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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juni 2015 (11.06.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/082687 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/52 (2006.01) *H01L 51/44* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/076732

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Dezember 2014 (05.12.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 113 535.8
5. Dezember 2013 (05.12.2013) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OLED GmbH** [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **POPP, Michael**; Auenstr. 109, 85354 Freising (DE). **MUSA, Dieter**; Probstberg 59 a, 93173 Wenzenbach (DE). **DECHAND, Stefan**; Hoppestr. 14, 93049 Regensburg (DE). **KEFES, Christoph**; Franz-von-Taxis-Ring 6, 93049 Regensburg (DE).

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

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

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

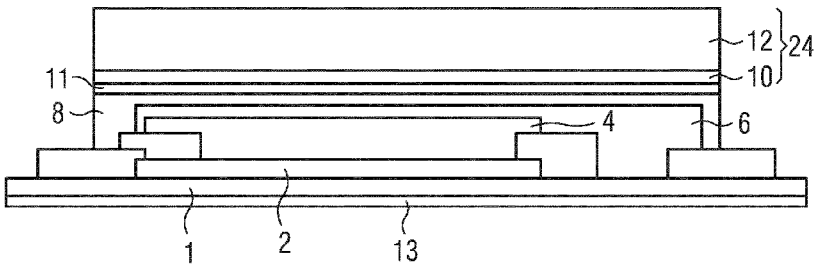
Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) Title: OPTOELECTRONIC COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCING AN OPTOELECTRONIC COMPONENT

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

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to an optoelectronic component comprising a substrate (1), a first electrode (2) on the substrate, a radiation-emitting or radiation-absorbing sequence of layers (4) on the first electrode, a second electrode (6) on the sequence of layers, an encapsulation layer (8) arranged on the second electrode, a cover layer (24) arranged on the encapsulation layer and an adhesion-promoter layer (11) between the encapsulation layer and the cover layer, said adhesion-promoter layer having a thickness of less than 3 nm.

(57) Zusammenfassung: Ein optoelektronisches Bauelement umfasst ein Substrat (1), eine erste Elektrode (2) auf dem Substrat, eine Strahlungsemittierende oder Strahlungsabsorbierende Schichtenfolge (4) auf der ersten Elektrode, eine zweite Elektrode (6) auf der Schichtenfolge, eine auf der zweiten Elektrode angeordnete Verkapselungsschicht (8), eine auf der Verkapselungsschicht angeordnete Abdeckungsschicht (24) und eine zwischen der Verkapselungsschicht und der Abdeckungsschicht angeordnete Haftvermittlungsschicht (11), welche eine Dicke von kleiner als 3 nm aufweist.

WO 2015/082687 A1

Beschreibung

Optoelektronisches Bauelement und Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements

Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement mit einer strahlungsemittierenden oder strahlungsabsorbierenden Schichtenfolge und ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102013113535.8, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Optoelektronische Bauelemente und insbesondere solche, die ein organisches funktionelles Material aufweisen, wie beispielsweise organische Leuchtdioden (OLEDs), sind außerordentlich empfindlich gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff. Zum Schutz vor Feuchtigkeit und Sauerstoff werden OLEDs beispielsweise aufwändig mit Glaskavitäten verkapselt, die auf das Bauteil geklebt werden.

Weiterhin sind Dünnschichtverkapselungen mit dünnen Schichten bekannt, die das Bauelement gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff abdichten. Zum mechanischen Schutz der Dünnfilmverkapselung wird oft eine zusätzliche Decksubstratschicht auf die Dünnfilmverkapselung aufgebracht, welche beispielsweise aus Glas bestehen kann. Bei einer äußeren mechanischen Belastung des optoelektronischen Bauelements oder aufgrund von mechanischen Verspannungen im Bauelement kann es zu einer Delamination der Decksubstratschicht kommen, wodurch die Dünnfilmverkapselung beschädigt und die Funktionsweise des optoelektronischen Bauelements beeinträchtigt werden kann.

Oftmals ist die Delamination auf einen Adhäsionsbruch zwischen der Dünnfilmverkapselung und einer auf dieser aufgebrachten Kleberschicht, welche die Dünnfilmverkapselung mit der Decksubstratschicht verbindet, zurückzuführen. Hierbei kann beobachtet werden, dass das Auftreten des Problems abhängig von dem Design des Bauelementes ist und insbesondere in Eckbereichen auftritt, welche in Draufsicht auf das Bauelement einen Winkel von maximal 90° ausbilden, während bei stumpferen, d.h. größeren Winkeln kein Adhäsionsbruch erfolgt.

Es ist bekannt, dass ein guter Schutz gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff dadurch erreicht wird, dass die Dünnfilmverkapselungsschicht ein Siliziumoxid, ein Siliziumnitrid oder ein Siliziumcarbid enthält oder aus einem oder mehreren dieser Materialien besteht. Durch Erhöhung der Dicke einer solchen Schicht wird zwar der Schutz vergrößert und somit eine Lagerbeständigkeit der Bauelemente verbessert, gleichzeitig weisen die Bauelemente jedoch größere innere mechanische Verspannungen auf. Des Weiteren sind längere Produktionszeiten erforderlich, um die Dünnfilmverkapselungsschichten herzustellen.

Zur Dichtigkeitssteigerung kann auf der Schicht, welche die oben genannten Siliziumverbindungen aufweist, ein Nanolaminat aus einem Metalloxid, wie beispielsweise aus einem Titanoxid oder einem Aluminiumoxid, aufgebracht werden. In diesem Fall kann die Dünnfilmverkapselungsschicht bei gleicher Schutzwirkung dünner ausgebildet werden. Ein Problem tritt jedoch dadurch auf, dass das Bauelement bei der Ausbildung des mindestens 10 nm dicken Nanolaminats, welches typischerweise durch Atomlagenabscheidung erfolgt, über einen längeren Zeitraum auf Temperaturen gehalten werden muss,

welche die organische Funktionsschicht beschädigen und hierdurch eine Reduzierung der Lebensdauer des Bauelements verursachen.

Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein optoelektronisches Bauelement mit einer strahlungsemittierenden oder strahlungsabsorbierenden Schichtenfolge anzugeben, bei welchem eine Beschädigung der Dünnfilmverkapselung in bestimmten Fällen reduziert oder vermieden wird.

Diese Aufgabe wird durch ein optoelektronisches Bauelement und ein Verfahren zur Herstellung desselben mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche 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.

Ein optoelektronisches Bauelement gemäß einer Ausführungsform umfasst insbesondere ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat, eine strahlungsemittierende oder strahlungsabsorbierende Schichtenfolge auf der ersten Elektrode, eine zweite Elektrode auf der Schichtenfolge, eine auf der zweiten Elektrode angeordnete Verkapselungsschicht und eine auf der Verkapselungsschicht angeordnete Abdeckungsschicht. Zwischen der Verkapselungsschicht und der Abdeckungsschicht ist eine Haftvermittlungsschicht angeordnet, welche eine Dicke von kleiner als 3 nm aufweist.

Dass eine Schicht oder ein Element „auf“ oder „über“ einer anderen Schicht oder einem anderen Element angeordnet oder aufgebracht ist, kann dabei hier und im Folgenden bedeuten,

dass die eine Schicht oder das eine Element unmittelbar im direkten mechanischen und/oder elektrischen Kontakt auf der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Weiterhin kann es auch bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element mittelbar auf beziehungsweise über der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Dabei können dann weitere Schichten und/oder Elemente zwischen der einen und der anderen Schicht angeordnet sein.

Die Abdeckungsschicht muss nicht homogen ausgeformt sein, sondern kann beispielsweise aus einer Mehrzahl von Einzelschichtelementen bestehen. Die Haftvermittlungsschicht muss nicht unterbrechungsfrei ausgebildet sein. Vielmehr können gewisse Bereiche der Oberfläche der Verkapselungsschicht vorhanden sein, welche die Haftvermittlungsschicht gar nicht oder mit einer Dicke, welche 3 nm übersteigt, bedeckt. Zumindest 90 % der Oberfläche der Verkapselungsschicht werden jedoch durch Bereiche der Haftvermittlungsschicht bedeckt, welche eine Dicke von weniger als 3 nm aufweisen.

Bei der beschriebenen Dicke von weniger als 3 nm entfaltet die Haftvermittlungsschicht gewöhnlich keine nennenswerte Barrierewirkung gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff. Durch die sehr dünn ausgebildete Haftvermittlungsschicht wird jedoch eine erhebliche Vergrößerung der Adhäsion zwischen der Verkapselungsschicht und der Abdeckungsschicht erreicht - auch unabhängig von dem Design des Bauelementes. Gleichzeitig erfordert die Ausbildung der Haftvermittlungsschicht beispielsweise durch Atomlagenabscheidung einen zeitlich sehr begrenzten Verfahrensschritt, so dass die vorübergehende Temperaturerhöhung gar nicht oder nur unerheblich zu einer Reduzierung der Lebensdauer des Bauelements führt.

Unter „Verkapselungsschicht" wird vorliegend eine Schicht bezeichnet, die dazu geeignet ist, eine erste Barriere gegenüber atmosphärischen Stoffen, insbesondere gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff, zu bilden. Durch die Verkapselungsschicht wird das organische elektronische Bauelement vorgekapselt. Mit anderen Worten ist die Verkapselungsschicht derart ausgebildet, dass sie von atmosphärischen Stoffen wie Wasser oder Sauerstoff höchstens zu sehr geringen Anteilen durchdrungen werden kann bzw. die Luft- und Feuchtediffusion gegenüber bisherigen Verkapselungen deutlich verzögert wird. Das Bauelement besitzt durch die Verkapselungsschicht schon eine erste Grunddichtigkeit gegenüber Umwelteinflüssen.

Die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode können flächig oder besonders bevorzugt großflächig ausgebildet sein. Großflächig kann dabei bedeuten, dass die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode eine Fläche von größer oder gleich einigen Quadratmillimetern, bevorzugt größer oder gleich einem Quadratzentimeter und besonders bevorzugt größer oder gleich einem Quadratdezimeter aufweisen.

Alternativ können die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode in erste beziehungsweise zweite Elektrodenteilbereiche strukturiert ausgeführt sein. Beispielsweise kann die erste Elektrode in Form parallel nebeneinander angeordneter erster Elektrodenstreifen ausgeführt sein und die zweite Elektrode als bevorzugt senkrecht dazu verlaufende parallel nebeneinander angeordnete zweite Elektrodenstreifen. Überlappungen der ersten und zweiten Elektrodenstreifen können damit als separat ansteuerbare Leuchtbereiche ausgeführt sein. Weiterhin können

auch nur die erste oder nur die zweite Elektrode strukturiert sein. Besonders bevorzugt sind die erste und/oder die zweite Elektrode oder Elektrodenteilbereiche elektrisch leitend mit ersten Leiterbahnen verbunden. Dabei kann eine Elektrode oder ein Elektrodenteilbereich beispielsweise in eine erste Leiterbahn übergehen oder getrennt von einer ersten Leiterbahn ausgeführt und elektrisch leitend mit dieser verbunden sein.

Die Verkapselungsschicht kann die gesamte Schichtenfolge mit den Elektroden bedecken. Weiterhin kann sie zumindest einen Teil der Oberfläche des Substrats bedecken, auf dem die Schichtenfolge mit der ersten und zweiten Elektrode angeordnet ist. Zusätzlich kann sie auch das gesamte Substrat umgeben.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Schichtenfolge eine oder mehrere funktionale Schichten aus organischem Material umfassen. Insbesondere kann das optoelektronische Bauelement als organische lichtemittierende Diode (OLED) oder als organische Solarzelle ausgebildet sein, je nachdem, ob die Schichtenfolge strahlungsemittierend bzw. strahlungsabsorbierend ausgebildet ist.

