

(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

9. Januar 2014 (09.01.2014)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/006565 A2(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/44 (2006.01)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2013/055425

(22) Internationales Anmeldedatum: 2. Juli 2013 (02.07.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 105 809.1 2. Juli 2012 (02.07.2012) DE
10 2012 105 810.5 2. Juli 2012 (02.07.2012) DE

(71) Anmelder: HELIATEK GMBH [—/DE]; Treidlerstrasse 3, 01139 Dresden (DE).

(72) Erfinder: PFEIFFER, Martin; Spenerstrasse 21, 01307 Dresden (DE). UHRICH, Christian; Bureckhardstrasse 1, 01307 Dresden (DE). BEWERSDORFF-SARLETTE, Ulrike; Ludwig-Richter-Allee 27, 01445 Radebeul (DE). MEISS, Jan; Dölschener Strasse 1, 01159 Dresden (DE). LEO, Karl; Hermannstrasse 5, 01219 Dresden (DE). RIEDE, Moritz; Martin-Luther-Platz 1, 01099 Dresden (DE). SCHUBERT, Sylvio; Altkaitz 1, 01217 Dresden (DE). MÜLLER-MESKAMP, Lars; Wallgässchen 7, 01097 Dresden (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: TRANSPARENT ELECTRODE FOR OPTOELECTRONIC COMPONENTS

(54) Bezeichnung : TRANSPARENTE ELEKTRODE FÜR OPTOELEKTRONISCHE BAUELEMENTE

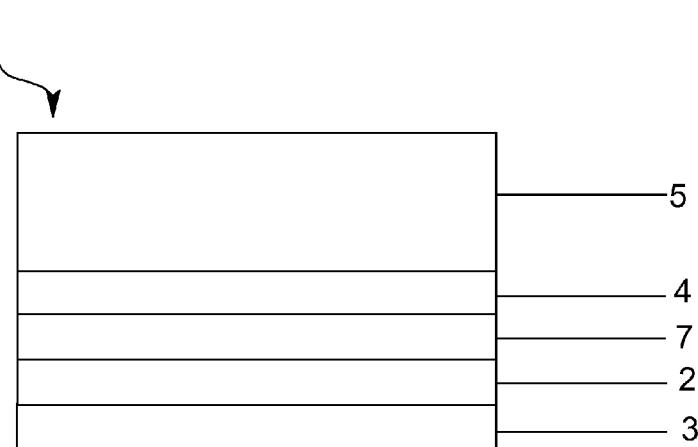


Fig. 4

(57) Abstract: The invention concerns an optoelectronic component on a substrate comprising a first and a second electrode, the first electrode being disposed on the substrate and the second electrode forming a counter electrode. Disposed between these electrodes is at least one photoactive layer system which comprises at least one donor-acceptor system with organic materials.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement auf einem Substrat umfassend eine erste und eine zweite Elektrode, wobei die erste Elektrode auf dem Substrat angeordnet ist und die zweite Elektrode eine Gegenelektrode bildet, wobei zwischen diesen Elektroden zumindest ein photoaktives Schichtsystem angeordnet ist, welches zumindest ein Donor-Akzeptorsystem mit organischen Materialien umfasst.

Transparente Elektrode für optoelektronische Bauelemente

Die Erfindung betrifft eine transparente Elektrode für

5 optoelektronische Bauelemente.

Optoelektronische Bauelemente, wie etwa Solarzellen oder

LED's, TFT's, etc. finden heute eine breite Anwendung im

alltäglichen sowie industriellen Umfeld. Von besonderem

Interesse sind dabei solche Bauelemente, welche aufgrund

10 ihrer Ausgestaltung eine Anordnung auf gekrümmten der
gewölbten Oberflächen erlauben.

So sind beispielsweise Dünnschicht-Solarzellen bekannt,

welche eine flexible Ausgestaltung aufweisen und damit eine

Anordnung auf gekrümmten Oberflächen erlauben. Solche

15 Solarzellen weisen dabei bevorzugt aktive Schichten aus
amorphen Silicium (α -Si) oder CIGS ($Cu(In,Ga)(S,Se)_2$) auf.

Nachteilig bei diesen Dünnschicht-Solarzellen sind die vor

allem durch die Materialien bedingten hohen

Produktionskosten.

20 Bekannt sind ebenfalls organische Leuchtdioden (OLED's),
welche aufgrund der nicht benötigten Hintergrundbeleuchtung
sehr dünn und damit auch flexibel ausgestaltet werden
können.

Weiterhin bekannt sind auch Solarzellen mit organischen
25 aktiven Schichten, welche flexibel ausgestaltet sind
(Konarka - Power Plastic Series). Die organischen aktiven
Schichten können dabei aus Polymeren (z.B. US7825326 B2)
oder kleinen Molekülen (z.B. EP 2385556 A1) aufgebaut sein.
Während Polymere sich dadurch auszeichnen, dass diese nicht
30 verdampfbar und daher nur aus Lösungen aufgebracht werden
können, sind kleine Moleküle verdampfbar.

Der Vorteil solcher Bauelemente auf organischer Basis gegenüber den konventionellen Bauelementen auf anorganischer Basis (Halbleiter wie Silizium, Galliumarsenid) sind die teilweise extrem hohen optischen Absorptionskoeffizienten 5 (bis zu $2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$), so dass sich die Möglichkeit bietet, mit geringem Material- und Energieaufwand sehr dünne Solarzellen herzustellen. Weitere technologische Aspekte sind die niedrigen Kosten, die Möglichkeit, flexible großflächige Bauteile auf Plastikfolien herzustellen, und die nahezu 10 unbegrenzten Variationsmöglichkeiten und die unbegrenzte Verfügbarkeit der organischen Chemie.

Eine Solarzelle wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um. Der Begriff photoaktiv bezeichnet hierbei ebenfalls die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie. Im 15 Gegensatz zu anorganische Solarzellen werden bei organischen Solarzellen durch das Licht nicht direkt freie Ladungsträger erzeugt, sondern es bilden sich zunächst Exzitonen, also elektrisch neutrale Anregungszustände (gebundene Elektron-Loch-Paare). Erst in einem zweiten Schritt werden diese 20 Exzitonen in freie Ladungsträger getrennt, die dann zum elektrischen Stromfluss beitragen.

Eine in der Literatur bereits vorgeschlagene Realisierungsmöglichkeit einer organischen Solarzelle besteht in einer pin -Diode [Martin Pfeiffer, „Controlled 25 doping of organic vacuum deposited dye layers: basics and applications“, PhD thesis TU-Dresden, 1999.] mit folgendem Schichtaufbau:

0. Träger, Substrat,
1. Grundkontakt, meist transparent,
- 30 2. p- Schicht(en),

3. i- Schicht(en),

4. n- Schicht(en),

5. Deckkontakt.

Hierbei bedeutet n bzw. p eine n- bzw. p-Dotierung, die zu einer Erhöhung der Dichte freier Elektronen bzw. Löcher im thermischen Gleichgewichtszustand führt. Es ist allerdings auch möglich, dass die n-Schicht(en) bzw. p-Schicht(en) zumindest teilweise nominell undotiert sind und nur aufgrund der Materialeigenschaften (z.B. unterschiedliche Beweglichkeiten), aufgrund unbekannter Verunreinigungen (z.B. verbliebene Reste aus der Synthese, Zerfalls- oder Reaktionsprodukte während der Schichtherstellung) oder aufgrund von Einflüssen der Umgebung (z.B. angrenzende Schichten, Eindiffusion von Metallen oder anderen organischen Materialien, Gasdotierung aus der Umgebungsatmosphäre) bevorzugt n-leitende bzw. bevorzugt p-leitende Eigenschaften besitzen. In diesem Sinne sind derartigen Schichten primär als Transportschichten zu verstehen. Die Bezeichnung i-Schicht bezeichnet demgegenüber eine nominell undotierte Schicht (intrinsische Schicht). Eine oder mehrere i-Schichten können hierbei Schichten sowohl aus einem Material, als auch eine Mischung aus zwei Materialien (sogenannte interpenetrierende Netzwerke bzw. bulk-heterojunction; M. Hiramoto et al. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2006, 444, pp. 33-40) bestehen. Das durch den transparenten Grundkontakt einfallende Licht erzeugt in der i-Schicht bzw. in der n-/p-Schicht Exzitonen (gebundene Elektron-Loch-Paare). Diese Exzitonen können nur durch sehr hohe elektrische Felder oder an geeigneten Grenzflächen getrennt werden. In Organische Solarzellen stehen ausreichend hohe Felder nicht zur Verfügung, so dass alle Erfolg versprechenden Konzepte für organische Solarzellen

