

(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
2. Oktober 2014 (02.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/154759 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/50 (2006.01) *H01L 51/52* (2006.01)
H01L 51/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/056078
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2014 (26.03.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 103 156.0 27. März 2013 (27.03.2013) DE
- (71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder: **DIEZ, Carola**; Liskircherstr. 11, 93049
Regensburg (DE). **RAUSCH, Andreas**; Regerstr. 8 a,
93053 Regensburg (DE). **LANG, Erwin**; Bernhard-
Suttner-Weg 2, 93051 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**;
Zusammenschluss Nr. 175, Schloßschmidstr. 5, 80639
München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

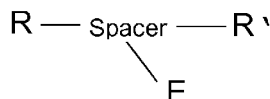
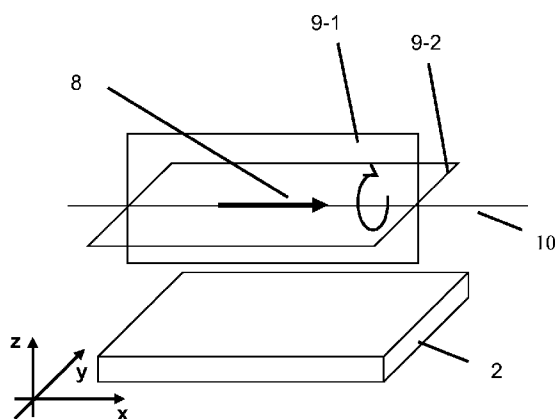
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION-EMITTING ORGANIC-ELECTRONIC DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING A RADIATION-EMITTING ORGANIC-ELECTRONIC DEVICE

(54) Bezeichnung : STRALUNGSEMITTIERENDE ORGANISCH-ELEKTRONISCHE VORRICHTUNG UND VERFAHREN
ZUR HERSTELLUNG EINER STRALUNGSEMITTIERENDEN ORGANISCH-ELEKTRONISCHEN VORRICHTUNG

FIG 2



(57) **Abstract:** A radiation-emitting organic-electronic device is specified. The radiation-emitting organic-electronic device comprises - a substrate, - a first electrode arranged above the substrate, - a light-emitting layer arranged above the first electrode, - a second electrode arranged above the light-emitting layer. The light-emitting layer comprises a fluorescent compound of the following formula A: formula A wherein R denotes an electron-withdrawing substituent and R' denotes an electron-donating substituent. The spacer comprises a linear molecular chain to which the two substituents R and R' are terminally bonded, and at least one group E bonded to the linear molecular chain, wherein E denotes hydrogen and/or an organic radical. The linear molecular chain of the molecules of the fluorescent compound is aligned parallel to the plane of extent of the substrate.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine strahlungsemitierende
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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)

organisch-elektronische Vorrichtung angegeben. Die strahlungsemitierende organischelektronische Vorrichtung umfasst -ein Substrat, -eine erste Elektrode angeordnet über dem Substrat, -eine lichtemittierende Schicht angeordnet über der ersten Elektrode, -eine zweite Elektrode angeordnet über der lichtemittierenden Schicht. Die lichtemittierende Schicht umfasst eine fluoreszierende Verbindung folgender Formel A: Formel A wobei R für einen elektronenziehenden Substituent und R' für einen elektronenschiebenden Substituent stehen. Der Spacer umfasst eine lineare Molekülkette an die die beiden Substituenten R und R' endständig angebunden sind und zumindest eine an die lineare Molekülkette gebundene Gruppe E, wobei E für Wasserstoff und/oder einen organischen Rest steht. Die lineare Molekülkette der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung ist parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet.

Beschreibung

Strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung
und Verfahren zur Herstellung einer strahlungsemittierenden
5 organisch-elektronischen Vorrichtung

Die Erfindung betrifft eine strahlungsemittierende organisch-
elektronische Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung
einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen
10 Vorrichtung.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 10 2013 103 156.0, deren Offenbarungsgehalt
hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

15

Die externe Quanteneffizienz strahlungsemittierender
organisch-elektronischer Vorrichtungen wird definiert durch
das Verhältnis aus in die Umgebung ausgekoppelten Photonen zu
den injizierten Elektronenlochpaaren (Exzitonen). Die externe
20 Quanteneffizienz kann mit folgender Formel beschrieben
werden:

$$\eta_{\text{ext}} = \gamma \times \eta_{\text{S/T}} \times q_{\text{eff}} \times \eta_{\text{out}}$$

25 Dabei ist γ der Ladungsträgergleichgewichtsfaktor, der das
Verhältnis zwischen injizierten Elektronen und Löchern
angibt, die gemeinsam Exzitonen bilden. Der Faktor $\eta_{\text{S/T}}$ gibt
den Anteil der Exzitonen an, die strahlend zerfallen können
und wird als Exzitonenbildungseffizienz beziehungsweise als
30 Singulett-Triplett Verhältnis bezeichnet. In fluoreszierenden
Verbindungen ist dieser Wert aufgrund der Spin-Auswahlregel
auf maximal 25 % begrenzt. Durch den Einsatz
phosphoreszierender Verbindungen kann dieser Wert theoretisch

vervierfacht werden. η_{eff} bezeichnet die effektive interne Quanteneffizienz, die den Anteil der Exzitonen beschreibt, die strahlend rekombinieren. Der Faktor η_{out} gibt an, welcher Anteil der erzeugten Photonen die strahlungsemittierende
5 organisch-elektronische Vorrichtung verlassen kann und wird als Auskoppel-effizienz bezeichnet. Die externe Quanteneffizienz η_{ext} von strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtungen, insbesondere organischer Leuchtdioden (OLEDs) wird somit sowohl durch die Art des
10 eingesetzten Emitters, als auch zum großen Teil durch optische Parameter bestimmt.

Zu den optischen Effekten, die die Effizienz der Lichtauskopplung aus der Vorrichtung reduzieren, gehören
15 Einkoppelverluste in das Substrat, Anregung von Wellenleitermoden in verschiedenen Schichten einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung, Absorptionsverluste und Verluste durch Anregung von Plasmonen (Elektronendichteschwingungen) an metallischen Elektroden.
20 Dies hat zur Folge, dass nur etwa 20 % der erzeugten Photonen nach außen emittiert werden, das heißt die externe Quanteneffizienz ist, bei Annahme einer effektiven internen Quanteneffizienz von 100 %, also auch bei Verwendung phosphoreszierender Triplett Emitter, auf ungefähr 20 %
25 beschränkt. Werden fluoreszierende Singulett Emitter eingesetzt, verringert sich mit der effektiven internen Quanteneffizienz auch die theoretisch erreichbare externe Quanteneffizienz auf ungefähr 5 %. Etwa 30 % der in einer lichtemittierenden Schicht einer strahlungsemittierenden
30 organisch-elektronischen Vorrichtung erzeugten Photonen gehen durch die Erzeugung von Oberflächenplasmonen an einer metallischen Elektrode für die Abstrahlung in die Umgebung verloren.

Zur Erhöhung der externen Quanteneffizienz sind beispielsweise Maßnahmen bekannt, das durch ein Substrat geführte Licht effizienter auszukoppeln. Hierzu werden beispielsweise auf der Substrataußenseite Folien mit

5 Streupartikeln oder Folien mit Oberflächenstrukturen wie etwa Mikrolinsen oder Prismen verwendet. Es ist auch bekannt, eine direkte Strukturierung der Substrataußenseite vorzusehen oder Streupartikel in das Substrat einzubringen. Einige dieser Ansätze, beispielsweise die Verwendung von Streufolien, werden bereits kommerziell eingesetzt und können insbesondere bei als Beleuchtungsmodulen ausgeführten OLEDs bezüglich der Abstrahlfläche hochskaliert werden. Jedoch haben diese Ansätze zur Lichtauskopplung die wesentlichen Nachteile, dass die Auskoppel-effizienz auf etwa 60-70% des im Substrat geleiteten Lichts begrenzt ist und dass das Erscheinungsbild der OLED wesentlich beeinflusst wird, da durch die aufgetragenen Schichten oder Filme eine milchige, diffus reflektierende Oberfläche erzeugt wird. Nachteil dieser Verfahren sind auch teils hohe Kosten und komplizierte Produktionsverfahren. Zur Erhöhung der internen Lichtauskopplung sind beispielsweise Maßnahmen bekannt, Streuschichten zwischen dem Substrat und einer ITO-Anode anzuordnen oder die Substratoberfläche über der eine ITO Anode angeordnet ist, aufzurauen.

25

Mit den bisher beschriebenen Maßnahmen ist es jedoch nicht möglich, den Anteil des in der lichtemittierenden Schicht einer OLED erzeugten Lichts, der durch die Anregung von Plasmonen für die Auskopplung verloren geht, zu minimieren und gleichzeitig bei Einsatz fluoreszierender Emitter alle oder nahezu alle gebildeten Exzitonen, also Singulett und Triplet Exzitonen für die Lichtemission zu nutzen.

30

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung anzugeben, bei der die externe Quanteneffizienz gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein im Vergleich zum Stand der Technik kostengünstiges und vereinfachtes Verfahren zur Herstellung einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung mit verbesserter externer Quanteneffizienz anzugeben.

10

Diese Aufgabe wird durch die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung und das Verfahren zu deren Herstellung gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen sowie Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

15

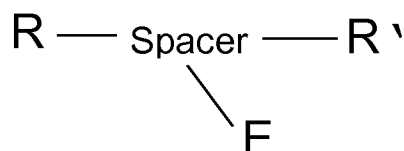
Gemäß einer Ausführungsform wird eine strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung angegeben. Die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung umfasst

20

- ein Substrat,
- eine erste Elektrode angeordnet über dem Substrat,
- eine lichtemittierende Schicht angeordnet über der ersten Elektrode,
- eine zweite Elektrode angeordnet über der lichtemittierenden Schicht. Die lichtemittierende Schicht umfasst eine fluoreszierende Verbindung folgender Formel A

25

30



5

Formel A

wobei R für einen elektronenziehenden Substituent und R' für einen elektronenschiebenden Substituent stehen. Der Spacer umfasst eine Molekülkette an die die beiden Substituenten R und R' endständig angebunden sind und zumindest eine an die Molekülkette gebundene Gruppe E. Dass die beiden Substituenten R und R' endständig an die Molekülkette angebunden sind, bedeutet, dass die Molekülkette die Substituenten R und R' miteinander verbindet. E umfasst Wasserstoff und/oder einen organischen Rest. Der organische Rest kann eine Alkylgruppe, eine Aminogruppe, eine Hydroxygruppe, eine Estergruppe und/oder eine Ethergruppe sein. Vorzugsweise handelt es sich bei dem organischen Rest um eine Alkylgruppe. Vorzugsweise handelt es sich bei der zumindest einen an die Molekülkette gebundene Gruppe E um Wasserstoff.

Vorzugsweise ist die Molekülkette eine lineare Molekülkette. Die Atome der linearen Molekülkette liegen vorzugsweise in einer Ebene. Die zumindest eine an die Molekülkette gebundene Gruppe E kann aus der Ebene herausragen. Vorzugsweise liegt auch die zumindest eine an die Molekülkette gebundene Gruppe E in der Ebene der linearen Molekülkette, so dass alle Atome des Spacers in einer Ebene liegen.

