



(10) **DE 10 2013 107 113 B4** 2024.08.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 107 113.9**
(22) Anmeldetag: **05.07.2013**
(43) Offenlegungstag: **08.01.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.08.2024**

(51) Int Cl.: **H10K 50/13** (2023.01)
H10K 50/805 (2023.01)
H10K 85/30 (2023.01)
H10K 71/12 (2023.01)
H10K 71/16 (2023.01)
H10K 102/20 (2023.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Pictiva Displays International Limited, Dublin, IE

(72) Erfinder:
Jaeger, Arndt, Dr., 93051 Regensburg, DE;
Rausch, Andreas, Dr., 93053 Regensburg, DE

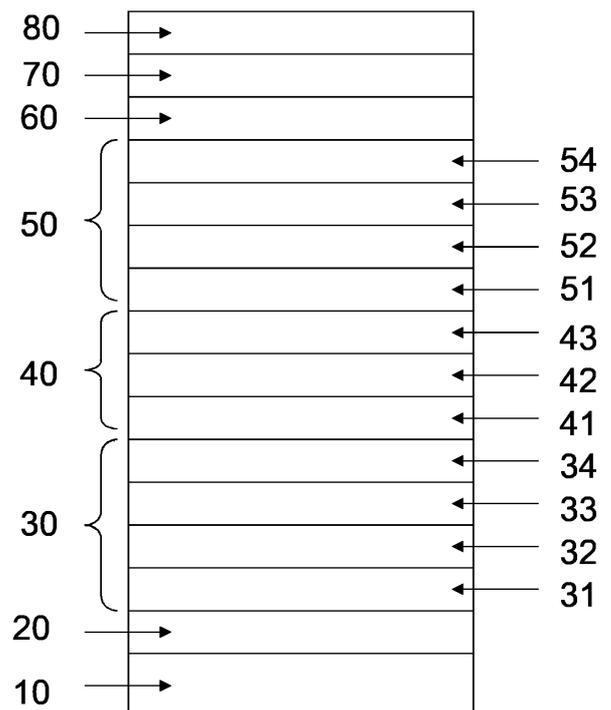
(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	2011 / 0 240 971	A1
US	5 280 183	A

(54) Bezeichnung: **Organisches Licht emittierendes Bauelement und Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements**

(57) Hauptanspruch: Organisches Licht emittierendes Bauelement aufweisend ein Substrat (10), eine erste Elektrode (20) auf dem Substrat (10), einen ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30) auf der ersten Elektrode (20), einen Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (50) auf dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40), und eine zweite Elektrode (60) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (50), wobei der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) zumindest eine lochtransportierende Schicht (43), eine elektronentransportierende Schicht (41) und eine Zwischenschicht (42) aufweist, und wobei die mindestens eine Zwischenschicht (42) ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufweist, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat durch Annelierung durch Benzolringe von zwei oder mehreren mononuklearen Phthalocyanin-Einheiten erhalten wird.



Beschreibung

[0001] Es wird ein organisches Licht emittierendes Bauelement und ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements angegeben.

[0002] Organische Licht emittierende Bauelemente, wie beispielsweise organische Licht emittierende Dioden (OLED) weisen üblicherweise zumindest eine elektrolumineszierende organische Schicht zwischen zwei Elektroden auf, die als Anode und Kathode ausgebildet sind und mittels derer in die elektrolumineszierende organische Schicht Ladungsträger, also Elektronen und Löcher, injiziert werden können. Hocheffiziente und langlebige OLEDs lassen sich mittels Leitfähigkeitsdotierungen durch die Verwendung eines p-i-n-Übergangs analog zu herkömmlichen anorganischen Licht emittierenden Dioden herstellen, wie beispielsweise in der Druckschrift R. Meerheim et al., Appl. Phys. Lett. 89, 061111 (2006) beschrieben ist. Hierbei werden die Ladungsträger, also die Löcher und Elektronen, aus den p- und n-dotierten Schichten gezielt in die intrinsisch ausgebildete elektrolumineszierende Schicht injiziert, wo sie Exzitonen bilden, die bei strahlender Rekombination zur Emission eines Photons führen. Je höher der initiierte Strom, desto höher ist die emittierte Leuchtdichte. Aber auch der Stress nimmt mit Strom und Leuchtdichte zu, wodurch sich die OLED-Lebensdauer verkürzt.

[0003] Um die Leuchtdichte zu erhöhen und die Lebensdauer zu verlängern, können mehrere OLEDs monolithisch übereinander gestapelt werden, wobei sie elektrisch durch Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel, so genannte Charge Generation Layers (CGL) verbunden werden. Eine CGL besteht beispielsweise aus einem hoch dotierten p-n-Übergang, der als Tunnelübergang zwischen den gestapelten Emissionsschichten dient. Derartige CGL sind beispielsweise in M. Kröger et al., Phys. Rev. B 75, 235321 (2007) und T.-W. Lee et al., APL 92, 043301 (2008) beschrieben.

[0004] Voraussetzung für den Einsatz einer CGL in beispielsweise einer weißen OLED sind ein einfacher Aufbau, das heißt wenige Schichten, die leicht prozessierbar sind, ein geringer Spannungsabfall über der CGL, eine möglichst geringe Änderung des Spannungsabfalls über der CGL während des Betriebs der OLED bei den angestrebten Betriebsbedingungen, sowie eine möglichst hohe Transmission im von der OLED emittierten Spektralbereich, damit Absorptionsverluste des emittierten Lichts vermieden werden.

[0005] Bekannte CGLs setzen für die p-Dotierung anorganische Materialien, beispielsweise V_2O_5 , MoO_3 , WO_3 , oder organische Materialien, beispielsweise F4-TCNQ, Cu(I)pFBz oder Bi(III)pFBz ein. Für die n-Dotierung finden organische Verbindungen wie 1,4,5,8,9,11-Hexaazatriphenylen, Hexacarbonitril (HAT-CN) oder Metalle mit niedriger Austrittsarbeit wie beispielsweise Cs, Li und Mg beziehungsweise Verbindungen daraus (zum Beispiel Cs_2CO_3 , Cs_3PO_4) Verwendung.

[0006] Die Druckschrift US 2011 / 0 240 971 A1 beschreibt ein lichtemittierendes Element, eine lichtemittierende Vorrichtung, eine elektronische Vorrichtung und eine Beleuchtungsvorrichtung.

[0007] Die Druckschrift US 5 280 183 A beschreibt eine mikroelektronische Vorrichtung unter Verwendung einer Mehrerring-Phthalocyaninverbindung.

[0008] Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein organisches Licht emittierendes Bauelement anzugeben. Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements anzugeben.

[0009] Diese Aufgaben werden durch Gegenstände gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Gegenstände sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

[0010] Es wird ein organisches Licht emittierendes Bauelement angegeben, das ein Substrat, eine erste Elektrode auf dem Substrat, einen ersten organischen funktionellen Schichtenstapel auf der ersten Elektrode, einen Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel, einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel auf dem Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel, und eine zweite Elektrode auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel aufweist, wobei der Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel zumindest eine Lochtransportierende Schicht, eine Elektronentransportierende Schicht und eine Zwischenschicht aufweist, und wobei die mindestens eine Zwischenschicht ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufweist.

[0011] Mit „auf“ bezüglich der Anordnung der Schichten und Schichtstapel ist hier und im folgenden eine prinzipielle Reihenfolge gemeint und ist so zu verstehen, dass eine erste Schicht entweder so auf einer zweiten Schicht angeordnet ist, dass die Schichten eine gemeinsame Grenzfläche haben also in direktem mechanischen und/oder elektrischen Kontakt miteinander stehen, oder dass zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht noch weitere Schichten angeordnet sind.

