

(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
26. Juli 2007 (26.07.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/082673 A2

(51) **Internationale Patentklassifikation:**
Nicht klassifiziert

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2007/000208

(22) **Internationales Anmeldedatum:**
11. Januar 2007 (11.01.2007)

(25) **Einreichungssprache:** Deutsch

(26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**
06000436.3 11. Januar 2006 (11.01.2006) EP

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **NOVALED AG** [DE/DE]; Tatzberg 49, 01307 Dresden (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **SCHWARTZ, Gregor** [DE/DE]; Ciara-Zetkin-Strasse 4, 01159 Dresden (DE). **HARADA, Kentaro** [JP/DE]; Blumenstrasse 90, 01307 Dresden (DE). **WALZER, Karsten** [DE/DE]; Lessingstrasse 11, 01099 Dresden (DE). **PFEIFFER, Martin** [DE/DE]; Altrachau 4, 01139 Dresden (DE). **LEO, Karl** [DE/DE]; Hermannstrasse 5, 01219 Dresden (DE). **WERNER, Ansgar** [DE/DE]; Altenberger Strasse 20, 01277 Dresden (DE).

(74) **Anwälte:** **BITTNER, Thomas, L.** usw.; Boehmert & Boehmert, Hollerallee 32, 28209 Bremen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** ORGANIC OPTOELECTRONIC COMPONENT

(54) **Bezeichnung:** ORGANISCHE OPTOELEKTRONISCHES BAUELEMENT

(57) **Abstract:** The invention relates to an organic optoelectronic component comprising a base electrode, a top electrode that is provided with passages and an arrangement of organic layers, which is formed between the base electrode and the top electrode and makes electrical contact with said electrodes. In said component, light can be generated in a light-emitting region by the application of electrical energy to the base electrode and the top electrode. An organic current distribution layer also extends into the region containing the passages, said layer making electrical contact with the top electrode and the light-emitting region.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein organisches optoelektronisches Bauelement, mit einer Grundelektrode, einer mit Durchbrüchen versehenen Deckelektrode und einer Anordnung organischer Schichten, die zwischen der Grundelektrode und der Deckelektrode und in elektrischem Kontakt mit diesen gebildet ist und in welchem in einem lichtemittierenden Bereich beim Anlegen einer elektrischen Energie an die Grundelektrode und die Deckelektrode Licht erzeugbar ist, wobei eine sich auch in den Bereich der Durchbrüche hinein erstreckende, organische Stromverteilungsschicht vorgesehen ist, die in elektrischem Kontakt mit der Deckelektrode und dem lichtemittierenden Bereich ist.

WO 2007/082673 A2

Organisches optoelektronisches Bauelement

Die Erfindung betrifft ein organisches optoelektronisches Bauelement, insbesondere eine organische lichtemittierende Diode.

5

Hintergrund der Erfindung

Elektrolumineszenz organischer Materialien ist seit ihrer ersten Beobachtung 1953 (Bernanose et al., J. Chem. Phys. 1953, 50, 65) zu einem intensiv bearbeiteten Forschungsgebiet geworden. Die bekannten Vorteile organischer Materialien für die Lichterzeugung wie zum Beispiel geringe Reabsorption, hohe Quantenausbeuten oder auch die Möglichkeit, durch relativ einfache Variation der Molekülstruktur das Emissionsspektrum anzupassen, konnten in den letzten Jahren durch beständige Entwicklung in der Materialforschung und Umsetzung neuer Konzepte zum effektiven Injizieren und Transportieren der Ladungsträger in die aktive Emissionsschicht eines organischen Leuchtelements ausgenutzt werden. Erste Anzeigeeinrichtungen, welche auf solchen so genannten organischen Leuchtdioden basieren, haben bereits den Weg auf den Markt gefunden und organische Leuchtdioden werden in Zukunft als Konzept neben Flüssigkristallanzeigen und Anzeigen aus anorganischen Leuchtdioden fest etabliert sein. Ein weiterer Markt, welcher den organischen Leuchtdioden aufgrund ihrer speziellen Eigenschaft, Licht großflächig und homogen in den Halbraum emittieren zu können, offen steht, ist das Gebiet der Beleuchtung.

Häufig wird bei organischen Leuchtdioden Licht durch ein transparentes Substrat emittiert (sog. bottom-emission Struktur). In einigen Fällen kann es zur Verbesserung der Leistungsparameter des Bauelements oder zur Reduzierung der Produktionskosten vorteilhaft sein, nichttransparente Substrate zu verwenden. In diesem Fall wird das Licht durch die Deckelektrode der Schichtstruktur emittiert (sog. „top-emission“ Struktur). Für diesen Zweck wird eine genügend transparente Deckelektrode benötigt. Beide Ansätze können auch kombiniert werden um transparente organische Leuchtdioden zu erhalten.

30

Transparente Deckelektroden werden herkömmlich aus transparenten leitfähigen Metalloxiden, insbesondere Indium-Zinn-Oxid (ITO) gefertigt. Dieser Ansatz birgt einige Schwierigkeiten, die die Einsatzfähigkeit dieser Lösung beeinträchtigen. Die Leitfähigkeit der ITO

Schicht ist gering, so dass es bei großflächigen Strukturen aufgrund des Schichtwiderstandes zu einem Spannungsabfall in der Schicht und damit zu einer lateral inhomogenen Lichtemission kommt. Weiterhin wird die Schicht mittels eines Sputterprozesses aufgebracht. Die darunterliegenden organischen Schichten sind in der Regel sehr anfällig gegenüber bei diesem Prozeß entstehenden, reaktiven Ionen. Nachteilige Effekte für die Leistungsparameter des Bauelementes und die Lebensdauer können nur zum Teil mittels Einfügen von Pufferschichten kompensiert werden. In der Regel sind die Metalloxide für die Injektion von Löchern, nämlich zur Verwendung als Anode gut geeignet, während die Injektion von Elektronen Probleme bereitet. Schließlich bedeutet der hohe Anteil von Indium in der ITO-Schicht einen erheblichen Kostenfaktor.

Alternativ können diese Metallschichten als transparente Deckelektroden verwendet werden. Dünne Metallschichten wie beispielsweise 15nm Silber weisen nur eine geringe Absorption auf und sind genügend transparent. Nachteilig ist die Schwierigkeit, solche dünnen Schichten kontrolliert abzuscheiden. Weiterhin sind diese Schichten mechanisch nicht stabil und führen häufig zu einem vorzeitigen Ausfall des Bauelementes aufgrund eines Risses in der Deckelektrode. Schließlich führt die hohe Reflektivität der Deckelektrode zu Schwierigkeiten, die Interferenzeffekte in dem Bauelement zu beherrschen. Die hohe Güte der entstehenden Mikrokavität führt dazu, dass ein enger Wellenlängenbereich des entstehenden Lichts bevorzugt wird, während andere Bereiche unterdrückt werden. Dies führt insbesondere bei der Emission von weißem Licht dazu, dass das intendierte Emissionsspektrum verfälscht wird. Damit kann diese Bauelement für einige Einsatzbereiche, beispielsweise als Beleuchtungselement oder als Hintergrundbeleuchtungselement eines LCD Displays, nicht eingesetzt werden.

