während des
ALD-Verfahrens verwendet werden, dienen. Insbesondere bei der

Anordnung einer Mehrzahl von optischen Elementen im Verbund auf einem Verbund von Halbleiterchips können einer oder mehrere solcher senkrechten Kanäle im Verbund der optischen Elemente angeordnet sein. Dabei kann es besonders vorteilhaft
5 sein, wenn die senkrechten Kanäle, die beispielsweise als Löcher oder Spalte ausgebildet sind, in Trenngräben zwischen optischen Elementen angeordnet sind, die zur späteren Vereinzelung in einzelne optoelektronische Halbleiterbauelemente vorgesehen sind. Alternativ oder
10 zusätzlich können solche senkrechten Kanäle auch im Verbund der Halbleiterchips, insbesondere auch dort in Trenngräben, ausgebildet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das
15 optoelektronische Halbleiterbauelement ein weiteres optisches Element auf dem optischen Element, also auf der dem Halbleiterchip abgewandten Seite des optischen Elements, auf. Unmittelbar angrenzend an das optische Element und an das weitere optische Element kann eine weitere Verbindungsschicht
20 mit einem transparenten Oxid angeordnet sein, die das weitere optische Element auf dem optischen Element befestigt. Das weitere optische Element kann dabei Merkmale gemäß den vorgenannten Ausführungsformen für das optische Element aufweisen. Die weitere Verbindungsschicht kann Merkmale gemäß
25 den Ausführungsformen für die Verbindungsschicht aufweisen.

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen
30 Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figuren 1A bis 1C Verfahrensschritte für ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel, Figur 1D einen weiteren Verfahrensschritt zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, Figuren 2A bis 4 schematische Darstellungen von optoelektronischen Halbleiterbauelementen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen, Figur 5 einen Verbund mit optischen Elementen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, Figur 6 einen Verfahrensschritt für ein Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterbauelementen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel und Figuren 7A und 7B Abschätzungen hinsichtlich der Verfahrenszeit für ein Verfahren gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente, wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

In den Figuren 1A bis 1C ist ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements 100 gezeigt.

In einem ersten Verfahrensschritt gemäß Figur 1A wird ein optoelektronischer Halbleiterchip 1 bereitgestellt. Der Halbleiterchip 1 weist ein Substrat 10 auf, auf dem eine Halbleiterschichtenfolge 11 angeordnet ist. Das Substrat 10
5 kann beispielsweise ein Aufwachssubstrat sein, auf dem die Halbleiterschichtenfolge 11 aufgewachsen ist. Alternativ dazu kann es auch möglich sein, dass die Halbleiterschichtenfolge 11 auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsen wurde und anschließend auf das Substrat 10, das dann als Trägersubstrat
10 ausgebildet ist, übertragen wurde.

Die Halbleiterschichtenfolge 11 sowie der Halbleiterchip 1 können Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel basiert die
15 Halbleiterschichtenfolge 11 auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial oder einem Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial, also beispielsweise auf einem GaN-Halbleitermaterial oder einem InGaAlP-Halbleitermaterial. Rein beispielhaft sind die in den Figuren gezeigten
20 Halbleiterchips 1 als lichtemittierende Halbleiterchips ausgebildet. Alternativ dazu ist es auch möglich, in den gezeigten Ausführungsbeispielen Licht detektierende Halbleiterchips, also beispielsweise Fotodioden oder Photovoltaikzellen, zu verwenden.

25 Die Halbleiterschichtenfolge 11 weist eine Oberfläche 12 auf, die dem Substrat 10 abgewandt angeordnet ist. Auf der Oberfläche 12 ist eine Oberflächenstruktur 13 ausgebildet, die im gezeigten Ausführungsbeispiel durch eine Aufrauung 15
30 gebildet ist. Die Aufrauung 15 kann beispielsweise durch das Kristallwachstum beim Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolge 11 oder auch durch nachträgliches Bearbeiten wie beispielsweise Ätzen erzeugt werden.

Die Aufrauung 15 weist Erhebungen auf, die pyramidenstumpfförmig beziehungsweise plateauartig ausgebildet sind und die durch Kanäle 14 voneinander getrennt sind. Die Aufrauung 15 dient insbesondere einer Erhöhung der optischen Auskopplung des im Halbleiterchip 1 erzeugten Lichts durch eine Bereitstellung möglichst vieler schräger Facetten.

In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Figur 1B wird auf der Oberfläche 12 ein optisches Element 2 angeordnet. Das optische Element 2 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel als transparentes Substrat ausgebildet. Alternativ dazu ist es auch möglich, dass das optische Element beispielsweise als Wellenlängenkonversionselement oder als Streuelement ausgebildet ist. Merkmale betreffend ein transparentes Substrat, ein Wellenlängenkonversionselement mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff oder ein Streuelement mit Streukörpern oder Streuzentren sind oben im allgemeinen Teil beschrieben. Durch die Anordnung des optischen Elements 2 auf der Oberfläche 12 des Halbleiterchips 1 ergeben sich Spalte und Kanäle zwischen dem optischen Element 2 und dem Halbleiterchip 1, die hier und in den folgenden Ausführungsbeispielen durch eine leicht beabstandete Anordnung des optischen Elements 2 von Halbleiterchip 1 angedeutet ist. Die Spalte können sich beispielsweise durch aufgrund von Fertigungstoleranzen vorhandene oder gezielt hergestellte Oberflächenunregelmäßigkeiten und Oberflächenstrukturen ergeben. Durch die plateauartige Aufrauung 15 können neben den oben erwähnten Auskoppelfacetten auch möglichst viele mechanische Ankoppelflächen bereitgestellt werden.

In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Figur 1C wird zwischen dem optischen Element 2 und dem Halbleiterchip 1 nach der Anordnung des optischen Elements 2 auf dem Halbleiterchip 1 eine Verbindungsschicht 3 aufgebracht. Die
5 Verbindungsschicht 3 weist ein transparentes Oxid, beispielsweise ein dielektrisches transparentes Oxid wie etwa Aluminiumoxid, Titandioxid, Zirkoniumdioxid, Tantalpentoxid, Hafniumdioxid, Siliziumdioxid, Siliziumnitrid auf. Alternativ oder zusätzlich kann die Verbindungsschicht 3 auch ein
10 transparentes leitendes Oxid, beispielsweise Indiumzinnoxid oder Zinkoxid, aufweisen. Die Verbindungsschicht 3 wird mittels des oben im allgemeinen Teil beschriebenen ALD-Verfahrens aufgebracht. Durch die hohe Spaltgängigkeit des ALD-Verfahrens und sein oben im allgemeinen Teil
15 beschriebenes konformes Füllverhalten kann die Verbindungsschicht 3 direkt angrenzend an die Oberfläche 12 des Halbleiterchips sowie an die dem Halbleiterchip 1 zugewandte Oberfläche 22 des optischen Elements 2 aufgebracht werden. Hierdurch ergibt sich eine so genannte
20 Dünnspaltklebung und eine mechanische und insbesondere stoffschlüssige Befestigung des optischen Elements 2 auf dem Halbleiterchip 1.