30

In einer Ausführungsform ist die lineare Molekülkette ungesättigt. Insbesondere weist die lineare Molekülkette alternierende Aromaten, Heteroaromaten und/oder CC-

Doppelbindungen auf. Bevorzugt besteht die lineare Molekülkette aus alternierende Aromaten, Heteroaromaten und/oder CC-Doppelbindungen, wobei die an der linearen Molekülkette beteiligten Atome in einer Ebene liegen. Bei der
5 zumindest einen an die Molekülkette gebunden Rest E handelt es sich in dieser Ausführungsform um die Substituenten der Aromaten, Heteroaromaten und/oder CC-Doppelbindungen. Vorzugsweise liegt auch die zumindest eine an die lineare Molekülkette gebundene Gruppe E in der Ebene der linearen
10 Molekülkette, so dass alle Atome des Spacers in einer Ebene liegen.

Die fluoreszierende Verbindung der Formel A zeichnet sich durch ihre lineare Molekülkette aus. Die Struktur der
15 fluoreszierenden Verbindung in der lichtemittierenden Schicht ermöglicht es, dass die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet sind. Befinden sich die Atome der linearen Molekülkette in einer Ebene,
20 bedeutet die Ausrichtung der linearen Molekülkette parallel zur Erstreckungsebene des Substrats, dass die Molekülebene jeder linearen Molekülkette parallel bis senkrecht zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet sein kann.

25 Im Betrieb der Vorrichtung weisen die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung jeweils einen Singulett-Grundzustand S_0 , einen mit einem Singulett Exziton besetzten angeregten Singulett-Zustand S_1 und einen mit Triplett Exzitonen angeregten Triplett-Zustand T_1 auf. Der
30 Triplett Zustand T_1 setzt sich aus drei Unterzuständen zusammen. Durch den Übergang des Singulett Exzitons aus dem S_1 -Zustand in den Singulett-Grundzustand S_0 kann Strahlung emittiert werden.

Durch die parallele Ausrichtung der linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung zur Ersteckungsebene des Substrats sind auch die Übergangsdipolmomente der S_1 - S_0 Übergänge der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel zur Ersteckungsebene des Substrats ausgerichtet. Die Orientierung der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung und damit auch die Orientierung der Übergangsdipolmomente können mit optischen Messmethoden bestimmt werden, wie in D. Yokoyama et al., Organic Electronics 10, 2009, 127-137; M. Flämmich et al., Organic Electronics 11, 2010, 1039-1046; J. Frischeisen et al., Organic Electronics 12, 2011, 809-817 beschrieben.

Gemäß einer Ausführungsform werden die energetisch niedrigsten angeregten Zustände der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung im Betrieb der Vorrichtung unterschiedlich besetzt. Die gemäß der Spin-Statistik gebildeten 25% Singulett-Exzitonen besetzen in den Molekülen jeweils den niedrigsten Singulett-Zustand S_1 , die zu 75% gebildeten Triplett-Exzitonen besetzen den aus drei Unterzuständen bestehenden niedrigsten Triplett-Zustand T_1 , welcher energetisch unter dem S_1 liegt. Durch den strahlenden Übergang der Singulett Exzitonen aus dem S_1 -Zustand in den Singulett-Grundzustand S_0 kann im Betrieb der Vorrichtung Strahlung emittiert werden. Der energetische Abstand zwischen den Zuständen S_1 und T_1 ist erfindungsgemäß so klein, dass der S_1 Zustand aus dem T_1 Zustand gemäß einer Boltzmannverteilung effizient thermisch rückbesetzt werden kann. Dadurch können neben den 25% Singulett-Exzitonen auch die 75% Triplett-Exzitonen für die Lichtemission genutzt werden.

Gemäß einer Ausführungsform sind die Übergangsdipolmomente des Übergangs der Singulett Exzitonen aus dem S_1 -Zustand in den S_0 -Grundzustand der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet.

Durch die Ausrichtung der Übergangsdipolmomente parallel zur Erstreckungsebene des Substrats wird der Verlust der emittierten Strahlung durch Plasmonenanregung verhindert oder zumindest weitgehend verhindert.

Unter einem Plasmon wird eine Ladungsträgerdichteschwingung an der Grenzfläche einer metallischen Elektrode und eines angrenzenden Dielektrikums, also einer organischen Schicht verstanden. Die organische Schicht kann beispielsweise die lichtemittierende Schicht oder eine Ladungsträgerinjektionsschicht sein. Durch die emittierte Strahlung können freie Ladungsträger, insbesondere Elektronen in der metallischen Elektrode zu

Ladungsträgerdichteschwingungen angeregt werden. Damit geht ein Teil der emittierten Strahlung durch die Anregung verloren und kann somit nicht mehr aus der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung nach außen ausgekoppelt werden. Insbesondere bezeichnen Plasmonen (präziser Oberflächenplasmonenpolaritonen) hierbei longitudinale Ladungsträgerdichteschwingungen die parallel zur Erstreckungsebene einer Oberfläche einer metallischen Elektrode an dieser Oberfläche auftreten.

Oberflächenplasmonen können dabei insbesondere an der der in der lichtemittierenden Schicht zugewandten Oberfläche dieser metallischen Elektrode erzeugt werden. Plasmonen werden von einer emittierten Strahlung angeregt, die aus Übergängen mit einem Übergangsdipolmoment resultiert, das senkrecht zur

Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet ist. Durch die parallele Ausrichtung bzw. die weitgehend parallele Ausrichtung der Übergangsdipolmomente der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung zu der Erstreckungsebene des Substrats kann somit die Plasmonenanregung unterdrückt beziehungsweise weitgehend unterdrückt werden.

Dass eine Schicht oder ein Element "auf" oder "über" einer anderen Schicht oder einem anderen Element angeordnet oder aufgebracht ist, kann dabei hier und im Folgenden bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element unmittelbar in direktem mechanischen und/oder elektrischen Kontakt auf der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Weiter kann es auch bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element mittelbar auf beziehungsweise über der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Dabei können dann weitere Schichten und/oder Elemente zwischen der einen oder der anderen Schicht beziehungsweise zwischen dem einen oder dem anderen Element angeordnet sein.

Durch den elektronenziehenden Substituent R und den elektronenschiebenden Substituent R' weisen die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung im Grundzustand ein permanentes Dipolmoment auf.

In einer Ausführungsform sind die permanenten Dipolmomente der Moleküle der Verbindung der Formel A im Grundzustand parallel zur Erstreckungsebene des Substrats angeordnet. Da die permanenten Dipolmomente der Moleküle im Grundzustand näherungsweise mit den Übergangsdipolmomenten der S_1 - S_0 Übergänge korrelieren, kann so eine Ausrichtung der Übergangsdipolmomente parallel zur Erstreckungsebene des Substrats gewährleistet werden.

Gemäß einer Ausführungsform sind die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung in der lichtemittierenden Schicht parallel zueinander ausgerichtet.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform ist die lichtemittierende Schicht erhältlich durch ein Verdampfen der fluoreszierenden Verbindung im Vakuum und eine Abscheidung über der ersten Elektrode. Die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung und damit die
- 10 Übergangsdipolmomente der S_1 - S_0 Übergänge werden parallel zur Erstreckungsebene des Substrats abgeschieden.

- Gemäß einer Ausführungsform ist die lichtemittierende Schicht erhältlich durch ein Aufbringen der fluoreszierenden
- 15 Verbindung in Lösung über der ersten Elektrode, beispielsweise durch Spin-Coating, Sprüh- oder Druckverfahren. Die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung und damit die
- Übergangsdipolmomente der S_1 - S_0 Übergänge werden parallel zur
- 20 Erstreckungsebene des Substrats abgeschieden.

- Betrachtet man die Komponenten der Übergangsdipolmomente der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel ($\mu_{||}$) und senkrecht ($\mu_{\perp}$) zur Erstreckungsebene des Substrats, so
- 25 beträgt das Verhältnis $\mu_{||}/\mu_{\perp}$ der Beträge dieser beider Komponenten gemäß einer Ausführungsform mehr als 2:1 , bevorzugt mehr als 5:1, besonders bevorzugt mehr als 10:1 und ganz besonders bevorzugt mehr als 20:1.

- 30 Gemäß einer Ausführungsform besteht die lichtemittierende Schicht aus der fluoreszierenden Verbindung.

Die lichtemittierende Schicht kann auch zwei oder mehrere fluoreszierende Verbindungen der Formel A umfassen oder daraus bestehen.

- 5 In einer Ausführungsform wird durch den Übergang der Singulett Exzitonen vom S_1 -Zustand zu dem S_0 -Zustand im Betrieb der Vorrichtung eine Strahlung im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums, beispielsweise im blauen, grünen oder roten Spektralbereich emittiert.

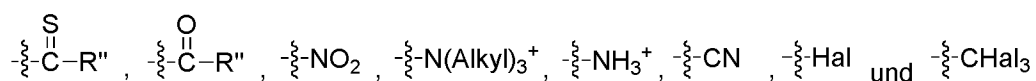
10

- In einer Ausführungsform umfasst die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung zumindest eine weitere lichtemittierende Schicht. Beispielsweise umfasst die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung
15 eine erste lichtemittierende Schicht, die Strahlung im blauen Wellenlängenbereich emittiert, eine zweite lichtemittierende Schicht, die Strahlung im grünen Wellenlängenbereich emittiert und eine dritte lichtemittierende Schicht, die Strahlung im roten Wellenlängenbereich emittiert. Die nach
20 außen abgestrahlte Strahlung kann einen weißfarbigen Leuchteindruck erwecken. Alle Merkmale, die für die lichtemittierende Schicht beschrieben sind, gelten auch für die weiteren lichtemittierenden Schichten.

- 25 Da die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung nur einen strahlenden Übergang und somit nur ein Übergangsdipolmoment aufweisen, kann die Molekülebene der linearen Molekülkette der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung in jeder beliebigen Orientierung also parallel bis senkrecht zur
30 Erstreckungsebene des Substrats angeordnet sein. Mit anderen Worten kann die Molekülebene der linearen Molekülkette jede Orientierung einnehmen, die rotationssymmetrisch zur Achse

des Übergangsdipolmoments ist. Dies wird graphisch in Figur 2 dargestellt.

Gemäß einer Ausführungsform ist R aus einer Gruppe von
5 elektronenziehenden Substituenten ausgewählt, die



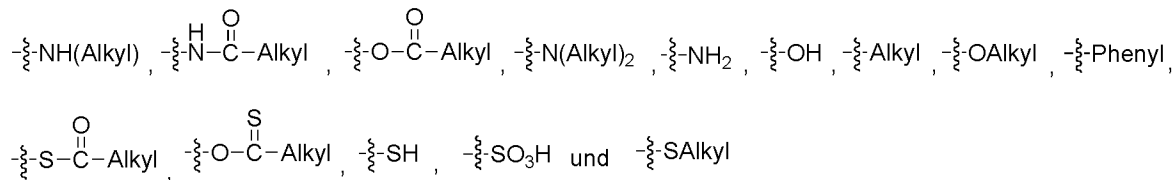
umfasst, wobei $-\overset{\text{||}}{\text{C}}-$ für die Anbindungen des Substituent R an den Spacer steht,

wobei R'' = H, Alkyl, OH, OAlkyl, SH, SAlkyl oder Hal,

10 Alkyl = CH₃, C₂H₅, CH(CH₃)₂ oder CH₂CH₂CH₃ und

Hal = F, Cl, Br oder I. Bevorzugt ist R'' = Alkyl, OH, OAlkyl oder Hal, Alkyl = CH₃ oder C₂H₅ und Hal = F oder Cl.

