(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
13. Februar 2014 (13.02.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/023478 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/54 (2006.01) *H01L 51/52* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/063715

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juni 2013 (28.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 214 021.2
8. August 2012 (08.08.2012) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstraße 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **REUSCH, Thilo**; Kurzer Weg 13, 93055 Regensburg (DE). **DIEZ, Carola**; Liskircherstr. 11, 93049 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **VIERING, JENTSCHURA & PARTNER**; Grillparzerstr. 14, 81675 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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

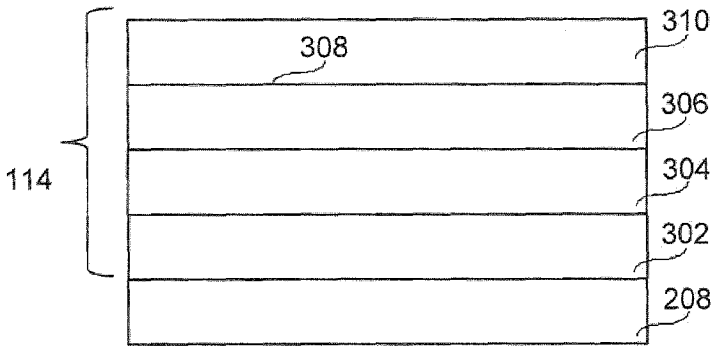
Veröffentlicht:

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

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

(54) Bezeichnung : OPTOELEKTRONISCHES BAUELEMENT UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OPTOELEKTRONISCHEN BAUELEMENTES

FIG 3



(57) Abstract: In various embodiments, an optoelectronic component (100) is provided, the optoelectronic component (100) comprising: a first organic functional layer structure (112); a second organic functional layer structure (116); and a charge carrier pair generating layer structure (114) between the first organic functional layer structure (112) and the second organic functional layer structure (116), wherein the charge carrier pair generating layer structure (114) comprises a hole-conducting charge carrier pair generating layer (310) and a first electron-conducting charge carrier pair generating layer (306); and wherein the hole-conducting charge carrier pair generating layer (310) comprises an inorganic substance or an inorganic substance mixture or is formed therefrom, and wherein the first electron-conducting charge carrier pair generating layer (306) comprises an organic substance or an organic substance mixture or is formed therefrom. (208) designates an electron transport layer, (302) designates a second electron-conducting charge carrier pair generating layer and (304) designates an intermediate layer.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/023478 A1

Optoelektronisches Bauelement und Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Bauelements In verschiedenen Ausführungsformen wird ein optoelektronisches Bauelement (100) bereitgestellt, das optoelektronische Bauelement (100) aufweisend: eine erste organische funktionelle Schichtenstruktur (112); eine zweite organische funktionelle Schichtenstruktur (116); und eine Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) zwischen der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur (112) und der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur (116), wobei die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) und eine erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) aufweist; und wobei die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) einen anorganischen Stoff oder ein anorganisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist, und wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) einen organischen Stoff oder ein organisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist. (208) bezeichnet eine Elektronentransportschicht, (302) eine zweite elektroneleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und (304) eine Zwischenschicht.

Beschreibung

Optoelektronisches Bauelement und Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Bauelementes

Verschiedene Ausführungsbeispiele betreffen ein optoelektronisches Bauelement und ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Bauelements.

Ein optoelektronisches Bauelement (z.B. eine organische Leuchtdiode (Organic Light Emitting Diode, OLED), beispielsweise eine weiße organische Leuchtdiode (White Organic Light Emitting Diode, WOLED), eine Solarzelle, etc.) auf organischer Basis zeichnet sich üblicherweise durch ihre mechanische Flexibilität und moderaten Herstellungsbedingungen aus. Verglichen mit einem Bauelement aus anorganischen Materialien kann ein optoelektronisches Bauelement auf organischer Basis aufgrund der Möglichkeit großflächiger Herstellungsmethoden (z.B. Rolle-zu-Rolle-Herstellungsverfahren) potentiell kostengünstig hergestellt werden.

Eine WOLED besteht z.B. aus einer Anode und einer Kathode mit einem funktionellen Schichtensystem dazwischen. Das funktionelle Schichtensystem besteht aus einer oder mehreren Emitterschicht/en, in der/denen das Licht erzeugt wird, einer oder mehreren Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur aus jeweils zwei oder mehr Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten („charge generating layer", CGL) zur Ladungsträgerpaartrennung, sowie einer oder mehrerer Elektronenblockadeschichten, auch bezeichnet als Lochtransportschicht(en) („hole transport layer" -HTL), und einer oder mehrerer Lochblockadeschichten, auch bezeichnet als Elektronentransportschicht(en) („electron transport layer" - ETL), um den Stromfluss zu richten.

Die Leuchtdichte von OLEDs ist unter anderem durch die maximale Stromdichte begrenzt, die durch die Diode fließen kann. Zur Erhöhung der Leuchtdichte von OLEDs ist das Kombinieren von ein oder mehreren OLEDs aufeinander in Serie (sogenannte gestapelte/gestackte oder Tandem-OLED) bekannt. Mittels Übereinanderstapelns können in der OLED bei praktisch gleicher Effizienz und identischer Leuchtdichte deutlich längere Lebensdauern erzielt werden. Wohingegen bei gleicher Stromdichte die N-fache Leuchtdichte bei N-OLED-Einheiten realisiert werden kann. Dabei kommt den Schichten an denen sich die OLED-Einheiten berühren besondere Bedeutung zu. An diesen Schichten treffen ein elektronenleitender Bereich der einen Diode und ein lochleitender Bereich der anderen Diode zusammen. Die Schichten zwischen diesen Bereichen, die so genannte Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtstruktur (charge generating layer CGL), sollten in der Lage sein Elektronen-Loch-Paare, voneinander zu trennen und Elektronen und Löcher in entgegengesetzte Richtungen in die OLED-Einheiten zu injizieren. Dadurch wird der kontinuierliche Ladungstransport durch die OLED-Serienschaltung möglich.

Für das Übereinanderstapeln werden daher Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten benötigt, die aus einem hochdotierten pn-Übergang bestehen.

Die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtstruktur besteht herkömmlich in einfachster Ausführung aus einer lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und einer ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht, die in direkter Verbindung zueinander stehen, so dass anschaulich ein pn-Übergang gebildet wird. Dies erzeugt einen Potentialsprung im pn-Übergang bzw. eine eingebaute Spannung (auch built-in-Spannung (built-in voltage) genannt).

Der Potentialsprung bzw. die built-in-Spannung kann mittels der Austrittsarbeit, der Dotierung der Schichten, sowie der

Ausbildung von Grenzflächendipolen am pn-Übergang mittels der verwendeten Stoffe beeinflusst werden.

In dem pn-Übergang kommt es zur Ausbildung einer Raumladungszone, bei der Elektronen der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht in die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht tunneln. Häufig ist die erste Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht mit einer zweiten Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht körperlich verbunden, wobei die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht häufig eine n-dotierte Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ist.

Durch Anlegen einer Spannung über den pn-Übergang in Sperrrichtung werden in der Raumladungszone Elektronen und Löcher erzeugt, die in die Emitter-Schichten der OLED-Einheiten wandern und durch Rekombination elektromagnetische Strahlung erzeugen können (z.B. Licht).

Die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und die elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten können jeweils aus einem oder mehreren organischem/n und/oder anorganischem/n Stoff/en (Matrix) bestehen.

Der jeweiligen Matrix wird oder werden üblicherweise in der Herstellung der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein oder mehrere organische oder anorganische Stoffe (Dotierstoffe) beigemengt, um die Leitfähigkeit der Matrix zu erhöhen und um eine Potentialanpassung bzw. eine Energieniveauanpassung vorzunehmen. Diese Dotierung kann Elektronen (n-dotiert; Dotierstoffe z.B. Metalle mit niedriger Austrittsarbeit z.B. Na, Ca, Cs, Li, Mg oder Verbindungen daraus z.B. Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, bzw. organische Dotanden der Firma NOVALED, z.B. NDN-1, NDN-26) oder Löcher (p-dotiert; Dotierstoff z.B. Übergangsmetalloxide z.B. MoO_X, WO_X, VO_X, organische Verbindungen z.B. Cu(I)pFBz, F4-TCNQ, bzw. organische

Dotanden der Firma NOVALED, z.B. NDP-2, NDP-9) als Ladungsträger in der Matrix erzeugen.

Als Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht über oder auf der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht wird üblicherweise ein undotierter organischer Stoff als Lochtransportleiter (hole transport layer HTL) verwendet, z.B. αNPD.

Weiterhin sind undotierte lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten bekannt, die ein transparentes Metalloxid als lochleitenden Stoff aufweisen, beispielsweise WO_3 oder MoO_3.

Voraussetzung für den Einsatz einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten in einem optoelektronischen Bauteil sind ein einfacher Aufbau, d.h. möglichst wenige Schichten, die möglichst leicht herzustellen sind. Weiterhin ist ein geringer Spannungsabfall über die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten, sowie eine möglichst hohe Transmission der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten notwendig, d.h. möglichst geringe Absorptionsverluste im Spektralbereich, der von der OLED emittierten elektromagnetischen Strahlung.