Das derart hergestellte optoelektronische
25 Halbleiterbauelement 100 weist somit die Verbindungsschicht 3 zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem optischen Element 2 auf, wobei die Verbindungsschicht 3 unmittelbar an die Oberfläche 12 des Halbleiterchips 1 sowie unmittelbar an die Oberfläche 22 des optischen Elements 2 angrenzt. Wie in Figur
30 1C durch die Hohlräume in der Verbindungsschicht 3 angedeutet ist, müssen beim Verfüllen der Kanäle 14 und der Spalte zwischen dem optischen Element 2 und dem Halbleiterchip 1 nicht zwingend alle Kanäle 14 beziehungsweise alle Hohlräume

zwischen dem optischen Element 2 und dem Halbleiterchip 1
verfüllt werden müssen.

Insbesondere wird als Material für die Verbindungsschicht 3
5 ein transparentes Oxid gewählt, das einen Brechungsindex von
größer als 1,55 und bevorzugt von größer oder gleich dem
Brechungsindex des optischen Elements 2 aufweist. Dadurch
können optische Verluste, die sich beispielsweise bei
herkömmlichen Silikonklebern zur Befestigung von optischen
10 Elementen auf Leuchtdiodenchips ergeben, vermieden werden.

Die Verbindungsschicht weist eine Dicke auf, die etwa der
Hälfte der Strukturgröße der Aufrauung 15, also im gezeigten
Ausführungsbeispiel der Rauigkeit, entspricht. Mit anderen
15 Worten ist die mittlere Strukturgröße bevorzugt kleiner oder
gleich dem Zweifachen der Dicke der Verbindungsschicht 3.

Ist das optische Element 2 als
Wellenlängenkonversionselement, beispielsweise als
20 keramisches Wellenlängenkonversionselement mit einem
keramischen Wellenlängenkonversionsstoff in einer Keramik-
oder einer Glasmatrix ausgebildet, so ergibt sich eine gute
thermische und optische Anbindung des
Wellenlängenkonversionselements an den Halbleiterchip 1, was
25 eine Erhöhung der Effizienz des Halbleiterbauelements 100 zur
Folge haben kann.

Alternativ oder zusätzlich kann das optische Element 2 auf
der Oberfläche 2 ebenfalls eine Oberflächenstruktur
30 beispielsweise in Form einer Aufrauung aufweisen.
Ausführungsbeispiele für optoelektronische
Halbleiterbauelemente mit einem optischen Element 2, das auf

er Oberfläche 22 eine Oberflächenstruktur aufweist, sind in weiteren Ausführungsbeispielen gezeigt.

In Figur 1D ist ein weiterer Verfahrensschritt eines
5 Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements 101 gezeigt, bei dem ausgehend von den Verfahrensschritten gemäß der Figuren 1A bis 1C nach dem Anordnen und dem Befestigen des optischen Elements 2 auf der Oberfläche 12 des Halbleiterchips 1 mittels der
10 Verbindungsschicht 3 das Substrat 10 entfernt wird. Auf die dem optischen Element 2 gegenüberliegende nun freiliegende Seite der Halbleiterschichtenfolge 11 werden Kontakte 17 zur Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge 11 aufgebracht. Das optoelektronische Halbleiterbauelement 101 ist als so
15 genannter Flipchip ausgeführt, der mittels der Kontakte 17 auf einem Träger, beispielsweise einem Keramiksubstrat, einem Leiterrahmen, einer Leiterplatte oder einem Leuchtdiodengehäuse, angeordnet werden kann.

20 Alternativ ist es auch möglich, den in Figur 1A gezeigten Halbleiterchip 1 bereits vor dem Aufbringen des optischen Elements 2 auf einem Träger anzuordnen.

Das optische Element 2, das beispielsweise wie oben erwähnt
25 als transparentes Substrat, als Wellenlängenkonversionselement oder als Streuelement ausgebildet sein kann, kann insbesondere in der Ausführung des Halbleiterbauelements 101 als Flipchip auch zur Stabilisierung der Halbleiterschichtenfolge 11 und damit des
30 gesamten Halbleiterbauelements 101 führen.

In den folgenden Figuren sind weitere Ausführungsformen für optoelektronische Halbleiterbauelemente gezeigt, die

Modifikationen der vorab gezeigten Ausführungsbeispiele darstellen. Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich daher im Wesentlichen auf die Unterschiede zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen.

5

In den Figuren 2A und 2B sind weitere Ausführungsbeispiele für optoelektronische Halbleiterbauelemente 102 und 103 gezeigt, die zusätzlich zum optischen Element 2 auf dem Halbleiterchip 1 ein weiteres optisches Element 4 auf dem optischen Element 2 aufweisen. Das weitere optische Element 4 ist im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2A linsenartig und im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2B pyramiden- oder kegelförmig ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich dazu ist es auch möglich, das weitere optische Element 4 beispielsweise als Wellenlängenkonversionselement oder als Streuelement mit Streuzentren oder Streustrukturen auszubilden.

Das weitere optische Element 4 ist mittels einer weiteren Verbindungsschicht 5 auf dem optischen Element 2 befestigt. Insbesondere weist das optische Element 2 in den gezeigten Ausführungsbeispielen auf der dem Halbleiterchip 1 abgewandten Seite eine Oberflächenstruktur auf, die zum einen der optischen Auskopplung und zum anderen der Vergrößerung der Oberfläche dienen kann. Mittels eines ALD-Verfahrens wird die weitere Verbindungsschicht 5 nach dem Anordnen des weiteren optischen Elements 4 auf dem optischen Element 2 jeweils unmittelbar angrenzend an das optische Element 2 und das weitere optische Element 4 aufgebracht. Dabei kann es auch möglich sein, dass die Verbindungsschichten 3 und 5 gleichzeitig hergestellt werden. Insbesondere kann die weitere Verbindungsschicht 5 Merkmale wie für die Verbindungsschicht 3 beschrieben aufweisen.

Für die Ausführungsbeispiele in den folgenden Figuren ist der Übersichtlichkeit halber die Verbindungsschicht 3 nicht gezeigt.