Gemäß einer Ausführungsform ist R' aus einer Gruppe von
15 elektronenschiebenden Substituenten ausgewählt, die

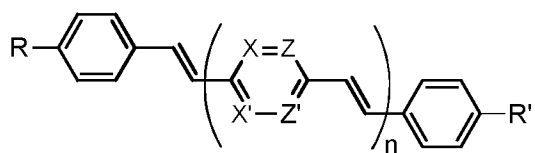


umfasst,

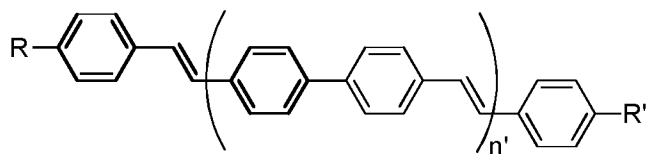
wobei $-\overset{\text{||}}{\text{C}}-$ für die Anbindungen des Substituent R' an den Spacer steht,

20 wobei Alkyl = CH₃, C₂H₅, CH(CH₃)₂ oder CH₂CH₂CH₃, bevorzugt Alkyl = CH₃ oder C₂H₅.

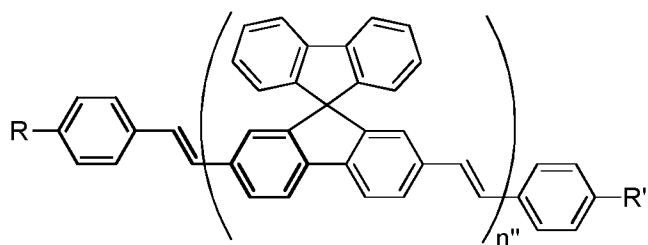
Gemäß einer Ausführungsform ist die fluoreszierende Verbindung aus einer Gruppe von Verbindungen der allgemeinen
25 Formeln 1 bis 13 ausgewählt,



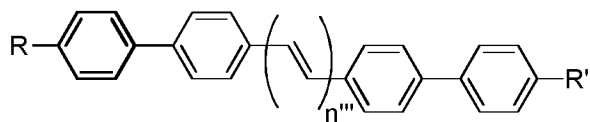
Formel 1



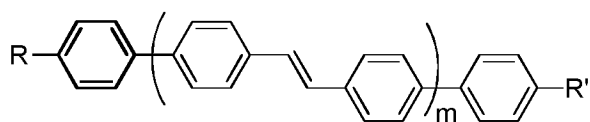
Formel 2



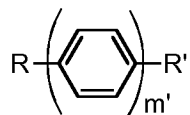
Formel 3



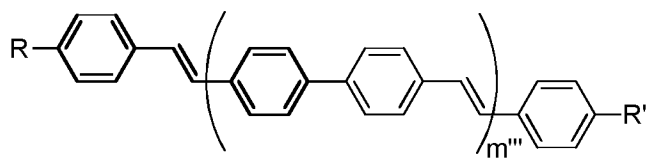
Formel 4



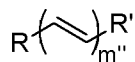
Formel 5



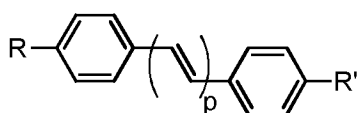
Formel 6



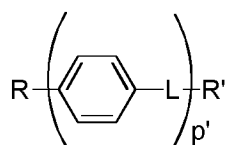
Formel 7



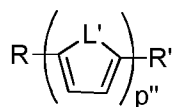
Formel 8,



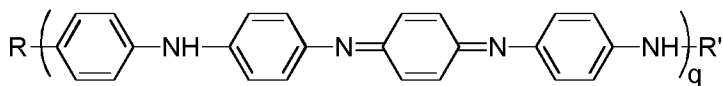
Formel 9



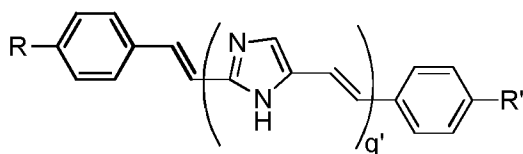
Formel 10



Formel 11



Formel 12



Formel 13

R steht in den Formeln 1 bis 13 für einen elektronenziehenden Substituent und R' für einen elektronenschiebenden

Substituent. X, X', Z und Z' sind unabhängig voneinander gleich oder unterschiedlich gewählt und stehen für C-H oder N. L und L' stehen für NH, O oder S. Weiter gilt:

n, n', n'', n''', m, m''', q = 1, 2, 3 oder 4, bevorzugt n,

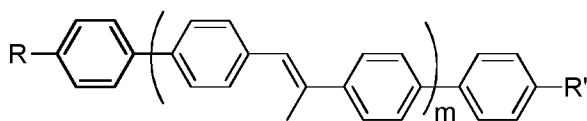
5 n', n'', m, m''', q = 1 oder 2 und n''' = 2 oder 3;

m', m'', p'' = 4, 5, 6, 7, 8 oder 9, bevorzugt m', m'' = 5 oder 6;

p, p', q' = 3, 4, 5, 6 oder 7, bevorzugt p, p', q' = 5 oder 6.

10

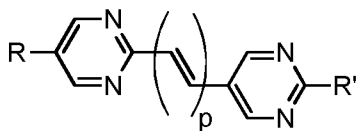
In einer Ausführungsform können die Wasserstoffatome an den CC-Doppelbindungen und an den Aromaten der Verbindungen der Formeln 1 bis 13 ganz oder teilweise durch einen organischen Rest ersetzt sein. Der organische Rest kann eine Alkylgruppe, eine Aminogruppe, eine Hydroxygruppe, eine Estergruppe oder
 15 eine Ethergruppe sein. Vorzugsweise handelt es sich bei dem organischen Rest um eine Alkylgruppe. Die Alkylgruppe ist bevorzugt eine Methyl- oder Ethylgruppe. Die Wasserstoffatome und/oder der organische Rest entsprechen somit der zumindest
 20 einen an die Molekülkette gebundenen Gruppe E der fluoreszierenden Verbindung der Formel A. Beispielsweise ist somit eine Verbindung folgender Struktur möglich, die aus Formel 5 abgeleitet ist:



25

In einer Ausführungsform können die Aromaten in den Verbindungen der Formeln 1 bis 13 ganz oder teilweise durch fünf- oder sechsgliedrige Heteroaromaten ersetzt sein.

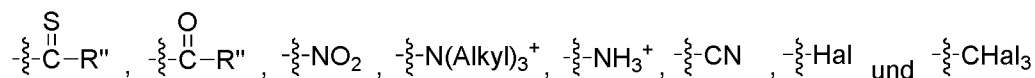
30 Beispielsweise ist somit eine Verbindung folgender Struktur möglich, die aus Formel 9 abgeleitet ist:



Die fünfgliedrigen Heteroaromaten können beispielsweise aus einer Gruppe ausgewählt sein, die Pyrrol, Furan, Thiophen, Selenophen, Imidazol, Oxazol und Thiazol umfasst.

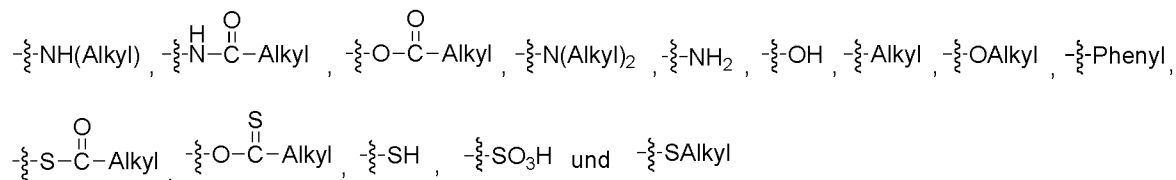
Die sechsgliedrigen Heteroaromaten können beispielsweise aus einer Gruppe ausgewählt sein, die Pyridin, Phosphabenzol, Pyridazin, Pyrimidin, Pyrazin, 1,2,4-Triazin und 1,2,4,5-Tetrazin umfasst.

Gemäß einer Ausführungsform ist R aus einer Gruppe von elektronenziehenden Substituenten ausgewählt ist, die



umfasst, wobei $-\overset{\text{S}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-$ für die Anbindungen des Substituent R an die Verbindungen der allgemeinen Formeln 1 bis 13 steht, wobei R'' = H, Alkyl, OH, OAlkyl, SH, SAlkyl oder Hal, Alkyl = CH₃, C₂H₅, CH(CH₃)₂ oder CH₂CH₂CH₃ und Hal = F, Cl, Br oder I. Bevorzugt ist R'' = Alkyl, OH, OAlkyl oder Hal, Alkyl = CH₃ oder C₂H₅ und Hal = F oder Cl.

Gemäß einer Ausführungsform ist R' aus einer Gruppe von elektronenschiebenden Substituenten ausgewählt ist, die



umfasst, wobei $-\overset{\text{S}}{\underset{\text{||}}{\text{O}}}-$ für die Anbindungen des Substituent R' an die Verbindungen der allgemeinen Formeln 1 bis 13 steht,

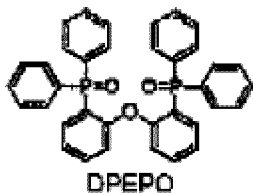
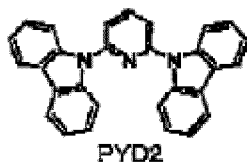
wobei Alkyl = CH_3 , C_2H_5 , $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ oder $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, bevorzugt Alkyl = CH_3 oder C_2H_5 .

In einer Ausführungsform sind die Substituenten an den CC-
5 Doppelbindungen der Verbindungen der Formeln 1 bis 5, 7 bis 9
und 13 in trans-Stellung zueinander angeordnet. In einer
Ausführungsform handelt es sich bei den Substituenten um
Wasserstoffatome. Es kann sich bei den Substituenten aber
auch um einen organischen Rest handeln. Es handelt sich in
10 dieser Ausführungsform bei den Verbindungen der Formeln 1 bis
5, 7 bis 9 und 13 um die all-trans Verbindungen. Der
elektronenziehende Substituent R und der elektronenschiebende
Substituent R' sind in den Verbindungen über eine lineare
Molekülkette miteinander verbunden. Die Molekülkette kann
15 sich in einer Ebene erstrecken. Alle Atome der linearen
Molekülkette liegen vorzugsweise in einer Ebene.

Die fluoreszierenden Verbindungen der Formeln 1 bis 13
zeichnen sich durch ihre langgestreckte und lineare
20 Molekülkette aus. Die langgestreckte, lineare Molekülkette
verbindet die Substituenten R und R' miteinander. Die lineare
Molekülkette erstreckt sich in einer Ebene. Durch die
Verbindungen der Formeln 1 bis 13 kann eine lichtemittierende
Schicht erzeugt werden, in denen die Molekülebenen der
25 linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden
Verbindungen der Formeln 1 bis 13 anisotrop zur
Ersteckungsebene des Substrats angeordnet sind. Durch die
anisotrope Ausrichtung der Molekülebene der linearen
Molekülkette der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung zur
30 Ersteckungsebene des Substrats sind die Übergangsdipolmomente
der S_1 - S_0 Übergänge der Moleküle der fluoreszierenden
Verbindung parallel zur Ersteckungsebene des Substrats
ausgerichtet.