Im Rahmen dieser Beschreibung kann unter einem organischen Stoff eine, ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung des Kohlenstoffs verstanden werden. Weiterhin kann im Rahmen dieser Beschreibung unter einem anorganischen Stoff eine, ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung ohne Kohlenstoff oder einfacher Kohlenstoffverbindung verstanden werden. Im Rahmen dieser Beschreibung kann unter einem organisch-anorganischen Stoff (hybrider Stoff) eine,

ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung mit Verbindungsteilen die Kohlenstoff enthalten und frei von Kohlenstoff sind, verstanden werden. Im Rahmen dieser Beschreibung umfasst der Begriff „Stoff" alle oben genannten Stoffe, beispielsweise einen organischen Stoff, einen anorganischen Stoff, und/oder einen hybriden Stoff. Weiterhin kann im Rahmen dieser Beschreibung unter einem Stoffgemisch etwas verstanden werden, was Bestandteile aus zwei oder mehr verschiedenen Stoffen besteht, deren Bestandteile beispielsweise sehr fein verteilt sind. Als eine Stoffklasse ist ein Stoff oder ein Stoffgemisch aus einem oder mehreren organischen Stoff(en), einem oder mehreren anorganischen Stoff(en) oder einem oder mehreren hybrid Stoff(en) zu verstehen. Der Begriff „Material" kann synonym zum Begriff „Stoff" verwendet werden.

Im Rahmen dieser Beschreibung kann eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auch als eine Lochtransportschicht eingerichtet sein bzw. verstanden werden.

In verschiedenen Ausführungsformen kann unter einer elektronenleitenden Schicht eines elektronischen Bauelementes eine Schicht verstanden werden, bei der das chemisches Potential des Stoffs oder des Stoffgemisches der Schicht energetisch dichter am Leitungsband ausgebildet ist als am Valenzband und bei der mehr als die Hälfte der frei beweglichen Ladungsträger Elektronen sind.

In verschiedenen Ausführungsformen kann unter einer lochleitenden Schicht eines elektronischen Bauelementes eine Schicht verstanden werden, bei der das chemisches Potential des Stoffs oder des Stoffgemisches der Schicht energetisch dichter am Valenzband ausgebildet ist als am Leitungsband und bei der mehr als die Hälfte der frei beweglichen

Ladungsträger Löcher, d.h. freie Orbitalplätze für Elektronen, sind.

Anders als bei rein anorganischen Schichten in Halbleiter-Bauelementen können die Moleküle organischer Schichten partiell in andere organische Schichten diffundieren (partielle Schichtinterdiffusion), beispielsweise Teile einer organischen, ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (z.B. HAT-CN) in eine organische lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht Lochtransportschicht (z.B. αNPD).

Bei Anlegen eines elektrischen Feldes an die Ladungsträger-Erzeugende-Schichtstruktur ist mittels der Schichtinterdiffusion ein zusätzlicher Abfall der Betriebsspannung (und damit der elektrischen Leistung) über diese Schichtstruktur messbar. Dieser Spannungsabfall kann nicht für die Lichterzeugung verwendet werden und reduziert somit die Effizienz der gestapelten OLEDs.

Der zusätzliche Spannungsabfall kann mit der Betriebsdauer zu nehmen, da die Diffusion leitfähiger Moleküle in einem elektrischen Feld gerichtet wird. Dies begrenzt die Betriebsdauer organischer optoelektronischer Bauelemente.

Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung organischer lochleitender Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht sind deren geringe Ladungsträgerdichte und die relativ schwachen Grenzflächendipole. Die geringe Ladungsträgerdichte führt zu einem höheren Spannungsabfall über diese Schicht, d.h. die Schicht hat eine geringere elektrische Leitfähigkeit. Die häufig schwachen Grenzflächendipole erschweren die Trennung von Loch und Elektron an der Grenzfläche der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht.

Weiterhin können organische lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten, beispielsweise αNPD, thermisch empfindlich sein. Der Stoff der organischen lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht kann beispielsweise anfangen zu kristallisieren, beispielsweise bei αNPD bei Temperaturen von ungefähr 95 °C. Mittels der Kristallisation des Stoffs der organischen lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten kann die Schicht seine Funktionalitäten in der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur verlieren, so dass das optoelektronische Bauelement unbrauchbar werden kann.

Eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aus einem anorganischen Stoff könnte das Problem der Schichtinterdiffusion, der geringen Leitfähigkeit, der geringen Ladungsträgertrennung und der Temperaturempfindlichkeit lösen. Das Bilden von lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten aus anorganischen Stoffen konnte bisher aus einer Reihe von Gründen nicht realisiert werden. So sind bei vielen bekannten anorganischen Stoffen die elektrischen Eigenschaften nicht kompatibel zu den elektrischen Eigenschaften der organischen ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht. Die Austrittsarbeit der anorganischen Stoffe ist zu hoch (größer ungefähr 3 eV) und/oder die Energie des Valenzbandes ist kleiner als die Energie des Leitungsbandes der mit der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht in körperlichem Kontakt stehenden ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht.

Eine weitere Hürde stellen die Erzeugungsbedingungen der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aus einem anorganischen Stoff dar. Anorganische Stoffe zum Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht sind ungeeignet, wenn sich die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht nur mittels Herstellungsbedingungen bilden

lässt, die inkompatibel mit organischen Schichten sind, z.B. Temperatur >> 100 °C.

Weiterhin nachteilig in der Auswahl anorganischer Stoffe für die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht sind deren optischen Eigenschaften, z.B. die Transmission. Viele anorganische Stoffe weisen im Wellenlängenbereich zwischen ungefähr 400 bis ungefähr 650 nm eine Absorption auf und sind daher nicht transparent. Dadurch wird die Effizienz des optoelektronischen Bauelementes reduziert. Aus diesen Gründen konnte für den Übergang der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht mit der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht mit elektronenleitfähigen Metalloxid-Halbleitern nur Kompromisse erzielt werden.

In verschiedenen Ausführungsformen werden ein optoelektronisches Bauelement sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung bereitgestellt, bei dem zum Herstellen der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein transparenter, anorganischer, intrinsisch lochleitender Stoff verwendet wird.

In verschiedenen Ausführungsformen wird ein optoelektronisches Bauelement bereitgestellt, das optoelektronische Bauelement aufweisend: eine erste organische funktionelle Schichtenstruktur, eine zweite organische funktionelle Schichtenstruktur und eine Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur zwischen der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur und der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur, wobei die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und eine erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aufweist; und wobei die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen anorganischen Stoff oder ein anorganisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist,

und wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen organischen Stoff oder ein organisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist.

Im Rahmen dieser Beschreibung kann unter einem organischen Stoff eine, ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung des Kohlenstoffs verstanden werden. Weiterhin kann im Rahmen dieser Beschreibung unter einem anorganischen Stoff eine, ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung ohne Kohlenstoff oder einfacher Kohlenstoffverbindung verstanden werden. Im Rahmen dieser Beschreibung kann unter einem organisch-anorganischen Stoff (hybrider Stoff) eine, ungeachtet des jeweiligen Aggregatzustandes, in chemisch einheitlicher Form vorliegende, durch charakteristische physikalische und chemische Eigenschaften gekennzeichnete Verbindung mit Verbindungsteilen die Kohlenstoff enthalten und frei von Kohlenstoff sind, verstanden werden. Im Rahmen dieser Beschreibung umfasst der Begriff „Stoff" alle oben genannten Stoffe, beispielsweise einen organischen Stoff, einen anorganischen Stoff, und/oder einen hybriden Stoff. Weiterhin kann im Rahmen dieser Beschreibung unter einem Stoffgemisch etwas verstanden werden, was Bestandteile aus zwei oder mehr verschiedenen Stoffen besteht, deren Bestandteile beispielsweise sehr fein verteilt sind. Als eine Stoffklasse ist ein Stoff oder ein Stoffgemisch aus einem oder mehreren organischen Stoff(en), einem oder mehreren anorganischen Stoff(en) oder einem oder mehreren hybrid Stoff(en) zu verstehen. Der Begriff „Material" kann synonym zum Begriff „Stoff" verwendet werden.

In einer Ausgestaltung kann das optoelektronische Bauelement eine zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-

Schicht aufweisen, wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auf oder über der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht angeordnet ist oder wobei die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auf oder über der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht angeordnet ist.

Im Rahmen dieser Beschreibung kann eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auch als eine Lochtransportschicht eingerichtet sein bzw. verstanden werden.

In verschiedenen Ausführungsformen kann unter einer elektronenleitenden Schicht eines elektronischen Bauelementes eine Schicht verstanden werden, bei der das chemische Potential des Stoffs oder des Stoffgemisches der Schicht energetisch dichter am Leitungsband ausgebildet ist als am Valenzband und bei der mehr als die Hälfte der frei beweglichen Ladungsträger Elektronen sind.

In verschiedenen Ausführungsformen kann unter einer lochleitenden Schicht eines elektronischen Bauelementes eine Schicht verstanden werden, bei der das chemische Potential des Stoffs oder des Stoffgemisches der Schicht energetisch dichter am Valenzband ausgebildet ist als am Leitungsband und bei der mehr als die Hälfte der frei beweglichen Ladungsträger Löcher, d.h. freie Orbitalplätze für Elektronen, sind.

In einer Ausgestaltung kann die Ladungsträgerpaar-Erzeugung-Schichtenstruktur eine Zwischenschicht zwischen der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aufweisen.

In einer Ausgestaltung kann der anorganische lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen anorganischen, intrinsisch lochleitenden Stoff aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Abscheidetemperatur von weniger als ungefähr 100 °C aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht BaCuSF, BaCuSeF und/oder BaCuTeF oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht NiO und/oder $AgCoO_2$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein oder mehrere kupferhaltige Delafossite aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann das kupferhaltige Delafossit oder die kupferhaltigen Delafossite ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe der $CuAlO_2$, $CuGaO_2$, $CuInO_2$, $CuTlO_2$, $CuY_{1-x}Ca_xO_2$, $CuCr_{1-x}Mg_xO_2$ und/oder CuO_2 oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweist oder daraus gebildet ist.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden

Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe $ZnCo_2O_4$, $ZnRh_2O_4$ und/oder $ZnIr_2O_4$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht $SrCu_2O_2$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe LaCuOS, LaCuOSe und/oder LaCuOTe oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Transmission von sichtbarem Licht in einem Bereich von ungefähr 450 nm bis ungefähr 650 nm vom mehr als ungefähr 90% aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen

organischen, intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen organischen, intrinsisch elektronenleitenden Stoff mit einem energetisch tiefliegendem Leitungsband aufweisen, wobei ein energetisch tiefliegendes Leitungsband einen Energiebetrag (Austrittsarbeit) von größer ungefähr 3,5 eV, beispielsweise größer ungefähr 4,4 eV aufweist.

