



(10) **DE 10 2011 086 689 B4** 2017.02.16

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 086 689.2**
 (22) Anmeldetag: **21.11.2011**
 (43) Offenlegungstag: **23.05.2013**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **16.02.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 51/56 (2006.01)**
H01L 51/48 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
OSRAM OLED GmbH, 93049 Regensburg, DE

(74) Vertreter:
**Viering, Jentschura & Partner mbB Patent- und
 Rechtsanwälte, 01099 Dresden, DE**

(72) Erfinder:
Baisl, Richard, 93053 Regensburg, DE

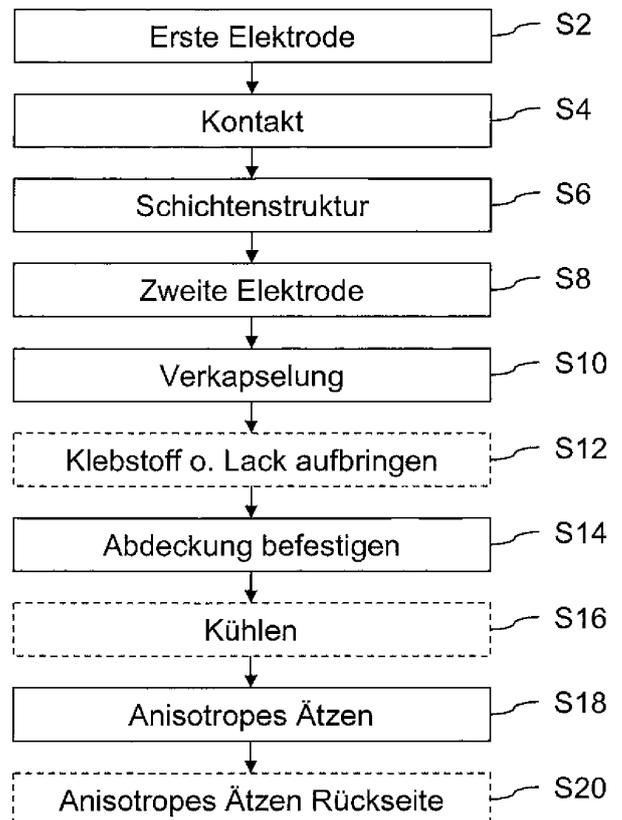
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 22 964	A1
DE	10 2009 003 970	A1
DE	10 2009 060 066	A1
DE	60 2004 005 685	T2
EP	2 136 606	A1
WO	2010/ 077 544	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements, wobei das Verfahren aufweist:

- Bilden einer ersten Elektrode (13) auf einem Substrat (12);
- Bilden einer organischen funktionellen Schichtenstruktur (14) auf der ersten Elektrode (13);
- Bilden einer zweiten Elektrode (15) auf der organischen funktionellen Schichtenstruktur (14);
- Bilden zumindest eines Kontakts (16) zum Kontaktieren der ersten und/oder der zweiten Elektrode (13, 15);
- Bilden einer Verkapselungsschicht 18 (18) über der Schichtenstruktur (14) und dem Kontakt (16);
- Anordnen einer Abdeckung (22) über der Schichtenstruktur (14) auf der Verkapselungsschicht (18), wobei die Abdeckung (22) mit Hilfe von Klebstoff (20) befestigt wird und wobei der Klebstoff (20) so aufgebracht wird, dass er zumindest eine Flanke (19) der Schichtenstruktur (14) bedeckt,
- Abtragen der Verkapselungsschicht (18) über dem Kontakt (16) mit Hilfe eines anisotropen Ätzverfahrens, wobei die Abdeckung (22) bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die Verkapselungsschicht (18) über der Schichtenstruktur (14) dient und wobei der Klebstoff (20) an der Flanke (19) bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die entsprechende Flanke (19) dient.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements.

[0002] Opto-elektronische Bauelemente mit organischen funktionellen Schichten weisen häufig Verkapselungsschichten über den organischen funktionellen Schichten auf, die die organischen funktionellen Schichten schützen, beispielsweise vor Feuchtigkeit. Die Verkapselungsschichten werden beispielsweise mittels Abscheideverfahren aufgebracht, beispielsweise mittels Atomschichtenabscheidung oder chemischer Gasphasenabscheidung. Bei dem Aufbringen der Verkapselungsschichten werden nicht nur die organischen funktionellen Schichten verkapselt, sondern auch Kontakte, die zum Kontaktieren von Elektroden, zwischen denen die organischen funktionellen Schichten angeordnet sind, vorgesehen sind. Derart beschichtete, verkapselte Kontakte können nicht einfach kontaktiert werden. Zum Freilegen der Kontakte ist es bekannt, diese von Hand freizukratzen, was sehr zeitaufwendig und damit kostspielig ist.

[0003] Aus DE 102 22 964 A1 ist ein Verfahren zur Gehäusebildung bei elektronischen Bauteilen, insbesondere Sensoren, integrierten Schaltungen und optoelektronischen Bauelementen bekannt. Bei dem Verfahren werden folgende Schritte ausgeführt: Bereitstellen eines Substrats, das einen oder mehrere Bereiche zur Bildung von Halbleiterstrukturen sowie von Anschlussstrukturen aufweist, wobei wenigstens eine erste Substratseite zu verkapseln ist; Bereitstellen einer Aufdampfglasquelle, die wenigstens ein binäres Glassystem erzeugt; Anordnen der ersten Substratseite relativ zur Aufdampfglasquelle derart, dass die erste Substratseite bedampft werden kann; Betrieb der Aufdampfglasquelle solange, bis die erste Substratseite eine Glasschicht trägt, welche eine Dicke im Bereich von 1 bis 1000 µm aufweist.

[0004] DE 10 2009 003 970 A1 zeigt eine interaktive elektro-optische Anzeige aufgebaut aus Elementarmodulen mit einer Anzahl von matrixartig zusammengelegten komplexen Leuchtpunkten bestehend aus Elementarleuchtpunkten vorgesehen für die drei Grundfarben. Jedes Elementarmodul weist ein Silizium-Substrat auf, das die benötigte Anzahl von matrixartig angeordneten elektronischen Schaltungen der dazugehörigen Leuchtpunkte auf sich trägt. Alternativ dazu wird ein polykristallines Substrat aufgebracht auf Glas, Saphir oder ähnlichem verwendet.

[0005] DE 10 2009 060 066 A1 zeigt ein Verfahren zum Herstellen eines elektronischen Bauelements mit einem ersten Elektrodenbereich und einem zweiten Elektrodenbereich, die durch einen Isolator voneinander getrennt sind und jeweils eine Teilschicht eines ersten elektrisch leitfähigen Materials aufweisen, mit den Schritten: Bereitstellen einer Substrat-

schicht und einer auf der Substratschicht angeordneten ersten elektrisch leitfähigen Schicht aus dem ersten elektrisch leitfähigen Material; Anordnen einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht aus einem zweiten elektrisch leitfähigen Material auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht; Anordnen eines ersten Isolators auf dem Substrat, so dass die zweite elektrisch leitfähige Schicht einen ersten Teilbereich, welcher mit dem Isolator bedeckt ist, und einen zweiten Teilbereich, welcher nicht mit dem Isolator bedeckt ist, aufweist und wobei der Isolator so angeordnet wird, dass er dazu dienen kann, den ersten Elektrodenbereich und den zweiten Elektrodenbereich voneinander zu trennen; und Anordnen einer Funktionsschicht und einer zweiten Elektrodenschicht auf der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht, welche in Abschnitten mit dem Isolator bedeckt ist.

[0006] DE 60 2004 005 685 T2 zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer elektronischen Anordnung, die einen Dünnschichttransistor mit einer aktiven Schicht umfasst, die ein organisches Halbleitermaterial enthält, wobei das genannte Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Anbringen der aktiven Schicht mit dem organischen Halbleitermaterial oder einem Vorläufermaterial davon auf dem Substrat; Anbringen der Schutzschicht auf der aktiven Schicht, Anbringen, Belichten und Entwickeln eines Photolacks, Strukturieren der Schutzschicht und der aktiven Schicht gemäß dem Muster in dem Photolack.