Schließlich wurde in dem Dokument US 2004/0021434 A1 vorgeschlagen, dass eine Deckelektrode mit Durchbrüchen versehen wird. Es hat sich gezeigt, dass solche Durchbrüche den Leuchteindruck des Bauelementes nachteilig beeinflussen, da in ihrem Bereich nichtleuchtende Abschnitte auftreten.

30 Zusammenfassung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein organisches optoelektronisches Bauelement mit einer Deckelektrode mit Durchbrüchen zu schaffen, bei dem Durchbrüche in der Deckelektrode den

Leuchteindruck des Bauelementes nicht störend beeinflussen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein organisches optoelektronisches Bauelement mit einer Grundelektrode, einer mit Durchbrüchen versehenen Deckelektrode und einer An-
5 Ordnung organischer Schichten gelöst, die zwischen der Grundelektrode und der Deckelektrode und in elektrischem Kontakt mit diesen gebildet ist und in welchem in einem lichtemittierenden Bereich beim Anlegen einer elektrischen Energie an die Grundelektrode und die Deckelektrode Licht erzeugbar ist, wobei eine sich auch in den Bereich der Durchbrüche hin-
10 ein erstreckende, organische Stromverteilungsschicht vorgesehen ist, die in elektrischem Kontakt mit der Deckelektrode und dem lichtemittierenden Bereich ist.

Mit Hilfe der organischen Stromverteilungsschicht wird erreicht, dass an der Deckelektrode injizierte, elektrische Ladungsträger in Form von Löchern oder Elektronen auch zu den Ab-
15 schnitten des lichtemittierenden Bereiches in der Anordnung organischer Schichten gelangen, welcher sich unterhalb der Durchbrüche der Deckelektrode befinden, die auch als Ausnehmungen bezeichnet werden können. Auf diese Weise wird auch in diesen Abschnitten des lichtemittierenden Bereiches Licht mittels Rekombination von Ladungsträgern erzeugt, so dass auch diese Abschnitte zur Lichterzeugung beitragen. Beim Stand der Technik findet diese Licht erzeugende Rekombination im wesentlichen im Überlappungsbereich der Elektroden
20 und nicht in dem von den Durchbrüchen erfassten Bereich statt. Die Ausbildung der organischen Stromverteilungsschicht auch in den Bereich der Durchbrüche hinein bedeutet, dass sich die organische Stromverteilungsschicht überlappend mit den Durchbrüchen erstreckt, wobei die organische Stromverteilungsschicht sich sowohl in den Durchbrüchen selbst als auch oberhalb und unterhalb der Durchbrüche oder in einer beliebigen Kombination dieser
25 Teilbereiche erstrecken kann. Bevorzugt ist die Überlappung zwischen der organischen Stromverteilungsschicht und den auch als Öffnungen bezeichneten Durchbrüchen aus einer Sicht auf das Bauelement von oben vollständig.

Die Durchbrüche in der Deckelektrode können so ausgeführt sein, dass die Deckelektrode mit
30 mehreren Stegen gebildet ist, die ihrerseits runde oder eckige Durchbrüche teilweise oder vollständig umgreifen. Auch eine Deckelektrode mit mehreren streifenartig gebildeten Elektrodenelementen kann vorgesehen sein. In einer zweckmäßigen Ausgestaltung ist die Deckelektrode als eine für das in dem lichtemittierenden Bereich erzeugte Licht nicht-transparente

Elektrode gebildet. Dieses ermöglicht die Verwendung von dicken Metallschichten für die Deckelektrode mit einer Schichtdicke von 100 nm oder mehr, wodurch die Stabilität des Bauelementes optimiert ist. Den verschiedenen Bauformen für organische optoelektronische Bauelemente entsprechend kann die Deckelektrode als eine Anode oder eine Kathode gebildet sein.

Bevorzugt ist die organische Stromverteilungsschicht aus einem thermisch sublimierbaren, organischen Material gebildet, welches mittels Vakuumverdampfung abgeschieden werden kann. Auf diese Weise ist zur Ausbildung der organischen Stromverteilungsschicht bei der Bauelementherstellung die häufig zur Bildung organischer Schichten genutzte Technologie des Abscheidens mittels Vakuumverdampfung nutzbar.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die organische Stromverteilungsschicht in Berührungskontakt mit der Deckelektrode gebildet ist. Bei dieser Ausführungsform ist die organische Stromverteilungsschicht in direktem Kontakt mit der Deckelektrode. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die organische Stromverteilungsschicht über einen elektrisch leitenden Materialabschnitt mit der Deckelektrode in elektrischem Kontakt ist. Ein Berührungskontakt zwischen der organischen Stromverteilungsschicht und der Deckelektrode entsteht bei der Herstellung des optoelektronischen Bauelementes beispielsweise dadurch, dass das Material für die organische Stromverteilungsschicht und das Material für die Deckelektrode oder umgekehrt direkt aufeinander abgeschieden werden.

Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die organische Stromverteilungsschicht mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 0.001 S/cm gebildet ist, bevorzugt mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 0.05 S/cm und weiter bevorzugt mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 1 S/cm. Als alternative Messgröße kann der elektrische Schichtwiderstand der Stromverteilungsschicht betrachtet werden. Er ist zweckmäßig kleiner als 10^8 Ohm/Quadrat, bevorzugt kleiner als 10^6 Ohm/Quadrat und weiter bevorzugt kleiner als 10^5 Ohm/Quadrat. Mit Hilfe der vorgesehenen elektrischen Leitfähigkeit wird eine optimierte Funktionalität der Stromverteilungsschicht gewährleistet, so dass sich elektrischer Strom in Form eines Transports von elektrischen Ladungsträgern in der organischen Stromverteilungsschicht optimal in lateraler Richtung, d. h. in Richtung der Ausdehnung der Stromverteilungsschicht ausbreiten kann. Wenn das Bau-

dement mit seiner Schichtstruktur im Schnitt betrachtet wird, kann die erreichte Stromverteilung auch als Querleitung von elektrischen Ladungsträgern betrachtet werden.

5 Bevorzugt wird zur Ausbildung der organischen Stromverteilungsschicht ein Material verwendet, mit dem eine hohe Beweglichkeit für wenigstens eine Art von elektrischen Ladungsträgern bereitgestellt ist. Die Beweglichkeit ist vorteilhaft größer als 10^{-4} cm^2/Vs , bevorzugt größer als 10^{-2} cm^2/Vs und weiter bevorzugt größer als 10^{-1} cm^2/Vs .

10 Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass eine minimale Abmessung der Durchbrüche wenigstens so groß ist wie eine Gesamthöhe der Anordnung organischer Schichten.

15 Bevorzugt sieht eine Fortbildung der Erfindung vor, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine elektrische Ladungsträger in Form von Löchern in Richtung der Schichtausdehnung transportierende Schicht gebildet ist, wenn die Deckelektrode eine Anode ist.