In noch einer Ausgestaltung kann die intrinsische erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen Stoff aufweisen oder daraus gebildet sein aus der Gruppe der Stoffe: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoffgemisch aus einer Matrix und einem n-Dotierstoff aufweisen oder daraus gebildet werden. Ein Stoffgemisch aus Matrix und Dotierstoff kann mittels Koverdampfens der Stoffe der Matrix und der Dotierung auf oder über ein Substrat ausgebildet werden.

In noch einer Ausgestaltung kann die Matrix der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein, ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung kann der n-Dotierstoff der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein, ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann der Stoff der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Transmission größer als ungefähr 90 % in einem Wellenlängenbereich von ungefähr 450 nm bis ungefähr 650 nm aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweisen oder daraus gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann der Stoff der zweiten intrinsisch elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: NDN-1, NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF.

In noch einer Ausgestaltung kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aus einem Stoffgemisch aus Matrix und n-Dotierstoff gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann die Matrix der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen:

- NET-18, NET-5, ETM033, ETM036, BCP, BPhen;
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);
- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);

- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;
- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und
- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

In noch einer Ausgestaltung kann der n-Dotierstoff der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF.

In noch einer Ausgestaltung kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann das Leitungsband bzw. LUMO des Stoffs oder Stoffgemisches der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht energetisch ungefähr gleich dem Valenzband bzw. HOMO des Stoffs oder Stoffgemisches der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht sein.

In noch einer Ausgestaltung kann die Zwischenschicht aus einem anorganischen Stoff, organischen Stoff oder einem organisch-anorganischem Hybridstoff gebildet sein.

In noch einer Ausgestaltung kann die Zwischenschicht ein Stoffgemisch aufweisen oder daraus gebildet sein, wobei die Stoffe des Stoffgemischs aus der Gruppe der Stoffe aufweisen: organischer Stoff, anorganischer Stoff und/oder organisch-anorganischer Hybridstoff.

In noch einer Ausgestaltung kann der Stoff der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen Betrag der Austrittsarbeit größer ungefähr 3 eV und eine Energie des Valenzband bzw. HOMO ungefähr gleich der Energie des Leitungsbandes bzw. LUMO der in körperlichen Kontakt stehenden ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung kann das optoelektronische Bauelement als organische Leuchtdiode hergestellt werden.

In verschiedenen Ausführungsformen wird ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Bauelementes bereitgestellt, das Verfahren aufweisend: Bilden einer ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur; Bilden einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur über oder auf der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur; Bilden einer zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur über oder auf der Ladungsträgerpaar-

Erzeugungs-Schichtenstruktur; wobei das Bilden der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur das Bilden einer lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und das Bilden einer ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht, wobei die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen anorganischen Stoff oder ein anorganisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet wird, und wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht einen organischen Stoff oder ein organisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Verfahren ein Bilden einer zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aufweisen, wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auf oder über der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ausgebildet wird.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Bilden der Ladungsträgerpaar-Erzeugung-Schichtenstruktur das Bilden einer Zwischenschicht zwischen der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht und der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein intrinsisch elektronenleitender Stoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann der Stoff zum Bilden der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff sein, ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoffgemisch aus Matrix und Dotierstoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der Matrix der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff ausgewählt werden aus der Gruppe von Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden des Dotierstoffes der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff ausgewählt werden aus der Gruppe von Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht in einem Bereich mit einer Schichtdicke von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm gebildet werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein intrinsisch elektronenleitender Stoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der zweiten elektronenleitender Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht als intrinsisch lochleitender (elektronenleitender) Stoff ein Stoff sein, ausgewählt aus der Gruppe von Stoffen: NDN-1, NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoffgemisch aus Matrix und n-Dotierstoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der Matrix der zweiten elektronenleitender Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff ausgewählt werden aus der Gruppe von Stoffen:

- NET-18, NET-5, ETM033. ETM036, BCP, BPhen;
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);
- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);
- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;
- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und

- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht der Dotierstoff als ein Stoff ausgewählt werden aus der Gruppe von Stoffen: NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm gebildet werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Leitungsband bzw. LUMO des Stoffs oder Stoffgemisches der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht energetisch ungefähr gleich der Energie des Valenzbandes bzw. HOMO des Stoffs oder Stoffgemisches der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht sein.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der Zwischenschicht ein anorganischer Stoff, organischer Stoff oder organisch-anorganischem Hybridstoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der Zwischenschicht ein Stoffgemisch verwendet wird, wobei die Stoffe des Stoffgemischs aus der Gruppe der Stoffe: organischer Stoff, anorganischer Stoff und/oder organisch-anorganischer Hybridstoff aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein intrinsisch lochleitender Stoff ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht eine Transmission von sichtbarem Licht in einem Bereich von ungefähr 450 nm bis ungefähr 650 nm von mehr als ungefähr 90 % werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht mittels Abscheidens des anorganischen intrinsisch lochleitenden Stoffes eine Temperatur von kleiner als ungefähr 100 °C aufweisen.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe der BaCuSF (Austrittsarbeit: 4,85 eV), BaCuTeF, NiO (3,7 eV), Cu haltige Delafossite beispielsweise $CuAlO_2$ (3,5 eV), $CuGaO_2$ (3,2 eV), $CuInO_2$, ZnM_2O_4 (M = Co, Rh, Rh, Ir, oder ähnliches), $SrCu_2O_2$ (3,3 eV), LaCuOM (M = S, Se, Te, oder ähnliches), $AgCoO_2$ (4,15 eV) oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann als Stoff zum Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ein Stoff mit einem Betrag der Austrittsarbeit größer ungefähr 3 eV und einer Energie des Valenzband bzw. HOMO ungefähr gleich der Energie des Leitungsbandes bzw. LUMO der in körperlichen Kontakt stehenden, ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht ausgewählt werden.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Verfahren ferner aufweisen: Bilden einer Elektronenleiterschicht, Bilden der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht auf oder über der Elektronenleiterschicht, Bilden einer zweiten

Emitterschicht auf oder über der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das Verfahren ferner aufweisen: Bilden einer ersten Elektrode, Bilden der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur auf oder über der ersten Elektrode, Bilden einer zweiten Elektrode auf oder über der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur.

In noch einer Ausgestaltung des Verfahrens kann das optoelektronische Bauelement als eine organische Leuchtdiode hergestellt werden.

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

Es zeigen

Figur 1 eine Querschnittansicht eines optoelektronischen Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen;

Figur 2 eine Querschnittansicht eines funktionellen Schichtensystems eines optoelektronischen Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen; und

Figur 3 eine Querschnittansicht einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur eines optoelektronischen Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen.

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

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, ohne von dem Schutzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. 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 Schutzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.

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.

Ein optoelektronisches Bauelement kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen als ein lichtemittierendes Bauelement, beispielsweise als eine organische lichtemittierende Diode (organic light emitting diode, OLED) oder als ein organischer lichtemittierender Transistor ausgebildet sein. Das optoelektronische Bauelement kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen Teil einer integrierten Schaltung sein. Weiterhin kann eine Mehrzahl von lichtemittierenden Bauelementen vorgesehen sein, beispielsweise untergebracht in einem gemeinsamen Gehäuse. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das optoelektronische Bauelement

auch als Solarzelle ausgebildet sein. Auch wenn im Folgenden die verschiedenen Ausführungsbeispiele anhand einer OLED beschrieben werden, so können diese Ausführungsbeispiele jedoch ohne weiteres auch auf die anderen, oben genannten optoelektronischen Bauelemente angewendet werden.

Fig.1 zeigt eine Querschnittansicht eines optoelektronischen Bauelements 100 gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen.

Das optoelektronische Bauelement 100 in Form eines lichtemittierenden Bauelements, beispielsweise in Form einer organischen Leuchtdiode 100, kann ein Substrat 102 aufweisen. Das Substrat 102 kann beispielsweise als ein Trägerelement für elektronische Elemente oder Schichten, beispielsweise lichtemittierende Elemente, dienen. Beispielsweise kann das Substrat 102 Glas, Quarz, und/oder ein Halbleitermaterial oder irgendein anderes geeignetes Material aufweisen oder daraus gebildet sein. Ferner kann das Substrat 102 eine Kunststofffolie oder ein Laminat mit einer oder mit mehreren Kunststofffolien 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 Polyethylennaphthalat (PEN) aufweisen oder daraus gebildet sein. Das Substrat 102 kann eines oder mehrere der oben genannten Materialien aufweisen. Das Substrat 102 kann transluzent oder sogar transparent ausgeführt sein.

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 Lichtemittierenden 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 Licht hierbei gestreut werden kann

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.

Für den Fall, dass beispielsweise ein lichtemittierendes 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.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische Leuchtdiode 100 (oder auch die lichtemittierenden Bauelemente gemäß den oben oder noch im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen) als ein so genannter Top- und Bottom-Emitter eingerichtet sein. Ein Top- und Bottom-Emitter kann auch als optisch transparentes Bauelement, beispielsweise eine transparente organische Leuchtdiode, bezeichnet werden.