[0012] Die organischen funktionellen Schichtstapel können jeweils Schichten mit organischen Polymeren, organischen Oligomeren, organischen Monomeren, organischen kleinen, nicht-polymeren Molekülen („small molecules“) oder Kombinationen daraus aufweisen. Weiterhin können sie zumindest eine organische Licht emittierende Schicht aufweisen. Als Materialien für die organische Licht emittierende Schicht eignen sich Materialien, die eine Strahlungsemission aufgrund von Fluoreszenz oder Phosphoreszenz aufweisen, beispielsweise Ir- oder Pt-Komplexe, Polyfluoren, Polythiophen oder Polyphenylen oder Derivate, Verbindungen, Mischungen oder Copolymere davon. Die organischen funktionellen Schichtenstapel können weiterhin jeweils eine funktionelle Schicht aufweisen, die als Lochtransportschicht ausgeführt ist, um eine effektive Löcherinjektion in die zumindest eine Licht emittierende Schicht zu ermöglichen. Als Materialien für eine Lochtransportschicht können sich beispielsweise tertiäre Amine, Carbazolderivate, mit Camphersulfonsäure dotiertes Polyanilin oder mit Polystyrolsulfonsäure dotiertes Polyethylenedioxythiophen als vorteilhaft erweisen. Die organischen funktionellen Schichtenstapel können weiterhin jeweils eine funktionelle Schicht aufweisen, die als Elektronentransportschicht ausgebildet ist. Darüber hinaus können die organischen funktionellen Schichtenstapel auch Elektronen- und/oder Löcherblockierschichten aufweisen.

[0013] Im Hinblick auf den prinzipiellen Aufbau eines organischen Licht emittierenden Bauelements, dabei beispielsweise im Hinblick auf den Aufbau, die Schichtzusammensetzung und die Materialien des organischen funktionellen Schichtenstapels, wird auf die Druckschrift WO 2010/066245 A1 verwiesen, die insbesondere in Bezug auf den Aufbau eines organischen Licht emittierenden Bauelements hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0014] Das Substrat kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat aufweisen, die ausgewählt sind aus Glas, Quarz, Kunststoff, Metall und Siliziumwafer. Besonders bevorzugt weist das Substrat Glas, beispielsweise in Form einer Glasschicht, Glasfolie oder Glasplatte, auf oder es besteht daraus.

[0015] Die zwei Elektroden, zwischen denen die organischen funktionellen Schichtenstapel angeordnet sind, können beispielsweise beide transluzent ausgebildet sein, sodass das in der zumindest einen Licht emittierenden Schicht zwischen den beiden Elektroden erzeugte Licht in beide Richtungen, also in Richtung des Substrats als auch in die vom Substrat abgewandte Richtung, abgestrahlt werden können. Weiterhin können beispielsweise alle Schichten des organischen Licht emittierenden Bauelements transluzent ausgebildet sein, sodass das organische Licht emittierende Bauelement eine transluzente und insbesondere eine transparente OLED bildet. Darüber hinaus kann es auch möglich sein, dass eine der beiden Elektroden, zwischen denen die organischen funktionellen Schichtenstapel angeordnet sind, nichttransluzent und vorzugsweise reflektierend ausgebildet ist, sodass das in der zumindest einen Licht emittierenden Schicht zwischen den beiden Elektroden erzeugte Licht nur in eine Richtung durch die transluzente Elektrode abgestrahlt werden kann. Ist die auf dem Substrat angeordnete Elektrode transluzent und ist auch das Substrat transluzent ausgebildet, so spricht man auch von einem so genannten „bottom emitter“, während man im Fall, dass die dem Substrat abgewandt angeordnete Elektrode transluzent ausgebildet ist, von einem so genannten „top emitter“ spricht.

[0016] Die erste und die zweite Elektrode können unabhängig voneinander ein Material aufweisen, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Metalle, elektrisch leitfähige Polymere, Übergangsmetalloxide und leitfähige transparente Oxide (transparent conductive oxide, TCO) umfasst. Die Elektroden können auch Schichtenstapel mehrerer Schichten desselben oder unterschiedlicher Metalle oder desselben oder unterschiedlicher TCOs sein.

[0017] Geeignete Metalle sind beispielsweise Ag, Pt, Au, Mg, Al, Ba, In, Ca, Sm oder Li, sowie Verbindungen, Kombinationen oder Legierungen daraus.

[0018] Transparente leitende Oxide (transparent conductive oxides, kurz „TCO“) sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transpa-

renter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

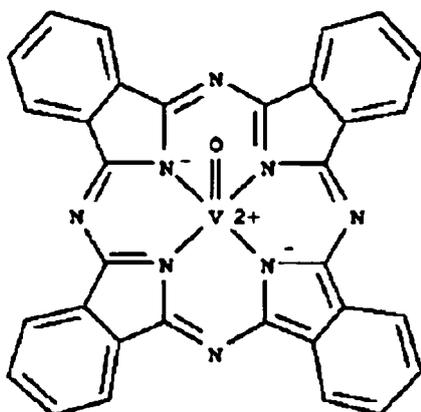
[0019] Die organischen funktionellen Schichtenstapel des hier beschriebenen organischen Licht emittierenden Bauelements weisen weiterhin unmittelbar angrenzend einen Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel auf. Mit einem „Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel“ wird hier und im Folgenden eine Schichtenfolge beschrieben, die als Tunnelübergang ausgebildet ist und die im Allgemeinen durch einen p-n-Übergang gebildet wird. Der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel, der auch als so genannte „charge generation layer“ (CGL) bezeichnet werden kann, ist insbesondere als Tunnelübergang ausgebildet, der zu einer effektiven Ladungstrennung und damit zur „Erzeugung“ von Ladungsträgern für die angrenzenden Schichten eingesetzt werden kann.

[0020] Beispielsweise kann der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel direkt an die organischen funktionellen Schichtenstapel angrenzen.

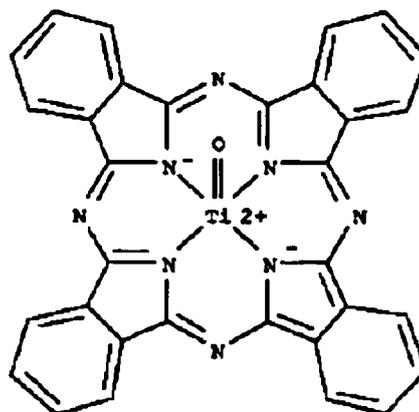
[0021] Die Lochtransportierende Schicht des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels kann auch als p-leitende Schicht, die elektronentransportierende Schicht als n-leitende Schicht bezeichnet werden. Die Zwischenschicht des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels kann auch als Diffusionsbarriereschicht gemäß ihrer Funktion bezeichnet werden. Sie kann ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufweisen oder daraus bestehen.

[0022] Multinukleare Phthalocyanin-Derivate werden durch Anelierung, das heißt Verknüpfung durch Benzolringe von zwei oder mehreren mononuklearen Phthalocyanin-Derivaten bzw. Phthalocyanin-Einheiten, erhalten. Durch die Anelierung können die photophysikalischen Eigenschaften von Phthalocyanin-Molekülen gezielt verändert werden, wobei eine hohe chemische Stabilität erhalten bleibt. Dadurch kann Einfluss auf das emittierte Spektrum des organischen Licht emittierenden Bauelements genommen werden. Insbesondere können, im Vergleich zu mononuklearen Phthalocyaninen, die langwelligen Absorptionen durch Vergrößerung des Chromophorensystems, also eine Delokalisierung über das gesamte Molekülgerüst, vom gelb-roten in den infraroten Spektralbereich verschoben werden. Die hochenergetischen Übergänge, die im nahen UV-Bereich liegen, werden durch die Anelierung dagegen nicht beeinflusst und führen somit zu keinen Absorptionsverlusten im sichtbaren Bereich. Die resultierenden vergrößerten Moleküle sind wie das mononukleare Phthalocyanin sehr stabil und aggregieren gut, das heißt sie lagern sich bei Aufdampfung plättchenweise auf dem Substrat an.

