(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
17. November 2016 (17.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/180815 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060414

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Mai 2016 (10.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102015107466.4 12. Mai 2015 (12.05.2015) DE

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

(72) Erfinder: **PENTLEHNER, Dominik**; Wahlenstr. 5, 93047 Regensburg (DE). **RAUSCH, Andreas**; Regerstr. 8 a, 93053 Regensburg (DE). **JAEGER, Arndt**; Erboweg 15, 93051 Regensburg (DE). **BAISL, Richard**; Winkelfeldweg 5, 93053 Regensburg (DE). **RIEDEL, Daniel**; Hans-Huber-Str. 4, 93049 Regensburg (DE). **DIEZ, Carola**; Liskircherstr. 11, 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,

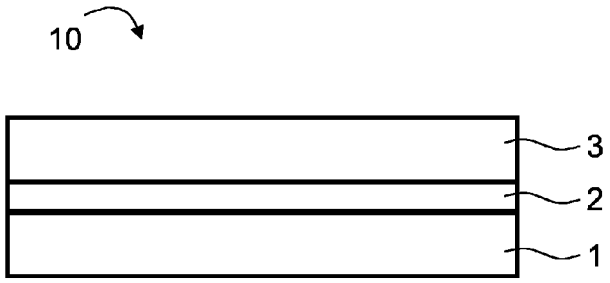
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/180815 A1

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING A CHARGE-CARRIER GENERATING LAYER, METHOD FOR PRODUCING AN ORGANIC LIGHT-EMITTING COMPONENT HAVING A CHARGE-CARRIER GENERATING LAYER, AND ORGANIC LIGHT-EMITTING COMPONENT HAVING A CHARGE-CARRIER GENERATING LAYER

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LADUNGSTRÄGERERZEUGUNGSSCHICHT, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ORGANISCHEN LICHT EMITTIERENDEN BAUELEMENTS MIT EINER LADUNGSTRÄGERERZEUGUNGSSCHICHT UND ORGANISCHES LICHT EMITTIERENDES BAUELEMENT MIT EINER LADUNGSTRÄGERERZEUGUNGSSCHICHT

FIG. 1C



(57) **Abstract**: The invention relates to a method for producing a charge-carrier generating layer (10) for an organic light-emitting component, comprising the following steps: A) forming a first charge-carrier conduction layer (1), which is predominantly conductive for a first charge carrier type, B) applying an intermediate layer (2) to the first charge-carrier conduction layer (1), and C) applying a second charge-carrier conduction layer (3), which is predominantly conductive for a second charge carrier type different from the first charge carrier type, to the intermediate layer, wherein at least one of the first charge-carrier conduction layer (1), the intermediate layer (2), and the second charge-carrier conduction layer (3) is applied by means of an atomic layer deposition method or a molecular layer deposition method. The invention further relates to a method for producing an organic light-emitting component having a charge-carrier generating layer and an organic light-emitting component having a charge-carrier generating layer.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht (10) für ein organisches Licht emittierendes Bauelement angegeben mit den Schritten: A) Ausbilden einer ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), die überwiegend leitend ist für einen ersten Ladungsträgertyp, B) Aufbringen einer Zwischenschicht (2) auf der ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1) und C) Aufbringen einer zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (3), die überwiegend leitend ist für einen vom ersten Ladungsträgertyp verschiedenen zweiten Ladungsträgertyp, auf der Zwischenschicht (2), wobei zumindest eine der ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), der Zwischenschicht (2) und der zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (3) mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens oder eines Moleküllagenabscheideverfahrens aufgebracht wird. Weiterhin werden ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht und ein organisches Licht emittierendes Bauelement mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht angegeben.

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht, Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht und organisches Licht emittierendes Bauelement mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht

Es werden ein Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht, ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht und ein organisches Licht emittierendes Bauelement mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht angegeben.

Eine organische Licht emittierende Diode (OLED) kann Ladungsträgerpaare, die jeweils aus einem Elektron und einem Loch gebildet werden und die in eine organische Emitterschicht injiziert werden, in Photonen konvertieren. Bei einer OLED mit nur einer Emitterschicht kann pro injiziertem Ladungsträgerpaar maximal ein Photon erzeugt werden. Um eine höhere Effizienz zu erreichen, ist es bekannt, mehrere Emitterschichten übereinander zu stapeln, wobei zwischen benachbarten Emitterschichten jeweils eine Ladungsträgererzeugungsschicht (CGL: „charge generation layer“) angeordnet ist. Dadurch kann es möglich sein, pro Ladungsträgerpaar, das in einen solchen Stapel injiziert wird, mehrere Photonen zu erzeugen, da CGLs wie interne Anoden und Kathoden wirken.

Eine CGL weist üblicherweise einen Löcher leitenden und einen Elektronen leitenden Bereich, in der Regel realisiert durch

einen p-dotierten und einen n-dotierten Bereich, auf, die über eine Zwischenschicht miteinander verbunden sein können. Die einzelnen CGL-Schichten werden üblicherweise durch Vakuumverdampfung, Flüssigprozessierung oder Sputterprozesse aufgebracht. Für die Zwischenschicht ist eine Reihe von Materialien von organischen Verbindungen wie Phthalocyaninen über Metalloxide bis hin zu Metallen bekannt, die mittels solcher Verfahren aufgebracht werden. Das Aufbringen von Metalloxiden ist hierbei insbesondere mittels Sputtern möglich, wobei durch den harten Ionenbeschuss bereits aufgebrachte organische Schichten geschädigt werden können.

Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht anzugeben. Zumindest eine weitere Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht anzugeben. Zumindest eine weitere Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein organisches Licht emittierendes Bauelement mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht anzugeben.

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

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht eine erste

Ladungsträgerleitungsschicht ausgebildet, die überwiegend für einen ersten Ladungsträgertyp leitend ist. Darauf wird eine zweite Ladungsträgerleitungsschicht aufgebracht, die überwiegend für einen vom ersten Ladungsträgertyp verschiedenen zweiten Ladungsträgertyp leitend ist. Dass eine Ladungsträgerleitungsschicht überwiegend für einen bestimmten Ladungsträgertyp leitend ist, kann insbesondere bedeuten, dass diese Ladungsträgerleitungsschicht Elektronen und Löcher nicht gleich gut leitet, sondern eher p-leitend oder eher n-leitend ist und somit eine höhere Leitfähigkeit für Löcher als für Elektronen oder umgekehrt aufweist. Insbesondere kann eine überwiegend für einen bestimmten Ladungsträgertyp leitende Ladungsträgerleitungsschicht auch vereinfacht als eine für diesen Ladungsträgertyp leitende Ladungsträgerleitungsschicht bezeichnet werden. Hierbei kann es auch sein, dass diese Ladungsträgerleitungsschicht ausschließlich für den bestimmten Ladungsträgertyp leitend ist.

Weiterhin ist es auch möglich, dass eine erste Ladungsträgerleitungsschicht ausgebildet wird, die überwiegend für einen ersten Ladungsträgertyp leitend ist, darüber eine Zwischenschicht aufgebracht wird und auf dieser eine zweite Ladungsträgerleitungsschicht aufgebracht wird, die überwiegend für einen vom ersten Ladungsträgertyp verschiedenen zweiten Ladungsträgertyp leitend ist. Insbesondere kann mit dem hier beschriebenen Verfahren eine Ladungsträgererzeugungsschicht für ein organisches elektronisches Bauelement wie etwa ein organisches Licht emittierendes Bauelement hergestellt werden. Darüber hinaus kann die Ladungsträgererzeugungsschicht auch in Verbindung mit anderen organischen elektronischen Bauelementen verwendet werden.

Gemäß zumindest einer weiteren Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements, etwa einem organischen Licht emittierenden Bauelement, mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht ein erster organischer funktioneller Schichtenstapel bereitgestellt. Auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel wird eine Ladungsträgererzeugungsschicht ausgebildet. Darüber wird ein zweiter organischer funktioneller Schichtenstapel aufgebracht. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass auf einem Substrat eine erste Elektrode aufgebracht wird. Darüber wird ein erster organischer funktioneller Schichtenstapel aufgebracht. Auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel wird eine Ladungsträgererzeugungsschicht ausgebildet. Darüber werden ein zweiter organischer funktioneller Schichtenstapel und auf diesem eine zweite Elektrode angeordnet.

Gemäß zumindest einer weiteren Ausführungsform weist ein organisches elektronisches Bauelement wie etwa ein organisches Licht emittierendes Bauelement zwischen einem ersten und einem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel eine Ladungsträgererzeugungsschicht auf, die gemäß dem vorher beschriebenen Verfahren hergestellt wird.

