



(10) **DE 10 2011 007 052 A1** 2012.10.11

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 007 052.4**

(22) Anmeldetag: **08.04.2011**

(43) Offenlegungstag: **11.10.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 51/54 (2006.01)**
C09K 11/06 (2006.01)

(71) Anmelder:
**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055,
Regensburg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

WO 2011/ 033 023 A1

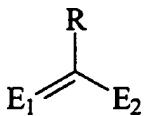
(72) Erfinder:
**Heuser, Karsten, 91056, Erlangen, DE; Scharner,
Silke, 93055, Regensburg, DE; Seidel, Stefan,
93152, Nittendorf, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

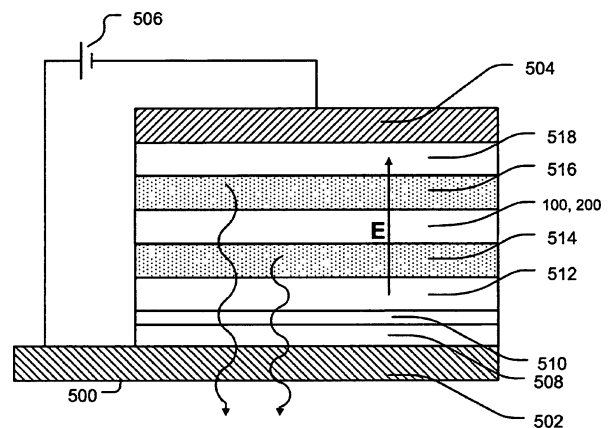
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optoelektronisches Bauelement und Verwendung eines Kupferkomplexes als Dotierstoff zum Dotieren einer Schicht**

(57) Zusammenfassung: In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein optoelektronisches Bauelement (500, 600, 700) bereitgestellt, aufweisend: eine nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht (508); und eine mit einem Dotierstoff dotierte zusätzliche Schicht (510) benachbart zu der nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht (508), wobei der Dotierstoff einen Kupferkomplex aufweist, der wenigstens einen Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I aufweist:



(I) worin E₁ und E₂ jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente sind: Sauerstoff, Schwefel oder Selen, und R ausgewählt ist aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituierter oder unsubstituierter, verzweigter, linearer oder zyklischer Kohlenwasserstoffe.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement und eine Verwendung eines Kupferkomplexes als Dotierstoff zum Dotieren einer Schicht.

[0002] Ein optoelektronisches Bauelement ist zur Umwandlung elektrischer Energie in elektromagnetische Strahlung, wie beispielsweise in sichtbares Licht, oder für den umgekehrten Prozess ausgelegt. Man kann jeweils von einer Emittervorrichtung oder einer Detektorvorrichtung sprechen. Ein Beispiel für ein elektromagnetisches Bauelement als Emittervorrichtung ist eine lichtemittierende Vorrichtung, beispielsweise eine lichtemittierende Diode (LED). Die Vorrichtung umfasst typischerweise Elektroden, zwischen denen eine aktive Zone angeordnet ist. Über die Elektroden kann der lichtemittierenden Vorrichtung ein elektrischer Strom zugeführt werden, welcher in der aktiven Zone in optische Energie, d. h. elektromagnetische Strahlung gewandelt wird. Die optische Energie wird über eine Strahlungsauskopplungsfläche aus der lichtemittierenden Vorrichtung ausgekoppelt.

[0003] Eine besondere lichtemittierende Vorrichtung ist die organische lichtemittierende Diode (OLED). Eine OLED weist in der aktiven Schicht eine organische Schicht auf, um elektrische Energie in elektromagnetische Strahlung zu wandeln. Bei Kontaktierung der OLED über die Elektroden mit einer Stromquelle werden unterschiedliche Ladungsträgertypen in die organische Schicht injiziert. Positive Ladungsträger, auch als Löcher bezeichnet, wandern von der Anode hin zur Kathode durch die organische Schicht, während Elektronen die organische Schicht von der Kathode hin zur Anode durchwandern. Dabei bilden sich in der organischen Schicht Anregungszustände in Form von Elektronen-Lochpaaren, sogenannte Exzitonen, die unter Emission von elektromagnetischer Strahlung zerfallen.

[0004] Ein weiteres Beispiel für ein optoelektronisches Bauelement ist die Detektorvorrichtung, in der optische Strahlung in ein elektrisches Signal bzw. in elektrische Energie gewandelt wird. Ein solches optoelektronisches Bauelement ist beispielsweise ein Photodetektor oder eine Solarzelle. Auch eine Detektorvorrichtung weist eine zwischen Elektroden angeordnete aktive Schicht auf. Die Detektorvorrichtung weist eine Strahlungseintrittsseite auf, über die elektromagnetische Strahlung, beispielsweise Licht, Infrarot- oder Ultraviolettstrahlung, in die Detektorvorrichtung eintritt und zu der aktiven Schicht geführt wird. In der aktiven Schicht wird unter Einwirkung der Strahlung ein Exziton angeregt, das in einem elektrischen Feld in ein Elektron und ein Loch aufgeteilt wird. So wird ein elektrisches Signal oder eine elektrische Ladung erzeugt und an den Elektroden bereitgestellt.

[0005] In allen Fällen ist eine hohe Effizienz der Umwandlung elektrischer Energie in elektromagnetische Strahlung bzw. für den umgekehrten Prozess wünschenswert.

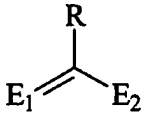
[0006] OLEDs können mit guter Effizienz und Lebensdauer mittels einer nasschemisch prozessierten hochleitfähigen Lochinjektionsschicht (HIL, hole injection layer) hergestellt werden. Diese Lochinjektionsschicht hat den Vorteil, dass sie wesentlich günstiger ist als eine dicke leitfähigkeitsdotierte Lochinjektionsschicht (HIL) und aufgrund der geringeren Schichtdicke auch eine höhere Effizienz ermöglicht.

[0007] Der Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein optoelektronisches Bauelement mit einer nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht bereitzustellen, das eine hohe Effizienz bei ausreichender Prozessstabilität aufweist.

[0008] Das Problem wird von einem optoelektronischen Bauelement und einer Verwendung eines Kupferkomplexes als Dotierstoff zum Dotieren einer Schicht mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen des optoelektronischen Bauelements sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0009] Die verschiedenen Ausgestaltungen der nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen gelten in gleicher Weise, soweit analog anwendbar, für das optoelektronische Bauelement und für die Verwendung des Kupferkomplexes in einer organischen Schichtstruktur.

[0010] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein optoelektronisches Bauelement bereitgestellt, aufweisend: eine nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht; und eine mit einem Dotierstoff dotierte zusätzliche Schicht benachbart zu der nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht, wobei der Dotierstoff einen Kupferkomplex aufweist, der wenigstens einen Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I aufweist:



(I),

worin E_1 und E_2 jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente sind: Sauerstoff, Schwefel oder Selen, und R ausgewählt ist aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituierter oder unsubstituierter, verzweigter, linearer oder zyklischer Kohlenwasserstoffe.

[0011] Es wurde festgestellt, dass sich beim Ersetzen der dicken leitfähigkeitsdotierten Lochinjektionsschicht durch eine nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht die Prozessstabilität verringert, was sich in einer Streuung der elektrischen IV-Kennlinie äußern kann.

[0012] Durch die verschiedenen Ausführungsbeispiele kann die Transparenz des optoelektronischen Bauelements erhöht werden. Weiterhin ist das optoelektronische Bauelement kostengünstig herstellbar und kann eine erhöhte Lebensdauer aufweisen.

[0013] Ein weiterer Vorteil des organischen Kupfer-enthaltenden Dotierstoffs kann in seiner geringen Verdampfungstemperatur unter Vakuumbedingungen von nur ungefähr 200°C gesehen werden. Die anorganischen p-Dotierstoffe haben wesentlich höhere Verdampfungstemperaturen, wodurch ihr Einsatz erst durch die Verwendung besonderer Hochtemperatur-Verdampfungsquellen möglich wird.

[0014] In verschiedenen Ausführungsbeispielen ist eine zusätzliche Schicht, beispielsweise eine mit einem Dotierstoff dotierte Schicht vorgesehen. Eine solche zusätzliche, beispielsweise dünne Schicht fungiert anschaulich als eine Art Lochreservoir, und kompensiert die oben dargelegte verringerte Prozessstabilität, die bei Verwendung einer nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht entsteht. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Dotierstoff ein p-Dotierstoff sein. Für die Dotierung können anorganische Materialien (beispielsweise V_2O_5 , MoO_3 , WO_3) oder organische Materialien (beispielsweise F4-TCNQ) als Dotierstoff eingesetzt werden.

[0015] Weiterhin kann bei verschiedenen Ausführungsbeispielen durch Einsatz eines solchen Kupferkomplexes in der zusätzlichen Schicht eine hohe Löcherleitfähigkeit und eine geringe Absorption im sichtbaren Spektralbereich erreicht werden.

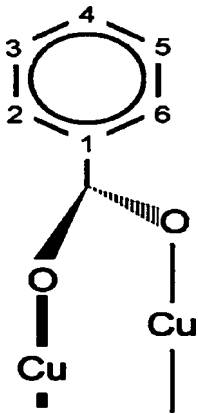
[0016] Das optoelektronische Bauelement kann ferner eine organische Schichtstruktur zum Trennen von Ladungsträgern eines ersten Ladungstyps und Ladungsträgern eines zweiten Ladungstyps aufweisen.

[0017] Die organische Schichtstruktur ist dabei zum Trennen von Ladungsträgern eines ersten Ladungsträgertyps von Ladungsträgern eines zweiten Ladungsträgertyps eingerichtet. Beispielsweise handelt es sich bei den Ladungsträgern des ersten Ladungsträgertyps um Löcher und bei den Ladungsträgern des zweiten Ladungsträgertyps um Elektronen. Ein Beispiel für eine solche Schichtstruktur ist eine Ladungserzeugungsschichtfolge bzw. "charge generating layer" (CGL).

[0018] Eine solche Ladungserzeugungsschichtfolge weist eine p-dotierte Schicht auf, die den oben bezeichneten Kupferkomplex als p-Dotierstoff enthält, beispielsweise eine auf die oben beschriebene nasschemisch prozessierte (beispielsweise hochleitfähige) Lochinjektionsschicht aufgebrachte zusätzliche Schicht. Die nasschemisch prozessierte (beispielsweise hochleitfähige) Lochinjektionsschicht kann über eine Potentialbarriere, bspw. in Form einer Grenzschicht oder einer isolierenden Zwischenschicht, mit einer n-dotierten Schicht verbunden sein. Der Kupferkomplex weist eine sehr gute Dotierfähigkeit auf. Er verbessert einen Ladungsträgertransport in der Ladungserzeugungsschicht, beispielsweise wird die Leitfähigkeit von Löchern in dem p-dotierten Bereich erhöht. Durch die hohen Leit- und Dotierfähigkeiten kann eine starke Bandverbiegung in der p-dotierten Schicht in Nähe der Potentialbarriere erreicht werden. Tunnelprozesse von Ladungsträgern durch die Potentialbarriere können so verbessert werden. Durch die hohe Leitfähigkeit werden durch einen Tunnelprozess transferierte Ladungsträger leicht aus der Ladungserzeugungsschichtfolge transportiert. Insgesamt kann so die Ladungserzeugungsschichtfolge eine hohe Anzahl frei beweglicher Ladungsträger bereitstellen, wodurch eine besonders hohe Effizienz des optoelektronischen Bauelements erreicht wird.

[0019] Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Kupferkomplexen ist die leichte Verfügbarkeit der Ausgangsstoffe und die gefahrlose Verarbeitung der Dotierstoffe, so dass eine kostengünstige und umweltschonende Alternative zu bereits bekannten Dotierstoffen genutzt werden kann.