[0007] EP 2 136 606 A4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen eines organischen Dünnschichttransistor-Substrats aufweisend einen organischen Dünnschichttransistor, der in einem ersten Bereich auf dem Substrat ausgebildet ist. Ein zweiter Bereich des Substrats ist zum Ausbilden eines lichtemittierenden Elements vorgesehen.

[0008] WO 2010/077 544 A1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer eingekapselten Vorrichtung, das Verfahren umfassend: Bereitstellen einer Vorrichtung mit einem Kontakt auf einem Substrat; Aufbringen einer Entkopplungsschicht benachbart zu der Vorrichtung; Aufbringen einer ersten Sperrschicht benachbart zu der Entkopplungsschicht; und Entfernen eines Teils der ersten Sperrschicht von dem Kontakt.

[0009] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements gezeigt, bei dem auf einfache Weise die Kontakte freigelegt werden können.

[0010] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements bereitgestellt. Das Verfahren kann aufweisen: Bilden einer ersten Elektrode auf einem Substrat; Bilden einer organischen funktionellen Schichtenstruktur auf der ersten Elektrode; Bilden einer zweiten Elektrode auf der organischen funktionel-

len Schichtenstruktur; Bilden zumindest eines Kontakts zum Kontaktieren der ersten und/oder zweiten Elektrode; Bilden einer Verkapselungsschicht über der Schichtenstruktur und dem Kontakt; und Abtragen der Verkapselungsschicht über dem Kontakt mit Hilfe eines anisotropen Ätzverfahrens.

[0011] Das Freilegen des Kontakts mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens kann dazu beitragen, den Kontakt schnell und/oder einfach und/oder eine große Anzahl von Kontakten gleichzeitig freizulegen. Dies kann dazu beitragen, Herstellungsdauern und Herstellungskosten zum Herstellen des opto-elektronischen Bauelements auf einfache Weise zu senken. Es können ein, zwei oder mehr Kontakte vorgesehen sein und mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens freigelegt werden. Die Kontakte können einem opto-elektronischen Bauelement oder mehreren opto-elektronischen Bauelementen, insbesondere einer organischen funktionellen Schichtenstruktur oder mehreren organischen funktionellen Schichtenstrukturen zugeordnet sein. Der bzw. die Kontakte können neben der entsprechenden organischen funktionellen Schichtenstruktur angeordnet sein.

[0012] Über der Schichtenstruktur wird auf der Verkapselungsschicht eine Abdeckung angeordnet, die bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die Verkapselungsschicht über der Schichtenstruktur dient. Dies trägt einfach und effektiv dazu bei, die Verkapselungsschicht und die Schichtenstruktur zu schützen, beispielsweise bei dem anisotropen Ätzverfahren oder auch nach dem Durchführen des anisotropen Ätzverfahrens, beispielsweise auch nach Fertigstellung des opto-elektronischen Bauelements.

[0013] Die Abdeckung wird mit Hilfe von Klebstoff befestigt. Dies trägt dazu bei, die Abdeckung auf einfache Weise auf der Verkapselungsschicht zu befestigen.

[0014] Der Klebstoff wird so aufgebracht, dass er zumindest eine Flanke der Schichtenstruktur bedeckt und so bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die entsprechende Flanke dient. Der Klebstoff dient dann nicht nur zur Befestigung der Abdeckung, sondern auch als Schutz der Verkapselungsschicht bei dem anisotropen Ätzverfahren. Liegen die Schichten der Schichtenstruktur in vertikaler Richtung aufeinander, so stellen die Flanken der Schichtenstruktur die Seiten der Schichtenstruktur dar, an denen die Schichtenstruktur in horizontaler Richtung endet. Der Klebstoff wird so aufgebracht, dass er die Flanken der Schichtenstruktur bedeckt, so dass die Flanken der Schichtenstruktur auf einfache Weise seitlich geschützt sind.

[0015] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen ist das opto-elektronische Bauelement ein Licht emittierendes Bauelement, beispielsweise eine orga-

nische Leuchtdiode. Alternativ dazu kann das opto-elektronische Bauelement bei verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Licht absorbierendes Bauelement, beispielsweise eine organische Solarzelle sein.

[0016] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen wird als anisotropes Ätzverfahren ein Trockenätzverfahren durchgeführt. Beispielsweise kann als Trockenätzverfahren ein physikalisches oder physikalisch-chemisches Trockenätzverfahren durchgeführt werden. Das Trockenätzverfahren kann beispielsweise ein Plasma-unterstütztes Ätzverfahren, beispielsweise ein ICP-Plasma-Verfahren sein.

[0017] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen wird der Kontakt so ausgebildet, dass er bei dem anisotropen Ätzverfahren als sein eigener Ätzstopp und/oder als Ätzstopp für das Substrat dient. Dazu wird der Kontakt beispielsweise aus einem Material gebildet, das bei dem anisotropen Ätzverfahren nicht oder nur geringfügig abgetragen wird. Beispielsweise kann der Kontakt Chrom aufweisen oder daraus gebildet sein.

[0018] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen wird das Substrat vor und/oder während des anisotropen Ätzverfahrens gekühlt. Bei bekannten anisotropen Ätzverfahren können Temperaturen auftreten, bei denen die organische funktionelle Schichtenstruktur Schaden nehmen kann. Das Kühlen des Substrats kann dazu beitragen, die von dem opto-elektronischen Bauelement während des anisotropen Ätzverfahrens aufgenommene Wärme schnell abzutransportieren und so die organische funktionelle Schichtenstruktur vor zu großer Hitze zu schützen. Dies liefert einen großen Spielraum bei der Wahl des anisotropen Ätzverfahrens und bei der Vorgabe von Prozessparametern für das anisotrope Ätzverfahren.

[0019] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen wird die Verkapselungsschicht auch auf einer von der Schichtenstruktur abgewandten Rückseite des Substrats aufgebracht. Nachfolgend wird die Verkapselungsschicht auf der Rückseite mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens oder einem zusätzlichen anisotropen Ätzverfahren abgetragen. Dies trägt dazu bei, die Verkapselungsschicht auf der Rückseite auf einfache Weise zu entfernen.

[0020] Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen wird zumindest eine weitere Verkapselungsschicht über der Schichtenstruktur und dem Kontakt gebildet. Beide Verkapselungsschichten über dem Kontakt werden mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens abgetragen.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

[0022] Es zeigen:

[0023] Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements während eines Schrittes eines Herstellungsprozesses;

[0024] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements während eines weiteren Schrittes eines Herstellungsprozesses;

[0025] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements während eines weiteren Schrittes eines Herstellungsprozesses;

[0026] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements.

[0027] In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die Teil dieser bilden und in denen zur Veranschaulichung spezifische Ausführungsformen gezeigt sind, in denen die Erfindung ausgeübt werden kann. In dieser Hinsicht wird eine Richtungsterminologie wie etwa „oben“, „unten“, „vorne“, „hinten“, „vorderes“, „hinteres“, usw. mit Bezug auf die Orientierung der beschriebenen Figur(en) verwendet. Da Komponenten von Ausführungsformen in einer Anzahl verschiedener Orientierungen positioniert werden können, dient die Richtungsterminologie zur Veranschaulichung und ist auf keinerlei Weise einschränkend. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen benutzt und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können. Es versteht sich, dass die Merkmale der hierin beschriebenen verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch anders angegeben. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht in einschränkendem Sinne aufzufassen, und der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.

[0028] Im Rahmen dieser Beschreibung werden die Begriffe „verbunden“, „angeschlossen“ sowie „gekoppelt“ verwendet zum Beschreiben sowohl einer direkten als auch einer indirekten Verbindung, eines direkten oder indirekten Anschlusses sowie einer direkten oder indirekten Kopplung. In den Figuren werden identische oder ähnliche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen, soweit dies zweckmäßig ist.

[0029] Ein opto-elektronisches Bauelement kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen als Licht absorbierendes Bauelement, beispielsweise als Solarzelle, oder als Licht emittierendes Bauelement, beispielsweise als eine organische Licht emittierende Diode (OLED) oder als ein organischer Licht emittierender Transistor ausgebildet sein. Das Licht emittieren-

de Bauelement kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen Teil einer integrierten Schaltung sein. Weiterhin kann eine Mehrzahl von Licht emittierenden Bauelementen vorgesehen sein, beispielsweise untergebracht in einem gemeinsamen Gehäuse.