20 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine elektrische Ladungsträger in Form von Elektronen in Richtung der Schichtausdehnung transportierende Schicht gebildet ist, wenn die Deckelektrode eine Kathode ist.

25 Eine Weiterbildung der Erfindung kann vorsehen, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine dotierte organische Schicht mit einer die elektrische Leitfähigkeit erhöhenden Dotierung gebildet ist. Beim Ausbilden einer dotierten organischen Schicht werden ein oder mehrere Dotierungsmaterialien in ein organisches Matrixmaterial eingelagert, bei dem es sich um ein organisches Halbleitermaterial handelt. Eine Schicht wird als p-dotierte organische Schicht bezeichnet, wenn das organische Matrixmaterial Dotanden in Form von Akzeptoren enthält. Eine dotierte Schicht wird als n-dotierte organische Schicht bezeichnet, wenn die eingelagerten Dotanden für das organische Matrixmaterial Donatoren bilden. Eine elektrische
30 Dotierung im Sinne der vorliegenden Anmeldung entsteht dadurch, dass das eine oder die mehreren eingelagerten Dotierungsmaterialien eine Redoxreaktion mit dem Matrixmaterial ausführen, wodurch es zu einem wenigstens teilweisen Ladungstransfer zwischen dem einen oder den mehreren Dotierungsmaterialien einerseits und dem Matrixmaterial andererseits

kommt, d. h. eine Übertragung von elektrischen Ladungen zwischen den Materialien findet statt. Auf diese Weise werden (zusätzliche) freie Ladungsträger in der Schicht gebildet, welche ihrerseits die elektrische Leitfähigkeit der Schicht erhöhen. Es entsteht in dem Matrixmaterial eine höhere Dichte von Ladungsträgern im Vergleich zum undotierten Material. Es besteht der folgende physikalische Zusammenhang für die elektrische Leitfähigkeit: Ladungsträgerdichte \times Beweglichkeit der Ladungsträger = elektrische Leitfähigkeit. Der mittels der Redoxreaktion gebildete Teil der Ladungsträger in dem Matrixmaterial muss nicht erst aus einer Elektrode injiziert werden, vielmehr stehen solche Ladungsträger infolge der elektrischen Dotierung schon in der Schicht zur Verfügung.

5

10 Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine Fullerschicht gebildet ist.

Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die organische Stromverteilungsschicht in Verbindung mit einem pn-Übergang gebildet ist. Der pn-Übergang kann in der Stromverteilungsschicht gebildet sein. Alternativ grenzt die Stromverteilungsschicht an den pn-Übergang oder bildet einen Teil hiervon. Für den Fall, dass die Deckelektrode als eine Anode gebildet ist, die ihrerseits mit einer organischen Schicht in elektrischem Kontakt ist, welche elektrische Ladungsträger in Form von Elektronen effizient in Richtung der Schichtausdehnung transportiert, wird mit dem pn-Übergang eine effiziente Bereitstellung von elektrischen Ladungsträgern für den lichtemittierenden Bereich in Form von Löchern erreicht. Im Bereich des pn-Überganges werden die effizient transportierten elektrischen Ladungsträger in Form von Elektronen in elektrische Ladungsträger in Form von Löchern umgewandelt. In analoger Weise werden elektrische Ladungsträger in Form von Elektronen an einem pn-Übergang in der organischen Stromverteilungsschicht bereitgestellt, wenn die Deckelektrode eine Kathode ist und diese in elektrischem Kontakt mit einer Löcher in Richtung der Schichtausdehnung transportierenden Schicht ist.

20

25

30 Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die organische Stromverteilungsschicht teilweise auf einer von der Anordnung organischer Schichten abgewandten Seite der Deckelektrode gebildet ist. Bei dieser Ausgestaltung wird die organische Stromverteilungsschicht beim Herstellen des Bauelementes zum Beispiel nach dem Abscheiden des Materials für die Deckelektrode aufgebracht. Das Material für die organische Stromverteilungs-

Schicht kann in diesem Fall teilweise direkt auf das Material der Deckelektrode aufgebracht werden.

5 Vorzugsweise beträgt eine minimale laterale Dimension der Deckelektrode, also eine kleinste Abmessung der flächigen Ausdehnung der Abschnitte der Deckelektrode, wenigstens etwa 1 µm, bevorzugt wenigstens etwa 10 µm. In diesem Fall kann die Deckelektrode leicht in einem Verdampfungsschritt im Vakuum mit Hilfe von Schattenmasken hergestellt werden. Im Falle das die Deckelektrode als Gitter ausgebildet ist, kann eine charakteristische laterale Dimension der Deckelektrode beispielsweise die Breite eines Steges des Gitters sein.

10

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass ein relativer Anteil einer Gesamtfläche der Durchbrüche, die sich aus der Summe der Teilflächen der einzelnen Durchbrüche ergibt, an der Gesamtfläche der Deckelektrode wenigstens etwa 50 %, bevorzugt wenigstens etwa 80 % und weiter bevorzugt wenigstens etwa 90 % beträgt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Fläche der Öffnungen / Durchbrüche genügend groß ist, um eine effektive Extraktion des Lichtes zu gewährleisten.

15

In einer besonders einfachen Ausprägung ist die organische Stromverteilungsschicht mit einer Schicht aus einem Ladungsträgertransportmaterial und einer hieran grenzenden Schicht aus einem Dotandenmaterial gebildet. Durch eine chemische Reaktion an der Grenzfläche der beiden Schichten entsteht eine hochleitfähige Grenzschicht. Diese Grenzschicht kann man sich als eine dotierte Grenzfläche vorstellen. Beispiele für Schichtkombinationen aus einem Ladungsträgertransportmaterial und einem Dotandenmaterial sind: Fullerene C60 und WPW, Fullerene C60 und Alkalimetalle with Cs oder Kalium, Zink Phthalocyanine und F4TCNQ, PTCTA und Jod, BEDT-TTF und Jod, TTF und TCNQ.

20

Die organische Stromverteilungsschicht wird zweckmäßig mittels Materialabscheidung im Vakuum gebildet, beispielsweise mittels Abscheiden im Hochvakuum. In einer Ausgestaltung werden Fullerene verdampft. Im Fall einer dotierten Schicht werden die Fullerene und der organische Dotand gleichzeitig verdampft. Hierdurch fugt sich das Aufbringen ohne Mehraufwand in den Produktionsprozess eines organischen Bauelementes ein. Mögliche Inkompatibilitäten aufgrund anderer Abscheidungsverfahren wie Zerstäuben (Sputtern, Effekte der

25

reaktiven Ionen) oder Abscheiden von Lösungen oder Pasten (Effekte des Lösungsmittels) werden so vermieden.