Die Ladungsträgererzeugungsschicht kann insbesondere jeweils unmittelbar an den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel und an den zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel angrenzen. Weiterhin kann es auch möglich sein, ein organisches elektronisches Bauelement herzustellen, das mehr als zwei organische funktionelle Schichtenstapel aufweist, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten organischen funktionellen Schichtenstapel eine

Ladungsträgererzeugungsschicht angeordnet wird, die mit einem Verfahren hergestellt wird, das hier beschriebene Merkmale aufweisen kann.

Die vorab und im Folgenden beschriebenen Merkmale und Ausführungsformen gelten gleichermaßen für das Verfahren zur Herstellung der Ladungsträgererzeugungsschicht als auch für das Verfahren zur Herstellung des organischen elektronischen Bauelements mit der Ladungsträgererzeugungsschicht also auch für das organische elektronische Bauelement. Das organische elektronische Bauelement kann insbesondere beispielsweise ein organisches Licht emittierendes Bauelement sein.

Mit einer „Ladungsträgererzeugungsschicht" wird hier und im Folgenden eine Schichtenfolge beschrieben, die im Allgemeinen durch einen rückwärts betriebenen pn-Übergang gebildet wird. Die Ladungsträgererzeugungsschicht, die auch als „charge generation layer" (CGL) bezeichnet werden kann, ist insbesondere als Tunnelübergang ausgebildet, der zu einer effektiven Ladungstrennung und damit zur „Erzeugung" von Ladungsträgern für an die Ladungsträgererzeugungsschicht angrenzende Schichten eingesetzt werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die erste Ladungsträgerleitungsschicht der Ladungsträgererzeugungsschicht n-leitend ausgebildet, beispielsweise n-leitend dotiert. Das bedeutet mit anderen Worten, dass die erste Ladungsträgerleitungsschicht Elektronen leitend ist und beispielsweise eine Elektronentransportschicht sein kann. Die darauf aufgebrachte zweite Ladungsträgerleitungsschicht wird dann entsprechend p-leitend hergestellt, beispielsweise p-leitend dotiert, so dass die zweite Ladungsträgerleitungsschicht Löcher leitend

ist und beispielsweise eine Lochtransportschicht sein kann. Alternativ hierzu ist es auch möglich, die erste Ladungsträgerleitungsschicht p-leitend und die zweite Ladungsträgerleitungsschicht n-leitend herzustellen. Die Wahl der Ladungsträgertypen für die erste und zweite Ladungsträgerleitungsschicht der Ladungsträgererzeugungsschicht hängen von der Polarität des organischen elektronischen Bauelements ab, in das die Ladungsträgererzeugungsschicht integriert wird. Wird die Ladungsträgererzeugungsschicht auf einem organischen funktionellen Schichtenstapel über einer ersten Elektrode aufgebracht, die als Anode ausgebildet ist, wird die erste Ladungsträgerleitungsschicht n-leitend hergestellt, während die zweite Ladungsträgerleitungsschicht p-leitend ausgebildet wird. Wird die Ladungsträgererzeugungsschicht auf einer als Kathode ausgebildeten ersten Elektrode aufgebracht, werden die erste und zweite Ladungsträgerleitungsschicht der organischen Ladungsträgererzeugungsschicht entsprechend mit umgekehrten Ladungsträgertypenleitfähigkeiten ausgebildet und beispielsweise mit umgekehrten Ladungsträgertypen dotiert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird zumindest eine Schicht der Ladungsträgererzeugungsschicht mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens (ALD: „atomic layer deposition") oder mittels eines Moleküllagenabscheideverfahrens (MLD: „molecular layer deposition") aufgebracht. Es wird somit zumindest eine der ersten Ladungsträgerleitungsschicht, der Zwischenschicht und der zweiten Ladungsträgerleitungsschicht mittels eines ALD- oder eines MLD-Verfahrens hergestellt. ALD- und MLD-Verfahren sind zwar prinzipiell bekannt, jedoch werden solche Verfahren in Verbindung mit organischen elektronischen Bauelementen üblicherweise zur Herstellung von Verkapselungsanordnungen über organischen funktionellen

Schichtenstapeln und nicht zur Herstellung von Schichten zwischen organischen funktionellen Schichtenstapeln und damit innerhalb von organischen Schichtaufbauten verwendet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Zwischenschicht mittels des ALD-Verfahrens oder des MLD-Verfahrens aufgebracht. Das kann insbesondere bedeuten, dass nur die Zwischenschicht mit einem dieser Verfahren aufgebracht wird, während die Ladungsträgerleitungsschichten mit Standardverfahren wie beispielsweise Vakuumverdampfung, Sputtern oder Flüssigprozessierung abgeschieden werden. Weiterhin ist es auch möglich, dass nur die erste Ladungsträgerleitungsschicht oder nur die zweite Ladungsträgerleitungsschicht oder nur beide Ladungsträgerleitungsschichten mittels ALD oder MLD aufgebracht werden, während die jeweils andere Schicht oder anderen Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht mittels üblicher Verfahren aufgebracht werden.

Weiterhin kann es auch möglich sein, dass alle Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht mittels ALD oder MLD aufgebracht werden. Beispielsweise kann somit jede der ersten Ladungsträgerleitungsschicht, der Zwischenschicht und der zweiten Ladungsträgerleitungsschicht mittels ALD oder MLD aufgebracht werden. Dadurch kann es möglich sein, die Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht in einem gleichen Prozess aufzubringen. In diesem Fall kann es außerdem möglich sein, dass die Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht ein gleiches Material aufweisen. Das gleiche Material kann beispielsweise zumindest in den Ladungsträgerleitungsschichten ein Matrixmaterial für einen gleichzeitig aufgebrachten Dotierstoff bilden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird im Rahmen der Herstellung der Ladungsträgererzeugungsschicht je nach herzustellender Schicht mittels ALD oder MLD ein elektrisch leitendes oder ein elektrisch isolierendes Material aufgebracht. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein elektrisch leitendes oder elektrisch isolierendes Oxid, insbesondere ein Metalloxid, handeln. Beispielsweise kann eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), Titanoxid, insbesondere Titandioxid (TiO_2), Aluminiumzinkoxid, Zinkoxid (ZnO_x), Indiumzinnoxid, Zirkoniumoxid (ZrO_x), Hafniumoxid (HfO_x) und Tantaloxid, insbesondere Tantalpentoxid (Ta_2O_5) aufgebracht werden. Darüber hinaus kann beispielsweise auch ein Nitrid wie etwa Siliziumnitrid (Si_xN_y) möglich sein. Bei derartigen Materialien kann es möglich sein, dass diese mittels Standardverfahren wie Vakuumverdampfung oder Flüssigprozessierung nicht oder nicht in ausreichender Qualität abgeschieden werden können. Es ist zwar prinzipiell möglich, derartige Materialien durch Sputtern aufzubringen, jedoch ist dieses Verfahren für die Herstellung einer CGL unmittelbar auf organischen Schichten nachteilig, da der harte Ionenbeschuss beim Sputtern die vorher aufgebrachte Organik üblicherweise schädigen würde.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird im Rahmen der Herstellung der Ladungsträgererzeugungsschicht mittels ALD oder MLD eine dotierte Schicht hergestellt. Es kann hierbei möglich sein, dass eine einzelne Schicht der Ladungsträgererzeugungsschicht, beispielsweise eine der Ladungsträgerleitungsschichten, als dotierte Schicht mittels ALD oder MLD hergestellt wird. Weiterhin kann es auch möglich sein, das beispielsweise beide Ladungsträgerleitungsschichten als unterschiedlich dotierte Schichten hergestellt werden.