Über der ersten Elektrode kann beispielsweise ein funktionaler Bereich mit einer oder mehreren funktionalen Schichten aus organischen Materialien aufgebracht sein. Die funktionalen Schichten können dabei beispielsweise als Elektronentransportschichten, elektrolumineszierende Schichten und/oder Lochtransportschichten ausgebildet sein. Über den funktionalen Schichten kann eine zweite Elektrode aufgebracht sein. In den funktionalen Schichten kann in einem aktiven Bereich durch Elektronen- und Löcherinjektion und -

rekombination elektromagnetische Strahlung mit einer einzelnen Wellenlänge oder einem Bereich von Wellenlängen erzeugt werden.

Die funktionalen Schichten können organische Polymere, organische Oligomere, organische Monomere, organische kleine, nicht-polymere Moleküle („small molecules") oder Kombinationen daraus aufweisen. Geeignete Materialien sowie Anordnungen und Strukturierungen der Materialien für funktionale Schichten sind dem Fachmann bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

Das optoelektronische Bauelement kann aber auch als strahlungsemittierende oder strahlungsabsorbierende Schichtenfolge eine Halbleiterschichtenfolge aufweisen.

Die zweite Elektrode, die Verkapselungsschicht und die Abdeckungsschicht können transparent ausgebildet sein, so dass das optoelektronische Bauelement als so genannter „top emitter" ausgeführt ist. Alternativ kann das optoelektronische Bauelement als so genannter „bottom emitter" ausgeführt sein, wenn das Substrat und die erste Elektrode transparent ausgebildet sind. Außerdem kann das optoelektronische Bauelement sowohl als „top emitter" als auch als „bottom emitter" ausgeführt sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verkapselungsschicht dazu ausgebildet ist, die Elektroden und die Schichtenfolge vor Feuchtigkeit und/oder Luftsauerstoff zu schützen.

Die Verkapselungsschicht ist vorzugsweise eine sogenannte Dünnfilmverkapselungsschicht, die aus einer oder mehreren

dünnen Schichten gebildet ist. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die Dünnfilmverkapselungsschicht nur „dünne Schichten" mit einer Dicke kleiner oder gleich einige 100 nm auf. Die einzelnen Schichten der Dünnfilm-Verkapselung können zum Beispiel jeweils eine Dicke zwischen einer Atomlage und etwa 1 µm aufweisen. Insgesamt weist die Dünnfilmverkapselungsschicht bevorzugt eine Dicke zwischen 400 nm und 5 µm, insbesondere zwischen 600 nm und 1,2 µm auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Dünnfilmverkapselungsschicht ein Siliziumnitrid enthält oder daraus besteht. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Siliziumnitrid amorph sein und eine stöchiometrische Zusammensetzung gemäß der Formel SiN_X aufweisen, wobei für x gilt $0 \leq x < 2$.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Dünnfilmverkapselungsschicht ein Siliziumoxid, beispielsweise SiO_2, enthält oder daraus besteht. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Siliziumdioxid amorph sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Dünnfilmverkapselungsschicht ein Siliziumcarbid enthält oder daraus besteht.

Gemäß weiterer Ausführungsformen sind beliebige Mischungen aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid und Siliziumcarbid möglich, wobei die genannten Materialien unterschiedliche stöchiometrische Zusammensetzungen aufweisen können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Haftvermittlungsschicht eine Dicke zwischen 0,3 nm und 2 nm, bevorzugt zwischen 0,7 nm und 1,5 nm, aufweist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Haftvermittlungsschicht ein Metalloxid enthält oder aus diesem besteht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Haftvermittlungsschicht ein Titanoxid, beispielsweise TiO_2, oder ein Aluminiumoxid, beispielsweise Al_2O_3, enthält oder aus diesem besteht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine durch die Haftvermittlungsschicht vermittelte Adhäsionskraft zwischen der Abdeckungsschicht und der Verkapselungsschicht so groß ist, dass die Abdeckungsschicht bei einer mechanischen Belastung des optoelektronischen Bauelements an der Verkapselungsschicht haften bleibt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Abdeckungsschicht eine Kleberschicht und eine auf der Kleberschicht angeordnete Decksubstratschicht umfasst.

Die Kleberschicht kann aus flüssigem Epoxidharz, welcher durch UV-Bestrahlung ausgehärtet ist, bestehen oder dieses enthalten. Das Material der Kleberschicht ist allerdings nicht auf flüssige Klebstoffe beschränkt. Weiterhin ist bevorzugt, dass eine Dicke der Kleberschicht zwischen 10 µm und 50 µm, besonders bevorzugt zwischen 15 µm und 40 µm, beträgt.

Die Decksubstratschicht kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat aufweisen, die ausgewählt sind aus Glas, Quarz, Kunststoff, Metall und Siliziumwafer. Besonders bevorzugt weist die Decksubstratschicht Glas,

beispielsweise in Form einer Glasschicht, Glasfolie oder Glasplatte, auf oder besteht daraus. Weiterhin ist bevorzugt, dass eine Dicke der Decksubstratschicht zwischen 0,05 und 4 mm beträgt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Kleberschicht direkt auf der Haftvermittlungsschicht angeordnet ist und eine Adhäsionskraft zwischen der Kleberschicht und der Haftvermittlungsschicht so groß ist, dass die Kleberschicht bei einer mechanischen Belastung des optoelektronischen Bauelements an der Haftvermittlungsschicht haften bleibt.