Gemäß einer Ausführungsform der Vorrichtung umfasst die lichtemittierende Schicht ein Matrixmaterial, in dem die fluoreszierende Verbindung enthalten ist.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform weist das Matrixmaterial eine isotrope Molekülstruktur auf. Beispielsweise kann das Matrixmaterial MCP (1,3-bis(carbazol-9-yl)benzol), TCP (1,3,5-tris(carbazol-9-yl)benzol), TcTa (4,4',4'''-tris(carbazol-9-yl)triphenylamin), CBP (4,4'-bis(carbazol-9-yl)biphenyl), UGH-2 (1,4-bis(triphenylsilyl)benzol), UGH-3 (1,3-bis(triphenylsilyl)benzol), Spiro-CBP (2,2',7,7'-tertakis(carbazol-9-yl)-9,9-spirobifluoren), DPFL-CBP (2,7-bis(carbazol-9-yl)-9,9-ditolylfluoren), BST (4,4'-di(triphenylsilyl)-p-terphenyl) oder BSB (4,4'-di(triphenylsilyl)-biphenyl) sein. Das Matrixmaterial kann
15 auch eine der folgenden Verbindungen sein:



20

Es sind auch herkömmliche Matrixmaterialien einsetzbar, die dem Fachmann bekannt sind.

- 25 Gemäß einer Ausführungsform weist das Matrixmaterial eine anisotrope Molekülstruktur auf. Mittels derartiger Matrixmaterialien kann eine anisotrope beziehungsweise parallele Ausrichtung der Moleküle der fluoreszierenden

Verbindung zur Erstreckungsebene des Substrats zusätzlich
unterstützt werden. Für das Matrixmaterial mit anisotroper
Molekülstruktur gilt, dass insbesondere keine im Wesentlichen
symmetrisch substituierten Verknüpfungspunkte innerhalb der
5 Molekülstruktur vorliegen dürfen.

Insbesondere wird unter einem Matrixmaterial mit anisotroper
Molekülstruktur ein Material verstanden, bei dem ausgehend
von einer zentralen Verzweigungsstelle insbesondere einem
10 zentralen Atom oder einem zentralen Ring keine drei, vier
oder mehr Substituenten mit gleicher oder im Wesentlichen
gleicher Struktur vorliegen, wobei nur Substituenten beachtet
werden, die nicht Wasserstoff sind. Eine gleiche Struktur
bedeutet dabei, dass die Substituenten identisch sind. Eine
15 im Wesentlichen gleiche Struktur bedeutet ferner, dass sich
die mindestens drei Substituenten hinsichtlich des auf sie
entfallenden Molekulargewichts zwar unterscheiden, dass aber
bei keinem der Substituenten der Verzweigungsstelle ein
Molekulargewicht vorliegt, das zumindest 50 % unter einem der
20 anderen Substituenten liegt, wobei nur Substituenten
beobachtet werden, die nicht Wasserstoff sind.

Dementsprechend sind Moleküle mit anisotroper Molekülstruktur
keine hochsymmetrischen Moleküle mit mehr als zwei gleichen
Substituenten oder sie weisen bei Verzweigungsstellen mit
25 drei oder mehr Substituenten beispielsweise bei
Verzweigungsstellen, wie tertiären Aminstickstoffatomen oder
zumindest dreifach substituierten Benzolringen
unterschiedliche Substituenten auf. Gemäß einer weiteren
Ausführungsform kann das Matrixmaterial löcherleitende
30 und/oder elektronenleitende Eigenschaften aufweisen.

In den fluoreszierenden Verbindungen der Formel A,
insbesondere der Formeln 1 bis 13 sind die

elektronenziehenden Substituenten R und die elektronenschiebenden Substituenten R' räumlich durch die lineare Molekülkette voneinander getrennt. Dadurch sind auch das auf dem elektronenschiebenden Substituenten lokalisierte HOMO (highest occupied molecular orbital) und das auf dem elektronenziehenden Substituenten lokalisierte LUMO (lowest unoccupied molecular orbital) dieser Moleküle räumlich separiert und weisen nur eine sehr geringe Überlappung auf. Die elektronisch angeregten Singulett und Triplett Zustände S_1 und T_1 werden durch den Übergang eines Elektrons vom HOMO in das LUMO erzeugt. Die so genannte nichtklassische Austauschwechselwirkung zwischen den beiden ungepaarten Elektronen in HOMO und LUMO führt zu einer energetischen Aufspaltung zwischen den eigentlich entarteten, also energetisch gleichen Zuständen S_1 und T_1 , der T_1 wird energetisch abgesenkt. Die Stärke der Austauschwechselwirkung und somit Größe der S_1 - T_1 -Aufspaltung korreliert mit der HOMO-LUMO-Überlappung, die erfindungsgemäß aufgrund der Molekülstruktur der Verbindungen der Formel A, insbesondere der Verbindungen der Formeln 1 bis 13 schwach ausgeprägt ist. Hieraus resultiert ein sehr geringer energetischer Abstand zwischen T_1 und S_1 , letzterer kann somit bei Raumtemperatur entsprechend der Boltzmannverteilung effizient thermisch aus dem T_1 rückbesetzt werden. Durch die Rückbesetzung können auch die zu 75 % gebildeten Triplett Exzitonen zur Strahlungsemission der fluoreszierenden Verbindungen genutzt werden. Bei den lichtemittierenden Schichten mit den erfindungsgemäßen fluoreszierenden Verbindungen kann somit eine effektive interne Quanteneffizienz wie bei phosphoreszierenden Emittern durch die Nutzung aller oder nahezu aller Exzitonen erreicht werden. Der Einsatz teurer phosphoreszierender Emitter, wie beispielsweise Platin- oder Iridiumkomplexe kann somit vermieden werden.

Gemäß einer Ausführungsform werden im Betrieb der Vorrichtung über 25 % der gebildeten Singulett- und Triplettexzitonen zur Strahlungsemission genutzt. In einer Ausführungsform werden zwischen 25 % und 99 %, bevorzugt zwischen 50 % und 99%,
5 besonders bevorzugt zwischen 85 % und 99 % der gebildeten Singulett- und Triplettexzitonen zur Strahlungsemission genutzt. Dies führt zu einer erhöhten effektiven internen Quanteneffizienz der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung im Vergleich zu herkömmlichen
10 Vorrichtungen mit fluoreszierenden Emittern, bei denen nur 25 % aller gebildeten Exzitonen, nämlich nur die gebildeten Singulett Exzitonen zur Strahlungsemission genutzt werden können.

15 Insgesamt wird die externe Quanteneffizienz der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung erhöht. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass zum einen die Plasmonenanregung unterdrückt beziehungsweise weitgehend unterdrückt wird und zudem über 25 % der erzeugten
20 Exzitonen zur Strahlungsemission genutzt werden können, also die effektive interne Quanteneffizienz erhöht wird.

In einer Ausführungsform liegt die externe Quanteneffizienz der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen
25 Vorrichtung bei über 20 %, bevorzugt bei über 35 %, besonders bevorzugt bei bis zu 50 %. Zur Erreichung dieser Werte sind keine internen oder externen Auskoppelstrukturen nötig.

In einer Ausführungsform umfasst die strahlungsemittierende
30 organisch-elektronische Vorrichtung interne und/oder externe Auskoppelstrukturen. So kann die externe Quanteneffizienz nochmals erhöht werden und eine externe Quanteneffizienz von bis zu 99% erreicht werden. Beispielsweise können auf der

Substrataußenseite Folien mit Streupartikeln oder Folien mit Oberflächenstrukturen wie Mikrolinsen oder Prismen aufgebracht werden. Es ist auch eine direkte Strukturierung der Substrataußenseite möglich oder es werden Streupartikel
5 in das Substrat eingebracht. Es können auch Streuschichten zwischen dem Substrat und der ersten Elektrode angeordnet werden oder die Substratoberfläche über der die erste Elektrode angeordnet ist, aufgeraut werden.

10 Gemäß einer Ausführungsform liegt der Energieunterschied des S_1 -Zustands und des T_1 -Zustands zwischen 0,01 eV und 0,25 eV. Bevorzugt liegt der Energieunterschied des S_1 -Zustands und des T_1 -Zustands zwischen 0,01 eV und 0,18 eV, besonders bevorzugt zwischen 0,01 eV und 0,10 eV.

15

Interessanterweise ist der eigentlich spinverbotene Reverse-Intersystem-Crossing-Prozess vom T_1 in den S_1 -Zustand aufgrund der geringen energetischen Aufspaltung zwischen den Zuständen sehr effizient, in der Literatur werden Reverse-
20 Intersystem-Crossing-Effizienzen von bis zu 86% für rein organische Moleküle mit hohem Charge-Transfer Anteil der tiefsten elektronischen Zustände und kleinen S_1 - T_1 -Aufspaltungen berichtet (Gouchi et.al., Nature Photonics 2012, 6, 253). Entsprechend hohe Effizienzen können auch bei
25 den erfindungsgemäßen Ausführungsformen der fluoreszierenden Verbindung erreicht werden, so dass keine zusätzlichen Materialien mit hoher Spin-Bahn-Kopplung notwendig sind, um die Effizienz des S_1 - T_1 -Übergangs zu erhöhen. Die lichtemittierende Schicht kann somit ausschließlich aus der
30 fluoreszierenden Verbindung oder aus der fluoreszierenden Verbindung und dem Matrixmaterial bestehen.

Gemäß einer Ausführungsform ist die lichtemittierende Schicht erhältlich durch gleichzeitiges Verdampfen der fluoreszierenden Verbindung und des Matrixmaterials im Vakuum und Abscheidung der fluoreszierenden Verbindung und des
5 Matrixmaterials über der ersten Elektrode.

Gemäß einer Ausführungsform ist die lichtemittierende Schicht erhältlich durch ein Aufbringen der fluoreszierenden Verbindung und des Matrixmaterials in Lösung über der ersten
10 Elektrode, beispielsweise durch Spin-Coating, Sprüh- oder Druckverfahren.

Gemäß einer Ausführungsform sind die erste und/oder die zweite Elektrode transparent ausgebildet. Unter "transparent"
15 wird vorliegend verstanden, dass ein Material, eine Schicht oder ein Element für das gesamte sichtbare elektromagnetische Spektrum oder eines Teilspektrums davon zumindest teilweise durchlässig ist. Die erste beziehungsweise zweite Elektrode kann jeweils als Anode oder als Kathode geschaltet werden.
20 Erzeugtes Licht in der lichtemittierenden Schicht beispielsweise einer OLED kann so über die Anode und/oder die Kathode abgestrahlt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist eine transparente
25 Elektrode ein transparentes leitendes Oxid auf oder besteht aus einem transparenten leitenden Oxid. Transparente leitende Oxide (TCOs) sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO).
30 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 , $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5$ oder $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$

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
5 Zusammensetzung und können ferner p-dotiert oder n-dotiert sein.

Weiterhin kann die transparente Elektrode eine metallische Elektrode sein. Die metallische Elektrode weist
10 beispielsweise ein Metall auf, das ausgewählt sein kann aus Aluminium, Barium, Indium, Silber, Gold, Magnesium, Calcium, Samarium, Germanium, Zink, Kupfer, Indium, Zinn und Lithium sowie Verbindungen, Kombinationen und Legierungen daraus. Die metallische Elektrode weist eine derart geringe Dicke auf,
15 dass sie zumindest teilweise durchlässig für Licht ist. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die transparente Elektrode gebildet sein aus einem Schichtenstapel einer Kombination einer Schicht eines Metalls auf einer Schicht eines TCOs, oder umgekehrt. Ein Beispiel ist eine
20 Silberschicht, die auf einer Indium-Zinn-Oxid-Schicht (ITO) aufgebracht ist (Ag auf ITO) oder ITO-Ag-ITO Multischichten. Hierbei kann eine weitere Metall-Aufwachsschicht, welche Germanium enthält oder aus Germanium besteht, als Benetzungsvermittler auf die erste ITO-Schicht aufgebracht
25 sein, um die homogene Abscheidung beispielsweise von Ag als Schicht des Schichtenstapels der transparenten Elektrode der Schichtenfolge zu verbessern.