Zur Herstellung einer dotierten Schicht kann insbesondere ein Matrixmaterial mit einem Dotierstoff aufgebracht werden, der in der fertiggestellten dotierten Schicht im Matrixmaterial eingebettet ist. Das Matrixmaterial selbst kann elektrisch leitend oder auch elektrisch isolierend sein. Letzterer Fall kann insbesondere in Verbindung mit dünnen p- und n-dotierten Schichten vorliegen, bei denen das Matrixmaterial lediglich eine Art Trägerfunktion übernimmt, nicht aber an der elektrochemischen Reaktion selbst in der Ladungsträgererzeugungsschicht teilnimmt. Mit anderen Worten sind in diesem Fall lediglich die Dotierstoffe am pn-Übergang beteiligt, nicht aber das Matrixmaterial. Alternativ hierzu kann es auch möglich sein, ein leitfähiges Matrixmaterial oder ein intrinsisch p- oder n-leitendes Material ohne einen Dotierstoff zu verwenden, beispielsweise Aluminiumzinkoxid oder Indiumzinnoxid.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen alle Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht, also die Ladungsträgerleitungsschichten und gegebenenfalls die dazwischen angeordnete Zwischenschicht, ein gleiches Material auf, das zumindest in den Ladungsträgerleitungsschichten als Matrixmaterial für einen Dotierstoff dient. Dadurch können alle Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht in einem gleichen Prozess aufgebracht werden, wobei zur Bildung von dotierten Schichten lediglich der entsprechende Dotierstoff zugegeben werden muss. Für eine derartige Ausführungsform eignen sich insbesondere elektrisch isolierende Matrixmaterialien. Beispielsweise kann ein Dotierstoff im Rahmen des ALD- oder MLD-Verfahrens zusammen mit zumindest einem Ausgangsmaterial zur Herstellung der entsprechenden Schicht der Ladungsträgererzeugungsschicht einer Beschichtungskammer zugeführt werden, in der die

Ladungsträgererzeugungsschicht hergestellt wird. Im Falle eines ALD-Verfahrens oder MLD-Verfahrens kann dies auf einfache Art und Weise erfolgen, da die unterschiedlichen Ausgangsmaterialien wechselweise der Beschichtungskammer zugeführt werden. Der Dotierstoff kann zumindest einem der Ausgangsmaterialien beigemischt sein und so während des Aufwachsens der Schicht in die wachsende Schicht eingebettet werden. Der Dotierstoff kann auch separat bereitgestellt werden und zusammen mit zumindest einem Ausgangsmaterial zugeführt werden. Weiterhin kann es auch möglich sein, unter Zuhilfenahme eines Direktflüssigkeitseinspritzungsverfahrens („direct liquid injection", DLI) beispielsweise einen partikelförmigen Dotierstoff in einer Flüssigkeit bereitzustellen. Durch eine gepulste Zuleitung eines geeigneten Trägergases wie beispielsweise Helium mit einem geeigneten Druck kann die Flüssigkeit zusammen mit den Dotierstoffpartikeln in kleine Tröpfchen überführt werden, die dann der Beschichtungskammer zugeführt werden. Das DLI-Verfahren kann in Kombination mit dem ALD- oder MLD-Verfahren, im Prinzip aber auch in Kombination mit einem anderen Verfahren wie etwa einem CVD-Verfahren, durchgeführt werden, das geeignet ist, eine dotierte Schicht herzustellen. Die beschriebenen Verfahren können insbesondere geeignet sein, einen Dotierstoff homogen in der herzustellenden dotierten Schicht der Ladungsträgererzeugungsschicht einzubetten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das Atomlagenabscheideverfahrens oder das Molekülla genabscheideverfahren bei einer Temperatur von kleiner oder gleich 100°C durchgeführt. Die maximal mögliche Abscheidetemperatur kann hierbei insbesondere durch die Stabilität der organischen Schichten limitiert sein, auf

denen die Ladungsträgererzeugungsschicht aufgebracht wird. Bevorzugt können somit insbesondere Materialien verwendet werden, die mittels einer so genannten Niedrigtemperatur-ALD oder -MLD aufgebracht werden können. Im Folgenden sind beispielhafte Ausgangsmaterialien angegeben, wobei zu den angegebenen Materialien in Klammern jeweils beispielhafte Verfahrenstemperaturen zusammen mit weiteren Ausgangsmaterialien zu Bildung der jeweils danach angegebenen Schichtmaterialien angegeben sind:

- Trimethylaluminium (H_2O; 33°C, 42°C; Al_2O_3)
- Trimethylaluminium (O_3; Raumtemperatur; Al_2O_3)
- Trimethylaluminium (O_2-Plasma; Raumtemperatur; Al_2O_3)
- $Hf[N(Me_2)]_4$ (H_2O; 90°C; HfO_2)
- Tetrakis(dimethylamino)zinn (H_2O_2; 50°C; SnO_2)
- $C_{12}H_{26}N_2Sn$ (H_2O_2; 50°C; SnO_x)
- $TaCl_5$ (H_2O; 80°C; Ta_2O_5)
- $Ta[N(CH_3)_2]_5$ (O_2-Plasma; 100°C; Ta_2O_5)
- $Ti[OCH(CH_3)]_4$ (H_2O; 35°C; TiO_2)
- $TiCl_4$ (H_2O; 100°C; TiO_2)
- $Zn(CH_2CH_3)_2$ (H_2O; 60°C; ZnO)
- $Zn(CH_2CH_3)_2$ (H_2O_2; Raumtemperatur; ZnO)
- $(Zr(N(CH_3)_2)_4)_2$ (H_2O; 80°C; ZrO_2)

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die erste und/oder zweite Ladungsträgerleitungsschicht eine Dicke von größer oder gleich einer Atomlage oder von größer oder gleich 1 nm oder von größer oder gleich 10 nm auf. Weiterhin kann die erste und/oder zweite Ladungsträgerleitungsschicht eine Dicke von kleiner oder gleich 100 nm oder von kleiner oder gleich 50 nm oder von kleiner oder gleich 20 nm aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Zwischenschicht eine Dicke auf, die größer oder gleich einer

Atomlage oder größer oder gleich 1 nm oder größer oder gleich 2 nm oder größer oder gleich 5 nm ist. Weiterhin kann die Zwischenschicht eine Dicke aufweisen, die kleiner oder gleich 20 nm oder kleiner oder gleich 10 nm oder kleiner oder gleich 7 nm oder kleiner oder gleich 6 nm ist. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann die Zwischenschicht beispielsweise eine Dicke von größer oder gleich 2 nm und kleiner oder gleich 6 nm aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Ladungsträgererzeugungsschicht eine Gesamtdicke auf, die größer oder gleich einige Atomlagen oder größer oder gleich 2 nm oder größer oder gleich 5 nm oder größer oder gleich 10 nm oder größer oder gleich 50 nm oder größer oder gleich 100 nm ist. Insbesondere kann die Gesamtdicke der Ladungsträgererzeugungsschicht kleiner oder gleich 240 nm oder kleiner oder gleich 120 nm oder kleiner oder gleich 60 nm sein. Die Gesamtdicke der Ladungsträgererzeugungsschicht ergibt sich aus der Summe der Dicken der Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht, also etwa aus der Summe der Dicken der ersten Ladungsträgerleitungsschicht, der Zwischenschicht und der zweiten Ladungsträgerleitungsschicht.

Da sich mittels ALD und MLD bereits innerhalb einiger Atomlagen geschlossene Filme und damit durchgängige Schichten bilden, kann es mittels des hier beschriebenen Verfahrens und insbesondere durch die Verwendung eines ALD- oder MLD-Verfahrens zur Herstellung von zumindest einer oder mehreren oder allen Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht möglich sein, eine sehr dünne CGL mit einer Dicke von beispielsweise nur einigen Nanometern herzustellen. Bei dem hier beschriebenen Verfahren kann durch die Verwendung eines ALD- oder MLD-Verfahrens im Zusammenhang mit der Herstellung

zumindest einer oder mehrerer oder sogar aller Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht weiterhin die Auswahl an Materialien, die für eine CGL verwendet werden können, erhöht werden. Aufgrund der üblicherweise sehr homogenen und geschlossenen mittels ALD- oder MLD-Verfahren hergestellten Schichten kann es möglich sein, eine höhere Langzeitstabilität im Vergleich zu CGLs zu erreichen, die mittels herkömmlicher Verfahren und Materialien hergestellt werden. Darüber hinaus kann es aufgrund der Tatsache, dass mittels ALD und MLD äußerst dünne geschlossene Filme abgeschieden werden können, möglich sein, einen geringen Spannungsabfall über die Zwischenschicht und damit eine erhöhte Effizienz zu erreichen. Weiterhin kann mit dem hier beschriebenen Verfahren eine sehr dünne Ladungsträgererzeugungsschicht hergestellt werden, so dass die optische Auslegung einer gestapelten OLED verbessert werden kann. Beispielsweise können eine rot emittierende und eine grün emittierende organische Licht emittierende Schicht, die sich beide im ersten Kavitätsmaximum befinden, über eine hier beschriebene Ladungsträgererzeugungsschicht miteinander verbunden werden. Dies kann für die Effizienz und Blickwinkelunabhängigkeit eines organischen Licht emittierenden Bauelements von Vorteil sein. Für den Fall, dass die Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht auf demselben Materialsystem beruhen, können eine einfache Prozessführung und eine verkürzte Taktzeit möglich sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weisen der erste und zweite organische funktionelle Schichtstapel jeweils Schichten mit organischen Polymeren, organischen Oligomeren, organischen Monomeren, organischen kleinen, nicht-polymeren Molekülen („small molecules“) oder Kombinationen daraus auf. Der erste und zweite organische funktionelle Schichtenstapel

können gleich oder verschieden ausgebildet sein, also gleiche oder unterschiedliche Materialien und/oder Schichtkombinationen aufweisen. Insbesondere kann jeder der organischen funktionellen Schichtenstapel zumindest eine organische Licht emittierende Schicht aufweisen, die dazu eingerichtet ist, bei Ladungsträgerinjektion aufgrund von Elektrolumineszenz Licht zu erzeugen. Als Materialien für die organischen Licht emittierenden Schichten eignen sich somit Materialien, die eine Strahlungsemission aufgrund von Fluoreszenz oder Phosphoreszenz aufweisen, beispielsweise Polyfluoren, Polythiophen oder Polyphenylen oder Derivate, Verbindungen, Mischungen oder Copolymere davon. Die organischen Licht emittierenden Schichten der organischen funktionellen Schichtenstapel können dazu eingerichtet sein, gleiches oder unterschiedlich farbiges Licht zu erzeugen. Das organische elektronische Bauelement kann somit bevorzugt als organisches Licht emittierendes Bauelement und insbesondere als gestapelte organische Licht emittierende Diode (OLED) ausgebildet sein.