Damit ist nicht notwendigerweise gemeint, dass die gesamte Kleberschicht an der Haftvermittlungsschicht haften bleibt. Vielmehr reicht es aus, dass zumindest eine Teilschicht der Kleberschicht, deren eine Hauptfläche mit der Grenzfläche zwischen Kleberschicht und Haftvermittlungsschicht zusammenfällt, an der Haftvermittlungsschicht haften bleibt, so dass die Grenzfläche zwischen Kleberschicht und Haftvermittlungsschicht nicht beschädigt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass bei einer mechanischen Belastung die gesamte Kleberschicht an der Haftvermittlungsschicht haftet oder haften bleibt.

Ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform umfasst insbesondere die Verfahrensschritte:

- Bereitstellen eines Schichtenstapels umfassend ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat, eine strahlungsemittierende oder strahlungsabsorbierende

Schichtenfolge auf der ersten Elektrode, eine zweite Elektrode auf der Schichtenfolge und eine auf der zweiten Elektrode angeordnete Verkapselungsschicht,

- Auftragen einer Haftvermittlungsschicht auf die Verkapselungsschicht, wobei die Haftvermittlungsschicht eine Dicke von kleiner als 3 nm aufweist, und

- Auftragen einer Abdeckungsschicht auf die Haftvermittlungsschicht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Haftvermittlungsschicht durch Atomlagenabscheidung auf die Verkapselungsschicht aufgetragen wird.

Mit „Atomlagenabscheidung" (ALD) ist vorliegend insbesondere ein Verfahren bezeichnet, bei dem eine erste gasförmige Ausgangsverbindung einem Volumen zugeführt wird, in dem eine zu beschichtende Oberfläche bereitgestellt ist, so dass die erste gasförmige Verbindung auf der Oberfläche adsorbieren kann. Nach einer bevorzugt vollständigen oder nahezu vollständigen Bedeckung der Oberfläche mit der ersten Ausgangsverbindung wird der Teil der ersten Ausgangsverbindung, der noch gasförmig und/oder nicht auf der Oberfläche adsorbiert vorliegt, in der Regel wieder aus dem Volumen entfernt und eine zweite Ausgangsverbindung zugeführt. Die zweite Ausgangsverbindung ist dafür vorgesehen, mit der an der Oberfläche adsorbierten, ersten Ausgangsverbindung unter Bildung einer festen ALD-Schicht chemisch zu reagieren.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei der Atomlagenabscheidung auch mehr als zwei Ausgangsverbindungen

zum Einsatz kommen können. Bei der Atomlagenabscheidung ist es in der Regel vorteilhaft, wenn die zu beschichtende Oberfläche auf eine Temperatur über Raumtemperatur erhitzt wird. Dies führt jedoch auch zu den oben genannten Problemen bei der Abscheidung von Schichten aus Metalloxid, welche eine Dicke von größer als 10 nm aufweisen, da das Bauelement hierbei über einen längeren Zeitraum auf Temperaturen gehalten werden muss, welche die organische Funktionsschicht beschädigen und hierdurch eine Reduzierung der Lebensdauer des Bauelements oder eine Verschlechterung bestimmter optoelektronischer Parameter, beispielsweise der Effizienz, verursachen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verkapselungsschicht mittels eines Abscheideverfahrens gebildet wird. Beispielsweise kann das Abscheideverfahren ein chemisches Gasphasenabscheideverfahren (Chemical Vapor Deposition (CVD)) sein. In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Gasphasenabscheideverfahren ein plasmaunterstütztes Gasphasenabscheideverfahren (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)) sein. Beispielsweise kann hierbei in einem Volumen über und/oder um das optoelektronische Bauelement herum ein Plasma erzeugt werden. Dem Volumen werden mindestens zwei gasförmige Ausgangsverbindungen zugeführt und zur Reaktion miteinander angeregt. In einer Ausführungsform des Verfahrens kann dem Volumen Ammoniak und Silan zur Bildung von Siliziumnitrid zugeführt werden. In noch einer Ausführungsform des Verfahrens kann dem Volumen Tetraethylorthosilikat (TEOS) oder N_2O zur Bildung von Siliziumoxid zugeführt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine Kleberschicht auf die Haftvermittlungsschicht und eine Decksubstratschicht auf die Kleberschicht aufgetragen wird.

Das vorstehend beschriebene Verfahren ist für die Herstellung des oben beschriebenen optoelektronischen Bauelements besonders geeignet. Im Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebene Merkmale können daher auch für das optoelektronische Bauelement herangezogen werden und umgekehrt.

Weitere Merkmale, Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

Es zeigen:

Figur 1 ein optoelektronisches Bauelement gemäß dem Stand der Technik,

Figur 2 einen schematischen Schichtenaufbau in dem optoelektronischen Bauelement gemäß dem Stand der Technik,

Figur 3a und 3b zwei verschiedene Ausführungen des optoelektronischen Bauelements gemäß dem Stand der Technik,

Figur 4 ein optoelektronisches Bauelement gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 5 einen schematischen Schichtenaufbau in dem optoelektronischen Bauelement gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 6 einen schematischen Schichtenaufbau in einem optoelektronischen Bauelement gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 7 einen Testaufbau zur Messung einer mechanischen Stabilität des optoelektronischen Bauelements.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind grundsätzlich 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 dick oder groß dimensioniert dargestellt sein.

Figur 1 zeigt ein insgesamt mit 100 bezeichnetes optoelektronisches Bauelement gemäß dem Stand der Technik. Figur 2 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus der Schichtenfolge des in Figur 1 gezeigten Bauelements.

Auf einer Substratsschicht 1 aus Glas ist eine erste transparente Elektrodenschicht 2 angeordnet. Auf der ersten Elektrodenschicht 2 ist eine strahlungsemittierende Schichtenfolge 4 angeordnet, welche eine oder mehrere funktionale Schichten aus organischem Material umfasst und in welcher durch diese ein aktiver Bereich ausgebildet ist, welcher im Betrieb elektromagnetische Strahlung abstrahlt.