In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die transparente
30 Elektrode 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 und Netzwerke aus halbleitenden Nanodrähten.

Ist nur eine aus erster und zweiter Elektrode transparent
5 ausgebildet, ist die andere Elektrode vorzugsweise
reflektierend ausgebildet. Die reflektierende Elektrode ist
bevorzugt eine metallische Elektrode und weist beispielsweise
ein Metall auf, das ausgewählt sein kann aus Aluminium,
Barium, Indium, Silber, Gold, Magnesium, Calcium, Germanium,
10 Samarium, Zink, Kupfer, Indium, Zinn und Lithium sowie
Verbindungen, Kombinationen und Legierungen daraus.
Alternativ oder zusätzlich kann die reflektierend
ausgebildete Elektrode auch eines oder mehrere der oben
genannten transparenten leitenden Oxide aufweisen.

15 Gemäß einer Ausführungsform kann die reflektierende Elektrode
mehrere Schichten umfassen. Beispielsweise kann es sich um
einen Schichtenstapel mehrerer Schichten desselben Metalls
oder unterschiedlicher Metalle und/oder
20 desselben TCO oder unterschiedlicher TCOs handeln.
Beispielsweise umfasst die reflektierende Elektrode zumindest
eine Schicht aus einem transparenten leitenden Oxid und
zumindest eine metallische Schicht.

25 In einer Ausführungsform ist die erste und/oder die zweite
Elektrode eine metallische Elektrode oder eine Elektrode
umfassend zumindest eine metallische Schicht.

Ist die erste Elektrode reflektierend und die zweite
30 Elektrode transparent ausgebildet, wird das erzeugte Licht
der lichtemittierenden Schicht nach oben über die zweite
Elektrode abgestrahlt und die strahlungsemitierende

organisch-elektronische Vorrichtung ist als so genannter „Top-Emitter“ ausgeführt.

Gemäß einer Ausführungsform ist die zweite Elektrode als Kathode ausgebildet und kann somit Elektronen in die angrenzenden Schichten injizieren. Die erste Elektrode ist als Anode ausgebildet und dient der Löcherinjektion in die angrenzenden Schichten.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Substrat die Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat auf. Die Schicht, Platte, Folie oder das Laminat kann Glas, Quarz, Kunststoff, Metall, Siliziumwafer oder Kombinationen der genannten Materialien umfassen oder daraus bestehen.

In einer Ausführungsform ist das Substrat transparent. Somit kann, wenn die erste Elektrode transparent ausgebildet ist, erzeugtes Licht von der lichtemittierenden Schicht durch das Substrat abgestrahlt werden. Die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung, beispielsweise eine OLED kann somit als so genannter „Bottom-Emitter“ ausgeführt sein. Möglich ist auch, dass es sich um eine „transparente OLED“ handelt, wenn zusätzlich die zweite Elektrode transparent ausgeführt ist und die Lichtemission somit sowohl nach unten durch eine transparente erste Elektrode und ein transparentes Substrat als auch nach oben durch eine transparente zweite Elektrode erfolgt.

Weiterhin kann der Abstand der lichtemittierenden Schicht zur ersten und/oder zweiten Elektrode zwischen 0 und 500 nm, zwischen 0 und 300 nm oder zwischen 0 und 90 nm betragen. Insbesondere kann der Abstand der lichtemittierenden Schicht zur ersten und/oder zweiten Elektrode zwischen 0 und 500 nm,

zwischen 0 und 300 nm oder zwischen 0 und 90 nm wenn es sich bei der ersten und/oder zweiten Elektrode um eine metallische Elektrode oder eine Elektrode umfassend zumindest eine metallische Schicht handelt, da die Plasmonenanregung an der metallischen Elektrode oder an der metallischen Schicht einer Elektrode durch die fluoreszierende Verbindung in der lichtemittierenden Schicht bereits unterdrückt beziehungsweise nahezu vollständig unterdrückt wird. Der Abstand wird an die Wellenlänge der von der fluoreszierenden Verbindung emittierten Strahlung angepasst. Je längerwelliger die emittierte Strahlung desto größer wird der Abstand zwischen der lichtemittierenden Schicht zur ersten und/oder zweiten Elektrode gewählt um optimale optische Bedingungen zu erreichen. Der Abstand wird außerdem so gewählt, dass er sich in einem Kavitätsminimum befindet.

Bevorzugt kann der Abstand der lichtemittierenden Schicht zur ersten und/oder zweiten Elektrode zwischen 40 und 60 nm sein. Besonders bevorzugt kann der Abstand der lichtemittierenden Schicht zur ersten und/oder zweiten Elektrode zwischen 45 und 55 nm, beispielsweise 50 nm sein.

Gemäß einer Ausführungsform ist zwischen der ersten und/oder zweiten Elektrode und der lichtemittierenden Schicht eine Elektronen- oder Lochblockschicht angeordnet. Materialien für Elektronen- oder Lochblockschichten sind dem Fachmann bekannt. Durch den Einsatz von Elektronen- und Lochblockschichten kann ein ideales Ladungsträgergleichgewicht realisiert werden, womit die externe und interne Quanteneffizienz einer strahlungsemitierenden organisch-elektronische Vorrichtung gesteigert werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist zwischen der ersten Elektrode und der lichtemittierenden Schicht eine erste Ladungsträgerinjektionsschicht und/oder zwischen der lichtemittierenden Schicht und der zweiten Elektrode eine
5 zweite Ladungsträgerinjektionsschicht angeordnet.

Gemäß einer Ausführungsform ist die erste Ladungsträgerinjektionsschicht in direktem Kontakt zu der ersten Elektrode und der lichtemittierenden Schicht und/oder
10 die zweite Ladungsträgerinjektionsschicht ist in direktem Kontakt zu der lichtemittierenden Schicht und der zweiten Elektrode.

Gemäß einer Ausführungsform weist die erste
15 Ladungsträgerinjektionsschicht und/oder die zweite Ladungsträgerinjektionsschicht eine Schichtdicke zwischen 40 nm und 90 nm, bevorzugt zwischen 45 nm und 55 nm, besonders bevorzugt 50 nm auf. Da erfindungsgemäß keine Verluste beziehungsweise so gut wie keine Verluste des emittierten
20 Lichts der lichtemittierenden Schicht durch Plasmonenanregung auftreten, reicht diese geringe Schichtdicke der ersten und/oder zweiten Ladungsträgerinjektionsschicht aus, da die Plasmonenanregung nicht durch die Dicke der ersten und/oder zweiten Ladungsträgerinjektionsschicht verhindert
25 beziehungsweise abgeschwächt werden muss.

In einer Ausführungsform ist die erste Ladungsträgerinjektionsschicht oder die zweite Ladungsträgerinjektionsschicht eine Lochinjektionsschicht.

30 Als Materialien insbesondere für eine Lochinjektionsschicht können sich beispielsweise tertiäre Amine, Carbazolderivate, leitendes Polyanilin oder Polyethylenedioxythiophen als vorteilhaft erweisen. Weiterhin können sich beispielsweise

folgende Materialien eignen: NPB (N,N'-Bis(naphth-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin, β -NPB (N,N'-Bis(naphth-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), N,N'-Bis(naphth-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2-dimethylbenzidin, DMFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethylfluoren, DMFL-NPB (N,N'-Bis(naphth-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethylfluoren), DPFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenylfluoren), DPFL-NPB (N,N'-Bis(naphth-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenylfluoren), TAPC (Di-[4-(N,N-ditolyl-amino)-phenyl]cyclohexan), PAPB (N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), TNB (N,N,N',N'-tetra-naphth-2-yl-benzidin), TiOPC (Titanoxide phthalocyanin), CuPC (Kupfer-Phthalocyanin), PPDN (Pyrazino[2,3-f][1,10]phenanthrolin-2,3-dicarbonitril), MeO-TPD (N,N,N',N'-Tetrakis(4-methoxyphenyl)benzidin), β -NPP (N,N'-di(naphth-2-yl)-N,N'-diphenylbenzol-1,4-diamin), NTNPB (N,N'-di-phenyl-N,N'-di-[4-(N,N-di-tolyl-amino)phenyl]benzidin) und NPNPB (N,N'-di-phenyl-N,N'-di-[4-(N,N-di-phenyl-amino)phenyl]benzidin), 1,4-bis(2-phenylpyrimidin-5-yl)benzen (BPPyP), 1,4-bis(2-methylpyrimidin-5-yl)benzen (BMPyP), 1,4-di(1,10-phenanthrolin-3-yl)benzen (BBCP), 2,5-di(pyridin-4-yl)pyrimidin (DPyPy), 1,4-bis(2-(pyridin-4-yl)pyrimidin-5-yl)benzen (BPyPyP), 2,2',6,6'-tetraphenyl-4,4'-bipyridin (GBPy), 1,4-di(benzo[h]chinolin-3-yl)benzol (PBAPA), 2,3,5,6-tetraphenyl-4,4'-bipyridin (TPPyPy), 1,4-bis(2,3,5,6-tetraphenylpyridin-4-yl)benzen (BTPPyP), 1,4-bis(2,6-tetrapyridinylpyridin-4-yl)benzen (BDPyPyP) oder Gemische der vorgenannten Stoffe.

30

Als Dotierstoff kann dabei beispielsweise ein Metalloxid, eine metallorganische Verbindung, ein organisches Material oder eine Mischung daraus verwendet werden, beispielsweise

WO₃, MoO₃, V₂O₅, Re₂O₇ und Re₂O₅, Di-rhodium-tetra-trifluoroacetat (Rh₂(TFA)₄) oder die isoelektronische Rutheniumverbindung Ru₂(TFA)₂(CO)₂ oder ein organisches Material, das aromatische funktionelle Gruppen aufweist oder
5 ein aromatisches organisches Material ist, beispielsweise aromatische Materialien mit einer ausgeprägten Anzahl von Fluor- und/oder Cyanid(CN)-Substituenten. Beispielsweise kann das organische Material F4-TCNQ (2,3,5,6-Tetrafluor-7,7,8,8,-tetracyano-chinodimethan) oder F6-TCNQ sein.

10

In einer Ausführungsform ist die erste Ladungsträgerinjektionsschicht oder die zweite Ladungsträgerinjektionsschicht eine Elektroneninjectionsschicht.

15

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist eine Elektroneninjectionsschicht leitende Schicht zumindest eine Elektroneninjectionsschicht, eine Elektronentransportschicht oder eine Kombination dieser auf. Für die Elektronen leitende
20 Schicht können sich beispielsweise die folgenden Materialien eignen: PBD (2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol), BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin), BPhen (4,7-Diphenyl-1,10-phenanthrolin), TAZ (3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazol),
25 Bpy-OXD (1,3-Bis[2-(2,2'-bipyrid-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzol), BP-OXD-Bpy (6,6'-Bis[5-(biphenyl-4-yl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]-2,2'-bipyridyl), PADN (2-phenyl-9,10-di(naphth-2-yl)-anthracen), Bpy-FOXD (2,7-Bis[2-(2,2'-bipyrid-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]-9,9-dimethylfluoren),
30 OXD-7 (1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzol), HNBphen (2-(naphth-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin), NBphen (2,9-Bis(naphth-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin), und 2-NPIP (1-methyl-2-(4-(naphth-2-

yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthrolin) sowie Gemische der vorgenannten Stoffe.

