



(10) **DE 10 2014 112 130 A1** 2016.02.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 112 130.9**

(22) Anmeldetag: **25.08.2014**

(43) Offenlegungstag: **25.02.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 51/56 (2006.01)**

H01L 51/54 (2006.01)

(71) Anmelder:
OSRAM OLED GmbH, 93049 Regensburg, DE

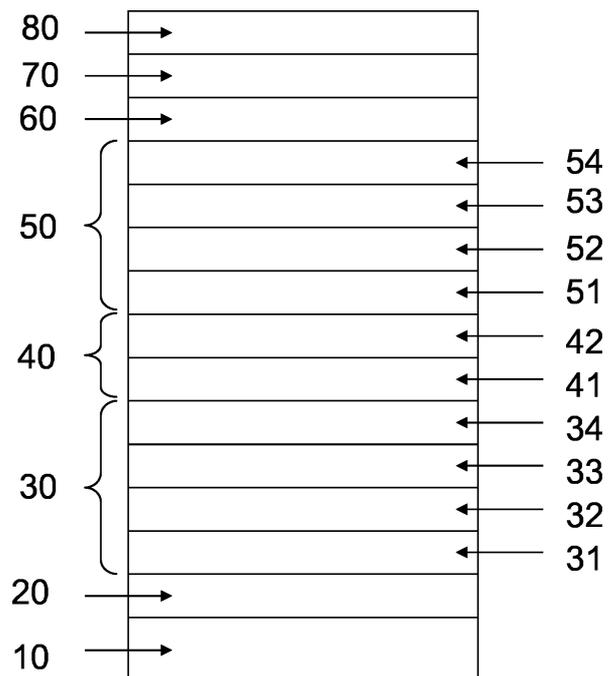
(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Riegel, Nina, Dr., 93105 Tegernheim, DE; Fleißner,
Arne, Dr., 93059 Regensburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(57) Zusammenfassung: Es wird ein organisches Licht emittierendes Bauelement angegeben, aufweisend eine erste Elektrode, einen Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel auf einem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel, einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel auf dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel, und eine zweite Elektrode, wobei der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel zumindest eine erste elektronentransportierende Schicht und eine erste lochtransportierende Schicht aufweist. Die erste elektronentransportierende Schicht und/oder die erste lochtransportierende Schicht umfasst einen Dotierstoff. Die erste elektronentransportierende Schicht ist aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und/oder die erste lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial hergestellt, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.



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. 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 injizierte Strom, desto höher ist die emittierte Leuchtdichte. Aber auch der Stress nimmt mit Strom und Leuchtdichte zu, wodurch sich die OLED-Lebensdauer verkürzt. Um die Leuchtdichte zu erhöhen und die Lebensdauer zu verlängern, können mehrere OLEDs monolithisch übereinander gestapelt werden zu sogenannten gestapelten OLEDs, 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. Voraussetzung für den Einsatz einer CGL in beispielsweise einer weißen OLED sind ein einfacher Aufbau, das heißt wenige Schichten, die leicht prozessierbar sind, sowie eine möglichst hohe Transmission im von der OLED emittierten Spektralbereich, damit Absorptionsverluste des emittierten Lichts vermieden werden. Herkömmliche gestapelte OLEDs mit CGLs aus einer n- und einer p-dotierten Schicht weisen sehr kurze Lebensdauern auf, da die n-Dotierstoffe aus der n-dotierten Schicht in die p-dotierte Schicht diffundieren und die p-Dotierstoffe aus der p-dotierten Schicht in die n-dotierte Schicht diffundieren. Diese Diffusion findet verstärkt statt, wenn die OLEDs höheren Temperaturen ausgesetzt sind. Bislang wurde dieses Problem beispielsweise durch eine Zwischenschicht als Diffusionsbarriere zwischen der n- und der p-dotierten Schicht gelöst. Diese Zwischenschichten haben jedoch häufig den Nachteil einer relativ hohen Absorption, was die Effizienz der gestapelten OLED negativ beeinflusst. Diese Zwischenschichten beeinträchtigen auch die Off-State Appearance einer OLED. Zudem sind die Zwischenschichten häufig nur sehr eingeschränkt temperaturstabil, was den Einsatz dieser OLEDs bei Temperaturen über 80°C nicht möglich macht.

[0003] Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein organisches Licht emittierendes Bauelement anzugeben, das eine erhöhte Lebensdauer und Effizienz aufweist. Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements anzugeben.

[0004] Diese Aufgaben werden durch Gegenstände gemäß den nebengeordneten 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.

[0005] Es wird ein organisches Licht emittierendes Bauelement angegeben, das eine erste Elektrode, 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. Der Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel weist zumindest eine erste elektronentransportierende Schicht und eine erste Lochtransportierende Schicht auf. Die erste elektronentransportierende Schicht ist aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und/oder die erste Lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten Lochtransportierenden Matrixmaterial hergestellt, wobei das erste Lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist. Die erste elektronentransportierende Schicht und/oder die erste Lochtransportierende Schicht umfasst einen Dotierstoff.

[0006] Umfasst die erste elektronentransportierende Schicht einen Dotierstoff handelt es sich um einen n-Dotierstoff. Umfasst die erste Lochtransportierende Schicht einen Dotierstoff handelt es sich um einen p-Dotierstoff.

[0007] In einer Ausführungsform ist die erste elektronentransportierende Schicht aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und/oder die erste Lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten

lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

[0008] In einer Ausführungsform ist die erste elektronentransportierende Schicht aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial oder aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierenden Matrixmaterial vernetzt ist und/oder die erste lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial oder aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

[0009] In einer Ausführungsform umfasst die erste elektronentransportierende Schicht ein erstes elektronentransportierendes Matrixmaterial oder ein erstes elektronentransportierendes Matrixmaterial und einen n-Dotierstoff und die erste lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial oder aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

[0010] In einer Ausführungsform umfasst die erste lochtransportierende Schicht ein zweites lochtransportierendes Matrixmaterial oder ein zweites lochtransportierendes Matrixmaterial und einen p-Dotierstoff und die erste elektronentransportierende Schicht ist aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial oder aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

[0011] In einer Ausführungsform ist die erste elektronentransportierende Schicht aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial oder einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und die erste lochtransportierende Schicht ist aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial oder einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial einem p-Dotierstoff hergestellt, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

[0012] In einer Ausführungsform weist das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und/oder das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe auf, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst. Das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und/oder das erste lochtransportierende Matrixmaterial ist über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt.

[0013] In einer Ausführungsform ist das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und/oder das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt. Es handelt sich um eine intramolekulare Vernetzung der Moleküle des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und/oder des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials. Durch die Vernetzung bildet sich ein polymeres Netzwerk des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und/oder des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials aus. In der ersten elektronentransportierende Schicht und/oder in der ersten lochtransportierenden Schicht befinden sich keine oder nahezu keine nicht vernetzten Moleküle des zweiten elektronentransportierenden und/oder des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

[0014] Mit „auf“ bezüglich der Anordnung der Schichten und Schichtenstapel 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.

[0015] 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. 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. Materialien für die Lochtransportschichten, die Elektronentransportschichten und die Elektronen- und/oder Löcherblockierschichten sind dem Fachmann bekannt.

[0016] In einer Ausführungsform umfasst das Bauelement ein Substrat. Die erste Elektrode kann auf dem Substrat angeordnet sein. Das Substrat kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder eines Laminats 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.

[0017] 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 kann. 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, nicht-transluzent 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 sowohl die auf dem Substrat angeordnete Elektrode als 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.

[0018] 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.

[0019] Geeignete Metalle sind beispielsweise Ag, Pt, Au, Mg, Al, Ba, In, Ca, Sm oder Li, sowie Verbindungen, Kombinationen oder Legierungen daraus.

[0020] 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 transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

[0021] 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 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.

[0022] Beispielsweise kann der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel direkt an die organischen funktionellen Schichtenstapel angrenzen.

[0023] Eine so durch Vernetzung des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials hergestellte erste lochtransportierende Schicht weist im Vergleich zu einer lochtransportierenden Schicht mit dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial im unvernetzten Zustand eine erhöhte Glasübergangstemperatur auf. Die Glasübergangstemperatur der ersten lochtransportierenden Schicht liegt in einen Bereich zwischen beispielsweise 250°C und 400°C, während die Glasübergangstemperatur einer ersten lochtransportierenden Schicht mit dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial im unvernetztem Zustand eine Glasübergangstemperatur von beispielsweise 80°C aufweist. Durch das entstehende Netzwerk und die erhöhte Glasübergangstemperatur wird die Mobilität des p-Dotierstoffs, der sich in der ersten lochtransportierenden Schicht befindet so stark herabge-

setzt, dass dieser in dem Netzwerk fest eingebunden ist und somit eine Diffusion des p-Dotierstoffs unterbunden wird. Auch die sich in angrenzenden Schichten enthaltenen Dotierstoffe, wie die in der ersten elektronentransportierenden Schicht enthaltenen n-Dotierstoffe können nicht in die erste lochtransportierende Schicht diffundieren. So wird die Lebensdauer des organischen Licht emittierenden Bauelements erhöht, da über die gesamte Betriebslaufzeit eine konstante Ladungsträgerinjektion in den ersten und den zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel möglich ist.