[0020] In einigen Ausführungsformen ist der Kupferkomplex ein Kupfer(I)penta-Fluor-Benzoat. Dieses weist die folgende Struktur auf:



wobei die Positionen 2 bis 6 durch eine Fluorierung besetzt sind. Die Auswahl des Kupfer(I)penta-Fluor-Benzoats ist vor allem deswegen vorteilhaft, weil mit diesem Komplex eine hohe Löcher-Leitfähigkeit und eine geringe Absorption im sichtbaren Spektralbereich verbunden ist. Für eine 100 nm dicke Schicht aus (4,4',4''-tris(N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino)Triphenylamin, das mit Kupfer(I)penta-Fluor-Benzoat dotiert wurde, konnte eine Transmission von mehr als 93% oberhalb einer Wellenlänge von 420 nm gemessen werden.

[0021] Weiterhin ist Kupfer(I)penta-Fluor-Benzoat besonders für eine Verarbeitung bei der Herstellung eines optoelektronischen Bauelements geeignet. Es hat eine Verdampfungstemperatur von lediglich ca. 200°C. Andere für eine p-Dotierung verwendete Dotierstoffe, wie V_2O_5 , MoO_3 , WO_3 oder F4-TCNQ(2,3,5,6-Tetrafluoro-7,7,8,8-Tetracyanoquinodimethan) weisen eine wesentlich höhere Verdampfungstemperatur auf. Kupfer(I)penta-Fluor-Benzoat kann daher ohne die Verwendung besonderer Hochtemperatur-Verdampfungsquellen verarbeitet werden.

[0022] In einigen Ausführungsformen weist die p-dotierte organische Halbleiterschicht einen Dotierungsgradienten hin zu der n-dotierten organische Halbleiterschicht auf. Das bedeutet, dass die Konzentration des Dotierstoffes sich über den Querschnitt der p-dotierten organischen Halbleiterschicht verändert. Vorteilhafterweise nimmt die Dotierung der p-dotierten organischen Halbleiterschicht hin zu der n-dotierten organische Halbleiterschicht zu. Damit wird eine Beweglichkeit von Löchern in der p-dotierten organischen Halbleiterschicht gerade im Bereich der Grenzfläche der n-dotierten organische Halbleiterschicht bzw. der Zwischenschicht erhöht. Dies ist für einen Abtransport von Ladungsträgern in diesem Bereich von besonderem Vorteil. Zusätzlich kann so eine Potentialbarriere an der Grenzfläche bzw. der Zwischenschicht besonders effizient gestaltet werden. Ein Dotiergradient kann dabei beispielsweise durch das Aufbringen mehrerer p-dotierter organischer Halbleiterschichten übereinander erzielt werden. Ebenso ist es denkbar, dass während eines Herstellprozesses der p-dotierten organischen Halbleiterschicht die Zufuhr des Dotierstoffes durch einen geeigneten Prozess verändert wird, so dass mit zunehmender Schichtdicke eine andere Dotierung der Schicht erfolgt. Die Dotierstoffkonzentration kann beispielsweise von 0% an der Grenzfläche bzw. der Zwischenschicht abgewandten Seite bis 100% an der Grenzfläche bzw. der Zwischenschicht zugewandten Seite verlaufen. In diesem Fall ist an der Grenzfläche/Zwischenschicht ein dünner Dotierstofffilm denkbar. Es ist zusätzlich denkbar, dass unterschiedliche Dotierstoffe in der p-dotierten organischen Halbleiterschicht eingebracht sind, und dass so eine Variation in der Leitfähigkeit oder eine geeignete Gestaltung der Potentialbarriere bewirkt wird.

[0023] In verschiedenen Ausführungsformen weist das optoelektronische Bauelement einen die organische Schichtstruktur aufweisenden Schichtstapel auf. Dabei kann der Schichtstapel wenigstens eine aktive Schicht aufweisen. Die aktive Schicht weist beispielsweise ein elektrolumineszentes Material auf. Das optoelektronische Bauelement ist damit als strahlungsemitternde Vorrichtung ausgestaltet. In verschiedenen Ausführungsformen ist die organische Schichtstruktur zwischen einer ersten aktiven Schicht und einer zweiten aktiven Schicht angeordnet. Die organische Schichtstruktur hat insbesondere die Funktion, aktiven Schichten intrinsische Ladungsträger bereitzustellen. In verschiedenen Ausführungsformen ist die organische Schichtstruktur auf einer Elektrode, beispielsweise einem Anodenkontakt, aufgebracht. Dabei unterstützt die organische Schichtstruktur in vorteilhafter Weise einen Übertritt von positiven Ladungsträgern aus dem Anodenmaterial in organische Halbleiterschichten.

- [0024]** In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das optoelektronische Bauelement als Top-Emitter, als Bottom-Emitter oder als Top- und Bottom-Emitter ausgebildet sein.
- [0025]** Verschiedene Ausführungsbeispiele des optoelektronischen Bauelements werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren geben die erste(n) Ziffer(n) eines Bezugszeichens die Figur an, in denen das Bezugszeichen zuerst verwendet wird. Die gleichen Bezugszeichen werden für gleichartige oder gleich wirkende Elemente bzw. Eigenschaften in allen Figuren verwendet.
- [0026]** Es zeigen:
- [0027]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Ladungserzeugungsschicht;
- [0028]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels einer Ladungserzeugungsschicht;
- [0029]** [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung der Energieniveaus in einer Ladungserzeugungsschichtfolge ohne angelegter Spannung;
- [0030]** [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung der Energieniveaus in der Ladungserzeugungsschichtfolge mit angelegter Sperrspannung;
- [0031]** [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements;
- [0032]** [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements; und
- [0033]** [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements.
- [0034]** In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigegeführten 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 Schutzzumfang 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 Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.
- [0035]** 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.
- [0036]** [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen eine schematische Darstellung zweier Ausführungsbeispiele einer Ladungserzeugungsschichtfolge **100**.
- [0037]** Die Ladungserzeugungsschichtfolge **100** weist in unterschiedlichen Ausgestaltungen eine Schichtfolge von dotierten organischen und anorganischen Halbleitermaterialien auf.
- [0038]** In dem in der [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Ladungserzeugungsschichtfolge **100** als eine Schichtfolge einer n-dotierten ersten organischen Halbleiterschicht **102** und einer p-dotierten zweiten organischen Halbleiterschicht **104** ausgestaltet.
- [0039]** Zwischen der ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der zweiten organischen Halbleiterschicht **104** ist eine Grenzfläche **106** ausgebildet.

[0040] An der Grenzfläche **106** der n-dotierten ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der p-dotierten zweiten organischen Halbleiterschicht **104** bildet sich unter Anlegen eines elektrischen Feldes E eine Verarmungszone aus. Durch Quantenfluktuationen kann an der Grenzfläche **106** spontan ein Ladungsträgerpaar **108** entstehen. Das Ladungsträgerpaar **108** weist Ladungsträger unterschiedlichen Ladungsträgertyps auf, wie etwa ein Elektron und ein Loch. Das Elektron kann aus der p-dotierten zweiten organischen Halbleiterschicht **104** durch einen Tunnelprozess die Potentialbarriere der Grenzfläche **106** durchqueren und so einen freien Zustand in der n-dotierten Halbleiterschicht **102** besetzen. In der p-dotierten zweiten Halbleiterschicht **104** verbleibt zunächst ein unbesetzter Zustand in Form des Lochs. Man kann diese Fluktuation also derart beschreiben, dass an der Grenzfläche **106** spontan ein Ladungsträgerpaar **108** mit Ladungsträgern unterschiedlichen Ladungsträgertyps entsteht. Durch einen Tunnelprozess werden die Ladungsträger getrennt. Unter der Einwirkung des elektrischen Feldes E wandern die Ladungsträger je nach Ladungsträgertyp in Richtung der Anode **102** bzw. der Kathode **104**. Eine Rekombination der Ladungsträger durch einen weiteren Tunnelprozess wird somit durch den von dem elektrischen Feld E bewirkten Ladungsträgertransport zu den Elektroden vermieden.

[0041] In dem in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel einer Ladungserzeugungsschichtfolge **200** ist zwischen der ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der zweiten organischen Halbleiterschicht eine geeignete Zwischenschicht **202** (interlayer) als Potentialbarriere angeordnet.

[0042] Die Zwischenschicht **202** weist beispielsweise ein Material wie CuPc (Kupferphthalocyanin) auf. Mit Hilfe der Zwischenschicht **202** kann die Ladungserzeugungsschichtfolge **200** hinsichtlich der Spannungsfestigkeit stabilisiert werden. Weiterhin kann mittels der Zwischenschicht **202** verhindert werden, dass es zu einer Diffusion von Dotierstoffen von einer organischen Halbleiterschicht in die andere oder zu einer chemischen Reaktion zwischen beiden organischen Halbleiterschichten bzw. deren Dotierstoffen kommt. Schließlich kann mittels der Zwischenschicht **202** die Potentialbarriere, insbesondere die Breite der Potentialbarriere, zwischen der n-dotierten ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der p-dotierten zweiten organischen Halbleiterschicht **104** gestaltet werden. Damit kann beispielsweise die Stärke eines durch Quantenfluktuationen entstehenden Tunnelstroms beeinflusst werden.

[0043] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung **300** der Energieniveaus in der Ladungserzeugungsschichtfolge **100** ohne angelegte elektrische Spannung. Die Ladungserzeugungsschichtfolge **100** weist die n-dotierte erste organische Halbleiterschicht **102** und die p-dotierte zweite organische Halbleiterschicht **104** auf. Der Ladungstransport in organischen Halbleitern findet im Wesentlichen durch hopping-Prozesse von einem lokalisierten Zustand zu einem benachbarten ebenfalls lokalisierten Zustand statt. Dargestellt sind in der [Fig. 3](#) die Energieniveaus in der ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der zweiten organischen Halbleiterschicht **104**. Angegeben sind jeweils das Lowest Unoccupied Molecular Orbital(LUMO)-Energieniveau **302** und das Highest Occupied Molecular Orbital(HOMO)-Energieniveau **304** der ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der zweiten organischen Halbleiterschicht **104**. Das LUMO-Energieniveau **302** ist dem Leitungsband eines anorganischen Halbleiters vergleichbar und gibt den Energiebereich an, in dem Elektronen eine sehr hohe Beweglichkeit aufweisen. Das HOMO-Energieniveau **304** ist dem Valenzband eines anorganischen Halbleiters vergleichbar und gibt den Energiebereich an, in dem Löcher eine sehr hohe Beweglichkeit aufweisen. Zwischen dem LUMO-Energieniveau und dem HOMO-Energieniveau bildet sich eine Energielücke, die einem Bandabstand (band gap) in einem anorganischen Halbleiter entsprechen würde.

[0044] Die erste organische Halbleiterschicht **102** ist n-dotiert, während die zweite organische Halbleiterschicht **104** p-dotiert ist. Entsprechend weist die erste organische Halbleiterschicht **102** ein niedrigeres LUMO-Energieniveau und ein niedrigeres HOMO-Energieniveau als die zweite organische Halbleiterschicht **104** auf. An der Grenzfläche **106** gehen die Energieniveaus durch freie Ladungsträger oder mögliche Dipolbildungen kontinuierlich ineinander über. Es kommt zu einer Bandverbiegung an der Grenzfläche **106**.