[0030] Fig. 1 zeigt eine Querschnittansicht eines organischen Licht emittierenden Bauelements **10** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen in einem Schritt eines Herstellungsprozesses.

[0031] Das Licht emittierende Bauelement **10** in Form einer organischen Leuchtdiode kann ein Substrat **12** aufweisen. Das Substrat **12** kann beispielsweise als ein Trägerelement für elektronische Elemente oder Schichten, beispielsweise Licht emittierende Elemente, dienen. Beispielsweise kann das Substrat **12** Glas, Quarz, und/oder ein Halbleitermaterial oder irgendein anderes geeignetes Material aufweisen oder daraus gebildet sein. Ferner kann das Substrat **12** eine Stahlfolie, eine Kunststoffolie oder ein Laminat mit einer oder mit mehreren Kunststoffolien aufweisen oder daraus gebildet sein. Der Kunststoff kann ein oder mehrere Polyolefine (beispielsweise Polyethylen (PE) mit hoher oder niedriger Dichte oder Polypropylen (PP)) aufweisen oder daraus gebildet sein. Ferner kann der Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS), Polyester und/oder Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethersulfon (PES) und/oder Polyethylenaphthalat (PEN) aufweisen oder daraus gebildet sein. Das Substrat **12** kann eines oder mehrere der oben genannten Materialien aufweisen. Das Substrat **12** kann transluzent oder sogar transparent ausgeführt sein.

[0032] Unter dem Begriff „transluzent“ bzw. „transluzente Schicht“ kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen verstanden werden, dass eine Schicht für Licht durchlässig ist, beispielsweise für das von dem Licht emittierenden Bauelement erzeugte Licht, beispielsweise einer oder mehrerer Wellenlängenbereiche, beispielsweise für Licht in einem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts (beispielsweise zumindest in einem Teilbereich des Wellenlängenbereichs von 380 nm bis 780 nm). Beispielsweise ist unter dem Begriff „transluzente Schicht“ in verschiedenen Ausführungsbeispielen zu verstehen, dass im Wesentlichen die gesamte in eine Struktur (beispielsweise eine Schicht) eingekoppelte Lichtmenge auch aus der Struktur (beispielsweise Schicht) ausgekoppelt wird, wobei ein Teil des Lichts hierbei gestreut werden kann

[0033] Unter dem Begriff „transparent“ oder „transparente Schicht“ kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen verstanden werden, dass eine Schicht für Licht durchlässig ist (beispielsweise zumindest in einem Teilbereich des Wellenlängenbereichs von 380 nm bis 780 nm), wobei in eine Struktur (beispielsweise eine Schicht) eingekoppeltes Licht im

Wesentlichen ohne Streuung oder Lichtkonversion auch aus der Struktur (beispielsweise Schicht) ausgekoppelt wird. Somit ist „transparent“ in verschiedenen Ausführungsbeispielen als ein Spezialfall von „transluzent“ anzusehen.

[0034] Für den Fall, dass beispielsweise ein Licht emittierendes monochromes oder im Emissionsspektrum begrenztes elektronisches Bauelement bereitgestellt werden soll, ist es ausreichend, dass die optisch transluzente Schichtenstruktur zumindest in einem Teilbereich des Wellenlängenbereichs des gewünschten monochromen Lichts oder für das begrenzte Emissionsspektrum transluzent ist.

[0035] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Licht emittierende Bauelement **10** als ein Top-Emitter oder als ein Bottom-Emitter oder als Top- und Bottom-Emitter eingerichtet sein. Ein Top- und Bottom-Emitter kann auch als optisch transparentes Bauelement, beispielsweise als eine transparente organische Leuchtdiode, bezeichnet werden.

[0036] Auf oder über dem Substrat **12** kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen optional eine in den Figuren nicht dargestellte Barrierschicht angeordnet sein. Die Barrierschicht kann eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen: Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid, Lanthanumoxid, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Aluminium-dotiertes Zinkoxid, sowie Mischungen und Legierungen derselben. Ferner kann die Barrierschicht in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 0,1 nm (eine Atomlage) bis ungefähr 5000 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 200 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 40 nm.

[0037] Auf oder über der Barrierschicht kann ein elektrisch aktiver Bereich des Licht emittierenden Bauelements **10** angeordnet sein. Der elektrisch aktive Bereich kann als der Bereich des Licht emittierenden Bauelements **10** verstanden werden, in dem ein elektrischer Strom zum Betrieb des Licht emittierenden Bauelements **10** fließt. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der elektrisch aktive Bereich eine erste Elektrode **13**, eine zweite Elektrode **15** und eine organische funktionelle Schichtenstruktur **14** aufweisen, wie sie im Folgenden noch näher erläutert werden.

[0038] So kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen auf oder über der Barrierschicht (oder, wenn die Barrierschicht nicht vorhanden ist, auf oder über dem Substrat **12**) die erste Elektrode **13** (beispielsweise in Form einer ersten Elektrodenschicht **13**) aufgebracht sein. Die erste Elektrode **13** (im Folgenden

auch als untere Elektrode **13** bezeichnet) kann aus einem elektrisch leitfähigen Material gebildet werden oder sein, wie beispielsweise aus einem Metall oder einem leitfähigen transparenten Oxid (transparent conductive Oxide, TCO) oder einem Schichtenstapel mehrerer Schichten desselben Metalls oder unterschiedlicher Metalle und/oder desselben TCO oder unterschiedlicher TCOs. Transparente leitfähige Oxide sind transparente, leitfähige Materialien, beispielsweise Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid, oder Indium-Zinn-Oxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂, oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise AlZnO, Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitfähiger Oxide zu der Gruppe der TCOs und können in verschiedenen Ausführungsbeispielen eingesetzt werden. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können ferner p-dotiert oder n-dotiert sein.

[0039] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode **13** ein Metall aufweisen; beispielsweise Ag, Pt, Au, Mg, Al, Ba, In, Ag, Au, Mg, Ca, Sm oder Li, sowie Verbindungen, Kombinationen oder Legierungen dieser Materialien.

[0040] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode **13** gebildet werden von einem Schichtenstapel einer Kombination einer Schicht eines Metalls auf einer Schicht eines TCOs, oder umgekehrt. Ein Beispiel ist eine Silberschicht, die auf einer Indium-Zinn-Oxid-Schicht (ITO) aufgebracht ist (Ag auf ITO) oder ITO-Ag-ITO Multischichten.

[0041] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode **13** eines oder mehrere der folgenden Materialien vorsehen alternativ oder zusätzlich zu den oben genannten Materialien: Netzwerke aus metallischen Nanodrähten und -teilchen, beispielsweise aus Ag; Netzwerke aus Kohlenstoff-Nanoröhren; Graphen-Teilchen und -Schichten; Netzwerke aus halbleitenden Nanodrähten.

[0042] Ferner kann die erste Elektrode **13** elektrisch leitfähige Polymere oder Übergangsmetalloxide oder elektrisch leitfähige transparente Oxide aufweisen.

[0043] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die erste Elektrode **13** und das Substrat **12** transluzent oder transparent ausgebildet sein. In dem Fall, dass die erste Elektrode **13** aus einem Metall gebildet wird, kann die erste Elektrode **13** beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen von kleiner oder gleich ungefähr 25 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 20 nm, bei-

spielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 18 nm. Weiterhin kann die erste Elektrode **13** beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen von größer oder gleich ungefähr 10 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von größer oder gleich ungefähr 15 nm. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode **13** eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 25 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 18 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 15 nm bis ungefähr 18 nm.

[0044] Weiterhin kann für den Fall, dass die erste Elektrode **13** aus einem leitfähigen transparenten Oxid (TCO) gebildet wird, die erste Elektrode **13** beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 50 nm bis ungefähr 500 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 75 nm bis ungefähr 250 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 150 nm.