[0024] Auch eine so durch Vernetzung des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials hergestellte erste elektronentransportierende Schicht weist im Vergleich zu einer elektronentransportierenden Schicht mit dem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial im unvernetzten Zustand eine erhöhte Glasübergangstemperatur auf. Durch das entstehende Netzwerk und die erhöhte Glasübergangstemperatur wird die Mobilität des n-Dotierstoffs, der sich in der zweiten elektronentransportierenden Schicht befindet so stark herabgesetzt, dass dieser in dem Netzwerk fest eingebunden ist und somit eine Diffusion des n-Dotierstoffs unterbunden wird. Auch die in angrenzenden Schichten enthaltenen Dotierstoffe, wie die in der ersten lochtransportierenden Schicht enthaltenen p-Dotierstoffe können nicht in die zweite elektronentransportierende Schicht diffundieren. So wird die Lebensdauer des organischen Licht emittierenden Bauelements erhöht, da über die gesamte Betriebslaufzeit eine konstante Ladungsträgerinjektion in den ersten und den zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel möglich ist.

[0025] Das organische Licht emittierende Bauelement kann auch bei Temperaturen über 80°C eingesetzt werden ohne dass es zu Effizienzverlusten oder einer Verkürzung der Lebensdauer kommt. So eignet sich das organische Licht emittierende Bauelement beispielsweise für den Einsatz in Automobilen oder im Außenbereich.

[0026] In einer Ausführungsform besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht umfassend das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und den n-Dotierstoff und der ersten lochtransportierenden Schicht, die aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist. Somit ist hier zwischen der ersten elektronentransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht keine Zwischenschicht als Diffusionsbarriere für die n- und p-Dotierstoffe nötig, da bereits die erste lochtransportierende Schicht als Diffusionsbarriere wirkt. Somit kann eine Schicht eingespart werden, was die Gesamtdicke des ersten Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels und somit auch dessen Lichtabsorption erniedrigt und somit die Effizienz des organischen Licht emittierenden Bauelements erhöht.

[0027] In einer Ausführungsform besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht, die aus dem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und dem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist und der ersten lochtransportierenden Schicht, die das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff umfasst. Somit ist hier zwischen der ersten elektronentransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht keine Zwischenschicht als Diffusionsbarriere für die n- und p-Dotierstoffe nötig, da bereits die erste elektronentransportierende Schicht als Diffusionsbarriere wirkt. Somit kann eine Schicht eingespart werden, was die Gesamtdicke des ersten Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels und somit auch dessen Lichtabsorption erniedrigt und somit die Effizienz des organischen Licht emittierenden Bauelements erhöht.

[0028] In einer Ausführungsform besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht, die aus dem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und dem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist, und der ersten lochtransportierenden Schicht, die aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist. In dieser Ausführungsform sind somit sowohl der p-Dotierstoff als auch der n-Dotierstoff in dem jeweiligen Netzwerk fest eingebunden, so dass eine Diffusion des p-Dotierstoffs und des n-Dotierstoffs unterbunden wird.

[0029] In einer Ausführungsform besteht die erste elektronentransportierende Schicht aus dem ersten elektronentransportierenden Matrixmaterial und dem n-Dotierstoff. Insbesondere ist das erste elektronentransportierende Matrixmaterial nicht vernetzt.

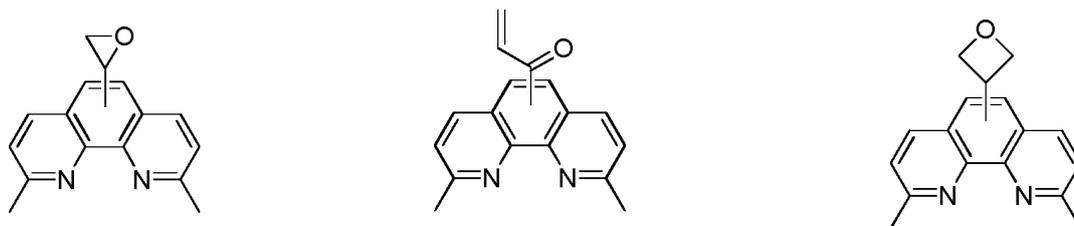
[0030] Das erste elektronentransportierende Matrixmaterial kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die NET-18,2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol), 2-(4-Biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)

-1,3,4-oxadiazol, 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP), 8-Hydroxyquinolinolato-lithium, 4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazol, 1,3-Bis[2-(2,2'-bipyridine-o-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-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]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, Phenyldipyrenylphosphinoxide, Naphtahlintetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Perylentetracarbonsäuredianhydrid und dessen Imide, Materialien basierend auf Silolen mit einer Silacyclopentadieneinheit sowie Gemische der vorgenannten Stoffe umfasst.

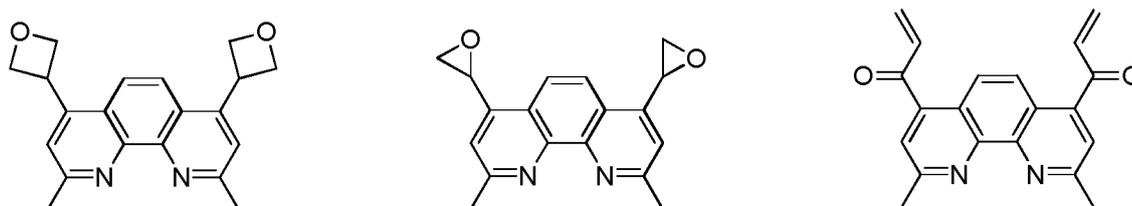
[0031] In einer Ausführungsform sind die genannten Materialien des ersten elektronentransportierenden Matrixmaterials mit einem Vernetzungsinitiator funktionalisiert, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

[0032] In einer Ausführungsform ist das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial aus den gleichen Materialien ausgewählt wie das erste elektronentransportierende Matrixmaterial, wobei die genannten Materialien zumindest eine funktionelle Gruppe aufweisen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst.

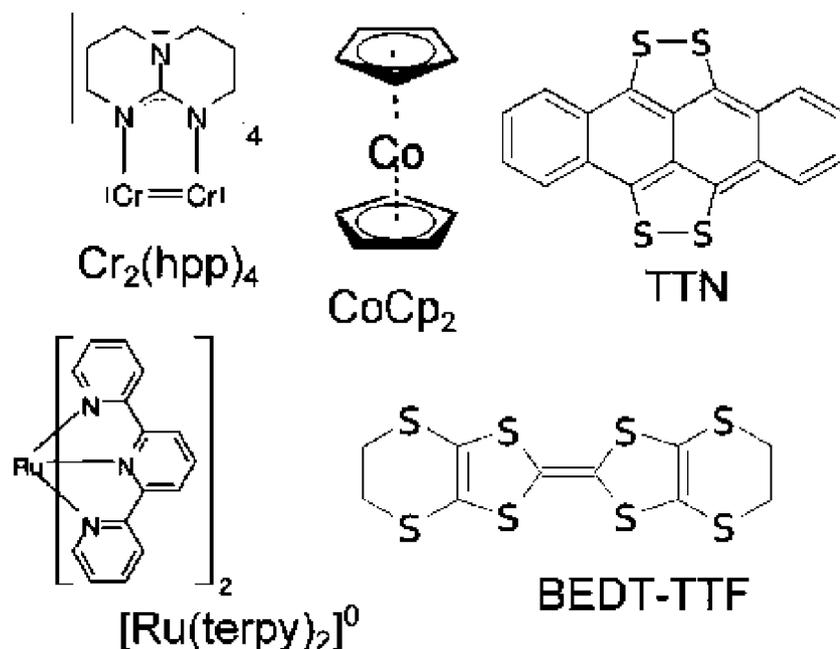
[0033] Beispielsweise weist das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial eine der folgenden Formeln auf:



[0034] Die Epoxid-, Oxetan- oder Acrylgruppen können jedes beliebige H-Atom der Aromaten substituieren. Es können auch mehrere H-Atome durch Epoxid-, Oxetan- oder Acrylgruppen substituiert sein. Beispielsweise kann das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial eine der folgenden Formeln aufweisen:



[0035] Der n-Dotierstoff kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die

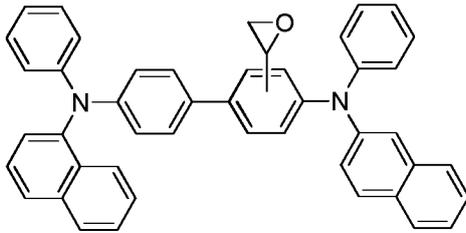
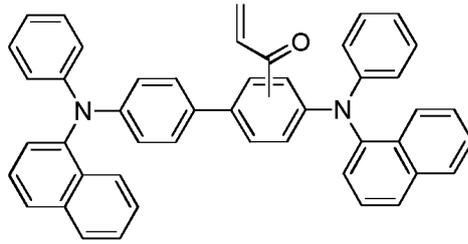
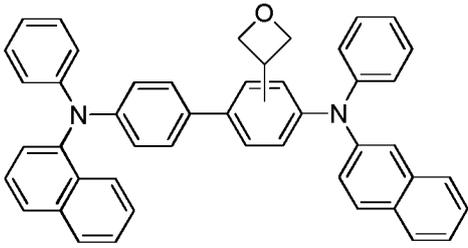


Na, Ca, MgAg,

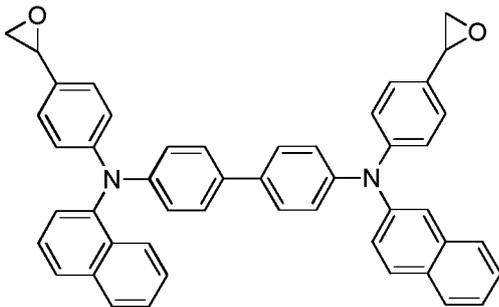
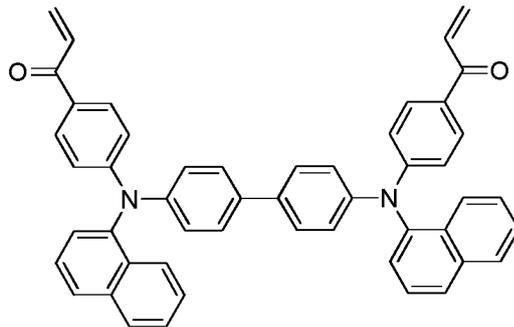
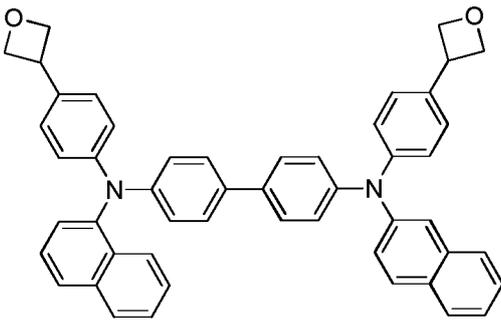
Cs, Li, Mg, Cs_2CO_3 , und Cs_3PO_4 umfasst.