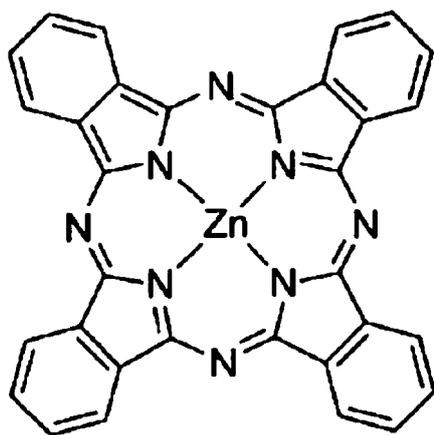
[0023] Bei mononuklearen Phthalocyaninen ist die Ausdehnung des π -Elektronensystems auf das monomere Phthalocyanin-Gerüst beschränkt. Beispielhafte mononukleare Phthalocyanine sind in den Strukturformeln I bis III gezeigt, wobei die Formeln I und II in oxidierter Form vorliegen. Strukturformel I zeigt das Phthalocyanin VOPc, Strukturformel II zeigt das Phthalocyanin TiOPc und Strukturformel III zeigt das Phthalocyanin ZnPc.



I



II



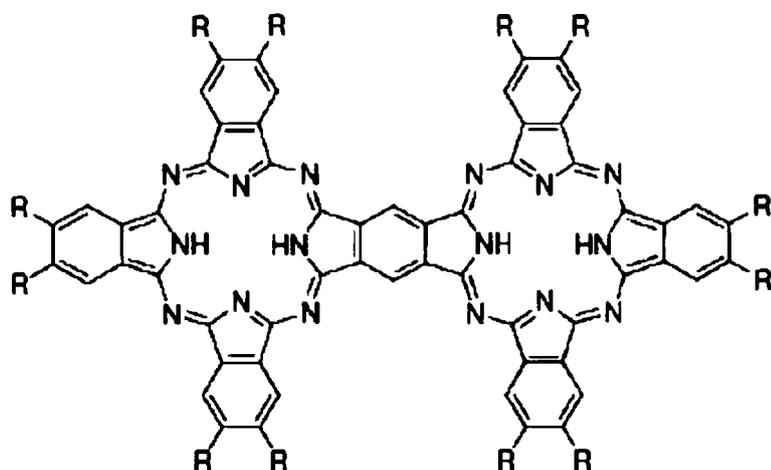
III

[0024] Durch die Anelierung der Monomereinheiten werden diese chemisch gekoppelt. Es resultiert eine Ausdehnung des π -Elektronensystems und eine durch Verschiebung des Absorptionspeaks vom gelb-roten in den infraroten Spektralbereich gekennzeichnete Stabilisierung der niederenergetischen elektronischen Zustände.

[0025] Bei Verwendung eines anelierten multinuklearen Phthalocyanin-Derivats in der Zwischenschicht des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels ergibt sich somit eine verringerte Absorption im von dem organischen funktionellen Schichtenstapel emittierten Spektralbereich, wodurch eine erhöhte Effizienz des Bauelements resultiert. Diesen Vorteil erhält man bei gleichzeitig gegenüber mononuklearen Phthalocyaninen unveränderter Stabilität des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels.

[0026] Das multinukleare Phthalocyanin-Derivat kann ein Metall oder eine Metallverbindung enthalten. Somit kann jede Phthalocyanin-Einheit des multinuklearen Phthalocyanin-Derivats zu jeweils einem Metall oder einer Metallverbindung eine oder mehrere chemische Bindungen aufweisen und/oder jede Phthalocyanin-Einheit des multinuklearen Phthalocyanin-Derivats kann jeweils an ein Metall oder eine Metallverbindung koordiniert sein. Als Metall oder Metallverbindung können Materialien ausgewählt werden, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Cu, Zn, Co, Al, Ni, Fe, SnO, Mn, Mg, VO und TiO enthält. Das bedeutet, dass das Phthalocyanin-Derivat in oxidierter Form vorliegen kann, wenn ein Metalloxid eingesetzt wird. Die Oxidation kann das Phthalocyanin-Derivat gegenüber der nicht oxidierten Form stabilisieren. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das multinukleare Phthalocyanin-Derivat auch metallfrei sein.

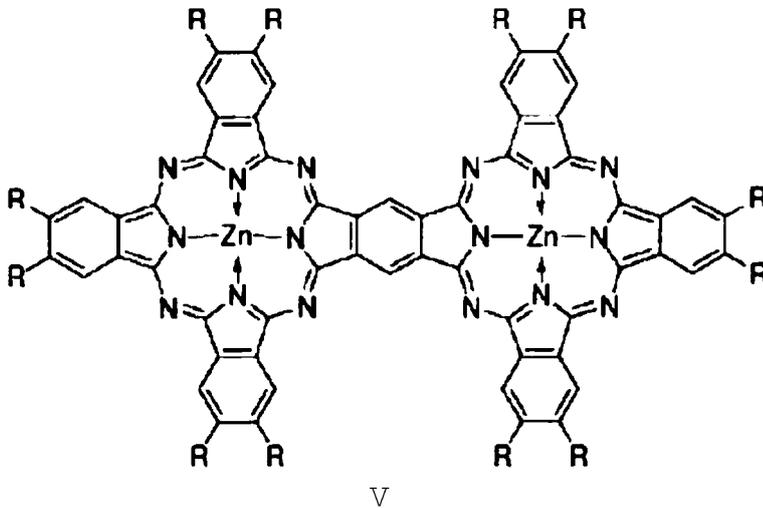
[0027] Das multinukleare Phthalocyanin-Derivat kann ein dinukleares Phthalocyanin-Derivat sein. Ein Beispiel für ein metallfreies dinukleares Phthalocyanin-Derivat ist in Strukturformel IV gezeigt:



IV

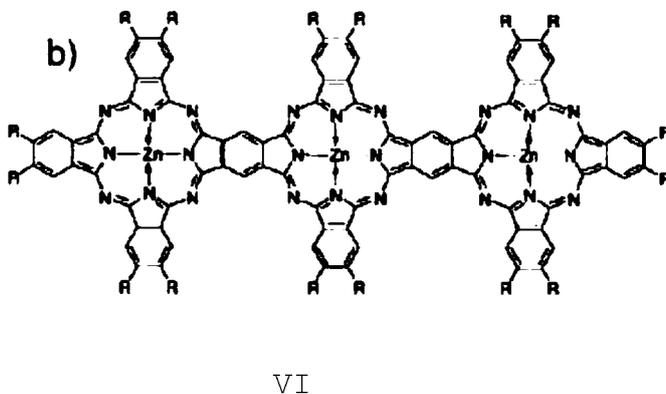
[0028] Es handelt sich dabei um H_2Pc-H_2Pc . Die Reste R in der Strukturformel IV können unabhängig voneinander ausgewählt werden aus: verzweigten oder unverzweigten Alkylresten, wie beispielsweise Methyl-, Ethyl-, t-Butyl- oder iso-Propyl-Resten, und aromatischen Resten, wie beispielsweise Phenylresten.

[0029] Ein Beispiel für ein metallhaltiges dinukleares Phthalocyanin-Derivat ist in der Strukturformel V gezeigt:

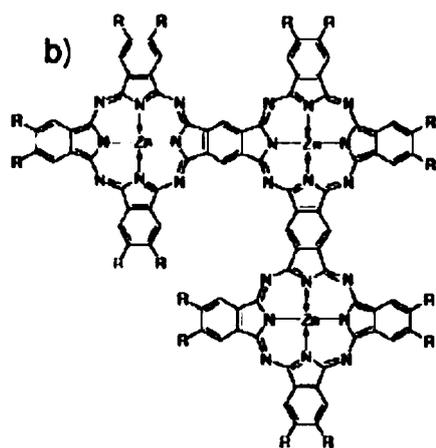


[0030] Hierbei handelt es sich um $ZnPc-ZnPc$. Die Reste R können wie für Strukturformel IV angegeben ausgewählt werden.

[0031] Das multinukleare Phthalocyanin-Derivat kann ein tri- oder tetranukleares Phthalocyanin-Derivat sein. Das tri- oder tetranukleare Phthalocyanin-Derivat kann linear oder rechtwinklig aneinander anelierte Phthalocyanin-Derivate umfassen. Ein Beispiel für ein lineares trinukleares Phthalocyanin-Derivat ist in Strukturformel VI am Beispiel eines Zink enthaltenden Phthalocyanin-Derivats gezeigt:



[0032] Die Strukturformel VII zeigt ein trinukleares, rechtwinklig aneliertes, Zink enthaltendes Phthalocyanin:



VII

[0033] Die Reste R in den Strukturformeln VI und VII können wie für die Strukturformel IV angegeben ausgewählt werden. Multinukleare Phthalocyanin-Derivate mit fünf oder mehr Phthalocyanin-Einheiten sind ebenso denkbar.