- 5 Eine Weiterentwicklung der transparenten organischen Leuchtdiode sind gestapelte transparente Leuchtdioden (siehe zum Beispiel Gu et al. J. Appl. Phys. 1999, 86, 4067). Hierbei wird eine Anzahl transparenter Leuchtdioden sequentiell auf ein Substrat gestapelt aufgebracht, wobei jeweils zwei aufeinander folgende Leuchtdioden eine transparente Elektrode gemeinsam haben. Um die Leuchtdioden des Stapels einzeln ansteuern zu können, werden transparente Elektroden seitlich herausgeführt und kontaktiert. Dazu ist eine hohe laterale Leitfähigkeit der Elektroden notwendig, weshalb dazu üblicherweise ITO verwendet wird. Dies führt zu den gleichen bereits genannten Problemen wie bei den transparenten Leuchtdioden. Es versteht sich, dass die erfindungsgemäße Struktur in solchen Konfiguration ebenfalls vorteilhaft ist.
- 10
- 15 Die Kombination von Deckelektrode mit Durchbrüchen und organischer Stromverteilungsschicht kann in beliebigen optoelektronischen Bauelementen eingesetzt werden. Beispielsweise ist der Einsatz für eine organische Solarzelle vorteilhaft, deren lichtdurchlässige Elektrode als Deckelektrode gebildet ist. Die mit hoher elektrischer Leitfähigkeit in Richtung der Schichtausbreitung ausgestattete, organische Stromverteilungsschicht befindet sich dann auf
- 20 der der Deckelektrode zugewandten Seite der aktiven, Licht in Ladungsträger transferierenden Schicht der Solarzelle.

Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung

- 25 Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Figuren einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:
- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Schichtaufbaus eines organischen optoelektronischen Bauelementes,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines organischen optoelektronischen Bauelementes von oben,
- 30 Fig. 3 eine grafische Darstellung der Stromdichte und der Helligkeit in Abhängigkeit von der Spannung für ein organisches optoelektronisches Bauelement nach einem Ausführungsbeispiel 1,

Fig. 4 eine grafische Darstellung der externen Quanteneffizienz in Abhängigkeit von der Helligkeit für das organische optoelektronische Bauelement nach dem Ausführungsbeispiel 1,

5 Fig. 5 eine grafische Darstellung der Stromdichte und der Helligkeit in Abhängigkeit von der Spannung für ein organisches optoelektronisches Bauelement nach einem Beispiel 2,

Fig. 6 eine grafische Darstellung der externen Quanteneffizienz in Abhängigkeit von der Helligkeit für das organische optoelektronische Bauelement nach Beispiel 2 und

10 Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Anordnung gestapelter organischer Leuchtdioden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines organischen optoelektronischen Bauelementes mit einer organischen Stromverteilungsschicht 20a in einer Anordnung organischer Schichten 20, die zwischen einer Grundlektrode 10 und einer mit einem Durchbruch 40 versehenen Deckelektrode 30 angeordnet ist.

Die organische Stromverteilungsschicht 20a verfügt über eine elektrische Leitfähigkeit für elektrische Ladungsträger in Form von Löchern oder Elektronen, so dass sich diese in Richtung der Schichtausbreitung zu einem lichtemittierenden Bereich 20b hin auch in den Bereich des Durchbruchs 40 verteilen können, was in Fig. 1 mittels einer Pfeilpfades (a) gezeigt ist. Unterhalb des lichtemittierenden Bereiches 20b ist eine Ladungsträgertransportschicht 20c gebildet, mit der zu dem lichtemittierenden Bereich 20b elektrische Ladungsträger geleitet werden, die hinsichtlich ihrer Polarität entgegengesetzt zu den elektrischen Ladungsträgern sind, die dem lichtemittierenden Bereich 20b von oben zugeführt werden.

25 Mit Hilfe der organischen Stromverteilungsschicht 20a wird erreicht, dass der elektrische Widerstand eines in Fig. 1 im wesentlichen vertikal verlaufenden Strompfades (b) nur unwesentlich geringer ist als der elektrische Widerstand des Strompfades, welcher in Fig. 1 mit (a) bezeichnet ist. Die Erzeugung von Licht findet deshalb im wesentlichen unterhalb des in der Deckelektrode 30 gebildeten Durchbruches 40 statt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von weiteren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei beschreiben die nm-Angaben die im jeweiligen Ausführungsbeispiel gebildeten

Schichtdicken für die mittels Aufdampfen im Vakuum abgeschiedenen Materialien, die thermisch sublimierbar sind.

5 In einem Ausführungsbeispiel 1 weist ein organisches optoelektronisches Bauelement den folgenden Schichtaufbau auf, welcher mittels Aufdampfen in einem Hochvakuum hergestellt ist:

1. Glassubstrat
2. Silberelektrode 50nm
3. 95nm MeO-TPD dotiert mit 4 mol% F₄-TCNQ
- 10 6. 10nm Spiro-TAD
7. 20nm BAIq dotiert mit 20 Gewichts-% Ir(piq)₃
8. 10nm BPhen
9. 65nm Fullerschicht dotiert mit WPW (10w%)
- 15 10. Aluminiumkathode, mit beabstandeten Streifenelementen ausgeführt, zwischen denen Durchbrüche gebildet sind (Abstände zwischen den Streifenelementen 450µm, Breite der Streifenelemente 50µm, Dicke der Streifenelemente 100nm)

Zur Veranschaulichung zeigt Fig. 2 eine Draufsicht dieser Anordnung. Die Anordnung emittiert bei angelegter Spannung (Pluspol an die Silberelektrode 3, Minuspol an die Aluminiumkathode 1) Licht durch die Deckelektrode. Die leuchtende Fläche 4, welche schraffiert ist, ist durch die laterale Überlappung zwischen der Silberanode 1 und einer dotierten Fullerschicht 2 bestimmt. Ist die Leitfähigkeit der dotierten Fullerschicht 2 größer als 0.5 S/cm, erscheint die Helligkeit der leuchtenden Fläche 4 dem Betrachter mit bloßem Auge homogen. Die Beweglichkeit für Elektronen in einer Schicht aus Fullerene C₆₀ beträgt mehr als 0.1 cm²/Vs.

25

In einer Ausführung des Beispiels wurde durch Verwendung einer anderen n-dotierten Schicht, nämlich C₆₀ dotiert mit 2 mol% [Ru(t-butyl-trpy)₂]⁰, eine geringere Leitfähigkeit von kleiner 0.5 S/cm erzielt. In dieser Konfiguration ist ein leichter Abfall der Helligkeit zwischen Stegen der Aluminiumkathode 1 mit bloßem Auge sichtbar.

30

Fig. 3 und 4 zeigen Kennlinien des Bauelementes gemäß Ausführungsbeispiel 1.