Das erste lochtransportierende Matrixmaterial kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die 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), N,N'-Bis(phenyl)-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, wobei die genannten Materialien zumindest eine funktionelle Gruppe aufweisen, die aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst.

[0036] Das erste lochtransportierende Matrixmaterial kann eine der folgenden Formeln aufweisen:



[0037] Die Epoxid-, Oxetan- oder Acrylgruppen können jedes beliebige H-Atom der Aromaten substituieren. Es können auch mehrere H-Atome durch Epoxid-, Oxetan- oder Acrylgruppen substituiert sein. Beispielsweise kann das erste lochtransportierende Matrixmaterial eine der folgenden Formeln aufweisen:



[0038] Der p-Dotierstoff kann 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.

[0039] In einer Ausführungsform umfasst die erste lochtransportierende Schicht das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff. Bevorzugt weist das zweite lochtransportierende Matrixmaterial in dieser Ausführungsform keine Oxetan-, Epoxid- oder Acrylgruppe auf.

[0040] In einer Ausführungsform besteht die erste lochtransportierende Schicht aus dem zweiten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff.

[0041] Das zweite lochtransportierende Matrixmaterial kann analog dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial gewählt sein ohne jedoch eine Oxetan-, Epoxid- oder Acrylgruppe aufzuweisen.

[0042] Das zweite lochtransportierende Matrixmaterial kann insbesondere aus einer Gruppe ausgewählt sein, die 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), (N,N'-Bis(phenyl)-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.

[0043] In einer Ausführungsform sind die genannten Materialien des zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials mit einem Vernetzungsiniziator funktionalisiert, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

[0044] In einer Ausführungsform weist der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel eine zweite lochtransportierende Schicht auf. Die zweite lochtransportierende Schicht umfasst das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und einen p-Dotierstoff oder besteht aus dem zweiten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff. In dieser Ausführungsform ist die erste lochtransportierende Schicht zwischen der ersten elektronentransportierenden Schicht umfassend das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und den n-Dotierstoff und der zweiten lochtransportierenden Schicht angeordnet.

[0045] In einer Ausführungsform weist der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel eine zweite elektronentransportierende Schicht auf. Die zweite elektronentransportierende Schicht umfasst das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und einen n-Dotierstoff oder besteht aus dem ersten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff. In dieser Ausführungsform ist die erste elektronentransportierende Schicht zwischen der ersten lochtransportierenden Schicht umfassend das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff und der zweiten elektronentransportierenden Schicht angeordnet.

[0046] In einer Ausführungsform besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht umfassend das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und den n-Dotierstoff, der zweiten lochtransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht, die aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist.

[0047] In einer Ausführungsform besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten lochtransportierenden Schicht umfassend das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff, der zweiten elektronentransportierenden Schicht und der ersten elektronentransportierenden Schicht, die aus dem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und dem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist.

[0048] Der p-Dotierstoff kann in der ersten und/oder der zweiten lochtransportierenden Schicht zu einem Anteil von 0,1 bis 40 Volumen%, bevorzugt von 0,5 bis 20 Volumen%, besonders bevorzugt von 1 bis 10 Volumen% vorliegen.

[0049] Der n-Dotierstoff kann in der ersten und/oder zweiten elektronentransportierenden Schicht zu einem Anteil von 0,1 bis 40 Volumen%, bevorzugt von 0,5 bis 20 Volumen%, besonders bevorzugt von 1 bis 10 Volumen% vorliegen.

[0050] Die erste und zweite lochtransportierende Schicht können zusammen eine Schichtdicke in einem Bereich von 5 bis 200 nm, bevorzugt 10 nm bis 120 nm, besonders bevorzugt 30 bis 80 nm aufweisen.

[0051] Die erste und zweite elektronentransportierende Schicht können zusammen eine Schichtdicke in einem Bereich von 5 nm bis 200 nm, bevorzugt 10 nm bis 120 nm, besonders bevorzugt 30 bis 80 nm aufweisen.

[0052] Besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht, der zweiten lochtransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht, kann die erste lochtransportierende Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von 1 nm bis 20 nm, insbesondere zwischen 2 nm und 10 nm aufweisen.

[0053] Besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht, der zweiten elektronentransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht, kann die erste elektronentransportierende Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von 1 nm bis 20 nm, insbesondere zwischen 2 nm und 10 nm aufweisen.

[0054] Besteht der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aus der ersten elektronentransportierenden Schicht und der ersten lochtransportierenden Schicht, kann die erste lochtransportierende Schicht und/oder die erste elektronentransportierende Schicht eine Schichtdicke in einem Bereich von 5 bis 200 nm, bevorzugt 10 nm bis 120 nm, besonders bevorzugt 30 bis 80 nm aufweisen.

[0055] Bei diesen Schichtdicken weist der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel eine Transmission auf, die größer ist als 80 bevorzugt 90% in einem Wellenlängenbereich von ungefähr 400 nm bis ungefähr 700 nm.

[0056] In einer Ausführungsform weist das organische Licht emittierende Bauelement einen dritten organischen funktionellen Schichtenstapel und einen weiteren Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel, auf. Der weitere Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel ist auf dem zweiten funktionellen Schichtenstapel angeordnet und der dritte organische funktionelle Schichtenstapel ist auf dem weiteren Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel angeordnet. Der dritte organische funktionelle Schichtenstapel kann wie der erste oder der zweite organische funktionelle Schichtenstapel aufgebaut sein. Der weitere Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel kann wie der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel aufgebaut und hergestellt sein.

[0057] Das organische Licht emittierende Bauelement kann in einer Ausführungsform als organische Licht emittierende Diode (OLED) ausgebildet sein.

[0058] Die angegebenen Ausführungsformen des organischen Licht emittierenden Bauelements können gemäß nachfolgend genannten Verfahren hergestellt werden. Alle unter dem Verfahren genannten Merkmale des organischen Licht emittierenden Bauelements können auch Merkmale der oben ausgeführten Ausführungsbeispiele des organischen Licht emittierenden Bauelements sein.

[0059] Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements angegeben. Das Verfahren umfasst folgende Verfahrensschritte:

- A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels auf einer ersten Elektrode,
- B) Ausbilden eines Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel,
- C) Ausbilden eines zweiten organischen funktionellen Schichtenstapels auf dem Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel,
- D) Anordnen einer zweiten Elektrode auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel.

[0060] Verfahrensschritt B) umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- B1) Ausbilden einer ersten elektronentransportierenden Schicht, und
- B2) Ausbilden einer ersten lochtransportierenden Schicht. Die erste elektronentransportierende Schicht und/oder die erste lochtransportierende Schicht umfasst einen Dotierstoff.

[0061] In einer Ausführungsform umfasst Verfahrensschritt B1) folgenden Verfahrensschritt:

- B11) Aufbringen eines ersten oder zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel und Verfahrensschritt B2) umfasst die folgenden Verfahrensschritte:
 - B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel),
 - B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

[0062] In einer Ausführungsform umfasst Verfahrensschritt B1) den folgenden Verfahrensschritt:

B11) Aufbringen eines ersten oder zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel oder

B11) Aufbringen eines ersten oder zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel.

[0063] In einer Ausführungsform umfasst Verfahrensschritt B2) den folgenden Verfahrensschritt:

B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials oder eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel oder

B21) Aufbringen eines zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials oder eines zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel.

[0064] In einer Ausführungsform weist das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe auf, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst. Verfahrensschritt B2) umfasst dann einen weiteren Verfahrensschritt B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

[0065] In einer Ausführungsform weist das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe auf, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst.

[0066] Verfahrensschritt B1) umfasst dann einen weiteren Verfahrensschritt

B13) Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des ersten elektronentransportierenden Matrixmaterials.

[0067] In einer Ausführungsform wird das Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials in Verfahrensschritt B23) und/oder das Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials in Verfahrensschritt B13) durch einen Vernetzungsmittel initiiert.

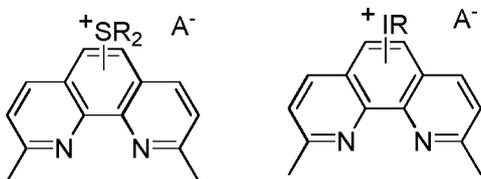
[0068] Der Vernetzungsmittel kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die Stickoxidgase, Fluor, Sauerstoff, Ozon, Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

[0069] Bei einem Protonendonator handelt es sich um eine Säure, die Protonen abgeben kann.

[0070] In einer Ausführungsform ist die Lewis-Säure aus einer Gruppe ausgewählt, die Nitrosonium-, Iodonium- und Sulfoniumsalze umfasst. Bei dem Nitrosoniumsalz kann es sich beispielsweise um $\text{NO}^+\text{SbF}_6^-$ handeln.