Auf oder über dem Substrat 102 kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen optional eine Barriereschicht (nicht dargestellt) angeordnet sein. Die Barriereschicht kann eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen: Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid Lanthaniumoxid, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Aluminium-dotiertes Zinkoxid, sowie Mischungen und Legierungen derselben. Ferner kann die Barriereschicht 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.

Auf oder über der Barriereschicht kann ein elektrisch aktiver Bereich 104 des lichtemittierenden Bauelements 100 angeordnet sein. Der elektrisch aktive Bereich 104 kann als der Bereich des lichtemittierenden Bauelements 100 verstanden werden, in dem ein elektrischer Strom zum Betrieb des optoelektronischen Bauelements, beispielsweise des lichtemittierenden Bauelements 100 fließt. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der elektrisch aktive Bereich 104 eine erste Elektrode 106, eine zweite Elektrode 108 und ein funktionelles Schichtensystem 110 aufweisen, wie es im Folgenden noch näher erläutert wird.

So kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen auf oder über der Barriereschicht (oder, wenn die Barriereschicht nicht vorhanden ist, auf oder über dem Substrat 102) die erste Elektrode 106 (beispielsweise in Form einer ersten Elektrodenschicht 106) aufgebracht sein. Die erste Elektrode 106 (im Folgenden auch als untere Elektrode 106 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, SnO_2, oder In_2O_3 gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise AlZnO, 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 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.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode 106 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.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode 106 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.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektrode 106 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.

Ferner kann die erste Elektrode 106 elektrisch leitfähige Polymere oder Übergangsmetalloxide oder elektrisch leitfähige transparente Oxide aufweisen.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die erste Elektrode 106 und das Substrat 102 transluzent oder transparent ausgebildet sein. In dem Fall, dass die erste Elektrode 106 aus einem Metall gebildet wird, kann die erste Elektrode 106 beispielsweise eine Schichtdicke aufweisen 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 18 nm. Weiterhin kann die erste Elektrode 106 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 106 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.

Weiterhin kann für den Fall, dass die erste Elektrode 106 aus einem leitfähigen transparenten Oxid (TCO) gebildet wird, die erste Elektrode 106 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 100 nm bis ungefähr 150 nm.

Ferner kann für den Fall, dass die erste Elektrode 106 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 106 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.

Die erste Elektrode 106 kann als Anode, also als löcherinjizierende Elektrode ausgebildet sein oder als Kathode, also als eine elektroneninjizierende Elektrode.

Die erste Elektrode 106 kann einen ersten elektrischen Anschluss aufweisen, an den ein erstes elektrisches Potential (bereitgestellt von einer Energiequelle (nicht dargestellt), beispielsweise einer Stromquelle oder einer Spannungsquelle) anlegbar ist. Alternativ kann das erste elektrische Potential an das Substrat 102 angelegt werden oder sein und darüber dann mittelbar der ersten Elektrode 106 zugeführt werden oder sein. Das erste elektrische Potential kann beispielsweise das Massepotential oder ein anderes vorgegebenes Bezugspotential sein.

Weiterhin kann der elektrisch aktive Bereich 104 des lichtemittierenden Bauelements 100 ein funktionelles Schichtensystem 110, auch bezeichnet als eine organische elektrolumineszente Schichtenstruktur 110, aufweisen, die auf oder über der ersten Elektrode 106 aufgebracht ist oder wird.

Die organische elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 kann mehrere organische funktionelle Schichtenstrukturen 112, 116 aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 aber auch mehr als zwei organische funktionelle Schichtenstrukturen aufweisen, beispielsweise 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, oder sogar mehr.

In Fig.1 sind eine erste organische funktionelle Schichtenstruktur 112 und eine zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 dargestellt.

Die erste organische funktionelle Schichtenstruktur 112 kann auf oder über der ersten Elektrode 106 angeordnet sein. Weiterhin kann die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 auf oder über der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur 112 angeordnet sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann zwischen der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur 112 und der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur 116 eine Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur 114 (engl.: Charge Generation Layer, CGL) angeordnet sein. In Ausführungsbeispielen, in denen mehr als zwei organische funktionelle Schichtenstrukturen vorgesehen sind, kann zwischen jeweils zwei organischen funktionellen Schichtenstruktur eine jeweilige Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur vorgesehen sein.

Wie im Folgenden noch näher erläutert wird, kann jede der organischen funktionellen Schichtenstruktur 112, 116 jeweils eine oder mehrere Emitterschichten aufweisen, beispielsweise mit fluoreszierenden und/oder phosphoreszierenden Emittern, sowie eine oder mehrere Lochleitungsschichten (in Fig.1 nicht dargestellt) (auch bezeichnet als Lochtransportschicht(en)). In verschiedenen Ausführungsbeispielen können alternativ oder zusätzlich eine oder mehrere Elektronenleitungsschichten (auch bezeichnet als Elektronentransportschicht(en)) vorgesehen sein.

Beispiele für Emittermaterialien, die in dem lichtemittierenden Bauelement 100 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-phenylenvinylen) sowie Metallkomplexe, beispielsweise Iridium-Komplexe wie blau phosphoreszierendes FIrPic (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 (dtb-bpy)$_3$*2(PF_6) (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 Emitter ein. Solche nichtpolymeren Emitter sind beispielsweise mittels thermischen Verdampfens abscheidbar. Ferner können Polymeremitter eingesetzt werden, welche insbesondere mittels eines nasschemischen Verfahrens, wie beispielsweise einem Aufschleuderverfahren (auch bezeichnet als Spin Coating), abscheidbar sind.

Die Emittermaterialien können in geeigneter Weise in einem Matrixmaterial eingebettet sein.

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

Die Emittermaterialien der Emitterschicht(en) des lichtemittierenden Bauelements 100 können beispielsweise so ausgewählt sein, dass das lichtemittierende Bauelement 100 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 phosphoreszierenden 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. Auch können die Emittermaterialien verschiedener organischer funktionelle Schichtenstrukturen so gewählt sein oder werden, dass zwar die einzelnen Emittermaterialien Licht unterschiedlicher Farbe (beispielsweise blau, grün oder rot oder beliebige andere Farbkombinationen, beispielsweise beliebige andere Komplementär-Farbkombinationen) emittieren, dass aber beispielsweise das Gesamtlicht, das insgesamt von allen organischen funktionellen Schichtenstruktur emittiert wird und von der OLED nach außen emittiert wird, ein Licht vorgegebener Farbe, beispielsweise Weißlicht, ist.

Die organischen funktionellen Schichtenstrukturen 112, 116 können allgemein eine oder mehrere elektrolumineszente Schichten aufweisen. Die eine oder mehreren elektrolumineszenten 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 elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 eine oder mehrere elektrolumineszente 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 können in verschiedenen Ausführungsbeispielen die organischen funktionellen Schichtenstrukturen 112, 116, 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 elektrolumineszenten Schichten als elektrolumineszierende Schicht ausgeführt sein.

Auf oder über der organischen elektrolumineszenten Schichtenstruktur 110 oder gegebenenfalls auf oder über der einen oder den mehreren weiteren organischen Funktionsschichten kann die zweite Elektrode 108 (beispielsweise in Form einer zweiten Elektrodenschicht 108) aufgebracht sein, wie oben beschrieben worden ist.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Elektrode 108 die gleichen Materialien aufweisen oder daraus gebildet sein wie die erste Elektrode 106, wobei in verschiedenen Ausführungsbeispielen Metalle besonders geeignet sind.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Elektrode 108 (beispielsweise für den Fall einer metallischen zweiten Elektrode 108) 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.

Die zweite Elektrode 108 kann allgemein in ähnlicher Weise ausgebildet werden oder sein wie die erste Elektrode 106, oder unterschiedlich zu dieser. Die zweite Elektrode 108 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 106 beschrieben. In verschiedenen Ausführungsbeispielen sind die erste Elektrode 106 und die zweite Elektrode 108 beide transluzent oder transparent ausgebildet. Somit kann das in Fig.1 dargestellte lichtemittierende Bauelement 100 als Top- und Bottom-Emitter (anders ausgedrückt als transparentes lichtemittierendes Bauelement 100) eingerichtet sein.

Die zweite Elektrode 108 kann als Anode, also als löcherinjizierende Elektrode ausgebildet sein oder als Kathode, also als eine elektroneninjizierende Elektrode.

Die zweite Elektrode 108 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. 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.

Auf oder über der zweiten Elektrode 108 und damit auf oder über dem elektrisch aktiven Bereich 104 kann optional noch eine Verkapselung 118, beispielsweise in Form einer

Barrierendünnschicht/Dünnschichtverkapselung 118 gebildet werden oder sein.

Unter einer „Barrierendünnschicht" bzw. einem „Barriere-Dünnfilm" 118 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 Barrierendünnschicht 118 derart ausgebildet, dass sie von OLED-schädigenden Stoffen wie Wasser, Sauerstoff oder Lösemittel nicht oder höchstens zu sehr geringen Anteilen durchdrungen werden kann.

Gemäß einer Ausgestaltung kann die Barrierendünnschicht 118 als eine einzelne Schicht (anders ausgedrückt, als Einzelschicht) ausgebildet sein. Gemäß einer alternativen Ausgestaltung kann die Barrierendünnschicht 118 eine Mehrzahl von aufeinander ausgebildeten Teilschichten aufweisen. Mit anderen Worten kann gemäß einer Ausgestaltung die Barrierendünnschicht 118 als Schichtstapel (Stack) ausgebildet sein. Die Barrierendünnschicht 118 oder eine oder mehrere Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 können beispielsweise mittels eines geeigneten Abscheideverfahrens gebildet werden, z.B. mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens (Atomic Layer Deposition (ALD)) gemäß einer Ausgestaltung, z.B. eines plasmaunterstützten Atomlagenabscheideverfahrens (Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition (PEALD)) oder eines plasmalosen Atomlageabscheideverfahrens (Plasma-less Atomic Layer Deposition (PLALD)), oder mittels eines chemischen Gasphasenabscheideverfahrens (Chemical Vapor Deposition (CVD)) gemäß einer anderen Ausgestaltung, z.B. eines plasmaunterstützten Gasphasenabscheideverfahrens (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)) oder eines plasmalosen Gasphasenabscheideverfahrens (Plasma-less

Chemical Vapor Deposition (PLCVD)), oder alternativ mittels anderer geeigneter Abscheideverfahren.