Als Vergleichsbeispiel wurde ein organisches optoelektronisches Bauelement mit folgendem Schichtaufbau hergestellt:

1. Glassubstrat
2. Silberelektrode 50nm oder ITO 90nm
- 5 3. 95nm MeO-TPD dotiert mit 4 mol% F₄-TCNQ
6. 10nm Spiro-TAD
7. 20nm BAIq dotiert mit 20 Gewichts-% Ir(piq)₃
8. 10nm BPhen
9. 65nm AIq
- 10 10. 1nm LiF
11. Aluminiumkathode, als Streifen ausgeführt (Abstände 450µm, Breiten 50µm, Dicke 100nm)

In diesem Vergleichsbeispiel ist die Stromverteilungsschicht durch eine herkömmliche nicht-
15 leitfähige Elektronentransportschicht aus AIq ersetzt. Zu Verbesserung Ladungsträgerinjektion ist eine dünne Schicht aus LiF gebildet. Im Falle, dass die Anode aus Silber gebildet ist, ist etwas Lichtemission an den Rändern der Streifen der Aluminiumkathode 1 zu erkennen. Der Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel 1 ist deutlich zu erkennen. Im Falle, dass eine transparente Grundelektrode aus ITO verwendet wird, wird sichtbar, dass fast alle Lichtemission
20 von der Fläche erfolgt, die durch die Überlappung der Grund- und Deckelektrode gebildet wird.

In einem Ausführungsbeispiel 2 weist ein organisches optoelektronisches Bauelement, nämlich eine transparente organische lichtemittierende Diode, den folgenden Schichtaufbau auf:

- 25 1. Glassubstrat
2. 90nm ITO
3. 95nm MeO-TPD dotiert mit 4 mol% F₄-TCNQ
6. 10nm Spiro-TAD
7. 20nm BAIq dotiert mit 20 Gewichts-% Ir(piq)₃
- 30 8. 10nm BPhen
9. 65nm n-dotierte Fullerschicht
10. Aluminiumkathode, als Streifen ausgeführt (Abstände 450µm, Breiten 50µm, Dicke 100nm)

In dieser Anordnung wird BPhen als Löcher- und Exzitonenblockschicht verwendet. Mit etwa 3 eV hat BPhen eine um etwa 0.9 eV kleinere Elektronenaffinität als C60, was sich in einer entsprechend hohen Barriere für Elektronen bemerkbar machen sollte. Dennoch zeigt dieses Bauelement überraschenderweise sehr gute Parameter, wie einige Kenndaten in Fig. 5 und 6 zeigen.

In einem Ausführungsbeispiel 3 weist ein organisches optoelektronisches Bauelement den folgenden Schichtaufbau auf:

- 10 1. Glassubstrat
2. 90nm ITO
3. 95nm MeO-TPD dotiert mit 4 mol% F₄-TCNQ
6. 10nm Spiro-TAD
7. 20nm BAIq dotiert mit 20 Gewichts-% Ir(piq)₃
- 15 8. 10nm BPhen
- 8a. 40nm BPhen dotiert mit Cs
9. 25nm PTCDA dotiert mit Natrium
10. Aluminiumkathode, als Streifen ausgeführt (Abstände 450µm, Breiten 50µm, Dicke 100nm)

20

Im Ausführungsbeispiel 3 wird gezeigt, dass mit Natrium dotiertes PTCDA ebenfalls eine genügend hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist, um eine nahezu homogene Verteilung der Lichtemission für die gewählte Elektrodengeometrie zu besitzen. Die elektrische Leitfähigkeit beträgt etwa 0.1 S/cm. Zur Verbesserung des Übergangs von Ladungsträgern von der Schicht aus PTCDA:Na in die angrenzende BPhen-Schicht wurde letztere ebenfalls dotiert. Die Leitfähigkeit der Schicht aus BPhen:Cs ist mit 0.000 IS/cm jedoch nicht ausreichend, um eine laterale Verteilung des Stromes allein zu gewährleisten. Dies zeigt sich dadurch, dass Licht nur in der Überlappungsfläche von Grundelektrode und Deckelektrode erzeugt wird, wenn die dotierte PTCDA-Schicht weggelassen wird.

30

In einem Ausführungsbeispiel 4 weist ein organisches optoelektronisches Bauelement den folgenden Schichtaufbau auf:

1. Glassubstrat

2. 50nm Silberkathode
3. 40nm BPhen dotiert mit Cs
6. 10nm BPhen
7. 20nm BAIq dotiert mit 20 Gewichts-% Ir(piq)₃
- 5 8. 50nm Spiro-TAD
9. 25nm Perylen dotiert mit Jod
10. Silberanode, als Streifen ausgeführt (Abstände 450µm, Breiten 50µm, Dicke 100nm)

Die dotierte Perylen-Schicht weist eine elektrische Leitfähigkeit von mehr als 5 S/cm auf. Die
 10 Beweglichkeit für Löcher in einer Perylen-Schicht ist größer als $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Die Lichtemission erfolgt lateral homogen. Die Deckelektrode ist als Anode ausgeführt.

In einem Ausführungsbeispiel 5 weist ein organisches optoelektronisches Bauelement, nämlich eine gestapelte organische Leuchtdiode mit einer Fullerschicht als transparenter Zwischen-
 15 schenelektrode, den folgenden Schichtaufbau auf:

1. Transparentes Glassubstrat
2. ITO
3. erste organische Leuchtdiode
- 20 4. Metallstreifen
5. dotierte Fullerschicht
6. zweite organische Leuchtdiode
7. Aluminiumkathode

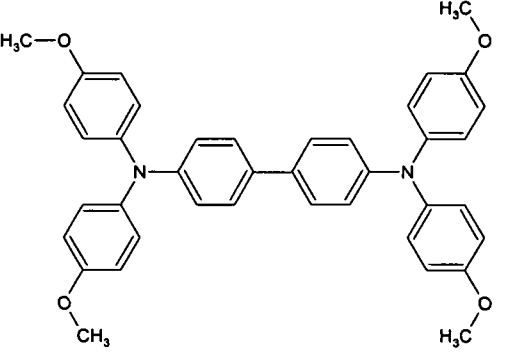
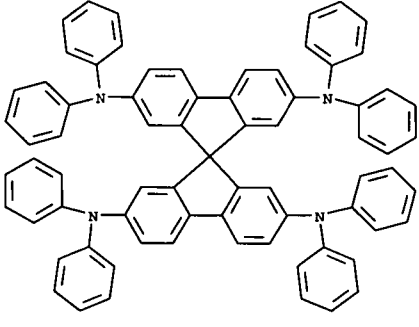
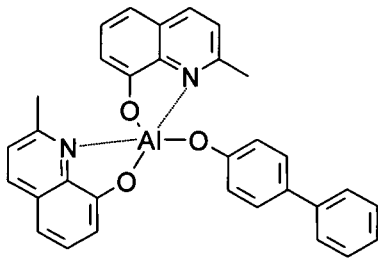
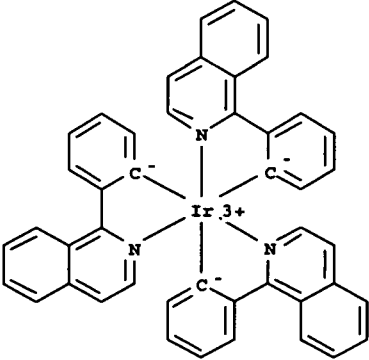
25 Die Stapelung kann natürlich auf mehrere Leuchtdioden erweitert werden, wobei die Metallstreifen zusammen mit der dotierten Fullerschicht jeweils als transparente Zwischenelektrode funktionieren. Die einzelnen Leuchtdioden, welche jeweils Licht unterschiedlicher Farbe emittieren können, lassen sich separat adressieren, wenn man auch die Zwischenelektroden auf geeignete Potentiale legt. Dies wurde bereits in dem Dokument US 5,917,280 gezeigt, wo
 30 hierzu auch ein Ansteuerungsschema vorgeschlagen wird. Diese separate Adressierung ist sowohl für Displayanwendungen wegen der mit der Stapelung erreichbaren höheren Pixeldichte als auch für Beleuchtungszwecke wegen der Einstellbarkeit der Farbe der Lichtquelle von Vorteil.

