

(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
27. Oktober 2016 (27.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/169980 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 51/00 (2006.01) C07C 211/00 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01) C08G 61/00 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) C08G 73/00 (2006.01)
C07F 15/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/058753

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. April 2016 (20.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 106 123.6
21. April 2015 (21.04.2015) DE

(71) Anmelder: OSRAM OLED GMBH [DE/DE];
Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: FLEISSNER, Arne; Alte Nürnberger Str. 48,
93059 Regensburg (DE). RAUSCH, Andreas; Regerstr.
8a, 93053 Regensburg (DE). WEHLUS, Thomas; Auf den
Höhen 13, 93138 Lappersdorf (DE). RIEDEL, Daniel;
Hans-Huber-Str. 4, 93049 Regensburg (DE).
ROSENBERGER, Johannes; Roter-Brach-Weg 21,
93049 Regensburg (DE).

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

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

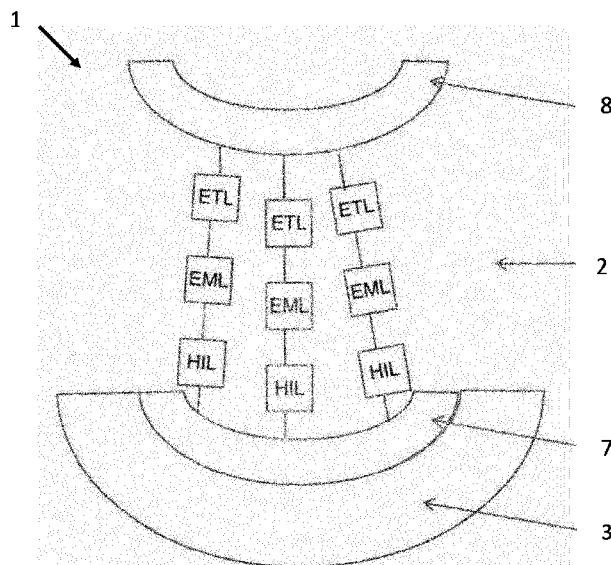
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR FORMING AN ORGANIC OPTOELECTRONIC DEVICE AND ORGANIC OPTOELECTRONIC
DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR AUSBILDUNG EINER ORGANISCHEN OPTOELEKTRONISCHEN VORRICHTUNG
UND ORGANISCHE OPTOELEKTRONISCHE VORRICHTUNG

Fig. 9



(57) Abstract: The invention relates to a method for forming
an organic optoelectronic device (1), comprising at least one
three-dimensionally curved organic functional layer assembly
(2), wherein the layer assembly has at least a first and a
second organic functional layer. The method comprises the
deposition of the first organic functional layer on a three-
dimensionally curved substrate (3) by means of molecular
layer deposition (MLD) (step A) and the deposition of the
second organic functional layer on the first organic functional
layer by means of molecular layer deposition (MLD) (step B),
wherein, in step B, covalent bonds are formed when the
second layer is connected to the first layer. The invention
further relates to an organic optoelectronic device.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur
Ausbildung einer organischen optoelektronischen
Vorrichtung (1), aufweisend zumindest eine dreidimensional
gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung
angegeben (2), wobei die Schichtanordnung zumindest eine
erste und eine zweite organische funktionelle Schicht
aufweist. Das Verfahren umfasst das Abscheiden der ersten
organischen funktionellen Schicht mittels
Molekularlagenabscheidung (MLD) auf einem
dreidimensional gekrümmten Substrat (3) (Verfahrensschritt
A) und das Abscheiden

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

der zweiten organischen funktionellen Schicht auf der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) (Verfahrensschritt B), wobei in Schritt B) die Anbindung der zweiten Schicht an die erste Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen erfolgt. Weiterhin wird eine organische optoelektronische Vorrichtung angegeben.

Beschreibung

Verfahren zur Ausbildung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung und organische optoelektronische Vorrichtung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung und eine organische optoelektronische Vorrichtung.

- 10 Organische optoelektronische Vorrichtungen spielen beispielsweise als strahlungsemittierende oder fotosensitive Vorrichtungen eine zunehmende praktische Bedeutung. Besonders hervorzuhebende Beispiele sind hierbei organische Leuchtdioden (organic light emitting diodes - OLEDs) sowie
- 15 organische Solarzellen. OLEDs spielen beispielsweise eine zunehmende Rolle in der Allgemeinbeleuchtung, etwa als Flächenlichtquellen.

- Organische optoelektronische Vorrichtungen werden derzeit
- 20 durch die Beschichtung von Substraten erhalten, wobei die zu beschichtende Oberfläche des Substrates flach, also zweidimensional ist (2D). Nahezu alle gängigen optoelektronischen Vorrichtungen sind in diesem Sinne 2D optoelektronische Vorrichtungen.

25

- Daneben sind auch organische optoelektronische Vorrichtungen bekannt, die durch eine Abscheidung von organischen funktionellen Schichten auf flexiblen Substraten gebildet werden können. Die flexiblen Substrate lassen sich bis zu
- 30 einem gewissen Grad biegen, sodass eine gekrümmte organische optoelektronische Vorrichtung erhalten werden kann.

Organische optoelektronische Vorrichtungen aufweisend
Substrate, deren zu beschichtende Oberfläche eine echte 3D-
Oberflächenstruktur (auch makroskopisch, also eine 3D-
Oberflächenstruktur, die über die herkömmliche Rauigkeit des
5 Substrates hinausreicht) aufweist und deren organische
funktionelle Schichtanordnung diese Oberflächenstruktur
zumindest weitgehend abbildet, sind dagegen bislang fast
gänzlich unbekannt. Derartige organische optoelektronische
Vorrichtungen werden im Folgenden als 3D organische opto-
10 elektronische Vorrichtungen bzw. dreidimensional gekrümmte
organische optoelektronische Vorrichtungen bezeichnet.

Das Grundproblem bei der Fertigung derartiger organischer
optoelektronischer Vorrichtungen liegt in der Schwierigkeit,
15 eine gleichmäßige, also homogene, Abscheidung von dünnen
organischen funktionellen Schichten auf Substraten zu
erreichen, deren zu beschichtende Oberfläche nicht eben, also
nicht wie oben geschildert zweidimensional ist, sondern eine
dreidimensionale Oberflächenstruktur (z.B. umfassend Kanten,
20 Krümmungen, Vertiefungen, Erhebungen, überstehende Bereiche
also Abschattungen etc.) aufweist.

Für leistungsstarke organische optoelektronische
Vorrichtungen werden in der Regel organische funktionelle
25 Schichten mit genau definierter Schichtdicke mit Hilfe von
physikalischer Gasphasenabscheidung aufgebracht. Dies sind
sogenannte „line-of-sight-Verfahren“, die für flache
Substrate vollflächige Beschichtungen erlauben. Für derartige
Verfahren müssen die Quelle, aus welcher die abzuscheidenden
30 Materialien austreten, und die zu beschichtende Stelle der
Substratoberfläche in „Sichtlinie“ zueinander vorliegen. Es
dürfen keine Objekte zwischen Quelle und zu beschichtender
Stelle vorliegen.

Wenn das Substrat beispielsweise so geformt bzw. gekrümmt ist, dass es Bereiche des Substrates gibt, die Teile der Substratoberfläche verdecken (Abschattungen), kann eine flächendeckende, durchgehende Beschichtung nicht erreicht werden (siehe Figur 2A). Weiterhin kommt es bei gekrümmten Substraten zur Abscheidung der organischen funktionellen Schichten mit unterschiedlichen lateralen Schichtdicken (Figur 2B), was die Leistung der organisch optoelektronischen Vorrichtung erheblich einschränken kann und z.B. bei organischen lichtemittierenden Dioden zu unerwünschten Leuchtdichtegradienten führen kann. Für die Beschichtung der Oberfläche eines komplexen dreidimensionalen Objektes sind die existierenden Verfahren daher ungeeignet.

Aufgrund der genannten Probleme wurden dreidimensionale optoelektronische Vorrichtungen bislang durch das Zusammenfügen mehrerer zweidimensionaler optoelektronischer Vorrichtungen zu 3D-Körpern gefertigt, wobei an den Rändern der zweidimensionalen Vorrichtungen jedoch nachteiligerweise nicht-funktionale Bereiche verbleiben. Außerdem können auf diese Art und Weise einzig kantige 3D-Körper gebildet werden, die aus planaren Flächen zusammengeführt werden müssen. Die erreichbaren Geometrien sind somit beschränkt und der Aufwand der Verbindung multipler 2D-optoelektronischer Vorrichtungen erheblich.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Ausbildung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung bereitzustellen, welches die oben genannten Nachteile herkömmlicher Verfahren nicht aufweist. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur

Herstellung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

Gegenstand der Erfindung nach Anspruch 1 ist ein Verfahren

5 zur Herstellung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung, aufweisend zumindest eine dreidimensional-gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung, wobei die Schichtanordnung zumindest eine erste und eine zweite organische funktionelle Schicht aufweist,
10 umfassend die Verfahrensschritte

A) Abscheiden der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf einem dreidimensional-gekrümmten Substrat,

B) Abscheiden der zweiten organischen funktionellen
15 Schicht auf der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD),
wobei in Schritt B) die Anbindung der zweiten Schicht an die erste Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen erfolgt.

20 Der Begriff "dreidimensional gekrümmt" bezieht sich im Folgenden auf die zu beschichtende Oberfläche von Substraten beziehungsweise auf organische funktionelle Schichtanordnungen, die dauerhaft, also permanent, gekrümmt sind. Die Krümmung ist also nicht nur temporär, wie etwa auf flexiblen
25 Substraten. Diese dreidimensional gekrümmten Substrate können aber ebenfalls flexibel ausgestaltet sein.

Für die „dreidimensional gekrümmte“ organische funktionelle Schichtanordnung gilt insbesondere, dass sie sich über
30 gekrümmte Bereiche des dreidimensional gekrümmten Substrates erstreckt. Das heißt die Schichtanordnung kann sich beispielsweise über eine oder mehrere Kanten, über eine oder mehrere Vertiefungen oder über einen oder mehrere

herausragende Bereiche und/oder Abschattungen der dreidimensional gekrümmten Substratoberfläche hinweg erstrecken. Die Krümmung kann dabei auch in verschiedene Richtungen erfolgen.

5

Beispielsweise kann unter dem Begriff einer dreidimensional gekrümmten Oberfläche eine zusammenhängende Oberfläche verstanden werden, die in unterschiedlichen Teilbereichen unterschiedliche Flächennormalen aufweist. Dreidimensional gekrümmt kann beispielsweise bedeuten „makroskopisch“ gekrümmt, d.h. es können z.B. eine oder mehrere Krümmungen, Biegungen, Kanten, Vertiefungen, herausstehende Bereiche und Abschattungen vorliegen, die eine makroskopische Ausdehnung haben, also über die Oberflächenrauigkeit eines herkömmlichen Substrates mit zweidimensionaler Oberfläche hinausreichen. Insbesondere können die Ausdehnungen im Bereich von 100 µm oder größer, insbesondere jedoch von 1 mm oder größer sein. Es ist auch möglich, dass die Ausdehnungen im Bereich von 2 mm oder größer, 3 mm oder größer, 5 mm oder größer und weiter bevorzugt von 1 cm oder größer oder gar 2 cm oder größer sind. Es ist auch möglich, dass die Ausdehnungen 10 cm oder größer sind. Dreidimensional gekrümmt meint also nicht die herkömmliche Oberflächenrauigkeit herkömmlicher Substrate mit 2D-Oberfläche.

25

Der Begriff "auf" kann dabei und im Folgenden „direkt auf“ bedeuten. Der Begriff „auf“ kann aber insbesondere im Hinblick auf die Anordnung von Schichten auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat (oder funktionellen Gruppen z.B. „auf“ einem Substrat – siehe später) bedeuten, dass noch Zwischenschichten vorliegen. Mit Zwischenschichten können dabei unter anderem auch Elektroden der organischen optoelektronischen Vorrichtung gemeint sein. Dies bedeutet

30

beispielsweise für die genannte erste organische funktionelle Schicht, dass sie nicht notwendigerweise direkt auf einem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet sein muss, sondern dass noch Zwischenschichten vorliegen können. Die
5 Zwischenschichten können dabei die Struktur des dreidimensional gekrümmten Substrates abbilden. Beispielsweise kann eine Elektrode beispielsweise eine erste Elektrode z.B. eine Anode etwa aus Indiumzinnoxid (engl. indium tin oxide - ITO), Aluminiumzinkoxid (aluminum zinc oxide - AZO), oder aus
10 einem Metall z.B. Al, Ag oder Legierungen daraus, zwischen dem Substrat und der ersten organischen funktionellen Schicht angeordnet sein. Die zweite organische funktionelle Schicht ist jedoch direkt auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordnet und kovalent an sie gebunden.

15 Die Molekularlagenabscheidung (englisch: molecular layer deposition - MLD) ist eine Technik für die Abscheidung von Schichten aus der Gasphase. Im Gegensatz zur Atomlagenabscheidung (englisch: atomic layer deposition - ALD) werden
20 bei der Molekularlagenabscheidung nicht einzelne Atome, sondern Moleküle beziehungsweise Molekülfragmente abgeschieden. Im Gegensatz zu Verfahren, bei welchen die Abscheidung von Molekülen aus der Flüssigphase erfolgt, handelt es sich bei der Molekularabscheidung um eine
25 Abscheidung aus der Gasphase, sodass auch Oberflächen beziehungsweise Substrate beschichtet werden können, die nicht lösungsmittelstabil sind. Zudem lassen sich mit MLD Moleküle abscheiden, die nur eine beschränkte Löslichkeit aufweisen. Die Molekularlagenabscheidung aus der Gasphase
30 zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es sich hierbei um eine sequentielle, also stufenweise Abscheidung handelt, die selbstlimitierend ist. Insbesondere erlaubt es die Molekularlagenabscheidung, Monolage für Monolage kontrolliert

nacheinander abzuscheiden, wobei zwischen den einzelnen Schichten kovalente Bindungen geknüpft werden können. Mit dem MLD-Verfahren lassen sich beispielsweise reine organische Verbindungen abscheiden aber beispielsweise auch Metall-
5 komplexverbindungen.

Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 1 unterscheidet sich von herkömmlichen Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen optoelektronischen Vorrichtungen dadurch, dass
10 es kein Aneinanderfügen und Kombinieren von zweidimensionalen optoelektronischen Vorrichtungen erfordert. Es können also optoelektronische Vorrichtungen ohne unerwünschte nicht funktionale Kanten gebildet werden (z.B. 3D OLEDs ohne nicht leuchtende Kanten). Die Geometrie der optoelektronischen
15 Vorrichtung ist somit nicht mehr auf „kantige“ Körper beschränkt. Vielmehr erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren die Herstellung von 3D organischen optoelektronischen Vorrichtungen mit einer bislang nicht möglichen Vielfalt von Oberflächengeometrien. Beispielsweise ist die Herstellung von
20 Körpern möglich, deren vollständige Oberfläche eine durchgehende optoelektronische Vorrichtung ist, die auf der gesamten Außenoberfläche funktional ist. Beispielsweise können dreidimensionale OLEDs hergestellt werden, deren gesamte Außenoberfläche leuchtend ist.