[0045] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Darstellung **400** der Energieniveaus in der Ladungserzeugungsschichtfolge **100** bei einer angelegten elektrischer Sperrspannung. Die Sperrspannung ist mit einem elektrischen Feld E verbunden. Aufgrund der Sperrspannung verschieben sich die Energieniveaus in den organischen Halbleiterschichten, indem sie aufgrund des Spannungsabfalls über die Ladungserzeugungsschichtfolge **100** geneigt werden. An der Grenzfläche **106** entsteht so ein Bereich, in dem das LUMO-Energieniveau **302** der ersten organischen Halbleiterschicht **102** gleiche Werte annimmt wie das HOMO-Energieniveau **304** der zweiten organischen Halbleiterschicht **104**. Durch Quantenfluktuationen kann sich in dem HOMO-Energieniveau **304** der zweiten organischen Halbleiterschicht **104** ein Ladungsträgerpaar **108** an der Grenzfläche **106** bilden. Das Ladungsträgerpaar **108** besteht aus einem Elektron und einem Loch. Durch die Bandverbiegung an der Grenzfläche **108** kann das Elektron mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit in einem Tunnelprozess die

Potentialbarriere an der Grenzfläche **106** durchqueren und eine freien Zustand in dem LUMO-Energieniveau **302** der n-dotierten ersten organischen Halbleiterschicht **102** einnehmen.

[0046] Das verbleibende Loch wird durch das elektrische Feld E von der Grenzschicht **106** weg aus der zweiten organischen Halbleiterschicht **104** transportiert. Das Elektron in der ersten organischen Halbleiterschicht wird durch das abfallende LUMO-Energieniveau von der Grenzschicht **200** wegtransportiert. Im Ergebnis werden unter Anlegen einer Sperrspannung aufgrund intrinsischer Anregungen an der Ladungserzeugungsschichtfolge **100** zusätzliche freie Ladungsträger bereitgestellt.

[0047] Es ist denkbar, dass zur Erhöhung oder Ausgestaltung des Tunnelstroms zwischen der ersten organischen Halbleiterschicht **102** und der zweiten organischen Halbleiterschicht eine geeignete Zwischenschicht **202** (interlayer) als Potentialbarriere angeordnet ist. Die Zwischenschicht **202** weist beispielsweise ein Material wie CuPc (Kupferphthalocyanin) auf. Mithilfe der Zwischenschicht **202** kann die Ladungserzeugungsschichtfolge **100** hinsichtlich der Spannungsfestigkeit stabilisiert werden. Weiterhin kann mittels der Zwischenschicht verhindert werden, dass es zu einer Diffusion von Dotierstoffen von einer organischen Halbleiterschicht in die andere oder zu einer chemischen Reaktion zwischen beiden organischen Halbleiterschichten bzw. deren Dotierstoffen kommt. Schließlich kann mittels der Zwischenschicht die Potentialbarriere, insbesondere die Breite der Potentialbarriere, zwischen der n-dotierten organischen Halbleiterschicht **102** und der p-dotierten organischen Halbleiterschicht **104** gestaltet werden. Damit kann beispielsweise die Stärke eines durch Quantenfluktuationen entstehenden Tunnelstroms beeinflusst werden.

[0048] Wegen der beschriebenen Funktion der Ladungserzeugungsschichtfolge **100** kann diese auch als organische Schicht zum Trennen von Ladungsträgern bezeichnet werden, bzw. als CGL. Untersuchungen zu der Ladungserzeugungsschichtfolge **100** sind beispielsweise aus dem Dokument [1] und dem Dokument [2] bekannt, die hiermit durch Rückbezug in die Offenbarung der vorliegenden Anmeldung aufgenommen werden.

[0049] Die erste organische Halbleiterschicht **102** ist n-dotiert. Für die n-Dotierung können Metalle mit geringer Austrittsarbeit, beispielsweise Cäsium, Lithium oder Magnesium verwendet werden. Ebenfalls sind Verbindungen als n-Dotierstoff geeignet, die diese Metalle enthalten, so beispielsweise Cs_2CO_3 , CsF oder LiF. Diese Dotierstoffe können in ein Matrixmaterial eingebracht sein oder werden. Als Matrixmaterial ist beispielsweise TPBi(1,3,5-Tris(1-phenyl-1H-benzimidazol-2-yl)Benzen) geeignet.

[0050] Die zweite organische Halbleiterschicht **104** kann p-dotiert sein, beispielsweise mit einer Dotierstoffkonzentration in einem Bereich von ungefähr 1% bis ungefähr 30%, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 1% bis ungefähr 15%, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 2% bis ungefähr 8%.

[0051] [Fig. 5](#) zeigt die schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements **500** mit einer Ladungserzeugungsschichtfolge **100**, **200**. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Ladungserzeugungsschichtfolge **100**, **200** in den im Folgenden beschriebenen optoelektronischen Bauelementen optional ist.

[0052] Das optoelektronische Bauelement **500** weist eine Anode **502** und eine Kathode **504** auf. Die Anode **502** und die Kathode **504** dienen als Elektroden des optoelektronischen Bauelements **500**. Sie können mit einer externen Stromquelle **506** verbunden sein, beispielsweise mit einer Batterie oder mit einem Akkumulator. Zwischen der Anode **502** und der Kathode **504** ist ein Schichtstapel aus organischen und/oder anorganischen Halbleitermaterialien angeordnet. Die Anode **502** und die Kathode **504** weisen jeweils ein gut leitfähiges Material auf, das hinsichtlich seiner optischen Eigenschaften gewählt sein kann. Beispielsweise kann die Anode **502** und/oder die Kathode **504** aus einem transparenten Material bestehen, das ein Metalloxid, so wie ein Indiumzinnoxid (Indium Tin Oxide oder ITO), und/oder ein transparentes, leitfähiges Polymer enthält. Ebenso kann wenigstens eine der Anode **502** und der Kathode **504** aus einem hochleitfähigen, reflektierenden Material bestehen, das beispielsweise ein Metall, etwa Aluminium, Silber, Platin, Kupfer oder Gold, oder eine Metalllegierung enthält.

[0053] Über die Anode **502** werden positive Ladungsträger (Löcher) in den Schichtstapel injiziert, während über die Kathode **504** negative Ladungsträger (Elektronen) in den Schichtstapel injiziert werden. Gleichzeitig liegt zwischen der Anode **502** und der Kathode **504** ein elektrisches Feld E an. Das elektrische Feld E bewirkt, dass aus der Anode **502** injizierte Löcher durch den Schichtstapel in Richtung der Kathode **504** wandern. Aus der Kathode **504** injizierte Elektronen wandern unter Einfluss des elektrischen Feldes E in Richtung der Anode **502**.

[0054] Der Schichtstapel weist eine Reihe unterschiedlicher funktioneller Schichten auf.

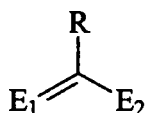
[0055] Unmittelbar auf der Anode **502** ist in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine nasschemisch prozessierte (im Folgenden auch bezeichnet als flüssigkeitsprozessierte) (hochleitfähige) Lochinjektionsschicht (HIL, hole injection layer) **508** aufgebracht bzw. angeordnet. Die nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht **508** weist eine Leitfähigkeit auf in einem Bereich von ungefähr 10^{-7} S/cm bis ungefähr 10^{-1} S/cm, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 10^{-6} S/cm bis ungefähr 10^{-1} S/cm, auf. In verschiedenen Ausführungsbeispielen weist die nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht **508** eine Schichtdicke auf in einem Bereich von ungefähr 50 nm bis ungefähr 150 nm, beispielsweise mit einer Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 60 nm bis ungefähr 120 nm, beispielsweise mit einer Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 70 nm bis ungefähr 100 nm. Auf der nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht **508** ist in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine zusätzliche Schicht **510** als Prozessstabilisierungsschicht vorgesehen, beispielsweise mit einer Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 20 nm, beispielsweise ein Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 3 nm bis ungefähr 10 nm.

[0056] Die nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht **508** kann in Lösemittel gelöst, auf die Anode **502** aufgeschleudert, aufgedruckt oder aufgesprüht werden, je nach gewünschtem Prozess. Die nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht **508** kann beispielsweise PEDOT:PSS enthalten oder daraus gebildet sein.

[0057] In verschiedenen Ausführungsbeispielen ist die nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht **508** vorgesehen, um eventuelle Unebenheiten in der Oberfläche der Anode **502** auszugleichen.

[0058] Die zusätzliche Schicht **510** kann p-dotiert sein. Als Dotierstoff für die zusätzliche Schicht **510** ist in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Kupferkomplex vorgesehen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen ist die zusätzliche Schicht **510** mit dem Dotierstoff dotiert mit einer Dotierstoffkonzentration in einem Bereich von ungefähr 1% bis ungefähr 20%, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 1% bis ungefähr 15%, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 2% bis ungefähr 8%. Dabei können die folgenden Materialien als Teil des Matrixmaterials der zusätzlichen Schicht **110** verwendet werden: NPB(N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N'-bis(phenyl)-Benzidin, β -NPB(N,N'-bis(naphthalen-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-Benzidin), TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-Benzidin), N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2-Dimethylbenzidin, Spiro-TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-Spirobifluoren), Spiro-NPB(N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-Spirobifluoren), DMFL-TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-Dimethylfluoren), DMFL-NPB(N,N'-bis(1-naphthyl)-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), Sp-TAD(2,2',7,7'-tetrakis(n,n-diphenylamino)-9,9'-Spirobifluoren), TAPC(di-[4-(N,N-ditoly-amino)phenyl]Cyclohexan), Spiro-TTB(2,2',7,7'-tetra(N,N-di-tolyl) Amino-Spiro-Bifluoren), BPAPF(9,9-bis[4-(N,N-bis-biphenyl-4-yl-amino)phenyl]-9H-Fluoren), Spiro-2NPB(2,2',7,7'-tetrakis[N-naphthyl(phenyl)-amino]-9,9-Spirobifluoren), Spiro-5(2,7-bis[N,N-bis(9,9-spirobifluoren-2-yl)-amino]-9,9-Spirobifluoren), 2,2'-Spiro-DBP(2,2'-bis[N,N-bis(biphenyl-4-yl)amino]-9,9-Spirobifluoren), PAPB(N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-Benzidin), TNB(N,N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-Benzidin), Spiro-BPA(2,2'-bis(N,N-di-phenyl-amino)-9,9-Spirobifluoren), NPAPF(9,9-Bis[4-(N,N-bis-naphthyl-amino)phenyl]-9H-Fluoren), NPBAPF(9,9-bis[4-(N,N'-bis-naphth-2-yl-N,N'-bis-phenyl-amino)-phenyl]-9H-Fluoren), TiOPC (Titanoxid-Phthalocyanin), CuPC(Kupferphthalocyanin), F4-TCNQ(2,3,5,6-tetrafluor-7,7,8,8-tetracyano-Quinodimethan), m-MTDATA(4,4',4''-tris(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)Triphenylamin), 2T-NATA(4,4',4''-tris(N-(naphthalen-2-yl)-N-phenyl-amino)Triphenylamin), 1-TNATA(4,4',4''-tris(N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino)Triphenylamin), NATA(4,4',4''-tris(N,N-diphenyl-amino)Triphenylamin), PPDN(pyrazino[2,3-f][1,10]phenanthrolin-2,3-Dicarbonitril), MeO-TPD(N,N,N',N'-tetrakis(4-methoxyphenyl)-Benzidin), MeO-Spiro-TPD(2,7-bis[N,N-bis(4-methoxy-phenyl)amino]-9,9-Spirobifluoren), 2,2'-MeO-Spiro-TPD(2,2'-bis[N,N-bis(4-methoxy-phenyl)amino]-9,9-Spirobifluoren), β -NPP(N,N'-di(naphthalen-2-yl)-N,N'-diphenylbenzen-1,4-Diamin), NTNPB(N,N'-di-phenyl-N,N'-di-[4-(N,N-di-tolyl-amino)phenyl]-Benzidin) oder NPNPB(N,N'-di-phenyl-N,N'-di-[4-(N,N-di-phenyl-amino)phenyl]-Benzidin).

[0059] Als p-Dotierstoff für die zusätzliche Schicht **510** dient in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Kupferkomplex mit wenigstens einem Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I:



(I)

E_1 und E_2 sind jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente: Sauerstoff, Schwefel oder Selen. R ist ausgewählt aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituierte oder unsubstituierte, verzweigte, lineare oder zyklische Kohlenwasserstoffe.