Die organischen funktionellen Schichtenstapel können weiterhin jeweils zumindest eine funktionelle Schicht aufweisen, die als Lochtransportschicht ausgeführt ist, um eine effektive Löcherinjektion in die jeweilige zumindest eine Licht emittierende Schicht zu ermöglichen. Als Materialien für eine Lochtransportschicht können sich beispielsweise tertiäre Amine, Carbazolderivate, mit Camphersulfonsäure dotiertes Polyanilin oder mit Polystyrolsulfonsäure dotiertes Polyethylendioxythiophen als vorteilhaft erweisen. Die organischen funktionellen Schichtenstapel können weiterhin jeweils eine funktionelle Schicht aufweisen, die als Elektronentransportschicht ausgebildet ist. Darüber hinaus können die Schichtenstapel

auch jeweils beispielsweise auch Elektronen- und/oder Löcherblockierschichten aufweisen.

Das Substrat kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat aufweisen, die ausgewählt sind aus Glas, Quarz, Kunststoff, Metall, Siliziumwafer. Besonders bevorzugt weist das Substrat Glas, beispielsweise in Form einer Glasschicht, Glasfolie oder Glasplatte, auf oder ist daraus.

Im Hinblick auf den prinzipiellen Aufbau eines organischen Licht emittierenden Bauelements, dabei insbesondere im Hinblick auf den Aufbau, die Schichtzusammensetzung und die Materialien der organischen funktionellen Schichtenstapel, wird auf die Druckschrift WO 2010/066245 A1 verwiesen, die diesbezüglich hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die zwei Elektroden, zwischen denen die organischen funktionellen Schichtenstapel und die Ladungsträgererzeugungsschicht angeordnet sind, können beispielsweise beide transparent ausgebildet sein, sodass das in den organischen Licht emittierenden Schichten der organischen funktionellen Schichtenstapeln zwischen den beiden Elektroden erzeugte Licht in beide Richtungen, also durch das Substrat hindurch als auch in die vom Substrat abgewandte Richtung, abgestrahlt werden kann. Weiterhin können beispielsweise alle Schichten des organischen Licht emittierenden Bauelements transparent ausgebildet sein, sodass das organische Licht emittierende Bauelement eine transparente OLED bilden kann. Darüber hinaus kann es auch möglich sein, dass eine der beiden Elektroden, zwischen denen die organischen funktionellen Schichtenstapel und die

Ladungsträgererzeugungsschicht angeordnet sind, nicht-transparent und vorzugsweise reflektierend ausgebildet ist, sodass das in den Licht emittierenden Schichten der organischen funktionellen Schichtenstapel zwischen den beiden Elektroden im Betrieb des organischen Licht emittierenden Bauelements erzeugte Licht nur in eine Richtung durch die transparente Elektrode abgestrahlt werden kann. Ist die auf dem Substrat angeordnete erste Elektrode transparent und ist auch das Substrat transparent ausgebildet, so spricht man auch von einem so genannten „bottom emitter", während man im Fall, dass die dem Substrat abgewandt angeordnete zweite Elektrode transparent ausgebildet ist, von einem so genannten „top emitter" spricht. In allen genannten Fällen kann insbesondere die Ladungsträgererzeugungsschicht transparent ausgebildet sein.

Mit „transparent" wird hier und im Folgenden eine Schicht bezeichnet, die durchlässig für sichtbares Licht ist. Dabei kann die transparente Schicht klar durchscheinend oder zumindest teilweise Licht streuend und/oder teilweise Licht absorbierend sein, so dass die transparente Schicht beispielsweise auch diffus oder milchig durchscheinend sein kann. Besonders bevorzugt ist eine hier als transparent bezeichnete Schicht möglichst durchlässig insbesondere für in den organischen funktionellen Schichtenstapeln erzeugtes Licht ausgebildet, so dass insbesondere die Absorption von abzustrahlendem Licht so gering wie möglich ist.

Über den organischen funktionellen Schichtenstapeln und insbesondere auch über den Elektroden kann eine Verkapselungsanordnung zum Schutz dieser aufgebracht sein. Die Verkapselungsanordnung kann beispielsweise eine Abdeckung, etwa in Form eines Glasdeckels, oder eine

Dünnschichtverkapselung mit einer oder mehreren dünnen Schichten, aufweisen.

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

Es zeigen:

Figuren 1A bis 1D schematische Darstellungen von Verfahrensschritten eines Verfahrens zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht und

Figuren 2A bis 2D schematische Darstellungen von Verfahrensschritten eines Verfahrens zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht.

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

In den Figuren 1A bis 1D sind Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht 10, insbesondere einer Ladungsträgererzeugungsschicht für ein organisches Licht

emittierendes Bauelement, gemäß einem Ausführungsbeispiel dargestellt.

In einem ersten Verfahrensschritt wird, wie in Figur 1A gezeigt ist, eine erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 ausgebildet, die überwiegend leitend in Bezug auf einen ersten Ladungsträgertyp ist. Die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 kann beispielsweise auf einem organischen funktionellen Schichtenstapel aufgebracht werden, wie weiter unten in Verbindung mit den Figuren 2A bis 2D beschrieben ist. In einem weiteren Verfahrensschritt, der in Figur 1B gezeigt ist, wird auf der ersten Ladungsträgerleitungsschicht 1 eine Zwischenschicht 2 aufgebracht. Darüber wird in einem weiteren Verfahrensschritt, wie in Figur 1C gezeigt ist, eine zweite Ladungsträgerleitungsschicht 3 aufgebracht, die überwiegend leitend in Bezug auf einen zweiten Ladungsträgertyp ist, der verschieden vom ersten Ladungsträgertyp ist. Zumindest eine der Schichten 1, 2, 3 der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 wird mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens oder eines Molekülla genabscheideverfahrens aufgebracht. Die Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 und die Zwischenschicht 2 bilden die Ladungsträgererzeugungsschicht 10.

Beispielsweise wird nur die Zwischenschicht 2 mittels ALD oder MLD aufgebracht. Als Materialien hierzu kann ein elektrisch leitendes oder elektrisch isolierendes Material aufgebracht werden, beispielsweise ein elektrisch leitendes oder elektrisch isolierendes Oxid oder Nitrid, insbesondere ein Metalloxid, wie etwa eines oder mehrere ausgewählt aus Aluminiumoxid, Titanoxid, Aluminiumzinkoxid, Zinkoxid, Indiumzinnoxid, Zirkonoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid. Weiterhin ist beispielsweise auch Siliziumnitrid möglich.

Bevorzugt können diesbezüglich Materialien aufgebracht werden, die mittels einer so genannten Niedrigtemperatur-ALD oder -MLD aufgebracht werden können und damit bei Prozesstemperaturen von kleiner oder gleich 100°C. Beispiele hierfür sind oben im allgemeinen Teil genannt.

Durch die Verwendung eines ALD- oder MLD-Verfahrens kann die Zwischenschicht 2 mit einer sehr geringen Dicke hergestellt werden, die größer oder gleich eine Atomlage sein kann. Insbesondere einige Atomlagen können bereits ausreichen, eine geschlossene zusammenhängende Zwischenschicht 2 herzustellen. Die Zwischenschicht 2 kann insbesondere eine Dicke von kleiner oder gleich 20 nm oder von kleiner oder gleich 10 nm oder von kleiner oder gleich 7 nm oder kleiner oder gleich 6 nm aufweisen. Eine derartige geringe Dicke kann mit Vorteil einen geringen Spannungsabfall über der Zwischenschicht 2 ermöglichen, was bei der Verwendung der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 in einem organischen elektronischen Bauelement wie beispielsweise einem organischen Licht emittierenden Bauelement zu einer hohen Effizienz führen kann. Beispielsweise kann die Zwischenschicht 2 eine Dicke von größer oder gleich 1 nm oder größer oder gleich 2 nm und kleiner oder gleich 6 nm aufweisen.