25

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können Substrat-
oberflächen mit besonders komplexen dreidimensional gekrümmten Oberflächen beschichtet werden. Auch Oberflächen mit Vertiefungen, Kanten, Krümmungen unterschiedlicher Art
30 und in verschiedene Richtungen, sowie Abschattungen stellen kein Hindernis bei der Beschichtung dar. Insbesondere ist auch bei komplexen dreidimensional gekrümmten Substraten noch eine homogene Beschichtung erreichbar.

Beispielsweise ist es durch Nutzung der Molekularlagenabscheidung möglich, dass die dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung die dreidimensionale Oberflächenstruktur des dreidimensional gekrümmten Substrates genau abbildet. Es kann sich beispielsweise um eine durchgehende, flächendeckende dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung handeln. Es ist also möglich dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnungen auszubilden, welche alle Oberflächenformen der dreidimensional gekrümmten Substratoberfläche nachzeichnen. So kann beispielsweise eine 3D organische optoelektronische Vorrichtung bereitgestellt werden, welche eine Außenoberfläche aufweisend die dreidimensional gekrümmte Struktur der Substratoberfläche abbildet.

Insbesondere erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren durch Nutzung der Molekularlagenabscheidung eine sehr gute Schichtdickenkontrolle und Homogenität der aufgetragenen organischen funktionellen Schichten. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren wie der physikalischen Gasphasenabscheidung lassen sich so auch auf dreidimensional gekrümmten Substraten homogene Schichten abscheiden. Beispielsweise ist sogar eine monolagengenaue Schichtdickenkontrolle möglich.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Außenflächen wie Innenflächen von dreidimensional gekrümmten Substraten gleichermaßen beschichten. Durch die kovalente Anbindung der zweiten organischen funktionellen Schicht an die erste organische funktionelle Schicht wird zudem eine starke und stabile Anknüpfung der zweiten organischen funktionellen Schicht an die erste organische funktionelle Schicht

erreicht. Dies erlaubt nicht nur eine besonders hohe Stabilität der Schichtanordnung, sondern sorgt auch für eine sehr gute elektrische Kontaktierung.

- 5 Im Folgenden sollen bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgestellt werden.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung betrifft das erfindungsgemäße Verfahren, wobei Verfahrensschritt A)
10 einen ersten Reaktionsschritt A1) innerhalb des Verfahrensschrittes A) zur Aufbringung einer ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat aufweist.

15 Dabei muss die Aufbringung nicht notwendigerweise direkt auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat erfolgen. Es kann beispielsweise zumindest eine Zwischenschicht zwischen dem dreidimensional gekrümmten Substrat und der ersten
20 monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht vorhanden sein, wobei dann die monomolekulare Schicht auf der Zwischenschicht abgeschieden wird. Die zumindest eine Zwischenschicht kann dabei zumindest weitgehend bevorzugt vollständig die dreidimensional gekrümmte Oberflächenstruktur
25 des Substrates abbilden. Beispielsweise kann es sich um eine Elektrodenschicht einer ersten Elektrode auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat handeln. Weiterhin ist es beispielsweise möglich, dass auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat neben einer ersten Elektrodenschicht
30 weitere Schichten vorliegen. Außerdem ist es beispielsweise möglich, dass in dem ersten Reaktionsschritt A1) bei der Aufbringung der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht kovalente Bindungen geknüpft werden. Es ist also beispielsweise möglich, dass
35 eine kovalente Anbindung an die Schicht erfolgt, auf welcher die erste organische funktionelle Schicht direkt abgeschieden wird.

Eine Weiterbildung der soeben beschriebenen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft ein Verfahren, wobei im ersten Reaktionsschritt A1) ein erstes Edukt mit einer auf dem dreidimensional-gekrümmten Substrat ange-

5 ordneten funktionellen Gruppe unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



- 10 wobei es sich bei „A“ um eine erste funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,
- wobei an die erste funktionelle molekulare Teilstruktur
- 15 „A“ eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist,
- wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur
- 20 miteinander verbunden sein können,
- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,
 - und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für eine weitere
- 25 Reaktion zur Verfügung steht.

Die auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnete funktionelle Gruppe muss dabei nicht direkt auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet sein, sondern

30 kann beispielsweise auf einer ersten Elektrode auf dem Substrat angeordnet sein oder auf einer anderen Zwischenschicht, die ihrerseits auf der ersten Elektrode angeordnet ist.

35 Beispielsweise kann eine erste Elektrode auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet sein und ein Material aufweisen, das über hinreichend funktionelle Gruppen

verfügt, die im Reaktionsschritt A1) als „auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnete funktionelle Gruppen“ fungieren. In diesem Fall kann das erste Edukt „W-A-X“ direkt mit den funktionellen Gruppen direkt auf der Elektrode unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagieren. In diesem Fall kann A1) ohne jede Vorbehandlung der Elektrode durchgeführt werden. Beispielsweise ist es aber auch möglich, dass die erste Elektrode nicht über hinreichend viele funktionellen Gruppen verfügt. In diesem Fall ist es beispielsweise möglich eine Vorbehandlung der Elektrode durchzuführen (z.B. chemische Vorbehandlung, beispielsweise mit Ozon, Plasmabehandlung etc.). Durch die Vorbehandlung werden die funktionellen Gruppen erzeugt, an welche die Edukte bei der MLD-Abscheidung anbinden können. Die Elektrode selbst kann jeweils beispielsweise mittels Atomlagenabscheidung (ALD) und somit unter Abbildung der dreidimensionalen Substratstruktur mit hervorragender Schichtdickenkontrolle aufgebracht werden.

Weiterhin ist es beispielsweise möglich, dass auf der Elektrode, die ihrerseits auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet ist, eine weitere Zwischenschicht vorhanden ist. Diese Schicht kann durch einen weiteren Verfahrensschritt, der dem Verfahrensschritt A1) vorgelagert ist auf die Elektrode aufgebracht werden. Die Zwischenschicht selbst muss dabei nicht notwendiger Weise mittels kovalenter Bindungen an die Elektrode gebunden sein, sondern kann beispielsweise auch über andere Wechselwirkungen (etwa van-der-Waals-Bindungen) mit der Elektrode verbunden sein.

Insbesondere kann es sich bei einer Zwischenschicht auf der Elektrode um eine monomolekulare Schicht handeln. Auch die Aufbringung einer Zwischenschicht auf die Elektrode nach Aktivierung bzw. Vorbehandlung der Elektrode ist denkbar. Im Falle des Vorliegens einer Zwischenschicht auf der Elektrode erfolgt die Reaktion der funktionellen Gruppe „W“ des ersten Eduktes „W-A-X“ mit einer funktionellen Gruppe der Zwischen-

schicht, die der „auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe“ entspricht.

Das die Zwischenschicht bildende Material kann dabei
5 Verbindungen bzw. Materialien umfassen, die sich von den Edukten, die mittels MLD-Prozess abgeschieden werden, unterscheiden. Alternativ kann auch ein Edukt des MLD-Prozesses, die Zwischenschicht bilden. Beispielsweise ist es möglich, dass die Zwischenschicht von dem später noch näher
10 beschriebenen zweiten Edukt (von Reaktionsschritt A2) gebildet wird. Es kann insbesondere eine Monolage des zweiten Eduktes auf der Elektrode adsorbieren. Eine vorherige Aktivierung der Elektrode kann diesen Prozess begünstigen.

15 Zusammenfassend kann also die „auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnete funktionelle Gruppe“ beispielsweise auf einer Elektrode, die auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet ist, angeordnet sein oder auf einer Zwischenschicht, die
20 ihrerseits auf einer Elektrode auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnet ist.

Beispielsweise kann es sich bei der auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe um eine
25 nukleophile oder elektrophile Gruppe handeln.

Bei der Gruppe „W“ kann es sich beispielsweise ebenfalls um eine nukleophile oder elektrophile Gruppe handeln, mit gegensätzlicher Reaktivität zur funktionellen Gruppe, die auf
30 dem Substrat angeordnet ist, so dass beide Gruppen unter Ausbildung einer kovalenten Bindung miteinander reagieren können. Es ist zudem möglich, dass bei dieser Reaktion ein Abgangsprodukt gebildet wird.

35 Bei „W“ und „X“ kann es sich um terminale Gruppen handeln. Damit ist gemeint, dass es sich um freistehende also nicht maskierte Gruppen handeln kann.

„W“ zeigt bevorzugt eine höhere Reaktivität mit der auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe als „X“. Es erfolgt also bevorzugt eine selektive Reaktion von „W“ mit der auf dem Substrat angeordneten funktionellen Gruppe, während „X“ bevorzugt nicht mit der auf dem Substrat angeordneten funktionellen Gruppe reagiert. So kann erreicht werden, dass die Anbindung der ersten funktionellen Teilstruktur „A“ mittels Reaktion von „W“ erfolgt, während „X“ für weitere Reaktionen also insbesondere die Abscheidung der nächsten monomolekularen Schicht zur Verfügung steht.

„W“ und „X“ reagieren bevorzugt weder mit sich selbst, noch miteinander. Dadurch kann auch bei terminalen Gruppen „W“ und „X“ erreicht werden, dass im ersten Reaktionsschritt nur eine monomolekulare Schicht abgeschieden wird. Es wird also pro Reaktionsschritt nur eine Monolage gebildet.

Es ist insbesondere möglich, dass „W“ und „X“ entweder beide nukleophile oder beide elektrophile Gruppen darstellen und jeweils die entgegengesetzte Reaktivität wie die auf dem Substrat angeordnete funktionelle Gruppe aufweisen.

Es ist grundsätzlich möglich, dass „W“ und „X“ identisch sind.

Es ist jedoch bevorzugt, dass „W“ und „X“ nicht identisch sind. Beispielsweise können sich „W“ und „X“ in ihrer Funktionalität oder Reaktivität unterscheiden:

Beispielsweise können sowohl „W“ als auch „X“ nukleophile Gruppen sein, wobei „W“ höhere Nukleophilie besitzt als „X“. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass „W“ bevorzugt mit einer elektrophilen Gruppe auf dem Substrat reagiert. Analoges gilt für die umgekehrte Polung, d.h. sowohl „W“ als auch „X“ können elektrophil sein, wobei „W“

elektrophiler als „X“ sein kann und somit bevorzugt mit einer nukleophilen Gruppe auf dem Substrat reagieren kann.

Außerdem ist es auch denkbar, dass „W“ nukleophil ist und „X“ elektrophil, vorausgesetzt, dass die Reaktivität von „W“ und „X“ miteinander geringer als die Reaktivität von „W“ mit der funktionellen Gruppe auf der Oberfläche des dreidimensional gekrümmten Substrates ist.

10 Dadurch, dass sich „W“ und „X“ in ihrer Funktionalität und/oder Reaktivität unterscheiden kann sichergestellt werden, dass immer nur einzelne Monolagen abgeschieden werden und es in einem Reaktionsschritt nicht zu Reaktionen der Edukte mit sich selbst z.B. unter Kettenbildung kommt. Dies
15 erlaubt eine gute Schichtdickenkontrolle.

Es ist zudem denkbar, dass die Gruppe „X“ mit einer Schutzgruppe versehen sein kann, die sicherstellt, dass „X“ im ersten Reaktionsschritt A1) nicht reagiert. Die Schutz-
20 gruppe kann im Anschluss an A1) abgespalten werden, so dass „X“ für die Abscheidung einer weiteren Schicht als funktionelle Gruppe zur Verfügung stehen kann.

Eine weitere Möglichkeit ist, dass „W“ und „X“ in einer
25 Ringstruktur gebunden vorliegen. Das erste Edukt ist dann ein zyklisches erstes Edukt, das im Verfahrensschritt A1) eine Ringöffnungsreaktion erfährt. Im Zuge der Ringöffnungsreaktion reagiert die Gruppe „W“ mit der auf dem Substrat angeordneten funktionellen Gruppe. Hierbei wird in einem
30 einzigen Reaktionsschritt gleichermaßen die Anknüpfung des ersten Eduktes - und damit der ersten funktionellen molekularen Teilstruktur „A“ - erreicht und zugleich die funktionelle Gruppe „X“ für den folgenden Reaktionsschritt freigelegt. Die Ringöffnungsreaktion kann beispielsweise ohne
35 Freisetzung einer Abgangsgruppe erfolgen.

Die Nutzung zyklischer Edukte ermöglicht eine „Maskierung“ der Funktionalität des Eduktes. So lassen sich unerwünschte Doppelreaktionen vermeiden. Die für die Anbindung der folgenden monomolekularen Schicht erforderliche funktionelle Gruppe „X“ bildet sich in ihrer reaktiven Form erst durch die Ringöffnungsreaktion. Somit wird eine Reaktion von „X“ mit der auf dem dreidimensionalen Substrat angeordneten funktionellen Gruppe vermieden.

Es ist also möglich im Reaktionsschritt A1) eine monomolekulare Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen abzuscheiden. Auf diese Weise kann eine stabile Anknüpfung der ersten organischen funktionellen Schicht z.B. auch mit Abbildung der Oberflächenstruktur der darunterliegenden Schicht erreicht werden. Zugleich wird eine monomolekulare Schicht erzeugt, die funktionelle Gruppen „X“ aufweist, an welche eine weitere monomolekulare Schicht gebunden werden kann.

Die eingebaute molekulare Teilstruktur „A“ bedingt eine Funktion in der ersten organischen funktionellen Schicht. Dies soll beispielhaft erläutert werden. Beispielsweise kann es sich bei der ersten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungstransportschicht handeln. In diesem Fall kann „A“ eine molekulare Teilstruktur sein, welche in der ersten organischen funktionellen Schicht Ladungstransport ermöglicht. Beispielsweise kann „A“ eine Teilstruktur eines leitenden Materials der ersten organischen funktionellen Schicht sein.

Eine Weiterbildung der soeben beschriebenen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft ein Verfahren, wobei im ersten Reaktionsschritt A1) neben dem besagten ersten Edukt ein weiteres erstes Edukt mit einer auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das weitere erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



- 5 wobei es sich bei „A'“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,
- wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „A'“ jeweils eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine
- 10 zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist, wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur
- 15 miteinander verbunden sein können,
- wobei das weitere erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,
- 20 - und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für eine weitere Reaktion zur Verfügung steht.