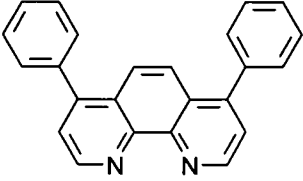
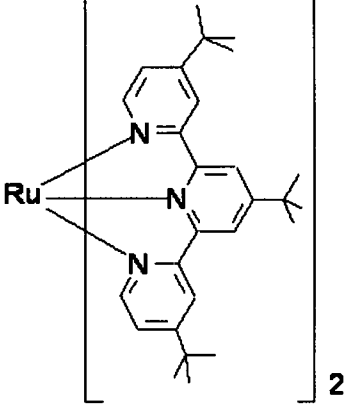
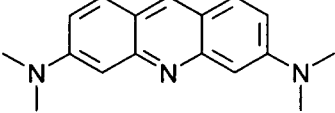
Eine besondere Herausforderung ist in dem Ausführungsbeispiel 5 das Herausführen der Metallstreifen aus dem Stapel und deren stabile Kontaktierung, ohne dabei Kurzschlüsse zu den anderen Elektroden zu verursachen. Dazu ist in Fig. 7 eine Anordnung gezeigt, die diese Probleme umgeht, indem Zwischenelektroden zu verschiedenen Seiten des Stapels herausgeführt werden. So werden Kurzschlüsse zwischen den einzelnen Elektroden vermieden. Hierbei werden die folgenden Bezugszeichen verwendet: 100a, 100b, 100c - Kontakte; 200 - transparente Anode, zum Beispiel aus ITO; 300a - transparente Zwischenelektrode, bestehend aus Metallstreifen und dotierter Fullerschicht; 300b - dicke Metallschicht zur Kontaktierung der transparenten Zwischenelektrode 300a mit dem Kontakt 100b; 400a - erste organische Leuchtdiode; 400b - zweite organische Leuchtdiode; 500 - Kathode, zum Beispiel aus Aluminium und 600 (schraffiert) - Überlappbereich der Elektroden, leuchtende Fläche.

Mit der Zahl der gestapelten organischen Leuchtdioden nimmt auch die Höhe der Stufe zu, welche von den herausgeführten Elektroden überwunden werden muss, da der eigentliche Kontakt üblicherweise direkt auf dem Substrat aufgebracht ist. Da die Metallstreifen jedoch nur einige 10 Nanometer dick sein dürfen, entsteht mit zunehmender Höhe die Gefahr, dass die Streifen nicht mehr durchgängig sind, wenn sie über die Stufe führen. Dies wird in der vorgestellten Anordnung derart behoben, dass die Metallstreifen zwar aus dem Überlappungsbereich der Elektroden herausgehen, aber nicht über die darunterliegenden organischen Schichten hinaus. Darauf wird dann eine dicke Metallschicht aufgebracht, welche die Stufe überwindet und bis zum eigentlichen Kontakt führt.

Die Ausweitung auf mehr als zwei übereinander gestapelte organische Leuchtdioden ist dadurch möglich, dass die jeweils hinzukommenden Zwischenelektroden nach anderen Seiten des Stapels gemäß der vorangehenden Erläuterung herausgeführt und kontaktiert werden. Speziell für den Fall, dass mehr als vier Elektroden und Zwischenelektroden kontaktiert werden sollen, kann es vorteilhaft sein, die organischen Schichten anstatt in rechteckiger Form in mehrseitiger Form aufzubringen, um für jede zu kontaktierende Elektrode eine möglichst kurze Kantenlinie der zu überwindenden Stufe zu ermöglichen.

Nachfolgend werden die in den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen verwendeten organische Materialien in einer tabellarischen Übersicht gezeigt.

<p>MeO-TPD</p> <p>N,N,N',N'-Tetrakis(4-methoxyphenyl)-benzidine</p>	 <p>The structure shows a central benzidine core (two benzene rings connected at their 1 and 4 positions). Each of the four terminal nitrogen atoms is bonded to a 4-methoxyphenyl group. The methoxy groups are represented as H₃C-O- and -O-CH₃.</p>
<p>Spiro-TAD</p> <p>2,2',7,7'-Tetrakis-(N,N-diphenylamino)-9,9'-spirobifluoren</p>	 <p>The structure shows a spirobifluorene core, which consists of two fluorene units sharing a central carbon atom at their 9 and 9' positions. Each of the four nitrogen atoms at the 2, 2', 7, and 7' positions is bonded to two phenyl rings, forming four N,N-diphenylamino groups.</p>
<p>BAIq</p> <p>Bis-(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenyl-phenolato)-aluminium-(III)</p>	 <p>The structure shows an aluminum atom (Al) in a three-coordinate state, coordinated to three oxygen atoms. Two of these oxygen atoms are part of 2-methyl-8-quinolinolato ligands, which are bidentate ligands derived from 2-methyl-8-quinoline. The third oxygen atom is part of a 4-phenylphenolato ligand, which is a phenyl ring attached to the para position of another phenyl ring.</p>
<p>Ir(piq)₃</p> <p>Tris(1-phenylisoquinoline)iridium</p>	 <p>The structure shows an iridium atom (Ir) in a three-coordinate state, coordinated to three nitrogen atoms. Each nitrogen atom is part of a 1-phenylisoquinoline ligand, which consists of an isoquinoline ring system with a phenyl group attached to the nitrogen atom. The iridium atom is labeled as Ir³⁺ and each nitrogen atom is labeled as N⁻.</p>

<p>Bphen</p> <p>4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline</p>	
<p>$[\text{Ru}(\text{t-butyl-trpy})_2]^0$</p>	
<p>AOB</p> <p>Acridine orange base</p>	
<p>WPW</p>	<p>Tetrakis(1,2,3,3a,4,5,6,6a,7,8-decahydro-1,9,9b-triazaphenalenyl)ditungsten(II);</p>
<p>PTCDA</p>	<p>Perylene tetracarbonsäure dianhydrid</p>
<p>BEDT-TTF</p>	<p>Bisethylenedithiatetrathiafulvalene</p>
<p>TCNQ</p>	<p>Tetrazyano Chinodimethane</p>