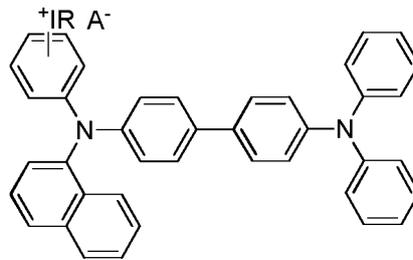
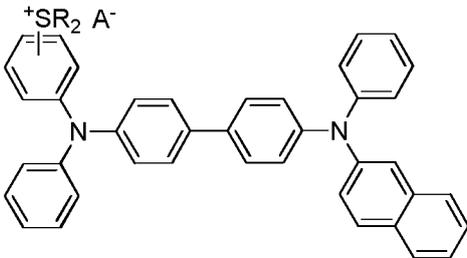
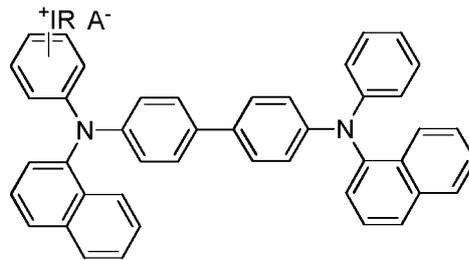
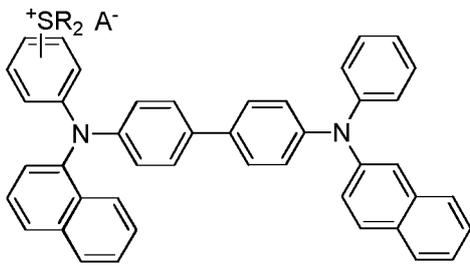
[0071] In einer Ausführungsform ist das erste elektronentransportierende Matrixmaterial oder das zweite lochtransportierende Matrixmaterial mit dem Vernetzungsmittel funktionalisiert, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst. Als Lewis-Säuren können hier $\text{R}_2\text{S}^+\text{A}^-$ oder RI^+A^- eingesetzt werden. Die Reste R können beispielsweise Alkyl- oder Arylreste sein. Beispielsweise kann R ein Phenyl- oder Methylrest sein. Bei A^- handelt es sich um ein Anion, beispielsweise um BF_4^- , PF_6^- , SbF_6^- oder $0,5 \text{CO}_3^{2-}$.

[0072] Beispielsweise ist das erste elektronentransportierende Matrixmaterial ein mit zumindest einer Lewis-Säure funktionalisiertes 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP) folgender Formel:



[0073] $\text{R}_2\text{S}^+\text{A}^-$ oder RI^+A^- können jedes beliebige H-Atom des Aromaten substituieren. Es können auch mehrere H-Atome durch $\text{R}_2\text{S}^+\text{A}^-$ oder RI^+A^- substituiert sein.

[0074] Beispielsweise weist das zweite lochtransportierende Matrixmaterial, das mit einer Lewis-Säure funktionalisiert ist eine der folgenden Formeln auf:



[0075] $R_2S^+A^-$ oder RI^+A^- können jedes beliebige H-Atom des Aromaten substituieren. Es können auch mehrere H-Atome durch $R_2S^+A^-$ oder RI^+A^- substituiert sein.

[0076] Ist das erste elektronentransportierende Matrixmaterial mit dem Vernetzungsinitiator funktionalisiert, kann Verfahrensschritt B23), also das Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials direkt nach Verfahrensschritt B21) stattfinden.

[0077] Die Vernetzung kann in einer Ausführungsform durch eine Temperaturerhöhung oder UV-Bestrahlung gestartet werden. Die Temperatur kann bis 120°C , bevorzugt bis 80°C erhöht werden. Beispielsweise können durch Temperaturerhöhung oder UV-Bestrahlung Radikalkationen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und/oder des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials gebildet werden. Handelt es sich bei dem Vernetzungsinitiator um einen Protonendonator, können die abgespaltenen Protonen des Protonendonators eine Vernetzung des gesamten ersten lochtransportierenden Matrixmaterials erreichen, da die Protonen durch die aufgebrachte Schicht umfassend das erste lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff diffundieren können und so die Vernetzung starten. Handelt es sich bei dem Vernetzungsinitiator um eine Lewis Säure, kann auch nur ein Teil des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials vernetzt werden. Insbesondere vernetzten die Moleküle des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials, die der ersten elektronentransportierenden Schicht am nächsten sind. So kann beispielsweise eine erste lochtransportierende Schicht ausgebildet werden, die eine Schichtdicke zwischen 1 nm bis 20 nm, insbesondere zwischen 2 nm und 10 nm aufweist. Beispielsweise kann die Vernetzung, die durch Temperaturerhöhung gestartet wird durch Herabsetzen der Temperatur auf Raumtemperatur gestoppt werden. Das nicht vernetzte erste lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff bilden dann eine zweite lochtransportierende Schicht. Verfahrensschritt B) umfasst somit in dieser Ausführungsform einen weiteren Verfahrensschritt:

B3) Ausbilden einer zweiten lochtransportierenden Schicht umfassend das erste lochtransportierende Matrixmaterial und den p-Dotierstoff.

[0078] Ist das zweite lochtransportierende Matrixmaterial mit dem Vernetzungsinitiator funktionalisiert, kann Verfahrensschritt B13), also das Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials direkt nach Verfahrensschritt B11) stattfinden. Die Vernetzung kann in einer Ausführungsform durch eine Temperaturerhöhung oder UV-Bestrahlung gestartet werden. Handelt es sich bei dem Vernetzungsinitiator um einen Protonendonator, können die abgespaltenen Protonen des Protonendonators eine Vernetzung des gesamten zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials erreichen, da die Protonen durch die aufgebrachte Schicht umfassend das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und den n-Dotierstoff diffundieren können und so die Vernetzung starten. Handelt es sich bei dem Vernetzungsinitiator um eine Lewis Säure, kann auch nur ein Teil des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials vernetzt werden. Insbesondere vernetzten die Moleküle des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials, die der ersten lochtransportierenden Schicht am nächsten sind. So kann beispielsweise eine erste elektronentransportierende Schicht ausgebildet werden, die eine Schichtdicke zwischen 1 nm bis 20 nm, insbesondere zwischen 2 nm und 10 nm aufweist. Das nicht vernetzte zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotier-

stoff bilden dann eine zweite elektrontransportierende Schicht. Verfahrensschritt B) umfasst somit in dieser Ausführungsform einen weiteren Verfahrensschritt:

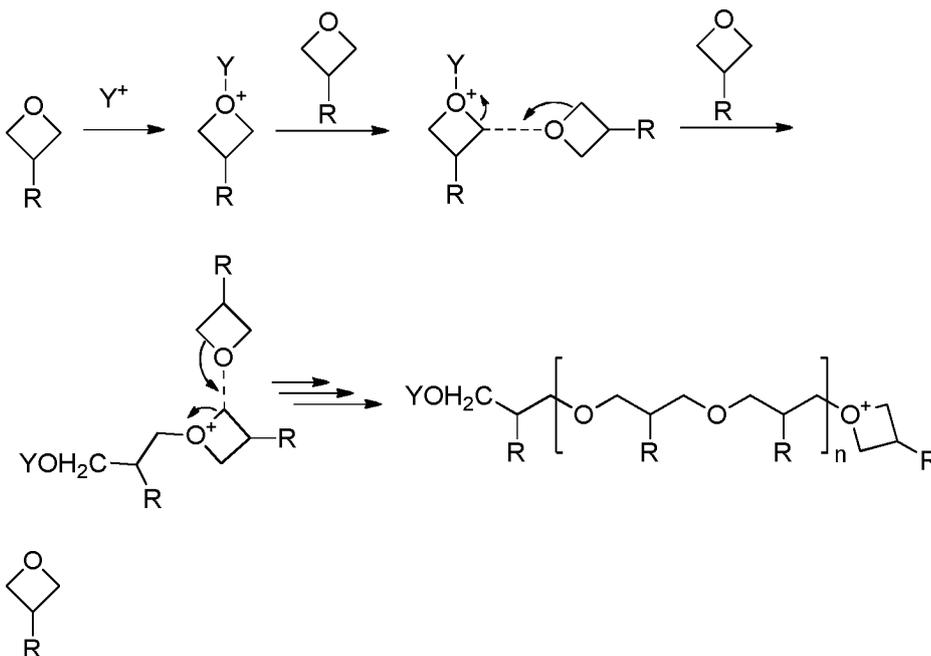
B4) Ausbilden einer zweiten elektrontransportierenden Schicht umfassend das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial und den n-Dotierstoff.

[0079] In einer Ausführungsform findet nach Verfahrensschritt B11) und/oder B21) ein weiterer Verfahrensschritt statt:

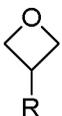
B20) Aufbringen des Vernetzungsinitiators, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst. Als Lewis Säuren können hier NO^+A^- , $\text{R}_3\text{S}^+\text{A}^-$ oder $\text{R}_2\text{I}^+\text{A}^-$ eingesetzt werden. Die Reste R können beispielsweise Alkyl- oder Arylreste sein. R kann beispielsweise ein Methyl- oder Phenylrest sein. Bei A^- handelt es sich beispielsweise um BF_4^- , PF_6^- , SbF_6^- oder $0,5 \text{CO}_3^{2-}$. Die Protonen, die von dem Protonendonator abgespalten werden, oder die Lewis-Säuren können durch die in Verfahrensschritt B21) aufgebrachte Schicht umfassend das erste lochtransportierende Matrixmaterial und/oder durch die in Verfahrensschritt B11) aufgebrachte Schicht umfassend das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial diffundieren und so die Vernetzung starten.

[0080] Der Protonendonator oder die Lewis-Säure können in Lösung aufgebracht werden. Das Lösungsmittel kann ein organisches Lösungsmittel sein. Das Lösungsmittel kann je nach Protonendonator oder Lewis-Säure polar oder unpolar sein. Beispielsweise können THF, Toluol, Phenetol, Anisol, Dichlormethan oder Acetonitril eingesetzt werden.