Für die funktionellen Gruppen „W“ und „X“ sowie die auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnete funktionelle

25 Gruppe gilt hierbei dasselbe, wie oben bereits beschrieben.

„A'“ ist hierbei eine von „A“ verschiedene molekulare Teilstruktur und kann die gleiche oder eine andere Funktion als „A“ in der ersten organischen funktionellen Schicht

30 bedingen.

Dies sei im Folgenden beispielhaft erläutert. So ist es möglich, dass die erste organische funktionelle Schicht eine Ladungstransportschicht bildet. Beispielsweise kann „A“ eine

35 molekulare Teilstruktur sein, welche Teil eines leitenden Materials sein kann. Es ist dann möglich, dass „A'“ ebenfalls eine molekulare Teilstruktur ist, die einen weiteren Teil des

leitenden Materials bildet. Beide molekulare Teilstrukturen können beispielsweise für den Aufbau der Struktur eines leitenden organischen Materials erforderlich sein.

Beispielsweise ist es aber auch möglich, dass „A“ eine
5 molekulare Teilstruktur bildet, die das leitende organische Material bildet, während es sich bei „A'“ um einen Dotierstoff z.B. in Form eines Metallkomplexes handeln kann. Durch Koabscheidung eines ersten Eduktes mit „A“ und eines weiteren ersten Eduktes mit „A'“ kann also Schichtweise
10 (Monolage für Monolage) der Aufbau einer ersten organischen funktionellen Schicht erfolgen, die ein leitendes Matrixmaterial aufgebaut aus den Einheiten „A“ und einen Dotierstoff aufgebaut aus den Einheiten „A'“ aufweist. Im Schritt A1) kann hierzu die erste dieser monomolekularen
15 Schichten mit „A“ und „A'“ gebildet werden.

Eine wichtige Eigenschaft der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass sich die Anteile der molekularen Teilstrukturen von „A“ und „A'“ - sowie falls gewünscht auch von weiteren
20 molekularen Teilstrukturen („A''“ etc.) - innerhalb der jeweiligen monomolekularen Schicht jeweils mit hoher Genauigkeit einstellen lassen. Die erste monomolekulare Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht kann also ein genau definiertes Verhältnis der molekularen
25 Teilstrukturen „A“ und „A'“ aufweisen. Dieses Prinzip ist auch für den Fall erweiterbar, dass im ersten Reaktionsschritt noch weitere Edukte etwa aufweisend eine dritte molekulare Teilstruktur „A''“ eingebracht werden.

30 Dieses Prinzip der Einbringung mehrerer molekularer Teilstrukturen innerhalb eines Reaktionsschrittes wie in dieser Ausführungsform bei Reaktionsschritt A1) vorgestellt, kann auch auf die im Folgenden geschilderten weiteren Reaktionsschritte übertragen werden. So lassen sich jeweils mono-
35 molekulare Schichten mit genau eingestelltem Verhältnis der jeweiligen molekularen Teilstrukturen (z.B. „A“, „A'“, „A''“, „B“, „B'“, „B''“, siehe im Folgenden) erzeugen. Auf diese

Weise können organische funktionelle Schichten aufgebaut werden die genau definierte Verhältnisse der jeweiligen molekularen Teilstrukturen enthalten. Insbesondere ist es so möglich gezielt organische funktionelle Schichten mit

5 Gradienten der Anteile der jeweiligen molekularen Teilstrukturen einzustellen. Es lassen sich beispielsweise molekularmonolagengenau Konzentrationsgradienten innerhalb der jeweiligen organischen funktionellen Schicht erzeugen. Zu diesem Zweck kann das Verhältnis der verschiedenen
10 molekularen Teilstrukturen (z.B. „A“, „A'“) von Monolage zu Monolage nach Wunsch gezielt variiert werden.

Gemäß einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Verfahren neben dem ersten Reaktions-
15 schritt A1) zusätzlich einen zweiten Reaktionsschritt A2) innerhalb des Verfahrensschrittes A) zur Aufbringung einer zweiten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen
20 funktionellen Schicht auf.

Durch Nutzung der Molekularlagenabscheidung aus der Gasphase kann eine zweite monomolekulare Schicht auf der ersten monomolekularen Schicht aufgebracht und kovalent an sie
25 angebunden werden.

Eine Weiterbildung der soeben beschriebenen Ausführungsform betrifft das Verfahren, wobei im zweiten Reaktionsschritt A2) ein zweites Edukt mit der funktionellen Gruppe „X“ der ersten
30 monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,
- wobei das zweite Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



35 wobei es sich bei „A'“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion

innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „A“ eine erste funktionelle Gruppe „Y“ und eine zweite funktionelle Gruppe „V“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „Y“ und die zweite funktionelle Gruppe „V“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das zweite Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „Y“ mit der funktionellen Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht reagiert

- und wobei die funktionelle Gruppe „V“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

„X“ ist nach dem ersten Reaktionsschritt A1) wie oben geschildert eine funktionelle Gruppe der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht und dient im Reaktionsschritt A2) als Anknüpfungspunkt. Im Reaktionsschritt A2) erfolgt also die Reaktion des zweiten Eduktes mit der funktionellen Gruppe „Y“ mit der Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht.

Durch diese Reaktion erfolgt die Abscheidung einer zweiten monomolekularen Schicht auf der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht.

Bei „X“ kann es sich wie oben geschildert beispielsweise um eine nukleophile oder elektrophile Gruppe handeln.

Bei der Gruppe „Y“ kann es sich beispielsweise ebenfalls um eine nukleophile oder elektrophile Gruppe handeln, mit gegensätzlicher Reaktivität zur funktionellen Gruppe „X“, so dass beide Gruppen unter Ausbildung einer kovalenten Bindung miteinander reagieren können. Es ist zudem möglich, dass bei dieser Reaktion ein Abgangsprodukt gebildet wird.

Bei „Y“ und „V“ kann es sich beispielsweise um terminale Gruppen handeln.

„Y“ zeigt bevorzugt eine höhere Reaktivität mit „X“ als „V“ mit „X“. Es erfolgt also eine selektive Reaktion von „Y“ mit „X“, während „V“ bevorzugt nicht mit „X“ reagiert. So kann erreicht werden, dass die Anbindung der zweiten funktionellen Teilstruktur „A“ mittels Reaktion von „Y“ erfolgt, während „V“ für weitere Reaktionen also insbesondere die Abscheidung der nächsten monomolekularen Schicht zur Verfügung steht.

„Y“ und „V“ reagieren bevorzugt weder mit sich selbst, noch miteinander. Dadurch kann auch bei terminalen Gruppen „Y“ und „V“ erreicht werden, dass nur eine monomolekulare Schicht abgeschieden wird. Es wird also auch im zweiten Reaktionsschritt nur eine Monolage gebildet.

Es ist insbesondere möglich, dass „Y“ und „V“ entweder beide nukleophile oder beide elektrophile Gruppen darstellen und jeweils die entgegengesetzte Reaktivität wie die auf der ersten monomolekularen Schicht angeordnete Gruppe „X“ aufweisen.

Es ist grundsätzlich möglich, dass „Y“ und „V“ identisch sind.

Es ist jedoch bevorzugt, dass „Y“ und „V“ nicht identisch sind.

Beispielsweise können sich „Y“ und „V“ in ihrer Funktionalität oder Reaktivität unterscheiden:

Beispielsweise können sowohl „Y“ als auch „V“ nukleophile Gruppen sein, wobei „Y“ höhere Nukleophilie besitzt als „V“. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass „Y“ bevorzugt mit einer elektrophilen Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht reagiert. Analoges gilt für die

umgekehrte Polung, d.h. sowohl „Y“ als auch „V“ können elektrophil sein, wobei „Y“ elektrophiler als „V“ sein kann und somit bevorzugt mit einer nukleophilen Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht reagieren kann.

5

Außerdem ist es auch denkbar, dass „Y“ nukleophil ist und „V“ elektrophil, vorausgesetzt, dass die Reaktivität von „Y“ und „V“ miteinander geringer als die Reaktivität von „Y“ mit der funktionellen Gruppe „X“ ist.

10

Dadurch, dass sich „Y“ und „V“ in ihrer Funktionalität und/oder Reaktivität unterscheiden kann sichergestellt werden, dass immer nur einzelne Monolagen abgeschieden werden und es in einem Reaktionsschritt nicht zu Reaktionen der Edukte mit sich selbst z.B. unter Kettenbildung kommt. Dies erlaubt eine gute Schichtdickenkontrolle.

15

Es ist zudem denkbar, dass die Gruppe „V“ mit einer Schutzgruppe versehen sein kann, die sicherstellt, dass „V“ im zweiten Reaktionsschritt A2) nicht reagiert. Die Schutzgruppe kann im Anschluss an A2) abgespalten werden, so dass „V“ für die Abscheidung einer weiteren Schicht als funktionelle Gruppe zur Verfügung stehen kann.

20

Eine weitere Möglichkeit ist, dass „Y“ und „V“ in einer Ringstruktur gebunden vorliegen. Das zweite Edukt ist dann ein zyklisches zweites Edukt, das im Verfahrensschritt A2) eine Ringöffnungsreaktion erfährt. Im Zuge der Ringöffnungsreaktion reagiert die Gruppe „Y“ mit „X“ von der ersten monomolekularen Schicht. Hierbei wird in einem einzigen Reaktionsschritt gleichermaßen die Anknüpfung des zweiten Eduktes - und damit der zweiten funktionellen molekularen Teilstruktur „A“ - erreicht und zugleich die funktionelle Gruppe „V“ für den folgenden Reaktionsschritt freigelegt.

30

Die Ringöffnungsreaktion kann beispielsweise ohne Freisetzung einer Abgangsgruppe erfolgen.

35

Die Nutzung zyklischer Edukte ermöglicht eine „Maskierung“ der Funktionalität des Eduktes. So lassen sich unerwünschte Doppelreaktionen vermeiden. Die für die Anbindung der folgenden monomolekularen Schicht erforderliche funktionelle Gruppe „V“ bildet sich in ihrer reaktiven Form erst durch die Ringöffnungsreaktion. Somit wird eine Reaktion von „V“ mit der auf dem dreidimensionalen Substrat angeordneten funktionellen Gruppe vermieden.

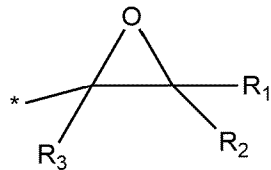
10 In dieser Ausführungsform können „A“ und „A'“ gleich oder verschieden sein. Falls im ersten Reaktionsschritt A1) bereits mehrere verschiedene molekulare Teilstrukturen eingebracht wurden ist es möglich, dass „A'“ mit einer dieser Teilstrukturen identisch ist. Es kann sich aber auch um eine weitere von den bis dahin eingebrachten molekularen Teilstrukturen verschiedene Teilstruktur handeln.

Es ist also beispielsweise möglich im Reaktionsschritt A2) eine monomolekulare Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen abzuscheiden. Auf diese Weise kann eine stabile Anknüpfung der zweiten monomolekularen Schicht an die erste monomolekulare Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht erreicht werden. Zugleich wird eine monomolekulare Schicht erzeugt, die ihrerseits funktionelle Gruppen „V“ aufweist, an welche eine weitere monomolekulare Schicht gebunden werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die funktionellen Gruppen „W“ und „X“, die auf dem Substrat angeordnete funktionelle Gruppe, sowie die funktionellen Gruppen „Y“ und „V“ ausgewählt aus der Gruppe von Elektrophilen:

*-COOR, mit R bevorzugt H, oder R ist ein kurzkettiges Alkyl, insbesondere -Methyl, -Ethyl-, verzweigtes oder lineares -Propyl, verzweigtes oder lineares -Butyl, verzweigtes oder lineares Pentyl, (Carbonsäure- und Carbalkoxygruppe)

*-COOX mit X = Halogen, bevorzugt X gleich Cl
 oder Br (Säurehalogenidgruppe)
 *-CONH₂ (Säureamidgruppe)
 *-N=C=O (Isocyanatgruppe)



, wobei R1, R2 und R3 jeweils
 10 unabhängig voneinander wie der oben beschriebene
 Rest R definiert sein können (Epoxidgruppe).

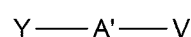
oder Nukleophilen:

*-NH₂ (Aminogruppe)
 15 *-OH (Hydroxylgruppe)
 *-SH (Thiolgruppe)
 *-CH₂-CH=CH₂ (Allylgruppe)

„*“ symbolisiert hierbei jeweils die Anbindung an die
 20 molekulare Teilstruktur.

Besonders bevorzugt sind beispielsweise Edukte (also erste
 bzw. zweite Edukte im Sinne der Erfindung), welche eine
 Hydroxylgruppe und eine Aminogruppe aufweisen (z.B. W ist
 25 eine Hydroxylgruppe und X eine Aminogruppe oder umgekehrt
 oder Y ist eine Hydroxylgruppe und V eine Aminogruppe oder
 umgekehrt). Diese Kombination ist besonders vorteilhaft, weil
 sich die Aminogruppe und die Hydroxylgruppe hinreichend in
 ihrer Reaktivität unterscheiden um selektiv zu reagieren.
 30 Außerdem reagieren sie nicht mit sich selbst oder
 miteinander.

Analog wie für den ersten Reaktionsschritt A1) dargelegt ist
 es auch beim zweiten Reaktionsschritt A2) gemäß einer
 35 weiteren Ausführungsform möglich, dass nicht nur ein zweites
 Edukt der allgemeinen Formel



sondern zusätzlich ein weiteres zweites Edukt auf der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht abgeschieden wird. Beispielsweise kann das weitere zweite Edukt die folgende allgemeine Formel aufweisen:

5



wobei die molekulare Teilstruktur „A“ in diesem Fall ungleich der molekularen Teilstruktur „A'“ und wobei „Y“ und „V“ wie oben geschildert definiert sind.

10

Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweisend die beschriebenen Reaktionsschritte A1) und A2) weist zusätzlich zumindest einen Iterationsschritt A3) innerhalb des Verfahrensschrittes A) zur Wiederholung der Schritte A1) und A2) auf. Die Iteration kann dabei solange fortgesetzt werden bis die gewünschte Schichtdicke der ersten organischen funktionellen Schicht erreicht ist.

15

Die Iteration kann dabei sowohl nach Verfahrensschritt A1) als auch nach Verfahrensschritt A2) beendet werden.

20

Ein derartiges Verfahren erlaubt also den schrittweise bzw. sukzessiven Aufbau der ersten organischen funktionellen Schicht durch Abscheidung von Monolage für Monolage, wobei alle Monolagen hierbei miteinander durch kovalente Bindungen verknüpft werden. Neben der hervorragenden Schichtdickenkontrolle und dem guten Zusammenhalt der einzelnen monomolekularen Schichten, kann so zudem die Oberflächenstruktur des darunterliegenden dreidimensional gekrümmten Substrates abgebildet werden.