[0034] Die Zwischenschicht, die das multinukleare Phthalocyanin-Derivat aufweist oder daraus besteht kann eine Dicke aufweisen, die aus einem Bereich ausgewählt ist, der 1 bis 50 nm, insbesondere 2 nm bis 10 nm umfasst. Die Dicke der Zwischenschicht kann insbesondere etwa 4 nm betragen. Zwischenschichten, die multinukleare Phthalocyanin-Derivate aufweisen oder daraus bestehen, können besonders dick ausgeformt werden, da durch den Einsatz des multinuklearen Phthalocyanin-Derivats wenig Absorptionsverluste auftreten. Dies gilt sowohl für metallfreie als auch für metallhaltige anelierte multinukleare Phthalocyanin-Derivate. Je dicker die Zwischenschicht ausgeführt ist, desto besser kann die Trennung von n- und p-Seite, also die Trennung der lochtransportierenden Schicht und der elektronentransportierenden Schicht des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels realisiert werden.

[0035] Die Transmission der multinuklearen Phthalocyanin-Derivate wird im sichtbaren Wellenlängenbereich, also zwischen etwa 400 und 700 nm, vorteilhaft erhöht im Vergleich zu den bisher eingesetzten Materialien CuPc, H₂Pc, ZnPc, CoPc, SnOPc, VOPc, TiOPc oder NET-39. Damit wird die Restabsorption in dem organischen Licht emittierenden Bauelement speziell im gelb-roten Bereich reduziert, der beispielsweise bei weißen OLEDs den Hauptanteil der emittierten Strahlung ausmacht. Die OLED-Effizienz kann folglich erhöht werden. Insbesondere in organischen Licht emittierenden Bauelementen mit interner Auskopplung ist aufgrund der hierbei auftretenden Vielfachreflexionen eine Reduktion der Restabsorption in den organischen Schichten entscheidend, um hohe Effizienzen zu erreichen.

[0036] Da die monomeren Phthalocyanin-Derivate bzw. -Einheiten durch starre Benzolringe miteinander verbunden sind, weisen die multinuklearen Phthalocyanin-Derivate in der Zwischenschicht eine hervorragende Morphologie auf und sind in ihren Aggregationseigenschaften in dünnen Filmen kleineren Molekülen, beispielsweise monomeren Phthalocyanin-Derivaten, überlegen. Bei Verwendung aneliierter, multinuklearer Phthalocyanin-Derivate können somit bei gleichbleibender Stabilität dünnere Zwischenschichten realisiert werden als mit bekannten Monomereinheiten, was zu einer Verringerung von Absorptions- und Spannungsverlusten führt.

[0037] Die lochtransportierende Schicht kann auf der Zwischenschicht angeordnet sein, welche wiederum auf der elektronentransportierenden Schicht angeordnet ist.

[0038] Die lochtransportierende Schicht des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels kann weiterhin eine erste lochtransportierende Schicht und eine zweite lochtransportierende Schicht umfassen, und die erste lochtransportierende Schicht kann auf der elektronentransportierenden Schicht und die zweite lochtransportierende Schicht auf der ersten lochtransportierenden Schicht angeordnet sein. Die Zwischenschicht kann zwischen der elektronentransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht und/oder zwischen der ersten lochtransportierenden Schicht und der zweiten lochtransportierenden Schicht angeordnet sein. Somit können entweder ein oder zwei Zwischenschichten in dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel vorhanden sein, und, im Falle dass nur eine Zwischenschicht vorhanden ist, kann diese an zwei verschiedenen Positionen vorhanden sein.

[0039] Die lochtransportierende Schicht, die erste und die zweite lochtransportierende Schicht können unabhängig voneinander undotiert oder p-dotiert sein. Die p-Dotierung kann beispielsweise einen Anteil in der Schicht von weniger als 10 Volumen%, insbesondere von weniger als 1 Volumen% aufweisen. Die elektronentransportierende Schicht kann undotiert oder n-dotiert sein. Beispielsweise kann die elektronentransportierende Schicht n-dotiert sein und die erste und zweite lochtransportierende Schicht undotiert sein. Weiterhin kann die elektronentransportierende Schicht beispielsweise n-dotiert sein und die zweite lochtransportierende Schicht p-dotiert sein.

[0040] Die lochtransportierende Schicht oder erste und zweite lochtransportierende Schicht können unabhängig voneinander ein Material aufweisen, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die HAT-CN, F16CuPc, LG-101, α -NPD, NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), beta-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro), DMFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DMFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DPFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), DPFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), Spiro-TAD (2,2',7,7'-Tetrakis(n,n-diphenylamino)-9,9-spirobifluoren), 9,9-Bis[4-(N,N-bis(biphenyl-4-yl-amino)phenyl)-9H-fluoren], 9,9-Bis[4-(N,N-bis(naphthalen-2-yl-amino)phenyl)-9H-fluoren], 9,9-Bis[4-(N,N'-bis(naphthalen-2-yl-N,N'-bis-phenyl-amino)-phenyl)-9H-fluor], N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin, 2,7-Bis[N,N-bis(9,9-spiro-bifluorene-2-yl)-amino]-9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis[N,N-bis(biphenyl-4-yl)amino]-9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis(N,N-di-phenyl-amino)-9,9-spiro-bifluoren, Di-[4-(N,N-ditolyl-amino)-phenyl]cyclohexan, 2,2',7,7'-tetra(N,N-di-tolyl)amino-spiro-bifluoren, N,N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-benzidin sowie Gemische dieser Verbindungen umfasst.

[0041] Die erste lochtransportierende Schicht kann beispielsweise HAT-CN aufweisen oder daraus bestehen.

[0042] Für den Fall, dass die lochtransportierende Schicht oder die erste und zweite lochtransportierende Schicht aus einem Stoffgemisch aus Matrix und p-Dotierstoff gebildet ist, kann der Dotierstoff aus einer Gruppe ausgewählt sein, die MoO_x , WO_x , VO_x , Cu(I)pFBz , Bi(III)pFBz , F4-TCNQ, NDP-2, und NDP-9 umfasst. Als Matrixmaterial kann beispielsweise eines oder mehrere der oben genannten Materialien für die lochtransportierenden Schicht eingesetzt werden.

[0043] Die lochtransportierende Schicht oder die erste und zweite lochtransportierende Schicht des Ladungsträgererzeugungsschichtenstapels kann eine Transmission aufweisen, die größer als 90% in einem Wellenlängenbereich von ungefähr 400 nm bis ungefähr 700 nm, insbesondere in einem Wellenlängenbereich von 450 nm bis 650 nm ist.

[0044] Die erste und zweite lochtransportierende Schicht können zusammen eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm aufweisen.

[0045] Die elektronentransportierende Schicht kann ein Material aufweisen, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, NET-18, 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol), 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol, 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP), 8-Hydroxyquinolinolathium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazol, 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzen, 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazol, Bis(2-methyl-8-quinolinolate)-4-(phenylphenolato)aluminium, 6,6'-Bis[5-(biphenyl-4-yl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]-2,2'-bipyridyl, 2-phenyl-9,10-di(naphthalen-2-yl)-anthracen, 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]-9,9-dimethylfluoren, 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzen, 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin, 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin, Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)boran, 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthrolin, Phenylidipyrenylphosphinoxide, Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Perylentetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Materialien basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit sowie Gemische der vorgenannten Stoffe umfasst.

[0046] Ist die elektronentransportierende Schicht aus einem Stoffgemisch aus Matrix und n-Dotierstoff gebildet, kann die Matrix eines der oben genannten Materialien der elektronentransportierenden Schicht umfassen. Beispielsweise kann die Matrix NET-18 umfassen oder sein. Der n-Dotierstoff der elektronentransportierenden Schicht kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die NDN-1, NDN-26, Na, Ca, MgAg, Cs, Li, Mg, Cs_2CO_3 , und Cs_3PO_4 umfasst.