5

In den Figuren 3A bis 3C sind weitere Ausführungsbeispiele für optoelektronische Halbleiterbauelemente 104, 105 und 106 gezeigt, die zusätzlich in der Oberfläche 12 des Halbleiterchips 1 (Figur 3A) oder in der Oberfläche 22 des optischen Elements 2 (Figuren 3B und 3C) eine Oberflächenstruktur 13, 23 mit einem Kanal 14, 24 aufweisen. Anstelle des einen Kanals 14, 24 können beispielsweise auch jeweils eine Mehrzahl von Kanälen vorhanden sein. Es ist auch möglich, dass sowohl im Halbleiterchip 1 als auch im optischen Element 2 jeweils zumindest ein Kanal 14, 24 ausgebildet ist.

Der zumindest eine Kanal 14, 24 erstreckt sich von einem Randbereich der Oberfläche 12, 22 in der Oberfläche 12, 22 entlang einer Haupterstreckungsebene der Oberfläche 12, 22 von einem Randbereich zu einem Innenbereich, in den gezeigten Ausführungsbeispielen beziehungsweise Figuren somit in die Zeichnungsebene hinein. Der jeweilige Kanal 14, 24 kann dabei beispielsweise durch Ätzen hergestellt sein und kann durchgängig, also von einem Randbereich zu einem gegenüberliegenden Randbereich reichend oder auch als Blindgraben ausgebildet sein. Durch eine Oberflächenstruktur 13, 23 mit zumindest einem Kanal 14, 24 können innen liegende Bereiche, also der Innenbereich, und insbesondere Spalte an der Grenzfläche zwischen den Oberflächen 12, 22 von außen, also vom Randbereich her, leichter zugänglich sein.

Zur Ermittlung geeigneter Abmessungen des zumindest einen Kanals 14, 24 lässt sich die Zeit, wie lange das ALD-Verfahren durchgeführt werden muss, also die so genannte Exposure-Zeit, theoretisch abschätzen. Beispielsweise kann
5 der zumindest eine Kanal 14, 24 eine Länge aufweisen, entlang derer er sich vom Randbereich zum Innenbereich hin erstreckt. Weiterhin kann der zumindest eine Kanal 14, 24 einen Durchmesser aufweisen, der die Breite, insbesondere die minimale Breite, des Kanals 14, 24 senkrecht zur Länge
10 angibt. Weist der Kanal 14, 24 beispielsweise einen Durchmesser von 0,5 μm bei einer Länge von 500 μm auf, so entspricht dies einem Aspektverhältnis a von etwa 1000. Nimmt man hingegen eine Aufrauung an, wie sie beispielsweise in Figur 1A gezeigt ist und die Plateaus aufweist, so ergibt
15 sich bei einem Radius von 0,5 μm und bei Spaltbreiten von weniger als 5 nm ein Aspektverhältnis a von etwa 100. Hieraus ergibt sich, dass die Dimensionen für einen als Zuleitungskanal ausgebildeten Kanal 14, 24 dominant sind, wobei bei der beispielhaft gezeigten plateauartigen Aufrauung
20 besonders die minimale Spaltbreite entscheidend ist.

In Figur 7A ist eine Abschätzung der Exposure-Zeit ET in Sekunden in Abhängigkeit zum Aspektverhältnis, also dem Verhältnis von Länge zu Durchmesser des Kanals gezeigt, die
25 nötig ist, um eine Schicht aus Hafniumdioxid bei einem Precursor-Druck von etwa 0,2 mbar beziehungsweise etwa 0,263 Torr aufzubringen. In Figur 7B ist die entsprechende Prozesszeit PT in Stunden in Abhängigkeit des Aspektverhältnisses gezeigt, die nötig ist um eine Schicht
30 mit einer Dicke von etwa 100 nm aufzubringen. Aus den gezeigten Kurven ergibt sich, dass die Exposure-Zeit ET beziehungsweise die Prozesszeit PT quadratisch mit dem Aspektverhältnis steigt. Die Abschätzungen der Figuren 7A und

7B basieren auf der Druckschrift R. Gordon et al., „A Kinetic Model for Step Coverage by Atomic Layer Deposition in Narrow Holes or Trenches“, Chem. Vap. Deposition, 9(2), 2003, 73, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug

5 vollumfänglich aufgenommen wird.

Daraus ergibt sich, dass ein Aspektverhältnis von Länge zu Durchmesser von kleiner oder gleich 500, insbesondere von kleiner oder gleich 200 und besonders bevorzugt von kleiner
10 oder gleich 100 für den zumindest einen Kanal 14, 24 besonders vorteilhaft ist.

Der zumindest eine Kanal 14, 24 ermöglicht eine optimale und effiziente Verteilung der Precursor-Gase beim Aufbringen der
15 Verbindungsschicht 3 mittels des ALD-Verfahrens in möglichst alle Spaltflächen zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem optischen Element 2. Die Länge und der Durchmesser des zumindest einen Kanals 14, 24 ist so an die Chipgröße angepasst, dass das Aspektverhältnis von Länge zu Durchmesser
20 auch während des ALD-Verfahrens nicht viel größer als 100 wird, um die Prozesszeiten und somit die Kosten nicht signifikant zu erhöhen. Durch den zumindest einen Kanal 14, 24 oder gegebenenfalls durch eine Mehrzahl von Kanälen kann eine homogene Beschichtung zwischen und angrenzend an die
25 Oberflächen 12, 22 des Halbleiterchips 1 und des optischen Elements 2 erreicht werden, die auch bei großen Chipgrößen beispielsweise von größer 300 µm für die Chipseitenkanten, also beispielsweise im Bereich von 1 mm, zu wirtschaftlichen Prozesszeiten führt. Um insbesondere den lichtemittierenden
30 Bereich beziehungsweise die lichtemittierende Schicht des Halbleiterchips 1 möglichst groß zu gestalten, kann es insbesondere vorteilhaft sein, entsprechend der Ausführungsbeispiele der Figuren 3B und 3C den zumindest

einen Kanal 24 oder eine Mehrzahl von Kanälen als Oberflächenstruktur 23 in der Oberfläche 22 des optischen Elements 2 auszubilden.