25

30

Eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens betrifft ein Verfahren wobei Verfahrensschritt B) einen ersten Reaktionsschritt B1) innerhalb des Verfahrensschrittes B) zur Aufbringung einer ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht mittels

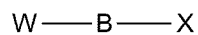
35

Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten organischen funktionellen Schicht aufweist.

Auf diese Weise wird die erste monomolekulare Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht kovalent an die letzte monomolekulare Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht angeknüpft. Es wird also eine kovalente Anbindung der zweiten organischen funktionellen Schicht an die erste organische funktionelle Schicht erreicht. Zudem kann die Oberflächenstruktur der ersten organischen funktionellen Schicht abgebildet werden. Dies sorgt für einen guten Zusammenhalt der organischen funktionellen Schichten sowie für eine gute elektrische Kontaktierung.

Eine Weiterbildung der soeben geschilderten Ausführungsform betrifft das erfindungsgemäße Verfahren, wobei im ersten Reaktionsschritt B1) ein erstes Edukt mit einer auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordneten funktionellen Gruppe, unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „B“ um eine erste funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die erste funktionelle molekulare Teilstruktur „B“ eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf der ersten organischen

funktionellen Schicht angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,

- und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

5

Bei der funktionellen Gruppe die auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordnet ist und mit der die funktionelle Gruppe „W“ reagiert, handelt es sich beispielsweise um eine funktionelle Gruppe, die Bestandteil eines Eduktes im letzten Reaktionsschritt von Verfahrensschritt A) war.

10

Für „W“ und „X“ und die funktionelle Gruppe, die auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordnet ist, gelten hierbei die gleichen Eigenschaften wie zuvor im Zusammenhang mit Verfahrensschritt A1) für „W“, „X“ und die auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordnete funktionelle Gruppe beschrieben.

15

Die eingebaute molekulare Teilstruktur „B“ bedingt eine Funktion in der zweiten organischen funktionellen Schicht. Dies soll beispielhaft erläutert werden. Beispielsweise kann es sich bei der zweiten organischen funktionellen Schicht um eine elektrolumineszierende Schicht oder eine photosensitive Schicht handeln. In diesem Fall kann „B“ eine molekulare Teilstruktur sein, welche in der zweiten organischen funktionellen Schicht die Emission oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung ermöglicht.

20

Es ist also beispielsweise möglich im Reaktionsschritt B1) genau eine monomolekulare Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen auf der ersten organischen funktionellen Schicht abzuscheiden. Auf diese Weise kann eine stabile Anknüpfung der zweiten organischen funktionellen Schicht an die erste organische funktionelle Schicht erreicht werden. Zugleich wird eine monomolekulare Schicht erzeugt, die ihrerseits

30

35

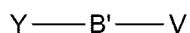
funktionelle Gruppen aufweist, an welche eine weitere monomolekulare Schicht gebunden werden kann.

Ebenso wie für den ersten Reaktionsschritt A1) dargelegt ist es auch beim zweiten Reaktionsschritt B1) gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, dass nicht nur ein erstes Edukt mit einer ersten molekularen Teilstruktur „B“ im ersten Reaktionsschritt B1) innerhalb des Verfahrensschrittes B) sondern auch ein weiteres erstes Edukt mit einer zweiten molekularen Teilstruktur „B'“ abgeschieden wird. Auf diese Weise können auch in der zweiten organischen funktionellen Schicht verschiedenartige molekulare Teilstrukturen „B“ und „B'“ eingeführt werden.

Gemäß einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Verfahren neben dem ersten Reaktionsschritt B1) zusätzlich einen zweiten Reaktionsschritt B2) innerhalb des Verfahrensschrittes B) zur Aufbringung einer zweiten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht auf.

Die zweite monomolekulare Schicht kann somit wiederum kovalent an die erste monomolekulare Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht angeknüpft werden. Eine Weiterbildung der soeben geschilderten Ausführungsform betrifft das erfindungsgemäße Verfahren, wobei im zweiten Reaktionsschritt B2) ein zweites Edukt mit einer funktionellen Gruppe „X“, welche auf der ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht angeordnet ist, unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das zweite Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „B“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingt,

5 wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „B“ eine erste funktionelle Gruppe „Y“ und eine zweite funktionelle Gruppe „V“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „Y“ und die zweite funktionelle Gruppe „V“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „Y“ mit der funktionellen Gruppe „X“ reagiert,
- und wobei die funktionelle Gruppe „V“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

Für „Y“ und „V“ und die funktionelle Gruppe „X“, gelten hierbei die gleichen Eigenschaften wie zuvor im Zusammenhang mit Verfahrensschritt A2) beschrieben.

20 Die eingebaute molekulare Teilstruktur „B“ bedingt eine Funktion in der zweiten organischen funktionellen Schicht. „B“ kann dabei identisch mit „B“ sein oder verschieden von „B“.

25 Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweisend die beschriebenen Reaktionsschritte B1) und B2) weist zusätzlich zumindest einen Iterationsschritt B3) innerhalb des Verfahrensschrittes B) zur Wiederholung der Schritte B1) und B2) auf. Die Iteration kann dabei solange fortgesetzt werden bis die gewünschte Schichtdicke der zweiten organischen funktionellen Schicht erreicht ist.

35 Die Iteration kann dabei sowohl nach Verfahrensschritt B1) als auch nach Verfahrensschritt B2) beendet werden.

Ein derartiges Verfahren erlaubt also den schrittweise bzw. sukzessiven Aufbau der zweiten organischen funktionellen Schicht durch Abscheidung von Monolage für Monolage, wobei alle Monolagen hierbei miteinander durch kovalente Bindungen
5 verknüpft sind.

Eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst zusätzlich einen Verfahrensschritt C) zum Abscheiden einer dritten organischen funktionellen Schicht auf der
10 zweiten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD), wobei in Schritt C) die Anbindung der dritten Schicht an die zweite Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen erfolgt.

15 Es ist also möglich, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine organische funktionelle Schichtanordnung aufweisend zumindest drei Schichten hergestellt wird. Die dritte Schicht kann dabei auf genau die gleiche Art und Weise hergestellt werden wie oben für die erste und die zweite organische
20 funktionelle Schicht beschrieben. Alle im Zusammenhang mit den Verfahrensschritten A) und B) genannten bevorzugten Ausführungsformen können daher auch auf Verfahrensschritt C) analog angewandt werden.

25 Weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens umfassen noch weitere Verfahrensschritte analog zu den Verfahrensschritten A), B) oder C) zur Aufbringung weiterer organischer funktioneller Schichten. Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht durch die Zahl der aufzubringenden
30 Schichten limitiert. Es kann eine Vielzahl verschiedenartiger oder gleichartiger organischer funktioneller Schichten aufgebracht werden.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung betrifft das
35 erfindungsgemäße Verfahren, wobei das dreidimensional-gekrümmte Substrat eine Oberflächenstruktur aufweist, die von

der dreidimensional gekrümmten organischen funktionellen Schichtanordnung abgebildet wird.

Insbesondere kann die Oberflächenstruktur des dreidimensional
5 gekrümmten Substrates eine oder mehrere Krümmungen, Kanten, Minima, Maxima, Sattelpunkte oder Abschattungen aufweisen, die von der organischen funktionellen Schichtanordnung abgebildet werden. D.h. die Oberflächenstruktur des Substrates kann sich in der Oberflächenstruktur jeder
10 einzelnen Schicht der organischen funktionellen Schichtanordnung widerspiegeln und wird auch durch deren oberste Schicht abgebildet, wobei sich die organische funktionelle Schichtanordnung über diese Krümmungen, Kanten, Minima, Maxima, Sattelpunkte oder Abschattungen hinweg erstreckt.

15 Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es sich bei der ersten und/oder zweiten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht, eine strahlungsemittierende Schicht oder eine photoaktive
20 Schicht handeln.

Besonders bevorzugt handelt es sich bei der ersten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht, insbesondere eine Lochtransport- oder
25 Lochinjektionsschicht.

Weiter ist es bevorzugt, dass es sich bei der zweiten organischen funktionellen Schicht entweder um eine elektrolumineszierende Schicht oder um eine photosensitive
30 Schicht handelt.

Sofern die organische funktionelle Schicht drei organische funktionelle Schichten umfasst ist es bevorzugt, dass es sich bei der dritten organischen funktionellen Schicht um eine
35 Ladungsträgertransportschicht z.B. eine Elektronentransport- oder Elektroneninjektionsschicht handelt.

Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet die Abscheidung verschiedenartiger Funktionsschichten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei
5 der molekularen Teilstruktur A um eine Molekülstruktur, welche eine Funktion als Ladungstransportmaterial oder als Dotierstoff in der ersten organischen funktionellen Schicht einnimmt.

10 Bei der Molekülstruktur kann es sich beispielsweise um ein rein organisches Molekül oder um einen Metallkomplex handeln.

Beispielsweise kann die Molekülstruktur Teil eines Ladungsträgertransportmaterials werden und somit den
15 Ladungsträgertransport ermöglichen. Beispielsweise kann die Molekülstruktur Teil eines Lochtransportmaterials werden und eine Lochtransportfunktion ermöglichen.

Beispielsweise kann ein als Dotierstoff z.B. als p-
20 Dotierstoff wirkender Metallkomplex eingebaut werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der molekularen Teilstruktur B um eine Molekülstruktur, welche eine Funktion als Ladungsträgertransportmaterial, als
25 Emitter-Material oder als photoaktives Material in der zweiten organischen funktionellen Schicht einnimmt.

Beispielsweise kann es sich bei der Molekülstruktur um einen Metallkomplex handeln, der Strahlung emittieren kann. Es kann
30 sich also z.B. um eine phosphoreszierende oder fluoreszierende Molekülstruktur handeln. Es kann sich aber z.B. auch um eine Molekülstruktur handeln, die in der Schicht ein leitendes Material bildet und so einen Ladungsträgertransport erlaubt.

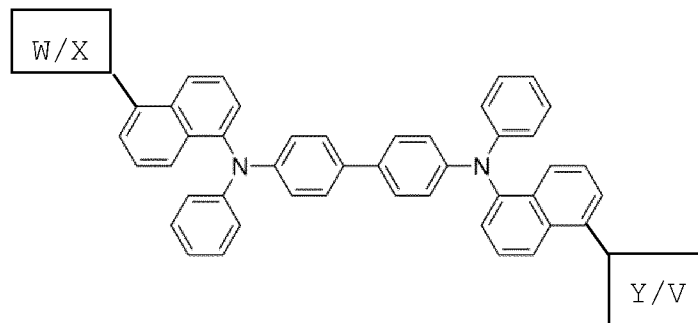
35 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann in einem Verfahrensschritt C) eine dritte organische funktionelle

Schicht analog zu den Verfahrensschritten A) und B) mit
 Reaktion eines dritten Eduktes mit einer dritten molekularen
 Teilstruktur abgeschieden werden, wobei die dritte molekulare
 Teilstruktur eine Funktion in der dritten organischen
 5 funktionellen Schicht bedingt.

Beispielsweise kann die Teilstruktur C eine Ladungsträger-
 transportfunktion z.B. eine Elektronentransportfunktion in
 einer Elektronentransport- oder Elektroneninjectionsschicht
 10 bedingen.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens
 kann es sich bei den molekularen Teilstrukturen „A“, „A‘‘, „A‘‘‘...
 „B“, „B‘‘, „B‘‘‘... und „C“, „C‘‘... beispielsweise um
 15 Teilstrukturen der folgenden Edukte handeln:

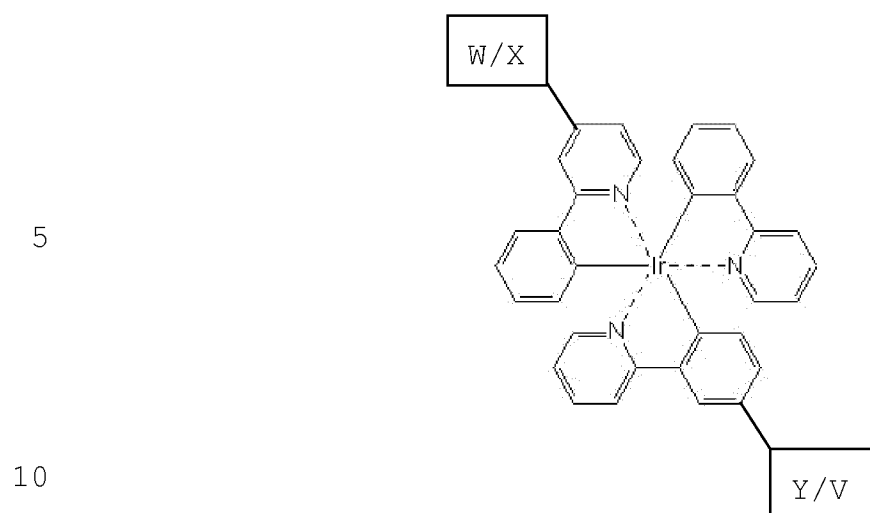
Lochtransportmaterial: α -NPD (N,N'-Di(1-naphthyl)-N,N'-
 diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine):



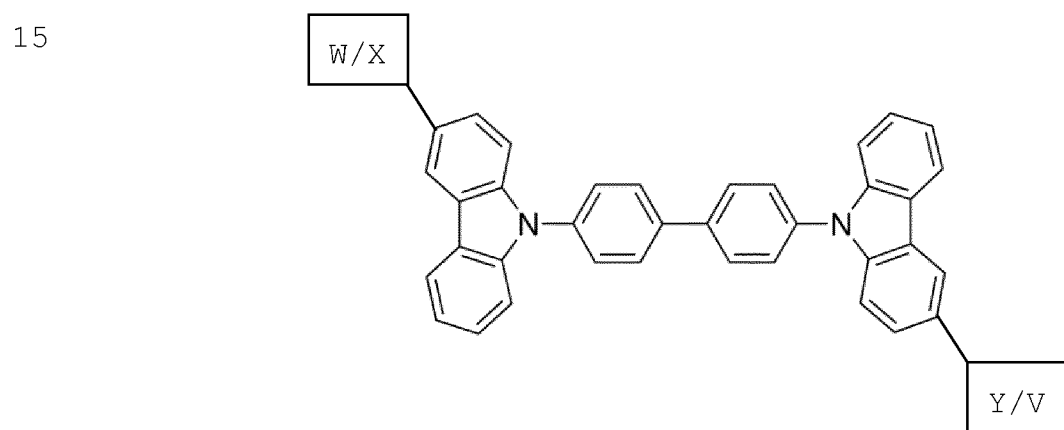
W und X sowie Y und V entsprechen hier und im Folgenden den
 zuvor behandelten funktionellen Gruppen, während die
 30 Molekülstruktur an welche sie angebunden sind Beispiele für
 die molekularen Teilstrukturen bilden.