[0047] Die elektronentransportierende Schicht kann eine Schichtdicke in einem Bereich von ungefähr 1 nm bis ungefähr 500 nm aufweisen. Weiterhin kann die elektronentransportierende Schicht auch eine erste elektronentransportierende Schicht und eine zweite elektronentransportierende Schicht umfassen.

[0048] Weiterhin kann das Valenzband (HOMO = Highest occupied molecular orbital) des Materials der elektronentransportierenden Schicht höher liegen als das Leitungsband (LUMO = Lowest unoccupied molecular orbital) des Materials der Lochtransportierenden Schicht.

[0049] Das organische Licht emittierende Bauelement kann in einer Ausführungsform als organische Licht emittierende Diode (OLED) ausgebildet sein.

[0050] Es wird weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements angegeben, welches die Verfahrensschritte

- A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels auf einer ersten Elektrode, die auf einem Substrat angeordnet ist,
- B) Ausbilden eines Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel,
- C) Ausbilden eines zweiten organischen funktionellen Schichtenstapels auf dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel und
- D) Anordnen einer zweiten Elektrode auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel aufweist.

[0051] Dabei umfasst der Verfahrensschritt B) die Schritte

- B1) Aufbringen zumindest einer elektronentransportierenden Schicht auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel,
- B2) Aufbringen einer ersten Lochtransportierenden Schicht oder einer Zwischenschicht auf der elektronentransportierenden Schicht, und
- B3) Aufbringen einer Zwischenschicht auf der ersten Lochtransportierenden Schicht und einer zweiten Lochtransportierenden Schicht auf der Zwischenschicht oder Aufbringen einer Lochtransportierenden Schicht auf der Zwischenschicht, wobei beim Aufbringen der Zwischenschicht ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufgebracht wird.

[0052] Das multinukleare Phthalocyanin-Derivat kann dabei aufgedampft oder als Lösung aufgebracht werden. Das Aufdampfen kann beispielsweise bei Temperaturen aus dem Bereich 200°C bis 600°C erfolgen.

[0053] Im Verfahrensschritt B) kann weiterhin im Verfahrensschritt B1) eine elektronentransportierende Schicht aufgebracht werden, im Verfahrensschritt B2) eine Zwischenschicht auf der elektronentransportierenden Schicht und eine erste Lochtransportierende Schicht auf der Zwischenschicht aufgebracht werden und im Verfahrensschritt B3) eine Zwischenschicht auf der ersten Lochtransportierenden Schicht und eine zweite Lochtransportierende Schicht auf der Zwischenschicht oder eine zweite Lochtransportierende Schicht auf der ersten Lochtransportierenden Schicht aufgebracht werden.

[0054] Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Fig. 1a bis 1c zeigen schematische Seitenansichten von Ausführungsbeispielen eines organischen Licht emittierenden Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsformen,

Fig. 2 zeigt Transmissionsspektren von Zwischenschicht-Materialien,

Fig. 3a zeigt die schematische Seitenansicht eines Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels,

Fig. 3b zeigt ein Energieleveldiagramm des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels,

[0055] In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche, gleichartige oder gleichwirkende Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente,

wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0056] In Fig. 1a ist ein Ausführungsbeispiel für ein organisches Licht emittierendes Bauelement gezeigt. Dieses weist ein Substrat 10, eine erste Elektrode 20, einen ersten organischen funktionellen Schichtenstapel 30, einen Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel 40, einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel 50, eine zweite Elektrode 60, eine Barrieredünnschicht 70 sowie eine Abdeckung 80 auf. Der erste organische funktionelle Schichtenstapel 30 umfasst eine Lochinjektionsschicht 31, eine erste Lochtransportschicht 32, eine erste Emissionsschicht 33 sowie eine Elektronentransportschicht 34. Der zweite organische funktionelle Schichtenstapel 50 umfasst eine zweite Lochtransportschicht 51, eine zweite Emissionsschicht 52, eine zweite Elektronentransportschicht 53 sowie eine Elektroneninjectionsschicht 54. Der Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel 40 umfasst eine elektronentransportierende Schicht 41, eine Zwischenschicht 42 sowie eine Lochtransportierende Schicht 43.

[0057] Das Substrat 10 kann als Trägerelement dienen und beispielsweise aus Glas, Quarz und/oder einem Halbleitermaterial gebildet sein. Alternativ kann das Substrat 10 auch eine Kunststoffolie oder ein Laminat aus mehreren Kunststoffolien sein.

[0058] Das Bauelement in Fig. 1a kann in verschiedenen Ausführungsformen als Top- oder Bottom-Emitter eingerichtet sein. Weiterhin kann es auch als Top- und Bottom-Emitter eingerichtet sein, und somit ein optisch transparentes Bauelement, beispielsweise eine transparente organische Leuchtdiode sein.

[0059] Die erste Elektrode 20 kann als Anode oder Kathode ausgebildet sein und kann als Material beispielsweise ITO aufweisen. Wenn das Bauelement als Bottom-Emitter ausgebildet sein soll, sind Substrat 10 und erste Elektrode 20 transluzent. Für den Fall, dass das Bauelement als Top-Emitter ausgebildet sein soll, kann die erste Elektrode 20 bevorzugt auch reflektierend ausgebildet sein. Die zweite Elektrode 60 ist als Kathode oder Anode ausgebildet und kann beispielsweise ein Metall, oder ein TCO aufweisen. Auch die zweite Elektrode 60 kann transluzent ausgebildet sein, wenn das Bauelement als Top-Emitter ausgebildet ist.

[0060] Die Barrieredünnschicht 70 schützt die organischen Schichten vor schädigenden Materialien aus der Umgebung wie beispielsweise Feuchtigkeit und/oder Sauerstoff und/oder anderen korrosiven Substanzen wie etwa Schwefelwasserstoff. Dazu kann die Barrieredünnschicht 70 eine oder mehrere dünne Schichten aufweisen, die beispielsweise mittels eines Atomlagenabschleifverfahrens aufgebracht sind und die beispielsweise eines oder mehrere der Materialien Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Lantanoxid und Tantaloxid aufweisen. Die Barrieredünnschicht 70 weist weiterhin einen mechanischen Schutz in Form der Verkapselung 80 auf, die beispielsweise als Kunststoffschicht und/oder als auf laminierte Glasschicht ausgebildet ist, wodurch beispielsweise ein Kratzschutz erreicht werden kann.

[0061] Die Emissionsschichten 33 und 52 weisen beispielsweise ein im allgemeinen Teil genanntes elektrolumineszierendes Material auf. Diese können entweder gleich oder verschieden ausgewählt sein. Weiterhin können Ladungsträgerblockierschichten (hier nicht gezeigt) vorgesehen sein, zwischen denen die organischen Licht emittierenden Emissionsschichten 33 und 52 angeordnet sind.

[0062] Beispielsweise kann als Ladungsträgerblockierschicht eine Löcherblockierschicht vorhanden sein, die ein Material aufweist, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1H-benzimidazol), 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol, 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP), 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazol, 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzol, 4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen), 3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazol, Bis(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenylphenolato)aluminium, 6,6'-Bis[5-(biphenyl-4-yl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]-2,2'-bipyridyl, 2-phenyl-9,10-di(naphthalen-2-yl)-anthracen, 2,7-Bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]-9,9-dimethylfluoren, 1,3-Bis[2-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-5-yl]benzol, 2-(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline, 2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline, Tris(2,4,6-trimethyl-3-(pyridin-3-yl)phenyl)boran, 1-methyl-2-(4-(naphthalen-2-yl)phenyl)-1H-imidazo[4,5-f][1,10]phenanthroline, Phenyl-dipyrenylphosphineoxid, Naphthalintetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide Perylentetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide Materialien basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit, sowie Mischungen daraus umfasst.