5 Im Vergleich zu den Ausführungsbeispielen der Figuren 1A bis 3B weist der Halbleiterchip 1 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 3C als Oberflächenstruktur 13 eine regelmäßige Anordnung von Erhebungen auf, die durch Gräben voneinander getrennt sind und die einen photonischen Kristall 16 bilden.
10 Dieser weist bevorzugt einen Füllfaktor von mindestens 50 % und eine Strukturgröße von mindestens 400 nm auf, wobei die gezeigte Struktur mit freistehenden Erhebungen und einer zusammenhängenden Tiefebene gebildet durch die Gräben zwischen den Erhebungen bevorzugt für eine effiziente
15 Verteilung der Gase während des ALD-Verfahrens zum Aufbringen der Verbindungsschicht 3 verwendet wird. Um bei einer gegebenen Effizienz das Aspektverhältnis zur Spaltbewachung in Grenzen zu halten, ist es vorteilhaft, die Strukturgröße möglichst klein zu halten.

20

In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein optoelektronisches Halbleiterbauelement 107 gezeigt, bei dem die Oberfläche 12 des Halbleiterchips 1 sowie die Oberfläche 22 des optischen Elements 2 jeweils eine Aufrauung 15, 25 als
25 Oberflächenstruktur 13, 23 aufweisen, die in Form eines Nut-Feder-Prinzips strukturiert sind und ineinander verzahnt sein können. Durch das Aufbringen der Verbindungsschicht 3 und die verzahnte Oberflächenstrukturen 13, 23 kann eine besonders effiziente Kopplung des optischen Elements 2 an den
30 Halbleiterchip 1 erreicht werden.

In Figur 5 ist ein Verbund 29 mit einer Mehrzahl von optischen Elementen 2 gezeigt. Die optischen Elemente 2

können beispielsweise im Verbund 29 gemeinsam gefertigt sein. Ein derartiger Verbund 29 ist besonders geeignet zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen wie in Verbindung mit Figur 6 gezeigt ist.

Der Verbund 29 mit den optischen Bauelementen 2 weist Kanäle 14 auf, die sich kreuzend angeordnet sind und die gleichzeitig Trenngräben für eine spätere Vereinzelung bilden können. Weiterhin weist der Verbund 29 einen weiteren Kanal 28 auf, der sich senkrecht zur Haupterstreckungsebene des Verbunds 29 in den Verbund 29 und somit in die optischen Elemente 2 hinein erstreckt.

In Figur 6 ist ein Verfahrensschritt gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem ein Verbund 19 mit einer Mehrzahl von Halbleiterchips 1, die beispielsweise in Form eines Waferverbunds vorliegen, bereitgestellt wird. Auf diesem wird der in Figur 5 gezeigte Verbund 29 mit der Mehrzahl der optischen Elemente 2 angeordnet. Anschließend wird eine Verbindungsschicht zwischen den Verbund 19 und den Verbund 29 direkt angrenzend an diese mittels eines ALD-Verfahrens aufgebracht. Durch die Kanäle 14 und 28 kann erreicht werden, dass das Aspektverhältnis der Zwischenräume und Spalte zwischen dem Verbund 19 und dem Verbund 29 bevorzugt kleiner oder gleich 100 ist, so dass die Befestigung des Verbunds 29 auf dem Verbund 19 mittels einer ALD-aufgebrachten Verbindungsschicht in einem wirtschaftlichen Zeitrahmen durchgeführt werden kann. Entlang der mittels der gestrichelten Linien angedeuteten Vereinzelungslinien können die im Verbund zusammengefügt Halbleiterchips 1 und optischen Elemente 2 anschließend in

einzelne optoelektronische Halbleiterbauelemente 108
vereinzelte werden.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der
5 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
10 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Halbleiterbauelement mit
einem optoelektronischen Halbleiterchip (1) und
5 einem optischen Element (2),
wobei zwischen dem Halbleiterchip (1) und dem optischen
Element (2) eine Verbindungsschicht (3) mit einem
transparenten Oxid angeordnet ist, die an den
Halbleiterchip (1) und das optische Element (2) jeweils
10 unmittelbar angrenzt und das optische Element (2) auf
dem Halbleiterchip (1) befestigt.
2. Halbleiterbauelement nach dem vorherigen Anspruch, wobei
die Verbindungsschicht (3) unmittelbar an eine
15 Oberfläche (12) des Halbleiterchips (1) mit einer
Oberflächenstruktur (13) und/oder an eine Oberfläche
(22) des optischen Elements (2) mit einer
Oberflächenstruktur (23) angrenzt.
- 20 3. Halbleiterbauelement nach dem vorherigen Anspruch, wobei
die Oberflächenstruktur (13, 23) zumindest einen Kanal
(14, 24) aufweist, der sich in der Oberfläche (12, 22)
von einem Randbereich der Oberfläche (12, 22) aus
entlang einer Haupterstreckungsebene der Oberfläche (12,
25 22) zu einem Innenbereich erstreckt.
4. Halbleiterbauelement nach dem vorherigen Anspruch, wobei
der Kanal (14, 24) eine Länge und einen Durchmesser
aufweist und ein Aspektverhältnis von Länge zu
30 Durchmesser kleiner oder gleich 500 ist.
5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
wobei die Oberflächenstruktur (13, 23) eine Mehrzahl von

Kanälen (14, 24), insbesondere von sich kreuzenden Kanälen (14, 24), aufweist.

- 5 6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Oberflächenstruktur (13, 23) eine Aufrauung aufweist.
- 10 7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Oberflächenstruktur (13, 23) regelmäßig angeordnete Erhebungen aufweist.
- 15 8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei die Oberflächenstruktur (13, 23) linsenförmige und/oder pyramidenförmige Erhebungen aufweist.
- 20 9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei der Halbleiterchip (1) und das optische Element (2) jeweils eine Oberflächenstruktur (13, 23) aufweisen, zwischen denen die Verbindungsschicht (3) angeordnet ist und die ineinander greifen.
- 25 10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei die Oberflächenstruktur (13, 23) eine mittlere Strukturgröße aufweist, die kleiner oder gleich dem Zweifachen einer Dicke der Verbindungsschicht (3) ist.
- 30 11. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das optische Element (2) zumindest einen weiteren Kanal (28) aufweist, der sich senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene der Verbindungsschicht (3) von einer dem Halbleiterchip (1) abgewandten Oberfläche in das optische Element (2) hindurch erstreckt.

12. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Verbindungsschicht (3) ein transparentes leitendes Oxid und/oder ein dielektrisches Oxid aufweist.
13. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei auf dem optischen Element (2) ein weiteres optisches Element (4) angeordnet ist, jeweils unmittelbar angrenzend an das optische Element (2) und an das weitere optische Element (4) eine weitere Verbindungsschicht (5) mit einem transparenten Oxid angeordnet ist, die das weitere optische Element (4) auf dem optischen Element (2) befestigt.
14. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements, bei dem ein optisches Element (2) auf einem Halbleiterchip (1) angeordnet wird und danach mittels Atomlagenabscheidung eine Verbindungsschicht (3) mit einem transparenten Oxid jeweils unmittelbar angrenzend an den Halbleiterchip (1) und an das optische Element (2) zwischen dem Halbleiterchip (1) und dem optischen Element (2) aufgebracht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der Halbleiterchip (1) und das optische Element (2) jeweils als Mehrzahl in einem Verbund bereitgestellt und aufeinander angeordnet werden und

nach dem Aufbringen der Verbindungsschicht (3) durch
Vereinzeln einzelne optoelektronische
Halbleiterbauelemente aus dem Verbund ausgelöst werden.

FIG. 1A

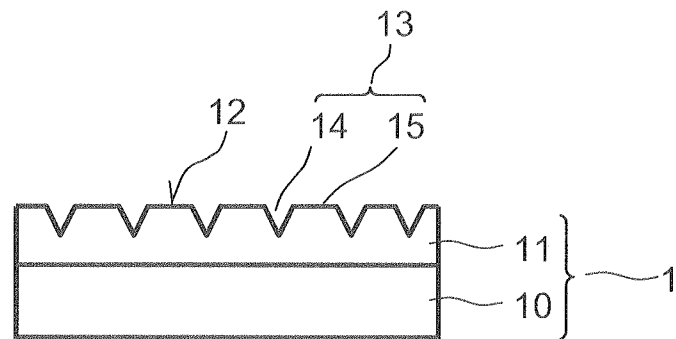