Emittermaterial: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ (Tris[2-phenylpyridinato-
 $\text{C}^2, \text{N}]$ iridium(III)):

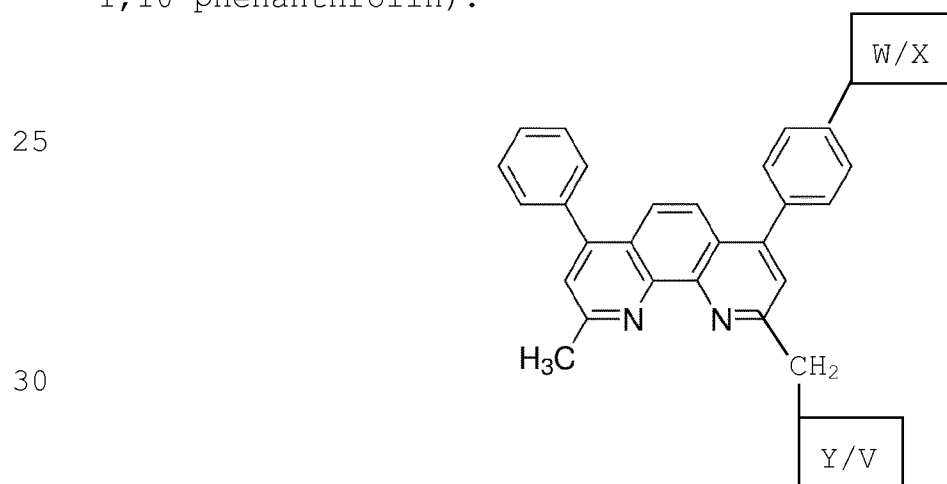
35



Hostmaterial: CBP (4,4'-Bis(*N*-carbazolyl)-1,1'-biphenyl):



Elektronentransportmaterial: BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin):



Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform können in dem erfindungsgemäßen Verfahren verbrückende Gruppen zwischen den monomolekularen Schichten und insbesondere den für die Funktion der einzelnen Schichten wichtigen molekularen Teilstrukturen gebildet werden, die aus den Resten der funktionellen Gruppen hervorgehen (z.B. aus „W“, „X“, „Y“ und „V“). Typische Verbrückungen sind etwa Ethergruppen, Säureamidgruppen, Estergruppen, Alkylgruppen oder Allylgruppen.

Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist die optoelektronische Vorrichtung eine erste Elektrode auf, die mittels Atomlagenabscheidung (ALD) abgeschieden werden kann.

Bei der ersten Elektrode kann es sich z.B. um eine transparente Elektrode handeln. Die erste Elektrode kann Indiumzinnoxid (engl. indium tin oxide - ITO) oder Aluminiumzinkoxid (aluminum zink oxide - AZO) umfassen oder daraus bestehen. Die erste Elektrode kann beispielsweise zwischen dem Substrat und der ersten organischen funktionellen Schicht angeordnet sein.

Durch Nutzung der Atomlagenabscheidung kann auch die erste Elektrode, an welche hohe Anforderungen bzgl. der Homogenität der Schichtdicke bei 3D-optoelektronischen Vorrichtungen gestellt werden, mit guter Schichtdickenkontrolle abgeschieden werden. Durch Nutzung des ALD-Verfahrens kann die dreidimensional gekrümmte Oberflächenstruktur des Substrates abgebildet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße optoelektronische Vorrichtung eine zweite Elektrode z.B. eine spiegelnde Elektrode, die mittels herkömmlicher Verfahren abgeschieden werden kann.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass für die spiegelnde Elektrode geringere Anforderungen an die Schichtdickenkontrolle bestehen. Eine gewisse laterale Schichtdickenvariation ist hier tolerierbar für die Funktion der optoelektronischen Vorrichtung. Die zweite Elektrode kann daher auch mittels herkömmlichen Verfahren abgeschieden werden. Bei der spiegelnden Elektrode kann es sich insbesondere um eine metallische Schicht handeln. Z.B. kann es sich bei einer bottom-emittierenden OLED um die Top-Elektrode handeln, die als spiegelnde Elektrode ausgeführt ist. Alternativ kann es sich beispielsweise bei der organischen optoelektronischen Vorrichtung auch um eine top-emittierende OLED handeln, wobei die erste Elektrode mittels herkömmlicher Verfahren abgeschieden wird und die zweite Elektrode mittels Atomlagenabscheidung (ALD) abgeschieden wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine organische optoelektronische Vorrichtung, aufweisend zumindest eine dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung auf einem dreidimensional gekrümmten Substrat, wobei besagte Schichtanordnung zumindest eine erste organische funktionelle Schicht und eine zweite organische funktionelle Schicht aufweist, wobei die zweite organische funktionelle Schicht durch kovalente Bindungen an die erste organische funktionelle Schicht gebunden ist. Erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtungen können beispielsweise eine dreidimensional gekrümmte Oberflächenstruktur aufweisen ohne unerwünschte nicht funktionale Kanten wie sie beispielsweise durch Kombination planarer zweidimensionaler organischer optoelektronischer Vorrichtungen vorliegen würden. Stattdessen sind nahezu beliebig komplexe Geometrien des dreidimensional gekrümmten Substrates bzw. der dreidimensional gekrümmten organischen funktionellen Schicht möglich.

Außerdem sind die erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtungen durch eine innige Anknüpfung der einzelnen organischen funktionellen Schichten aneinander durch kovalente Bindungen gekennzeichnet, die eine hohe
5 Stabilität und gute Kontaktierung gewährleisten.

Eine bevorzugte Ausführungsform der soeben beschriebenen organischen optoelektronischen Vorrichtung betrifft besagte Vorrichtung, wobei die organische funktionelle Schicht-
10 anordnung mittels Molekularlagenabscheidung der einzelnen organischen funktionellen Schichten erfolgt.

Eine derartige organisch optoelektronische Vorrichtung ist leichter herzustellen als herkömmliche organische optoelektronische Vorrichtungen mit dreidimensional gekrümmter
15 organischer funktioneller Schichtanordnung. So kann zum Beispiel darauf verzichtet werden Beschichtungsquellen mit Hilfe etwa eines Roboterarmes über das dreidimensional gekrümmte Substrat während der Beschichtung zu führen. Auch
20 kann eine bessere Schichtdickenkontrolle erreicht werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung weist das dreidimensional gekrümmte Substrat eine Oberflächenstruktur auf
25 und wobei die Schichten der organischen funktionellen Schichtanordnung die Oberflächenstruktur des dreidimensional gekrümmten Substrates abbilden.

Insbesondere kann die Oberflächenstruktur des dreidimensional gekrümmten Substrates eine oder mehrere Krümmungen, Kanten,
30 Minima, Maxima, Sattelpunkte oder Abschattungen aufweisen, die von der organischen funktionellen Schichtanordnung abgebildet werden.

35 Eine andere Ausführungsform betrifft die erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtung, wobei die erste organische funktionelle Schicht eine definierte Anzahl

5 übereinander angeordneter molekularer Teilstrukturen „A“ und/oder „A'“ aufweist, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingen, und wobei die Dicke der Schicht durch diese Anzahl bestimmt ist (siehe z.B. Figuren 8A, 8B, 8C).

10 Eine andere Ausführungsform betrifft die erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtung, wobei die zweite organische funktionelle Schicht eine definierte Anzahl übereinander angeordneter molekularer Teilstrukturen „B“ und/oder „B'“ aufweist, die eine Funktion innerhalb der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingen, und wobei die Dicke der Schicht durch diese Anzahl bestimmt ist.

15 In den beiden letztgenannten Ausführungsformen werden die Schichtdicken jeweils durch die Anzahl der übereinander angeordneten molekularen Teilstrukturen definiert. Dies ermögliche eine Genauigkeit in der Schichtdicke der optoelektronischen Vorrichtung, die bis zu den Abmessungen
20 der einzelnen molekularen Teilstrukturen reicht.

Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung betrifft eine organische optoelektronische Vorrichtung, wobei die organischen
25 funktionellen Schichten der Schichtanordnung eine monolagengenaue Homogenität der Schichtdicke aufweisen.

Die erfindungsgemäßen optoelektronischen Vorrichtungen zeichnen sich also durch eine außerordentlich hohe
30 Genauigkeit der Kontrolle der Schichtdicke der einzelnen organischen funktionellen Schichten beziehungsweise der gesamten organischen funktionellen Schichtanordnung aus. Die Genauigkeit der Schichtdicke wird letzten Endes durch die Größe der abzuscheidenden Moleküle bestimmt.

35 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optoelektronischen Vorrichtung können in der ersten

organischen funktionellen Schicht und/oder der zweiten organischen funktionellen Schicht verbrückende Gruppen zwischen den molekularen Teilstrukturen vorliegen. Dabei kann es sich zum Beispiel um Estergruppen, Säureamidgruppen, Ethergruppen, Alkylgruppen, Allylgruppen usw. handeln.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung weist eine dritte organische funktionelle Schicht auf, die durch kovalente Bindungen an die zweite organische funktionelle Schicht gebunden ist.

Durch die kovalente Anbindung wird eine besonders stabile Verknüpfung und elektrische Kontaktierung erreicht.

Die erfindungsgemäßen optoelektronischen Vorrichtungen sind in der Zahl der organischen funktionellen Schichten nicht beschränkt und können noch weitere Schichten aufweisen.

Eine andere Weiterbildung der soeben beschriebenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung ist eine organisch optoelektronische Vorrichtung, wobei es sich bei der ersten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträger- transportschicht handelt, wobei es sich bei der zweiten organischen funktionellen Schicht um eine elektrolumineszierende Schicht oder um eine photosensitive Schicht handelt und, wobei es sich bei der dritten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht handelt.

Beispielsweise kann es sich bei der ersten organischen funktionellen Schicht um eine Lochtransport- und/oder Lochinjektionsschicht handeln. Beispielsweise kann es sich bei der dritten Schicht um eine Elektronentransport- und/oder Elektroneninjektionsschicht handeln.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung weist zusätzlich eine erste

Elektrode auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat und eine zweite Elektrode auf der organischen funktionellen Schichtanordnung auf. Beispielsweise kann eine der beiden Elektroden eine transparente und die andere Elektrode eine
5 spiegelnde Elektrode sein.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen optoelektronischen Vorrichtung handelt es sich um eine organische Leuchtdiode (OLED). Organische
10 Leuchtdioden der beschriebenen Form zeichnen sich dadurch aus, dass sie beispielsweise eine dreidimensionale Leuchtfläche aufweisen können, die ihre gesamte Fläche eine homogene Leuchtdichte aufweist.

15 Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

Es zeigen:

20 Figur 1 eine herkömmliche organische optoelektronische Vorrichtung;

Figur 2 herkömmliche organische optoelektronische Vorrichtungen und ein herkömmliches Verfahren zum
25 Ausbilden einer organischen funktionellen Schichtstruktur;

Figur 3 erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtungen;

30 Figur 4 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

35 Figur 5 schematische Darstellung eines anderen Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 6 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) und B) des erfindungsgemäßen Verfahrens;

5

Figur 7 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) mit einem ersten Edukt mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen und von Verfahrensschritt B) mit einer Ringöffnungsreaktion;

10

Figur 8 schematische Veranschaulichung verschiedener Gestaltungsformen der ersten und zweiten organischen funktionellen Schicht;

15

Figur 9 schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung am Beispiel einer 3D-OLED.

20

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer herkömmlichen optoelektronischen Vorrichtung (1).

Herkömmliche optoelektronische Vorrichtungen umfassen ein Substrat (3), das eine zweidimensionale Oberfläche aufweist, also weitgehend eben bzw. planar ist. Auf dem Substrat kann

25

eine erste Elektrode (7) angeordnet sein. Auf der ersten Elektrode ist eine organische funktionelle Schichtanordnung

(2) angeordnet. Auf der organischen funktionellen Schichtanordnung ist eine zweite Elektrode (8) angeordnet.

Die Elektroden (7), (8) können als Kathode und Anode

30

fungieren. Beispielsweise kann eine der Elektroden transparent sein, während die andere Elektrode spiegelnde also reflektierende Eigenschaften aufweisen kann. Die

organische funktionelle Schichtanordnung kann verschiedene organische funktionelle Schichten (4)-(6) aufweisen. Sie kann

35

eine erste organische funktionelle Schicht (4) eine zweite organische funktionelle Schicht (5) umfassen. Es ist zudem möglich, dass sie weitere organische funktionelle Schichten

z.B. eine dritte organische funktionelle Schicht (6) umfasst. Die Schichten könne z.B. Ladungstransportschichten (etwa Lochtransportschichten, Elektronentransportschichten), elektrolumineszierende Schichten oder photosensitive Schichten sein. Außerdem können noch weitere übliche Schichten wie sie von herkömmlichen organischen optoelektronischen Vorrichtungen wie etwa OLEDs oder organischen Solarzellen bekannt sind, vorliegen. Die organische funktionelle Schichtanordnung von herkömmlichen optoelektronischen Vorrichtungen ist weitgehend planar. Durch Aufbringung auf flexible Substrate kann nach der Abscheidung eine eingeschränkte Krümmung erzielt werden. Beliebige 3D Geometrien sind jedoch nicht zu erzielen.

Fig. 2A und **Fig. 2B** zeigt herkömmliche organische optoelektronische Vorrichtungen (1), welche durch herkömmliche Verfahren hergestellt wurden. Die Vorrichtungen können auf einer Halterung (9) aufgebracht sein. Die optoelektronischen Vorrichtungen weisen ein dreidimensional gekrümmtes Substrat (3) auf. Die Vorrichtung kann zudem Elektroden (7), (8) aufweisen, die jedoch nicht dargestellt sind. Die Herstellung erfolgt im gezeigten Fall mit herkömmlichen Verfahren z.B. mittels physikalischer Dampfphasenabscheidung mit Hilfe einer Beschichtungsquelle (10). In **Fig. 2A** weist das dreidimensional gekrümmte Substrat aufgrund seiner Oberflächenstruktur Abschattungen auf. Bei der Abscheidung der organischen funktionellen Schichtstruktur (2) führt dies zu nicht beschichteten Bereichen (11). Eine durchgehende, flächendeckende Beschichtung wird also nicht erreicht. Jedoch sogar in dem Fall, dass keine Abschattungen bzw. verdeckte Oberflächenbereiche vorliegen wie in **Fig. 2A** gezeigt führt die Beschichtung unebener Substrate zu Problemen. In **Fig. 2B** ist die Beschichtung eines gekrümmten Substrates (3) gezeigt. Aufgrund der Krümmung und damit unterschiedlichen Distanz und/oder Winkel zwischen Substratoberfläche und Beschichtungsquelle (10) kommt es bei herkömmlichen Verfahren zu Schichtdickengradienten in der

organischen funktionellen Schichtanordnung (2). Die unterschiedlichen Schichtdicken führen zu unerwünschtem unregelmäßigem Verhalten. Z.B. kann es bei OLEDs zum Auftreten von Leuchtdichtegradienten kommen.