Auf der Schichtenfolge 4 ist eine zweite Elektrodenschicht 6 angeordnet, welche ein Metall enthält. Somit ist das optoelektronische Bauelement als organische lichtemittierende Diode (OLED) ausgebildet. Unterhalb der Substratsschicht 1 kann eine zusätzliche funktionelle Auskoppelschicht 13 vorgesehen sein.

Auf der zweiten Elektrodenschicht 6 ist eine Dünnfilmverkapselungsschicht 8 aufgebracht, welche die beiden Elektrodenschichten 2, 6 und die Schichtenfolge 4 vor Feuchtigkeit und Luftsauerstoff schützt. Unmittelbar auf der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 ist eine Laminierkleberschicht 10 ausgebildet, welche dazu dient, eine unmittelbar auf der Laminierkleberschicht 10 angeordnete Decksubstratschicht 12 an der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 zu fixieren. Die Laminierkleberschicht 10 ist mit der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 einerseits und mit der Decksubstratschicht 12 andererseits stoffschlüssig verbunden. Die Laminierkleberschicht 10 und die Decksubstratschicht 12 bilden zusammen eine Abdeckungsschicht 24, welche einen mechanischen Schutz für die Dünnfilmverkapselungsschicht 8 zur Verfügung stellt.

Die Grenzfläche zwischen der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 und der Laminierkleberschicht 10 stellt in einem Randbereich 9 des optoelektronischen Bauelements einen mechanischen Schwachpunkt der Vorrichtung dar. Bei einer äußeren mechanischen Belastung des optoelektronischen Bauelements oder aufgrund von inneren Verspannungen erfolgt in dem Randbereich 9 oftmals ein Auseinanderbrechen der Schichten beispielsweise durch einen Adhäsionsbruch. Dies kann zu einer Beschädigung der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 führen oder zumindest zu einer von außen sichtbaren Delamination der

Decksubstratschicht 12. Hierbei kann beobachtet werden, dass das Auftreten des Problems abhängig von dem Design des Bauelementes ist und insbesondere in Eckbereichen auftritt, welche in Draufsicht auf das Bauelement einen Winkel von maximal 90° ausbilden (siehe Randbereich 9 in Figur 3a), während bei stumpferen, d.h. größeren Winkeln kein Adhäsionsbruch erfolgt (siehe Randbereich 9 in Figur 3b). Figur 4 zeigt ein optoelektronisches Bauelement gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Figur 5 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus der Schichtenfolge des in Figur 4 gezeigten Bauelements.

Zwischen der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 und der Laminierkleberschicht 10 ist eine 1 nm dicke Haftvermittlungsschicht 11 aus Titandioxid ausgebildet, durch welche eine verbesserte Haftung zwischen der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 und der Laminierkleberschicht 10 erreicht wird.

Die Erfinder haben festgestellt, dass die Ausbildung der Haftvermittlungsschicht 11 beispielsweise durch Atomlagenabscheidung einen zeitlich ausreichend begrenzten Verfahrensschritt erfordert, wenn sie eine Dicke von 3 nm oder weniger aufweist. In diesem Fall führt die vorübergehende Temperaturerhöhung bei der Atomlagenabscheidung gar nicht oder nur unerheblich zu einer Reduzierung der Lebensdauer des Bauelements. Insbesondere bleiben sonstige optoelektronische Parameter wie beispielsweise eine Helligkeit oder Effizienz des Bauelements durch die Ausbildung der Haftvermittlungsschicht 11 praktisch unberührt. Außerdem führt letztere nur zu geringen zusätzlichen Kosten bei gleicher oder sogar verlängerter Lagerbeständigkeit. Schließlich konnte beobachtet werden,

dass die Haftung zwischen der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 und der Laminierkleberschicht 10 selbst bei relativ großen Schwankungen der Kleberchargen, welche zu mitunter großen Variationen in der Schichtdicke der Laminierkleberschicht 10 führen, ausreicht, um ein Auseinanderbrechen des Bauelements zu verhindern. Die zusätzliche Haftvermittlungsschicht 11 kann im Transmissionselektronenmikroskop und/oder durch analytische Methoden wie beispielsweise Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) und/oder energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) nachgewiesen werden.

In dem in den Figuren 4 und 5 gezeigten Ausführungsbeispiel besteht die Dünnfilmverkapselungsschicht 8 beispielsweise aus Siliziumdioxid und weist eine Dicke von etwa 800 nm auf.

Figur 6 zeigt einen schematischen Schichtenaufbau in einem optoelektronischen Bauelement gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Im Gegensatz zu dem in den Figuren 4 und 5 gezeigten Ausführungsbeispiel besteht die Dünnfilmverkapselungsschicht 8 ihrerseits aus einem Schichtenstapel aus drei Teilschichten 8a, 8b und 8c, welche jeweils aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid und Siliziumcarbid bestehen.

Figur 7 zeigt einen Testaufbau zur Messung einer mechanischen Stabilität des optoelektronischen Bauelements 100. Hierbei wird das optoelektronische Bauelement 100 in dessen Randbereichen auf Stützelemente 200 aufgelegt und im zentralen Bereich mit einer mechanischen Last 300, welche beispielsweise bis zu 95 N betragen kann, beaufschlagt. Beim Auftreten einer eine kritische Schwelle überschreitenden Zugspannung kann eine Trennung oder Ablösung von Teilbereichen des optoelektronischen Bauelements voneinander

auftreten. Durch die Wirkung der Haftvermittlungsschicht 11 erfolgt die Trennung oder Ablösung, wenn überhaupt, bei einer wesentlich höheren Last als bei vergleichbaren herkömmlichen Vorrichtungen. Sie tritt weder innerhalb der Dünnfilmverkapselungsschicht noch an einer Grenzfläche zwischen der Dünnfilmverkapselungsschicht und der Abdeckungsschicht, sondern entweder gar nicht oder zumindest nur in einem Bereich auf, welcher auf der der Dünnfilmverkapselungsschicht 8 abgewandten Seite der Grenzfläche angeordnet ist. Hierdurch bleibt die Dünnfilmverkapselungsschicht 8 unbeschädigt.