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

Gemäß einer Ausgestaltung können bei einer Barrierendünnschicht 118, die mehrere Teilschichten aufweist, alle Teilschichten mittels eines Atomlagenabscheideverfahrens gebildet werden. Eine Schichtenfolge, die nur ALD-Schichten aufweist, kann auch als „Nanolaminat" bezeichnet werden.

Gemäß einer alternativen Ausgestaltung können bei einer Barrierendünnschicht 118, die mehrere Teilschichten aufweist, eine oder mehrere Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 mittels eines anderen Abscheideverfahrens als einem Atomlagenabscheideverfahren abgeschieden werden, beispielsweise mittels eines Gasphasenabscheideverfahrens.

Die Barrierendünnschicht 118 kann gemäß einer Ausgestaltung eine Schichtdicke von ungefähr 0,1 nm (eine Atomlage) bis ungefähr 1000 nm aufweisen, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 10 nm bis ungefähr 100 nm gemäß einer Ausgestaltung, beispielsweise ungefähr 40 nm gemäß einer Ausgestaltung.

Gemäß einer Ausgestaltung, bei der die Barrierendünnschicht 118 mehrere Teilschichten aufweist, können alle Teilschichten dieselbe Schichtdicke aufweisen. Gemäß einer anderen Ausgestaltung können die einzelnen Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 unterschiedliche Schichtdicken aufweisen. Mit anderen Worten kann mindestens eine der Teilschichten eine andere Schichtdicke aufweisen als eine oder mehrere andere der Teilschichten.

Die Barrierendünnschicht 118 oder die einzelnen Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 können gemäß einer Ausgestaltung als transluzente oder transparente Schicht ausgebildet sein. Mit anderen Worten kann die Barrierendünnschicht 118 (oder die einzelnen Teilschichten der Barrierendünnschicht 118) aus einem transluzenten oder transparenten Material (oder einer Materialkombination, die transluzent oder transparent ist) bestehen.

Gemäß einer Ausgestaltung kann die Barrierendünnschicht 118 oder (im Falle eines Schichtenstapels mit einer Mehrzahl von Teilschichten) eine oder mehrere der Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 eines der nachfolgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen: Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid Lanthaniumoxid, Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Aluminium-dotiertes Zinkoxid, sowie Mischungen und Legierungen derselben. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Barrierendünnschicht 118 oder (im Falle eines Schichtenstapels mit einer Mehrzahl von Teilschichten) eine oder mehrere der Teilschichten der Barrierendünnschicht 118 ein oder mehrere hochbrechende Materialien aufweisen, anders ausgedrückt ein oder mehrere Materialien mit einem hohen Brechungsindex, beispielsweise mit einem Brechungsindex von mindestens 2.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann auf oder über der Verkapselung 118 ein Klebstoff und/oder ein Schutzlack 120 vorgesehen sein, mittels dessen beispielsweise eine Abdeckung 122 (beispielsweise eine Glasabdeckung 122) auf Verkapselung 118 befestigt, beispielsweise aufgeklebt ist. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die optisch transluzente Schicht aus Klebstoff und/oder Schutzlack 120 eine Schichtdicke von größer als 1 μm aufweisen, beispielsweise eine Schichtdicke von mehreren μm. In

verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Klebstoff einen Laminations-Klebstoff aufweisen oder ein solcher sein.

In die Schicht des Klebstoffs (auch bezeichnet als Kleberschicht) können in verschiedenen Ausführungsbeispielen noch lichtstreuende Partikel eingebettet sein, die zu einer weiteren Verbesserung des Farbwinkelverzugs und der Auskoppeleffizienz führen können. In verschiedenen Ausführungsbeispielen können als lichtstreuende Partikel beispielsweise dielektrische Streupartikel vorgesehen sein wie beispielsweise Metalloxide wie z.B. Siliziumoxid (SiO_2), Zinkoxid (ZnO), Zirkoniumoxid (ZrO2), Indium-Zinn-Oxid (ITO) oder Indium-Zink-Oxid (IZO), Galliumoxid (Ga_2O_a) 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 lichtstreuende Partikel vorgesehen sein.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann zwischen der zweiten Elektrode 108 und der Schicht aus Klebstoff und/oder Schutzlack 120 noch eine elektrisch isolierende Schicht (nicht dargestellt) aufgebracht werden oder sein, beispielsweise SiN, beispielsweise mit einer Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 300 nm bis ungefähr 1,5 μm, beispielsweise mit einer Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 500 nm bis ungefähr 1 μm, um elektrisch instabile Materialien zu schützen, beispielsweise während eines nasschemischen Prozesses.

Ferner ist darauf hinzuweisen, dass in verschiedenen Ausführungsbeispielen auch ganz auf einen Klebstoff 120 verzichtet werden kann, beispielsweise in Ausführungsformen, in denen die Abdeckung 122, beispielsweise aus Glas, mittels

beispielsweise Plasmaspritzens auf Verkapselung 118 aufgebracht wird.

Ferner können in verschiedenen Ausführungsbeispielen zusätzlich eine oder mehrere Entspiegelungsschichten (beispielsweise kombiniert mit der Verkapselung 118, beispielsweise der Dünnschichtverkapselung 118) in dem lichtemittierenden Bauelement 100 vorgesehen sein.

Wie in **Fig.2** dargestellt ist, kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen die erste organische funktionelle Schichtenstruktur 112 eine Lochinjektionsschicht 202 aufweisen, die auf oder über der ersten Elektrode 106 aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein kann.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Lochinjektionsschicht 202 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc, HTMO14:Cu(II)pFBz, αNPD:MoO_X, PEDOT:PSS, HT508;
- 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; und
- N, N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-benzidin.

Die Lochinjektionsschicht 202 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 1000 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 500 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 200 nm bis ungefähr 400 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 170 nm bis ungefähr 330 nm.

Auf oder über der Lochinjektionsschicht 202 kann eine erste Lochtransportschicht 204 aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein oder werden. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Lochtransportschicht 204 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- 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; und
- N, N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-benzidin.

Die erste Lochtransportschicht 204 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 30 nm, beispielsweise ungefähr 20 nm.

Auf oder über der Lochtransportschicht 204 kann eine erste Emitterschicht 206 aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein. Die Emittermaterialien, die beispielsweise für die erste Emitterschicht 206 vorgesehen sein können, sind oben beschrieben.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Emitterschicht 206 eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 70 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise ungefähr 30 nm.

Weiterhin kann auf oder über der ersten Emitterschicht 206 eine erste Elektronentransportschicht 208 angeordnet, beispielsweise abgeschieden, sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektronentransportschicht 208 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- NET-18
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);
- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);
- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;

- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;
- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und
- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

Die erste Elektronentransportschicht 208 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 30 nm, beispielsweise ungefähr 20 nm.

Weiterhin kann auf oder über der ersten Emitterschicht 206 eine erste Elektronentransportschicht 208 angeordnet, beispielsweise abgeschieden, sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Elektronentransportschicht 208 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- NET-18, NET-5, ETM033. ETM036, BCP, BPhen;
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);
- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);
- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;
- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und
- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

Die erste Elektronentransportschicht 208 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 15 nm bis ungefähr 40 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 30 nm.

Wie oben beschrieben worden ist, bilden die (optionale) Lochinjektionsschicht 202, die (optionale) erste Lochtransportschicht 204, die erste Emitterschicht 106, sowie die (optionale) erste Elektronentransportschicht 208 die erste organische funktionelle Schichtenstruktur 112.

Auf oder über der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur 112 ist eine Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (CGL) 114 angeordnet, die im Folgenden noch näher beschrieben wird.

Auf oder über der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur 114 kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 angeordnet sein.

Die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine zweite Lochtransportschicht 310 aufweisen (nicht dargestellt), wobei die zweite Lochtransportschicht 310 auch als lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtens 310 bezeichnet werden kann und als Teil der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur 114 angeordnet ist. Beispielsweise kann die zweite Lochtransportschicht 310 in körperlichem Kontakt 308 mit der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur 306 sein, anders ausgedrückt, sie teilen sich eine gemeinsame Grenzfläche.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Lochtransportschicht 310 bzw. lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtens 310 eines oder mehrere der folgenden Materialien oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindung aufweisen oder daraus bestehen: BaCuSF, BaCuTeF, NiO, Cu haltige Delafossite beispielsweise $CuMO_2$ (M = trivalentes Kation beispielsweise Al, Ga, In, oder ähnliches) CuO_2, $CuY_{1-x}Ca_xO_2$, $CuCr_{1-x}Mg_xO_2$, ZnM_2O_4 (M = Co, Rh, Rh, Ir, oder ähnliches), $SrCu_2O_2$, LaCuOM (M = S, Se, Te, oder ähnliches) oder auch Mg dotiertes $CuCrO_2$.

Als Erzeugungsmethode der Lochleiterschichten mit diesen Stoffen eignen sich gepulste Laserdeposition bei Raumtemperatur, Sputtern bei niedrigen Temperaturen oder gepulstes Magnetronsputtern.

Die zweite Lochtransportschicht 310 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 15 nm bis

ungefähr 40 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 30 nm.