Als Dotierstoff kann dabei beispielsweise ein Alkalimetall,
5 ein Erdalkalimetall, ein Alkalimetallsalz, ein Erdalkalimetallsalz, eine metallorganische Verbindung, eine organische Verbindung, beispielsweise aromatische Verbindungen, eine molekulare Dotierung oder eine Mischung
daraus verwendet werden, beispielsweise Li, Cs_3PO_4 , Cs_2CO_3 ,
10 ein Metallocen, also eine metallorganische Verbindung mit einem Metall M und zwei Cyclopentadienylresten (Cp) in der Form $\text{M}(\text{Cp})_2$, oder ein Metall-Hydropyrimidopyrimidin-Komplex. Das Metall kann beispielsweise Wolfram, Molybdän und/oder Chrom umfassen oder sein.

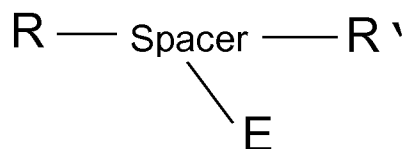
15

In einer Ausführungsform ist die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung eine organische Leuchtdiode (OLED).

20 Die angegebenen Ausführungsformen der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung können gemäß nachfolgend genanntem Verfahren hergestellt werden.

Das Verfahren zur Herstellung einer strahlungsemittierenden
25 organisch-elektronischen Vorrichtung umfasst die Verfahrensschritte:

- A) Bereitstellen eines Substrats,
- B) Aufbringen einer ersten Elektrode auf das Substrat,
- C) Aufbringen einer fluoreszierenden Verbindung folgender
30 Formel A auf die erste Elektrode zur Herstellung einer lichtemittierenden Schicht



5

Formel A

wobei R für einen elektronenziehenden Substituent und R' für einen elektronenschiebenden Substituent stehen. Der Spacer umfasst eine lineare Molekülkette an die die beiden

10 Substituenten R und R' endständig angebunden sind. Der Spacer umfasst weiter zumindest eine an die lineare Molekülkette gebundene Gruppe E. E umfasst Wasserstoff und/oder einen organischen Rest. Der organische Rest kann eine Alkylgruppe, eine Amingruppe, eine Hydroxygruppe, eine Estergruppe
15 und/oder eine Ethergruppe sein. Vorzugsweise handelt es sich bei dem organischen Rest um eine Alkylgruppe.

D) Aufbringen einer zweiten Elektrode auf die lichtemittierende Schicht.

20 Im Betrieb der mit dem Verfahren hergestellten Vorrichtung weisen die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung jeweils einen Singulett-Grundzustand S_0 , einen mit einem Singulett Exziton besetzten angeregten Singulett-Zustand S_1 und einen mit Triplett Exzitonen angeregten Triplett-Zustand T_1 auf.

25 Der Triplett Zustand T_1 setzt sich aus drei Unterzuständen zusammen. Durch den Übergang des Singulett Exzitons aus dem S_1 -Zustand in den Singulett-Grundzustand S_0 kann Strahlung emittiert werden.

30 Gemäß einer Ausführungsform wird die fluoreszierende Verbindung in Verfahrensschritt C) so aufgebracht, dass das Übergangsdipolmoment des Übergangs des Singulett Exzitons aus dem S_1 -Zustand in den S_0 -Grundzustand bei den Molekülen der

fluoreszierenden Verbindung parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet ist.

Gemäß einer Ausführungsform wird die fluoreszierende

- 5 Verbindung in Verfahrensschritt C) so aufgebracht, dass die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet sind.
- 10 Durch den elektronenziehenden Substituent R und den elektronenschiebenden Substituent R' weisen die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung der Formel A im Grundzustand ein permanentes Dipolmoment auf.
- 15 In einer Ausführungsform wird die fluoreszierende Verbindung in Verfahrensschritt C) so aufgebracht, dass sich die permanenten Dipolmomente der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung der Formel A im Grundzustand parallel zur Erstreckungsebene des Substrats anordnen. Da die permanenten
- 20 Dipolmomente der Moleküle im Grundzustand näherungsweise zu den Übergangsdipolmomenten der S_1 - S_0 Übergänge korrelieren, kann so eine Ausrichtung der Übergangsdipolmomente parallel zur Erstreckungsebene des Substrats gewährleistet werden.
- 25 Gemäß einer Ausführungsform wird die fluoreszierende Verbindung in Verfahrensschritt C) im Vakuum verdampft und auf der ersten Elektrode abgeschieden oder in einem Lösungsmittel gelöst und auf der ersten Elektrode aufgebracht. Beispielsweise wird die fluoreszierende
- 30 Verbindung in Lösung über der ersten Elektrode durch Spin-Coating, Sprüh- oder Druckverfahren aufgebracht.

In einer Ausführungsform ist das Lösungsmittel aus einer Gruppe von Lösungsmitteln ausgewählt, die Ethanol, iso-Propanol, Acetonitril, Dichlormethan, Phenetol, Xylol, Anisol, Mesitylen, Toluol, Chlorbenzol und Tetrahydrofuran umfasst. Es sind aber auch andere Lösungsmittel geeignet in denen die fluoreszierende Verbindung gelöst werden kann.

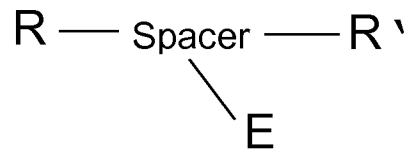
Gemäß einer Ausführungsform umfasst Verfahrensschritt C): Aufbringen der fluoreszierenden Verbindung der Formel A und eines Matrixmaterials zur Herstellung einer lichtemittierenden Schicht, wobei die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung der Formel A parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet werden.

In einer Ausführungsform wird die Ausrichtung der Übergangsdipolmomente des Übergangs der Singulett Exzitonen von dem S_1 -Zustand zu dem S_0 -Zustand parallel zur Erstreckungsebene des Substrats in Verfahrensschritt C) durch ein angelegtes elektrisches oder magnetisches Feld unterstützt. Das elektrische oder magnetische Feld wird vorzugsweise so angelegt, dass sich die permanenten Dipolmomente der Moleküle der Verbindungen der Formel A im Grundzustand parallel zur Erstreckungsebene des Substrats anordnen. Da die permanenten Dipolmomente der Moleküle im Grundzustand näherungsweise zu den Übergangsdipolmomenten der S_1 - S_0 Übergänge korrelieren, kann so eine Ausrichtung der Übergangsdipolmomente parallel zur Erstreckungsebene des Substrats gewährleistet werden.

In einer Ausführungsform umfasst Verfahrensschritt C) zur Herstellung einer lichtemittierenden Schicht folgende Verfahrensschritte

- Bereitstellen einer Quelle für eine fluoreszierende Verbindung folgender Formel A oder für eine fluoreszierende Verbindung folgender Formel A und ein Matrixmaterial

5



Formel A

- 10 wobei R für einen elektronenziehenden Substituent und R' für einen elektronenschiebenden Substituent stehen. Der Spacer umfasst eine lineare Molekülkette an die die beiden Substituenten R und R' endständig angebunden sind. Der Spacer umfasst weiter zumindest eine an die lineare Molekülkette
- 15 gebundene Gruppe E. E umfasst Wasserstoff und/oder einen organischen Rest. Die fluoreszierende Verbindung oder die fluoreszierende Verbindung und das Matrixmaterial werden mindestens teilweise in gasförmigem Zustand von der Quelle freigesetzt,
- 20 - Anlegen eines elektrischen Feldes zwischen dem Substrat und der Quelle, und
- Aufbringen der fluoreszierenden Verbindung oder der fluoreszierenden Verbindung und des Matrixmaterials auf der ersten Elektrode aus der Gasphase heraus während das
- 25 elektrische Feld angelegt ist.

Durch das angelegte elektrische Feld ist es möglich, dass die fluoreszierende Verbindung so abgeschieden wird, dass die linearen Molekülketten der Moleküle der fluoreszierenden

30 Verbindung parallel zur Erstreckungsebene des Substrats ausgerichtet sind.

In einer Ausführungsform weist das elektrische Feld eine Feldstärke zwischen einschließlich 0,1 kV/mm und 10 kV/mm auf.

- 5 Die Quelle ist dazu eingerichtet, die fluoreszierende Verbindung oder die fluoreszierende Verbindung und das Matrixmaterial teilweise oder vollständig im gasförmigen oder dampfförmigen Zustand freizusetzen. Beispielsweise ist die Quelle durch einen beheizbaren Tiegel gebildet, in dem sich
10 die aufzubringende fluoreszierende Verbindung oder die aufzubringende fluoreszierende Verbindung und das aufzubringende Matrixmaterial befinden.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen
15 der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden und in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Figur 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer
20 Ausführungsform einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung.

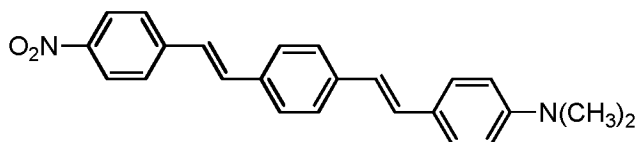
Figur 2 zeigt die Ausrichtung von Übergangsdipolmomenten der Moleküle der erfindungsgemäßen
25 fluoreszierenden Verbindung parallel zur Ersteckungsebene eines Substrats in einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung.

30 Figur 3 zeigt die Ausrichtung von Übergangsdipolmomenten der Moleküle eines nicht erfindungsgemäßen phosphoreszierenden Emitters zur Ersteckungsebene eines Substrats in einer

strahlungsemittierenden organisch-elektronischen
Vorrichtung.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder
5 gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen
Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente und deren
Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabs-
gerecht anzusehen. Vielmehr können einzelne Elemente
insbesondere Schichtdicken zum besseren Verständnis
10 übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform einer
strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung
(1). Über einem Substrat (2), beispielsweise einem
15 Glassubstrat ist eine erste Elektrode (3) angeordnet. Die
erste Elektrode (3) ist als Anode geschaltet, besteht aus ITO
und ist transparent ausgebildet. Über der ersten Elektrode
(3) ist eine erste Ladungsträgerinjektionsschicht (4)
angeordnet. Die erste Ladungsträgerinjektionsschicht (4) ist
20 als Lochinjektionsschicht ausgebildet und besteht
beispielsweise aus NPB. Die lichtemittierende Schicht (5) ist
zwischen der ersten (4) und einer zweiten
Ladungsträgerinjektionsschicht (6) angeordnet. Die
lichtemittierende Schicht (5) umfasst ein Matrixmaterial,
25 beispielsweise TCP (1,3,5-tris(carbazol-9-yl)benzol) in dem
eine fluoreszierende Verbindung enthalten ist. Bei der
fluoreszierenden Verbindung handelt es sich beispielsweise um



Die Übergangsdipolmomente der Übergänge der Singulett Exzitonen aus dem S_1 -Zustand zu dem S_0 -Zustand der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung sind parallel zur Erstreckungsebene des Substrats (2) ausgerichtet. Der energetische Abstand zwischen den Zuständen S_1 und T_1 der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung liegt zwischen 0,01 eV und 0,25 eV und ist somit so klein, dass der S_1 -Zustand aus dem T_1 -Zustand gemäß einer Boltzmannverteilung effizient thermisch rückbesetzt werden kann, wodurch neben den 25% Singulett-Exzitonen auch die 75% Triplett-Exzitonen für die Lichtemission genutzt werden können. Die zweite Ladungsträgerinjektionsschicht (6) ist eine Elektroneninjektionsschicht, besteht beispielsweise aus BCP und weist eine Schichtdicke von 50 nm auf. Über der zweiten Ladungsträgerinjektionsschicht (6) ist die zweite Elektrode (7) angeordnet. Die zweite Elektrode (7) ist als Kathode geschaltet, besteht aus Silber und ist reflektierend ausgebildet. Durch die Ausrichtung der Übergangsdipolmomente der Übergänge der Singulett Exzitonen aus dem S_1 -Zustand zu dem S_0 -Zustand parallel zur Erstreckungsebene des Substrats (2) wird der Verlust der emittierten Strahlung durch Plasmonenanregung der Silber Kathode verhindert oder zumindest weitgehend verhindert. Die strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung (1) strahlt im Betrieb Licht nach unten über die erste Elektrode (3) und das Substrat (2) nach außen ab und ist somit als „Bottom-Emitter“ ausgeformt. Insgesamt kann eine externe Quanteneffizienz der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung über 20 % erreicht werden, da zum einen die Plasmonenanregung unterdrückt beziehungsweise weitgehend unterdrückt wird und zudem über 25 % der erzeugten Exzitonen zur Strahlungsemission genutzt werden können.