[0045] Ferner kann für den Fall, dass die erste Elektrode **13** aus beispielsweise einem Netzwerk aus metallischen Nanodrähten, beispielsweise aus Ag, die mit leitfähigen Polymeren kombiniert sein können, einem Netzwerk aus Kohlenstoff-Nanoröhren, die mit leitfähigen Polymeren kombiniert sein können, oder von Graphen-Schichten und Kompositen gebildet wird, die erste Elektrode **13** beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 400 nm, beispielsweise eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 40 nm bis ungefähr 250 nm.

[0046] Die erste Elektrode **13** kann als Anode, also als Löcher injizierende Elektrode ausgebildet sein oder als Kathode, also als eine Elektronen injizierende Elektrode.

[0047] Die erste Elektrode **13** ist mit einem Kontakt **16** elektrisch verbunden, an dem ein erstes elektrisches Potential (bereitgestellt von einer Energiequelle (nicht dargestellt), beispielsweise einer Stromquelle oder einer Spannungsquelle) anlegbar ist. Das erste elektrische Potential kann beispielsweise das Massepotential oder ein anderes vorgegebenes Bezugspotential sein.

[0048] Weiterhin weist der elektrisch aktive Bereich des Licht emittierenden Bauelements **10** die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** auf, die auf oder über der ersten Elektrode **13** aufgebracht ist oder wird. Dass die Schichtenstruktur funktionell ist, kann bedeuten, dass die Schichtenstruktur elektrolumineszent ist. In diesem Zusammenhang kann die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** auch

als organische elektrolumineszente Schichtenstruktur bezeichnet werden.

[0049] Die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** kann eine oder mehrere Emitterschichten, beispielsweise mit fluoreszierenden und/oder phosphoreszierenden Emittlern, enthalten, sowie eine oder mehrere Lochleitungsschichten (auch bezeichnet als Lochtransportschicht(en)). In verschiedenen Ausführungsbeispielen können alternativ oder zusätzlich eine oder mehrere Elektronenleitungsschichten (auch bezeichnet als Elektronentransportschicht(en)) vorgesehen sein.

[0050] Beispiele für Emittermaterialien, die in dem Licht emittierenden Bauelement **10** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen für die Emitterschicht(en) eingesetzt werden können, schließen organische oder organometallische Verbindungen, wie Derivate von Polyfluoren, Polythiophen und Polyphenylen (z. B. 2- oder 2,5-substituiertes Poly-p-phenylvinyl) sowie Metallkomplexe, beispielsweise Iridium-Komplexe wie blau phosphoreszierendes FlrPic (Bis (3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl)-(2-carboxypyridyl)iridium III), grün phosphoreszierendes Ir(ppy)₃ (Tris(2-phenylpyridin)iridium III), rot phosphoreszierendes Ru (dtbbpy)₃·2(PF₆) (Tris[4,4'-di-tert-butyl-(2,2')bipyridin]ruthenium(III)komplex) sowie blau fluoreszierendes DPAVBi (4,4-Bis[4-(di-p-tolylamino)styryl]biphenyl), grün fluoreszierendes TTPA (9,10-Bis [N,N-di-(p-tolyl)amino]anthracen) und rot fluoreszierendes DCM2 (4-Dicyanomethylen)-2-methyl-6-julolidyl-9-enyl-4H-pyran) als nichtpolymere Emittler ein. Solche nichtpolymere Emittler sind beispielsweise mittels thermischen Verdampfens abscheidbar. Ferner können Polymeremittler eingesetzt werden, welche insbesondere mittels eines nasschemischen Verfahrens, wie beispielsweise einem Aufschleuderverfahren (auch bezeichnet als Spin Coating), abscheidbar sind.

[0051] Die Emittermaterialien können in geeigneter Weise in einem Matrixmaterial eingebettet sein.

[0052] Es ist darauf hinzuweisen, dass andere geeignete Emittermaterialien in anderen Ausführungsbeispielen ebenfalls vorgesehen sind.

[0053] Die Emittermaterialien der Emitterschicht(en) des Licht emittierenden Bauelements **10** können beispielsweise so ausgewählt sein, dass das Licht emittierende Bauelement **10** Weißlicht emittiert. Die Emitterschicht(en) kann/können mehrere verschiedenfarbig (zum Beispiel blau und gelb oder blau, grün und rot) emittierende Emittermaterialien aufweisen, alternativ kann/können die Emitterschicht(en) auch aus mehreren Teilschichten aufgebaut sein, wie einer blau fluoreszierenden Emitterschicht oder blau phosphoreszierenden Emitterschicht, einer grün phosphoreszierenden Emitterschicht und einer rot phospho-

reszierenden Emitterschicht. Durch die Mischung der verschiedenen Farben kann die Emission von Licht mit einem weißen Farbeindruck resultieren. Alternativ kann auch vorgesehen sein, im Strahlengang der durch diese Schichten erzeugten Primäremission ein Konvertermaterial anzuordnen, das die Primärstrahlung zumindest teilweise absorbiert und eine Sekundärstrahlung anderer Wellenlänge emittiert, so dass sich aus einer (noch nicht weißen) Primärstrahlung durch die Kombination von primärer Strahlung und sekundärer Strahlung ein weißer Farbeindruck ergibt.

[0054] Die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** kann allgemein eine oder mehrere funktionelle Schichten aufweisen.

[0055] Die eine oder mehreren funktionellen Schichten kann oder können organische Polymere, organische Oligomere, organische Monomere, organische kleine, nicht-polymere Moleküle („small molecules“) oder eine Kombination dieser Materialien aufweisen. Beispielsweise kann die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** eine oder mehrere funktionelle Schichten aufweisen, die als Lochtransportschicht ausgeführt ist oder sind, so dass beispielsweise in dem Fall einer OLED eine effektive Löcherinjektion in eine elektrolumineszierende Schicht oder einen elektrolumineszierenden Bereich ermöglicht wird. Alternativ kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** eine oder mehrere funktionelle Schichten aufweisen, die als Elektronentransportschicht ausgeführt ist oder sind, so dass beispielsweise in einer OLED eine effektive Elektroneninjektion in eine elektrolumineszierende Schicht oder einen elektrolumineszierenden Bereich ermöglicht wird. Als Material für die Lochtransportschicht können beispielsweise tertiäre Amine, Carbazoderivate, leitendes Polyanilin oder Polythylendioxythiophen verwendet werden. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann oder können die eine oder die mehreren funktionellen Schichten als elektrolumineszierende Schicht ausgeführt sein.

[0056] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Lochtransportschicht auf oder über der ersten Elektrode **13** aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein, und die Emitterschicht kann auf oder über der Lochtransportschicht aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektronentransportschicht auf oder über der Emitterschicht aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein.

[0057] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** (also beispielsweise die Summe der Dicken von Lochtransportschicht(en) und Emitterschicht(en) und Elektronentransportschicht(en)) eine Schichtdicke aufweisen von maximal ungefähr 1,5 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr

1,2 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 1 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 800 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 500 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 400 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 300 nm. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** beispielsweise einen Stapel von mehreren direkt übereinander angeordneten organischen Leuchtdioden (OLEDs) aufweisen, wobei jede OLED beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen kann von maximal ungefähr 1,5 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 1,2 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 1 μm , beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 800 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 500 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 400 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von maximal ungefähr 300 nm. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** beispielsweise einen Stapel von zwei, drei oder vier direkt übereinander angeordneten OLEDs aufweisen, in welchem Fall beispielsweise die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** eine Schichtdicke aufweisen kann von maximal ungefähr 3 μm .

[0058] Das Licht emittierende Bauelement **10** kann optional allgemein weitere organische Funktionsschichten, beispielsweise angeordnet auf oder über der einen oder mehreren Emitterschichten oder auf oder über der oder den Elektronentransportschicht(en) aufweisen, die dazu dienen, die Funktionalität und damit die Effizienz des Licht emittierenden Bauelements **10** weiter zu verbessern.

[0059] Auf oder über der organischen funktionellen Schichtenstruktur **14** oder gegebenenfalls auf oder über der einen oder den mehreren weiteren organischen Funktionsschichten kann die zweite Elektrode **15** (beispielsweise in Form einer zweiten Elektroden-schicht **15**) aufgebracht sein.

[0060] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Elektrode **15** die gleichen Materialien aufweisen oder daraus gebildet sein wie die erste Elektrode **13**, wobei in verschiedenen Ausführungsbeispielen Metalle besonders geeignet sind.