auf der Exzitonentrennung an photoaktiven Grenzflächen beruhen. Die Exzitonen gelangen durch Diffusion an eine derartige aktive Grenzfläche, wo Elektronen und Löcher voneinander getrennt werden. Das Material, welches die 5 Elektronen aufnimmt, wird dabei als Akzeptor, und das Material, welches das Loch aufnimmt, als Donator (oder Donor) bezeichnet. Die trennende Grenzfläche kann zwischen der p- (n-) Schicht und der i-Schicht bzw. zwischen zwei i-Schichten liegen. Im eingebauten elektrischen Feld der 10 Solarzelle werden die Elektronen nun zum n-Gebiet und die Löcher zum p-Gebiet abtransportiert. Vorzugsweise handelt es sich bei den Transportschichten um transparente oder weitgehend transparente Materialien mit großer Bandlücke (wide-gap) wie sie z.B. in WO 2004083958 beschrieben sind.

15 Als wide-gap Materialien werden hierbei Materialien bezeichnet, deren Absorptionsmaximum im Wellenlängenbereich <450nm liegt, vorzugsweise bei <400nm.

Da durch das Licht immer erst Exzitonen erzeugt werden und noch keine freien Ladungsträger, spielt die 20 rekombinationsarme Diffusion von Exzitonen an die aktive Grenzfläche eine kritische Rolle bei Organischen Solarzellen. Um einen Beitrag zum Photostrom zu leisten, muss daher in einer guten organischen Solarzelle die Exzitonendiffusionslänge die typische Eindringtiefe des 25 Lichts deutlich übersteigen, damit der überwiegende Teil des Lichts genutzt werden kann. Strukturell und bezüglich der chemischen Reinheit perfekte organische Kristalle oder Dünnschichten erfüllen durchaus dieses Kriterium. Für großflächige Anwendungen ist allerdings die Verwendung von 30 monokristallinen organischen Materialien nicht möglich und die Herstellung von Mehrfachschichten mit ausreichender struktureller Perfektion ist bis jetzt noch sehr schwierig.

Falls es sich bei der i-Schicht um eine Mischschicht handelt, so übernimmt die Aufgabe der Lichtabsorption entweder nur eine der Komponenten oder auch beide. Der Vorteil von Mischschichten ist, dass die erzeugten Exzitonen 5 nur einen sehr kurzen Weg zurücklegen müssen bis sie an eine Domänengrenze gelangen, wo sie getrennt werden. Der Abtransport der Elektronen bzw. Löcher erfolgt getrennt in den jeweiligen Materialien. Da in der Mischschicht die Materialien überall miteinander im Kontakt sind, ist bei 10 diesem Konzept entscheidend, dass die getrennten Ladungen eine lange Lebensdauer auf dem jeweiligen Material besitzen und von jedem Ort aus geschlossene Perkolationspfade für beide Ladungsträgersorten zum jeweiligen Kontakt hin vorhanden sind.

15 Aus der US 5,093,698 ist die Dotierung organischer Materialien bekannt. Durch Beimischung einer akzeptorartigen bzw. donatorartigen Dotiersubstanz wird die Gleichgewichtsladungsträgerkonzentration in der Schicht erhöht und die Leitfähigkeit gesteigert. Nach US 5,093,698 20 werden die dotierten Schichten als Injektionsschichten an der Grenzfläche zu den Kontaktmaterialien in elektrolumineszierenden Bauelementen verwendet. Ähnliche Dotierungsansätze sind analog auch für Solarzellen zweckmäßig.

25 Aus der Literatur sind verschiedene Realisierungsmöglichkeiten für die photoaktive i-Schicht bekannt. So kann es sich hierbei um eine Doppelschicht (EP0000829) oder eine Mischschicht (Hiramoto, Appl. Phys.Lett. 58,1062 (1991)) handeln. Bekannt ist auch eine 30 Kombination aus Doppel-und Mischschichten (Hiramoto, Appl. Phys.Lett. 58,1062 (1991); US 6,559,375). Ebenfalls bekannt ist, dass das Mischungsverhältnis in verschiedenen Bereichen

der Mischschicht unterschiedlich ist (US 20050110005) bzw. das Mischungsverhältnis einen Gradienten aufweist.

Weiterhin sind Tandem- bzw. Mehrfachsolarzellen aus der Literatur bekannt (Hiramoto, Chem. Lett., 1990, 327 (1990);

5 DE 102004014046).

Aus der Literatur schon lange bekannt sind organische Tandemsolarzellen (Hiramoto, Chem. Lett., 1990, 327 (1990)).

In der Tandemzelle von Hiramoto et al. befindet sich eine 2nm dicke Goldschicht zwischen den beiden Einzelzellen. Die

10 Aufgabe dieser Goldschicht besteht darin für eine gute elektrische Verbindung zwischen den beiden Einzelzellen zu sorgen: die Goldschicht bewirkt eine effiziente Rekombination der Löcher aus der einen Teilzelle mit den Elektronen aus der anderen Teilzelle und bewirkt damit, dass

15 die beiden Teilzellen elektrisch in Serie verschaltet sind.

Weiterhin absorbiert die Goldschicht wie jede dünne Metallschicht (bzw. Metallcluster) einen Teil des einfallenden Lichts. Diese Absorption ist in der Tandemzelle von Hiramoto ein Verlustmechanismus, da dadurch den

20 photoaktiven Schichten (H₂Pc (metallfreies Phthalocyanin) / Me-PTC (N,N''-dimethylperylene-3,4,9,10-bis(dicarboximide) in den beiden Einzelzellen der Tandemzelle weniger Licht zur Verfügung steht. Die Aufgabe der Goldschicht ist in dieser Tandemstruktur daher rein auf der elektrischen Seite.

25 Innerhalb dieser Konzeption sollte die Goldschicht möglichst dünn sein bzw. im besten Fall komplett wegfallen.

Weiterhin aus der Literatur bekannt sind organische pin-Tandemzellen (DE 102004014046): Die Struktur solch einer Tandemzelle besteht aus zwei pin-Einzelzellen wobei die

30 Schichtfolge „pin“ die Abfolge aus einem p-dotierten Schichtsystem, einem undotierten photoaktiven Schichtsystem und einem n-dotierten Schichtsystem beschreibt. Die

dotierten Schichtsysteme bestehen bevorzugt aus transparenten Materialien, so genannten wide-gap Materialien/Schichten und sie können hierbei auch teilweise oder ganz undotiert sein oder auch ortsabhängig verschiedene 5 Dotierungskonzentrationen aufweisen bzw. über einen kontinuierlichen Gradienten in der Dotierungskonzentration verfügen. Speziell auch sehr gering dotierte oder hochdotierte Bereiche im Grenzbereich an den Elektroden, im Grenzbereich zu einer anderen dotierten oder undotierten 10 Transportschicht, im Grenzbereich zu den aktiven Schichten oder bei Tandem- oder Mehrfachzellen im Grenzbereich zu der anliegenden pin- bzw. nip- Teilzelle, d.h. im Bereich der Rekombinationszone sind möglich. Auch eine beliebige Kombination aus allen diesen Merkmalen ist möglich.