Die Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 können auf herkömmliche Weise hergestellt sein, beispielsweise also mittels Vakuumverdampfung oder Flüssigprozessierung.

Beispielsweise kann die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 mit dem ersten Ladungsträgertyp dotiert sein. Insbesondere kann die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 ein Matrixmaterial aufweisen, das einen Dotierstoff für den

ersten Ladungsträgertyp enthält. Beispielsweise kann die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 p-leitend dotiert und damit Löcher leitend sein.

Für eine Löcher leitende Schicht kann eines oder mehrere Materialien in Frage kommen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die HAT-CN (Hexaazatriphenylenhexacarbonitril), F16CuPc (Kupfer-Hexadecafluorophthalocyanin), α-NPD, NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), beta-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro), DMFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DMFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DPFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), DPFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), Spiro-TAD (2,2',7,7'-Tetrakis(N,N-diphenylamino)-9,9'-spirobifluoren), 9,9-Bis[4-(N,N-bis-biphenyl-4-yl-amino)phenyl]-9H-fluoren, 9,9-Bis[4-(N,N-bis-naphthalen-2-yl-amino)phenyl]-9H-fluoren, 9,9-Bis[4-(N,N'-bis-naphthalen-2-yl-N,N'-bis-phenyl-amino)-phenyl]-9H-fluor, N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin, 2,7-Bis[N,N-bis(9,9-spiro-bifluorene-2-yl)-amino]-9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis[N,N-bis(biphenyl-4-yl)amino]9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis(N,N-di-phenyl-amino)9,9-spiro-bifluoren, Di-[4-(N,N-ditolyl-amino)-phenyl]cyclohexan, 2,2',7,7'-tetra(N, N-di-tolyl)amino-spiro-bifluoren, N,N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-benzidin sowie Gemische dieser Verbindungen umfasst. Als p-Dotierstoff kann eines oder mehrere Materialien in Frage kommen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die MoO_x, WO_x, VO_x, Cu(I)pFBz (pFBz: Pentafluorobenzoat), Bi(III)pFBz, F4-

TCNQ (2,3,5,6-Tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethan), NDP-2 und NDP-9 umfasst.

Alternativ zu einer p-dotierten ersten Ladungsträgerleitungsschicht 1 kann die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 auch n-leitend und damit Elektronen leitend sein. Beispielsweise kann die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 in diesem Fall n-dotiert sein.

Für eine Elektronen leitende Schicht kann eines oder mehrere Materialien in Frage kommen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die 2,2',2"-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol), 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol, 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP), 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazol, 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridin-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzen, 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthrolin (BPhen), 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazol, Bis(2-methyl-8-quinolinolat)-4-(phenylphenolato)aluminium, 6,6'-Bis[5-(biphenyl-4-yl)-1,3,4-oxadiazo-2-yl]-2,2'-bipyridyl, 2-phenyl-9,10-di(naphthalen-2-yl)-anthracen, 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridin-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluoren, 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzen, 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin, 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin, Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)boran, 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthrolin, Phenyl-dipyrenylphosphinoxid, Naphthalintetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Perylentetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Materialien basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit sowie Gemische der vorgenannten Stoffe umfasst. Als n-Dotierstoff kann eines oder mehrere

Materialien in Frage kommen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die NDN-1, NDN-26, Na, Ca, MgAg, Cs, Li, Mg, Yb, Cs_2CO_3, und Cs_3PO_4 umfasst.

Ist die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 p-leitend und dabei beispielsweise p-dotiert, so wird die zweite Ladungsträgerleitungsschicht 3 n-leitend ausgebildet, also beispielsweise n-dotiert, und umgekehrt. Für die zweite Ladungsträgerleitungsschicht 3 kommen entsprechend die oben genannten Materialien in Frage.

Weiterhin kann es auch möglich sein, dass zusätzlich oder alternativ zur Zwischenschicht 2 zumindest eine oder beide der Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 mittels ALD oder MLD hergestellt werden. Mit anderen Worten kann beispielsweise genau eine der Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 mittels ALD oder MLD hergestellt werden, während die Zwischenschicht 2 und die andere der Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 mittels herkömmlicher Verfahren hergestellt werden. Ferner können auch beide Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 mittels ALD oder MLD hergestellt werden, während die Zwischenschicht 2 mittels eines herkömmlichen Verfahrens hergestellt wird. Besonders bevorzugt können alle Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 mittels ALD oder MLD hergestellt werden. Die je nach Ausbildung der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 mittels ALD oder MLD hergestellte eine oder beide Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 kann bzw. können ein elektrisch leitendes Material oder elektrisch isolierendes Material aufweisen, das zur Erreichung der beabsichtigten Leitfähigkeit als Matrixmaterial ausgebildet sein kann, das einen Dotierstoff enthält, wobei hierfür die vorab genannten Dotierstoffe verwendet werden können. Das elektrisch leitende oder

elektrisch isolierende Material kann eines oder mehrere der oben in Verbindung mit der mittels ALD oder MLD hergestellten Zwischenschicht 2 beschriebenen Materialien aufweisen, also beispielsweise eines oder mehrere der oben genannten Metalloxide.

Zur Herstellung einer dotierten Schicht der Ladungsträgererzeugungsschicht 10, also beispielsweise einer Ladungsträgerleitungsschicht 1, 3, mittels ALD oder MLD wird in diese während der Schichtausbildung ein Dotierstoff eingebettet. Wie in Figur 1D gezeigt ist, können hierzu Ausgangsmaterialien 21, 22, 23 („precursor") bereitgestellt, die wechselweise einer Beschichtungskammer 20 zugeführt werden. Soll beispielsweise als Material Al_2O_3 mittels ALD hergestellt werden, können als Ausgangsmaterial 21 Trimethylaluminium (TMA) und als weiteres Ausgangsmaterial 22 H_2O oder Ethylenglykol verwendet werden. Zusätzlich wird als weiteres Ausgangsmaterial 23 beispielsweise Ethylenglykol bereitgestellt, in dem der gewünschte Dotierstoff gelöst ist. Im Falle eines wasserlöslichen Dotierstoffes kann als weiteres Ausgangsmaterial 23 auch H_2O mit dem gewünschten gelösten Dotierstoff bereitgestellt werden

Über die Abfolge der verwendeten Ausgangsmaterialien 21, 22, 23 kann gezielt gesteuert werden, wie der Dotierstoff in die herzustellende Schicht eingebettet wird. Werden nur die Ausgangsmaterialien 21 und 22 wechselweise verwendet, bildet sich ein dotierstofffreier Bereich des Matrixmaterials. Werden hingegen die Ausgangsmaterialien 21 und 23 verwendet, also anstelle des Ausgangsmaterials 22 das mit dem Dotierstoff versetzte Ausgangsmaterial 23, wird während des Aufwachsens der Dotierstoff in die aufwachsende Schicht eingebettet. Es kann hierbei beispielsweise vorteilhaft sein,

in einem Zyklus eine Teilschicht mit Dotierstoff abzuscheiden und anschließend eine Teilschicht ohne Dotierstoff, um diesen in der sich bildenden Schicht einzubetten. Es kann hierbei unter Umständen vorteilhaft sein, nach der Verwendung des Ausgangsmaterials 23 mit dem Dotierstoff eine Reinigung der Beschichtungskammer 20 durchzuführen, um gegebenenfalls mögliche „lose" Partikel zu entfernen.

Anstelle der Bereitstellung eines Ausgangsmaterials, das den Dotierstoff enthält, kann zur Zuführung dieses in die Beschichtungskammer 20 auch ein Direktflüssigkeitseinspritzungsverfahren (DLI-Verfahren) verwendet werden. Dies kann beispielsweise für den Fall vorteilhaft sein, wenn die Ausgangsmaterialien gasförmig sind. Jedoch ist es nicht erforderlich, dass bei der Verwendung eines DLI-Verfahrens zur Zuführung des Dotierstoffs die Ausgangsmaterialien gasförmig bereitgestellt werden. Um beispielsweise eine Schicht mit Siliziumnitrid als Matrixmaterial herzustellen, können als Ausgangsmaterial 21 SiH_4 und als weiteres Ausgangsmaterial 22 NH_3 bereitgestellt werden. Diese können mittels eines ALD-Verfahrens, mittels eines MLD-Verfahrens oder mittels eines CVD-Verfahrens aufgewachsen werden. Neben den Prozessgasen, also den Ausgangsmaterialien 21, 22 sowie gegebenenfalls weiteren Gasen, die für den Abscheideprozess notwendig sind, kann als weiteres Ausgangsmaterial 23 über eine zusätzliche Leitung mithilfe eines DLI-Systems ein Gasstrom mit einem Trägergas und dem Dotierstoff in die Beschichtungskammer 20 geleitet werden. Als Trägergas kann beispielsweise Helium verwendet werden. Dadurch kann eine Schicht mit Siliziumnitrid als Matrixmaterial und darin eingebettetem Dotierstoff hergestellt werden.