5

Fig. 3A und **Fig. 3B** zeigen schematisch erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtungen (1), die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurden. Die Vorrichtungen können z.B. auf einer Halterung (9) aufgebracht sein. Die Vorrichtung kann zudem Elektroden (7), (8) aufweisen, die jedoch nicht dargestellt sind. Eine der Elektroden kann direkt auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat (3) angeordnet sein, sodass die organische funktionelle Schichtanordnung (2) auf dieser Elektrode abgeschieden werden kann. Es können jedoch auch noch weitere Zwischenschichten zwischen der Elektrode und der organischen funktionellen Schichtanordnung (2) vorliegen. Die Elektrodenschicht kann z.B. mittels ALD auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat abgeschieden werden. Die dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung (2), welche mittels Molekularlagenabscheidung aufgebracht wird, bildet die Oberflächenstruktur der dreidimensional gekrümmten Substratoberfläche genau ab. Wie in Fig. 3A zu erkennen führen bei der Verwendung der Molekularlagenabscheidung auch Abschattungen im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren (Fig. 2A) nicht zu unbeschichteten Bereichen. Vielmehr wird eine durchgehende Beschichtung mit der organischen funktionellen Schichtanordnung erreicht. Die dreidimensional gekrümmte Schichtanordnung weist zudem eine homogene Schichtdicke auf, ist also an jeder Stelle auf dem Substrat gleich dick. Der Unterschied zu herkömmlichen Verfahren wird z.B. auch durch Vergleich von Fig. 3B und 2B. deutlich. Auch ein unterschiedlicher Abstand und/oder Winkel von Oberflächenbereichen zur Beschichtungsquelle führt nicht zu unerwünschten Schichtdickengradienten.

35

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) des erfindungsgemäßen Verfahrens. Auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat (hier der Einfachheit halber ohne dreidimensionale Krümmung dargestellt) können funktionelle Gruppen z.B. funktionelle Gruppen „V“ angeordnet sein. Der Begriff „auf“ ist hierbei insbesondere nicht als „direkt auf“ zu verstehen. Vielmehr kann eine Elektrode auf dem Substrat vorliegen und dessen 3D-Struktur abbilden. Zudem ist es möglich, dass auf der Elektrode noch eine weitere Zwischenschicht vorliegt. Die Gruppe „V“ kann also auch auf der besagten Elektrode (oder gegebenenfalls weiteren Zwischenschicht) vorliegen. Im Verfahrensschritt A) wird die erste organische funktionelle Schicht der dreidimensional gekrümmten organischen funktionellen Schichtanordnung aufgebracht. Hierbei kann ein erstes Edukt im Reaktionsschritt A1) mit den funktionellen Gruppen auf dem Substrat reagieren. „A“ steht dabei für eine erste funktionelle molekulare Teilstruktur die Teil des ersten Eduktes ist und, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt. An die erste funktionelle molekulare Teilstruktur „A“ ist eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden, wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können. Das erste Edukt reagiert mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe. Nach der Reaktion steht die zweite funktionelle Gruppe „X“ für die Aufbringung der nächsten monomolekularen Schicht zur Verfügung. Bei der Reaktion kann beispielsweise eine Abgangsgruppe („V-W“) gebildet und freigesetzt werden. Es können aber insbesondere auch Teile der funktionellen Gruppen in der ersten organischen funktionellen Schicht als Verbrückungen zwischen den molekularen Teilstrukturen verbleiben. Die molekularen

Teilstrukturen liegen also bevorzugt verbrückt in der jeweiligen organischen funktionellen Schicht vor. Sofern die Abscheidung mehrerer monomolekularer Teilschichten innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht gewünscht ist, kann an den Reaktionsschritt A1) ein zweiter Reaktionsschritt A2) angeschlossen sein, in welchem analog zum ersten Reaktionsschritt ein zweites Edukt mit den funktionellen Gruppen „X“ auf der ersten monomolekularen Schicht unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert. Die zweite molekulare Teilstruktur „A'“ kann verschieden von der ersten molekularen Teilstruktur „A“ sein. „A“ und „A'“ können aber auch gleich sein. Die Schritte A1) und A2) können solange in einem Iterationsschritt A3) wiederholt werden bis die gewünschte Schichtdicke erreicht ist.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) ähnlich dem in Fig. 4 gezeigtem Verfahrensschritt, mit dem Unterschied, dass pro Reaktionsschritt auch verschiedene erste bzw. zweite Edukte aufweisend verschiedene molekulare Teilstrukturen „A“ und „A'“ jedoch mit jeweils den gleichen funktionellen Endgruppen eingebracht werden können. So können innerhalb einer monomolekularen Schicht jeweils zwei verschiedene molekulare Teilstrukturen eingebracht werden. Beispielsweise können beim Aufbau einer Ladungsträgertransportschicht Bausteine „A“ für ein leitendes Material und ein Dotierstoff etwa in der Form eines Metallkomplexes „A'“ zum Aufbau der organischen funktionellen Schicht gemeinsam eingebracht werden. Auch weitere Teilstrukturen „A''“ etc. können so eingebracht werden.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels von Verfahrensschritt A) und B). Der erste Reaktionsschritt A1) von Verfahrensschritt A) erfolgt wie bereits geschildert. Daran können sich entweder die Schritte A2) und gegebenenfalls Iterationsschritte A3) anschließen und/oder direkt Verfahrensschritt B). Je nachdem

ob und wieviele Iterationsschritte vorgenommen werden kann die erste organische funktionelle Schicht neben einer ersten molekularen Teilstruktur „A“ noch weitere molekulare Teilstrukturen „A‘“, „A‘‘“, „A‘‘‘“ usw. aufweisen. Das Prinzip des Schichtaufbaus ist in Verfahrensschritt B) dasselbe wie in Verfahrensschritt A), wobei im Zuge von Verfahrensschritt B) die zweite organische funktionelle Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen auf der ersten organischen funktionellen Schicht abgeschieden wird. Bei Verfahrensschritt B), der mit einem ersten Reaktionsschritt B1) beginnt, wird eine molekulare Teilstruktur „B“ eingebracht, die eine Funktion in der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingt. Ob als erstes Edukt Y-B-V oder W-B-X zum Einsatz kommt hängt davon ab, nach wie vielen Iterationsschritten der Verfahrensschritt A) abgebrochen wird, sprich ob die erste organische funktionelle Schicht die Gruppe „X“ oder die Gruppe „V“ als Gruppe für die Anbindung der zweiten organischen funktionellen Schicht zur Verfügung stellt. Im gezeigten Beispielfall steht die Gruppe „X“ für den nächsten Reaktionsschritt zur Verfügung. Auch bei Verfahrensschritt B) sind weitere Reaktions- und/oder Iterationsschritte B2), B3) möglich. Analog zur Ausbildung der ersten beiden funktionellen Schichten kann auch eine dritte organische funktionelle Schicht etwa im Zuge eines analogen Verfahrensschrittes C) gebildet werden. Die Dicke jeder einzelnen organischen funktionellen Schicht kann jeweils durch Iterationsschritte gesteuert werden. Die einzelnen molekularen Teilstrukturen können jeweils über Verbrückungen miteinander verbunden sein. Insbesondere kann es sich bei den Verbrückungen um Reste der beim Schichtaufbau zum Einsatz kommenden funktionellen Gruppen, „X“, „W“, „Y“, „V“ etc. handeln. Typische Verbrückungen sind beispielsweise Estergruppen, Säureamidgruppen, Ethergruppen, Alkylgruppen und Allylgruppen.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel für die Verfahrensschritte A) und B), wobei im Verfahrensschritt A) die funktionellen Gruppen

des ersten Eduktes terminale also freistehende funktionelle Gruppen sind. Das gezeigte erste Edukt weist funktionelle Gruppen gleicher Funktionalität aber unterschiedlicher Reaktivität auf. So sind beide funktionellen Gruppen -NH_2 und -OH nukleophile Gruppen. Da beide Gruppen nukleophil sind können sie nicht mit sich selbst oder miteinander reagieren. Da die beiden Gruppen zudem eine unterschiedliche Reaktivität für Reaktionen mit Carboxylgruppen -COOH , die auf dem Substrat angeordnet sind besitzen kann eine selektive Anbindung in diesem Fall durch die Bildung einer Estergruppe unter Abspaltung von Wasser erfolgen. Die Aminogruppe steht im nächsten Reaktions- bzw. Verfahrensschritt für die Abscheidung der nächsten Schicht zur Verfügung. Durch die Nutzung derartiger heterobifunktioneller Verbindungen kann eine Monolagenabscheidung besonders gut kontrolliert werden. Eine ebenfalls gut kontrollierte Monolagenabscheidung ist wie in Figur 7 im Verfahrensschritt B) gezeigt auch durch Nutzung zyklischer Edukte in welchen die reaktiven Gruppen maskiert vorliegen möglich. Im gezeigten Beispiel wird ein Säureanhydrid verwendet. Im Säureanhydrid sind zwei Carboxylgruppen durch Reaktion miteinander gebunden. Das Säureanhydrid kann schließlich mit einem Nukleophil, hier der Aminofunktion reagieren, wobei sich die Ringstruktur öffnet. Im Zuge der Ringöffnungsreaktion erfolgt nicht nur die Ausbildung einer Säureamidbindung sondern zugleich wird eine Carbonsäuregruppe freigesetzt, die für die Anbindung der folgenden Schicht zur Verfügung steht.

Fig. 8A, 8B, 8C zeigen exemplarisch mögliche dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnungen (2) (3D-Krümmung der Einfachheit halber nicht dargestellt). Die Schichtanordnung weist zumindest eine erste (4) und eine zweite (5) organische funktionelle Schicht auf, kann aber auch noch weitere Schichten umfassen. Die beiden Schichten sind durch kovalente Bindungen miteinander verknüpft. Sie umfassen jeweils zumindest eine monomolekulare Schicht, können aber auch eine Vielzahl von monomolekularen Schichten

aufweisen. Durch die Art der Abscheidung bildet sich ein Molekülstrang, der von der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht bis zur letzten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht reicht und durchgehend alle monomolekularen Schichten durch kovalente Bindungen miteinander verknüpft. Zwischen den molekularen Teilstrukturen („A“, „A‘“, „A‘‘“, „B“ etc.) können auch Verbrückende Gruppen vorliegen, die sich aus den Resten der funktionellen Gruppen der eingesetzten Edukte ergeben (z.B. Reste der Gruppen „W“, „X“, „Y“ und „V“). Bezogen auf das Beispiel der vorherigen Figur 7 sind diese Verbrückungen z. B. Säureamid- oder Estergruppen. Insgesamt ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten beim Einbau der molekularen Teilstrukturen. So ist es möglich, dass jede Schicht jeweils nur eine Art von molekularen Teilstrukturen umfasst (Fig. 8A). Es ist auch möglich, dass innerhalb einzelner monomolekularer Schichten verschiedene molekulare Teilstrukturen (z.B. „A“ und „A‘“) vorliegen (Fig. 8B). Beispielsweise ist aber auch denkbar, dass eine erste Schicht „A‘“ und „A‘“ aufweist und die folgende zweite monomolekulare Schicht „A‘‘“ aufweist etc. Für den Fachmann ist klar ersichtlich, dass sich hieraus weitere Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Schließlich können in verschiedenen monomolekularen Schichten unterschiedliche molekulare Teilstrukturen vorliegen (Fig. 8C).

Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung (1), hergestellt gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren, umfassend ein dreidimensional gekrümmtes Substrat (3) mit einer ersten Elektrode als Anode (7) einer zweiten Elektrode als Kathode (8) und zwischen den Elektroden eine dreidimensional gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung (2). Die einzelnen organischen funktionellen Schichten der organischen funktionellen Schichtanordnung sind durch kovalente Bindungen miteinander verknüpft. Die Anbindung an die Elektroden kann, muss aber nicht mittels kovalenter Bindungen erfolgen. Im

dargestellten Fall handelt es sich um eine 3D-OLED aufweisend eine erste organische funktionelle Schicht, die eine Lochinjektionsschicht ist (engl. hole injektion layer - HIL) eine zweite organische funktionelle Schicht, die eine
5 elektrolumineszierende Schicht ist (emitter layer - EML) sowie eine dritte organische funktionelle Schicht, die eine Elektronentransportschicht ist (electron transport layer - ETL). Die 3D-Krümmung ist im gezeigten Fall nur leicht angedeutet. Es können jedoch auch komplexe Geometrien
10 ermöglicht werden.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand eines konkreten Beispiels näher erläutert werden. Die hierbei genannten Edukte, Apparaturen und Prozessparameter dienen dabei
15 lediglich der Veranschaulichung der Erfindung, das erfindungsgemäße Verfahren und erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtungen sind aber nicht darauf beschränkt:

20 Im vorliegenden Beispielfall für ein erfindungsgemäßes Verfahren wird das dreidimensional gekrümmte Substrat in eine Molekularlagenabscheidungs-Prozesskammer eingebracht. Die Prozesskammer wird auf eine Temperatur von 90°C gebracht. Stickstoff (N₂) dient als Träger- bzw. Spül-Gas. Es sind
25 jedoch beispielsweise auch andere inerte Gase, wie sie als Träger- bzw. Spül-Gase regelmäßig zum Einsatz kommen geeignet. Der Basisdruck in der Prozesskammer wird auf 1 mbar eingestellt. Die Prozesskammer wird kontinuierlich mit dem Trägergas (N₂) durchspült. Das Edukt bzw. die Edukte der
30 jeweiligen Reaktionsschritte (z.B. Reaktionsschritte A1), A2), B1), B2), C1) C2) etc.) werden in individuellen Behältern bei einer Temperatur von 50°C bereitgehalten. Der Zustrom (bzw. „das Einspülen“) des Eduktes oder der Edukte in die Prozesskammer erfolgt durch temporäres Öffnen von
35 Ventilen zwischen den Edukt-Behältern und dem Trägergas-Zufluss in die Prozesskammer.

Ablauf des Beschichtungszyklus für die Ausbildung einer monomolekularen Schicht:

- Zunächst werden die Edukte in die Prozesskammer mittels des Trägergases in einem Zeitraum von etwa einer Sekunde
5 eingebracht („eingespült“).
- Daraufhin folgt eine Reaktionszeit bzw. Spülzeit von 60 Sekunden. In dieser Zeit wird die Prozesskammer mit reinem Trägergas gespült.