[0061] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Elektrode **15** (beispielsweise für den Fall einer metallischen zweiten Elektrode **15**) beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen von kleiner oder gleich ungefähr 50 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 45 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 40 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 35 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich

ungefähr 30 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 25 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 20 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 15 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von kleiner oder gleich ungefähr 10 nm.

[0062] Die zweite Elektrode **15** kann allgemein in ähnlicher Weise ausgebildet werden oder sein wie die erste Elektrode **13**, oder unterschiedlich zu dieser. Die zweite Elektrode **15** kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen aus einem oder mehreren der Materialien und mit der jeweiligen Schichtdicke ausgebildet sein oder werden, wie oben im Zusammenhang mit der ersten Elektrode **13** beschrieben. In verschiedenen Ausführungsbeispielen sind die erste Elektrode **13** und die zweite Elektrode **15** beide transluzent oder transparent ausgebildet. Somit kann das in **Fig. 1** dargestellte Licht emittierende Bauelement **10** als Top- und Bottom-Emitter (anders ausgedrückt als transparentes Licht emittierendes Bauelement **10**) eingerichtet sein.

[0063] Die zweite Elektrode **15** kann als Anode, also als Löcher injizierende Elektrode, ausgebildet sein oder als Kathode, also als eine Elektronen injizierende Elektrode.

[0064] Die zweite Elektrode **15** kann einen zweiten elektrischen Anschluss aufweisen, an den ein zweites elektrisches Potential (welches unterschiedlich ist zu dem ersten elektrischen Potential), bereitgestellt von der Energiequelle, anlegbar ist. Beispielsweise kann einer der beiden in **Fig. 1** gezeigten Kontakte **16** der zweite elektrische Anschluss sein. Das zweite elektrische Potential kann beispielsweise einen Wert aufweisen derart, dass die Differenz zu dem ersten elektrischen Potential einen Wert in einem Bereich von ungefähr 1,5 V bis ungefähr 20 V aufweist, beispielsweise einen Wert in einem Bereich von ungefähr 2,5 V bis ungefähr 15 V, beispielsweise einen Wert in einem Bereich von ungefähr 3 V bis ungefähr 12 V.

[0065] Auf oder über der zweiten Elektrode **15** und damit auf oder über dem elektrisch aktiven Bereich ist eine Verkapselungsschicht **18**, beispielsweise in Form einer Barrieren-Dünnschicht oder eines Barrieren-Dünnschicht, ausgebildet.

[0066] Unter einer „Barrieren-Dünnschicht“ bzw. einem „Barrieren-Dünnschicht“ kann im Rahmen dieser Anmeldung beispielsweise eine Schicht oder eine Schichtenstruktur verstanden werden, die dazu geeignet ist, eine Barriere gegenüber chemischen Verunreinigungen bzw. atmosphärischen Stoffen, insbesondere gegenüber Wasser (Feuchtigkeit) und Sauerstoff, zu bilden. Mit anderen Worten ist die Verkapselungsschicht **18** derart ausgebildet, dass sie von OLED-schädigenden Stoffen wie Wasser, Sauerstoff

oder Lösemittel nicht oder höchstens zu sehr geringen Anteilen durchdrungen werden kann.

[0067] Gemäß einer Ausgestaltung kann die Verkapselungsschicht **18** als eine einzelne Schicht (anders ausgedrückt, als Einzelschicht) ausgebildet sein. Gemäß einer alternativen Ausgestaltung kann die Verkapselungsschicht **18** eine Mehrzahl von aufeinander ausgebildeten Teilschichten aufweisen. Mit anderen Worten kann gemäß einer Ausgestaltung die Verkapselungsschicht **18** als Schichtstapel (Stack) ausgebildet sein. Die Verkapselungsschicht **18** oder eine oder mehrere Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** können beispielsweise mittels eines geeigneten Abscheideverfahrens gebildet werden, z. B. mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens (Atomic Layer Deposition (ALD)) gemäß einer Ausgestaltung, z. B. eines Plasma-unterstützten Atomlagenabscheideverfahrens (Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition (PEALD)) oder eines plasmalosen Atomlagenabscheideverfahrens (Plasma-less Atomic Layer Deposition (PLALD)), oder mittels eines chemischen Gasphasenabscheideverfahrens (Chemical Vapor Deposition (CVD)) gemäß einer anderen Ausgestaltung, z. B. eines plasma-unterstützten Gasphasenabscheideverfahrens (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)) oder eines plasmalosen Gasphasenabscheideverfahrens (Plasma-less Chemical Vapor Deposition (PLCVD)), oder alternativ mittels anderer geeigneter Abscheideverfahren.

[0068] Durch Verwendung eines Atomlagenabscheideverfahrens (ALD) können sehr dünne Schichten abgeschieden werden. Insbesondere können Schichten abgeschieden werden, deren Schichtdicken im Atomlagenbereich liegen.

[0069] Gemäß einer Ausgestaltung können bei einer Verkapselungsschicht **18**, die mehrere Teilschichten aufweist, alle Teilschichten mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens gebildet werden. Eine Schichtenfolge, die nur ALD-Schichten aufweist, kann auch als „Nanolaminat“ bezeichnet werden.

[0070] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung können bei einer Verkapselungsschicht **18**, die mehrere Teilschichten aufweist, eine oder mehrere Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** mittels eines anderen Abscheideverfahrens als einem Atomlagenabscheideverfahren abgeschieden werden, beispielsweise mittels eines Gasphasenabscheideverfahrens.

[0071] Die Verkapselungsschicht **18** kann gemäß einer Ausgestaltung eine Schichtdicke von ungefähr 0.1 nm (eine Atomlage) bis ungefähr 450 nm aufweisen, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 10 nm bis ungefähr 10 nm gemäß einer Ausgestaltung, beispielsweise ungefähr 40 nm gemäß einer Ausgestaltung.

[0072] Gemäß einer Ausgestaltung, bei der die Verkapselungsschicht **18** mehrere Teilschichten aufweist, können alle Teilschichten dieselbe Schichtdicke aufweisen. Gemäß einer anderen Ausgestaltung können die einzelnen Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** unterschiedliche Schichtdicken aufweisen. Mit anderen Worten kann mindestens eine der Teilschichten eine andere Schichtdicke aufweisen als eine oder mehrere andere der Teilschichten.

[0073] Die Verkapselungsschicht **18** oder die einzelnen Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** können gemäß einer Ausgestaltung als transluzente oder transparente Schicht ausgebildet sein. Mit anderen Worten kann die Verkapselungsschicht **18** (oder die einzelnen Teilschichten der Verkapselungsschicht **18**) aus einem transluzenten oder transparenten Material (oder einer Materialkombination, die transluzent oder transparent ist) bestehen.

[0074] Gemäß einer Ausgestaltung kann die Verkapselungsschicht **18** oder (im Falle eines Schichtenstapels mit einer Mehrzahl von Teilschichten) eine oder mehrere der Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** eines der nachfolgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen: Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid, Lanthanumoxid, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Aluminium-dotiertes Zinkoxid, sowie Mischungen und Legierungen derselben. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Verkapselungsschicht **18** oder (im Falle eines Schichtenstapels mit einer Mehrzahl von Teilschichten) eine oder mehrere der Teilschichten der Verkapselungsschicht **18** ein oder mehrere hochbrechende Materialien aufweisen, anders ausgedrückt ein oder mehrere Materialien mit einem hohen Brechungsindex, beispielsweise mit einem Brechungsindex von mindestens 2.

[0075] Auf oder über der Verkapselungsschicht **18** ist ein Klebstoff **20** vorgesehen, mittels dessen beispielsweise eine Abdeckung **22** (beispielsweise eine Glasabdeckung oder ein Verkapselungsglas) auf der Verkapselungsschicht **18** befestigt, beispielsweise aufgeklebt ist. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die optisch transluzente Schicht aus Klebstoff **20** und/oder Schutzlack eine Schichtdicke von größer als 1 µm aufweisen, beispielsweise eine Schichtdicke von mehreren µm. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Klebstoff **20** einen Laminations-Klebstoff **20** aufweisen oder ein solcher sein. Die Abdeckung **22** kann über den Klebstoff **20** hinausragen oder der Klebstoff **20** bzw. Lack kann unter der Abdeckung **22** hervorragen.