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

Ansprüche

1. Organisches optoelektronisches Bauelement, mit einer Grundelektrode, einer mit Durchbrüchen versehenen Deckelektrode und einer Anordnung organischer Schichten, die zwischen der Grundelektrode und der Deckelektrode und in elektrischem Kontakt mit diesen gebildet ist und in welchem in einem lichtemittierenden Bereich beim Anlegen einer elektrischen Energie an die Grundelektrode und die Deckelektrode Licht erzeugbar ist, gekennzeichnet durch eine sich auch in den Bereich der Durchbrüche hinein erstreckende, organische Stromverteilungsschicht, die in elektrischem Kontakt mit der Deckelektrode und dem lichtemittierenden Bereich ist.
2. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht in Berührungskontakt mit der Deckelektrode gebildet ist.
3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 0.001 S/cm gebildet ist, bevorzugt mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 0.05 S/cm und weiter bevorzugt mit einer elektrischen Leitfähigkeit von wenigstens 1 S/cm.
4. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine minimale Abmessung der Durchbrüche wenigstens so groß ist wie eine Gesamthöhe der Anordnung organischer Schichten.
5. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine elektrische Ladungsträger in Form von Löchern in Richtung der Schichtausdehnung transportierende Schicht gebildet ist, wenn die Deckelektrode eine Anode ist.
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine elektrische Ladungsträger in Form von Elektronen in Richtung der Schichtausdehnung transportierende Schicht gebildet ist, wenn die Deckelektrode eine Kathode ist.

7. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine dotierte organische Schicht mit einer die elektrische Leitfähigkeit erhöhenden Dotierung gebildet ist.
- 5 8. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht als eine Fullerschicht gebildet ist.
9. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht in Verbindung mit einem pn-Übergang aufweisend gebildet ist.
- 10
10. Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Stromverteilungsschicht teilweise auf einer von der Anordnung organischer Schichten abgewandten Seite der Deckelektrode gebildet ist.
- 15
11. Verwendung eines organischen optoelektronischen Bauelementes nach einem der vorangehenden Ansprüche in einer Vorrichtung ausgewählt aus der folgenden Gruppe von Vorrichtungen: Bauteil wie organische lichtemittierende Diode oder organische Solarzelle, Anzeigeeinrichtung wie Bildschirm oder Display und Beleuchtungseinrichtung.