Weiterhin kann die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 eine zweite Emitterschicht 210 aufweisen, die auf oder über der zweiten Lochtransportschicht 310 angeordnet sein kann. Die zweite Emitterschicht 210 kann die gleichen Emittermaterialien aufweisen wie die erste Emitterschicht 206. Alternativ können die zweite Emitterschicht 210 und die erste Emitterschicht 206 unterschiedliche Emittermaterialien aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Emitterschicht 210 derart eingerichtet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung, beispielsweise sichtbares Licht, gleicher Wellenlänge(n) emittiert wie die erste Emitterschicht 206. Alternativ kann die zweite Emitterschicht 210 derart eingerichtet sein, dass sie elektromagnetische Strahlung, beispielsweise sichtbares Licht, anderer Wellenlänge(n) emittiert als die erste Emitterschicht 206. die Emittermaterialien der zweiten Emitterschicht können Materialien sein, wie sie oben beschrieben worden sind.

Andere geeignete Emittermaterialien können selbstverständlich sowohl für die erste Emitterschicht 206 als auch für die zweite Emitterschicht 210 vorgesehen sein.

Weiterhin kann die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116 eine zweite Elektronentransportschicht 212 aufweisen, die auf oder über der zweiten Emitterschicht 210 angeordnet, beispielsweise abgeschieden, sein kann.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite Elektronentransportschicht 212 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- NET-18, NET-5, ETM033. ETM036, BCP, BPhen;
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);

- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);
- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;
- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und
- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

Die zweite Elektronentransportschicht 212 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 15 nm bis ungefähr 40 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 30 nm.

Ferner kann auf oder über der zweiten Elektronentransportschicht 212 eine Elektroneninjektionsschicht 214 aufgebracht, beispielsweise abgeschieden, sein.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektroneninjektionsschicht 214 eines oder mehrere der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen:

- NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF;
- 2,2',2" -(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole);
- 2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole,2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP);
- 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole;
- 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen);
- 3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole;
- Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-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)-anthracene;
- 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]-9,9-dimethylfluorene;
- 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazo-5-yl]benzene;
- 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline;
- Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)borane;
- 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline;

- Phenyl-dipyrenylphosphine oxide;
- Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide;
- Perylentetracarbonsäuredianhydrid bzw. dessen Imide; und
- Stoffen basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit.

Die Elektroneninjektionsschicht 214 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 200 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 50 nm, beispielsweise ungefähr 40 nm.

Wie oben beschrieben worden ist, bilden die (optionale) zweite Lochtransportschicht 310, die zweite Emitterschicht 210, die (optionale) zweite Elektronentransportschicht 212, sowie die (optionale) Elektroneninjektionsschicht 214 die zweite organische funktionelle Schichtenstruktur 116.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die organische elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 (also beispielsweise die Summe der Dicken von Lochtransportschicht(en) und Emitterschicht(en) und Elektronentransportschicht(en), etc.) 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 elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 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 elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 beispielsweise einen Stapel von zwei, drei oder vier direkt übereinander angeordneten OLEDs aufweisen, in welchem Fall beispielsweise die organische elektrolumineszente Schichtenstruktur 110 eine Schichtdicke aufweisen kann von maximal ungefähr 3 μm.

Das lichtemittierende Bauelement 100 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 lichtemittierenden Bauelements 100 weiter zu verbessern.

Auf oder über der organischen elektrolumineszenten Schichtenstruktur 110 oder gegebenenfalls auf oder über der einen oder den mehreren weiteren organischen Funktionsschichten kann die zweite Elektrode 108 (beispielsweise in Form einer zweiten Elektrodenschicht 108) aufgebracht sein, wie oben beschrieben worden ist.

In **Fig.3** ist in einer Querschnittansicht der Aufbau einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 114 gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen dargestellt.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtstruktur 114 eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 310, eine erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 und eine zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 aufweisen, wobei die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302

auf oder über der ersten Elektronentransportschicht 208 angeordnet sein kann, beispielsweise mit dieser in körperlichem Kontakt sein kann.

Die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 kann auf oder über der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 angeordnet sein, wobei optional zwischen diesen beiden Schichten 302, 306 eine Zwischenschicht 304 vorgesehen sein kann.

Auf oder über der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 kann die zweite Lochtransportschicht 310 bzw. die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 310 angeordnet sein oder werden und steht mit ihr im körperlichen Kontakt(in Fig. 3 bezeichnet mit Bezugszeichen 308).

Die zweite Lochtransportschicht 310 kann auch als lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 310 eingerichtet sein bzw. verstanden werden, indem Ladungsträgerpaare an der gemeinsamen Grenzfläche 308 der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 mit der Lochtransportschicht 310 getrennt werden.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtstruktur 114 um die Zwischenschicht 304 (auch bezeichnet als „Interlayer") zwischen den elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten 302, 306 erweitert werden, um den Verlauf der Bandstruktur zu verändern.

Beispielsweise kann die Zwischenschicht 304 Zustände in der Bandlücke der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichten 302, 306 erzeugen und die Ladungsträgerpaartrennung erleichtern.

Die Zwischenschicht 304 kann weiterhin eine Schichtinterdiffusion verhindern beispielsweise des Dotierstoffs oder des Matrixstoffes.

Anders als bei anorganischen Schichtenfolgen in Halbleiter-Bauelementen können organische Schichten partiell in andere organische Schichten interdiffundieren (partielle Schichtinterdiffusion), z.B. organische Teile der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 in eine organische erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtstruktur in einem optoelektronischen Bauelement 100, beispielsweise einer OLED.

Um die partielle Schichtinterdiffusion zu unterdrücken (das heißt anschaulich eine Barrierewirkung zu erreichen) kann zwischen die einzelnen organischen Schichten, z.B. zwischen die ersten elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 und die zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302, die Zwischenschicht 304 eingefügt werden oder eine der Schichten, d.h. die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 und/oder die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306, können einen anorganischen Stoff aufweisen oder daraus bestehen.

Weiterhin kann die Zwischenschicht eine Abreaktion der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 mit der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 verhindern, d.h. die Zwischenschicht 304 kann eine Reaktionsbarriere bilden.

Weiterhin kann die Zwischenschicht 304 die Grenzflächenrauheit zwischen der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 und der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 reduzieren, indem die Oberflächenrauheit der ersten

elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht mittels der Zwischenschicht 304 reduziert bzw. kompensiert wird.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 aus mehreren Stoffen, also beispielsweise einem Stoffgemisch, oder aus einem einzigen Stoff zusammengesetzt sein (aus diesem Grund kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 auch als undotierte zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 bezeichnet werden).

Der Stoff, der die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 bildet, das heißt beispielsweise der Stoff, aus dem die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 besteht, kann eine hohe Elektronenleitfähigkeit (beispielsweise eine Elektronenleitfähigkeit in einer Größenordnung beispielsweise besser als ungefähr 10^{-7} S/m, beispielsweise besser als ungefähr 10^{-6} S/m, beispielsweise besser als ungefähr 10^{-5} S/m aufweisen.

Weiterhin kann der Stoff der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 eine niedrige Austrittsarbeit (beispielsweise eine Austrittsarbeit von kleiner oder gleich ungefähr 3 eV) und eine geringe Absorption von sichtbarem Licht aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann als Stoff der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 jeder Stoff vorgesehen sein, das bzw. der diese genannten Bedingungen erfüllt, beispielsweise eine NET-18 Matrix mit NDN-26 Dotierstoff (Stoffgemisch) oder NDN-26, MgAg, Cs_2CO_3, Cs_3PO_4, Na, Ca, K, Mg, Cs, Li, LiF (Stoff).

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302

eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 3 nm bis ungefähr 100 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 90 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 80 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 30 nm bis ungefähr 70 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 40 nm bis ungefähr 60 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 50 nm.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 aus mehreren Stoffen, also beispielsweise einen Stoffgemisch, oder ebenfalls aus einem einzigen Stoff zusammengesetzt sein (aus diesem Grund kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 auch als undotierte erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 bezeichnet werden).

Der Stoff, der die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 bildet, das heißt beispielsweise der Stoff, aus dem die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 besteht, kann eine hohe Leitfähigkeit (beispielsweise eine Leitfähigkeit in einer Größenordnung von beispielsweise besser ungefähr 10^{-5} S/m , beispielsweise besser ungefähr 10^{-4} S/m, beispielsweise besser ungefähr 10^{-3} S/m.

Weiterhin kann der Stoff der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 eine hohe Austrittsarbeit, beispielsweise eine Austrittsarbeit in einem Bereich von ungefähr 3,5 eV bis ungefähr 5,5 eV, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 4,4 eV bis ungefähr 5,5 eV, und eine geringe Absorption von sichtbarem Licht aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann als Stoff der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 jedes Material bzw. jeder Stoff

vorgesehen sein, das bzw. der diese genannten Bedingungen erfüllt, beispielsweise HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 3 nm bis ungefähr 100 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10 nm bis ungefähr 90 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 80 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 30 nm bis ungefähr 70 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 40 nm bis ungefähr 60 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 50 nm.

Die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Stoff oder Stoffgemisch aufweisen mit hoher Leitfähigkeit und einem Leitungsband (Lowest Unoccupied Molecule Orbital, LUMO), das energetisch ungefähr gleich bezüglich des Valenzbandes (Highest Occupied Molecule Orbital, HOMO) der direkt oder indirekt benachbarten Lochtransportschicht 310 bzw. lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 310 und des Valenzbandes der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 ausgebildet ist. Anders ausgedrückt weist der Stoff oder das Stoffgemisch der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 ein LUMO auf, dass energetisch ungefähr auf der gleichen Höhe liegt wie das HOMO des Stoffs oder Stoffgemischs der Lochtransportschicht 310 und das HOMO der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302.