FIG. 1B

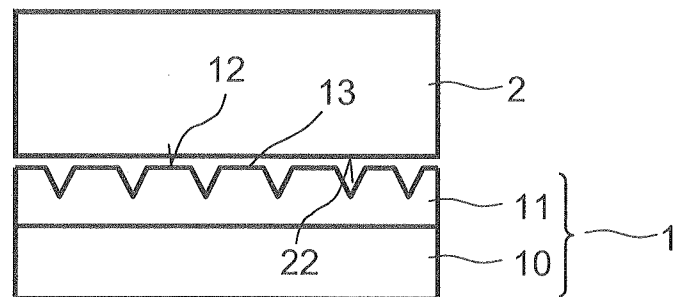


FIG. 1C

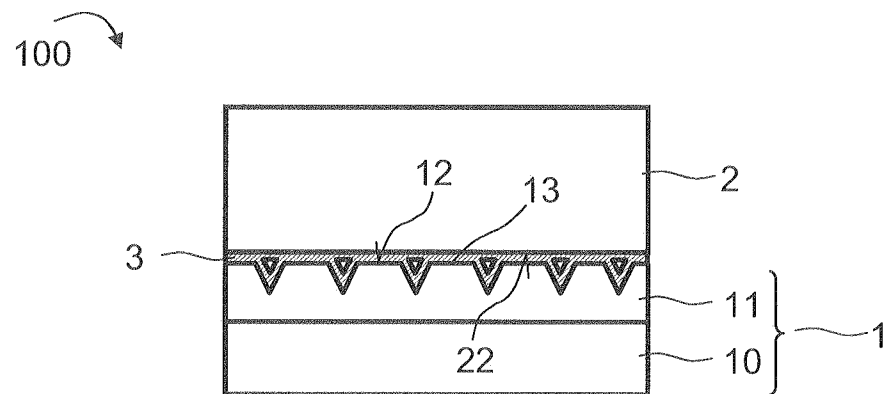


FIG. 1D

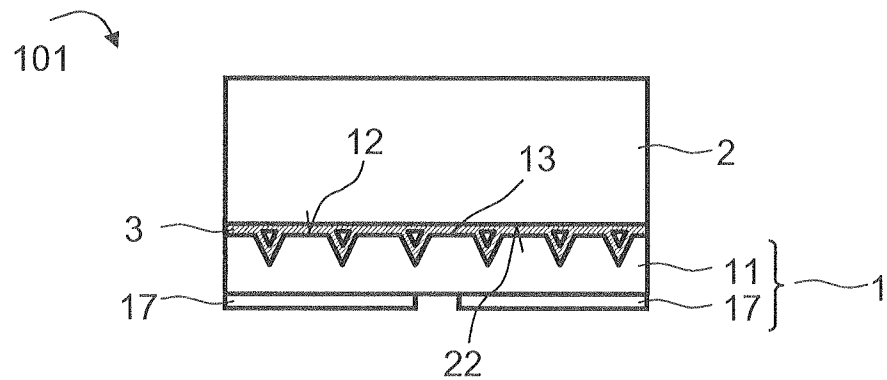


FIG. 2A

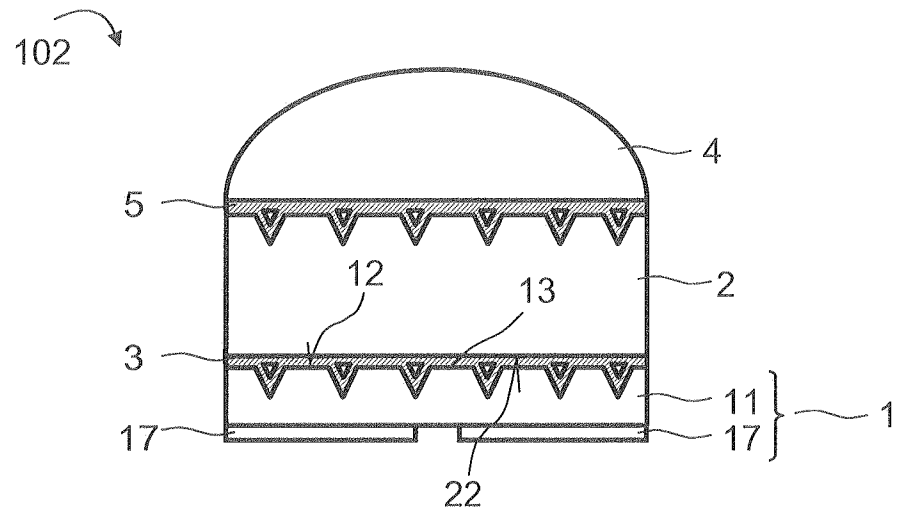


FIG. 2B

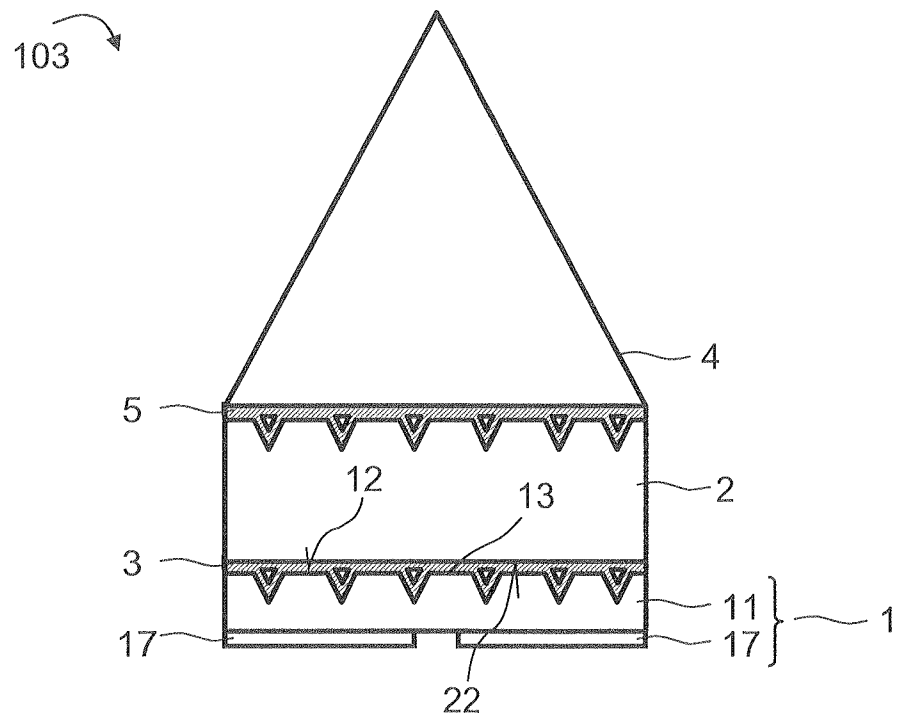


FIG. 3A

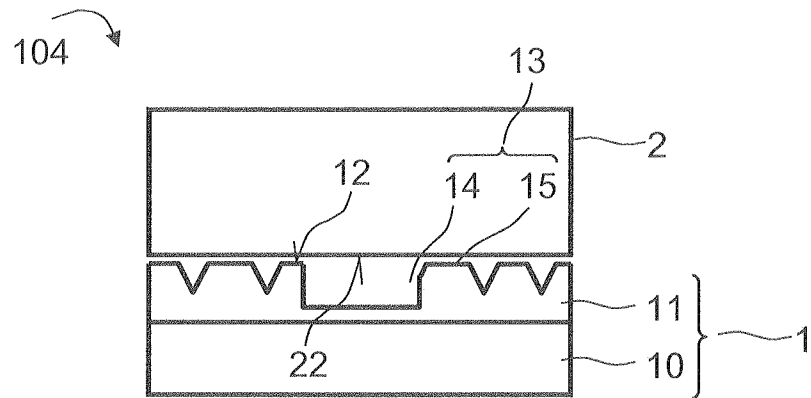


FIG. 3B

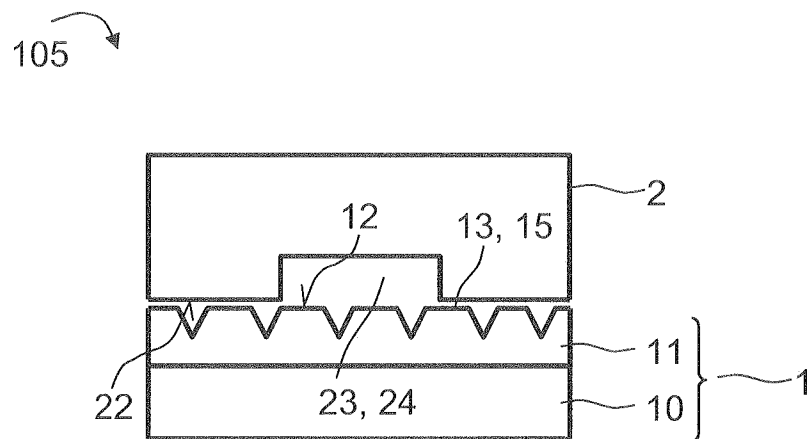


FIG. 3C

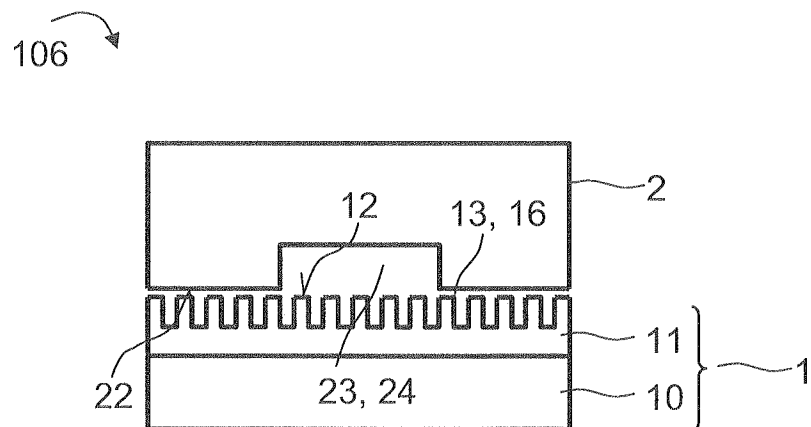


FIG. 4

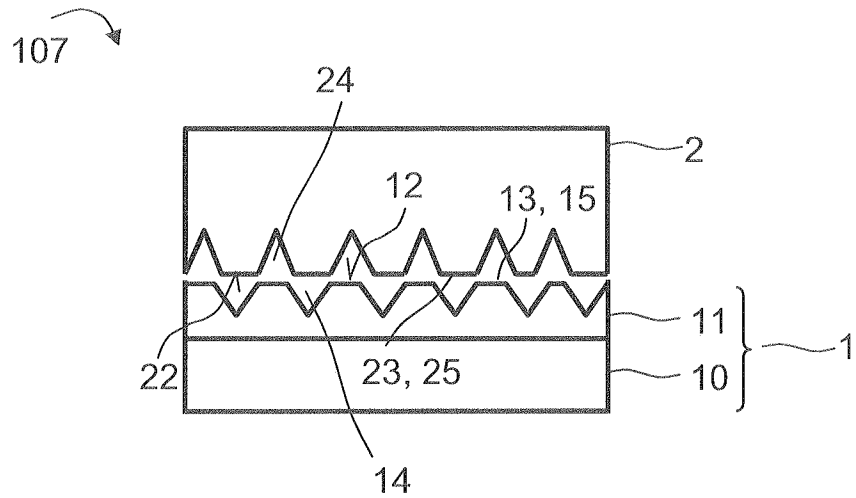


FIG. 5

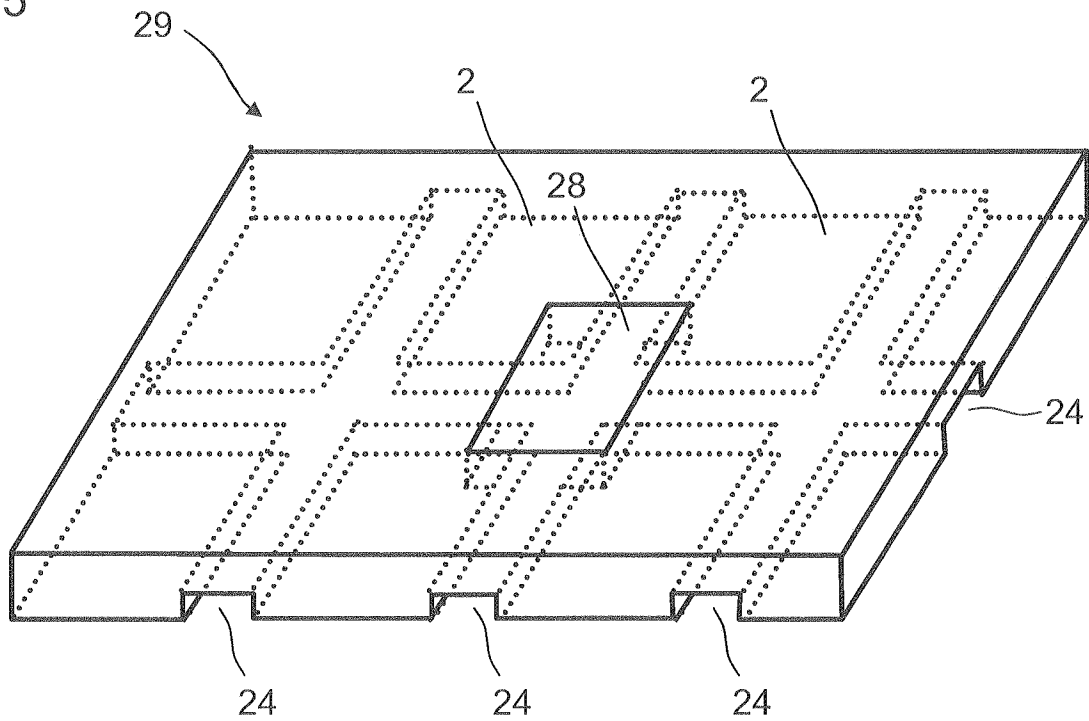


FIG. 6

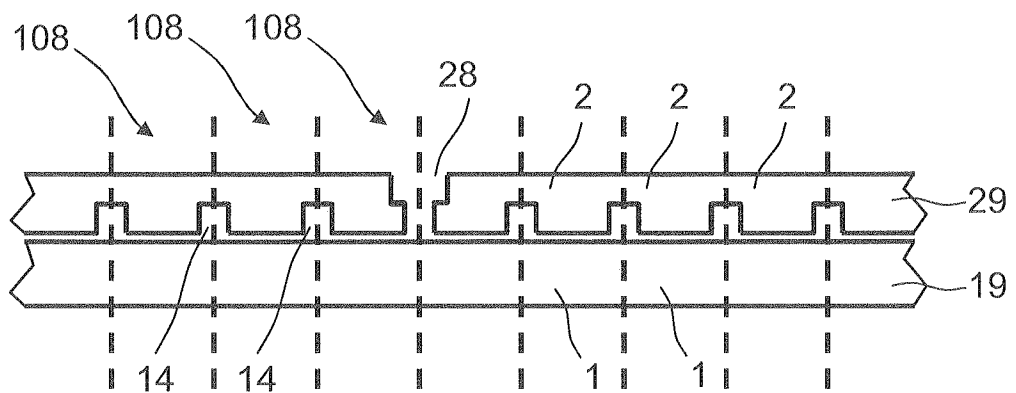


FIG. 7A

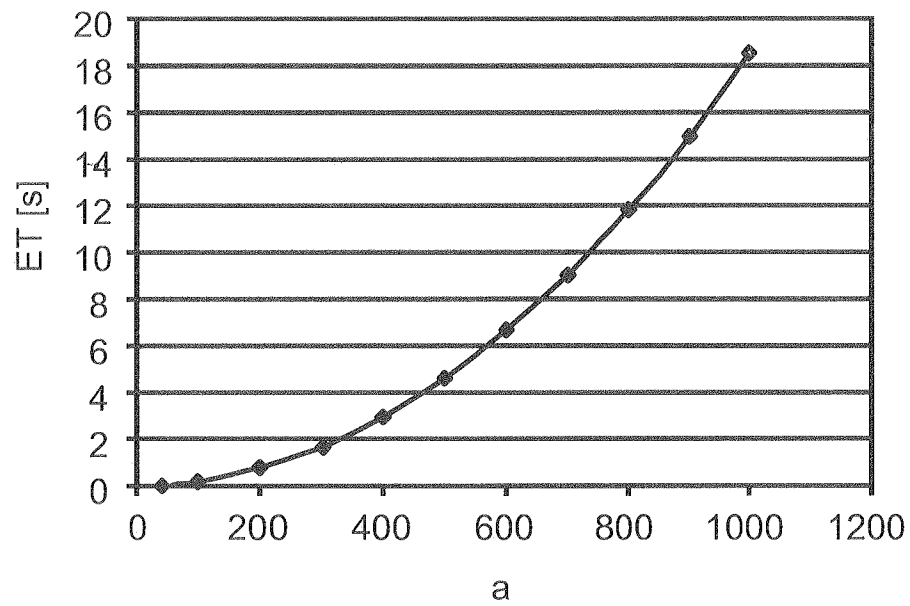
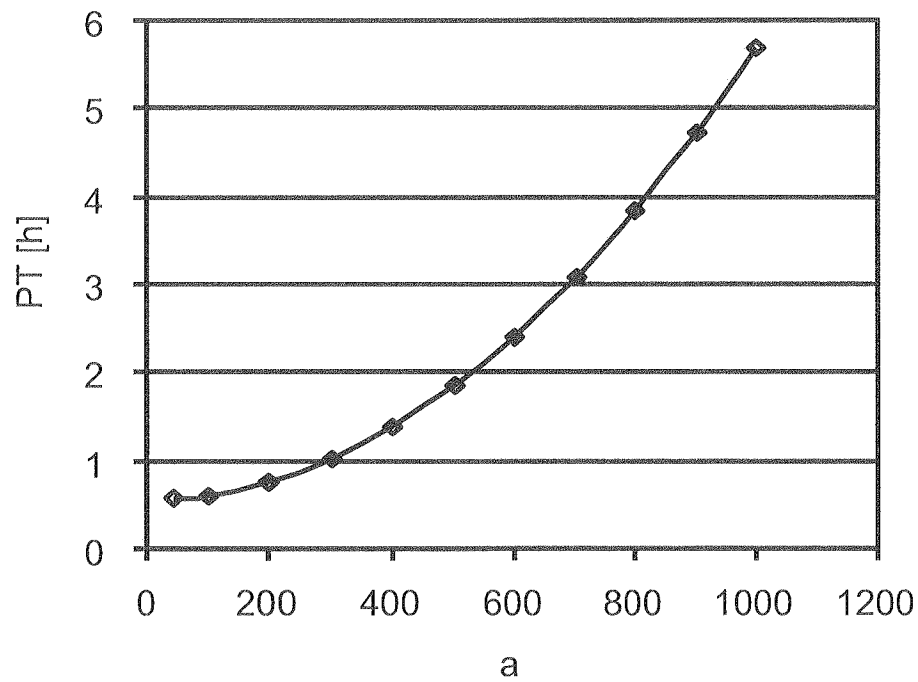