[0060] Der oben genannte Kupferkomplex ist im Verhältnis zu dem Matrixmaterial der zusätzlichen Schicht **510** ein metallo-organischer Akzeptorverbund. Er dient als p-Dotierstoff. Dabei kann der Kupferkomplex ein isoliertes Molekül sein. Häufig wird der Kupferkomplex über chemische Bindungen mit Molekülen des Matrixmaterials verbunden sein, beispielsweise indem Moleküle des Matrixmaterials als Liganden einen Teil des Kupferkomplexes bilden. Üblicherweise komplexiert das Kupferatom mit organischen Liganden. Die organischen Liganden können geeignete funktionelle Gruppen bilden, so dass eine Verbindung zu einem Oligomer oder einem Polymer ermöglicht ist.

[0061] Der Kupferkomplex kann einen einzähnigen, dreizähnigen oder einen vierzähnigen Liganden aufweisen. Insbesondere kann er eine oder mehrere Gruppen $C(=E_1)E_2$ enthalten, wobei wenigstens eins oder mehrere der Donatoratome E_1 und E_2 der Liganden und die Kupferatome komplexieren. Die $C(=E_1)E_2$ -Gruppe weist dabei üblicherweise eine negative Ladung auf. Ebenso können auch nicht-deprotonierte Carboxylsäuren oder Homologe von diesen als Liganden des Kupferkomplexes dienen. Allgemein trägt der Ligand des Kupferkomplexes negative Ladung in den Komplex bei, beispielsweise durch eine negative Ladung pro Carboxylgruppe bzw. pro homologer Carboxylgruppe.

[0062] Soweit sich keine Moleküle des Matrixmaterials mit den Kupferatomen verbinden, ist der Kupferkomplex ein homoleptischer Komplex, bei dem allein Liganden mit dem zentralen Kupferatom komplexieren. Oft weist ein solcher Komplex eine rechteckige oder lineare Molekülgeometrie auf. Dies gilt besonders, wenn Wechselwirkungen zwischen Kupferatomen vernachlässigbar sind. Soweit sich Moleküle aus dem Matrixmaterial mit dem zentralen Kupferatom verbinden, nimmt die Molekülgeometrie des Komplexes die Form einer pentagonalen Bipyramide an oder der Komplex erhält eine quadratisch-pyramidale Molekülgeometrie. Dabei ist der Kupferkomplex gewöhnlich ein elektrisch neutraler Komplex.

[0063] Der Kupferkomplex kann sowohl ein mononuklearer Kupferkomplex als auch ein polynuklearer Kupferkomplex sein. In einem polynuklearen Kupferkomplex kann der Ligand lediglich mit einem Kupferatom oder mit zwei Kupferatomen verbunden sein. Dabei kann der Ligand beispielsweise eine Brücke zwischen zwei Kupferatomen bilden. Sollte der Ligand drei- oder mehrzählig sein, kann er auch mehr Kupferatome als Brücke verbinden. Im Fall eines polynuklearen Kupferkomplexes können Kupfer-Kupfer-Verbindungen zwischen zwei oder mehreren Kupferatomen bestehen. Die Verwendung polynuklearer Kupferkomplexe ist deswegen besonders vorteilhaft, weil eine derart dotierte organische Funktionsschicht eine höhere Lebensdauer als eine mit einem mononuklearen Kupferkomplex dotierte Funktionsschicht aufweist. Dies kann durch eine Destabilisierung des Komplexes bei einem Ladungstransport durch die Funktionsschicht erklärt werden. Die Wirkung des Ladungstransports wird im Fall polynuklearer Kupferkomplexe nicht nur auf ein sondern auf mehrere Kupferkomplexe verteilt.

[0064] Ein polynuklearer Kupferkomplex kann eine sogenannte "paddel-wheel/Schaufelrad"-Struktur aufweisen. Dies gilt insbesondere im Fall eines Kupfer(II)-Komplexes. Üblicherweise wird eine Schaufelrad-Struktur in einem Komplex mit zwei Metallatomen angenommen, wobei zwei Kupferatome mit einem oder mehr mehrzähligen Liganden als Brücke verbunden sind.

[0065] Häufig ist der Koordinationsmodus aller Liganden hinsichtlich des Kupferatoms fast identisch. Damit wird hinsichtlich der Kupferatome und der Liganden wenigstens eine zweizählige oder vierzählige Drehachse durch zwei der Kupferatome des polynuklearen Kupferkomplexes definiert. Dabei weisen quadratisch-planare Komplexe oft eine wenigstens vierzählige Drehachse auf, während linear-koodinierte Komplexe häufig eine zweizählige Drehachse aufweisen.

[0066] Das Kupferatom eines mononuklearen Komplexes oder wenigstens eines Kupferatoms eines polynuklearen Kupferkomplexes kann eine Oxidationsstufe +2 aufweisen. In solchen Komplexen sind die Liganden häufig in einer quadratisch-planaren Geometrie koordiniert. Weist das Kupferatom eine Oxidationsstufe +1 auf, ist das Kupferatom häufig linear koordiniert.

[0067] Kupferkomplexe mit einem Cu(II)-Atom weisen in aller Regel eine höhere Lochleitfähigkeit auf als Kupferkomplexe mit einem Cu(I)-Atom. Letztere haben eine abgeschlossene d^{10} -Schale. Die Lochleitfähigkeit ist vorrangig durch die durch die Cu(I)-Atome entstehende Lewis-Säure verursacht. Cu(II)-Komplexe weisen dagegen eine nicht-aufgefüllte d^9 -Konfiguration auf, wodurch ein Oxidationsverhalten verursacht wird. Eine teil-

weise Oxidation erhöht die Lochdichte. Die Verwendung von Cu(I)-Komplexen kann jedoch vorteilhaft sein, weil Cu(I)-Komplexe häufig thermisch stabiler sind als korrespondierende Cu(II)-Komplexe.

[0068] Den beschriebenen Kupferkomplexen ist gemein, dass sie eine Lewis-Säure sind. Eine Lewis-Säure ist eine Verbindung, die als Elektronenpaar-Akzeptor wirkt. Das Verhalten der Kupferkomplexe als Lewis-Säure ist mit den Molekülen des Matrixmaterials verknüpft, in das der Kupferkomplex als Dotierstoff eingebracht ist. Die Moleküle des Matrixmaterials wirken in der Regel als Lewis-Base in Bezug auf die Lewis-sauren Kupfermoleküle. Eine Lewis-Base ist ein Elektronenpaar-Donator.

[0069] Das Kupferatom in dem Kupferkomplex besitzt eine offene, d. h. weitere Koordinationsstelle. An diese Koordinationsstelle kann sich eine Lewisbasische Verbindung binden, beispielsweise ein aromatisches Ringsystem, ein Stickstoffatom oder eine Aminkomponente, die in dem Matrixmaterial enthalten sind. Dies ist beispielhaft in den [Abb. 1](#) und [Abb. 2](#) dargestellt:

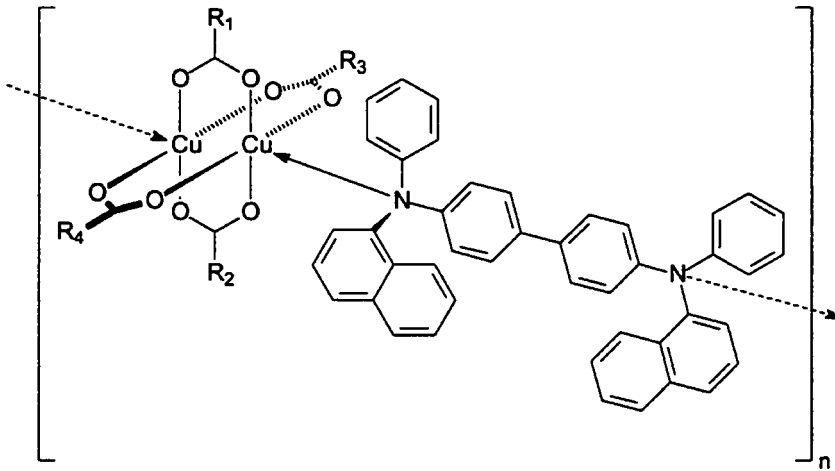


Abbildung 1

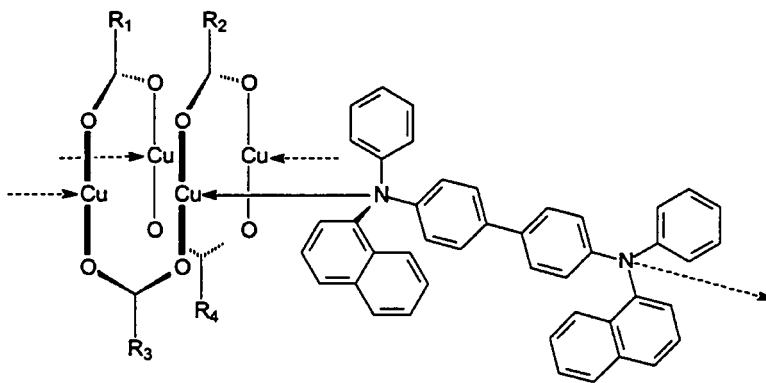


Abbildung 2

[0070] Es können auch Gruppen mit heteroaromatischen Ringsystemen oder ein Stickstoffatom einer Aminkomponente mit einem Kupferatom koordinieren.

[0071] Der an das Kupferatom koordinierende Ligand kann eine Gruppe R aufweisen, die eine substituierte oder unsubstituierte Kohlenwasserstoffgruppe aufweist. Die Kohlenwasserstoffgruppe kann eine lineare, verzweigte oder zyklische Gruppe sein. Diese kann 1–20 Kohlenstoffe aufweisen. Beispielsweise ist sie eine Methyl- oder Ethylgruppe. Sie kann auch kondensierte Substituenten aufweisen, wie Decahydronaphthyl, Adamantyl, Cyclohexyl oder teilweise bzw. vollständig substituierte Alkylgruppen. Die substituierten oder unsubstituierten aromatischen Gruppen sind beispielsweise Phenyl, Biphenyl, Naphthyl, Phenanthryl, Benzyl oder ein heteroaromatischer Rest, beispielsweise ein substituierter oder unsubstituierter Rest, der aus den Heterozyklen der [Abb. 3](#) ausgewählt sein kann:

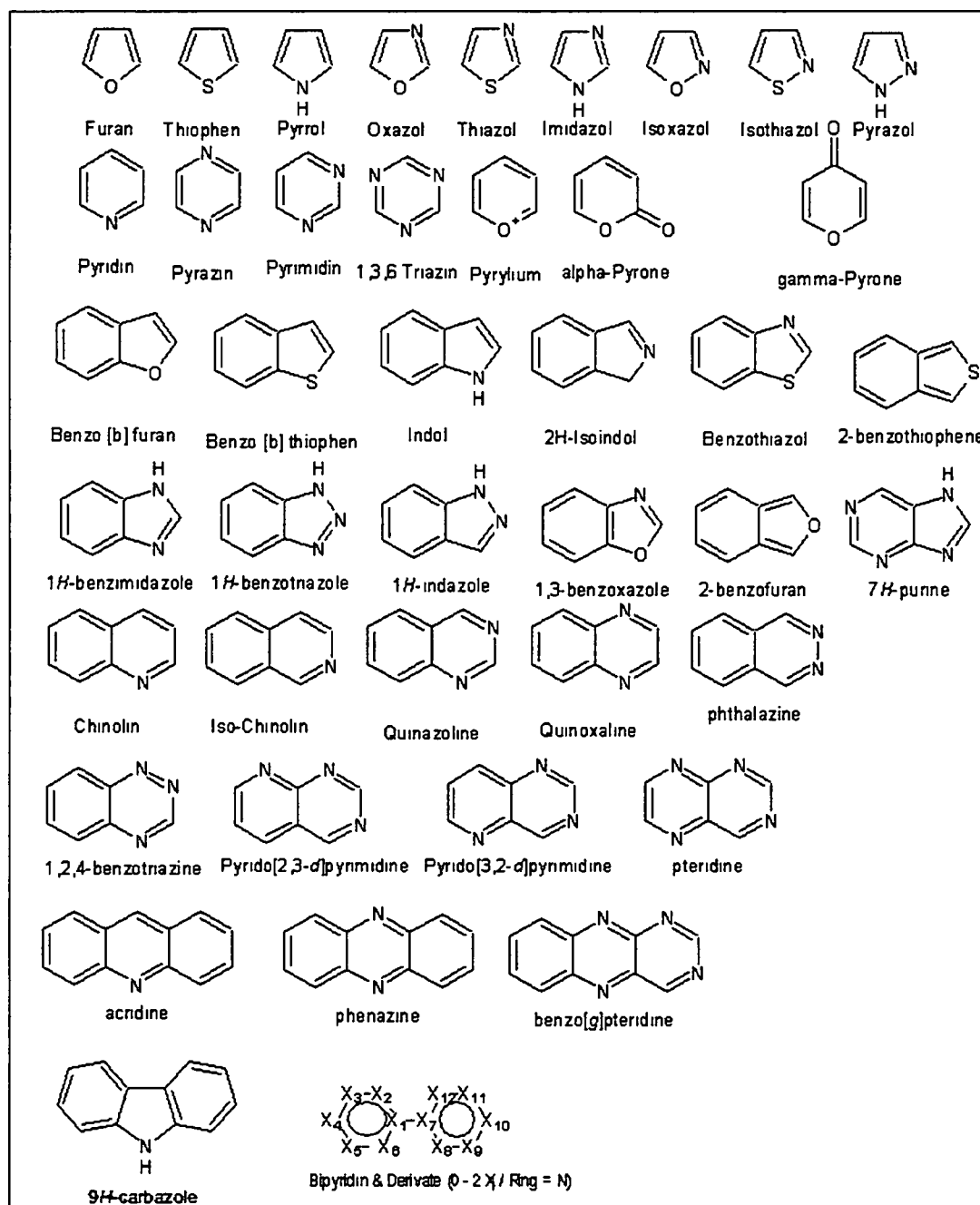


Abbildung 3

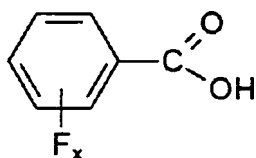
[0072] Der an das Kupferatom koordinierende Ligand kann auch eine Gruppe R aufweisen, die eine Alkyl- und/oder eine Arylgruppe aufweisen. Die Alkyl- und/oder Arylgruppe enthält wenigstens einen elektronenentziehenden Substituenten. Der Kupferkomplex kann ebenfalls als gemischtes System eine oder mehrere Typen einer Carbonsäure enthalten.

[0073] Ein elektronenziehender Substituent wird in der vorliegenden Offenbarung als ein Substituent verstanden, der die Elektronendichte in einem an den Substituenten gebundenen Atom gegenüber einer Konfiguration, in der an Stelle des elektronenziehenden Substituenten ein Wasserstoffatom an das Atom bindet, verringert.

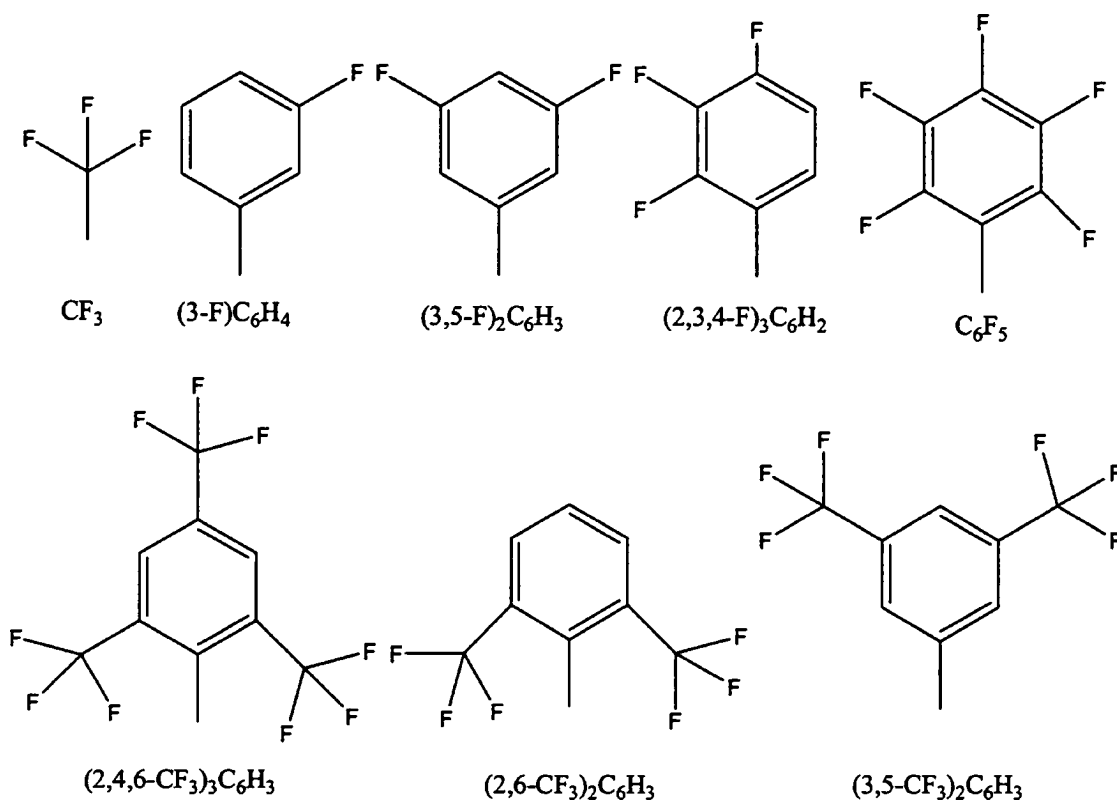
[0074] Eine elektronenziehende Gruppe kann beispielsweise aus der folgenden Gruppe ausgewählt sein: Halogene, wie Chlor oder insbesondere Fluor, Nitrogruppen, Cyanogruppen oder Mischungen dieser Gruppen. Die Alkyl- bzw. Arylgruppe können ausschließlich elektronenentziehende Substituenten, wie die genannten elektronenentziehenden Gruppen, oder Wasserstoffatome enthalten.

[0075] Wenn der Ligand eine Alkyl- und/oder Arylgruppe mit wenigstens einem elektronenziehenden Substituenten aufweist, so wird die Elektronendichte an dem oder den Kupferatom(en) reduziert, wodurch der Lewis-Säuregrad des Komplexes erhöht wird.

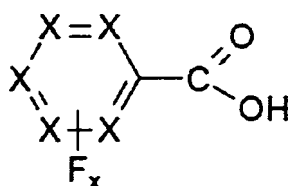
[0076] Der Ligand kann dabei ein Anion der Kohlensäuren $\text{CHal}_x\text{H}_{3-x}\text{COOH}$, insbesondere $\text{CF}_x\text{H}_{3-x}\text{COOH}$ und $\text{CCl}_x\text{H}_{3-x}\text{COOH}$, repräsentieren wobei Hal ein Halogenatom und x eine ganze Zahl von 0 bis 3 sind. Auch kann der Ligand ein Anion der Kohlensäuren $\text{CR}'\text{yHal}_x\text{H}_{3-x-y}\text{COOH}$, wobei Hal ein Halogenatom, x eine ganze Zahl von 0 bis 3 und y eine ganze Zahl wenigstens mit dem Wert 1 ist, repräsentiert. Die Restgruppe R' ist eine Alkylgruppe, ein Wasserstoffatom oder eine aromatische Gruppe, wie beispielsweise eine Phenylgruppe oder alle bisher beschriebenen Substituentengruppen. Sie kann elektronenziehende Substituenten enthalten, insbesondere die weiter oben beschriebenen elektronenziehenden Substituenten. Sie kann auch ein Derivat der Benzoesäure mit einem elektronenziehenden Substituenten enthalten. Beispielsweise kann der Ligand ein Anion der Kohlensäure $\text{R}'-(\text{CF}_2)_n-\text{CO}_2\text{H}$ sein, wobei n einen ganzzahligen Wert zwischen 1 und 20 annimmt. Beispielsweise kann eine fluorierte, insbesondere eine perfluorierte, homo- oder heteroaromatische Verbindung als Restgruppe verwendet werden. Ein Beispiel sind Anionen einer fluorierten Benzoesäure:



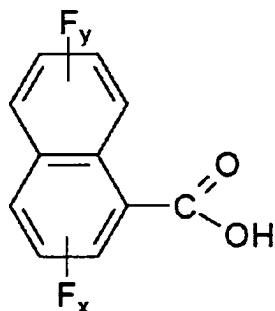
wobei x einen ganzzahligen Wert von 1 bis 5 annimmt. Insbesondere können die folgenden Substituenten, bzw. solche bei denen Fluor durch Chlor ersetzt wurde, an die Carboxylgruppe binden, die alle starke Lewis Säuren sind:



[0077] Weiterhin können Anionen der folgenden Säure als Liganden verwendet werden:



wobei X ein Stickstoff oder ein Kohlenstoffatom sein kann, das beispielsweise an ein Wasserstoffatom oder ein Fluoratom bindet. Beispielhaft können drei der Atome X für ein Stickstoffatom und zwei für eine C-F-Bindung oder C-H-Bindung (als Triazinderivate) stehen. Auch können Anionen der folgenden Säure als Liganden verwendet werden:



wobei der Naphtylring mit 1 bis 7 Fluorsubstituenten substituiert ist, so dass gilt $y = 0-4$ und $x = 0-3$, wobei $y + x = 1-7$.

[0078] Fluor und Fluorverbindungen als elektronenentziehende Substituenten sind insbesondere deshalb vorteilhaft, weil Kupferkomplexe, die Fluoratome enthalten, bei einer Herstellung des optoelektronischen Bauelements leicht verdampft und in einer organischen Schicht abgelagert werden können. Als weitere oder alternative Substituentengruppe kann eine Trifluormethylgruppe genannt werden.

[0079] Unmittelbar auf der zusätzlichen Schicht **510** kann eine lochtransportierende Schicht **512** aufgebracht sein. Auf der lochtransportierenden Schicht **512** ist eine erste aktive Schicht **514** aufgebracht. Die lochtransportierende Schicht **512** dient dem Transport von aus der Anode **502** injizierten Löchern in die erste aktive Schicht **514**. Sie kann beispielsweise ein p-dotiertes leitfähiges organisches oder anorganisches Material aufweisen. Für die p-Dotierung kann jedes geeignetes Material verwendet werden. Beispielsweise dient als p-Dotierstoff ein Kupferkomplex mit wenigstens einem Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I:



[0080] E_1 und E_2 sind jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente: Sauerstoff, Schwefel oder Selen. R ist ausgewählt aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituierte oder unsubstituierte, verzweigte, lineare oder zyklische Kohlenwasserstoffe.

[0081] Weil der Ladungsträgertransport in organischen Halbleitern nicht im Leitungsband sondern beispielsweise durch Hüpf- bzw. Tunnelprozesse erfolgt, kommt es zu erheblich verschiedenen Beweglichkeiten von Löchern und Elektronen. Damit eine Exzitonbildung nicht in der Anode **502**, sondern beispielsweise in der ersten aktiven Schicht **514**, stattfindet, kann weiterhin eine elektronentransportblockierende Schicht zwischen Anode **502** und der ersten aktiven Schicht **514** vorgesehen sein.