15 Natürlich kann es sich bei einer solchen Tandemzelle auch um eine sogenannte invertierte Struktur (z.B. nip-Tandemzelle; handeln. Im Folgenden werden alle diese möglichen Tandemzellen-Realisierungsformen mit dem Begriff pin- 20 Tandemzellen bezeichnet. Ein Vorteil einer solchen pin-Tandemzelle besteht darin, dass durch die Verwendung von dotierten Transportschichten eine sehr einfache und gleichzeitig sehr effiziente Realisierungsmöglichkeit für die Rekombinationszone zwischen den beiden Teilzellen möglich ist. Die Tandemzelle weist z.B. eine pinpin-Struktur 25 auf (oder auch z.B. möglich nippnip). An der Grenzfläche zwischen den beiden pin-Teilzellen befinden sich jeweils eine n-dotierte Schicht und eine p-dotierte Schicht, die ein pn-System (bzw. np-System) bilden. In einem solchen dotierten pn-System erfolgt eine sehr effiziente 30 Rekombination der Elektronen und Löcher. Die Stapelung von zwei pin-Einzelzellen ergibt damit direkt eine vollständige pin-Tandemzelle, ohne dass noch weitere Schichten benötigt werden. Speziell von Vorteil ist hier, dass keine dünnen Metallschichten mehr benötigt werden wie bei Hiramoto, um

die effiziente Rekombination zu gewährleisten. Hierdurch kann die Verlustabsorption solcher dünnen Metallschichten komplett vermieden werden...

Die bisher in der Literatur beschriebenen Topkontakte sind zur Realisierung optoelektronischer Bauelemente mit hoher Transparenz nicht ausreichend und weisen zu hohe Reflexionen auf. Weiterhin besteht ein hohes Interesse an der Realisierung transparenter Topkontakte auf opaken Substraten.

10 Zur Realisierung von transparenten Topkontakten auf organischen Bauelementen sind aus der Literatur dünne thermisch aufgedampfte Metallschichten mit Zwischenschichten und gesputterte ITO Schichten bekannt.

15 Bailey-Salzmann et al. zeigen in ihrer Veröffentlichung von 2006 (APPLIED PHYSICS LETTERS 88, 233502 _2006) die Verwendung von dünnen Ag Schichten (25nm) zu Realisierung von semitransparenten organischen Solarzellen.

Meiss et al. zeigen 2009 in ihrer Veröffentlichung (APPLIED PHYSICS LETTERS 95, 213306 _2009) die Verwendung von 20 dotierten Transportschichten und dünnen Ag Schichten (14nm) zur Realisierung von transparenten organischen Solarzellen. Darüber hinaus wird in dieser Veröffentlichung eine dünne Al Zwischenschicht unter der Ag Schicht zur Glättung selber verwendet. Auch die Verwendung von organischen Schichten auf 25 der dünnen Ag Schicht zur Erhöhung der Transparenz des Top-Kontaktes wird hier gezeigt.

In ihrer Veröffentlichung von 2011 zeigen Meiss et. al (APPLIED PHYSICS LETTERS 99, 193307, 2011) alternativ zu der zuvor beschriebenen dünnen Al Zwischenschicht die Verwendung 30 von einer dünnen Ca Schicht.

Aus der Literatur ist auch die Realisierung von organischen Bauelementen mit transparentem TopKontakt auf opaken Grundkontakt bekannt. Hoffmann et al. zeigen beispielsweise in ihrer Veröffentlichung von 2012 (APPLIED PHYSICS LETTERS 97, 253308, 2010) eine organische Leuchtdiode (OLED) unter Verwendung von dotierten Transportschichten, einer dünnen Ag-Metallschicht (13nm) und einer organischen Schicht auf der Ag-Schicht zur Erhöhung der Transparenz des Top-Kontaktes.

- Bei opaken Substraten führen die bekannten Lösungen zu verstärkter parasitärer Absorption und Reflexionsverlusten und damit zu einer Verringerung der Effizienz gegenüber transparenten Substraten, wie etwa mit ITO-Grundkontakte.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die vorbenannten Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und einen transparenten Topkontakt für optoelektronische Bauelemente anzugeben.

Die Aufgabe wird durch ein Bauelement gemäß dem Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird ein optoelektronisches Bauelement auf einem Substrat umfassend eine erste und eine zweite Elektrode, wobei die erste Elektrode auf dem Substrat angeordnet ist und die zweite Elektrode eine Gegenelektrode bildet, wobei zwischen diesen Elektroden zumindest ein photoaktives Schichtsystem angeordnet ist, welches zumindest ein Donor-Akzeptorsystem mit organischen Materialien umfasst, wobei die Gegenelektrode zumindest eine erste Schicht umfassend Metall oder eine Metalllegierung aufweist. Weiterhin umfasst die Gegenelektrode eine erste Zwischenschicht aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall, ein

Metalloxid, wobei die erste Zwischenschicht zwischen der ersten Schicht und dem photoaktiven Schichtsystem des Bauelements angeordnet ist. Zudem umfasst die Gegenelektrode eine zweite Schicht, welche auf der ersten Schicht
5 angeordnet ist und eine Schichtdicke zwischen 10 bis 100 nm.

In einer Ausführungsform ist das Metall der ersten Schicht ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Ag, Au, Pt, Cr, Ti, Al, Zr, Cu, Zn, Sn, Sr, La, In, Sc, Hf.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die erste Schicht ein Alkali- oder Erdalkalimetall, ein Metalloxid.

In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die erste Schicht Ag.

15 In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die erste Schicht eine Legierung aus Ag und Ca oder Ag und Mg.

In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die Schicht eine Legierung aus Ag und Ca oder Ag und Mg enthält, wobei der Anteil des Ag oder Ca oder Mg mindestens 30% beträgt.

20 In einer weiteren Ausführungsform weist die erste Zwischenschicht eine Schichtdicke von 0,05 bis 30 nm auf.

In einer weiteren Ausführungsform enthält die erste Zwischenschicht Ca oder MoO_x.

In einer weiteren Ausführungsform umfasst die erste Zwischenschicht ein Alkali oder Erdalkalimetallhalogenid.

25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die zweite Schicht ein Alkali- oder Erdalkalimetall, ein Metalloxid oder ein organisches Material.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist auf der

zweiten Schicht eine Schutzschicht angeordnet, welche ein Metalloxid umfasst und eine Schichtdicke > 100 nm aufweist. Die Schutzschicht dient dabei beispielsweise als Kratzschutz.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat opak oder transparent ausgeführt.

Unter opak wird im Sinne der Erfindung nicht transparent verstanden.

- 10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat flexibel ausgeführt.

Unter einem flexiblen Substrat wird im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Substrat verstanden, welches eine Verformbarkeit infolge äußerer Krafteinwirkung gewährleistet. Dadurch sind solche flexiblen Substrate zur 15 Anordnung auf gekrümmten Oberflächen geeignet. Flexible Substrate sind beispielsweise Folien oder Metallbänder

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat flexibel ausgeführt.

- 20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Elektrode, welche auf dem Substrat angeordnet ist opak oder transparent ausgeführt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die Elektrode, welche auf dem Substrat angeordnet, ein Metall, Metalloxid, Metallgrid, Metall-Metalloxid-Schichtsystem, 25 Metallpartikel, Metallnanowire, Graphen, organische Halbleiter.

In einer ersten Ausführungsform der Erfindung weist die erste Zwischenschicht der Gegenelektrode eine Schichtdicke zwischen 0,1 bis 100 nm auf und ist durch thermisches

Verdampfen abgeschieden. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn metallische Schichten oder Metalloxidschichten auf organischen Schichten oder Schichten enthaltend organische Materialien abgeschieden werden sollen.

- 5 Unter thermischen Verdampfen wird im Sinne der vorliegenden Erfindung das Aufheizen des zu verdampfenden Materials in einer Verdampfungseinrichtung verstanden, wobei das Material erhitzt und infolgedessen verdampft wird, sodass ein Materialdampf entsteht, wobei sich dieser Materialdampf auf
10 einem Substrat, das in räumlicher Nähe zur Verdampfungseinrichtung angeordnet ist, als Schicht abscheidet.

In einer Ausführungsform der Erfindung weist die erste Schicht eine schichtdicke zwischen 0,5 und 30 nm auf.

- 15 In einer Ausführungsform der Erfindung ist die erste Schicht durch thermisches Verdampfen abgeschieden und weist eine Schichtdicke zwischen 0,5 bis 20 nm auf.

In einer weiteren Ausführungsform enthält die erste Zwischenschicht ein Molybdänoxid ausgewählt aus der Gruppe
20 MoO₃, MoO₂ und MoO₃.