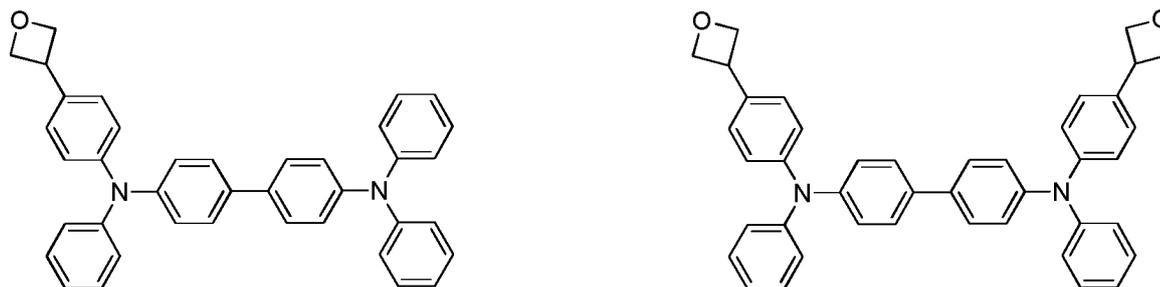
[0081] Ist das erste lochtransportierende Matrixmaterial und/oder das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial mit zumindest einer Oxetangruppe funktionalisiert, findet bei der Vernetzung folgende Reaktion statt:



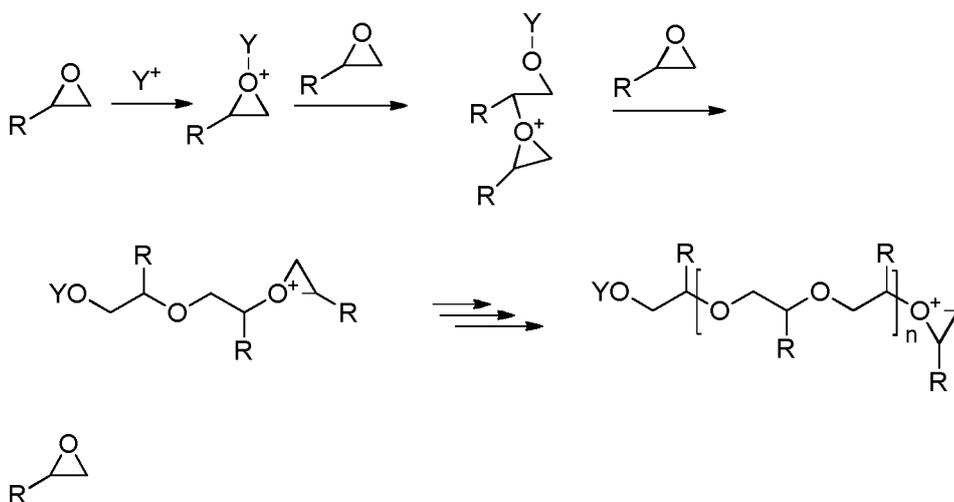
steht in dem Reaktionsschema für das erste lochtransportierende Matrixmaterial, das mit zumindest einer Oxetangruppe funktionalisiert ist oder für das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial, das mit zumindest einer Oxetangruppe funktionalisiert ist. Es können weitere Oxetangruppen vorhanden sein, die der gleichen Reaktion unterliegen wie in dem Reaktionsschema für eine Oxetangruppe dargestellt. Es handelt sich um eine kationische Ringöffnungspolymerisation der Oxetangruppen. Y^+ repräsentiert in diesem Reaktionsschema ein Proton, das von einem Protonendonator abgespalten wurde, NO^+ , R_3S^+ oder R_2I^+ , das erste elektrontransportierende Matrixmaterial, das mit R_2S^+ oder RI^+ funktionalisiert ist oder das zweite lochtransportierende Matrixmaterial, das mit R_2S^+ oder RI^+ funktionalisiert ist. Beispielsweise steht



für ein erstes lochtransportierende Matrixmaterial folgender Formeln:



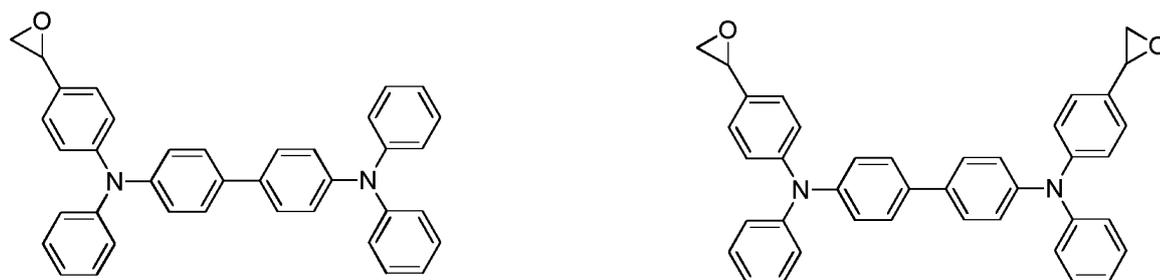
[0082] Ist das erste lochtransportierende Matrixmaterial und/oder das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial mit zumindest einer Epoxidgruppen funktionalisiert, findet bei der Vernetzung folgende Reaktion statt



steht in dem Reaktionsschema für das erste lochtransportierende Matrixmaterial, das mit zumindest einer Epoxidgruppe funktionalisiert ist oder für das zweite elektrontransportierende Matrixmaterial, das mit zumindest einer Epoxidgruppen funktionalisiert ist. Es können weitere Epoxidgruppen vorhanden sein, die der gleichen Reaktion unterliegen wie in dem Reaktionsschema für eine Epoxidgruppe dargestellt. Es handelt sich um eine kationische Ringöffnungspolymerisation der Epoxidgruppen. Y^+ repräsentiert in diesem Reaktionsschema ein Proton, das von einem Protonendonator abgespalten wurde, NO^+ , R_3S^+ oder R_2I^+ das erste elektrontransportierende Matrixmaterial, das mit R_2S^+ oder RI^+ funktionalisiert ist oder das zweite lochtransportierende Matrixmaterial, das mit R_2S^+ oder RI^+ funktionalisiert ist. Beispielsweise steht



für ein erstes lochtransportierendes Matrixmaterial folgender Formeln:



[0083] In einer weiteren Ausführungsform findet nach Verfahrensschritt B21) ein weiterer Verfahrensschritt statt:

B22) Behandeln des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials mit Stickoxidgasen, Fluor, Sauerstoff, oder Ozon als Vernetzungsinitiator.

[0084] In einer weiteren Ausführungsform findet nach Verfahrensschritt B11) ein weiterer Verfahrensschritt statt:

B12) Behandeln des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials mit Stickoxidgase, Fluor, Sauerstoff, Ozon als Vernetzungsinitiator.

[0085] In einer Ausführungsform werden während der Vernetzung in Verfahrensschritt B13) und/oder B23) Gase abgespalten.

[0086] Beispielsweise können N_2 , NO_x , O_2 , CO und/oder CO_2 frei werden.

[0087] In einer Ausführungsform findet vor oder nach Verfahrensschritt B2) ein weiterer Verfahrensschritt statt:

B3) Ausbilden einer zweiten lochtransportierenden Schicht.

B3) kann den folgenden Verfahrensschritt umfassen:

B31) Aufbringen eines zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten funktionellen Schichtenstapel.

[0088] Findet ein Verfahrensschritt B3) statt, kann die erste lochtransportierende Schicht in Verfahrensschritt B2) mit einer Schichtdicke von 1 nm bis 20 nm, insbesondere 2 bis 10 nm ausgebildet sein. Die erste und die zweite lochtransportierende Schicht können zusammen mit einer Schichtdicke von 5 bis 200 nm, bevorzugt 10 nm bis 120 nm, besonders bevorzugt 30 bis 80 nm aufweisen.

[0089] In einer Ausführungsform findet vor oder nach Verfahrensschritt B1) ein weiterer Verfahrensschritt statt:

B4) Ausbilden einer zweiten elektronentransportierenden Schicht.

B4) kann den folgenden Verfahrensschritt umfassen:

B41) Aufbringen eines ersten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel.

[0090] Findet ein Verfahrensschritt B4) statt, kann die erste elektronentransportierende Schicht in Verfahrensschritt B1) mit einer Schichtdicke von 1 nm bis 20 nm, insbesondere 2 bis 10 nm ausgebildet sein. Die erste und die zweite elektronentransportierende Schicht können zusammen eine Schichtdicke von 5 bis 200 nm, bevorzugt 10 nm bis 120 nm, besonders bevorzugt 30 bis 80 nm aufweisen.

[0091] In einer Ausführungsform kann in Verfahrensschritt B11) das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial, das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotierstoff, das erste elektronentransportierende Matrixmaterial oder das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotierstoff aus der Gasphase aufgebracht werden und/oder in Verfahrensschritt B21) das erste lochtransportierende Matrixmaterial, das erste lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff, das zweite lochtransportierende Matrixmaterial oder das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff aus der Gasphase aufgebracht werden. Hierzu können die genannten Materialien im Vakuum verdampft und dann abgeschieden werden. Auch die mit einem Protonendonator oder einer Lewis-Säure funktionalisierten ersten elektronentransportierenden Matrixmaterialien oder die zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterialien, die zumindest eine funktionelle Gruppe aufweisen, lassen sich gut verdampfen, da sich die molare Masse im Vergleich zu den nicht funktionalisierten elektronentransportierenden Matrixmaterialien nur geringfügig erhöht. Die ersten lochtransportierenden Matrixmaterialien, die zumindest eine funktionelle Gruppe aufweisen, lassen sich gut verdampfen, da sich die molare Masse im Vergleich den nicht funktionalisierten ersten lochtransportierenden Matrixmaterialien nur geringfügig erhöht. Beispielsweise hat NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin) ein Molekulargewicht von 589 g/mol und NPB, das zwei Epoxidgruppen aufweist ein Molekulargewicht von 677 g/mol. Auch die mit einem Protonendonator oder einer Lewis-Säure funktionalisierten zweiten lochtransportierenden Matrixmaterialien lassen sich gut verdampfen, da sich die molare Masse nur geringfügig erhöht.