Das Ladungsträgerpaar wird an der gemeinsamen Grenzfläche 308 der Lochtransportschicht 310 mit der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306

erzeugt und getrennt derart, dass das Loch des erzeugten Ladungsträgerpaares in der Lochtransportschicht 310 zur Emitterschicht 210 der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur 116 transportiert wird und wobei das Elektron des erzeugten Ladungsträgerpaares mittels erster elektronenleitender Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 und zweiter Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 zur ersten Emitterschicht 206 der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur 112 transportiert wird. Mit anderen Worten, die Lochtransportschicht 310 kann zusätzlich als lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 310 eingerichtet sein.

Die Zwischenschicht 304 kann eine Schichtdicke aufweisen in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 200 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 3 nm bis ungefähr 100 nm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 5 nm bis ungefähr 10 nm, beispielsweise eine Schichtdicke von ungefähr 6 nm. Die Ladungsträgerleitung durch die Zwischenschicht 304 kann direkt oder indirekt erfolgen.

Der Stoff oder das Stoffgemisch der Zwischenschicht 304 kann bei einer indirekten Ladungsträgerleitung ein elektrischer Isolator sein. Das HOMO des elektrisch isolierenden Stoffes der Zwischenschicht 304 kann höher als das LUMO der direkt benachbarten ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306 und höher als das HOMO der direkt benachbarten zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302 sein. Dadurch kann ein Tunnelstrom durch die Zwischenschicht 304 erfolgen.

Geeignete Stoff für die Zwischenschicht 304 können beispielsweise sein: NET-39, Phthalocyanin-Derivate, beispielsweise unsubstituiertes Phthalocyanin; beispielsweise Metalloxid-Phthalocyanin Verbindungen, beispielsweise Vanadiumoxid-Phthalocyanin (VOPc), Titanoxid-Phthalocyanin (TiOPc); beispielsweise Metall-Phthalocyanin-Derivate,

beispielsweise Kupfer-Phthalocyanin (CuPc), (H_2Pc), Kobalt-Phthalocyanin (CoPc), Aluminium-Phthalocyanin (AlPc), Nickel-Phthalocyanin (NiPc), Eisen-Phthalocyanin (FePc), Zink-Phthalocyanin (ZnPc) oder Mangan-Phthalocyanin (MnPC).

In einer ersten konkreten Implementierung verschiedener Ausführungsbeispiele, die jedoch keinerlei einschränkenden Charakter aufweisen soll, kann die oben beschriebene Schichtenstruktur folgende Schichten aufweisen:

- Elektronentransportschicht 208:
  NET-18 mit einer Schichtdicke von ungefähr 10 nm
- zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302:
  NET-18 dotiert mit NDN-26, beispielweise mit einer Konzentration von ungefähr 8 % bezüglich des Volumens des Stoffgemisches, mit einer Schichtdicke von ungefähr 50 nm; und
- erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306:
  HAT-CN mit einer Schichtdicke von ungefähr 5 nm.
- Lochtransportschicht 310:
  $CuGaO_2$ mit einer Schichtdicke von ungefähr 50 nm.

In einer zweiten konkreten Implementierung verschiedener Ausführungsbeispiele, die jedoch keinerlei einschränkenden Charakter aufweisen soll, weist die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur 114 mit angrenzender Lochtransportschicht 310 und Elektronentransportschicht 208 folgende Schichten auf:

- Elektronentransportschicht 208:
  NET-18 mit einer Schichtdicke von ungefähr 10 nm
- zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 302:
  NET-18 dotiert mit NDN-26, beispielweise mit einer Konzentration von ungefähr 8 % bezüglich des Volumens des Stoffgemisches, mit einer Schichtdicke von ungefähr 50 nm; und

- erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht 306:
  HAT-CN mit einer Schichtdicke von ungefähr 5 nm.
- Lochtransportschicht 310:
  $SrCu_2O_2$ mit einer Schichtdicke von ungefähr 50 nm.

Ein Vorteil dieses Ansatzes gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen kann darin gesehen werden, dass durch die Verwendung eines transparenten, anorganischen, intrinsisch lochleitenden Stoff oder transparenten, anorganischen, intrinsisch lochleitenden Stoffgemisches für die Lochtransportschicht, optoelektronische Bauelemente thermisch stabiler und effizienter werden und höhere Feldstärken aushalten können, beispielsweise Spannungsspitzen beim Einschalten des optoelektronischen Bauelementes oder bei Stromüberhöhung. Die verwendeten anorganischen Stoffe oder Stoffgemische für die Lochtransportschicht zeichnen sich gegenüber bisher verwendeten organischen Stoff oder Stoffgemischen durch eine hohe erreichbare Ladungsträgerdichte, niedrige Austrittsarbeit und häufig starken Grenzflächendipolen aus. Letztere führen zu einer hohen eingebauten Spannung und einer günstigen Bandanpassung für die Ladungsträgertrennung an der Grenzfläche der Lochtransportschicht mit der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht. Dies reduziert den Spannungsabfall über der Lochtransportschicht und erhöht somit die Effizienz des optoelektronischen Bauelementes. Bei einer herkömmlichen organischen Lochtransportschicht kommt es zudem zu Schichtinterdiffusion an der organisch-organischen Grenzfläche der Lochtransportschicht mit der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht, beispielsweise beim häufig verwendeten αNPD mit relativ niedriger Glasübergangstemperatur als organischer Stoff der Lochtransportschicht. Dies reduziert die Stromdichte bei angelegter Spannung zunehmend mit zunehmender Betriebszeit. Dadurch wird die Betriebsdauer des optoelektronischen Bauelementes reduziert.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement (100), aufweisend:
   - eine erste organische funktionelle Schichtenstruktur (112);
   - eine zweite organische funktionelle Schichtenstruktur (116); und
   - eine Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) zwischen der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur (112) und der zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur (116),
   - wobei die Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) eine lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) und eine erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) aufweist; und
   - wobei die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) einen anorganischen Stoff oder ein anorganisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist, und wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) einen organischen Stoff oder ein organisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist; und
   - wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (304) einen organischen, intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweist oder daraus gebildet ist.

2. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend eine zweite elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (302) auf oder über der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306).

3. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 2, ferner aufweisend:

eine Zwischenschicht (304) zwischen der ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) und der zweiten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (302).

4. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 1 bis 3,
wobei der anorganische lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) einen anorganischen, intrinsisch lochleitenden Stoff aufweist oder daraus gebildet ist.

5. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) BaCuSF, BaCuSeF und/oder BaCuTeF oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweist oder daraus gebildet ist.

6. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) NiO und/oder $AgCoO_2$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindung aufweist oder daraus gebildet ist.

7. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) ein oder mehrere kupferhaltige Delafossite aufweist oder daraus gebildet ist.

8. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei das kupferhaltige Delafossit oder die kupferhaltigen Delafossite ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe der $CuAlO_2$, $CuGaO_2$, $CuInO_2$, $CuTlO_2$, $CuY_{1-x}Ca_xO_2$, $CuCr_{1-x}Mg_xO_2$ und/oder CuO_2 oder eine

stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweist oder daraus gebildet ist.

9. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe $ZnCo_2O_4$, $ZnRh_2O_4$ und/oder $ZnIr_2O_4$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindungen aufweist oder daraus gebildet ist.

10. Optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) $SrCu_2O_2$ oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindung aufweist oder daraus gebildet ist.

11. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 4, wobei der anorganische, intrinsisch lochleitende Stoff der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) ein oder mehrere Stoffe der Stoffgruppe LaCuOS, LaCuOSe und/oder LaCuOTe oder eine stöchiometrische Variante dieser Verbindung aufweist oder daraus gebildet ist.

12. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 1 bis 11, wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (304) einen organischen, intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweist oder daraus gebildet ist.

13. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß Anspruch 12, wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (304) einen organischen, intrinsisch elektronenleitenden Stoff aufweist aus der Gruppe von

Stoffen: HAT-CN, Cu(I)pFBz, MoO_X, WO_X, VO_X, ReO_X, F4-TCNQ, NDP-2, NDP-9, Bi(III)pFBz, F16CuPc.

14. Optoelektronisches Bauelement (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13,
wobei das optoelektronisches Bauelement (100) als organische Leuchtdiode (100) ausgebildet wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelementes (100), das Verfahren aufweisend:
- Bilden einer ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur (112);
- Bilden einer Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) über oder auf der ersten organischen funktionellen Schichtenstruktur (112);
- Bilden einer zweiten organischen funktionellen Schichtenstruktur (116) über oder auf der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (112);
- wobei das Bilden der Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schichtenstruktur (114) das Bilden einer lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) und das Bilden einer ersten elektronenleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) aufweist;
wobei die lochleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) einen anorganischen Stoff oder ein anorganisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet wird, und wobei die erste elektronenleitende Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (306) einen organischen Stoff oder ein organisches Stoffgemisch aufweist oder daraus gebildet ist.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15,
wobei das Bilden der lochleitenden Ladungsträgerpaar-Erzeugungs-Schicht (310) mittels Abscheidens des anorganischen lochleitenden Stoffes oder des anorganischen lochleitenden Stoffgemisches eine Temperatur kleiner ungefähr 100 °C aufweist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16,
wobei das optoelektronische Bauelement (100) als eine organische Leuchtdiode (100) hergestellt wird.