- In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die erste Schicht der Gegenelektrode eine Schichtdicke zwischen 3 und 20 nm, vorzugsweise 5 bis 10 nm auf und ist nicht durch thermisches Verdampfen abgeschieden. Alternative
25 Abscheidemethoden im Vergleich zu thermischen Verdampfen, welche nachfolgend als Depositionstechniken, können z.B. Elektronenstrahlverdampfen (engl. electron beam evaporation), Laserstrahlverdampfen (engl. pulsed laser deposition, pulsed laser ablation), Lichtbogenverdampfen
30 (engl. arc evaporation, Arc-PVD, Molekularstrahlepitaxie (engl. molecular beam epitaxy), Sputtern (Sputterdeposition,

Kathodenzerstäubung), Ionenstrahlgestützte Deposition (engl. ion beam assisted deposition, IBAD), Ionenplattieren, ICB-Technik (engl. ionized cluster beam deposition, ICBD) sein.

Die Abscheidung der ersten Schicht durch alternative

5 Abscheidemethoden im Vergleich zu thermischen Verdampfen vereint mehrere Vorteile in sich:

1) Gegenüber thermischen Verdampfen können mit Hilfe von alternativen Abscheidemethoden glattere Schichten erzeugt werden, so dass bereits bei sehr dünnen 10 Schichten eine geschlossene Schicht mit hoher Leitfähigkeit in der Ebene des Substrates erreicht werden kann. Auf Grund der geringen Schichtdicke können hohe Transmissionen der Schicht erreicht werden, bei gleichzeitig ausreichender Leitfähigkeit (in der 15 Ebene).

2) Gegenüber thermischen Verdampfen kann mit Hilfe von der oben benannten Depositionstechniken ein hohes Maß an Homogenität der Schichtdicke auf dem Substrat erzeugt werden. Dies ist bei dünnen Top-Kontakt-Schichten 20 besonders wichtig, da sich Schwankungen in der Schichtdicke der zweiten Schicht direkt auf die Leistung des Bauelements auswirken und zu einer sichtbaren Änderung des optischen Eindrucks des Bauelements führen, was im Allgemeinen unerwünscht ist.

25 3) Durch die Verwendung von alternativen Abscheidemethoden gegenüber dem thermischen Verdampfen, ist es möglich eine größere Anzahl von verschiedenen Materialien bei großer Variation der Prozessparameter (z.B. reaktives Sputtern) zu verwenden.

30 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die zweite Schicht eine Schichtdicke zwischen 10 bis 100 nm auf

und ist durch thermisches Verdampfen oder alternativen Abscheidemethoden abgeschieden. Die zweite Schicht dient in erster Linie zur Dünnschicht-Entspiegelung des Top-Kontaktes und sollte einen höheren Brechungsindex als das angrenzende, 5 der zweiten Schicht nachfolgende Medium in dem für die Solarzelle nutzbaren Wellenlängenbereich besitzen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die zweite Schicht einen Brechungsindex > 2 , vorzugsweise 2,2, auf. Dies ist insbesondere vorteilhaft, um einen höheren 10 Brechungsindex in dem für die Solarzelle nutzbaren Wellenlängenbereich gegenüber nachfolgenden Kleberschichten sicherzustellen. Beispielformate Verbindungen mit einem Brechungsindex > 2 sind etwa Selenide, Sulfide, Telluride, Nitride, Polymere, wie beispielsweise ZnS, ZnSe, ZnTe.

15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist auf der zweiten Schicht eine Schutzschicht, welche ein Metalloxid umfasst, angeordnet, welche eine Schichtdicke > 100 nm aufweist. Diese Schutzschicht bietet dem Bauelement einen mechanischen Schutz, so dass die Berührung der aktiven Seite ermöglicht wird und/ oder realisiert einen verstärkten 20 Schutz des organischen Bauelements vor insbesondere Wasser und Sauerstoff.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen 25 der ersten Zwischenschicht und der ersten Schicht der Gegenelektrode zumindest eine zweite Zwischenschicht aus einem Metall oder Metalloxid eingefügt, welche eine Schichtdicke zwischen 0,02 bis 40 nm aufweist. Diese zweite Zwischenschicht kann als Glättungsschicht oder als Benetzungsschicht (wetting-layer) oder Keimschicht 30 (Seedlayer) fungieren.

In einer Ausgestaltung der zweiten Zwischenschicht als

Glättungsschicht wird die Rauigkeit von unterliegenden Schichten ausgeglichen, so dass die leitfähige erste Schicht auf der durch die zweite Zwischenschicht geglätteten ersten Zwischenschicht aufwächst, wobei eine ausreichende

- 5 Leitfähigkeit bei bereits geringen Schichtdicken der ersten Schicht erreicht wird.

In einer Ausgestaltung der zweiten Zwischenschicht als Benetzungsschicht verhindert bzw. vermindert diese das Inselwachstum der ersten Schicht, so dass bereits bei

- 10 geringen Schichtdicken der ersten Schicht eine ausreichende Leitfähigkeit in der Ebene des Substrates erzeugt wird. In einer Ausgestaltung der zweiten Zwischenschicht als Keimschicht kann das Inselwachstum zwar nicht unterbunden werden, aber bei Deposition der ersten Schicht bilden sich

- 15 Inseln an den Keimen der Keimschicht, die sehr dicht nebeneinander liegen, so dass bei geringen Schichtdicken der ersten Schicht eine ausreichende Leitfähigkeit in der Ebene des Substrates erzeugt wird.

- Die zweite Zwischenschicht kann beispielsweise mittels der 20 oben genannten Depositionstechniken abgeschieden werden.

In einer Ausgestaltung der Ausführungsform ist die zweite Zwischenschicht aus mehreren Schichten mit unterschiedlicher Materialzusammensetzung ausgeführt. Die zweite

- Zwischenschicht kann zudem aus einem leitfähigen Material 25 oder einer Mischung von Materialien ausgeführt sein. Es ist zudem denkbar, dass diese Schicht zur Stressreduktion

zwischen den Schichten des Bauelements beiträgt. Solcher Stress zwischen den Schichten kann beispielsweise auf Grund von unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten

- 30 (Dehnungskoeffizienten o.ä.) auftreten, was im schlimmsten Fall zu einem teilweisen oder vollständigen Ablösen der Schichten führen kann.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen der ersten und der zweiten Schicht der Gegenelektrode eine dritte Zwischenschicht mit einer Schichtdicke zwischen 0,02 nm und 40 nm aus einem Metall oder Metalloxid eingefügt.

- 5 Diese dritte Zwischenschicht kann als Glättungsschicht, Benetzungsschicht oder Keimschicht fungieren. Die dritte Zwischenschicht kann mittels einer der oben benannten Depositionstechniken oder thermischen abgeschieden sein. In einer Ausgestaltung der Ausführungsform ist die dritte 10 Zwischenschicht aus mehreren Schichten mit unterschiedlicher Materialzusammensetzung ausgeführt. Die dritte Zwischenschicht kann zudem aus einem leitfähigen Material oder einer Mischung von Materialien ausgeführt sein. Es ist zudem denkbar, dass diese dritte Zwischenschicht zur 15 Stressreduktion beiträgt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die zweite Schicht ein Alkali- oder Erdalkalimetall, ein Metalloxid oder ein organisches Material.

- 20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die zweite Schicht ein Nitrid, Selenid, Sulfid, Oxid, Tellurid oder Polymer umfasst.

- 25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die zweite Schicht Ag, Au, Pt, Cr, Ti, Al, Zr, Cu, Zn, Sn, Sr, La, In, Sc, Hf oder eine Legierungen umfassend zumindest eines der vorbenannten Elemente.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem Bauelement um eine pin-Einzel, pin-Tandemzelle, pin-Mehrfachzelle, nip-Einzelzelle, nip- Tandemzelle oder nip-Mehrfachzelle.