Für das DLI-Verfahren ist es notwendig, den Dotierstoff in eine Gasphase zu überführen, damit dieser mit dem Trägergasstrom in die Beschichtungskammer 20 transportiert werden kann. Viele Dotierstoffe sind hierzu verdampfbar oder durch ein Sprühverfahren zerstäubbar und können somit in die Gasphase überführt werden können.

Wie bereits vorab beschrieben ist, kann es vorteilhaft sein, eine Teilschicht mit dem Dotierstoff und darauf eine Teilschicht ohne Dotierstoff abzuscheiden, um den Dotierstoff in dem aufwachsenden Matrixmaterial einzubetten. Weiterhin kann es unter Umständen vorteilhaft sein, nach der Abscheidung des Dotierstoff eine Reinigung der Beschichtungskammer 20 durchzuführen, um gegebenenfalls mögliche „lose" Partikel des Dotierstoffs aus der Beschichtungskammer 20 zu entfernen.

Für den Fall, dass mehrere Schichten der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 mittels ALD oder MLD hergestellt werden, können diese bevorzugt ein gleiches elektrisch isolierendes Material aufweisen, das zur Erreichung einer gewünschten Leitfähigkeit ein Dotierstoff enthalten kann. Im Hinblick auf die im Verbindung mit Figur 1D beschriebenen Verfahren kann es hierbei vorteilhaft sein, mehrere Ausgangsmaterialien mit den gewünschten Dotierstoff von bereitzustellen. Über eine definierte Zuführung von Ausgangsmaterialien mit oder ohne Dotierstoffen im Rahmen der beschriebenen Verfahren kann es dadurch möglich sein, innerhalb eines Prozesses die Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 und die dazwischen angeordnete Zwischenschicht 2 aufzubringen.

Eine mittels des hier beschriebenen Verfahrens hergestellte Ladungsträgerleitungsschicht 1, 3 kann eine Dicke von größer oder gleich einer Atomlage oder von größer oder gleich 1 nm oder von größer oder gleich 10 nm aufweisen. Weiterhin kann eine solche Ladungsträgerleitungsschicht 1, 3 eine Dicke von kleiner oder gleich 100 nm oder von kleiner oder gleich 50 nm oder von kleiner oder gleich 20 nm aufweisen.

Insbesondere kann es möglich sein, die Ladungsträgererzeugungsschicht 10 mit einer Gesamtdicke herzustellen, die größer oder gleich einige Atomlagen oder größer oder gleich 2 nm oder größer oder gleich 5 nm oder größer oder gleich 10 nm ist. Insbesondere kann die Gesamtdicke der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 kleiner oder gleich 240 nm oder kleiner oder gleich 120 nm oder kleiner oder gleich 60 nm sein.

Alternativ zum gezeigten Ausführungsbeispiel der Figuren 1A bis 1D kann es auch möglich sein, dass die Ladungsträgererzeugungsschicht 10 keine Zwischenschicht 2 aufweist, sondern nur aus den Ladungsträgerleitungsschichten 1, 3 gebildet wird. Für diesen Fall gilt die vorherige Beschreibung entsprechend.

In Verbindung mit den Figuren 2A bis 2D ist ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht 10 gezeigt, das rein beispielhaft als organisches Licht emittierendes Bauelement 100 ausgebildet ist. Hierzu wird in einem ersten Verfahrensschritt, wie in Figur 2A gezeigt ist, ein Substrat 11 bereitgestellt, auf dem eine erste Elektrode 12 und ein erster organischer funktioneller Schichtenstapel 13 aufgebracht werden. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind das

Substrat 11 und die erste Elektrode 12 insbesondere transparent ausgebildet

Das Substrat 11 kann als Trägerelement für die darauf aufgebrachten Schichten dienen und beispielsweise aus Glas, Quarz und/oder einem Halbleitermaterial gebildet sein. Alternativ kann das Substrat 11 auch durch eine Kunststofffolie oder durch ein Laminat aus mehreren Kunststofffolien und/oder Glasfolien gebildet sein.

Die erste Elektrode 12 kann ein transparentes leitendes Oxid aufweisen oder daraus bestehen. Transparente leitende Oxide (TCO: „transparent conductive oxide") sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid, Indiumzinnoxid (ITO) oder Aluminiumzinkoxid (AZO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen wie beispielsweise ZnO, SnO_2 oder In_2O_3 gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen wie beispielsweise Zn_2SnO_4, $CdSnO_3$, $ZnSnO_3$, $MgIn_2O_4$, $GaInO_3$, $Zn_2In_2O_5$ oder $In_4Sn_3O_{12}$ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

Weiterhin kann die erste Elektrode 12 eine Metallschicht mit einem Metall oder einer Legierung aufweisen, beispielsweise mit einem oder mehreren der folgenden Materialien: Ag, Pt, Au, Mg, Ag:Mg, Al. Weiterhin sind auch andere Metalle möglich. Die Metallschicht weist zur Ausbildung einer transparenten Elektrode dabei eine derart geringe Dicke auf, dass sie zumindest teilweise durchlässig für Licht ist, beispielsweise eine Dicke von kleiner oder gleich 50 nm.

Die transparente erste Elektrode 12 kann auch eine Kombination aus zumindest einer oder mehreren TCO-Schichten und zumindest einer transparenten Metallschicht aufweisen.

Der erste organische funktionelle Schichtenstapel 13 weist eine organische Licht emittierende Schicht auf, die dazu ausgebildet ist, im Betrieb des organischen Licht emittierenden Bauelements 100 Licht abzustrahlen. Der erste organische funktionelle Schichtenstapel 13 kann insbesondere wie oben im allgemeinen Teil ausgebildet sein und zusätzlich zur organischen Licht emittierenden Schicht weitere organische funktionelle Schichten aufweisen, beispielsweise Lochtransportschichten, Elektronentransportschichten, Lochblockierschichten und/oder Elektronenblockierschichten. Beispielsweise kann der erste organische funktionelle Schichtenstapel 13 mit der organischen Licht emittierenden Schicht oder mit einer Ladungsträgerblockierschicht abschließen.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird, wie in Figur 2B gezeigt ist, auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel 13 eine organische Ladungsträgererzeugungsschicht 10 gemäß dem vorab in Verbindung mit den Figuren 1A bis 1D beschriebenen Verfahren ausgebildet, die zwischen einer ersten Ladungsträgerleitungsschicht 1, die überwiegend leitend für einen ersten Ladungsträgertyp ausgebildet ist, und einer zweiten Ladungsträgerleitungsschicht 2, die überwiegend leitend für einen davon verschiedenen zweiten Ladungsträgertyp ausgebildet ist, eine Zwischenschicht 2 aufweist, wobei zumindest eine oder mehrere der Schichten 1, 2, 3 mittels ALD oder MLD hergestellt ist.

Wie in Figur 2C gezeigt ist, wird in einem weiteren Verfahrensschritt ein zweiter organischer funktioneller Schichtenstapel 14 auf der organischen Ladungsträgererzeugungsschicht 10 aufgebracht. Der zweite organische funktionelle Schichtenstapel 14 kann dabei ähnlich oder gleich dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel 13 ausgebildet sein und weist insbesondere ebenfalls eine organische Licht emittierende Schicht auf. Der zweite organische funktionelle Schichtenstapel 14 kann beispielsweise mittels der organischen Licht emittierenden Schicht oder auch einer zuvor aufgebrachten Ladungsträgerblockierschichten an die Ladungsträger erzeugen Schicht 10 anschließen. Insbesondere können die organischen funktionellen Schichtenstapel 13, 14 dazu ausgebildet sein, unterschiedlich farbiges Licht zu emittieren, so dass das organische Licht emittierende Bauelement 100 mischfarbiges Licht abstrahlen kann.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird, wie in Figur 2D gezeigt wird, auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel 14 eine zweite Elektrode 15 aufgebracht. Die zweite Elektrode 15 kann im gezeigten Ausführungsbeispiel insbesondere reflektierend ausgebildet sein und ein Metall aufweisen, das ausgewählt ist aus Aluminium, Barium, Indium, Silber, Gold, Magnesium, Calcium und Lithium sowie Verbindungen, Kombinationen und Legierungen daraus. Insbesondere kann die reflektierende zweite Elektrode 15 Ag, Al oder Legierungen mit diesen aufweisen, beispielsweise Ag:Mg, Ag:Ca, Mg:Al.