[0063] Weiterhin kann als Ladungsträgerblockierschicht eine Elektronenblockierschicht vorhanden sein, die ein Material aufweist, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), beta-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), TPD (N,N'-Bis(3-methylphe-

nyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin), Spiro-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro), DMFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DMFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethyl-fluoren), DPFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), DPFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenyl-fluoren), Spiro-TAD (2,2',7,7'-Tetrakis(n,n-diphenylamino)-9,9-spirobifluoren), 9,9-Bis[4-(N,N-bis-biphenyl-4-yl-amino)phenyl]-9H-fluoren, 9,9-Bis[4-(N,N-bis-naphthalen-2-yl-amino)phenyl]-9H-fluoren, 9,9-Bis[4-(N,N'-bis-naphthalen-2-yl-N,N'-bis-phenyl-amino)-phenyl]-9H-fluor, N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin, 2,7-Bis[N,N-bis(9,9-spiro-bifluorene-2-yl)-amino]-9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis[N,N-bis(biphenyl-4-yl)amino]9,9-spiro-bifluoren, 2,2'-Bis(N,N-di-phenyl-amino)9,9-spiro-bifluoren, Di-[4-(N,N-ditoly-amino)-phenyl]cyclohexan, 2,2',7,7'-tetra(N,N-di-tolyl)amino-spiro-bifluoren, N,N,N',N'-tetra-naphthalen-2-yl-benzidin, sowie Mischungen daraus umfasst.

[0064] Materialien für die Lochtransportschichten 32 und 51, für die Lochinjektionsschicht 31, für die Elektronentransportschichten 34 und 53 sowie für die Elektroneninjectionsschicht 54 können aus bekannten Materialien ausgewählt werden. Beispielsweise kann für die Lochtransportschichten 32 und 51 eines oder mehrere der Materialien ausgewählt werden, die oben bezüglich der ersten und zweiten Lochtransportierenden Schicht angegeben sind. Weiterhin kann für die Elektronentransportschichten 34 und 53 eines oder mehrere der Materialien ausgewählt werden, die oben bezüglich der elektronentransportierenden Schicht angegeben sind.

[0065] Der Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel 40 enthält in dem Ausführungsbeispiel eine elektronentransportierende Schicht 41, welche als Matrixmaterial NET-18 und als Dotierstoff NDN-26 enthält und eine Dicke von beispielsweise etwa 5 nm oder 15 nm aufweist. Die Lochtransportierende Schicht 43 weist als Material HAT-CN und als Schichtdicke beispielsweise etwa 5 nm oder 15 nm auf. Die Zwischenschicht 42 hat eine Dicke von etwa 4 nm und enthält als Material ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat, beispielsweise ausgewählt aus den in den Strukturformeln IV, V, VI oder VII gezeigten Verbindungen.

[0066] Eine alternative Ausführungsform des Ladungsträgererzeugungsschichtenstapels 40 ist in **Fig. 1b** gezeigt. Dieser Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel weist die erste und zweite Lochtransportierende Schichten 43a und 43b und zwei Zwischenschichten 42 auf, welche zwischen der elektronentransportierenden Schicht 41 und der ersten Lochtransportierenden Schicht 43a sowie zwischen der ersten Lochtransportierenden Schicht 43a und der zweiten Lochtransportierenden Schicht 43b angeordnet sind. Die erste Lochtransportierende Schicht 43a kann dabei als Material HAT-CN aufweisen, die zweite Lochtransportierende Schicht 43b kann als Material beispielsweise α -NPD aufweisen. Die Materialien der Zwischenschichten 42 sowie der elektronentransportierenden Schicht 41 entsprechen denjenigen, welche in Bezug auf **Fig. 1a** genannt wurden.

[0067] Eine weitere Ausführungsform des Ladungsträgererzeugungsschichtenstapels 40 ist in **Fig. 1c** gezeigt. Hier ist wieder nur eine Zwischenschicht 42 vorhanden, welche zwischen der elektronentransportierenden Schicht 41 und der ersten Lochtransportierenden Schicht 43a angeordnet ist. In dieser Ausführungsform kann die zweite Lochtransportierende Schicht 43b, die auf der ersten Lochtransportierenden Schicht 43a angeordnet ist, eine p-Dotierung aufweisen, die beispielsweise einen Anteil von weniger als 10 Volumen%, insbesondere von weniger als 1 Volumen% in der Schicht hat.

[0068] Ein Bauelement wie es in den **Fig. 1a bis 1c** gezeigt ist, kann auch weitere organische funktionelle Schichtenstapel aufweisen, wobei jeweils zwischen zwei organischen funktionellen Schichtenstapeln ein Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel 40 angeordnet ist, der beispielsweise gemäß einer der Ausführungsformen, wie sie in **Fig. 1a bis 1c** gezeigt sind, ausgestaltet sein kann.

[0069] **Fig. 2** zeigt ein optisches Transmissionsspektrum, bei dem die x-Achse die Wellenlänge λ in nm und die y-Achse die Transmission T darstellt. Das Beispiel S1 ist die Transmission von dem herkömmlichen Material NET-39 einer Zwischenschicht 42, S2 und S3 zeigen die Transmissionsspektren der mononuklearen Phthalocyanin-Derivate VOPc (S2) und TiOPc (S3). Man sieht, dass sich die Transmission durch den Einsatz von mononuklearen Phthalocyaninen im Spektralbereich von ungefähr 450 nm bis ungefähr 600 nm erhöht gegenüber der Transmission von NET-39 in dem gleichen Spektralbereich, was auf das ausgedehnte π -Elektronensystem des Phthalocyanin-Derivats zurückzuführen ist. Damit wird die Restabsorption in einem

organischen Licht emittierenden Bauelement, beispielsweise einer OLED, speziell im gelb-grün-blauen Bereich reduziert. Aufgrund des noch zusätzlich vergrößerten π -Elektronensystems in multinuklearen Phthalocyanin-Derivaten kann somit die entsprechende Transmission der multinuklearen Phthalocyanin-Derivaten auch gegenüber den mononuklearen Phthalocyanin-Derivate noch weiter erhöht werden, speziell im gelb-roten Bereich, weil die intensiven niedermolekularen Absorptionsbanden ins IR verschoben werden.

[0070] Fig. 3a zeigt eine schematische Seitenansicht eines Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels 40, der zwischen einer ersten Elektrode 20 und einer zweiten Elektrode 60 angeordnet ist. In diesem konkreten Beispiel ist die erste Elektrode 20 aus ITO und Glas geformt, die erste elektronentransportierende Schicht 41a ist aus undotiertem NET-18 geformt, die zweite elektronentransportierende Schicht 41b enthält NET-18 mit einer NDN-26 Dotierung. Die Zwischenschicht 42 ist aus TiOPc geformt, die erste Lochtransportierende Schicht 43a aus HAT-CN, die zweite Lochtransportierende Schicht 43b aus α -NPD und die zweite Elektrode 60 aus Aluminium.

[0071] Anhand dieses Aufbaus wird in Fig. 3b in einem Energieleveldiagramm gezeigt, wie die energetischen Verhältnisse der Materialien relativ zueinander sind. Das Diagramm zeigt auf der x-Achse die Dicke d in nm und auf der y-Achse die Energie E in Elektronenvolt. Die Ladungstrennung beziehungsweise die Generation eines Elektrons und eines Lochs findet an der α -NPD/HAT-CN-Grenzfläche statt, da das LUMO von HAT-CN unter dem HOMO von α -NPD liegt. Das Loch aus dem α -NPD wird nach links zur benachbarten Emissionszone transportiert, während das Elektron von HAT-CN über die Zwischenschicht 42 und die elektronentransportierenden Schichten 41a und b nach rechts zur nächsten Emissionszone geleitet wird. Für den Elektronentransport über die hohe Energiebarriere zwischen HAT-CN und NET-18 ist eine hohe n-Dotierung von NET-18 wichtig. Die hohe n-Dotierung führt im NET-18 zu einer starken Bandverbiegung und folglich zu einer schmalen energetischen Barriere, die von den Elektronen leicht durchtunnelt werden kann.

[0072] Beim Einsatz von multinuklearen Phthalocyanin-Derivaten, wie beispielsweise den in den Strukturformeln IV bis VII dargestellten Verbindungen, anstelle von mononuklearen Phthalocyaninen kann bei gleicher Spannung der Tunnelstrom erhöht werden und der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel stabil bleiben, das heißt, dass eine hohe Spannungsstabilität beim Belastungstest bei hoher Temperatur zu verzeichnen ist. Weiterhin ist die Transmission im gelb-roten Spektralbereich vorteilhaft erhöht.