- 30 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Bauelement aus einer Kombination aus nip, ni, ip, pnip, pni,

pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin oder pipn-Strukturen ausgeführt, bei der mehrere unabhängige Kombinationen, die mindestens eine i-Schicht enthalten, übereinander gestapelt sind.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die aktive Schicht mindestens eine Mischschicht mit mindestens zwei Hauptmaterialien, wobei diese ein photoaktives Donor-Akzeptor-System bilden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist
10 zumindest ein Hauptmaterial ein organisches Material.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem organischen Material um kleine Moleküle. Unter dem Begriff kleine Moleküle werden im Sinne der Erfindung Monomere verstanden, die verdampft und damit auf dem
15 Substrat abgeschieden werden können.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem organischen Material zumindest teilweise um Polymere.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst
20 mindestens eine der aktiven Mischschichten als Akzeptor ein Material aus der Gruppe der Fullerene bzw. Fullerenderivate.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen der Elektrode und der Gegenelektrode zumindest eine
dotierte, teilweise dotierte oder undotierte
25 Transportschicht angeordnet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen der Gegenelektrode und dem photoaktiven Schichtsystem eine
dotierte, teilweise dotierte oder undotierte
Transportschicht angeordnet ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das optoelektronische Bauelement eine organische Solarzelle.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das optoelektronische Bauelement eine organische Leuchtdiode.

5 Gegenstand der Erfindung ist auch eine Elektrodenvorrichtung aus einem Schichtsystem umfassend zumindest eine erste Schicht aus einem Metall oder Metalllegierung sowie einer erste Zwischenschicht, welche zwischen einer photoaktiven Schicht und der ersten Schicht angeordnet ist, wobei das
10 Schichtsystem eine Transparenz von 40 bis 95 % aufweist.

Weiterhin ist auch Gegenstand der Erfindung die Verwendung einer Elektrodenvorrichtung in einem optoelektronischen Bauelement.

15 Weiterhin ist auch Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenvorrichtung für ein optoelektronisches Bauelement umfassend die Schritte:

- Abscheiden einer ersten Zwischenschicht aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall oder Metalloxid auf einem photoaktiven Schichtsystem des Bauelements, wobei die
20 Abscheidung durch thermisches Verdampfen erfolgt,
- Abscheiden einer ersten Schicht auf der ersten Zwischenschicht, wobei die Abscheidung der ersten Schicht durch eine Depositionstechnik erfolgt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus
25 Elektronenstrahlverdampfen, Laserstrahlverdampfen, Lichtbogenverdampfen, Molekularstrahlepitaxie, Sputtern, Ionenstrahlgestützte Deposition, Ionenplattieren, ICB-Technik und
- Abscheiden einer zweiten Schicht auf der ersten
30 Schicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das optoelektronische Bauelement zwischen der Elektrode und der Gegenelektrode mehr als eine photoaktive Schicht auf.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung bestehen die Mischschichten bevorzugt aus jeweils zwei Hauptmaterialien.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann in den einzelnen Mischschichten ein Gradient des Mischungsverhältnisses vorhanden sein.

- 10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind eine oder mehrere der weiteren organischen Schichten dotierte wide-gap Schichten, wobei das Maximum der Absorption bei < 450nm liegt.

- 15 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weisen mindestens zwei Hauptmaterialien der Mischschichten verschiedene optische Absorptionsspektren auf.

- 20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weisen die Hauptmaterialien der Mischschichten verschiedene optische Absorptionsspektren auf, die sich gegenseitig ergänzen, um einen möglichst breiten Spektralbereich abzudecken.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erstreckt sich der Absorptionsbereich zumindest eines der Hauptmaterialien der Mischschichten in den Infrarot-Bereich.

- 25 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erstreckt sich der Absorptionsbereich zumindest eines der Hauptmaterialien der Mischschichten in den Infrarot-Bereich im Wellenlängenbereich von >700nm bis 1500nm.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die

HOMO- und LUMO-Niveaus der Hauptmaterialien so angepasst, dass das System eine maximale Leerlaufspannung, einen maximalen Kurzschlussstrom und einen maximalen Füllfaktor ermöglicht.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält mindestens eine der photoaktiven Mischschichten als Akzeptor ein Material aus der Gruppe der Fullerene bzw. Fullerenderivate (C_{60} , C_{70} , etc.).

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthalten 10 alle photoaktiven Mischschichten als Akzeptor ein Material aus der Gruppe der Fullerene bzw. Fullerenderivate (C_{60} , C_{70} , etc.).

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält mindestens eine der photoaktiven Mischschichten als Donator 15 ein Material aus der Klasse der Phthalocyanine, Perylenderivate, TPD-Derivate, Oligothiophene oder ein Material wie es in WO2006092134 beschrieben ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält mindestens eine der photoaktiven Mischschichten als Akzeptor 20 das Material Fulleren C_{60} und als Donator das Material 4P-TPD.

Im Sinne der Erfindung sind auch Polymersolarzellen, die zwei oder mehrere photoaktive Mischschichten beinhalten, umfasst, wobei die Mischschichten direkt aneinandergrenzen. 25 Bei Polymersolarzellen besteht aber das Problem das die Materialien aus Lösung aufgebracht werden und somit eine weitere aufgebrachte Schicht sehr leicht dazu führt, dass die darunter liegenden Schichten angelöst, aufgelöst oder in ihrer Morphologie verändert werden. Bei Polymersolarzellen 30 können daher nur sehr eingeschränkt Mehrfachmischschichten hergestellt werden und auch nur dadurch, dass verschiedene

Material- und Lösungsmittelsysteme verwendet werden, die sich bei der Herstellung gegenseitig nicht oder kaum beeinflussen. Solarzellen aus kleinen Molekülen haben hier einen ganz klaren Vorteil, da durch den Aufdampfprozess im Vakuum beliebige Systeme und Schichten aufeinander gebracht werden können und somit der Vorteil der Mehrfachmischschichtstruktur sehr breit genutzt und mit beliebigen Materialkombinationen realisiert werden kann.

In einer weitere Ausführungsform des Erfindung ist zwischen der ersten elektronenleitenden Schicht (n-Schicht) und der auf dem Substrat befindlichen Elektrode noch eine p-dotierte Schicht vorhanden ist, so dass es sich um eine pnip oder pni-Struktur handelt, wobei vorzugsweise die Dotierung so hoch gewählt ist, dass der direkte pn-Kontakt keine sperrende Wirkung hat, sondern es zu verlustarmer Rekombination, bevorzugt durch einen Tunnelprozess kommt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in dem Bauelement zwischen der aktiven Schicht und der auf dem Substrat befindlichen Elektrode noch eine p-dotierte Schicht vorhanden sein, so dass es sich um eine pip oder pi-Struktur handelt, wobei die zusätzliche p-dotierte Schicht eine Fermi niveaulage hat, die höchstens 0,4eV, bevorzugt aber weniger als 0,3eV unterhalb des Elektronentransportniveaus der i-Schicht liegt, so dass es zu verlustarmer Elektronenextraktion aus der i-Schicht in diese p-Schicht kommen kann.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist noch ein n-Schichtsystem zwischen der p-dotierten Schicht und der Gegenelektrode vorhanden, so dass es sich um eine nipn oder ipn-Struktur handelt, wobei vorzugsweise die Dotierung so hoch gewählt ist, dass der direkte pn-Kontakt keine sperrende Wirkung hat, sondern es zu verlustarmer

Rekombination, bevorzugt durch einen Tunnelprozess kommt.

In einer weiteren Ausführungsform kann in dem Bauelement

noch ein n-Schichtsystem zwischen der intrinsischen,

photoaktiven Schicht und der Gegenelektrode vorhanden sein,

5 so dass es sich um eine nin- oder in-Struktur handelt, wobei

die zusätzliche n-dotierte Schicht eine Fermi niveaulage hat,

die höchstens 0,4eV, bevorzugt aber weniger als 0,3eV

oberhalb des Löchertransportniveaus der i-Schicht liegt, so

dass es zu verlustarmer Löcherextraktion aus der i-Schicht

10 in diese n-Schicht kommen kann.

In einer weiteren Ausführungsform verfügt das Akzeptor-

Material über ein Absorptionsmaximum im Wellenlängenbereich

> 450nm.

In einer weiteren Ausführungsform verfügt das Donator-

15 Material über ein Absorptionsmaximum im Wellenlängenbereich

> 450nm.