10 Für einen Fachmann ist dabei klar ersichtlich, dass die Zeitdauer der hier genannten Schritte die am besten geeigneten Reaktionstemperaturen sowie alle weiteren Prozessparameter je nach Apparatur und verwendetem Edukt variieren können.

15

Mit dem beschriebenen Verfahren wird eine erfindungsgemäße organische optoelektronische Vorrichtung gemäß Figur 9 hergestellt. Hierbei werden jeweils die folgende Anzahl an monomolekularen Schichten (Monolagen) pro organischer
20 funktioneller Schicht aufgebracht:

- Erste organische funktionelle Schicht:
Lochinjektionsschicht (HIL) aus alpha-NPD:
98 Monolagen
- Zweite organische funktionelle Schicht:
25 Elektrolumineszierende Schicht (EML) aus Ir(ppy)₃-dotiertem CBP: 17 Monolagen
- Dritte organische funktionelle Schicht:
Elektronentransportschicht (ETL) aus BCP:
316 Monolagen

30

Dies ergibt einen Aufbau mit den folgenden Schichtdicken:
HIL 200 nm / EML 30 nm / ETL 300 nm

Für die Abscheidung der elektrolumineszierenden Schicht (EML)
35 werden dem Trägergas Ir(ppy)₃ und CBP so beigegeben, dass das Massenverhältnis zwischen den Edukten Ir(ppy)₃ und CBP der gewünschten Dotierung in der EML entspricht. Im konkreten

Ausführungsbeispiel 10 Gewichtsprozent Ir(ppy)_3 und 90 Gewichtsprozent CBP.

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

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 10 2015 106 123.6, deren Offenbarungsgehalt
hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	optoelektronische Vorrichtung
	2	organische funktionelle Schichtanordnung
5	3	Substrat
	4	erste organische funktionelle Schicht
	5	zweite organische funktionelle Schicht
	6	dritte organische funktionelle Schicht
	7	erste Elektrode
10	8	zweite Elektrode
	9	Halterung
	10	Beschichtungsquelle
	11	nicht beschichteter Bereich
15	A	funktionelle molekulare Teilstruktur
	A'	weitere funktionelle molekulare Teilstruktur
	A''	weitere funktionelle molekulare Teilstruktur
	B	molekularen Teilstruktur
	B'	weitere molekularen Teilstruktur
20	B''	
	V	weitere funktionelle Gruppe
	W	erste funktionelle Gruppe
	X	zweite funktionelle Gruppe
	Y	weitere funktionelle Gruppe
25	EML	elektrolumineszierende Schicht
	ETL	Elektronentransportschicht
	HIL	Lochinjektionsschicht

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer organischen optoelektronischen Vorrichtung, aufweisend zumindest eine dreidimensional-gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung, wobei die Schichtanordnung zumindest eine erste und eine zweite organische funktionelle Schicht aufweist, umfassend die Verfahrensschritte

A) Abscheiden der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf einem dreidimensional gekrümmten Substrat,

B) Abscheiden der zweiten organischen funktionellen Schicht auf der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD), wobei in Schritt B) die Anbindung der zweiten Schicht an die erste Schicht unter Ausbildung kovalenter Bindungen erfolgt.

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei Verfahrensschritt A)

- einen ersten Reaktionsschritt A1) innerhalb des Verfahrensschrittes A) zur Aufbringung einer ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat aufweist.

3. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei im ersten Reaktionsschritt A1) ein erstes Edukt mit einer auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten

funktionellen Gruppe unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „A“ um eine erste funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion

innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die erste funktionelle molekulare Teilstruktur „A“ eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist,

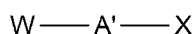
wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf dem dreidimensional-gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,
- und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für eine weitere Reaktion zur Verfügung steht.

4. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei im ersten Reaktionsschritt A1) ein weiteres erstes Edukt mit einer auf dem dreidimensional gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe unter Ausbildung einer kovalenten

Bindung reagiert,

- wobei das weitere erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „A“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „A“ jeweils eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das weitere erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf dem dreidimensional

gekrümmten Substrat angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,

- und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für eine weitere Reaktion zur Verfügung steht.

5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, zusätzlich aufweisend

- einen zweiten Reaktionsschritt A2) innerhalb des Verfahrensschrittes A) zur Aufbringung einer zweiten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht.

10

6. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei im zweiten Reaktionsschritt A2) ein zweites Edukt mit einer funktionellen Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

15

- wobei das zweite Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:

20



wobei es sich bei „A'“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingt,

25

wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „A'“ eine erste funktionelle Gruppe „Y“ und eine zweite funktionelle Gruppe „V“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „Y“ und die zweite funktionelle Gruppe „V“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

30

- wobei das zweite Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „Y“ mit der funktionellen Gruppe „X“ der ersten monomolekularen Schicht der ersten organischen funktionellen Schicht reagiert

35

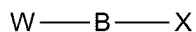
- und wobei die funktionelle Gruppe „V“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 6,
wobei Verfahrensschritt B)

- einen ersten Reaktionsschritt B1) innerhalb des Verfahrensschrittes B) zur Aufbringung einer ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten organischen funktionellen Schicht aufweist.

8. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei im ersten Reaktionsschritt B1) ein erstes Edukt mit einer auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordneten funktionellen Gruppe, unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das erste Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „B“ um eine erste funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die erste funktionelle molekulare Teilstruktur „B“ eine erste funktionelle Gruppe „W“ und eine zweite funktionelle Gruppe „X“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „W“ und die zweite funktionelle Gruppe „X“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „W“ mit der auf der ersten organischen funktionellen Schicht angeordneten funktionellen Gruppe reagiert,

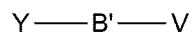
- und wobei die funktionelle Gruppe „X“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, zusätzlich aufweisend

- einen zweiten Reaktionsschritt B2) innerhalb des Verfahrensschrittes B) zur Aufbringung einer zweiten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD) auf der ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht.

10. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei im zweiten Reaktionsschritt B2) ein zweites Edukt mit einer funktionellen Gruppe „X“, welche auf der ersten monomolekularen Schicht der zweiten organischen funktionellen Schicht angeordnet ist, unter Ausbildung einer kovalenten Bindung reagiert,

- wobei das zweite Edukt die folgende allgemeine Formel aufweist:



wobei es sich bei „B'“ um eine zweite funktionelle molekulare Teilstruktur handelt, die eine Funktion innerhalb der zweiten organischen funktionellen Schicht bedingt,

wobei an die zweite funktionelle molekulare Teilstruktur „B'“ eine erste funktionelle Gruppe „Y“ und eine zweite funktionelle Gruppe „V“ gebunden ist,

wobei die erste funktionelle Gruppe „Y“ und die zweite funktionelle Gruppe „V“ entweder terminale funktionelle Gruppen sein können oder in einer Ringstruktur miteinander verbunden sein können,

- wobei das erste Edukt mit der ersten funktionellen Gruppe „Y“ mit der funktionellen Gruppe „X“ reagiert,
- und wobei die funktionelle Gruppe „V“ für weitere Reaktionen zur Verfügung steht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, zusätzlich umfassend einen Verfahrensschritt C) zum Abscheiden einer

dritten organischen funktionellen Schicht auf der zweiten organischen funktionellen Schicht mittels Molekularlagenabscheidung (MLD), wobei in Schritt C) die Anbindung der dritten Schicht an die zweite Schicht unter Ausbildung

5 kovalenter Bindungen erfolgt.

12. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das dreidimensional gekrümmte Substrat eine Oberflächenstruktur aufweist, die von der dreidimensional

10 gekrümmten organischen funktionellen Schichtanordnung abgebildet wird.

13. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei es sich bei der ersten und/oder zweiten organischen

15 funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht, eine strahlungsemittierende Schicht oder eine photoaktive Schicht handeln kann.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei es

20 sich bei der molekularen Teilstruktur A um eine Molekülstruktur handelt, welche eine Funktion als Ladungstransportmaterial oder als Dotierstoff in der ersten organischen funktionellen Schicht einnimmt.

25 15. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei es sich bei der molekularen Teilstruktur B um eine Molekülstruktur handelt, welche eine Funktion als Ladungsträgertransportmaterial, als Emittermaterial oder als photoaktives Material in der zweiten organischen funktionellen Schicht einnimmt.

30 16. Organische optoelektronische Vorrichtung, aufweisend zumindest eine dreidimensional-gekrümmte organische funktionelle Schichtanordnung auf einem dreidimensional-gekrümmten Substrat, wobei besagte Schichtanordnung zumindest

35 eine erste organische funktionelle Schicht und eine zweite organische funktionelle Schicht aufweist, wobei die zweite organische funktionelle Schicht durch kovalente Bindungen an

die erste organische funktionelle Schicht gebunden ist.

17. Organische optoelektronische Vorrichtung gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei das dreidimensional gekrümmte Substrat eine Oberflächenstruktur aufweist und wobei die Schichten der organischen funktionellen Schichtanordnung die Oberflächenstruktur des dreidimensional gekrümmten Substrates abbilden.

18. Organische optoelektronische Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 16 oder 17, wobei die erste organische funktionelle Schicht eine definierte Anzahl übereinander angeordneter molekularer Teilstrukturen „A“ und/oder „A'“ aufweist, die eine Funktion innerhalb der ersten organischen funktionellen Schicht bedingen, und wobei die Dicke der Schicht durch diese Anzahl bestimmt ist.

19. Organische optoelektronische Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18 zusätzlich aufweisend eine dritte organische funktionelle Schicht, die durch kovalente Bindungen an die zweite organische funktionelle Schicht gebunden ist.

20. Organische optoelektronische Vorrichtung, gemäß dem vorherigen Anspruch

- wobei es sich bei der ersten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht handelt,
- wobei es sich bei der zweiten organischen funktionellen Schicht um eine elektrolumineszierende Schicht oder um eine photosensitive Schicht handelt und,
- wobei es sich bei der dritten organischen funktionellen Schicht um eine Ladungsträgertransportschicht handelt.

Fig. 1

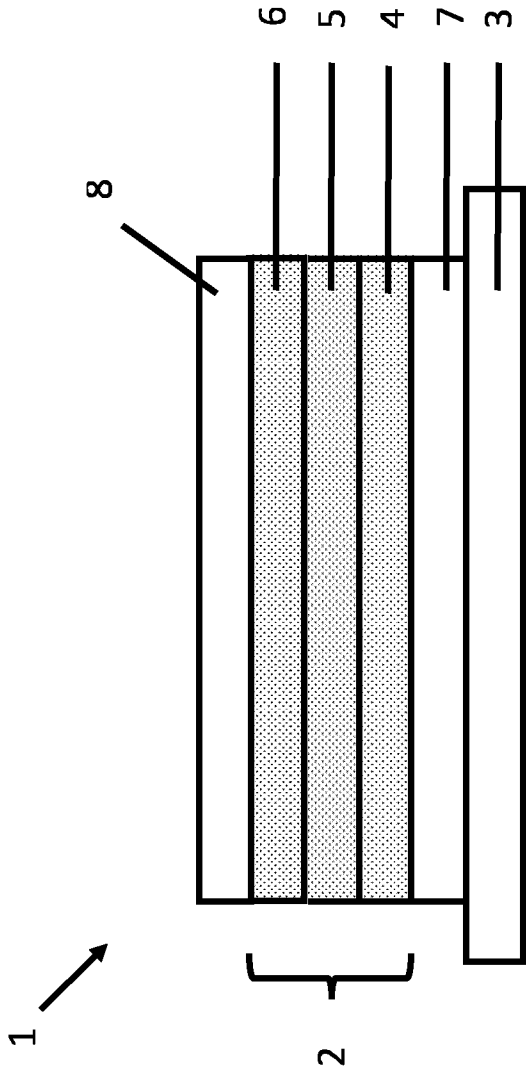


Fig. 2A

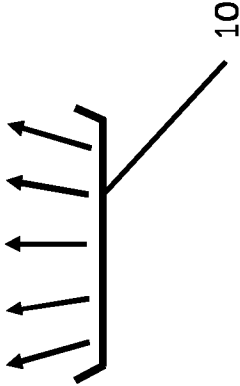
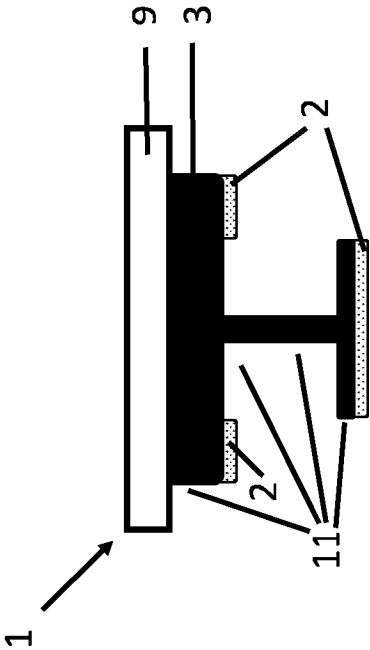


Fig. 2B

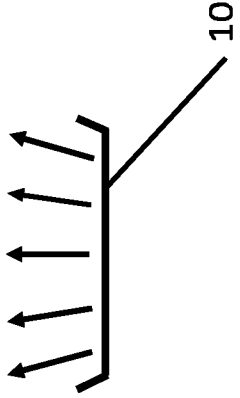
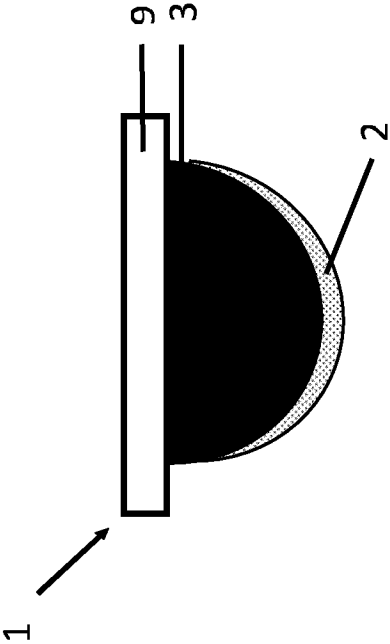