Durch eine transparente erste Elektrode 12 und eine reflektierende zweite Elektrode 15 ist das gezeigte

organische Licht emittierende Bauelement 100 insbesondere als Bottom-Emitter ausgebildet. Alternativ hierzu können auch beide Elektroden 12, 15 transparent sein, so dass das organische Licht emittierende Bauelement 100 als transparente organische Licht emittierende Diode ausgebildet sein kann. Weiterhin ist es auch möglich, dass die erste Elektrode 12 reflektierend und die zweite Elektrode 15 transparent ausgebildet sind, so dass das organische Licht emittierende Bauelement 100 in diesem Fall als Top-Emitter ausgebildet sein kann.

Beispielsweise kann die erste Elektrode 12 als Anode und die zweite Elektrode 15 als Kathode ausgeführt sein. In diesem Fall ist die erste Ladungsträgerleitungsschicht 1 der Ladungsträgererzeugungsschicht 10 n-leitend ausgebildet, während die zweite Ladungsträgerleitungsschicht 3 p-leitend ausgebildet ist. Alternativ hierzu kann die Polarität des organischen Licht emittierenden Bauelements 100 auch umgekehrt sein, wobei sich in diesem Fall auch die Leitungstypen der ersten und zweiten Ladungsträgerleitungsschicht 1, 3 umkehren.

Die Elektroden 12, 15 können jeweils großflächig ausgebildet sein. Dadurch kann eine großflächige Abstrahlung des in den organischen funktionellen Schichtenstapeln 13, 14 erzeugten Lichts ermöglicht werden. „Großflächig" kann dabei bedeuten, dass das organische Licht emittierende Bauelement 100 eine Fläche von größer oder gleich einigen Quadratmillimetern, bevorzugt größer oder gleich einem Quadratzentimeter und besonders bevorzugt größer oder gleich einem Quadratdezimeter aufweist.

Zusätzlich zu den zwei organischen funktionellen Schichtenstapeln 13, 14 mit der dazwischen angeordneten Ladungsträgererzeugungsschicht 10 kann das organische Licht emittierende Bauelement 100 noch weitere organische funktionelle Schichtenstapel mit jeweils einer organischen Licht emittierenden Schicht aufweisen. Zwischen jeweils benachbarten organischen funktionellen Schichtenstapel ist dann jeweils eine Ladungsträgerzeugungsschicht angeordnet, die mit dem hier beschriebenen Verfahren herstellbar sein kann.

Weiterhin kann über den Elektroden 12, 15 und den dazwischen angeordneten organischen Schichten eine Verkapselungsanordnung, bevorzugt in Form einer Dünnschichtverkapselung, aufgebracht sein (nicht gezeigt), um das organische Licht emittierende Bauelement 100 und insbesondere die Elektroden 12, 15 und die dazwischen angeordneten Schichten vor schädigenden Materialien aus der Umgebung wie beispielsweise Feuchtigkeit und/oder Sauerstoff und/oder anderen korrosiven Substanzen wie etwa Schwefelwasserstoff zu schützen. Die Verkapselungsanordnung kann hierzu eine oder mehrere dünne Schichten aufweisen, die beispielsweise mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens aufgebracht sind und die beispielsweise eines oder mehrere der Materialien Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Lanthanoxid und Tantaloxid aufweisen. Die Verkapselungsanordnung kann weiterhin beispielsweise auf einer Dünnschichtverkapselung einen mechanischen Schutz in Form einer Kunststoffschicht und/oder einer auflaminierten Glasschicht aufweisen, wodurch beispielsweise ein Kratzschutz erreicht werden kann. Alternativ sind auch andere Verkapselungsanordnungen möglich, beispielsweise in Form eines aufgeklebten Glasdeckels.

Die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele können zusätzlich oder alternativ weitere oben im allgemeinen Teil beschriebene Merkmale aufweisen.

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.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2015 107 466.4, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

1	erste Ladungsträgerleitungsschicht
2	Zwischenschicht
3	zweite Ladungsträgerleitungsschicht
10	Ladungsträgererzeugungschicht
11	Substrat
12, 15	Elektrode
13, 14	organischer funktioneller Schichtenstapel
20	Beschichtungskammer
21, 22, 23	Ausgangsmaterialien
100	organisches Licht emittierendes Bauelement

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Ladungsträgererzeugungsschicht (10) für ein organisches Licht emittierendes Bauelement mit den Schritten:

A) Ausbilden einer ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), die überwiegend leitend ist für einen ersten Ladungsträgertyp,

B) Aufbringen einer Zwischenschicht (2) auf der ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1) und

C) Aufbringen einer zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (3), die überwiegend leitend ist für einen vom ersten Ladungsträgertyp verschiedenen zweiten Ladungsträgertyp, auf der Zwischenschicht (2),

wobei zumindest eine der ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), der Zwischenschicht (2) und der zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (3) mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens oder eines Moleküllagenabscheideverfahrens aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Zwischenschicht (2) mittels des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens aufgebracht wird.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die erste Ladungsträgerleitungsschicht (1) und/oder die zweite Ladungsträgerleitungsschicht (3) mittels des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens aufgebracht wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem jede der ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), der Zwischenschicht (2) und der zweiten

Ladungsträgerleitungsschicht (3) mittels des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die erste Ladungsträgerleitungsschicht (1), die Zwischenschicht (2) und die zweite Ladungsträgerleitungsschicht (3) ein gleiches Material aufweisen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das gleiche Material in der ersten und zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (1, 3) ein Matrixmaterial für einen gleichzeitig aufgebrachten Dotierstoff bildet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Dotierstoff während des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens mittels eines Direktflüssigkeitseinspritzungsverfahrens zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem während des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens ein elektrisch leitendes Material aufgebracht wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem während des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens ein Matrixmaterial mit einem Dotierstoff aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem während des Atomlagenabscheideverfahrens oder des Moleküllagenabscheideverfahrens ein elektrisch

isolierendes oder elektrisch leitendes Oxid aufgebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Aluminiumoxid, Titanoxid, Aluminiumzinkoxid, Zinkoxid, Indiumzinnoxid, Zirkonoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid aufgebracht wird.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Ladungsträgererzeugungsschicht (10) mit einer Gesamtdicke von kleiner oder gleich 240 nm aufgebracht wird.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das Atomlagenabscheideverfahren oder das Moleküllagenabscheideverfahren bei einer Temperatur von kleiner oder gleich 100°C durchgeführt wird.

14. Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements (100) mit einer Ladungsträgererzeugungsschicht (10) mit den Schritten:

A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels (13) auf einer ersten auf einem Substrat (11) angeordneten Elektrode (12),

B) Ausbilden einer Ladungsträgererzeugungsschicht (10) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (13) mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13,

C) Ausbilden eines zweiten organischen funktionellen Schichtenstapels (14) auf der Ladungsträgererzeugungsschicht (10),

D) Anordnen einer zweiten Elektrode (15) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (14),

wobei der erste und zweite organische funktionelle Schichtenstapel (13, 14) jeweils eine organische Licht emittierende Schicht aufweisen, die dazu eingerichtet sind, im Betrieb des organischen Licht emittierenden Bauelements (100) Licht abzustrahlen.

15. Organisches Licht emittierendes Bauelement (100), aufweisend
- ein Substrat (11) mit einer ersten Elektrode (12),
- ein erster organischer funktioneller Schichtenstapel (13) auf der ersten Elektrode (12),
- eine Ladungsträgererzeugungsschicht (10) mit einer ersten Ladungsträgerleitungsschicht (1), einer zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (3) und dazwischen einer Zwischenschicht (2) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (13), wobei die Ladungsträgererzeugungsschicht (10) mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 hergestellt ist,
- ein zweiter organischer funktioneller Schichtenstapel (14) auf der Ladungsträgererzeugungsschicht (10) und
- eine zweite Elektrode (15) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (14).

16. Bauelement nach Anspruch 15, wobei die Ladungsträgererzeugungsschicht (10) eine Gesamtdicke von kleiner oder gleich 240 nm aufweist.

17. Bauelement nach Anspruch 15 oder 16, wobei die erste Ladungsträgerleitungsschicht (1), die Zwischenschicht (2) und die zweite Ladungsträgerleitungsschicht (3) ein gleiches Material aufweisen.

18. Bauelement nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei das gleiche Material in der ersten und zweiten Ladungsträgerleitungsschicht (1, 3) ein Matrixmaterial für einen darin angeordneten Dotierstoff bildet.