In einer weiteren Ausführungsform enthält das aktive

Schichtsystem zusätzlich zu der genannten Mischschicht noch

weitere photoaktive Einzel- oder Mischschichten.

20 In einer weiteren Ausführungsform enthält das n-

Materialsystem eine oder mehrere dotierte wide-gap

Schichten. Der Begriff wide-gap Schichten definiert dabei

Schichten mit einem Absorptionsmaximum im

Wellenlängenbereich <450nm.

25 In einer weiteren Ausführungsform enthält das p-

Materialsystem eine oder mehrere dotierte wide-gap

Schichten.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Akzeptor-Material

ein Material aus der Gruppe der Fullerene bzw.

30 Fullerenderivate (bevorzugt C₆₀ oder C₇₀) oder ein PTCDI-

Derivat (Perylen-3,4,9,10-bis (dicarboximid)-Derivat).

In einer weiteren Ausführungsform ist das Donator-Material ein Oligomer, insbesondere ein Oligomer nach WO2006092134, ein Porphyrin-Derivat, ein Pentacen-Derivat oder ein

5 Perylenderivat, wie DIP (Di-Indeno-Perylen), DBP (Di-benzo-perylene).

In einer weiteren Ausführungsform enthält das p-Materialsystem ein TPD-Derivat (Triphenylamin-Dimer), eine Spiro-Verbindung, wie Spiropyrane, Spiroxazine, MeO-TPD

10 (N,N,N',N'-Tetrakis(4-methoxyphenyl)-benzidin), Di-NPB (N,N'-diphenyl-N,N'-bis(N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl) 4,4'-diamine), MTDATA (4,4',4''-Tris-(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)-triphenylamin), TNATA (4,4',4''-Tris[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]-

15 triphenylamin), BPAPF (9,9-bis{4-[di-(p-biphenyl)aminophenyl]}fluorene), NPAPF (9,9-Bis[4-(N,N'-bis-naphthalen-2-yl-amino)phenyl]-9H-fluorene), Spiro-TAD (2,2',7,7'-Tetrakis-(diphenylamino)-9,9'-spirobifluoren), PV-TPD (N,N-di 4-2,2-diphenyl-ethen-1-yl-phenyl-N,N-di 4-methylphenylphenylbenzidine), 4P-TPD (4,4'-bis-(N,N-diphenylamino)-tetraphenyl), oder ein in DE102004014046 beschriebenes p-Material.

In einer weiteren Ausführungsform enthält das n-Materialsystem Fullerene, wie beispielsweise C₆₀, C₇₀; NTCDA (1,4,5,8-Naphthalene-tetracarboxylic-dianhydride), NTCDI (Naphthalenetetracarboxylic diimide) oder PTCDI (Perylen-3,4,9,10-bis (dicarboximid)).

In einer weiteren Ausführungsform enthält das p-Materialsystem einen p-Dotanden, wobei dieser p-Dotand F4-

30 TCNQ, ein p-Dotand wie in DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524

und DE102008051737 beschrieben oder ein Übergangsmetallocid (VO, WO, MoO, etc.) ist.

In einer weiteren Ausführungsform enthält das n-Materialsystem einen n-Dotanden, wobei dieser n-Dotand ein TTF-Derivat (Tetrathiafulvalen-Derivat) oder DTT-Derivat (dithienothiophen), ein n-Dotand wie in DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524 und DE102008051737 beschrieben oder Cs, Li oder Mg ist.

10 In einer weiteren Ausführungsform ist eine Elektrode transparent mit einer Transmission > 80% und die andere Elektrode reflektierend mit einer Reflektion > 50% ausgeführt.

15 In einer weiteren Ausführungsform ist das Bauelement semitransparent mit einer Transmission von 10-80% ausgeführt.

In einer weiteren Ausführungsform weisen die verwendeten organischen Materialien einen niedrigem Schmelzpunkt, bevorzugt < 100°C, auf.

20 In einer weiteren Ausführungsform weisen die verwendeten organischen Materialien eine niedrige Glasübergangstemperatur, bevorzugt < 150°C, auf.

25 In einer weiteren Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen optoelektronischen Bauelemente in Verbindung mit Energiepuffer bzw. Energiespeichermedium wie beispielsweise Akkus, Kondensatoren, etc. zum Anschluss an Verbraucher bzw. Geräte verwendet.

30 In einer weiteren Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen optoelektronischen Bauelemente in Kombination mit Dünnfilmbatterien verwendet.

In einer weiteren Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen optoelektronischen Bauelemente auf gekrümmten Oberflächen, wie beispielsweise Glas, Beton, Dachziegeln, Ton, Autoglas, etc. verwendet. Dabei ist es
5 vorteilhaft, dass die erfindungsgemäßen organischen Solarzellen gegenüber herkömmlichen anorganischen Solarzellen auf flexiblen Trägern wie Folien, Textilen, etc. aufgebracht werden können.

Zur Realisierung der Erfindung können auch die
10 vorbeschriebenen Ausführungsformen miteinander kombiniert werden.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand einiger Ausführungsbeispiele und Figuren eingehend erläutert werden.
Die Ausführungsbeispiele sollen dabei die Erfindung
15 beschreiben ohne diese zu beschränken. Es zeigen in

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten erfindungsgemäßen Ausführung einer Elektrodenanordnung in,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführung einer Elektrodenanordnung,

20 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen dritten Ausführung einer Elektrodenanordnung und in

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen vierten Ausführung einer Elektrodenanordnung .

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in Fig. 1
25 eine erfindungsgemäße Elektrodenanordnung 1 dargestellt,
welche eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder
Metalloxid, beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Die erste
Zwischenschicht 3 wird dabei durch thermisches Verdampfen
auf einer organischen Schicht des Bauelements abgeschieden.
30 Darauf wird eine erste Schicht 2 umfassend ein Metall, wie

etwa Ag, abgeschieden. Die Abscheidung erfolgt dabei mittels Sputtern. Auf dieser ersten Schicht 2 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise N,N'-bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin umfasst.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO₃. Die erste Zwischenschicht 3 wird dabei durch thermisches Verdampfen auf einer organischen Schicht des Bauelements abgeschieden. Darauf wird eine erste Schicht 2 umfassend eine Metalllegierung, wie etwa Ag:Ca, abgeschieden. Die Abscheidung erfolgt dabei mittels Sputtern. Auf dieser ersten Schicht 2 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise N,N'-bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin umfasst.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall, beispielsweise aus Ca. Die erste Zwischenschicht 3 wird dabei durch thermisches Verdampfen auf einer organischen Schicht des Bauelements abgeschieden. Darauf wird eine erste Schicht 2 umfassend eine Metalllegierung, wie etwa Ag:Ca, abgeschieden. Die Abscheidung erfolgt dabei mittels Sputtern. Auf dieser ersten Schicht 2 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise ZnS, ZnSe oder ZnTe umfasst.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst die

erfindungsgemäße Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall, beispielsweise aus Mg. Die erste Zwischenschicht 3 wird dabei durch thermisches Verdampfen auf einer organischen Schicht des Bauelements abgeschieden. Darauf wird eine erste Schicht 2 umfassend eine Metalllegierung, wie etwa Ag:Mg, abgeschieden. Die Abscheidung erfolgt dabei mittels Sputtern. Auf dieser ersten Schicht 2 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise ZnS, ZnSe oder ZnTe umfasst.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 eine weitere Ausgestaltung einer Elektrodenanordnung 1 dargestellt, welche den gleichen Aufbau, wie das vorhergehende Ausführungsbeispiel umfasst, wobei auf der zweiten Schicht 4 eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet ist. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150nm haben.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist in Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Elektrodenanordnung 1 dargestellt, welche eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Darauf angeordnet ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb₂O₅, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist die erste Schicht 3 aus einem Metall, wie etwa Ag, abgeschieden, wobei die Abscheidung durch Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 3 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise N,N'-bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150nm

haben.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst eine Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, 5 beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Darauf angeordnet ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Mg, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist die erste Schicht 3 aus einer Metalllegierung, wie etwa Ag:Mg, abgeschieden, wobei die 10 Abscheidung durch Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 3 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise ZnS umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine 15 Schichtdicke von 150nm haben.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst eine Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, 20 beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Darauf angeordnet ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Ca, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist die erste Schicht 3 aus einer Metalllegierung, wie etwa Ag:Ca, abgeschieden, wobei die 25 Abscheidung durch Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 3 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise ZnSe umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine 30 Schichtdicke von 150nm haben.