[0073] Dadurch, dass die vergrößerten multinuklearen Phthalocyanin-Derivate bei der Verdampfung als eine zusammenhängende Schicht abgeschieden werden können, kann die Lochtransportierende Schicht 43, beispielsweise die HAT-CN Schicht, noch effektiver von der sehr reaktiven, gegebenenfalls n-dotierten elektronentransportierenden Schicht 41 getrennt werden.

[0074] Mittels Absorptionsspektren von verschiedenen Verbindungen, aus denen Zwischenschichten 42 gebildet werden können, können deren Absorptionseigenschaften verglichen werden.

[0075] Vergleicht man beispielsweise das Absorptionsspektrum von ZnPc (III) im Vergleich zu dem metallfreien H_2Pc (IIIa), sieht man eine leicht herabgesetzte Absorption, insbesondere im Bereich zwischen 300 nm und 450 nm, des ZnPc gegenüber dem H_2Pc , Weiterhin weist das H_2Pc zwei charakteristische Übergänge des π -Elektronensystems bei etwa 650 nm und 700 nm auf, während das ZnPc einen charakteristischen Übergang aufweist, der zwischen den beiden Übergängen des H_2Pc liegt.

[0076] Das in Strukturformel V gezeigte ZnPc-ZnPc in Toluol zeigt im Vergleich zu dem in Strukturformel IV gezeigten H_2Pc-H_2Pc ebenfalls eine herabgesetzte Absorption in dem Bereich von 300 nm bis 800 nm. Die charakteristischen Übergänge des π -Elektronensystems des H_2Pc-H_2Pc liegen beide zwischen 600 nm und 650 nm, der charakteristische Übergang des ZnPc-ZnPc liegt dazwischen.

[0077] Der Vergleich des Absorptionsverhaltens eines linearen trinuklearen Phthalocyanin-Derivats (VI) im Vergleich zu einem rechtwinklig anelierten trinuklearen Phthalocyanin-Derivats (VII), wobei beide Phthalocyanin-Derivate Zn-haltig sind, zeigt, dass die lineare Variante eine geringere Absorption in dem Bereich etwa 400 bis 800 nm zeigt als die rechtwinklig anelierte Variante und zudem einen charakteristischen Übergang des π -Elektronensystems bei etwa 950 nm aufweist, während die rechtwinklige Variante zwei Übergänge bei etwa 850 nm und 900 nm zeigt.

Patentansprüche

1. Organisches Licht emittierendes Bauelement aufweisend ein Substrat (10), eine erste Elektrode (20) auf dem Substrat (10), einen ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30) auf der ersten Elektrode (20), einen Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (50) auf dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40), und eine zweite Elektrode (60) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (50), wobei der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) zumindest eine Lochtransportierende Schicht (43), eine elektronentransportierende Schicht (41) und eine Zwischenschicht (42) aufweist, und wobei die mindestens eine Zwischenschicht (42) ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufweist, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat durch Annelierung durch Benzolringe von zwei oder mehreren mononuklearen Phthalocyanin-Einheiten erhalten wird.
2. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat ein Metall oder eine Metallverbindung enthält.
3. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Metall oder die Metallverbindung aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Cu, Zn, Co, Al, Ni, Fe, SnO, Mn, Mg, VO und TiO enthält.
4. Bauelement nach Anspruch 1, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat metallfrei ist.
5. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat ein dinukleares Phthalocyanin-Derivat ist.
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat ein tri- oder tetranukleares Phthalocyanin-Derivat ist.
7. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das tri- oder tetranukleare Phthalocyanin-Derivat linear oder rechtwinklig anellierte Phthalocyanin-Derivate aufweist.
8. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenschicht (42) eine Dicke aufweist, die aus einem Bereich ausgewählt ist, der 1 nm bis 50 nm umfasst.
9. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lochtransportierende Schicht (43) eine erste Lochtransportierende Schicht (43a) und eine zweite Lochtransportierende Schicht (43b) umfasst, und die erste Lochtransportierende Schicht (43a) auf der elektronentransportierenden Schicht (41) und die zweite Lochtransportierende Schicht (43b) auf der ersten Lochtransportierenden Schicht (43a) angeordnet sind.
10. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Zwischenschicht (42) zwischen der elektronentransportierenden Schicht (41) und der ersten Lochtransportierenden Schicht (43a) und/oder zwischen der ersten Lochtransportierenden Schicht (43a) und der zweiten Lochtransportierenden Schicht (43b) angeordnet ist.
11. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lochtransportierende Schicht (43) oder die erste und zweite Lochtransportierende Schicht (43a, 43b) undotiert oder unabhängig voneinander p-dotiert sind.
12. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektronentransportierende Schicht (41) n-dotiert ist.
13. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das als organische Licht emittierende Diode ausgebildet ist.
14. Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit den Verfahrensschritten
 - A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels (30) auf einer ersten auf einem Substrat (10) angeordneten Elektrode (20),
 - B) Ausbilden eines Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels (40) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30),

- C) Ausbilden eines zweiten organischen funktionellen Schichtenstapels (50) auf dem Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel (40),
D) Anordnen einer zweiten Elektrode (60) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (50), wobei der Verfahrensschritt B) die Schritte
B1) Aufbringen zumindest einer elektronentransportierenden Schicht (41) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30),
B2) Aufbringen einer ersten lochtransportierenden Schicht (43a) oder einer Zwischenschicht (42) auf der elektronentransportierenden Schicht (41), und
B3) Aufbringen einer Zwischenschicht (42) auf der ersten lochtransportierenden Schicht (43a) und einer zweiten lochtransportierenden Schicht (43b) auf der Zwischenschicht (42) oder Aufbringen einer lochtransportierenden Schicht (43) auf der Zwischenschicht (42), wobei beim Aufbringen der Zwischenschicht (42) ein multinukleares Phthalocyanin-Derivat aufgebracht wird, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat durch Annelierung durch Benzolringe von zwei oder mehreren mononuklearen Phthalocyanin-Einheiten erhalten wird.

15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das multinukleare Phthalocyanin-Derivat aufgedampft oder als Lösung aufgebracht wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