FIG. 1A



FIG. 1B

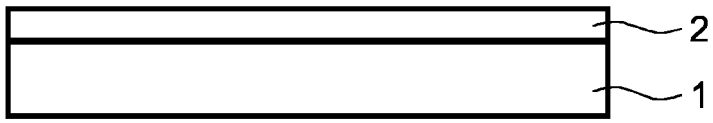


FIG. 1C

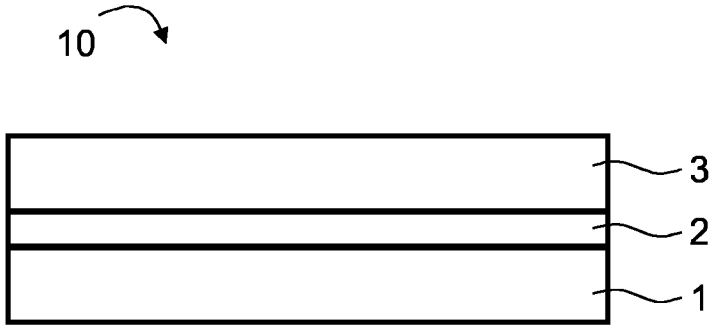


FIG. 1D

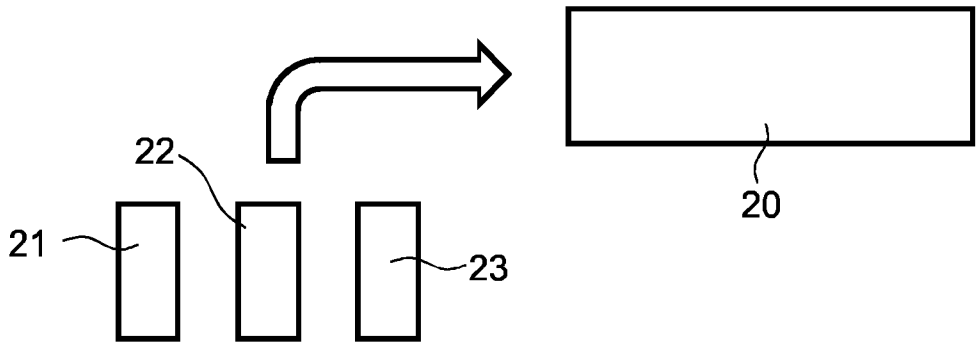


FIG. 2A

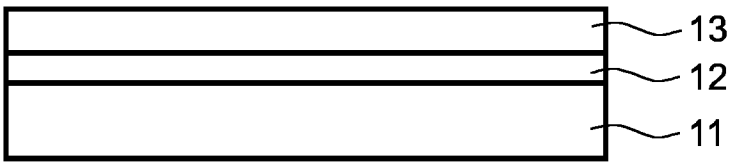


FIG. 2B

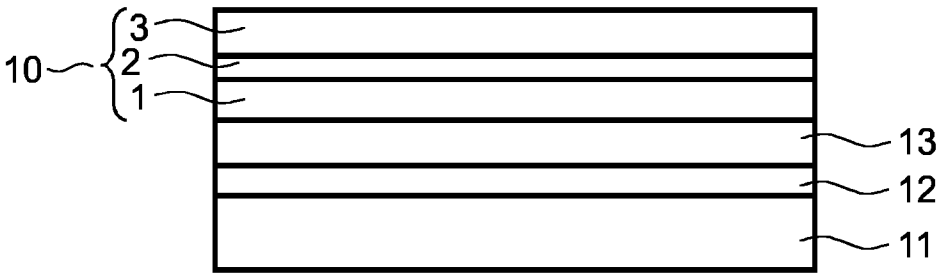


FIG. 2C

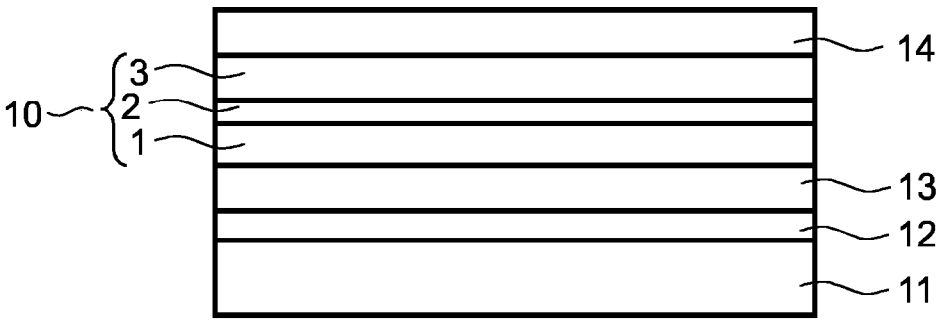
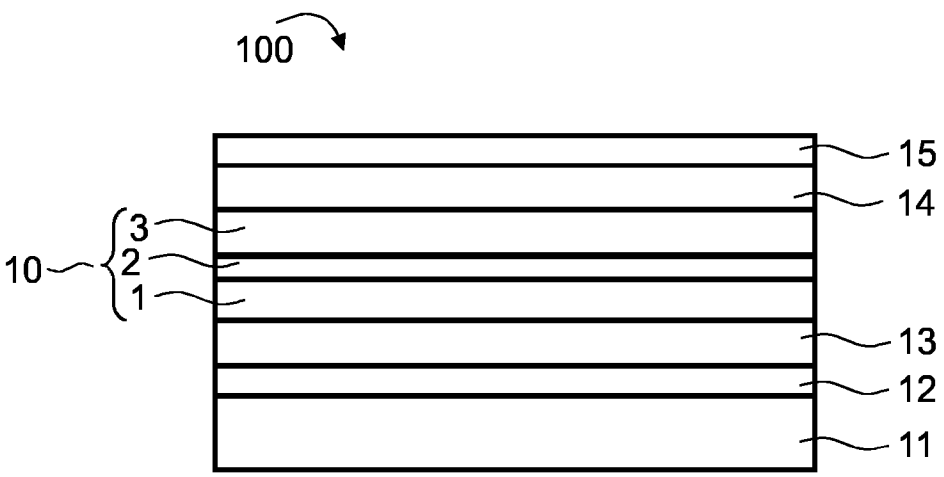


FIG. 2D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L51/52
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 H05B

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	US 2006/188745 A1 (LIAO LIANG-SHENG [US] ET AL) 24 August 2006 (2006-08-24)	15,16,18
A	paragraphs [0026] - [0030], [0090], [0106], [0114]; figures 1,4c	1-14,17
A	EP 2 722 413 A1 (TNO [NL]) 23 April 2014 (2014-04-23) paragraphs [0028] - [0033]; figure 1	1-14

☐ 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
21 July 2016	28/07/2016

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	Bakos, Tamás

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/060414

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006188745 A1	24-08-2006	CN 101128936 A	20-02-2008
		EP 1851801 A1	07-11-2007
		JP 2008532229 A	14-08-2008
		KR 20070114720 A	04-12-2007
		TW I383528 B	21-01-2013
		US 2006188745 A1	24-08-2006
		WO 2006091560 A1	31-08-2006
EP 2722413 A1	23-04-2014	CN 104769154 A	08-07-2015
		EP 2722413 A1	23-04-2014
		EP 2909358 A1	26-08-2015
		JP 2015535130 A	07-12-2015
		TW 201421763 A	01-06-2014
		US 2015287925 A1	08-10-2015
		WO 2014062058 A1	24-04-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/060414

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

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L H05B

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	US 2006/188745 A1 (LIAO LIANG-SHENG [US] ET AL) 24. August 2006 (2006-08-24)	15,16,18
A	Absätze [0026] - [0030], [0090], [0106], [0114]; Abbildungen 1,4c	1-14,17
A	EP 2 722 413 A1 (TNO [NL]) 23. April 2014 (2014-04-23) Absätze [0028] - [0033]; Abbildung 1	1-14

☐ 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
21. Juli 2016	28/07/2016

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	Bakos, Tamás

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/060414

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006188745 A1	24-08-2006	CN 101128936 A	20-02-2008
		EP 1851801 A1	07-11-2007
		JP 2008532229 A	14-08-2008
		KR 20070114720 A	04-12-2007
		TW I383528 B	21-01-2013
		US 2006188745 A1	24-08-2006
		WO 2006091560 A1	31-08-2006
EP 2722413 A1	23-04-2014	CN 104769154 A	08-07-2015
		EP 2722413 A1	23-04-2014
		EP 2909358 A1	26-08-2015
		JP 2015535130 A	07-12-2015
		TW 201421763 A	01-06-2014
		US 2015287925 A1	08-10-2015
		WO 2014062058 A1	24-04-2014