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.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement, umfassend
- ein Substrat (1),
- eine erste Elektrode (2) auf dem Substrat (1),
- eine strahlungsemittierende oder strahlungsabsorbierende Schichtenfolge (4) auf der ersten Elektrode (2),
- eine zweite Elektrode (6) auf der Schichtenfolge (4),
- eine auf der zweiten Elektrode (6) angeordnete Verkapselungsschicht (8),
- eine auf der Verkapselungsschicht (8) angeordnete Abdeckungsschicht (24), und
- eine zwischen der Verkapselungsschicht (8) und der Abdeckungsschicht (24) angeordnete Haftvermittlungsschicht (11), welche eine Dicke von kleiner als 3 nm aufweist.

2. Optoelektronisches Bauelement nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Schichtenfolge (4) eine oder mehrere funktionale Schichten aus organischem Material umfasst.

3. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Schichtenfolge (4) einen aktiven Bereich umfasst, der im Betrieb elektromagnetische Strahlung abstrahlt.

4. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verkapselungsschicht (8) dazu ausgebildet ist, die Elektroden (2, 6) und die Schichtenfolge (4) vor Feuchtigkeit und/oder Luftsauerstoff zu schützen.

5. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verkapselungsschicht (8) als eine

Dünnfilmverkapselungsschicht ausgebildet ist, welche eine Dicke zwischen 400 nm und 3 µm aufweist.

6. Optoelektronisches Bauelement nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Dünnfilmverkapselungsschicht (8) ein Siliziumoxid, ein Siliziumnitrid oder ein Siliziumcarbid enthält oder aus einem oder mehreren dieser Materialien besteht.

7. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Haftvermittlungsschicht (11) eine Dicke zwischen 0,3 nm und 2 nm aufweist.

8. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Haftvermittlungsschicht (11) ein Metalloxid enthält oder aus diesem besteht.

9. Optoelektronisches Bauelement nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Haftvermittlungsschicht (11) ein Titanoxid oder ein Aluminiumoxid enthält oder aus diesem besteht.

10. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine durch die Haftvermittlungsschicht (11) vermittelte Adhäsion zwischen der Abdeckungsschicht (24) und der Verkapselungsschicht (8) so groß ist, dass die Abdeckungsschicht (24) bei einer mechanischen Belastung des optoelektronischen Bauelements an der Verkapselungsschicht (8) haften bleibt.

11. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Abdeckungsschicht (24)

eine Kleberschicht (10) und eine auf der Kleberschicht (10) angeordnete Decksubstratschicht (12) umfasst.

12. Optoelektronisches Bauelement nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Kleberschicht (10) einen Epoxidkleber enthält und eine Dicke zwischen 10 µm und 50 µm aufweist.

13. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend die Verfahrensschritte:
- Bereitstellen eines Schichtenstapels umfassend ein Substrat (1), eine erste Elektrode (2) auf dem Substrat (1), eine strahlungsemittierende oder strahlungsabsorbierende Schichtenfolge (4) auf der ersten Elektrode (2), eine zweite Elektrode (6) auf der Schichtenfolge (4) und eine auf der zweiten Elektrode (6) angeordnete Verkapselungsschicht (8),
- Auftragen einer Haftvermittlungsschicht (11) auf die Verkapselungsschicht (8), wobei die Haftvermittlungsschicht (11) eine Dicke von kleiner als 3 nm aufweist, und
- Auftragen einer Abdeckungsschicht (24) auf der Haftvermittlungsschicht (11).

14. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Haftvermittlungsschicht (11) durch Atomlagenabscheidung auf die Verkapselungsschicht (8) aufgetragen wird.

15. Verfahren nach einem der beiden vorangehenden Ansprüche, wobei eine Kleberschicht (10) auf die Haftvermittlungsschicht (11) und eine Decksubstratschicht (12) auf die Kleberschicht (10) aufgetragen wird.