[0082] Der Schichtstapel kann ferner eine zweite aktive Schicht **516** aufweisen, die von der ersten aktiven Schicht **514** durch eine Ladungserzeugungsschichtfolge **100**, **200**, wie sie oben im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) bzw. [Fig. 2](#) beschrieben worden ist, und welche die Prozessstabilisierungsschicht **510** aufweisen, getrennt sein kann (sie kann aber auch direkt auf der ersten aktiven Schicht **514** aufgebracht sein). Die zweite aktive Schicht **516** ist über eine elektronentransportierende Schicht **518** von der Kathode **504** bedeckt. Die elektronentransportierende Schicht **518** dient dem Transport von aus der Kathode **504** injizierten Elektronen in die zweite aktive Schicht **516**. Sie kann beispielsweise ein n-dotiertes leitfähiges organisches oder anorganisches Material aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die n-dotierte erste organische Halbleiterschicht **102** auf der ersten aktiven Schicht **514** aufgebracht sein und auf der Prozessstabilisierungsschicht **510** kann die zweite aktive Schicht **516** aufgebracht sein.

[0083] Die Ladungserzeugungsschichtfolge **100**, **200** dient der Bereitstellung von zusätzlichen Ladungsträgern, indem sie Löcher in Richtung der Kathode **504** und Elektronen in Richtung der Anode **502** injiziert. Zwischen der Ladungserzeugungsschichtfolge **100**, **200** und der Anode **504** stehen der ersten aktiven Schicht

514 damit mehr Ladungsträger bereit. Ebenso werden der zweiten aktiven Schicht **516** mehr Ladungsträger bereitgestellt.

[0084] Im Beispiel der OLED sind sowohl die erste aktive Schicht **514** als auch die zweite aktive Schicht **516** lichtemittierende Schichten. Dazu weisen die erste aktive Schicht **514** und die zweite aktive Schicht **516** jeweils ein organisches Elektrolumineszenzmaterial auf, mittels dessen die Bildung von Exzitonen aus Ladungsträgern und ein anschließender Zerfall unter Emission elektromagnetischer Strahlung hervorgerufen wird. Die Auswahl des Elektrolumineszenzmaterials ist ein sich fortlaufend weiterentwickelnder Bereich. Zu Beispielen für derartige organische Elektrolumineszenzmaterialien zählen:

- Poly(p-phenylenvinyl)en) und seine Derivate, an verschiedenen Positionen an der Phenylengruppe substituiert;
- (ii) Poly(p-phenylenvinyl)en) und seine Derivate, an verschiedenen Positionen an der Vinylengruppe substituiert;
- (iii) Poly(p-phenylenvinyl)en) und seine Derivate, an verschiedenen Positionen an der Phenylengruppe und auch an verschiedenen Positionen an der Vinylengruppe substituiert;
- (iv) Polyarylenvinyl)en, wobei es sich bei dem Arylen um solche Gruppen wie etwa Naphthalin, Anthracen, Furylen, Thienylen, Oxadiazol und dergleichen handeln kann;
- (v) Derivate von Polyarylenvinyl)en, wobei das Arylen wie in (iv) oben sein kann und zusätzlich Substituenten an verschiedenen Positionen an dem Arylen aufweisen kann;
- (vi) Derivate von Polyarylenvinyl)en, wobei das Arylen wie in (iv) oben sein kann und zusätzlich Substituenten an verschiedenen Positionen an dem Vinyl)en aufweisen kann;
- (vii) Derivate von Polyarylenvinyl)en, wobei das Arylen wie in (iv) oben sein kann und zusätzlich Substituenten an verschiedenen Positionen an dem Arylen und Substituenten an verschiedenen Positionen an dem Vinyl)en aufweisen kann;
- (viii) Copolymere von Arylen-Vinyl)en-Oligomeren wie etwa solche in (iv), (v), (vi) und (vii) mit nichtkonjugierten Oligomeren; und
- (ix) Poly(p-phenyl)en) und seine Derivate, an verschiedenen Positionen an der Phenylengruppe substituiert, einschließlich Leiterpolymerderivate wie etwa Poly(9,9-dialkylfluoren) und dergleichen;
- (x) Polyarylene, wobei es sich bei dem Arylen um solche Gruppen wie Naphthalin, Anthracen, Furylen, Thienylen, Oxadiazol und dergleichen handeln kann; und ihre an verschiedenen Positionen an der Arylenengruppe substituierten Derivate;
- (xi) Copolymere von Oligoarylenen wie etwa solche in (x) mit nichtkonjugierten Oligomeren;
- (xii) Polychinolin und seine Derivate;
- (xiii) Copolymere von Polychinolin mit p-Phenyl)en, substituiert an dem Phenyl)en mit beispielsweise Alkyl- oder Alkoxygruppen, um Löslichkeit zu erhalten; und
- (xiv) Starre Stabpolymere wie etwa Poly(p-phenyl)en-2,6-benzobisthiazol), Poly(p-phenyl)en-2,6-benzobisoxazol), Poly(p-phenyl)en-2,6-benzimidazol) und ihre Derivate.

[0085] Zu anderen organischen emittierenden Polymeren wie etwa solchen, die Polyfluoren verwenden, zählen Polymere, die grünes, rotes, blaues oder weißes Licht emittieren, oder ihre Familien, Copolymere, Derivate oder deren Mischungen. Zu anderen Polymeren zählen Polyspirofluoren-artige Polymere.

[0086] Alternativ können anstatt Polymeren kleine organische Moleküle, die über Fluoreszenz oder über Phosphoreszenz emittieren, als die organische Elektrolumineszenzschicht dienen. Zu Beispielen für kleinemolekulige organische Elektrolumineszenzmaterialien zählen:

- (i) Tris(8-hydroxychinolinato)aluminium, (Alq);
- (ii) 1,3-Bis(N,N-dimethylaminophenyl)-1,3,4-oxidazol (OXD-8);
- (iii) Oxo-bis(2-methyl-8-chinolinato)aluminium;
- (iv) Bis(2-methyl-8-hydroxychinolinato)aluminium;
- (v) Bis(hydroxybenzochinolinato)beryllium (BeQ. sub. 2);
- (vi) Bis(diphenyl-vinyl)biphenyl)en (DPVBI); und
- (vii) Arylamin-substituiertes Distyrylarylen (DSA-Amin).

[0087] Die erste aktive Schicht **514** und die zweite aktive Schicht **516** können jeweils eine weiß-emittierende Schicht sein. Das bedeutet, dass sowohl die erste aktive Schicht **514** als auch die zweite aktive Schicht **516** elektromagnetische Strahlung im gesamten sichtbaren Spektrum emittieren. Durch das Stapeln zweier aktiver Schichten braucht jede der ersten aktiven Schicht **514** und der zweiten aktiven Schicht **516** nur eine geringe Leuchtstärke, wobei trotzdem eine hohe Leuchtstärke des gesamten optoelektronischen Bauteils **500** erreicht wird. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass die p-Dotierung der zwischen den aktiven Schichten angeordneten Ladungstransportschicht **100**, **200**, und darin beispielsweise der Prozessstabilisierungsschicht **510** mit

dem Kupferkomplex-Dotierstoff, eine hohe Transparenz im Bereich des sichtbaren Lichts aufweist. In Folge wird eine hohe Lichtausbeute aus dem optoelektronischen Bauteil **500** erzielt.

[0088] Durch das Vorsehen der Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** wird durch die Injektion zusätzlicher Ladungsträger in die angrenzenden aktiven Schichten die Ladungsträgerdichte insgesamt erhöht. Prozesse, wie beispielsweise die Bildung oder die Dissoziation von Ladungsträgerpaaren oder Exzitonen, werden verstärkt. Da ein Teil der Ladungsträger in der Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200**, d. h. in dem optoelektronischen Bauelement **500** selbst, bereitgestellt werden, kann eine geringe Stromdichte an der Anode **502** und der Kathode **504** erreicht werden.

[0089] Die erste aktive Schicht **514** und die zweite aktive Schicht **516** können auch in zueinander verschobenen Spektren elektromagnetische Strahlung emittieren. So kann beispielsweise die erste aktive Schicht **514** in einem blauen Farbspektrum Strahlung emittieren, während die zweite aktive Schicht **516** Strahlung in einem grünen und roten Farbspektrum emittiert. Jede andere gewünschte oder geeignete Aufteilung ist dabei denkbar. Vorteilhaft ist dabei insbesondere, dass eine Aufteilung nach unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Emittiermaterialien getroffen werden kann. Beispielsweise kann ein fluoreszentes Emittiermaterial oder können mehrere fluoreszente Emittiermaterialien in der ersten aktiven Schicht **514** eingebracht sein, während ein oder mehrere phosphoreszente Emittiermaterialien in der zweiten aktiven Schicht **516** eingebracht sind. Durch die optionale Anordnung der Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** wird bereits eine Trennung der Emittiermaterialien erreicht. Durch das Trennen der Emissionsspektren der beiden aktiven Schichten kann beispielsweise auch ein gewünschter Farbort des optoelektronischen Bauelements **500** eingestellt werden.

[0090] Die Funktion der optionalen Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** kann anschaulich so beschrieben werden, dass sie mehrere einzelne OLEDs in Form der aktiven Schichten in Serie verbindet. Durch das intrinsische Bereitstellen von Ladungsträgern können mehrere Photonen pro injizierten Ladungsträger emittiert werden. Insgesamt ist so bei allen Ausführungen die Stromeffizienz, d. h. das Verhältnis von emittierter Strahlung zu eingebrachten elektrischen Strom (cd/A) des optoelektronischen Bauelements **500** deutlich erhöht. Weil auch mit geringen Strömen in den Elektroden eine hohe Leuchtstärke erzielt werden kann, kann bei großflächigen OLED ein besonders homogenes Leuchtbild erzielt werden. Vorteilhafterweise wird auch insgesamt die Lebensdauer der ersten aktiven Schicht **514** und der zweiten aktiven Schicht **516** durch geringe Stromdichten und geringe Wärmeentwicklung deutlich verlängert. Dieser Aspekt hat seine Ursache in dem Stapeln der aktiven Schichten, die nur eine geringe Leuchtdichte bereitstellen müssen. Ein wesentlicher Aspekt für das Stapeln von aktiven Schichten in einer Schichtfolge ist dabei, dass über die optionale Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** genügend Ladungsträger bereitgestellt werden und dass die Absorption der in der aktiven Schicht **516** emittierten Strahlung durch die Verwendung des Kupferkomplexes weitgehend vermieden wird.

[0091] Dies gilt dabei nicht nur für das Anwendungsgebiet der Emittervorrichtungen, wie der OLED. In anderen Ausführungsbeispielen der optoelektronischen Bauelements **500** kann wenigstens eine der ersten aktiven Schicht **514** und der zweiten aktiven Schicht **516** eine Detektorschicht sein, bspw. eine photovoltaische Schicht oder ein Photodetektor. Im Fall eines hybriden Systems, bei dem beispielsweise die erste aktive Schicht **514** eine emittierende Schicht und die zweite aktive Schicht **516** eine detektierende Schicht darstellt, ist es denkbar, dass die zweite aktive Schicht **516** elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenbereich detektiert, indem von der ersten aktiven Schicht **514** keine oder einer geringer Anteil an elektromagnetischer Strahlung emittiert wird. Ebenso ist es denkbar, dass die zweite aktive Schicht **516** im Sinne eines Detektors gerade in einem Bereich der Emissionswellenlängen der ersten aktiven Schicht **514** Strahlung detektiert.

[0092] Insgesamt bietet gerade der Aufbau eine optoelektronischen Bauelements mit einer den Kupferkomplex enthaltenden optionalen Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** die Möglichkeit, besonders effiziente optoelektronische Bauelemente bereitzustellen.

[0093] [Fig. 6](#) zeigt die schematische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements **600**.