FIG 1

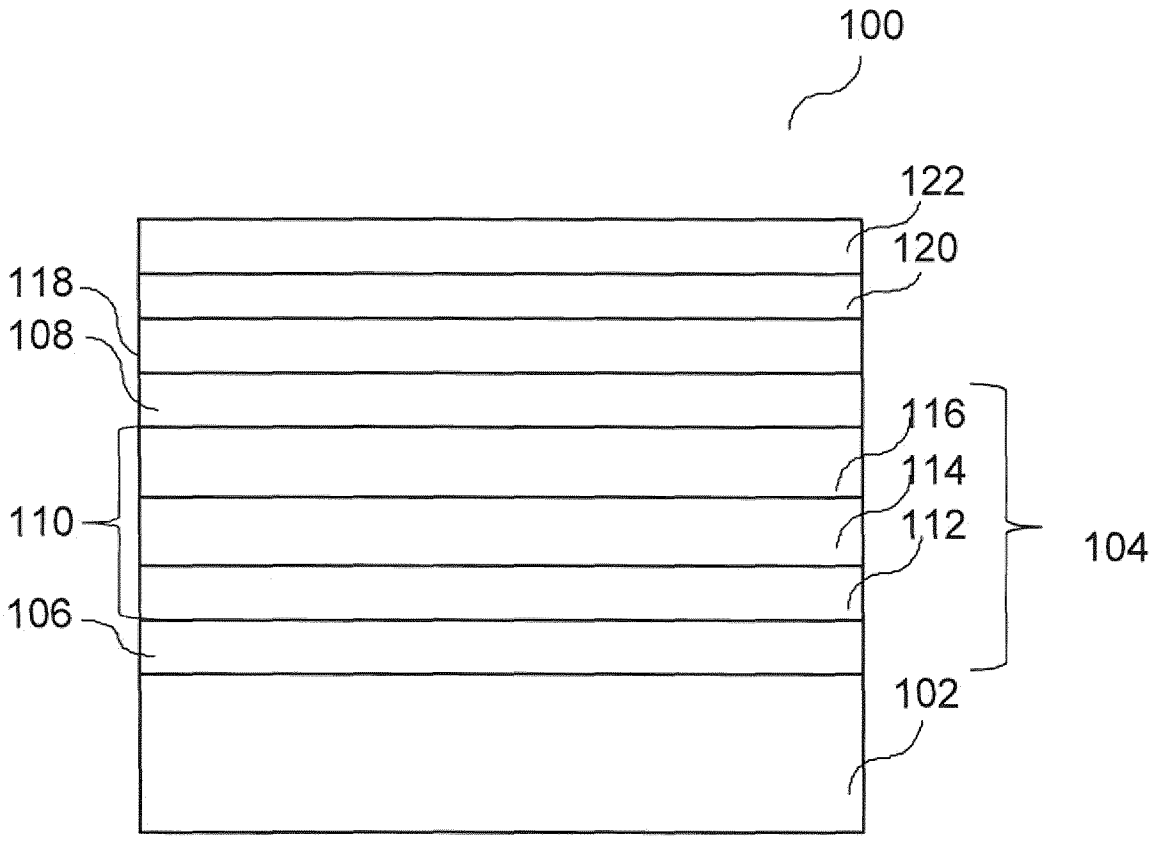


FIG 2

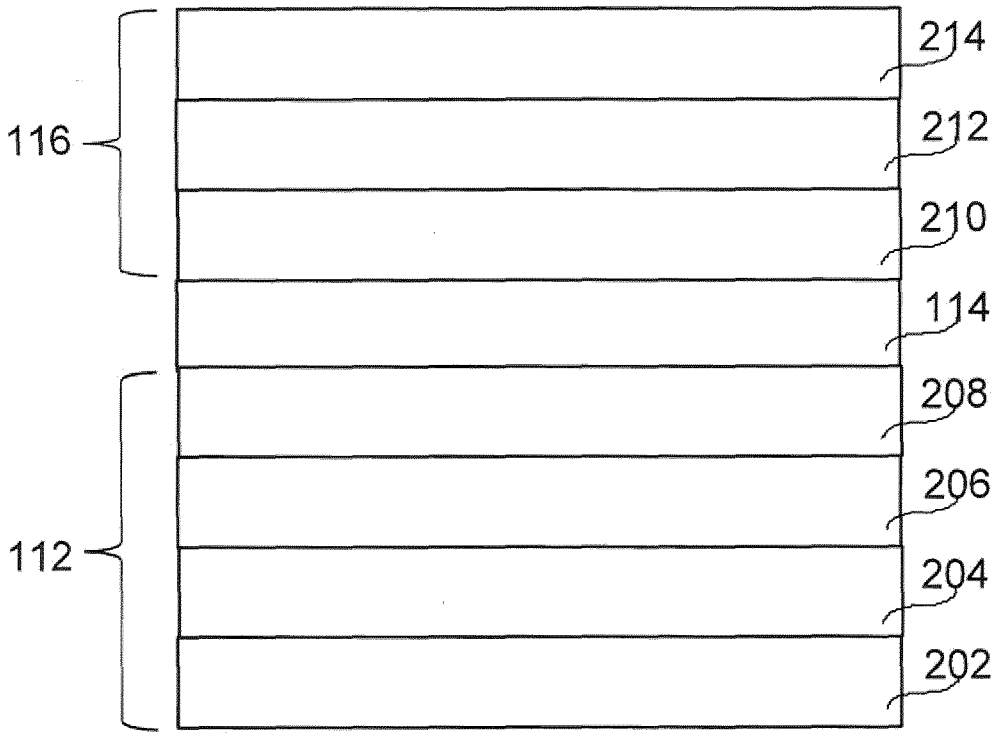
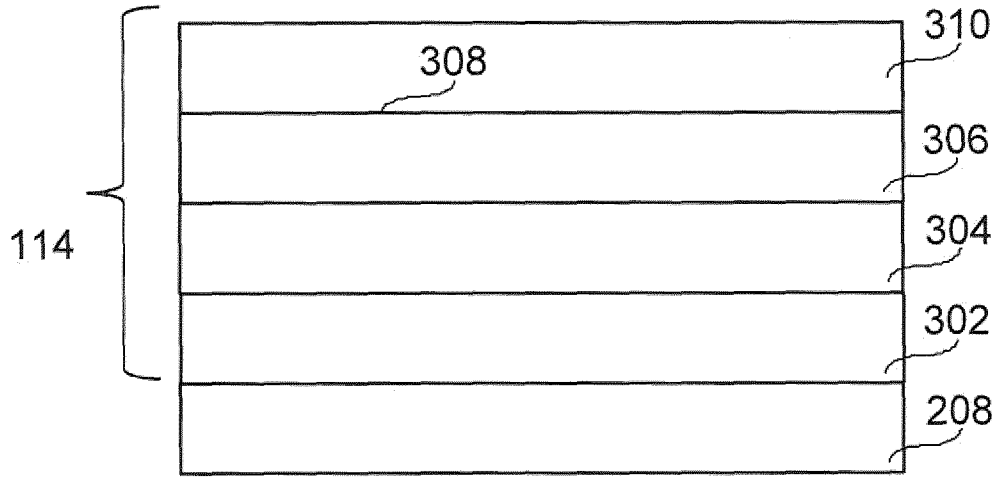


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/063715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L51/54 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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 366 753 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB [JP]) 21 September 2011 (2011-09-21) paragraph [0088] - paragraph [0090]; figure 6 paragraph [0106] - paragraph [0108]; figure 7	1,2,4, 12-17
X	US 2012/012820 A1 (ENDO JUN [JP] ET AL) 19 January 2012 (2012-01-19) page 16; table 1 page 19; table 3 paragraphs [0142], [0149] figure 1	1-4, 12-15,17
X Y	US 2008/297036 A1 (NOH TAE-YONG [KR] ET AL) 4 December 2008 (2008-12-04) paragraph [0043]; figure 1	1,4, 12-15,17 2

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
31 October 2013	08/11/2013

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	Pusch, Catharina

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2009 016957 A1 (UNIV DRESDEN TECH [DE]) 16 December 2010 (2010-12-16) paragraph [0057]; figure 1 -----	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/063715

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2366753 A1	21-09-2011	EP 2366753 A1	21-09-2011
		JP 2011204673 A	13-10-2011
		KR 20110099645 A	08-09-2011
		US 2011215714 A1	08-09-2011
US 2012012820 A1	19-01-2012	NONE	
US 2008297036 A1	04-12-2008	KR 20080105640 A	04-12-2008
		US 2008297036 A1	04-12-2008
DE 102009016957 A1	16-12-2010	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/063715

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L51/54 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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 366 753 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LAB [JP]) 21. September 2011 (2011-09-21) Absatz [0088] - Absatz [0090]; Abbildung 6 Absatz [0106] - Absatz [0108]; Abbildung 7	1,2,4, 12-17
X	US 2012/012820 A1 (ENDO JUN [JP] ET AL) 19. Januar 2012 (2012-01-19) Seite 16; Tabelle 1 Seite 19; Tabelle 3 Absätze [0142], [0149] Abbildung 1	1-4, 12-15,17
X Y	US 2008/297036 A1 (NOH TAE-YONG [KR] ET AL) 4. Dezember 2008 (2008-12-04) Absatz [0043]; Abbildung 1	1,4, 12-15,17 2
Y	DE 10 2009 016957 A1 (UNIV DRESDEN TECH [DE]) 16. Dezember 2010 (2010-12-16) Absatz [0057]; Abbildung 1	2

☐ 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
31. Oktober 2013	08/11/2013

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	Pusch, Catharina

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/063715

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2366753 A1	21-09-2011	EP 2366753 A1	21-09-2011
		JP 2011204673 A	13-10-2011
		KR 20110099645 A	08-09-2011
		US 2011215714 A1	08-09-2011
US 2012012820 A1	19-01-2012	KEINE	
US 2008297036 A1	04-12-2008	KR 20080105640 A	04-12-2008
		US 2008297036 A1	04-12-2008
DE 102009016957 A1	16-12-2010	KEINE	