FIG 1

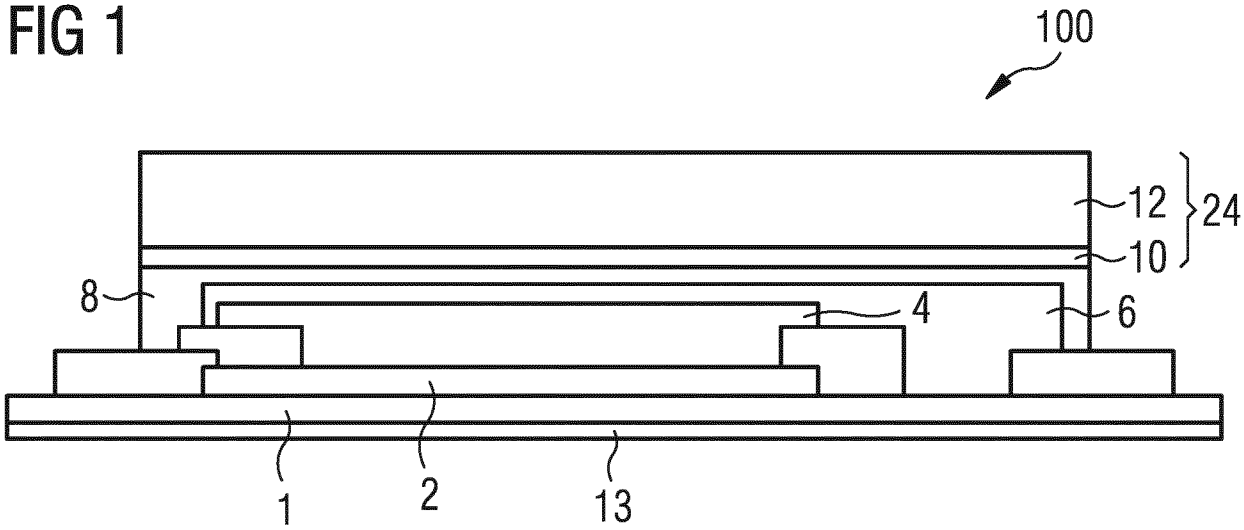


FIG 2

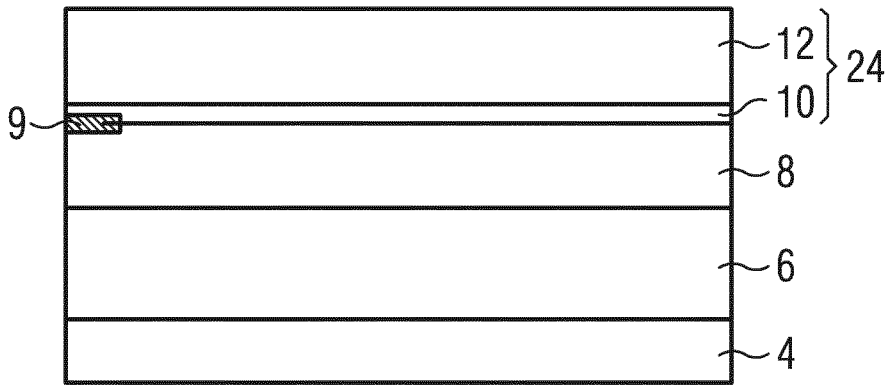


FIG 3a

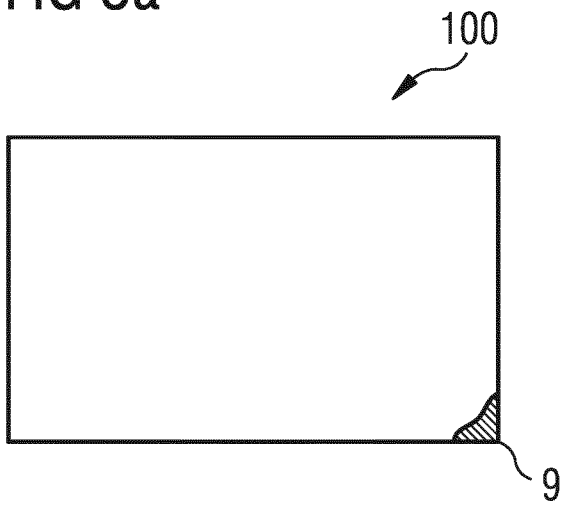


FIG 3b

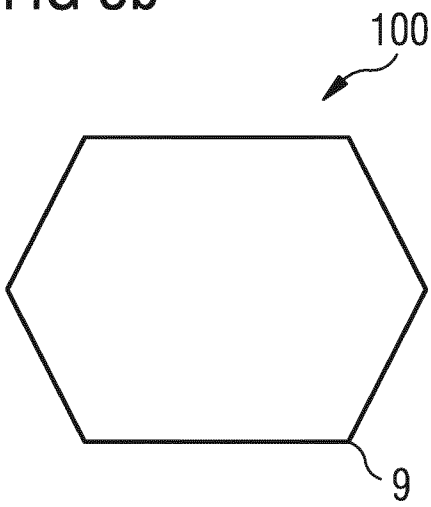


FIG 4

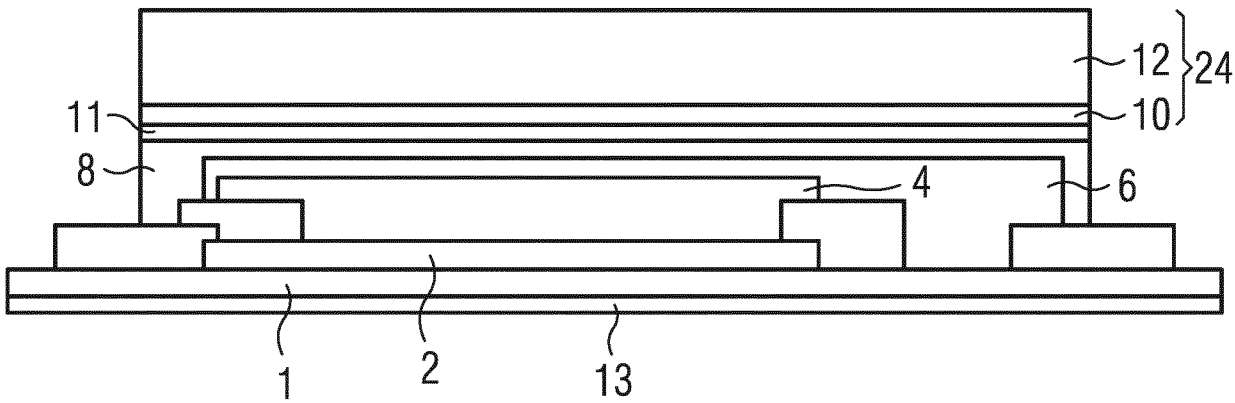


FIG 5

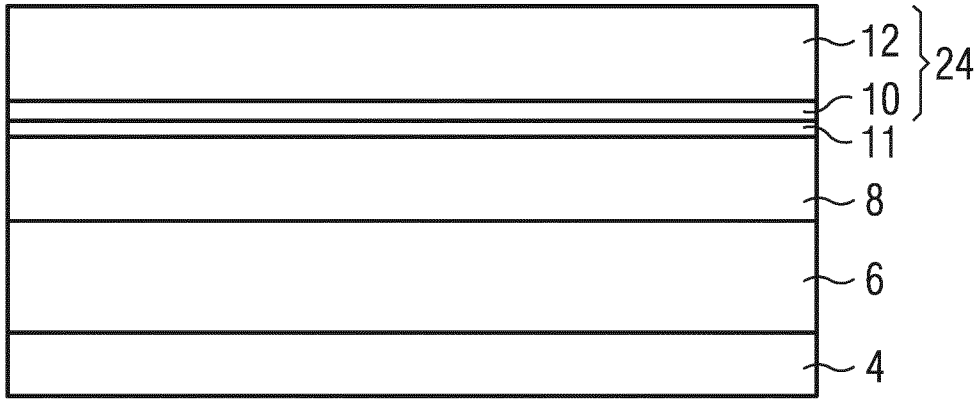


FIG 6

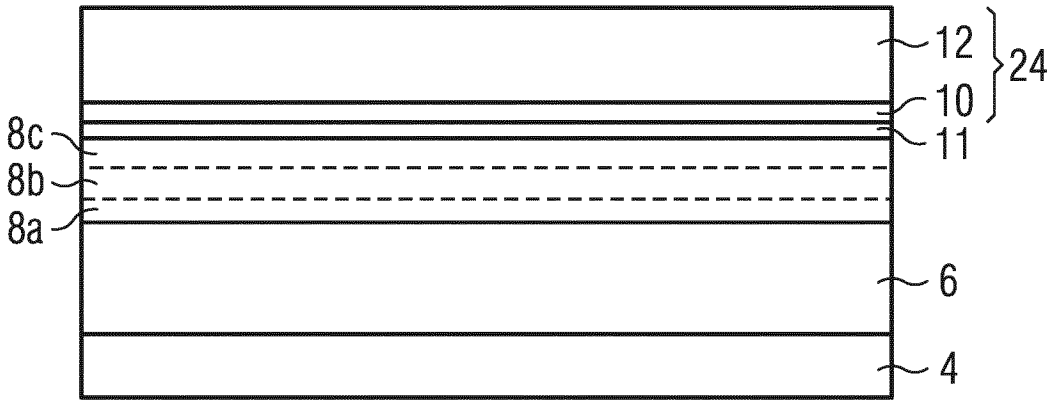
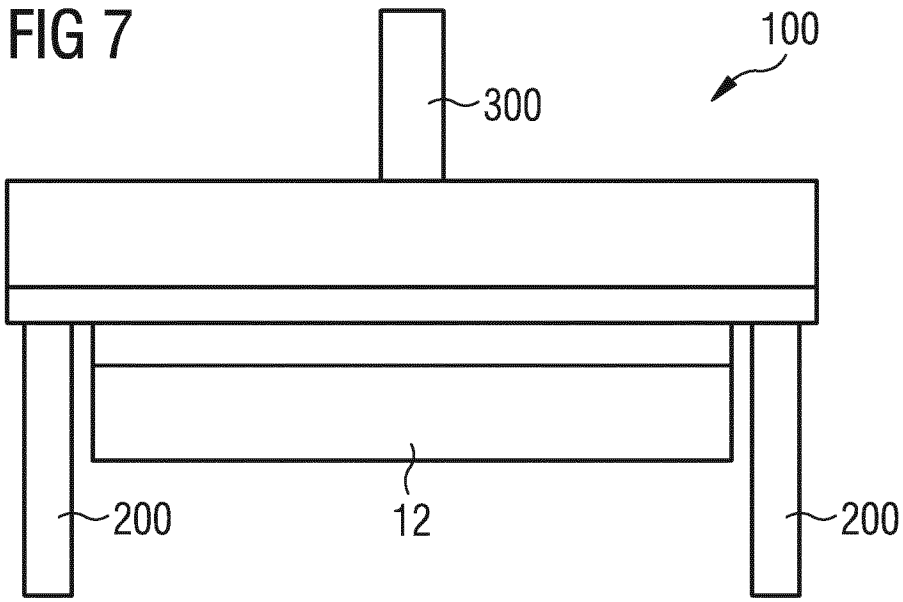


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/076732

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L51/52 H01L51/44
ADD.

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	DE 10 2011 079160 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 17 January 2013 (2013-01-17) figures 5,6,7A,7B paragraphs [0010], [0015], [0042], [0044], [0045], [0051], [0066], [0071] - [0073], [0120], [0161] - [0172]	1-15
X	US 2013/049580 A1 (MAINDRON TONY [FR] ET AL) 28 February 2013 (2013-02-28) paragraphs [0057] - [0062]	1-7, 10-13,15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
27 February 2015	09/03/2015

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

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/076732

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011079160 A1	17-01-2013	NONE	
US 2013049580 A1	28-02-2013	EP 2559080 A1	20-02-2013
		FR 2958795 A1	14-10-2011
		JP 2013524473 A	17-06-2013
		KR 20130041806 A	25-04-2013
		US 2013049580 A1	28-02-2013
		WO 2011128802 A1	20-10-2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/076732

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L51/52 H01L51/44
ADD.

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	DE 10 2011 079160 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 17. Januar 2013 (2013-01-17) Abbildungen 5,6,7A,7B Absätze [0010], [0015], [0042], [0044], [0045], [0051], [0066], [0071] - [0073], [0120], [0161] - [0172]	1-15
X	US 2013/049580 A1 (MAINDRON TONY [FR] ET AL) 28. Februar 2013 (2013-02-28) Absätze [0057] - [0062]	1-7, 10-13,15

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Februar 2015	09/03/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	De Laere, Ann

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/076732

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011079160 A1	17-01-2013	KEINE	
US 2013049580 A1	28-02-2013	EP 2559080 A1	20-02-2013
		FR 2958795 A1	14-10-2011
		JP 2013524473 A	17-06-2013
		KR 20130041806 A	25-04-2013
		US 2013049580 A1	28-02-2013
		WO 2011128802 A1	20-10-2011