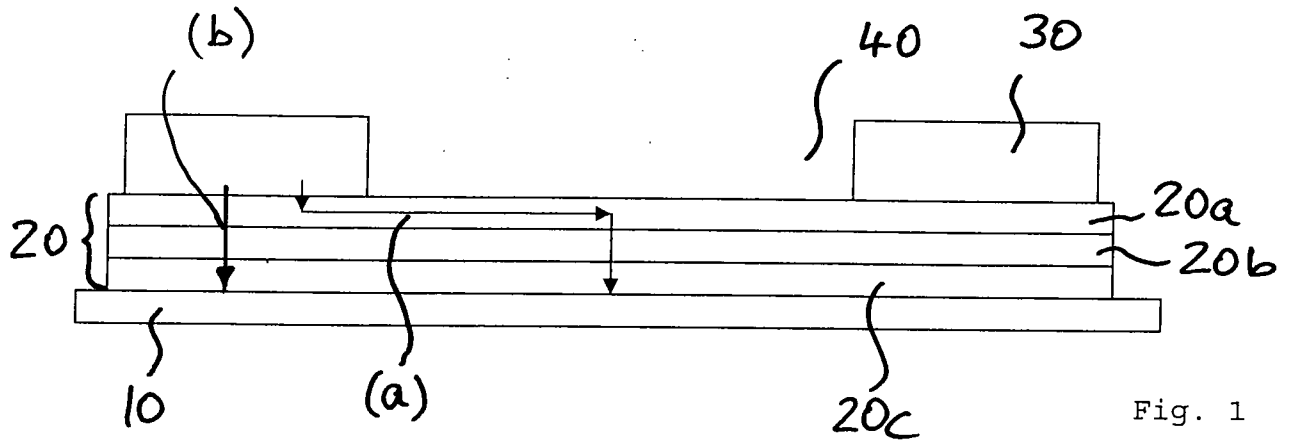


Fig. 1

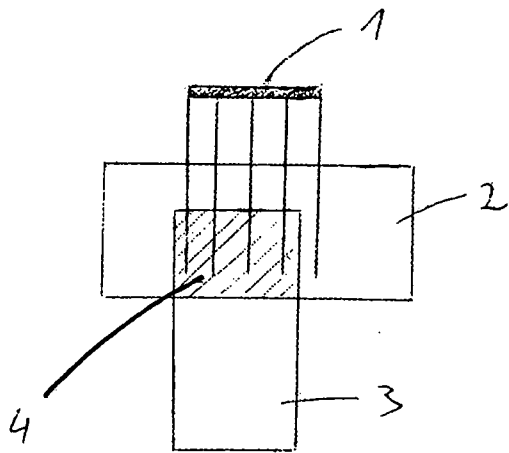


Fig. 2

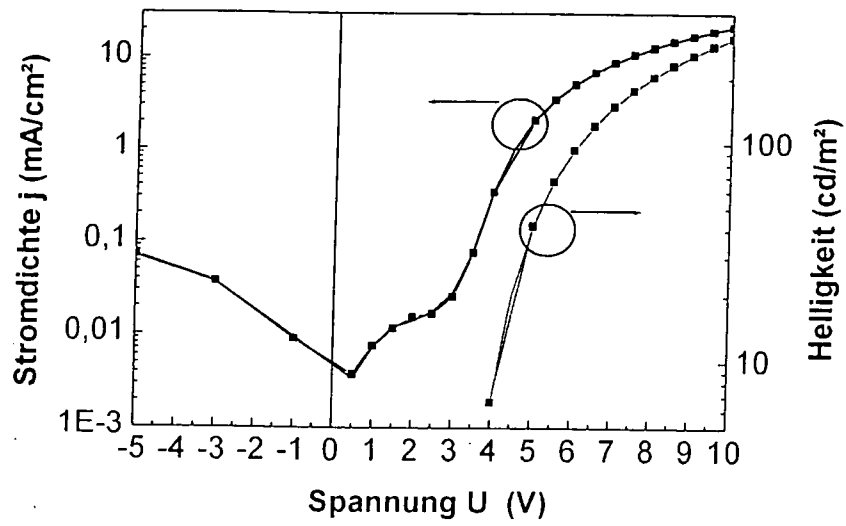


Fig. 3

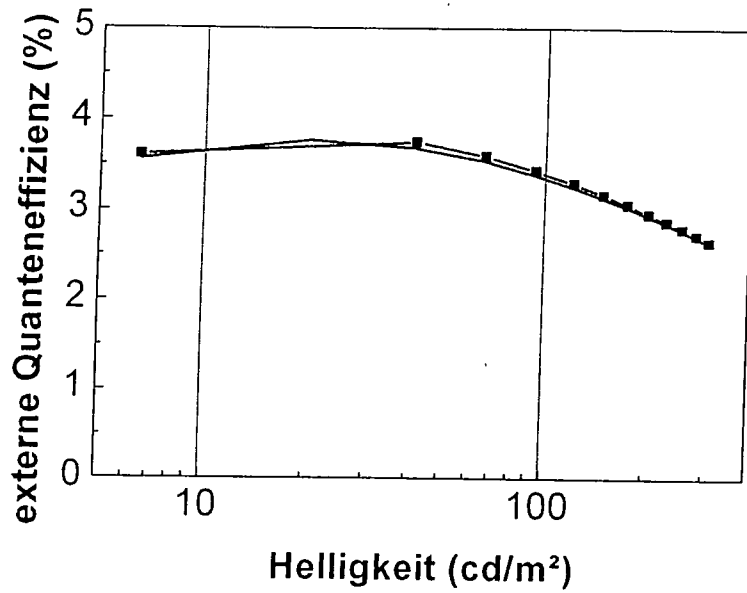


Fig. 4

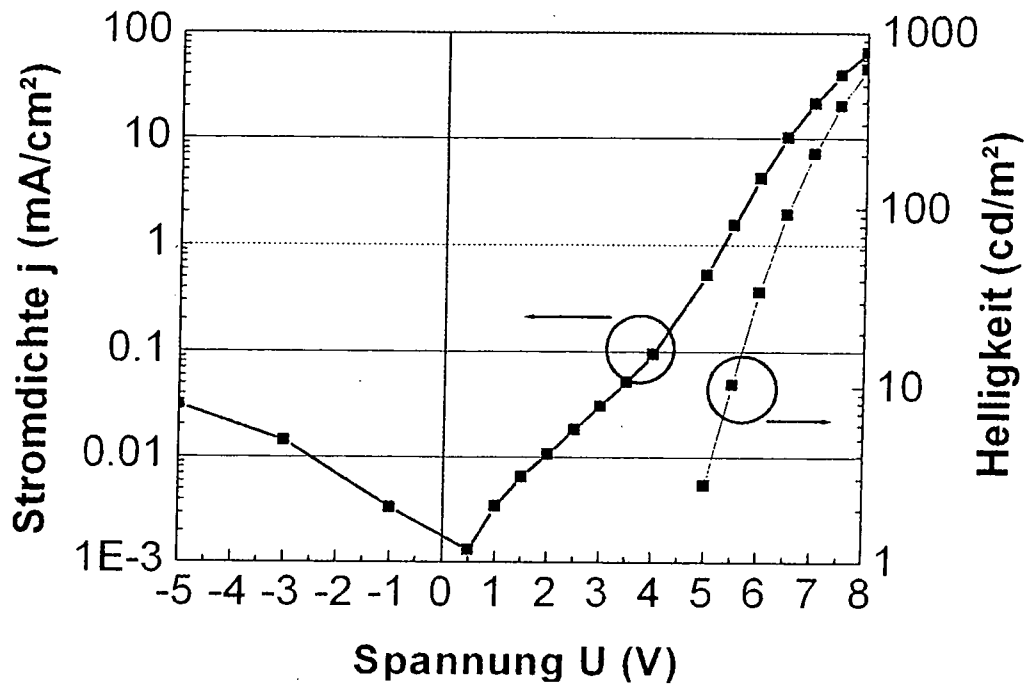


Fig. 5

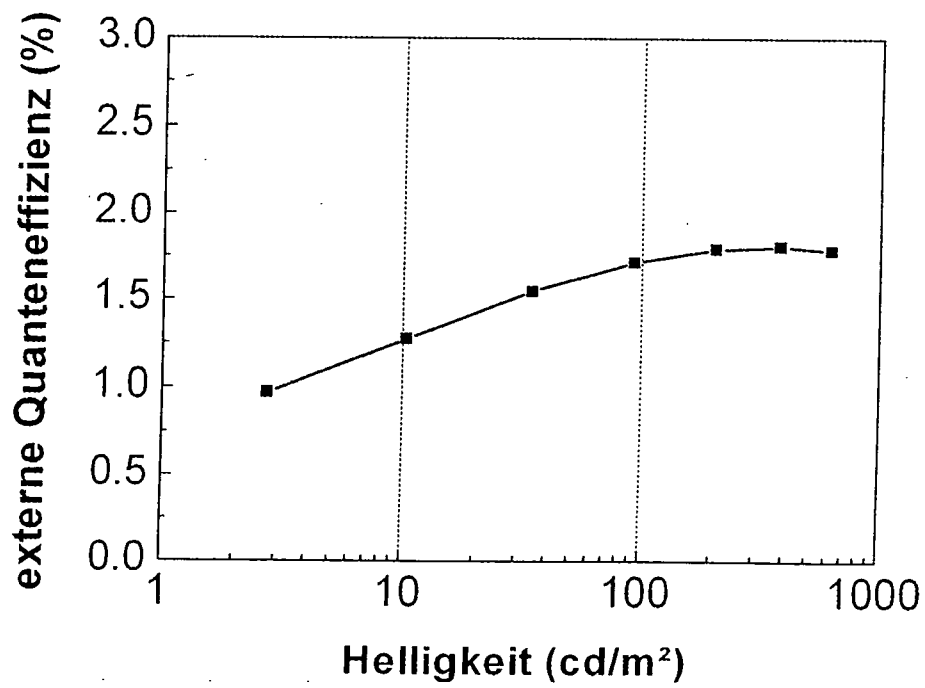


Fig. 6

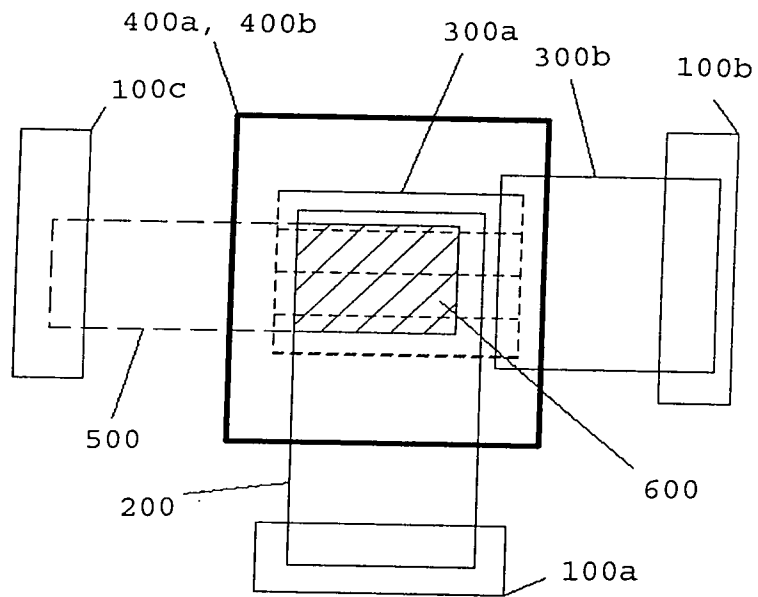


Fig. 7