[0076] In die Schicht des Klebstoffs **20** (auch bezeichnet als Kleberschicht) können in verschiedenen Ausführungsbeispielen noch Licht streuende Partikel eingebettet sein, die zu einer weiteren Verbesse-

rung des Farbwinkelverzugs und der Auskoppelleffizienz führen können. In verschiedenen Ausführungsbeispielen können als Licht streuende Partikel beispielsweise dielektrische Streupartikel vorgesehen sein wie beispielsweise Metalloxide wie z. B. Siliziumoxid (SiO₂), Zinkoxid (ZnO), Zirkoniumoxid (ZrO₂), Indium-Zinn-Oxid (ITO) oder Indium-Zink-Oxid (IZO), Galliumoxid (Ga₂O₃), Aluminiumoxid, oder Titanoxid. Auch andere Partikel können geeignet sein, sofern sie einen Brechungsindex haben, der von dem effektiven Brechungsindex der Matrix der transluzenten Schichtenstruktur verschieden ist, beispielsweise Luftblasen, Acrylat, oder Glashohlkugeln. Ferner können beispielsweise metallische Nanopartikel, Metalle wie Gold, Silber, Eisen-Nanopartikel, oder dergleichen als Licht streuende Partikel vorgesehen sein.

[0077] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Klebstoff **20** derart eingerichtet sein, dass er selbst einen Brechungsindex aufweist, der kleiner ist als der Brechungsindex der Abdeckung **22**. Ein solcher Klebstoff **20** kann beispielsweise ein niedrig brechender Klebstoff **20** sein wie beispielsweise ein Acrylat, das einen Brechungsindex von ungefähr 1,3 aufweist. Weiterhin können mehrere unterschiedliche Kleber vorgesehen sein, die eine Kleberschichtenfolge bilden.

[0078] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können/kann die Abdeckung **22** und/oder der Klebstoff **20** einen Brechungsindex (beispielsweise bei einer Wellenlänge von 633 nm) von 1,55 aufweisen.

[0079] Ferner können in verschiedenen Ausführungsbeispielen zusätzlich eine oder mehrere Entspiegelungsschichten (beispielsweise kombiniert mit der Verkapselungsschicht **18**) in dem Licht emittierenden Bauelement **10** vorgesehen sein.

[0080] Fig. 2 zeigt eine Querschnittansicht des organischen Licht emittierenden Bauelements **10** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen in einem nachfolgenden Schritt eines Herstellungsprozesses, bei dem die Verkapselungsschicht **18** über den Kontakten **16** in einem anisotropen Ätzverfahren entfernt wurde und so die Kontakte **16** frei gelegt wurden. Dabei wurde die Verkapselungsschicht **16** in einer Beschussrichtung **24** beschossen, wie weiter unten näher erläutert. Bei dem anisotropen Ätzverfahren können die Kontakte **16** so ausgebildet sein, dass sie ihr eigener Ätzstopp sind. Beispielsweise können die Kontakte **16** aus einem Material gebildet sein oder dieses aufweisen, das bei dem anisotropen Ätzverfahren nicht oder nur geringfügig abgetragen wird, beispielsweise aus Chrom. Nachfolgend können die Kontakte **16** einfach kontaktiert werden, beispielsweise mittels bonden.

[0081] Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht des organischen Licht emittierenden Bauelements **10** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen in einem beispielsweise alternativen oder zusätzlichen Schritt eines Herstellungsprozesses, bei dem zusätzlich zu der Verkapselungsschicht **18** auf einer von der Abdeckung **22** abgewandten Seite des Substrats **12** eine weitere Verkapselungsschicht **26** aufgebracht ist. Diese weitere Verkapselungsschicht **26** kann während des anisotropen Ätzverfahrens zum frei Legen der Kontakte **16** oder in einem zusätzlichen anisotropen Ätzverfahren abgetragen werden. Die weitere Verkapselungsschicht **26** kann entsprechend der Verkapselungsschicht **18** oder auf andere Art und Weise ausgebildet sein.

[0082] Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm, in dem ein Verfahren zum Herstellen des Licht emittierenden Bauelements **10** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen dargestellt ist.

[0083] In einem Schritt S2 wird die erste Elektrode **13** auf dem Substrat gebildet.

[0084] In einem Schritt S4 wird der bzw. werden die Kontakte **16** auf dem Substrat **12** gebildet. Die Kontakte **16** können während des Verfahrens oder anschließend mit weiteren Kontakten oder Leiterbahnen verbunden werden, beispielsweise mittels Ultraschallbonden.

[0085] In einem Schritt S6 wird die organische funktionelle Schichtenstruktur **14** auf der ersten Elektrode **13** gebildet.

[0086] Alternativ dazu können die Schritte S4 und S6 auch vertauscht werden.

[0087] In einem Schritt S8 wird die zweite Elektrode **15** auf der organischen funktionellen Schichtenstruktur **14** gebildet. In anderen Worten wird in den Schritten S2 bis S8 der aktive Bereich des Licht emittierenden Bauelements ausgebildet und kontaktiert.

[0088] In einem Schritt S10 wird die Verkapselungsschicht **18** gebildet.

[0089] In einem Schritt S12, wird der Klebstoff **20** aufgebracht. Der Klebstoff **20** wird so aufgebracht, dass er zumindest eine Flanke der Schichtenstruktur bedeckt und bei dem nachfolgenden anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die entsprechende Flanke dient.

[0090] In einem Schritt S14 wird die Abdeckung **22** befestigt. Die Abdeckung **22** dient bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die Verkapselungsschicht **18** über der Schichtenstruktur.

[0091] In einem Schritt S16 wird das Substrat **12** gekühlt. Das Substrat **12** kann vor und/oder während des anisotropen Ätzprozesses gekühlt werden. Während des anisotropen Ätzprozesses kann die Temperatur des opto-elektronischen Bauelements oder die Temperatur von Teilen davon überwacht werden und die Kühlung oder die Prozessdauer können an die Temperatur angepasst werden, so dass eine Überhitzung des anisotropen Ätzprozesses vermieden wird. Beispielsweise kann eine Temperatur des opto-elektronischen Bauelements während des anisotropen Ätzverfahrens auf unter 100° oder unter 90° gehalten werden. Alternativ zu dem Kühlen des Substrats **12** können die Prozessparameter des Ätzverfahrens so gewählt werden, dass die Temperatur des opto-elektronischen Bauelements nicht über 90° oder nicht über 100° steigt.

[0092] In einem Schritt S18 wird der anisotrope Ätzprozess durchgeführt, durch den die Kontakte **16** frei gelegt werden. Als anisotropes Ätzverfahren kann ein Trockenätzverfahren durchgeführt werden. Das Trockenätzverfahren umfasst subtraktive (abtragenden) Mikrostrukturverfahren, die nicht auf nasschemischen Reaktionen (wie nasschemisches Ätzen, chemisch-mechanisches Polieren) basieren. Der Materialabtrag erfolgt dabei entweder durch beschleunigte Teilchen (z. B. Argonionen) oder mit Hilfe Plasmaaktivierter Gase. Es werden also je nach Verfahren chemische sowie physikalische Effekte ausgenutzt. Beispielsweise kann ein physikalisches oder physikalisch-chemisches Trockenätzverfahren durchgeführt werden.

[0093] Bei den physikalischen Trockenätzverfahren wird die Oberfläche des Substrates durch den Beschuss von Ionen, Elektronen oder auch Photonen geätzt, beispielsweise in der Beschussrichtung **24**. Der Beschuss führt zum Zerstäuben des Substratmaterials; die ablaufenden Prozesse sind dabei ähnlich denen bei der Kathodenzerstäubung (Sputtern). Die Verfahren werden je nach eingesetzten Teilchen benannt. Die bekanntesten und meist eingesetzten sind: Elektronenstrahlverfahren (engl. electron beam) oder die Laserzerstäubung (engl. laser vaporization). Die Ätzung erfolgt allgemein in Hochvakuumkammern, um Wechselwirkungen des Teilchenstrahls mit den Restgasatomen zu verhindern (Streuung usw.). Es existieren sowohl Verfahren auf Basis einer Bündelung des Teilchenstrahls, die sehr gezielt ätzen, als auch großflächige Ätzverfahren mit Verwendung einer oberflächlich aufgetragenen Maske, die nicht zu ätzende Bereiche vor dem Teilchenbeschuss schützt.