In einer nicht näher dargestellten Ausgestaltung des

vorbeschriebenen Ausführungsbeispiels ist die zweite Zwischenschicht 6 aus aluminiumdotiertem Zinkoxid (AZO) ausgeführt. Die Schichtdicke kann hierbei zwischen 5 bis 40 nm betragen.

- 5 In einer weiteren nicht näher dargestellten Ausgestaltung des vorbeschriebenen Ausführungsbeispiels ist die zweite Zwischenschicht 6 aus Al ausgeführt. Die Schichtdicke kann hierbei zwischen 0,2 bis 3 nm betragen.

In einer nicht näher dargestellten Ausgestaltung des vorbeschriebenen Ausführungsbeispiels weist die Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 auf, welche ein Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO_3 , umfasst. Darauf angeordnet ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb_2O_5 , welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist eine erste Schicht 3 aus einem Metall, wie etwa Ag, abgeschieden, wobei die Abscheidung durch Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 3 wird eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielsweise aus TiO_2 ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150nm haben.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Elektrodenanordnung 1 dargestellt, welche eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO_3 , umfasst. Auf dieser ersten Zwischenschicht 3 ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb_2O_5 , welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Darauf ist eine erste Schicht 2 aus einem Metall, wie etwa Ag, angeordnet, wobei die Abscheidung der ersten Schicht 2 mittels Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 2 ist eine dritte Zwischenschicht 7, beispielsweise aus ITO, angeordnet. Die Schichtdicke

dieser dritten Zwischenschicht 7 aus ITO beträgt zwischen 5 bis 40 nm. Auf dieser dritten Zwischenschicht 7 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise N,N'-bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-
5 bis(phenyl)-benzidin umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150nm haben.

In einer Ausgestaltung des vorbeschriebenen
10 Ausführungsbeispiels ist die dritte Zwischenschicht 7 aus aluminiumdotiertem Zinkoxid AZO ausgeführt, wobei diese Zwischenschicht eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufwiest.

In einer weiteren nicht näher dargestellten Ausgestaltung
15 des vorbeschriebenen Ausführungsbeispiels weist die Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 auf, welche ein Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Auf dieser ersten Zwischenschicht 3 ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb₂O₅, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist. Darauf ist eine erste Schicht 20 3 aus einem Metall, wie etwa Ag, angeordnet, wobei die Abscheidung der ersten Schicht 2 mittels Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 2 ist eine dritte Zwischenschicht 7, beispielsweise aus ITO, angeordnet. Die Schichtdicke dieser dritten Zwischenschicht 7 aus ITO beträgt zwischen 5 bis 40 nm. Auf dieser dritten Zwischenschicht 7 ist eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150nm haben.

30 In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid,

beispielsweise aus Mo₃O₆, umfasst. Auf dieser ersten Zwischenschicht 3 ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb₂O₅, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist, angeordnet. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 5 ist eine erste Zwischenschicht 2 aus einem Metall, wie etwa Ag, angeordnet, wobei die Abscheidung der ersten Schicht 2 mittels Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 2 ist eine dritte Zwischenschicht 7, beispielsweise aus ITO, angeordnet. Die Schichtdicke dieser dritten Zwischenschicht 10 7 aus ITO beträgt zwischen 5 bis 40 nm. Auf dieser dritten Zwischenschicht 7 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise N,N'-bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist eine Kratzschutzschicht 5 15 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150 nm haben.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Elektrodenanordnung 1 eine 20 erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus Mo₃O₆, umfasst. Auf dieser ersten Zwischenschicht 3 ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Mg, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist, angeordnet. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist eine 25 erste Schicht 2 aus einer Metalllegierung, wie etwa Ag:Mg, angeordnet, wobei die Abscheidung der ersten Schicht 2 mittels Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 2 ist eine dritte Zwischenschicht 7, beispielsweise aus Mg, angeordnet. Die Schichtdicke dieser dritten Zwischenschicht 30 7 aus Mg beträgt zwischen 5 bis 40 nm. Auf dieser dritten Zwischenschicht 7 wird eine zweite Schicht 4 als Entspiegelungsschicht angeordnet, welche beispielsweise ZnS, ZnSe oder ZnTe umfasst. Auf dieser zweiten Schicht 4 ist

eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150 nm haben.

In einem weiteren nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Elektrodenanordnung 1 eine erste Zwischenschicht 3 aus einem Metall oder Metalloxid, beispielsweise aus MoO₃, umfasst. Auf dieser ersten Zwischenschicht 3 ist eine zweite Zwischenschicht 6 aus Nb₂O₅, welche eine Schichtdicke zwischen 5 bis 40 nm aufweist, angeordnet. Auf dieser zweiten Zwischenschicht 6 ist eine erste Schicht 2 aus einem Metall, wie etwa Ag, angeordnet, wobei die Abscheidung der ersten Schicht 2 mittels Sputtern erfolgt. Auf dieser ersten Schicht 2 ist eine dritte Zwischenschicht 7, beispielsweise aus ITO, angeordnet. Die Schichtdicke dieser dritten Zwischenschicht 7 aus ITO beträgt zwischen 5 bis 40 nm. Auf dieser dritten Zwischenschicht 7 wird eine Kratzschutzschicht 5 angeordnet. Diese Kratzschutzschicht 5 kann beispielweise aus TiO₂ ausgeführt sein und eine Schichtdicke von 150 nm haben.

Bezugszeichenliste

5

- 1 Elektrodenanordnung
- 2 erste Schicht
- 3 erste Zwischenschicht
- 4 zweite Schicht
- 10 5 Kratzschutzschicht
- 6 zweite Zwischenschicht
- 7 dritte Zwischenschicht

Transparente Elektrode für optoelektronische Bauelemente

5

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement auf einem Substrat umfassend eine erste und eine zweite Elektrode, wobei die erste Elektrode auf dem Substrat angeordnet ist und die zweite Elektrode eine Gegenelektrode bildet, wobei zwischen diesen Elektroden zumindest ein photoaktives Schichtsystem angeordnet ist, welches zumindest ein Donor-Akzeptorsystem mit organischen Materialien umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gegenelektrode (1) zumindest eine erste Schicht (2) umfassend ein Metall oder eine Metalllegierung aufweist, die Gegenelektrode weiterhin eine erste Zwischenschicht (3) aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall oder einem Metalloxid umfasst, wobei die erste Zwischenschicht (3) zwischen der ersten Schicht (2) und dem photoaktiven Schichtsystem des Bauelements angeordnet ist und die Gegenelektrode eine zweite Schicht (4) umfasst, welche auf der ersten Schicht (2) angeordnet ist und eine Schichtdicke zwischen 10 bis 100 nm aufweist.
- 25 2. Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Metall der ersten Schicht (2) ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Ag, Au, Pt, Cr, Ti, Al, Zr, Cu, Zn, Sn, Sr, La, In, Sc, Hf.
3. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schicht (2) ein Alkali- oder Erdalkalimetall, ein Metalloxid oder ein organisches Material umfasst.

4. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (2) Ag enthält.
5. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (2) eine Legierung aus Ag und Ca oder Ag und Mg enthält.
6. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (2) eine Legierung aus Ag und Ca oder Ag und Mg enthält, wobei der Anteil des Ag oder Ca oder Mg mindestens 30% beträgt.
7. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Zwischenschicht (3) der Gegenelektrode eine Schichtdicke zwischen 0,1 bis 100 nm aufweist und durch thermisches Verdampfen abgeschieden ist.
8. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (2) der Gegenelektrode (1) eine Schichtdicke zwischen 3 und 20 nm, vorzugsweise 5 bis 10 nm aufweist
- 20 9. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Zwischenschicht (3) Ca, Mg oder MoO_x enthält.
10. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (4) ein Alkali- oder Erdalkalimetall, ein Metalloxid oder ein organisches Material umfasst.
- 25 11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Schicht (4) ein Nitrid, Selenid, Sulfid, Oxid, Tellurid oder Polymer umfasst.

12. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (4) einen
Brechungsindex > 2, vorzugsweise 2,2 aufweist.

13. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der zweiten Schicht (4)
eine Schutzschicht (5) angeordnet ist, welche ein
Metalloxid umfasst und eine Schichtdicke > 100 nm
aufweist.

14. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der ersten
Zwischenschicht (3) und der ersten Schicht (2) der
Gegenelektrode eine zweite Zwischenschicht (6) aus einem
Metall oder Metalloxid eingefügt ist, wobei die zweite
Zwischenschicht (6) eine Schichtdicke zwischen 0,05 bis 30
15 nm aufweist.

15. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der ersten und der
zweiten Schicht (2,4) der Gegenelektrode (1) eine weitere
Zwischenschicht (7) aus einem Metall oder Metalloxid
eingefügt ist.

16. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat opak oder
transparent ausgeführt ist.

17. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 **dadurch gekennzeichnet**, dass das Substrat flexibel
ausgeführt ist.

18. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das optoelektronische
Bauelement eine organische Solarzelle ist.

30 19. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Bauelement um eine pin-Einzel, pin-Tandemzelle, pin-Mehrfachzelle, nip-Einzelzelle, nip- Tandemzelle oder nip-Mehrfachzelle handelt.

- 5 20. Elektrodenvorrichtung für optoelektronische Bauelemente aus einem Schichtsystem umfassend zumindest eine erste Schicht (2) aus einem Metall oder Metalllegierung sowie einer ersten Zwischenschicht (3), welche zwischen einer photoaktiven Schicht und der ersten Schicht (2) angeordnet ist, wobei das Schichtsystem eine Transparenz von 40 bis
10 95 % aufweist.
21. Verwendung einer Elektrodenvorrichtung nach Anspruch 20 in einem optoelektronischen Bauelement.
22. Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenvorrichtung
15 für ein optoelektronisches Bauelement umfassend die Schritte:
- Abscheiden einer ersten Zwischenschicht (3) aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall oder Metalloxid auf einem photoaktiven Schichtsystem des Bauelements, wobei die
20 Abscheidung durch thermisches Verdampfen erfolgt,
 - Abscheiden einer ersten Schicht (2) auf der ersten Zwischenschicht (3), wobei die Abscheidung der ersten Schicht (2) durch eine Depositionstechnik erfolgt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus
25 Elektronenstrahlverdampfen, Laserstrahlverdampfen, Lichtbogenverdampfen, Molekularstrahlepitaxie, Sputtern, Ionenstrahlgestützte Deposition, Ionenplattieren, ICB-Technik und
 - Abscheiden einer zweiten Schicht (4) auf der ersten Schicht (2).
- 30

1

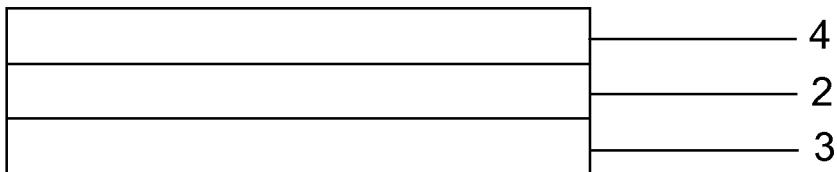


Fig. 1

1

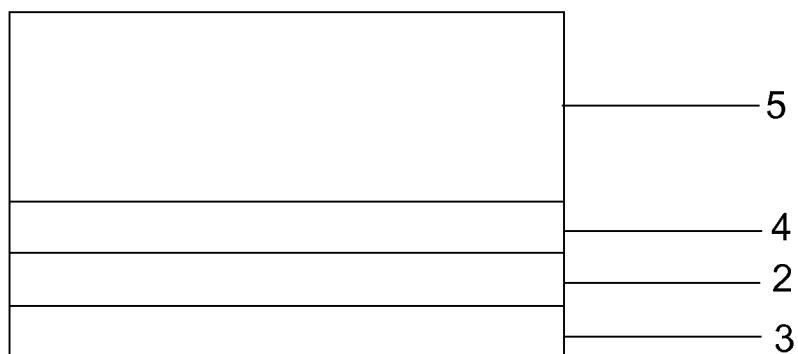


Fig. 2

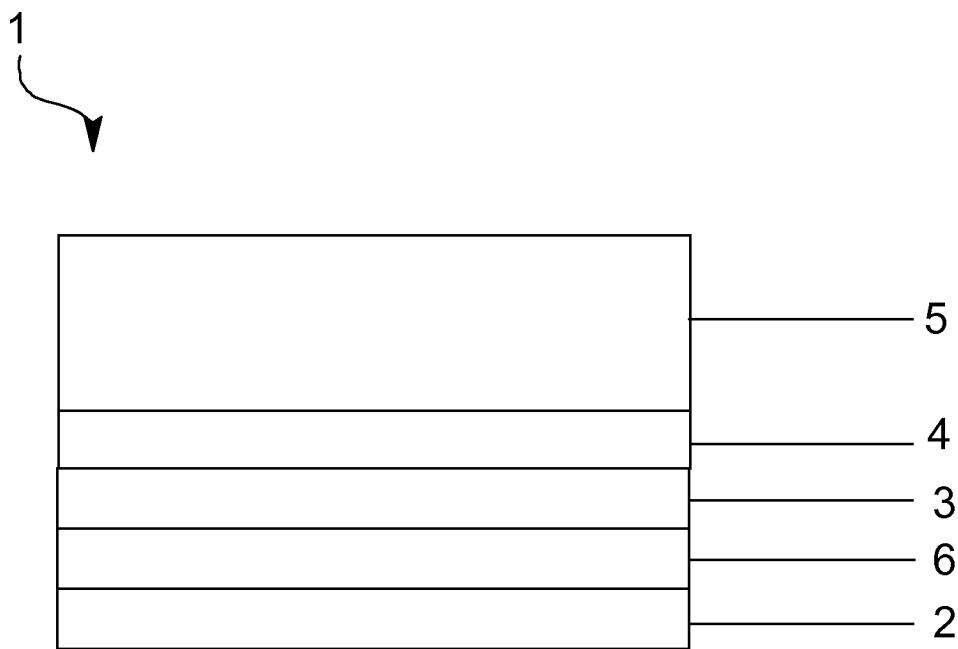


Fig. 3

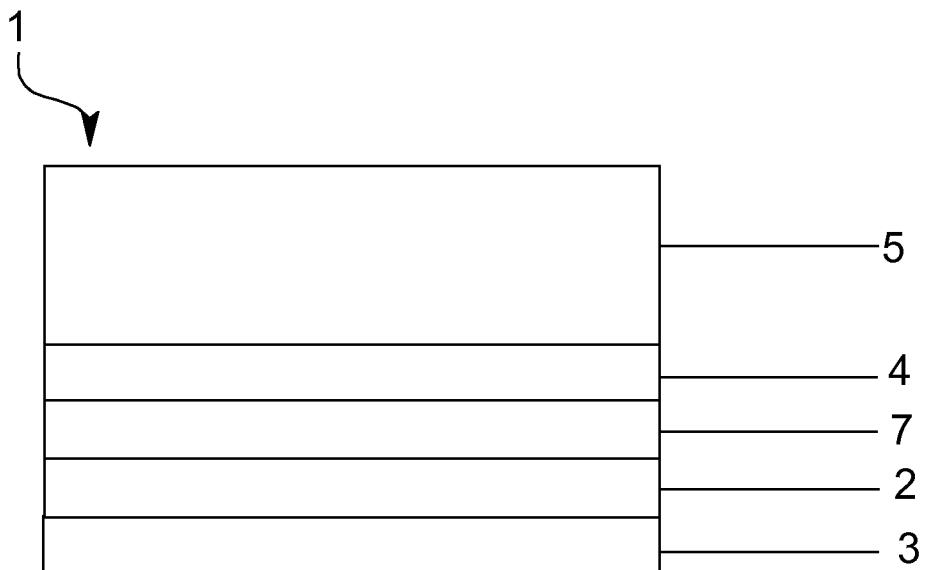


Fig. 4