Fig. 3B

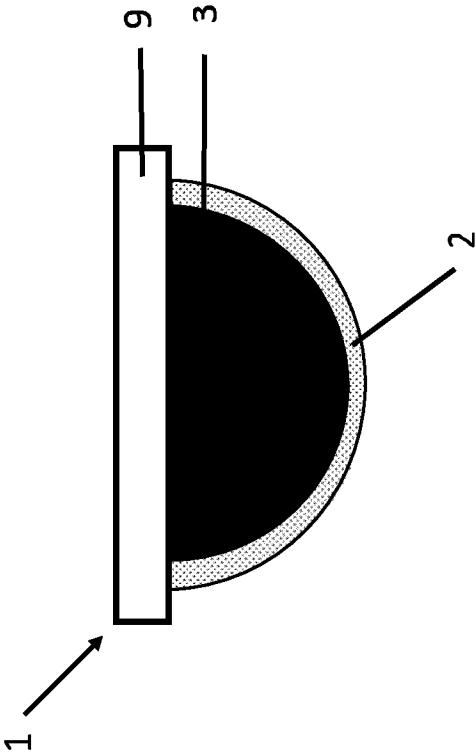


Fig. 3A

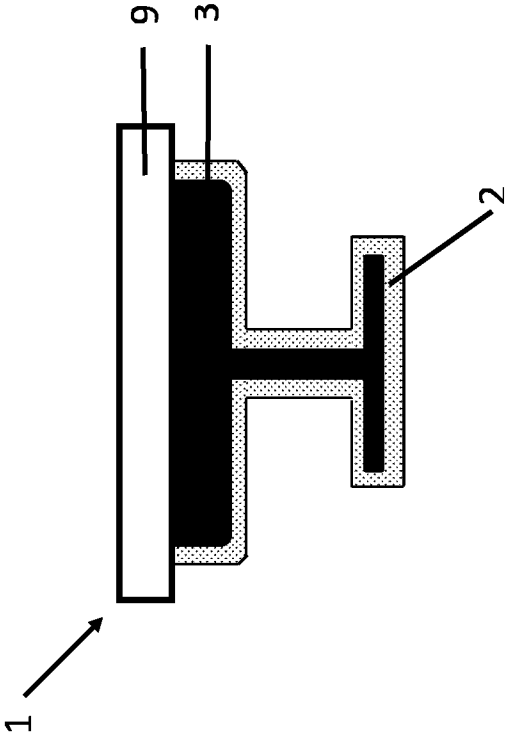


Fig. 4 **Verfahrensschritt A)**

Fig. 5
Verfahrensschritt A)

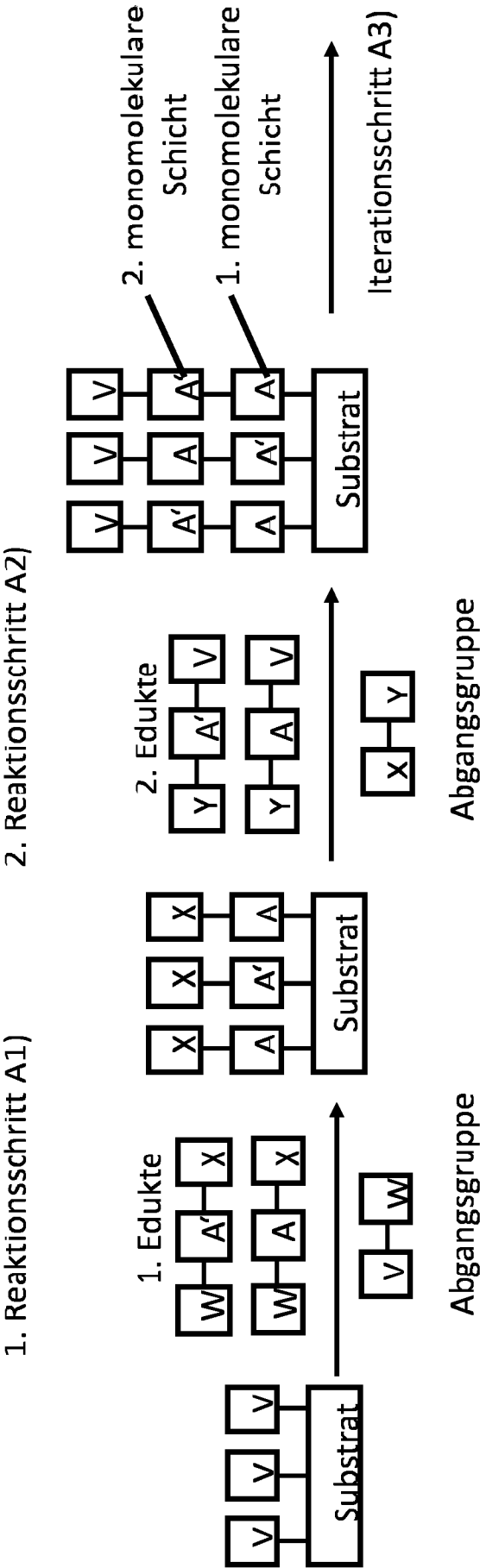
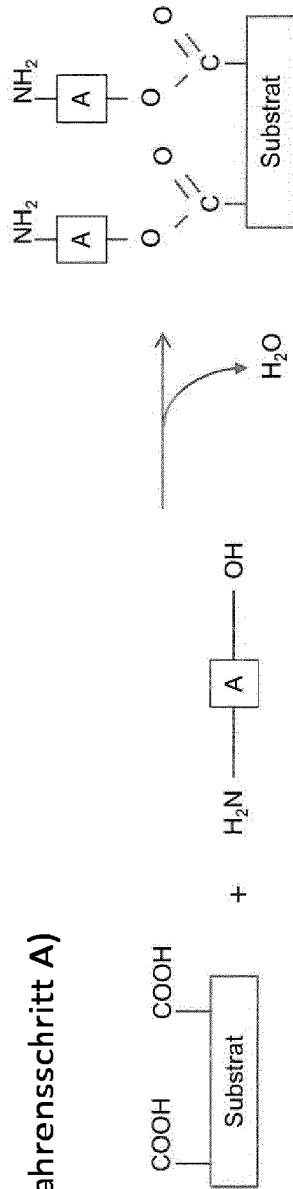


Fig. 7

Verfahrensschritt A)



Verfahrensschritt B)

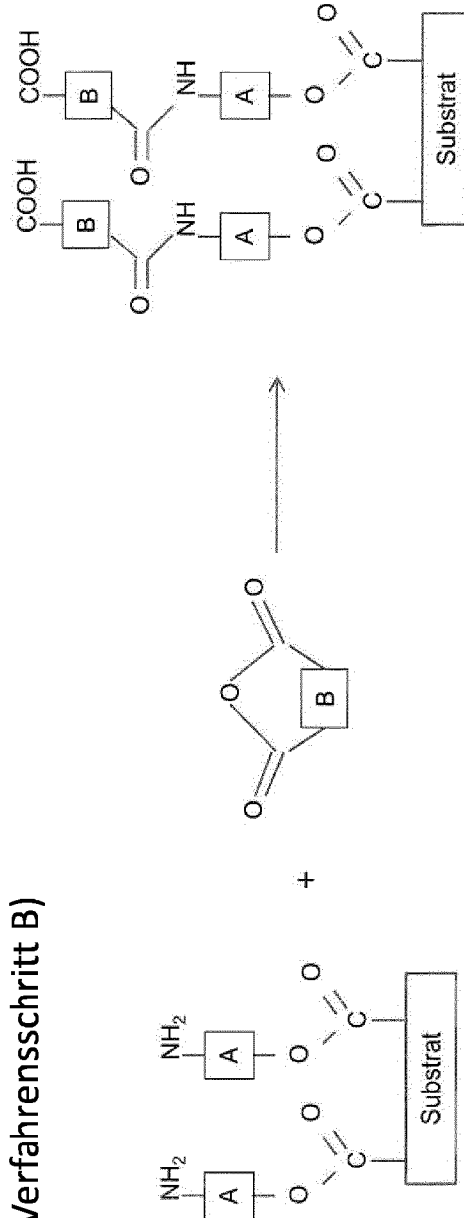


Fig. 8C

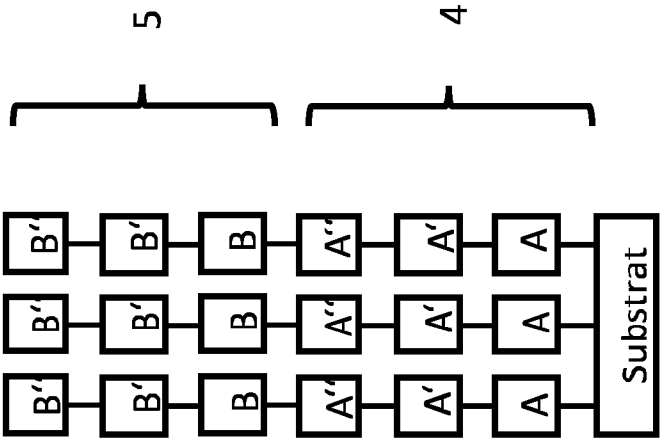


Fig. 8B

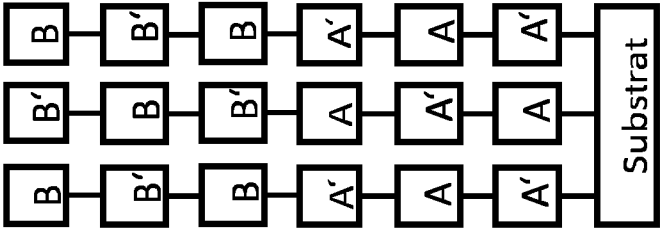
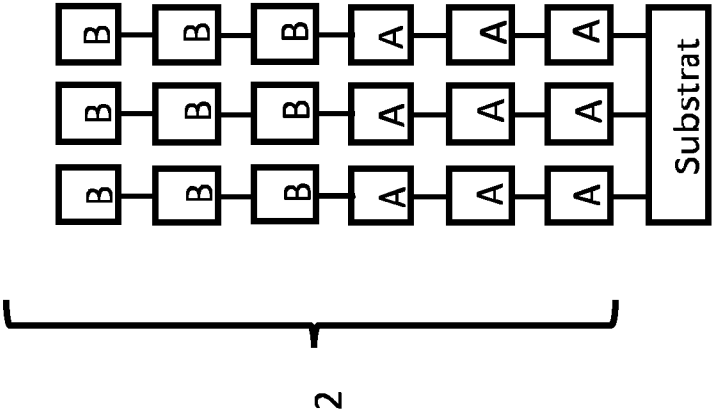


Fig. 8A



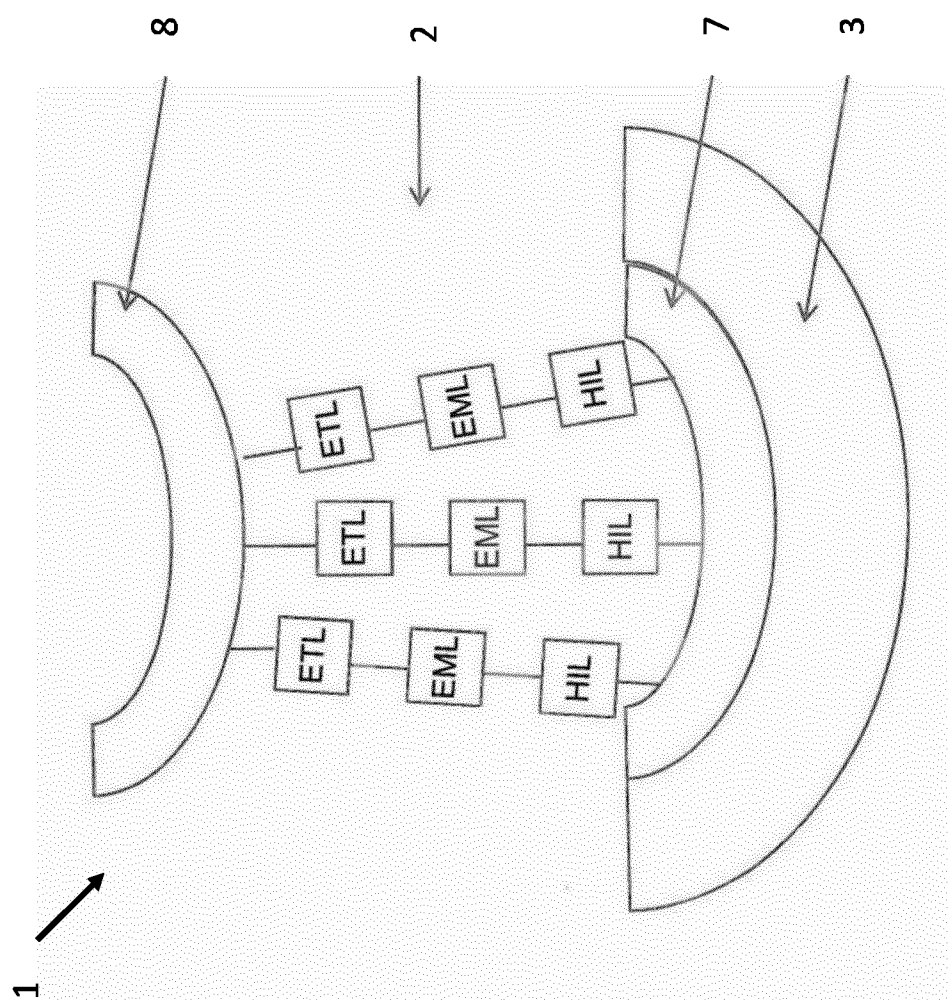


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/058753

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L51/00 H01L51/50 C23C16/455 C07F15/00 C07C211/00
C08G61/00 C08G73/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L C23C C07F C07C C08G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/098346 A1 (YITZCHAIK SHLOMO [IL]) 25 July 2002 (2002-07-25) page 6, paragraph 125 - page 7, paragraph 132; figures 17A, 17B -----	1-20
Y	WO 2013/142344 A1 (UNIV NORTH CAROLINA STATE [US]) 26 September 2013 (2013-09-26) claims 1, 12 -----	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 July 2016

Date of mailing of the international search report

04/08/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Parashkov, Radoslav

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/058753

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002098346 A1	25-07-2002	US 2002098346 A1	25-07-2002
		US 2004202875 A1	14-10-2004

WO 2013142344 A1	26-09-2013	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L51/00 H01L51/50 C23C16/455 C07F15/00 C07C211/00
 C08G61/00 C08G73/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L C23C C07F C07C C08G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2002/098346 A1 (YITZCHAIK SHLOMO [IL]) 25. Juli 2002 (2002-07-25) Seite 6, Absatz 125 - Seite 7, Absatz 132; Abbildungen 17A, 17B -----	1-20
Y	WO 2013/142344 A1 (UNIV NORTH CAROLINA STATE [US]) 26. September 2013 (2013-09-26) Ansprüche 1, 12 -----	1-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Juli 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Parashkov, Radoslav

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/058753

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002098346	A1	25-07-2002	US	2002098346 A1	25-07-2002
			US	2004202875 A1	14-10-2004

WO 2013142344	A1	26-09-2013	KEINE		