[0094] Die physikalisch-chemischen Trockenätzverfahren (engl. physical-chemical dry etching) sind Kombinationen aus physikalischen und chemischen Trockenätzverfahren. Bei den chemischen Trockenätzverfahren (engl. chemical dry etching, CDE)

wird eine chemische Reaktion zwischen neutralen Teilchen/Molekülen (meist aber Radikalen) und der Oberfläche des Targets ausgenutzt. Das Reaktionsprodukt und die verwendeten Edukte sind gasförmig. Setzt man eine gleichmäßige Zufuhr mit dem Ätzgas voraus, sind diese Verfahren isotrop und je nach verwendeten Materialien zum Teil hoch materialeselektiv. Die Reaktionen werden im Allgemeinen in einer zuvor evakuierten Prozesskammer durchgeführt. Für den Prozess wird dann das Reaktionsgas in die Kammer eingeleitet. Der Ätzprozess selbst verläuft im Prinzip wie folgt: Die neutralen Atome oder Moleküle werden durch ein Plasma in die Reaktionskammer geleitet und strömen über das Target. Dort reagieren sie mit den an der Oberfläche befindlichen Atomen. Es bilden sich flüchtige, gasförmige Reaktionsprodukte, die über eine Vakuumpumpe abgesaugt werden.

[0095] Bei den physikalisch-chemischen Trockenätzverfahren werden die gasförmigen Edukte meist über ein Plasma aktiviert oder radikalisiert und anschließend für die Reaktion auf das Target geleitet. Dies kann sowohl über Konvektion oder aber durch elektrostatische Beschleunigung der Ionen über ein anliegendes elektrisches Feld erfolgen. Zu den physikalisch-chemischen Trockenätzverfahren zählen beispielsweise das reaktive Ionenätzen (engl. reactive ion etching, RIE), das reaktive Ionentiefenätzen (engl. deep reactive ion etching, DRIE), das reaktive Ionenstrahlätzen (engl. reactive ion beam etching) sowie das HDP-Ätzen (von engl. high-density plasma etching).

[0096] Beispielsweise kann ein Plasma-unterstütztes Ätzverfahren durchgeführt werden, beispielsweise ein ICP-Plasma-Verfahren oder ein RIE-Verfahren. Dabei werden zwei Ätzmechanismen in einem Prozess genutzt, zum einen der Ionenbeschuss des Targets und zum anderen eine chemische Reaktion an dessen Oberfläche. Physikalische und chemische Effekte werden in folgender Weise miteinander kombiniert: Der Beschuss mit dem ionisierten Reaktionsgas oder anderen Ionen schwächt oder zerstört die chemischen Bindungen der Atome an der Oberfläche, so dass das reaktive Gas leichter reagieren kann und so den chemischen Effekt in den betroffenen Gebieten verstärkt. Der Beschuss mit Ionen führt dabei die Energie zu, die für die Aktivierung der chemischen Reaktion erforderlich ist.

[0097] Beispielsweise kann der anisotrope Ätzprozess in einer Prozesskammer einer Ätzanlage durchgeführt werden. Beispielsweise kann der anisotrope Ätzprozess bei einem Druck in der Prozesskammer zwischen 0 und 760 Torr durchgeführt werden. Eine Hochfrequenz-Leistung (RF-Power) und/oder eine ICP-Leistung (ICP-Power) kann in einem Bereich von 1 W bis 2000 W liegen. Als Prozessgas kann beispielsweise Argon mit 0 bis 10000 sccm beigefügt

werden. Dabei kann beispielsweise eine Ätzrate von 5 nm pro Minute erreicht werden.

[0098] In einem beispielhaften alternativen anisotropen Ätzverfahren kann der Druck in der Prozesskammer zwischen 0 und 1 Torr liegen. Eine Hochfrequenz-Leistung (RF-Power) und/oder eine ICP-Leistung (ICP-Power) kann in einem Bereich von 1 W bis 2000 W liegen. Als Prozessgas kann beispielsweise Argon, beispielsweise ein Argonplasma, oder Stickstofftrifluorid mit 0 bis 10000 sccm beigefügt werden. Dabei kann beispielsweise eine Ätzrate von 35 nm pro Minute erreicht werden. Die Verwendung von Argonplasma ist beispielsweise bei Verkapselungsschichten **18** vorteilhaft, die Al_2O_3 , TiO_2 oder ZrO_2 aufweisen oder daraus gebildet sind.

[0099] Die genaue Prozessführung kann abhängig von dem Schichtaufbau der Verkapselungsschicht **18** und abhängig von den Kontakten **16** angepasst werden, so dass ein wesentliches Abtragen der Kontakte **16** verhindert wird. Die Dauer des Ätzprozesses kann unter Überwachung optischer Emission gesteuert oder geregelt werden.

[0100] Alternativ zu den beiden vorstehend beispielhaft genannten Kombinationen von Prozessparametern können die genannten Prozessparameter je nach verwendeter Ätzanlage und je nach Art und Dicke der Verkapselungsschicht **18** stark variieren. Beispielsweise kann der Druck vom Hochvakuum bis hin zum normalen Atmosphärendruck variieren. Ferner können andere oder weitere Gase verwendet werden, beispielsweise weiter Fluorverbindungen, wie zum Beispiel Schwefelhexafluorid.

[0101] In einem Schritt S20, der optional abgearbeitet werden kann, kann gegebenenfalls die weitere Verkapselungsschicht **26** entfernt werden kann. Der Schritt S20 kann gleichzeitig, vor oder nach dem Schritt S18 durchgeführt werden.

[0102] Die verschiedenen Schichten, beispielsweise die Verkapselungsschichten **18**, **26**, die Elektroden **13**, **15** sowie die anderen Schichten des elektrisch aktiven Bereichs wie beispielsweise die organische funktionelle Schichtenstruktur **14**, die Lochtransportschicht(en) oder die Elektronentransportschicht(en) können mittels verschiedener Prozesse aufgebracht werden, beispielsweise abgeschieden werden, beispielsweise mittels eines CVD-Verfahrens (chemisches Abscheiden aus der Gasphase, chemical vapor deposition) oder mittels eines PVD-Verfahrens (physikalisches Abscheiden aus der Gasphase, physical vapor deposition, beispielsweise Sputtern, Ionen-unterstütztes Abscheideverfahren oder thermisches Verdampfen), alternativ mittels eines Plating-Verfahrens; eines Tauchabscheideverfahrens; eines Aufschleuderverfahrens (spin coating); Druckens; Rakelns; oder Sprühens.

[0103] Als CVD-Verfahren kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein plasma-unterstütztes chemisches Abscheidungsverfahren aus der Gasphase (plasma enhanced chemical vapor deposition, PE-CVD) eingesetzt werden. Dabei kann in einem Volumen über und/oder um das Element, auf das die aufzubringende Schicht aufgebracht werden soll, herum ein Plasma erzeugt werden, wobei dem Volumen zumindest zwei gasförmige Ausgangsverbindungen zugeführt werden, die in dem Plasma ionisiert und zur Reaktion miteinander angeregt werden. Durch die Erzeugung des Plasmas kann es möglich sein, dass die Temperatur, auf welche die Oberfläche des Elements aufzuheizen ist, um eine Erzeugung beispielsweise der dielektrischen Schicht zu ermöglichen, im Vergleich zu einem plasmalosen CVD-Verfahren erniedrigt werden kann. Das kann beispielsweise von Vorteil sein, wenn das Element, beispielsweise das zu bildende Licht emittierende elektronische Bauelement, bei einer Temperatur oberhalb einer Maximaltemperatur geschädigt werden würde.