[0094] Dabei unterscheidet sich das andere Ausführungsbeispiel von dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 5](#) in der Schichtfolge zwischen der Anode **502** und der Kathode **504**. Der Schichtstapel des in [Fig. 6](#) dargestellten Ausführungsbeispiels weist eine zweite Ladungserzeugungsschichtfolge **602** und eine dritte aktive Schicht **604** auf, die zwischen der zweiten aktiven Schicht **516** und der elektronentransportierenden Schicht **518** angeordnet sind.

[0095] Das optoelektronische Bauelement **600** weist damit eine Stapelstruktur aus drei aktiven Schichten auf. Die Stapelstruktur (oder stacked device) kann auch weitere Stapel (stack) aus einer Ladungserzeugungsschichtfolge und einer aktiven Schicht aufweisen. Prinzipiell ist es denkbar, eine Struktur mit beliebig vielen stacks bereitzustellen. Eine Stapelstruktur mit zwei aktiven Schichten wird beispielsweise auch als Tandemstruktur bezeichnet. Ähnliche Strukturen sind beispielsweise an sich aus dem Dokument [3] oder dem Dokument [4] bekannt, die hiermit durch Rückbezug in die Offenbarung der vorliegenden Anmeldung aufgenommen werden.

[0096] Die Stapelstruktur ist insbesondere geeignet, eine OLED bereitzustellen, die weißes Licht emittiert. Dabei ist die Ausführung mit drei verschiedenen Stapeln, wie im Fall des dritten Ausführungsbeispiels, besonders vorteilhaft. So kann beispielsweise ein sogenannter "RGB-Emitter" bereitgestellt werden, in dem je eine aktive Schicht ein rotes, ein grünes oder ein blaues Farbspektrum emittiert. Damit kann ein genauer Farbort des insgesamt emittierten Spektrums eingestellt werden. Durch die Aufteilung in drei aktive Schichten kann beispielsweise jedes verwendete Emittiermaterial in eine optische optimale Position innerhalb des Schichtstapels eingebracht sein. Dabei können Effekte, wie Absorption unterschiedlicher Wellenlängen oder Brechungsindizes an Grenzflächen berücksichtigt sein.

[0097] Es ist selbstverständlich, dass das oben gesagte auch in analoger Weise für eine optoelektronische Vorrichtung **600** gilt, in der wenigstens eine der aktiven Schichten als Detektor wirkt.

[0098] **Fig. 7** zeigt die schematische Darstellung noch eines anderen Ausführungsbeispiels eines optoelektronischen Bauelements **700** mit einer Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200**. Das in **Fig. 7** dargestellte Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements **700** unterscheidet sich von dem in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements **500** dadurch, dass lediglich eine aktive Schicht vorgesehen ist. Diese ist zwischen der elektronentransportierenden Schicht **518** und der lochtransportierenden Schicht **512** angeordnet. Die Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** ist zwischen der Anode **502** und der lochtransportierenden Schicht **512** angeordnet.

[0099] Durch die Anordnung der Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** an der Anode **502** können leichter Ladungsträger, d. h. insbesondere Löcher, in den Schichtstapel eingebracht werden. Dies ist besonders geeignet, um Effekte durch eine Austrittsarbeit des Anodenmaterials zu unterdrücken, die gegebenenfalls zu einer Hemmung des Transports von Lochern in den Schichtstapel führen können. Die Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** hat damit nicht die Wirkung, zusätzliche Ladungsträger in dem Schichtstapel bereitzustellen. Vielmehr unterstützt sie beispielsweise den Eintritt von Ladungsträgern von metallischen Elektroden in organische Materialien des Schichtstapels. Diese Funktion der Ladungserzeugungsschichtfolge **100, 200** kann auch in Kombination mit den Anordnungen des optoelektronischen Bauelements des in **Fig. 5** dargestellten oder des in **Fig. 6** dargestellten Ausführungsbeispiels oder in beliebig anderen Ausführungsformen verwendet werden.

[0100] Es wurde von den Erfindern untersucht, welches konkrete Material am besten als Matrix für den p-Dotierstoff mit dem oben angegebenen Kupferkomplex geeignet ist. Dazu wurden Hole-Only-Devices prozessiert, bei denen Cu(I)pFBz mit verschiedenen Matrixmaterialien koverdampft wurde. Die höchsten elektrischen Leitfähigkeiten bei möglichst niedriger Dotierstoffkonzentration in der Prozessstabilisierungsschicht wurden in der Matrix HTM-014 von der Firma Merck gemessen.

[0101] Weiterhin wurde diese Kombination (HTM-014 und Cu(I)pFBz) als Prozessstabilisierungsschicht in einer dem derzeitigen Entwicklungsstand entsprechenden weißemittierenden OLED getestet. Im Vergleich zu der bisher verwendeten OLED ergab sich bei nahezu identischen Spannungs- und Effizienzwerten eine deutlich verbesserte Betriebsdauer.

[0102] Das optoelektronische Bauelement wurde zur Veranschaulichung des zugrundeliegenden Gedankens anhand einiger Ausführungsbeispiele beschrieben. Die Ausführungsbeispiele sind dabei nicht auf bestimmte Merkmalskombinationen beschränkt. Auch wenn einige Merkmale und Ausgestaltungen nur im Zusammenhang mit einem besonderen Ausführungsbeispiel oder einzelnen Ausführungsbeispielen beschrieben wurden, können sie jeweils mit anderen Merkmalen aus anderen Ausführungsbeispielen kombiniert werden. Es ist ebenso möglich, in Ausführungsbeispielen einzelne dargestellte Merkmale oder besondere Ausgestaltungen wegzulassen oder hinzuzufügen, soweit die allgemeine technische Lehre realisiert bleibt.

[0103] In diesem Dokument sind die folgenden Veröffentlichungen zitiert:

- [1] Kröger, M. et al. "Temperature-independent field induced charge separation of doped organic/organic interfaces: Experimental modeling of electrical properties": Phys. Rev. B 75, 235321 (2007);
 [2] Meerheim, R. et al. "Ultrastable and efficient red organic light emitting diodes with doped transport layers": Appl. Phys. Lett. 89, 061111 (2006);
 [3] EP 1 983 805 A1;
 [4] Lee, T. et al. "High-efficiency stacked white organic light emitting diodes": Appl. Phys. Lett. 92, 043301 (2008)

Bezugszeichenliste

100	Ladungserzeugungsschichtfolge
102	Erste organische Halbleiterschicht
104	Zweite organische Halbleiterschicht
106	Grenzfläche
108	Ladungsträgerpaar
200	Ladungserzeugungsschichtfolge
202	Zwischenschicht
300	Diagramm
302	LUMO-Energieniveau
304	HOMO-Energieniveau
500	Optoelektronisches Bauelement
502	Anode
504	Kathode
506	Stromquelle
508	nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht
510	Prozessstabilisierungsschicht
512	Lochtransportierende Schicht
514	Erste aktive Schicht
516	Zweite aktive Schicht
518	Elektronentransportierenden Schicht
600	Optoelektronisches Bauelement
602	Zweite Ladungserzeugungsschichtfolge
604	Dritte aktive Schicht
700	Optoelektronisches Bauelement
E	Elektrisches Feld

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

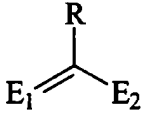
- EP 1983805 A1 [\[0103\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Kröger, M. et al. "Temperature-independent field induced charge separation of doped organic/organic interfaces: Experimental modeling of electrical properties": Phys. Rev. B 75, 235321 (2007) [\[0103\]](#)
- Meerheim, R. et al. "Ultrastable and efficient red organic light emitting diodes with doped transport layers": Appl. Phys. Lett. 89, 061111 (2006) [\[0103\]](#)
- Lee, T. et al. "High-efficiency stacked white organic light emitting diodes": Appl. Phys. Lett. 92, 043301 (2008) [\[0103\]](#)

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**), aufweisend:
- eine nasschemisch prozessierte Lochinjektionsschicht (**508**); und
 - eine mit einem Dotierstoff dotierte zusätzliche Schicht (**510**) benachbart zu der nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht (**508**), wobei der Dotierstoff einen Kupferkomplex aufweist, der wenigstens einen Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I aufweist:



(I)

worin E₁ und E₂ jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente sind: Sauerstoff, Schwefel oder Selen, und R ausgewählt ist aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituierter oder unsubstituierter, verzweigter, linearer oder zyklischer Kohlenwasserstoffe.

2. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 1, wobei der Kupferkomplex ein Kupfer (I)penta-Fluor-Benzoat ist.

3. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Kupferkomplex als Dotierstoff in einem Matrixmaterial eingebracht ist.

4. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 3, wobei das Matrixmaterial 1-TNATA (4,4',4"-tris(N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino)Triphenylamin aufweist.

5. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner aufweisend: eine organische Schichtstruktur (**100, 200**) zum Trennen von Ladungsträgern eines ersten Ladungstyps und Ladungsträgern eines zweiten Ladungstyps aufweist.

6. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 5, wobei die organische Schichtstruktur (**100, 200**) eine Ladungserzeugungsschichtfolge (**100, 200**) ist.

7. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die organische Schichtstruktur (**100, 200**) eine n-dotierte organische Halbleiterschicht (**102**) aufweist.

8. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 7, wobei zwischen der Lochinjektionsschicht (**104**) und der n-dotierten organische Halbleiterschicht (**102**) eine nichtleitfähige Zwischenschicht (**202**) angeordnet ist.

9. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei die Lochinjektionsschicht (**104**) einen Dotierungsgradienten hin zu der n-dotierten organischen Halbleiterschicht (**102**) aufweist.

10. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 9, wobei die Dotierung der Lochinjektionsschicht (**104**) hin zu der n-dotierten organischen Halbleiterschicht (**102**) zunimmt.

11. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10, mit einem die organische Schichtstruktur (**100, 200**) aufweisenden Schichtstapel.

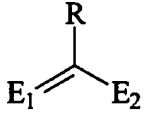
12. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 11, wobei der Schichtstapel wenigstens eine aktive Schicht (**510, 512, 604**) aufweist.

13. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 12, wobei die aktive Schicht (**510, 512, 604**) ein elektrolumineszentes Material aufweist.

14. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei die organische Schichtstruktur (**100, 200**) zwischen einer ersten aktiven Schicht (**514**) und einer zweiten aktiven Schicht (**516**) angeordnet ist.

15. Optoelektronisches Bauelement (**500, 600, 700**) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die organische Schichtstruktur (**100, 200**) auf einer Elektrode (**502**), insbesondere einem Anodenkontakt (**502**), aufgebracht ist.