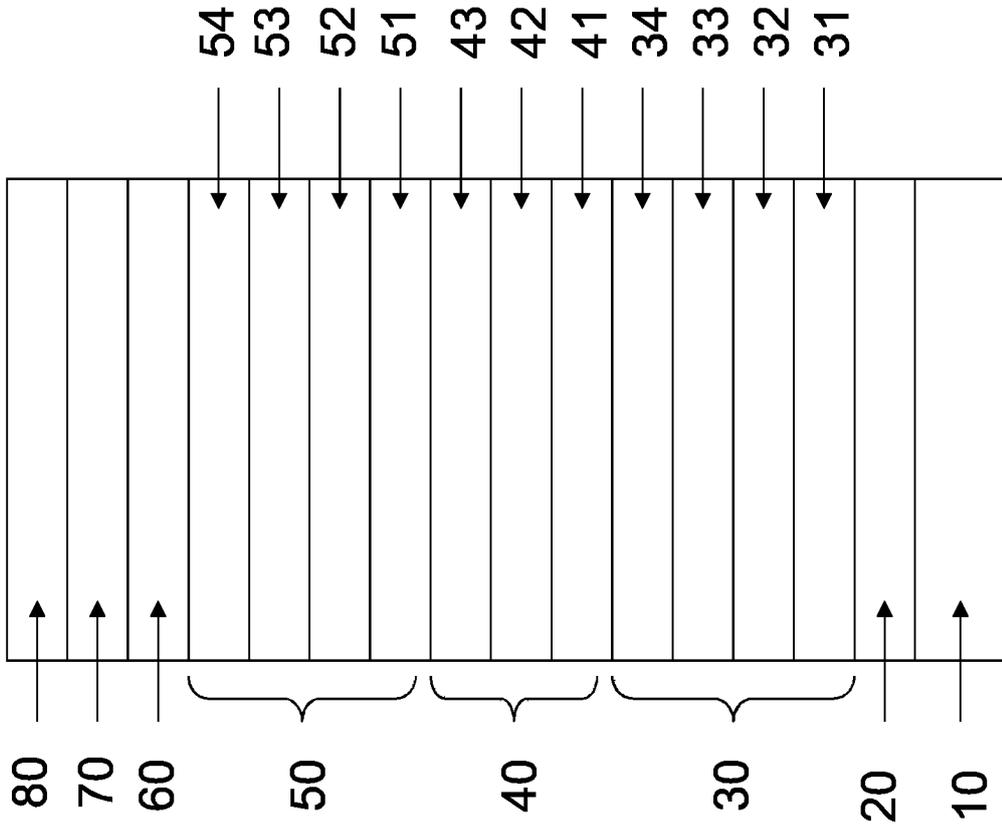


Fig. 1a

Fig.1b

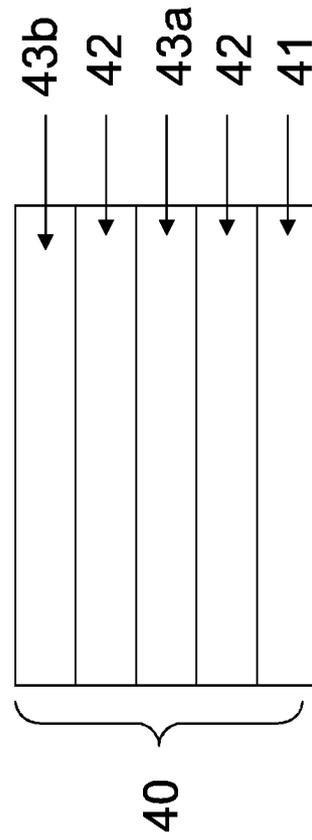


Fig. 1c

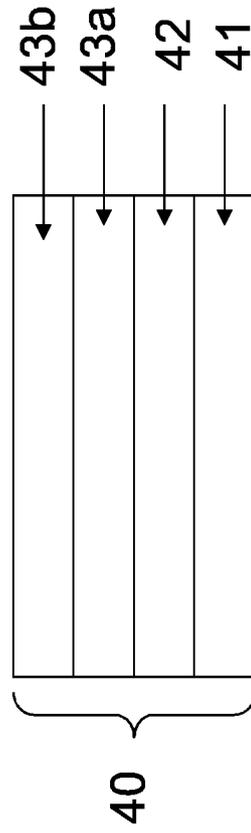
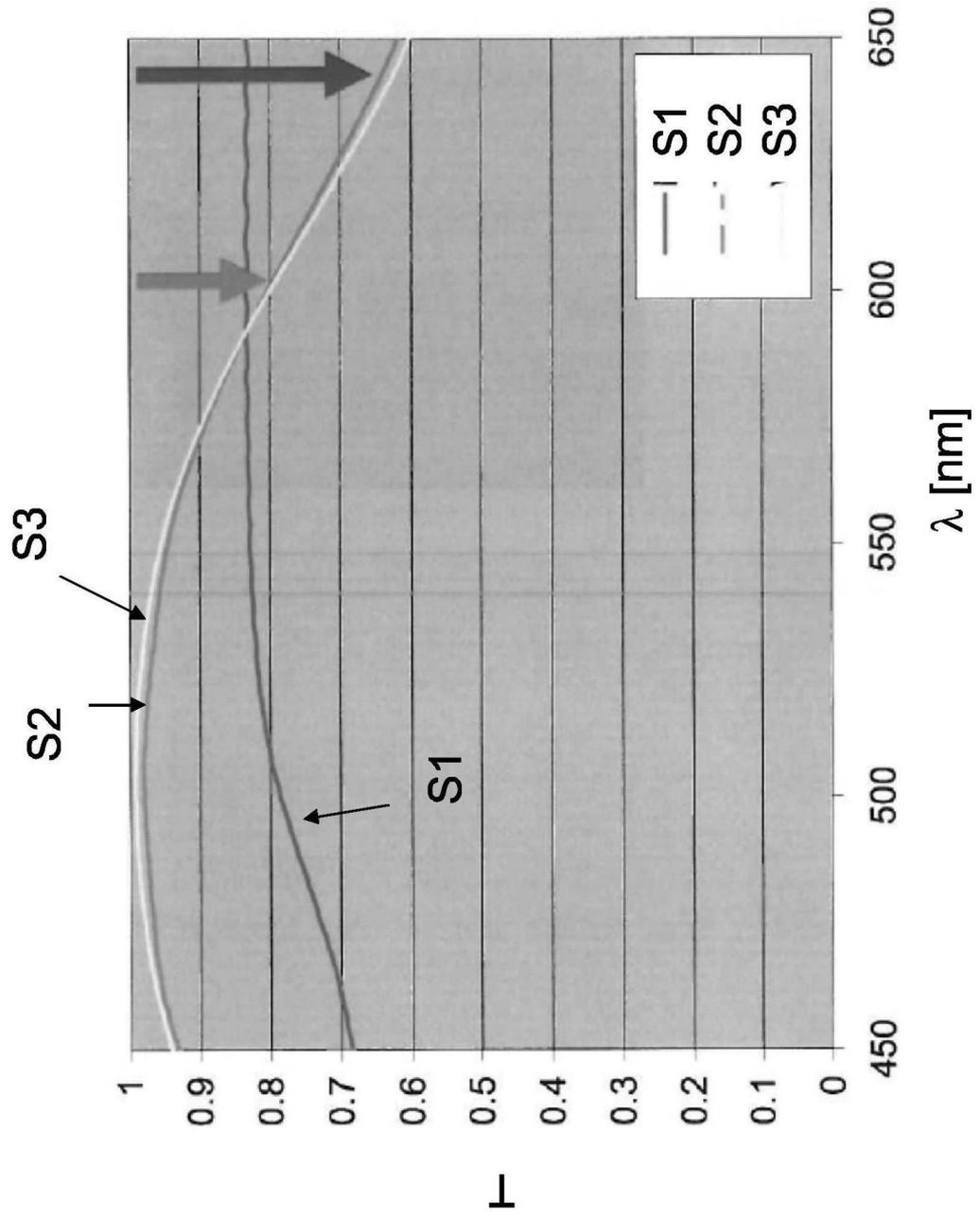


Fig.2



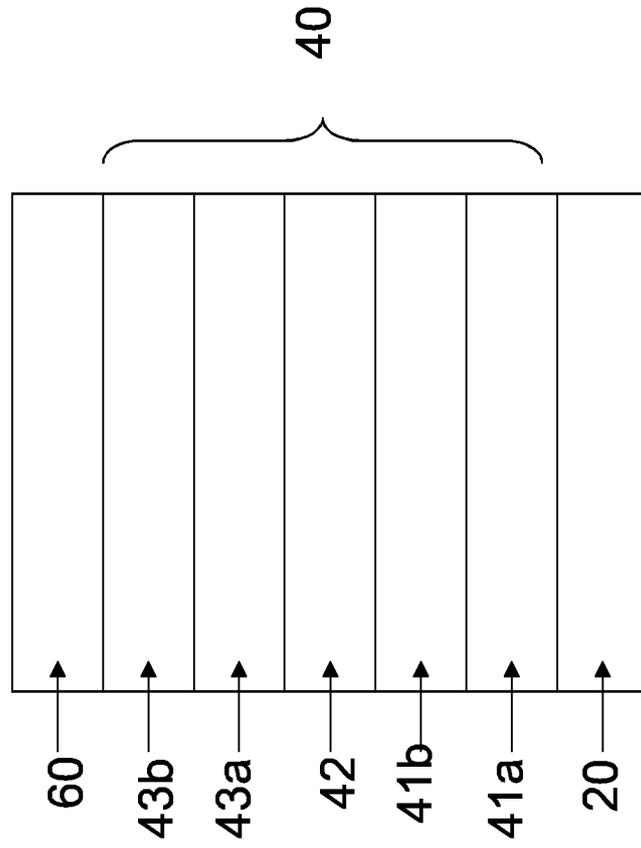


Fig. 3a

Fig. 3b