FIG. 7B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/068783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L33/20

ADD. H01L33/58 H01L33/50

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/033406 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS LUMILEDS LIGHTING CO [US]) 24 March 2011 (2011-03-24)	1,13
A	paragraph [0008] - paragraph [0091]; figures 2A-20	2-12,14, 15
X	US 2007/158661 A1 (LU YICHENG [US] ET AL) 12 July 2007 (2007-07-12)	1-12,14
Y	paragraph [0034] - paragraph [0059]; figures 1(a)-5(c)	13,15
X	WO 2011/085889 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]; BERGENEK KRISTER [DE]; AHLSTEDT M) 21 July 2011 (2011-07-21)	1,13
A	page 12, line 18 - page 28, line 11; figures 1-13	2-12,14, 15
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 2013

Date of mailing of the international search report

15/01/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Albrecht, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/068783

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2008 012407 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 6 August 2009 (2009-08-06)	13,15
A	paragraph [0020] - paragraph [0080]; figures 1-6	1-12,14
A	----- WO 2011/097137 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]; PAN GUANG [US]; FUJII HIRONAKA [US]; MIYAGAWA H) 11 August 2011 (2011-08-11) paragraph [0044] - paragraph [0051]; figures 7b-c -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/068783

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011033406 A2	24-03-2011	CA 2774404 A1 CN 102484193 A EP 2478574 A2 KR 20120082898 A TW 201121105 A US 2011062469 A1 WO 2011033406 A2	24-03-2011 30-05-2012 25-07-2012 24-07-2012 16-06-2011 17-03-2011 24-03-2011
US 2007158661 A1	12-07-2007	US 2007158661 A1 US 2009189154 A1 US 2012061660 A1 WO 2008088320 A1	12-07-2007 30-07-2009 15-03-2012 24-07-2008
WO 2011085889 A1	21-07-2011	CN 102656713 A DE 102010005169 A1 EP 2517270 A1 KR 20120091460 A US 2012286313 A1 WO 2011085889 A1	05-09-2012 22-06-2011 31-10-2012 17-08-2012 15-11-2012 21-07-2011
DE 102008012407 A1	06-08-2009	DE 102008012407 A1 TW 200941771 A WO 2009095007 A1	06-08-2009 01-10-2009 06-08-2009
WO 2011097137 A1	11-08-2011	CN 102782089 A EP 2531571 A1 TW 201135985 A US 2011210658 A1 WO 2011097137 A1	14-11-2012 12-12-2012 16-10-2011 01-09-2011 11-08-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L33/20

ADD. H01L33/58 H01L33/50

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/033406 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS LUMILEDS LIGHTING CO [US]) 24. März 2011 (2011-03-24)	1,13
A	Absatz [0008] - Absatz [0091]; Abbildungen 2A-20	2-12,14,15
X	US 2007/158661 A1 (LU YICHENG [US] ET AL) 12. Juli 2007 (2007-07-12)	1-12,14
Y	Absatz [0034] - Absatz [0059]; Abbildungen 1(a)-5(c)	13,15
X	WO 2011/085889 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]; BERGENEK KRISTER [DE]; AHLSTEDT M) 21. Juli 2011 (2011-07-21)	1,13
A	Seite 12, Zeile 18 - Seite 28, Zeile 11; Abbildungen 1-13	2-12,14,15
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Januar 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/01/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Albrecht, Claus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2008 012407 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 6. August 2009 (2009-08-06)	13,15
A	Absatz [0020] - Absatz [0080]; Abbildungen 1-6	1-12,14
A	----- WO 2011/097137 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]; PAN GUANG [US]; FUJII HIRONAKA [US]; MIYAGAWA H) 11. August 2011 (2011-08-11) Absatz [0044] - Absatz [0051]; Abbildungen 7b-c -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/068783

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011033406 A2	24-03-2011	CA 2774404 A1	24-03-2011
		CN 102484193 A	30-05-2012
		EP 2478574 A2	25-07-2012
		KR 20120082898 A	24-07-2012
		TW 201121105 A	16-06-2011
		US 2011062469 A1	17-03-2011
		WO 2011033406 A2	24-03-2011

US 2007158661 A1	12-07-2007	US 2007158661 A1	12-07-2007
		US 2009189154 A1	30-07-2009
		US 2012061660 A1	15-03-2012
		WO 2008088320 A1	24-07-2008

WO 2011085889 A1	21-07-2011	CN 102656713 A	05-09-2012
		DE 102010005169 A1	22-06-2011
		EP 2517270 A1	31-10-2012
		KR 20120091460 A	17-08-2012
		US 2012286313 A1	15-11-2012
		WO 2011085889 A1	21-07-2011

DE 102008012407 A1	06-08-2009	DE 102008012407 A1	06-08-2009
		TW 200941771 A	01-10-2009
		WO 2009095007 A1	06-08-2009

WO 2011097137 A1	11-08-2011	CN 102782089 A	14-11-2012
		EP 2531571 A1	12-12-2012
		TW 201135985 A	16-10-2011
		US 2011210658 A1	01-09-2011
		WO 2011097137 A1	11-08-2011