[0104] Weiterhin kann es vorgesehen sein, nach dem Bilden des elektrisch aktiven Bereichs und vor Bilden der Abdeckung die optische Transparenz der den elektrisch aktiven Bereich aufweisenden Struktur zu messen. Abhängig von der gemessenen optischen Transparenz kann dann eine gewünschte optische Zieltransparenz der den elektrisch aktiven Bereich aufweisenden Struktur beispielsweise mit Hilfe einer oder mehrerer Zwischenschichten oder Zwischenschichtstrukturen erzielt werden (beispielsweise kann die Wahl einer geeigneten Schichtdicke und/oder eine geeignete Materialwahl einer Zwischenschicht oder Zwischenschichtstruktur darauf abgestimmt werden).

[0105] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wurde erkannt, dass die Transparenz eines Licht emittierenden Bauelements wie beispielsweise einer OLED durch die Verwendung einer im Vergleich zum Klebstoff **20** und Abdeckung **22** (welche üblicherweise beide ungefähr den gleichen Brechungsindex haben) niedrig brechenden sehr dünnen Schicht gesteigert werden kann. Die Schichtdicke liegt in verschiedenen Ausführungsbeispielen in einem Bereich von 50 nm bis 150 nm. Wie oben dargestellt wurde, lässt sich die Transparenz des Licht emittierenden Bauelements in Abhängigkeit vom Brechungsindex und der Dicke der Schicht deutlich erhöhen.

[0106] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine solche niedrig brechende Schicht (d. h. beispielsweise aufweisend einen Brechungsindex von kleiner als 1,5) im laufenden Prozessfluss als zusätzliche Schicht auf der Verkapselung, beispielsweise der Dünnschichtverkapselung, eingeführt werden.

[0107] Wie oben dargelegt worden ist, wird durch eine niedrig brechende Zwischenschicht oder niedrig

brechende Zwischenschichtstruktur die Transparenz des Licht emittierenden Bauelements **10** erhöht, ohne die Gesamtdicke des Licht emittierenden Bauelements **10** signifikant zu verändern.

[0108] Ebenso ist es möglich, eine niedrig brechende Zwischenschicht oder eine niedrig brechende Zwischenschichtstruktur dazu zu verwenden, um Änderungen in der Transparenz aufgrund von Prozessschwankungen von dünnen Metallfilmen innerhalb des Licht emittierenden Bauelements, beispielsweise einer OLED, auszugleichen. Dafür kann nach der Verkapselung des Licht emittierenden Bauelements **10** die Transparenz gemessen werden, und falls eine negative Abweichung zum Zielwert besteht, so kann diese mittels einer solchen dünnen niedrig brechenden Zwischenschicht oder niedrig brechenden Zwischenschichtstruktur ausgeglichen werden.

[0109] Die Erfindung ist nicht auf die angegebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise kann die Schichtenverteilung und/oder -struktur des opto-elektronischen Bauelements von den gezeigten Ausführungsbeispielen abweichen. Ferner kann das opto-elektronische Bauelement ein Licht absorbierendes Bauelement, wie eine Solarzelle sein. Ferner kann das Herstellungsverfahren einen oder mehr weitere Schritte aufweisen oder es kann einen oder weitere Schritte weniger aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines opto-elektronischen Bauelements, wobei das Verfahren aufweist:
 - Bilden einer ersten Elektrode (**13**) auf einem Substrat (**12**);
 - Bilden einer organischen funktionellen Schichtenstruktur (**14**) auf der ersten Elektrode (**13**);
 - Bilden einer zweiten Elektrode (**15**) auf der organischen funktionellen Schichtenstruktur (**14**);
 - Bilden zumindest eines Kontakts (**16**) zum Kontaktieren der ersten und/oder der zweiten Elektrode (**13**, **15**);
 - Bilden einer Verkapselungsschicht **18** (**18**) über der Schichtenstruktur (**14**) und dem Kontakt (**16**);
 - Anordnen einer Abdeckung (**22**) über der Schichtenstruktur (**14**) auf der Verkapselungsschicht (**18**), wobei die Abdeckung (**22**) mit Hilfe von Klebstoff (**20**) befestigt wird und wobei der Klebstoff (**20**) so aufgebracht wird, dass er zumindest eine Flanke (**19**) der Schichtenstruktur (**14**) bedeckt,
 - Abtragen der Verkapselungsschicht (**18**) über dem Kontakt (**16**) mit Hilfe eines anisotropen Ätzverfahrens, wobei die Abdeckung (**22**) bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die Verkapselungsschicht (**18**) über der Schichtenstruktur (**14**) dient und wobei der Klebstoff (**20**) an der Flanke (**19**) bei dem anisotropen Ätzverfahren als Ätzstopp für die entsprechende Flanke (**19**) dient.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das opto-elektronische Bauelement ein Licht emittierendes Bauelement (**10**) ist

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das opto-elektronische Bauelement eine organische Leuchtdiode ist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem als anisotropes Ätzverfahren ein Trockenätzverfahren durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem als Trockenätzverfahren ein physikalisches oder physikalisch-chemisches Trockenätzverfahren durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem als Trockenätzverfahren ein Plasma-unterstütztes Ätzverfahren durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem als Trockenätzverfahren ein ICP-Plasma-Verfahren durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Kontakt (**16**) so ausgebildet wird, dass er bei dem anisotropen Ätzverfahren als sein eigener Ätzstopp und/oder als Ätzstopp für das Substrat (**12**) dient.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Substrat (**12**) vor und/oder während des anisotropen Ätzverfahrens gekühlt wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine weitere Verkapselungsschicht (**26**) auch auf einer von der Schichtenstruktur (**14**) abgewandten Rückseite des Substrats (**12**) aufgebracht wird und nachfolgend die weitere Verkapselungsschicht (**26**) auf der Rückseite mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens oder einem zusätzlichen anisotropen Ätzverfahren abgetragen wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem zumindest die Verkapselungsschicht (**18**) als zwei oder mehrere Teilschichten über der Schichtenstruktur (**14**) und dem Kontakt (**16**) ausgebildet wird und bei dem die Teilschichten über dem Kontakt (**16**) mit Hilfe des anisotropen Ätzverfahrens abgetragen werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

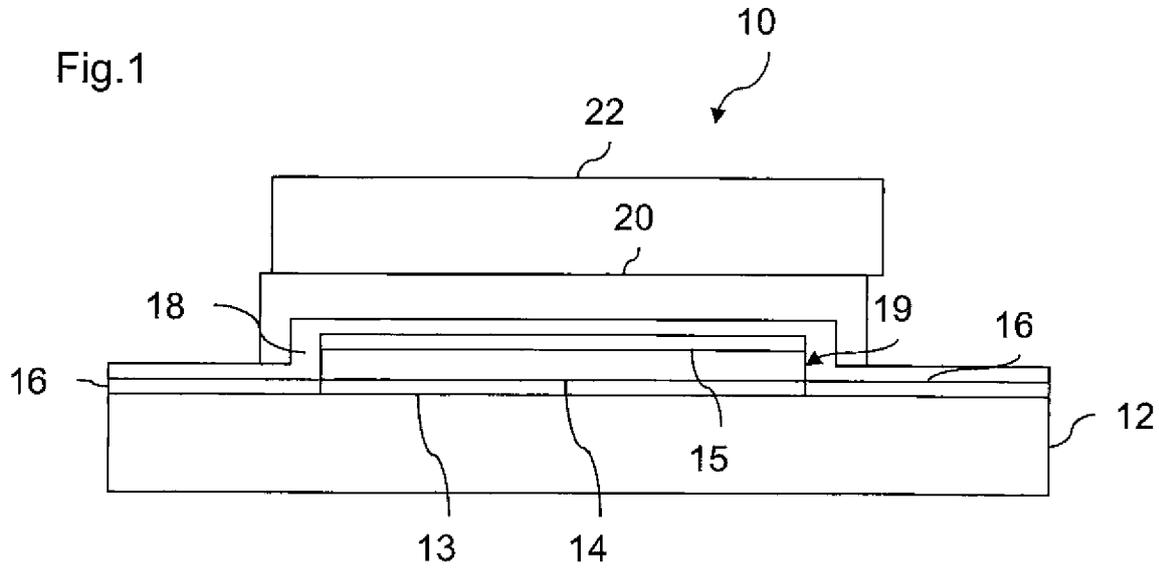


Fig.2