Figur 2 zeigt ein Substrat (2) einer erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung (1). Das Substrat (2) erstreckt sich in einer xy-Ebene. Um eine Plasmonenanregung in einer metallischen Elektrode (nicht
5 gezeigt) in der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung zu verhindern, sind die Übergangsdipolmomente der S_1 - S_0 -Übergänge (8) der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung in der xy-Ebene, also parallel zur Erstreckungsebene des Substrats (2) angeordnet.
10 Um diese Bedingung zu erfüllen, kann die Molekülebene (9) der linearen Molekülkette jedes einzelnen Moleküls der fluoreszierenden Verbindung jede beliebige Orientierung einnehmen, solange sie die Achse des Übergangsdipolmomentes (10) enthält. Beispielsweise ist eine parallele Anordnung (9-
15 2) und eine senkrechte Anordnung (9-1) der Molekülebene der linearen Molekülkette der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung zur Erstreckungsebene des Substrats (2) dargestellt.

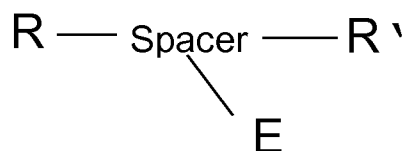
Figur 3 zeigt ein Substrat (2) einer strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung (1) des Stands der Technik. Das Substrat (2) erstreckt sich in einer xy-Ebene. In der lichtemittierenden Schicht sind nicht erfindungsgemäße phosphoreszierende Emitter enthalten (nicht gezeigt). Die
25 Übergangsdipolmomente der drei verschiedenen T_1 - S_0 Übergänge der phosphoreszierenden Emitter sind mit 11-1, 11-2 und 11-3 gekennzeichnet. Um eine Plasmonenanregung in einer metallischen Elektrode (nicht gezeigt) in der strahlungsemittierenden organisch-elektronischen Vorrichtung
30 zu minimieren, müssen die beiden Übergangsdipolmomente mit der größten Dipolstärke (hier mit 11-3 und 11-2 gekennzeichnet) der Moleküle der phosphoreszierenden Emitter in der xy-Ebene, also parallel zur Erstreckungsebene des

Substrats (2) angeordnet sein. Um diese Bedingung zu erfüllen, kann die Molekülebene der Moleküle eines bekannten phosphoreszierenden Emitters im Vergleich zu der erfindungsgemäßen fluoreszierenden Verbindung nicht jede beliebige Orientierung einnehmen. Gezeigt ist eine parallele Anordnung der Molekülebene (9-2) zur Erstreckungsebene des Substrats (2), um eine parallele Anordnung der Übergangsdipolmomente mit der größten Dipolstärke (11-3 und 11-2) zur Erstreckungsebene des Substrats (2) zu erreichen um so die Summe der projizierten Komponenten der Übergangsdipolmomente (11-1, 11-2, 11-3) senkrecht zur Erstreckungsebene des Substrats (2) zu minimieren, die für die Plasmonenanregung verantwortlich ist. Im Vergleich zu den erfindungsgemäßen fluoreszierenden Verbindungen sind daher für herkömmliche phosphoreszierende Emitter hohe Anforderungen an die Orientierung der Molekülebene zu erfüllen um zumindest eine Minimierung der Plasmonenanregung zu erreichen. Eine vollständige oder nahezu vollständige Unterdrückung der Plasmonenanregung kann mit dem Einsatz phosphoreszierender Emitter nicht erreicht werden.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierende organisch-elektronische Vorrichtung (1) umfassend
- 5 - ein Substrat (2),
- eine erste Elektrode (3) angeordnet über dem Substrat (2),
- eine lichtemittierende Schicht (5) angeordnet über der ersten Elektrode (3), wobei die lichtemittierende
- 10 Schicht (5) eine fluoreszierende Verbindung folgender Formel A umfasst:



Formel A

wobei

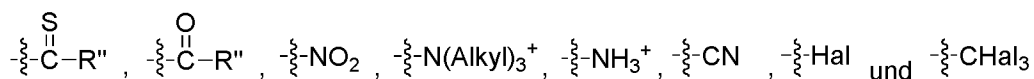
- 20 R für einen elektronenziehenden Substituent steht,
- R' für einen elektronenschiebenden Substituent steht,
- der Spacer eine lineare Molekülkette an die die beiden Substituenten R und R' endständig angebunden sind und
- zumindest eine an die lineare Molekülkette gebundene
- 25 Gruppe E umfasst, wobei
- E für Wasserstoff und/oder einen organischen Rest steht
- und
- wobei die lineare Molekülkette der Moleküle der fluoreszierenden Verbindung parallel zur
- 30 Erstreckungsebene des Substrats (2) ausgerichtet ist,
- und
- eine zweite Elektrode (7) angeordnet über der lichtemittierenden Schicht (5).

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei im Betrieb der Vorrichtung die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung jeweils einen Singulett-Grundzustand S_0 , einen mit einem Singulett Exziton besetzten angeregten Singulett-Zustand S_1 und einen mit Triplett Exzitonen angeregten Triplett-Zustand T_1 aufweisen können und durch den Übergang des Singulett Exzitons aus dem S_1 -Zustand in den Singulett-Grundzustand S_0 Strahlung emittiert werden kann, wobei das Übergangsdipolmoment des Übergangs des Singulett Exzitons vom S_1 -Zustand zu dem S_0 -Grundzustand bei den Molekülen der fluoreszierenden Verbindung in der lichtemittierenden Schicht (5) parallel zu der Ersteckungsebene des Substrats (2) ausgerichtet ist.

3. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die lineare Molekülkette alternierende Aromaten, Heteroaromaten und/oder CC-Doppelbindungen aufweist.

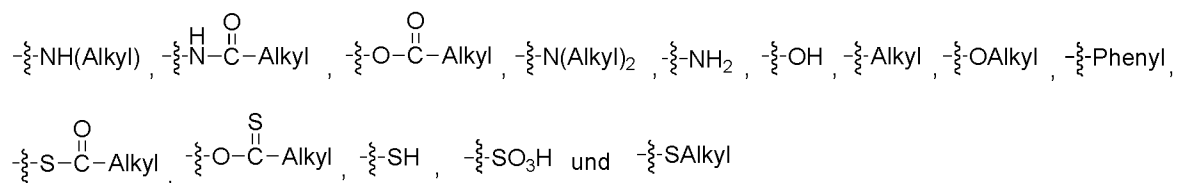
4. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung der Formel A im Grundzustand ein permanentes Dipolmoment aufweisen, das parallel zur Erstreckungsebene des Substrats (2) angeordnet ist.

5. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
R aus einer Gruppe von elektronenziehenden Substituenten ausgewählt ist, die



umfasst und

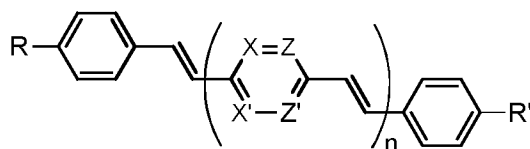
R' aus einer Gruppe von elektronenschiebenden Substituenten ausgewählt ist, die



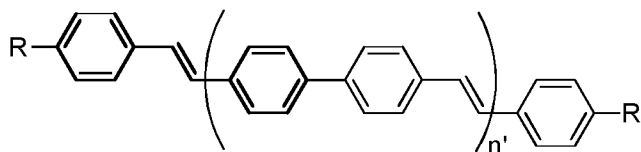
umfasst,

- 5 wobei $-\xi-$ für die Anbindungen der Substituenten R und R' an den Spacer der Verbindung der Formel A stehen, wobei R'' = H, Alkyl, OH, OAlkyl, SH, SAlkyl oder Hal, Alkyl = CH₃, C₂H₅, CH(CH₃)₂ oder CH₂CH₂CH₃ und Hal = F, Cl, Br oder I.

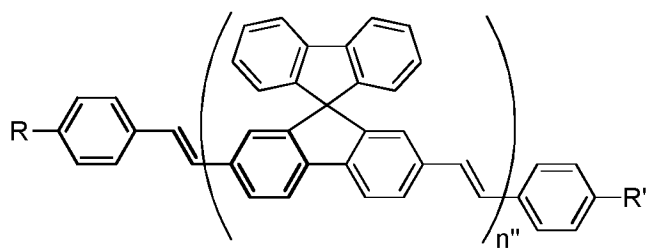
- 10 6. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die fluoreszierende Verbindung aus einer Gruppe von Verbindungen der allgemeinen Formeln 1 bis 13 ausgewählt ist,



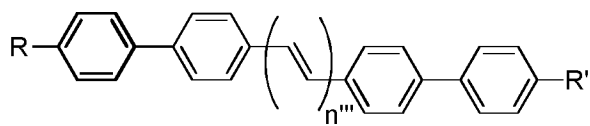
Formel 1



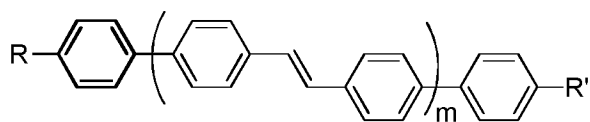
Formel 2



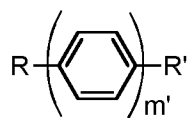
Formel 3



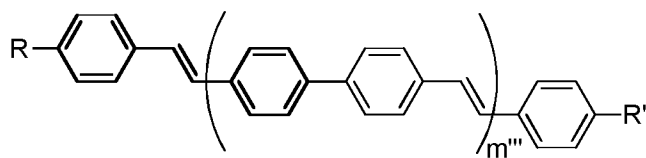
Formel 4



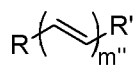
Formel 5



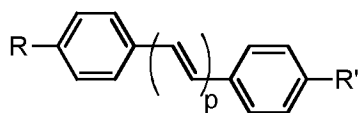
Formel 6



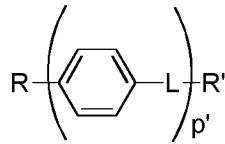
Formel 7



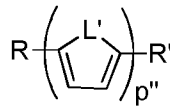
Formel 8,



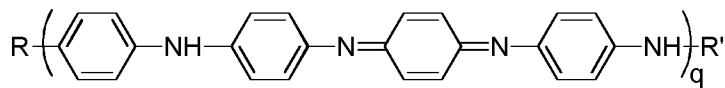
Formel 9



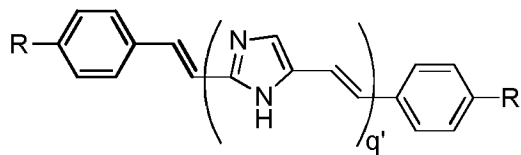
Formel 10



Formel 11



Formel 12



Formel 13

wobei

X, X', Z und Z' unabhängig voneinander gleich oder
 unterschiedlich gewählt sind und für C-H oder N stehen,
 L und L' für NH, O oder S stehen,

n, n', n'', n''', m, m''', q = 1, 2, 3 oder 4,

m', m'', p'' = 4, 5, 6, 7, 8 oder 9 und

p, p', q' = 3, 4, 5, 6 oder 7 und wobei die Aromaten in

den Verbindungen der Formeln 1 bis 13 ganz oder
 teilweise durch fünf- oder sechsgliedrige Heteroaromaten
 ersetzt sein können.

7. Vorrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
 die Substituenten an den CC-Doppelbindungen der
 Verbindungen der Formeln 1 bis 5, 7 bis 9 und 13 in
 trans-Stellung zueinander angeordnet.

8. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die lichtemittierende Schicht (5) ein Matrixmaterial umfasst, in der die fluoreszierende Verbindung enthalten ist.

5

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, wobei die lichtemittierende Schicht (5) aus der fluoreszierenden Verbindung und dem Matrixmaterial besteht.

10 10. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Betrieb der Vorrichtung (1) in der lichtemittierenden Schicht (5) Singulett- und Triplett-Exzitonen gebildet werden und über 25 % der gebildeten Singulett- und Triplett-Exzitonen zur Strahlungsemission
15 genutzt werden.

11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der Energieunterschied des S_1 -Zustands und des T_1 -Zustands zwischen 0,01 eV und 0,25 eV liegt.

20

12. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste (3) und/oder die zweite Elektrode (7) eine metallische Elektrode ist oder zumindest eine metallische Schicht umfasst.

25

13. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der ersten Elektrode (3) und der lichtemittierenden Schicht (5) eine erste Ladungsträgerinjektionsschicht (4) und/oder zwischen der
30 lichtemittierenden Schicht (5) und der zweiten Elektrode (7) eine zweite Ladungsträgerinjektionsschicht (6) angeordnet ist.

14. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Abstand der lichtemittierenden Schicht (5) zur ersten und/oder zweiten Elektrode (3,7) zwischen 40 und 90 nm beträgt.

5

15. Verfahren zur Herstellung einer strahlungsemitierenden organisch-elektronischen Vorrichtung (1) mit den Verfahrensschritten:

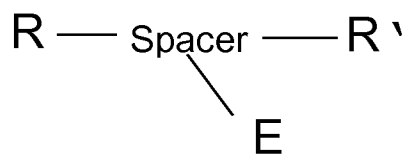
A) Bereitstellen eines Substrats (2),

10

B) Aufbringen einer ersten Elektrode (3) auf das Substrat (2),

C) Aufbringen einer fluoreszierenden Verbindung folgender Formel A auf die erste Elektrode (3) zur Herstellung einer lichtemittierenden Schicht (5)

15



Formel A

20

wobei R für einen elektronenziehenden Substituent steht, R' für einen elektronenschiebenden Substituent steht, der Spacer eine lineare Molekülkette an die die beiden Substituenten R und R' endständig angebunden sind und zumindest eine an die lineare Molekülkette gebundene Gruppe E umfasst, wobei

25

E für Wasserstoff und/oder einen organischen Rest steht und

wobei die Moleküle der fluoreszierenden Verbindung der Formel A im Grundzustand permanente Dipolmomente aufweisen,

30

wobei die fluoreszierende Verbindung so aufgebracht wird, dass die permanenten Dipolmomente parallel zur Erstreckungsebene des Substrats (2) ausgerichtet sind, D) Aufbringen einer zweiten Elektrode (7) auf die lichtemittierende Schicht (5).

FIG 1

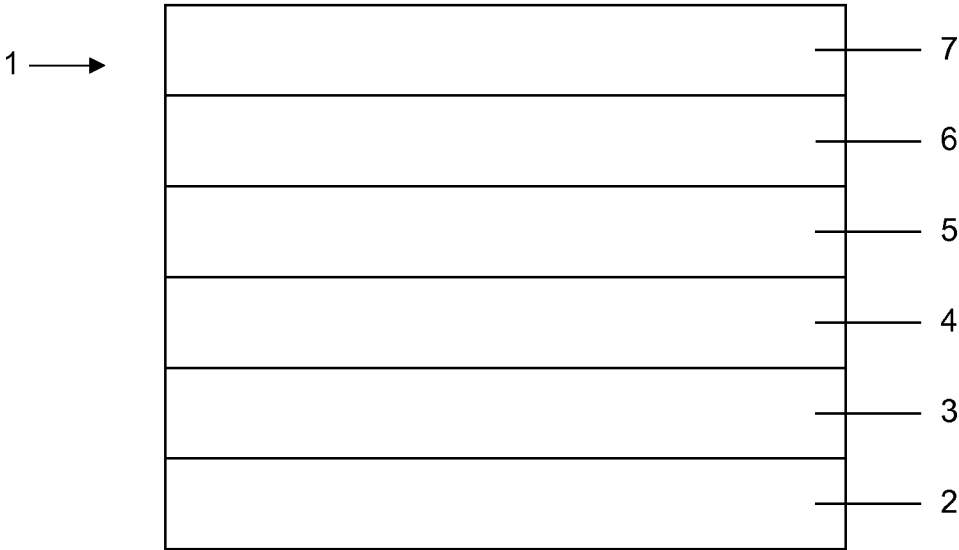


FIG 2

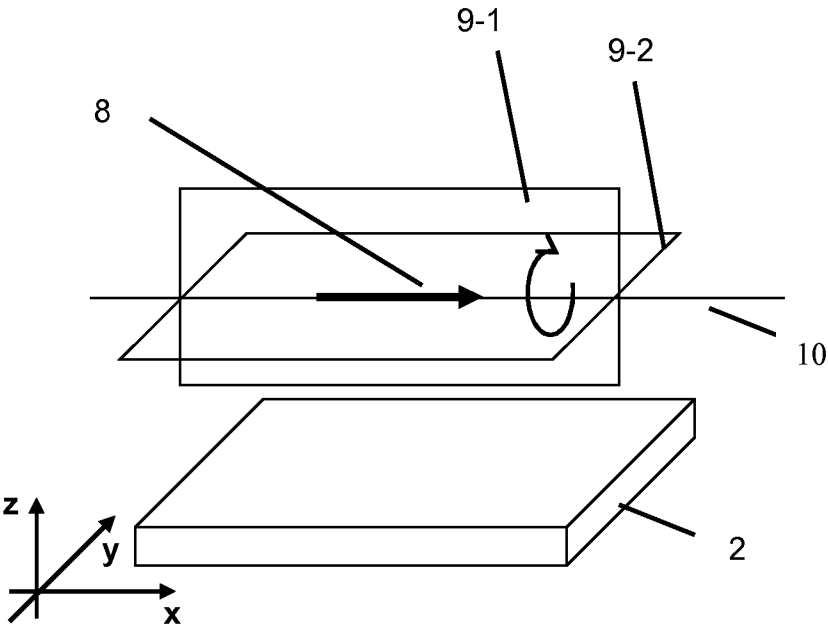
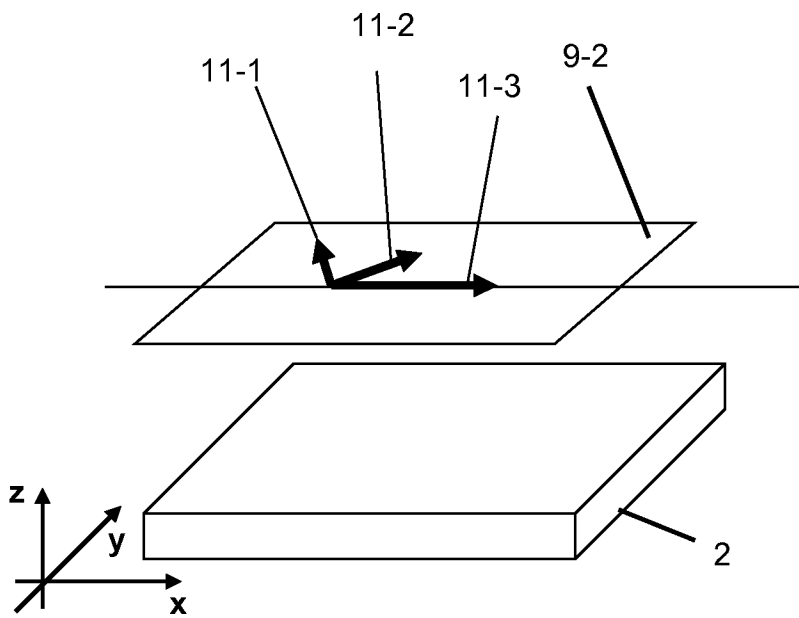


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/056078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L51/50 H01L51/00 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.
Y	MOHAMMAD TAGHI SHARBATI ET AL: "Near-Infrared Organic Light-Emitting Diodes Based on Donor-pi-Acceptor Oligomers", IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 22, no. 22, 15 November 2010 (2010-11-15), pages 1695-1697, XP011319131, ISSN: 1041-1135 the whole document ----- -/--	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2014

Date of mailing of the international search report

24/06/2014

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Welter, Steve

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/056078

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JÖRG FRISCHEISEN ET AL: "Increased light outcoupling efficiency in dye-doped small molecule organic light-emitting diodes with horizontally oriented emitters", ORGANIC ELECTRONICS, vol. 12, no. 5, 1 May 2011 (2011-05-01), pages 809-817, XP055066017, ISSN: 1566-1199, DOI: 10.1016/j.orgel.2011.02.005 cited in the application the whole document	1-15
Y	----- YOKOYAMA D ET AL: "Horizontal orientation of linear-shaped organic molecules having bulky substituents in neat and doped vacuum-deposited amorphous films", ORGANIC ELECTRONICS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 10, no. 1, 1 February 2009 (2009-02-01), pages 127-137, XP025845814, ISSN: 1566-1199, DOI: 10.1016/J.ORGEL.2008.10.010 [retrieved on 2008-10-22] cited in the application the whole document -----	1-15

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L51/50 H01L51/00 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.
Y	MOHAMMAD TAGHI SHARBATI ET AL: "Near-Infrared Organic Light-Emitting Diodes Based on Donor-pi-Acceptor Oligomers", IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 22, Nr. 22, 15. November 2010 (2010-11-15), Seiten 1695-1697, XP011319131, ISSN: 1041-1135 das ganze Dokument ----- -/-	1-15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☐ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 13. Juni 2014		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 24/06/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Welter, Steve

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JÖRG FRISCHEISEN ET AL: "Increased light outcoupling efficiency in dye-doped small molecule organic light-emitting diodes with horizontally oriented emitters", ORGANIC ELECTRONICS, Bd. 12, Nr. 5, 1. Mai 2011 (2011-05-01), Seiten 809-817, XP055066017, ISSN: 1566-1199, DOI: 10.1016/j.orgel.2011.02.005 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-15
Y	----- YOKOYAMA D ET AL: "Horizontal orientation of linear-shaped organic molecules having bulky substituents in neat and doped vacuum-deposited amorphous films", ORGANIC ELECTRONICS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 10, Nr. 1, 1. Februar 2009 (2009-02-01), Seiten 127-137, XP025845814, ISSN: 1566-1199, DOI: 10.1016/J.ORGEL.2008.10.010 [gefunden am 2008-10-22] in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-15