16. Verwendung eines Kupferkomplexes als Dotierstoff zum Dotieren einer Schicht (**110**), die benachbart zu einer nasschemisch prozessierten Lochinjektionsschicht (**104**) angeordnet ist, wobei der Kupferkomplex wenigstens einen Liganden mit der chemischen Struktur gemäß Formel I aufweist:



(I)

worin E₁ und E₂ jeweils unabhängig voneinander eines der folgenden Elemente sind: Sauerstoff, Schwefel oder Selen, und R ausgewählt ist aus der Gruppe: Wasserstoff oder substituiertes oder unsubstituiertes, verzweigtes, lineares oder zyklisches Kohlenwasserstoff.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

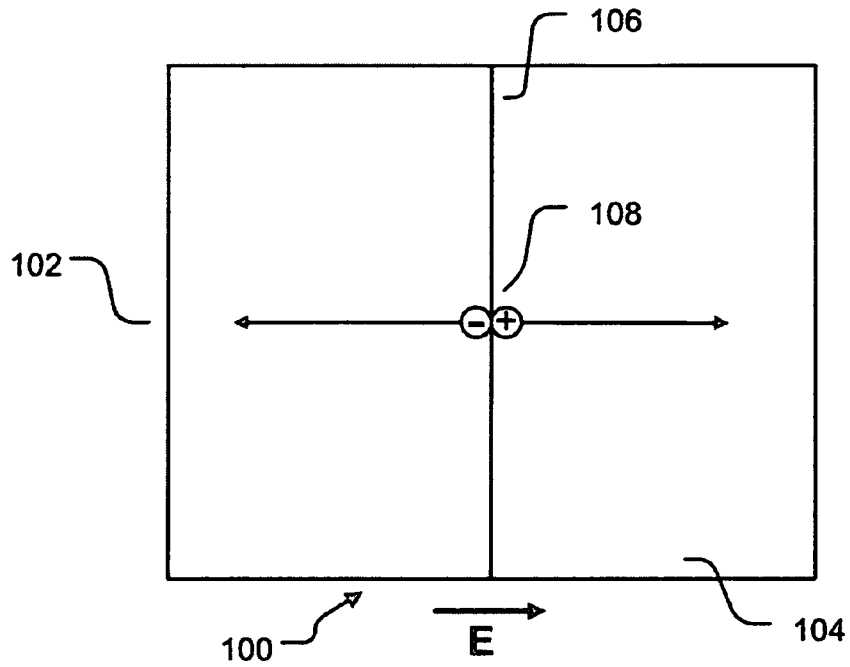


Fig. 2

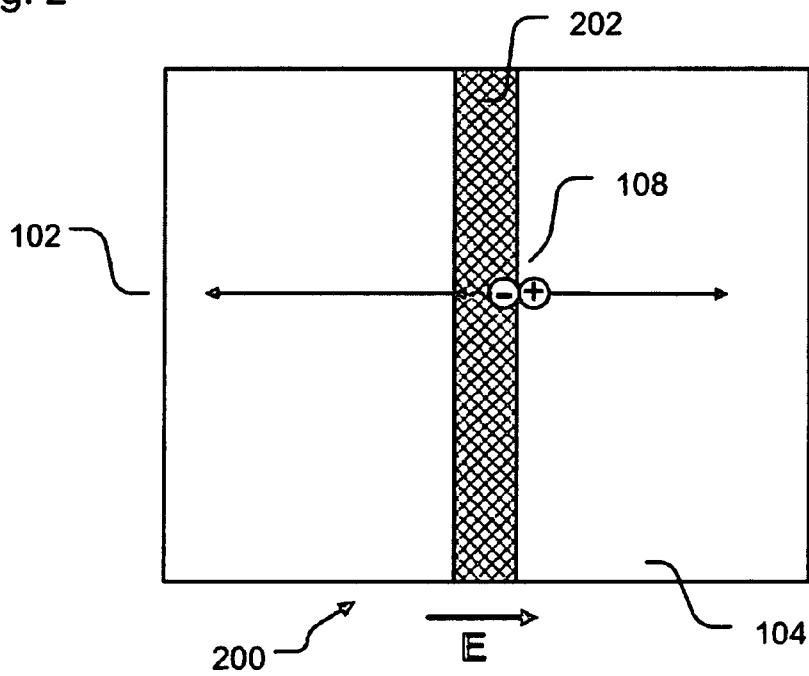


Fig. 3

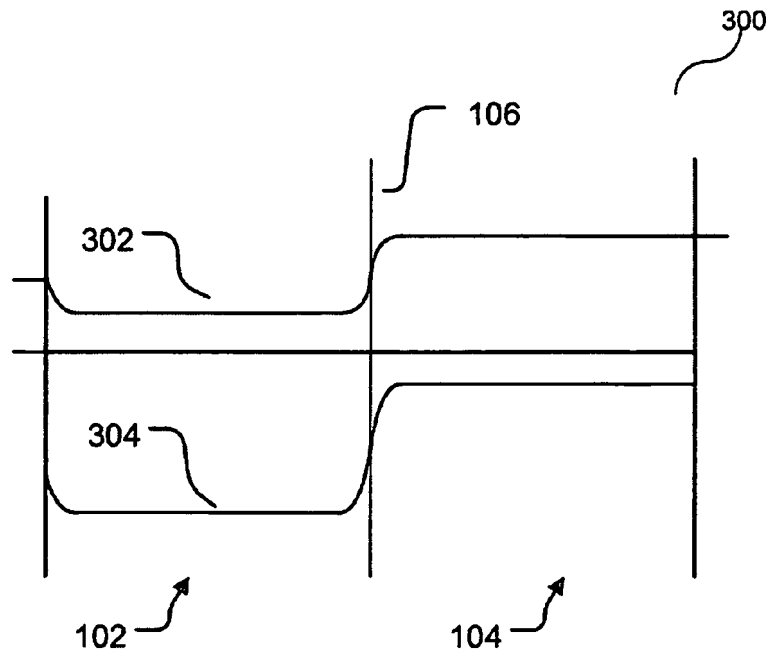


Fig. 4

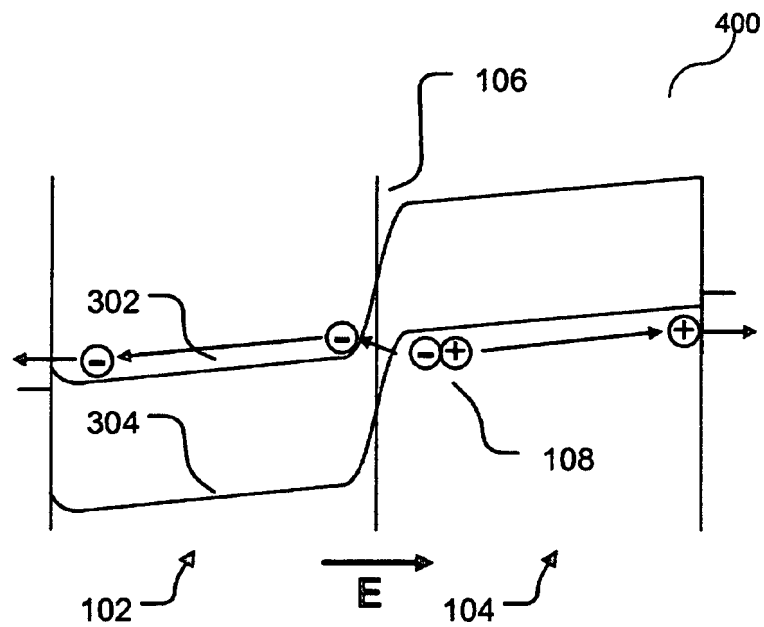


Fig. 5

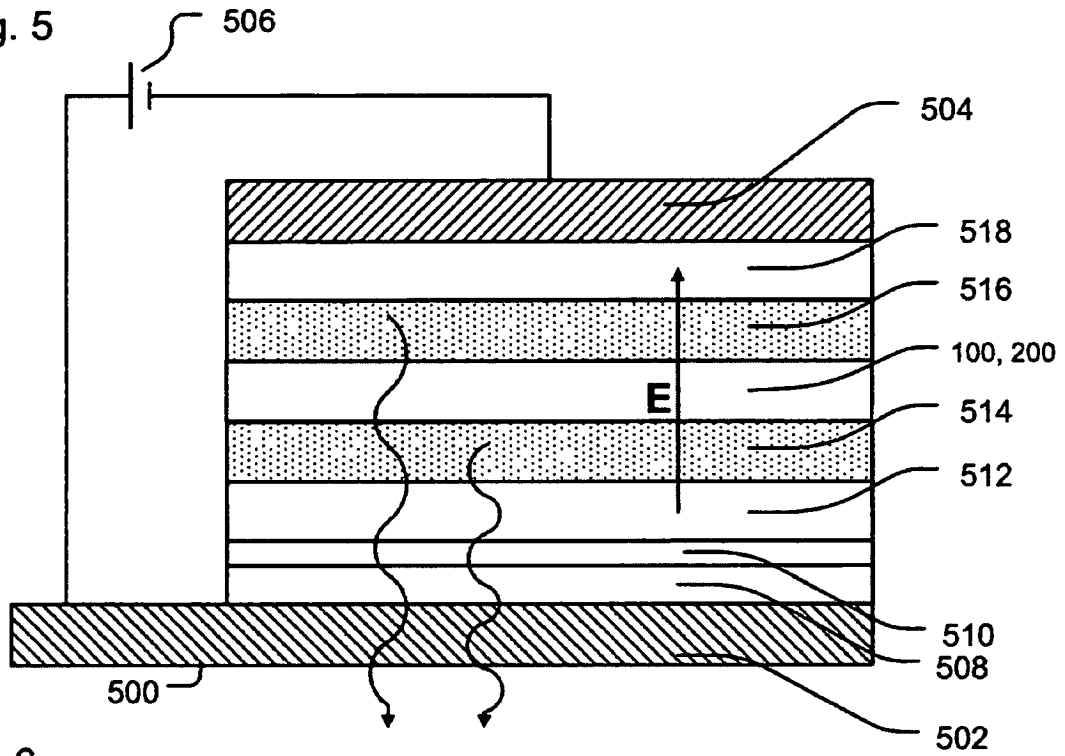


Fig. 6

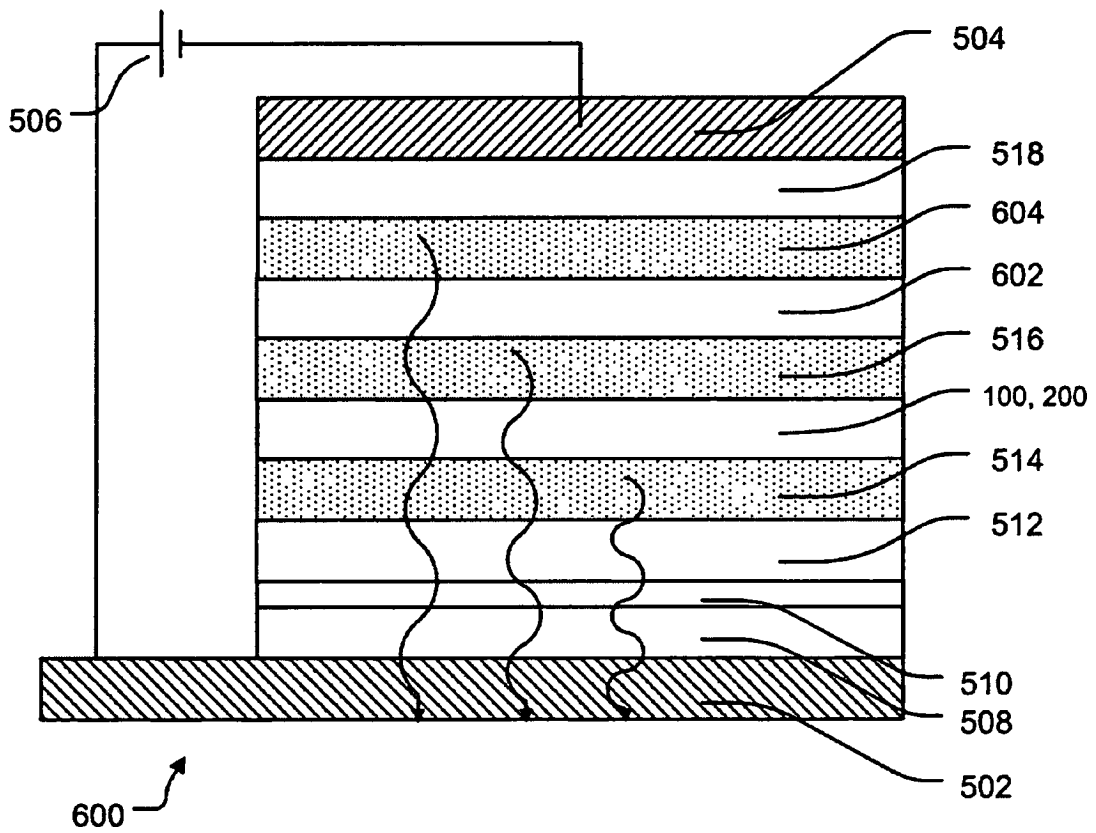


Fig. 7