[0092] In einer Ausführungsform kann in Verfahrensschritt B11) das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial, das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotierstoff, das erste elektronentransportierende Matrixmaterial oder das erste elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotierstoff aus einer Lösung aufgebracht werden und/oder in Verfahrensschritt B21) das erste lochtransportierende Matrixmaterial, das erste lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff, das zweite lochtransportieren-

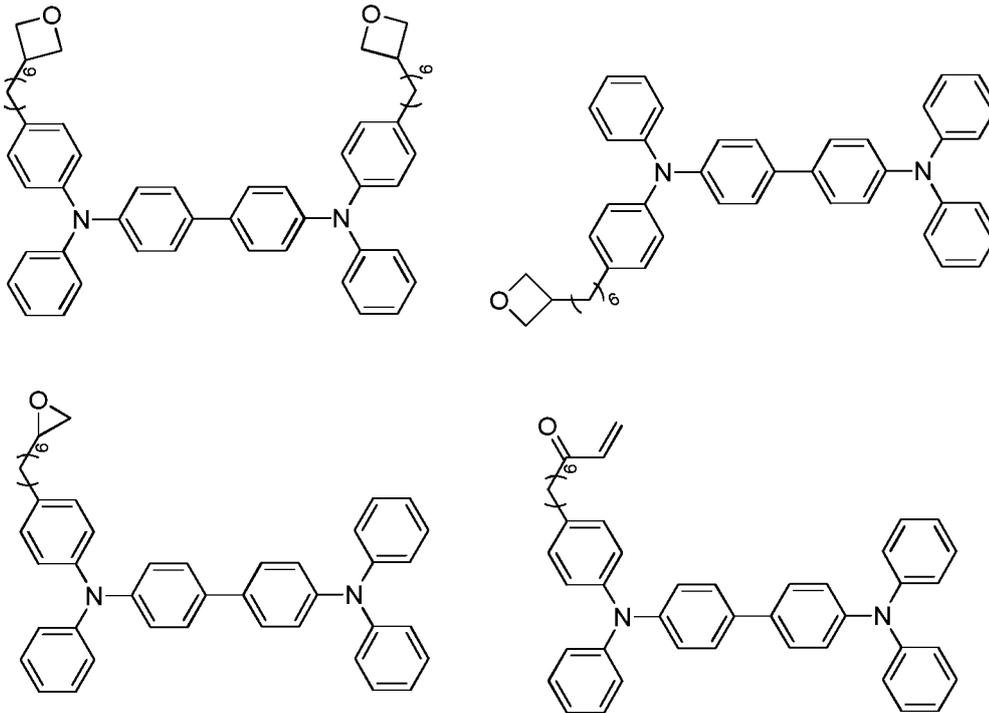
de Matrixmaterial oder das zweite lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff aus einer Lösung aufgebracht werden.

[0093] Das Lösungsmittel kann ein organisches Lösungsmittel sein. Das Lösungsmittel kann je nach Matrixmaterial und/oder Dotierstoff polar oder unpolar sein. Beispielsweise können THF, Toluol, Phenetol, Anisol, Dichlormethan oder Acetonitril eingesetzt werden.

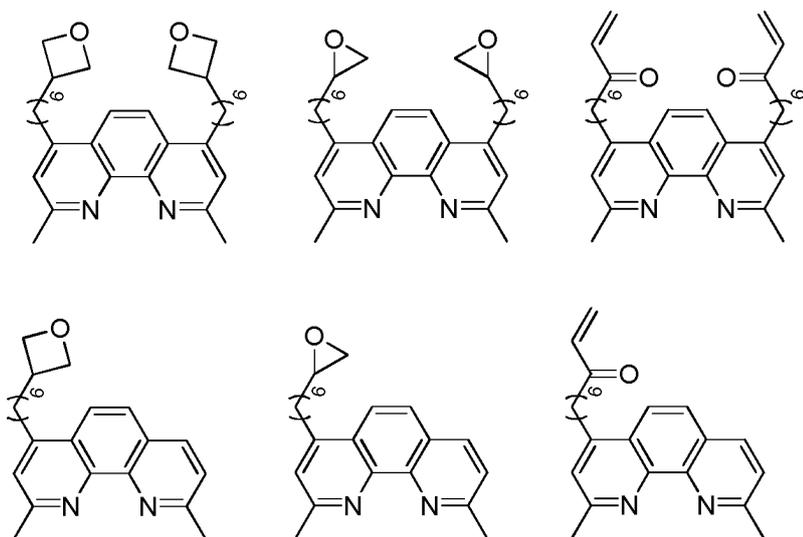
[0094] Gemäß einer Ausführungsform kann die zumindest eine Oxetan-, Epoxid- oder Acrylgruppe an das erste lochtransportierende Matrixmaterial und/oder an das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial über eine Alkylgruppe angebunden sein. Durch die Anbindung der jeweiligen funktionellen Gruppe über eine Alkylgruppe wird die Beweglichkeit bzw. die Flexibilität der jeweiligen funktionellen Gruppe erhöht, was zu einem höheren Grad der Vernetzung führt. Zudem kann die Löslichkeit des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und/oder des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials erhöht werden. Insbesondere liegt diese Ausführungsform vor, wenn in Verfahrensschritt B11) das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial und der n-Dotierstoff aus einer Lösung aufgebracht werden und/oder in Verfahrensschritt B21) das erste lochtransportierende Matrixmaterial oder das erste lochtransportierende Matrixmaterial und der p-Dotierstoff aus einer Lösung aufgebracht werden.

[0095] In einer Ausführungsform ist Alkylgruppe aus einer Gruppe ausgewählt, die Butyl-, Pentyl-, Hexyl- und Heptylgruppen umfasst. Bevorzugt sind Pentyl- und Hexylgruppen, besonders bevorzugt Hexylgruppen.

[0096] Beispielsweise hat das erste lochtransportierende Matrixmaterial eine der folgenden Strukturen:



[0097] Beispielsweise hat das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial eine der folgenden Strukturen:



[0098] Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0099] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen schematische Seitenansichten von Ausführungsbeispielen eines organischen Licht emittierenden Bauelements gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0100] 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.

[0101] In Fig. 1 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 Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel **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 Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel **40** umfasst eine erste elektronentransportierende Schicht **41** und eine erste Lochtransportierende Schicht **42**.

[0102] Das Substrat **10** kann als Trägerelement dienen und beispielsweise aus Glas gebildet sein.

[0103] Das Bauelement in Fig. 1 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.

[0104] Die erste Elektrode **20** ist als Anode ausgebildet 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 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. 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 Atomlagenabscheidungsverfahrens aufgebracht sind und die beispielsweise eines oder mehrere der Materialien Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Lanthanoxid und Tantaloxid aufweisen. Die Barrieredünnschicht **70** weist weiterhin einen mechanischen Schutz in Form der Verkapselung **80** auf, die beispiels-

weise als Kunststoffschicht und/oder als auflaminierte Glasschicht ausgebildet ist, wodurch beispielsweise ein Kratzschutz erreicht werden kann.

[0105] 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.

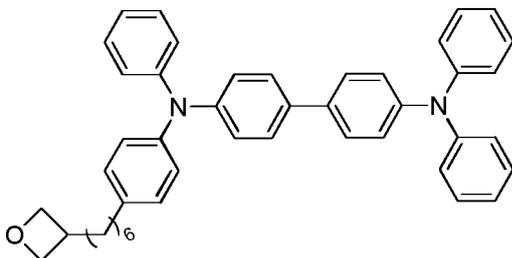
[0106] Beispielsweise kann als Ladungsträgerblockierschicht eine Löcherblockierschicht vorhanden sein, die 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol) umfasst. Weiterhin kann als Ladungsträgerblockierschicht eine Elektronenblockierschicht vorhanden sein, die beispielsweise NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin) umfasst.

[0107] 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** NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin) verwendet werden.

[0108] Weiterhin können für die Elektronentransportschichten **34** und **53** beispielsweise 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol) verwendet werden.

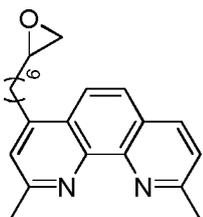
[0109] Der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel **40** enthält in dem Ausführungsbeispiel eine erste elektronentransportierende Schicht **41**, die aus dem ersten elektronentransportierenden Matrixmaterial 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP) und dem n-Dotierstoff Cs_2CO_3 besteht und eine Dicke von 150 nm aufweist. Die erste lochtransportierende Schicht **42** wurde wie folgt hergestellt:

- Aufbringen einer Lösung des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und des p-Dotierstoffs VO_x auf der ersten elektronentransportierenden Schicht **41** in einem organischen Lösungsmittel. Das erste lochtransportierende Matrixmaterial weist folgende Formel auf:



- Aufbringen einer Lösung des Vernetzungsinitiators NO^+PF_6^- in einem organischen Lösungsmittel. NO^+PF_6^- startet die Vernetzung des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials. Durch Diffusion von NO^+PF_6^- in die Schicht aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff, kann das erste lochtransportierende Matrixmaterial vollständig oder nahezu vollständig vernetzt werden. Durch die Vernetzung des lochtransportierenden Matrixmaterials über die Oxetangruppe entsteht ein polymeres Netzwerk und die erste lochtransportierende Schicht **42** wird beispielsweise mit einer Schichtdicke von 100 nm ausgebildet.

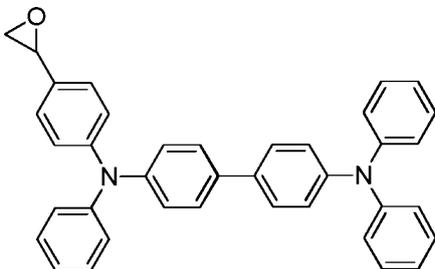
[0110] Die erste elektronentransportierende Schicht **41** des Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapels **40** kann auch wie folgt hergestellt sein: Aufbringen einer Lösung des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und des n-Dotierstoffs Cs_2CO_3 auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **30** in einem organischen Lösungsmittel. Das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial weist folgende Formel auf:



– Aufbringen einer Lösung des Vernetzungsinitiators NO^+PF_6^- in einem organischen Lösungsmittel. NO^+PF_6^- startet die Vernetzung des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial. Durch Diffusion von NO^+PF_6^- in die Schicht aus dem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und dem n-Dotierstoff, kann das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vollständig oder nahezu vollständig vernetzten. Durch die Vernetzung des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials über die Epoxidgruppe entsteht ein polymeres Netzwerk und die erste elektronentransportierende Schicht **41** wird beispielsweise mit einer Schichtdicke von 100 nm ausgebildet.

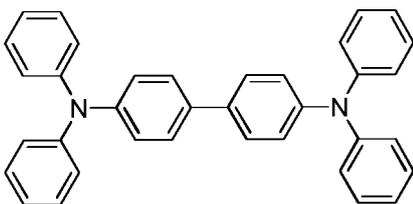
[0111] Im Vergleich zu **Fig. 1** weist der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel **40** in **Fig. 2** neben einer ersten elektronentransportierenden Schicht **41** und einer ersten lochtransportierenden Schicht **42** eine zweite lochtransportierenden Schicht **43** auf. Die erste elektronentransportierende Schicht **41** besteht aus dem ersten elektronentransportierenden Matrixmaterial 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP) und dem n-Dotierstoff Cs_2CO_3 und weist eine Dicke von 100 nm auf. Die erste lochtransportierende Schicht **42** wurde wie folgt hergestellt:

– Aufbringen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterial oder des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und des p-Dotierstoffs VO_x auf der ersten elektronentransportierenden Schicht **41** aus der Gasphase durch vorheriges Verdampfen im Vakuum. Das erste lochtransportierende Matrixmaterial weist folgende Formel auf:

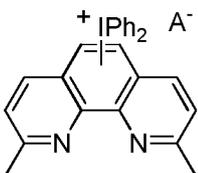


– Aufbringen des Vernetzungsinitiators NO^+PF_6^- aus der Gasphase durch vorheriges Verdampfen im Vakuum. NO^+PF_6^- startet die Vernetzung des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials. Durch Diffusion von NO^+PF_6^- in die Schicht aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und dem p-Dotierstoff, kann das erste lochtransportierende Matrixmaterial vollständig oder nahezu vollständig vernetzten. Durch die Vernetzung des lochtransportierenden Matrixmaterials über die Oxetangruppe entsteht ein polymeres Netzwerk und die erste lochtransportierende Schicht wird in einer Dicke von 2 nm ausgebildet. Über der ersten lochtransportierenden Schicht **42** ist die zweite lochtransportierende Schicht **43** angeordnet, die aus dem zweiten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff VO_x besteht und eine Dicke von 100 nm aufweist.

[0112] Das zweite lochtransportierende Matrixmaterial weist die folgende Formel auf:

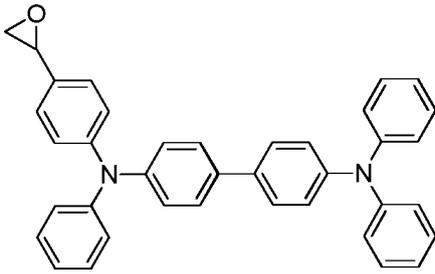


[0113] Der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel **40** in **Fig. 2** kann auch wie folgt aufgebaut sein: Die erste elektronentransportierende Schicht **41** besteht aus dem Lewis-Säure funktionalisierten 2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP) folgender Formel:



und dem n-Dotierstoff Cs_2CO_3 und weist eine Dicke von 100 nm auf. Die erste lochtransportierende Schicht **42** wurde wie folgt hergestellt:

– Aufbringen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und des p-Dotierstoffs VO_x auf der ersten elektronentransportierenden Schicht **41** aus der Gasphase. Das erste lochtransportierende Matrixmaterial weist folgende Formel auf:



[0114] Die Lewis-Säure initiiert durch Temperaturerhöhung auf 80°C die Vernetzung der Moleküle des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials, die der ersten elektronentransportierenden Schicht am nächsten sind. Nach Erniedrigung der Temperatur auf Raumtemperatur wird die Vernetzung gestoppt. So bildet sich die erste lochtransportierende Schicht **42** und die zweite lochtransportierende Schicht **43**, wobei die zweite lochtransportierende Schicht **43** aus dem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und dem p-Dotierstoff VO_x besteht.

[0115] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese 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 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Organisches Licht emittierendes Bauelement aufweisend eine erste Elektrode (**20**), einen ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (**30**) auf der ersten Elektrode (**20**), einen Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel (**40**) auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (**30**), einen zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (**50**) auf dem Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel (**40**), und eine zweite Elektrode (**60**) auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (**50**), wobei der Ladungsträgererzeugungsschichtenstapel (**40**) zumindest eine erste elektronentransportierende Schicht (**41**) und eine erste lochtransportierende Schicht (**42**) aufweist, wobei die erste elektronentransportierende Schicht und/oder die erste lochtransportierende Schicht einen Dotierstoff umfasst und

- die erste elektronentransportierende Schicht (**41**) aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und/oder
- die erste lochtransportierende Schicht (**42**) aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

2. Organisches Licht emittierendes Bauelement nach Anspruch 1, wobei die erste elektronentransportierende Schicht (**41**) aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial vernetzt ist und/oder

- die erste lochtransportierende Schicht (**42**) aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial vernetzt ist.

3. Organisches Licht emittierendes Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die erste elektronentransportierende Schicht (**41**) aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst und das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist und/oder

- die erste lochtransportierende Schicht (**42**) aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst und das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist.

4. Organisches Licht emittierendes Bauelement nach Anspruch 3, wobei die erste elektronentransportierende Schicht (**41**) aus einem zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterial und einem n-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst und das zweite

elektronentransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist und wobei der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) eine zweite elektronentransportierende Schicht aufweist, die ein erstes elektronentransportierendes Matrixmaterial und einen n-Dotierstoff umfasst und die erste elektronentransportierende Schicht (42) zwischen der ersten lochtransportierenden Schicht (41) und der zweiten elektronentransportierenden Schicht (43) angeordnet ist oder wobei die erste lochtransportierende Schicht (42) aus einem ersten lochtransportierenden Matrixmaterial und einem p-Dotierstoff hergestellt ist, wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst und das erste lochtransportierende Matrixmaterial über die zumindest eine funktionelle Gruppe vernetzt ist und der Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40) eine zweite lochtransportierende Schicht (43) aufweist, die ein zweites lochtransportierendes Matrixmaterial und einen p-Dotierstoff umfasst und die erste lochtransportierende Schicht (42) zwischen der ersten elektronentransportierenden Schicht (41) und der zweiten lochtransportierenden Schicht (43) angeordnet ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit den Verfahrensschritten

- A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels (30) auf einer ersten 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 Ladungsträgererzeugungs-Schichtenstapel (40),
- D) Anordnen einer zweiten Elektrode auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel (60), wobei der Verfahrensschritt B) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
 - B1) Ausbilden einer ersten elektronentransportierenden Schicht (41) und
 - B2) Ausbilden einer ersten lochtransportierenden Schicht (42), wobei die erste elektronentransportierende Schicht (41) und/oder die erste lochtransportierende Schicht (42) einen Dotierstoff umfasst, wobei Verfahrensschritt B1) folgenden Verfahrensschritt umfasst:
 - B11) Aufbringen eines ersten oder zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), und Verfahrensschritt B2) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
 - B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30),
 - B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei Verfahrensschritt B2) folgende Verfahrensschritte umfasst:

- B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppen aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst,
- B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei Verfahrensschritt B1) folgenden Verfahrensschritt umfasst:

- B11) Aufbringen eines ersten oder zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), und Verfahrensschritt B2) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
 - B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials oder eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (30), wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppen aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst,
 - B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei das Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials in Verfahrensschritt B23) durch einen Vernetzungsinitiator initiiert wird und der Vernetzungsinitiator aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Stickoxidgase, Fluor, Sauerstoff, Ozon, Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Lewis-Säuren aus einer Gruppe ausgewählt sind, die Nitrosonium-, Iodonium- und Sulfoniumsalze umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei B1) folgenden Verfahrensschritt umfasst:

B11) Aufbringen eines ersten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**, wobei das erste elektronentransportierende Matrixmaterial mit dem Vernetzungsinitiator funktionalisiert ist, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei B1) folgenden Verfahrensschritt umfasst:

B11) Aufbringen eines ersten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**,

und wobei vor oder nach Verfahrensschritt B21) ein weiterer Verfahrensschritt stattfindet:

B20) Aufbringen des Vernetzungsinitiators, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Protonendonatoren und Lewis-Säuren umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 8, wobei nach Verfahrensschritt B21) ein weiterer Verfahrensschritt stattfindet:

B22) Behandeln des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials mit Stickoxidgasen, Fluor, Sauerstoff oder Ozon als Vernetzungsinitiator.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 12, wobei vor oder nach Verfahrensschritt

B2) ein weiterer Verfahrensschritt stattfindet:

B3) Ausbilden einer zweiten lochtransportierenden Schicht **(43)**, wobei B3) folgenden Verfahrensschritt umfasst:

B31) Aufbringen eines zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 13, wobei in Verfahrensschritt B11) das erste oder das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial aus der Gasphase aufgebracht wird und/oder wobei in Verfahrensschritt B21) das erste lochtransportierende Matrixmaterial aus der Gasphase aufgebracht wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 13, wobei in Verfahrensschritt B11) das erste oder zweite elektronentransportierende Matrixmaterial aus einer Lösung aufgebracht wird und/oder wobei in Verfahrensschritt B21) das erste lochtransportierende Matrixmaterial aus einer Lösung aufgebracht wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 15, wobei die zumindest eine Oxetan-, Epoxid- oder Acrylgruppen an das erste lochtransportierende Matrixmaterial über eine Alkylgruppe angebunden sind.

17. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Verfahrensschritt B1) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

B11) Aufbringen eines zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials und eines n-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**, wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppen aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst, und

B13) Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials

und Verfahrensschritt B2) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

B21) Aufbringen eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials oder eines ersten lochtransportierenden Matrixmaterials und eines p-Dotierstoffs auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**,

wobei das erste lochtransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppen aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst,

B23) Vernetzen des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des ersten lochtransportierenden Matrixmaterials.

18. Verfahren zur Herstellung eines organischen Licht emittierenden Bauelements mit den Verfahrensschritten

A) Ausbilden eines ersten organischen funktionellen Schichtenstapels **(30)** auf einer ersten Elektrode **(20)**,

B) Ausbilden eines Ladungsträgererzeugung-Schichtenstapels **(40)** auf dem ersten organischen funktionellen Schichtenstapel **(30)**,

C) Ausbilden eines zweiten organischen funktionellen Schichtenstapels **(50)** auf dem Ladungsträgererzeugung-Schichtenstapel **(40)**,

D) Anordnen einer zweiten Elektrode auf dem zweiten organischen funktionellen Schichtenstapel **(60)**,

wobei der Verfahrensschritt B) die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

B1) Ausbilden einer ersten elektronentransportierenden Schicht (**41**) und
B2) Ausbilden einer ersten lochtransportierenden Schicht (**42**), wobei die erste elektronentransportierende Schicht (**41**) und/oder die erste lochtransportierende Schicht (**42**) einen Dotierstoff umfasst, wobei Verfahrensschritt B1) folgende Verfahrensschritte umfasst:
B11) Aufbringen eines zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (**30**) und
B13) Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials, und Verfahrensschritt B2) folgenden Verfahrensschritt umfasst:
B21) Aufbringen eines zweiten lochtransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (**30**).

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei Verfahrensschritt B1) folgende Verfahrensschritte umfasst:
B11) Aufbringen eines zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials auf den ersten organischen funktionellen Schichtenstapel (**30**), wobei das zweite elektronentransportierende Matrixmaterial zumindest eine funktionelle Gruppe aufweist, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Oxetan-, Epoxid- und Acrylgruppen umfasst, und
B13) Vernetzen des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials über die zumindest eine funktionelle Gruppe des zweiten elektronentransportierenden Matrixmaterials.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

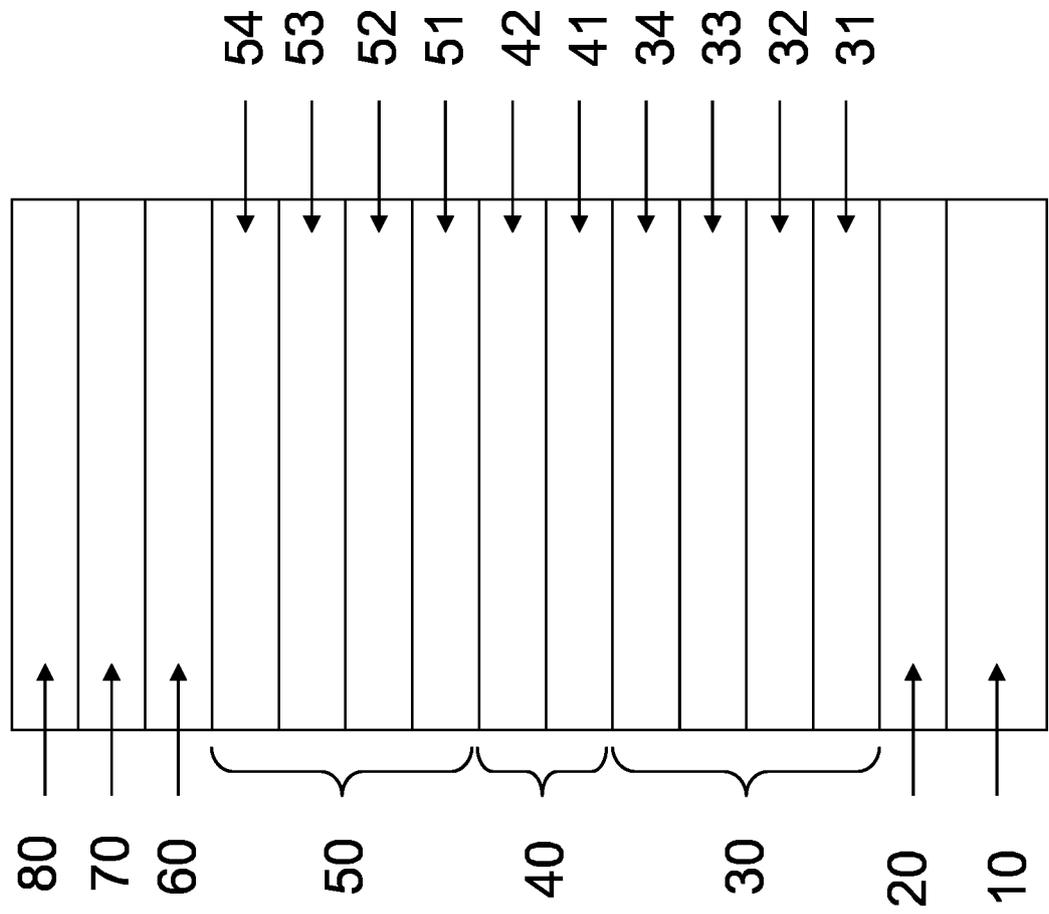


Fig. 1

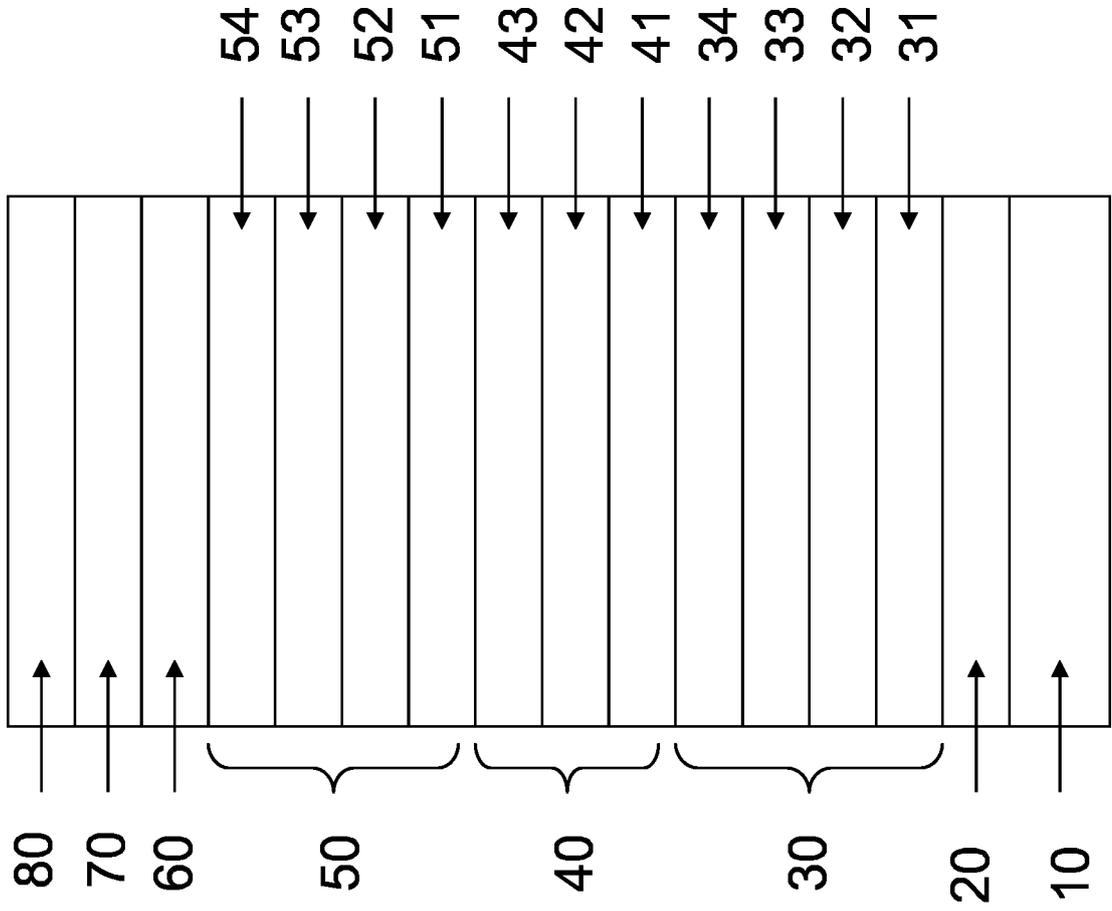


Fig. 2