

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2010 (29.04.2010)


PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/046788 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2009/008047

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Oktober 2009 (06.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 050 331.2
7. Oktober 2008 (07.10.2008) DE
10 2008 063 589.8
18. Dezember 2008 (18.12.2008) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **HUNZE, Arvid** [DE/DE]; Heinrich-Kirchner-Strasse 32, Appartement 62, 91056 Erlangen (DE). **CHIU, Chien-Shu** [—/DE]; Goerdelerstrasse 37, 91058 Erlangen (DE). **KRAUSE, Ralf** [DE/DE]; Ratiborerstrasse 10, 91058 Erlangen (DE). **STEINBACHER, Frank** [DE/DE]; Breitscheidstrasse 4, 90459 Nürnberg (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

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

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION EMITTING DEVICE

(54) Bezeichnung : STRAHLUNGSEMITTIERENDE VORRICHTUNG

FIG 1

(57) Abstract: The invention relates to a radiation emitting device comprising a substrate, a first and a second electrode, and an emitter layer that is placed between the first and the second electrode. The emitter layer contains a matrix material, 0.5 to 5 percent by weight of a radiation emitter, and 5 to 30 percent by weight of a phosphorescent exciton trap. The weight ratio of the exciton trap is greater than that of the radiation emitter, and the maximum emission of the exciton trap lies at a shorter wavelength than that of the radiation emitter. Furthermore, the radiation emitting device is characterized in that the current efficiency of the emitter layer is at least 10 percent greater than the current efficiency of an emitter layer without an exciton trap.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

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

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strahlungsemittierende Vorrichtung mit einem Substrat, einer ersten und einer zweiten Elektrode und einer zwischen der ersten und zweiten Elektrode angeordneten Emitterschicht. Die Emitterschicht enthält hierbei ein Matrixmaterial, 0,5 - 5 Gew.-% eines Strahlungsemittierenden Emitters sowie 5 - 30 Gew.-% eines phosphoreszenten Exzitonensängers. Der Gewichtsanteil des Exzitonensängers ist hierbei höher als der des Strahlungsemittierenden Emitters und das Emissionsmaximum des Exzitonensängers liegt bei einer kürzeren Wellenlänge als das des Strahlungsemittierenden Emitters. Weiterhin ist die Strahlungsemittierende Vorrichtung dadurch charakterisiert, dass die Stromeffizienz der Emitterschicht gegenüber der Stromeffizienz einer Emitterschicht ohne Exzitonensänger um mindestens 10% erhöht ist.

Beschreibung**Strahlungsemittierende Vorrichtung**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine strahlungsemittierende Vorrichtung mit einer Emitterschicht, die ein Matrixmaterial, einen strahlungsemittierenden Emitter und einen phosphoreszenten Exzitonenfänger enthält.
- 10 Diese Patentanmeldung beansprucht die Prioritäten der deutschen Patentanmeldung DE 10 2008 063 589.8 und der deutschen Patentanmeldung DE 10 2008 050 331.2, deren Offenbarungsgehalte hiermit durch Rückbezug aufgenommen werden.
- 15 Hoch effiziente, phosphoreszente Emitter sind eine der Voraussetzungen für die Entwicklung hoch effizienter organischer lichtemittierender Dioden (OLEDs) sowie für Display- und Lightinganwendungen. Entscheidend hierfür ist
- 20 einerseits die Quanteneffizienz des einzelnen Emittermoleküls und andererseits des Emitters insgesamt, die Stromeffizienz sowie die Leistungseffizienz des Systems (das heißt die Lichtleistung pro elektrischer Leistung).
- 25 Aufgabe der Erfindung ist es, eine strahlungsemittierende Vorrichtung mit verbesserter Effizienz bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtung gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Weitere Ausgestaltungen sind

30 Gegenstand von Unteransprüchen.

Die erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung umfasst ein Substrat, eine erste Elektrode und eine zweite

Elektrode sowie eine zwischen der ersten und der zweiten Elektrode angeordnete Emitterschicht. Diese Emitterschicht weist ein Matrixmaterial auf, das 0,5 - 5 Gew.-% eines strahlungsemittierenden Emitters und 5 - 30 Gew.-% eines

5 phosphoreszenten Exzitonenfängers enthält. Der Gewichtsanteil des Exzitonenfängers ist hierbei höher als der des strahlungsemittierenden Emitters. Weiterhin befindet sich das Emissionsmaximum des phosphoreszenten Exzitonenfängers bei einer kürzeren Wellenlänge als das Emissionsmaximum des
10 strahlungsemittierenden Emitters. Die Stromeffizienz der Emitterschicht der strahlungsemittierenden Vorrichtung ist gegenüber der Stromeffizienz einer Emitterschicht, die keinen Exzitonenfänger enthält, erhöht, insbesondere um mindestens 10% erhöht.

15

Durch die erfindungsgemäße Emitterschicht, die neben Matrixmaterial und strahlungsemittierendem Emitter auch einen phosphoreszenten Exzitonenfänger umfasst, ist es möglich die Stromeffizienz der Emitterschicht gegenüber einer

20 Emitterschicht ohne Exzitonenfänger zu erhöhen. Die Leitungseigenschaften des Dotierstoffs führen nämlich zu einem besseren Ladungsträgergleichgewicht sowie zu einer geringeren Spannung; neben einer erhöhten Quanteneffizienz führt dies zu einer Verbesserung der Leistungseffizienz.

25 Das bessere Ladungsträgergleichgewicht ist darauf zurückzuführen, dass die Matrix die Majoritätsladungsträger transportiert und der Exzitonenfänger die Minoritätsladungsträger (z.B. werden bei einer lochtranportierenden Matrix die Elektronen über das LUMO des
30 Exzitonenfängers transportiert). Der Zusatz der Exzitonenfänger ermöglicht daher auch den Einsatz von Emittermaterialien, die nur in geringen Konzentrationen höchste Photolumineszenzeffizienten besitzen und dadurch zum

Elektrode sowie eine zwischen der ersten und der zweiten Elektrode angeordnete Emitterschicht. Diese Emitterschicht weist ein Matrixmaterial auf, das 0,5 - 5 Gew.-% eines strahlungsemittierenden Emitters und 5 - 30 Gew.-% eines Exzitonenfängers, insbesondere eines phosphoreszenten Exzitonenfängers enthält. Der Gewichtsanteil des Exzitonenfängers ist hierbei höher als der des strahlungsemittierenden Emitters. Weiterhin befindet sich das Emissionsmaximum des phosphoreszenten Exzitonenfängers bei einer kürzeren Wellenlänge als das Emissionsmaximum des strahlungsemittierenden Emitters. Die Stromeffizienz der Emitterschicht der strahlungsemittierenden Vorrichtung ist gegenüber der Stromeffizienz einer Emitterschicht, die keinen Exzitonenfänger enthält, erhöht, insbesondere um mindestens 10% erhöht.

Durch die erfindungsgemäße Emitterschicht, die neben Matrixmaterial und strahlungsemittierendem Emitter auch einen phosphoreszenten Exzitonenfänger umfasst, ist es möglich die Stromeffizienz der Emitterschicht gegenüber einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger zu erhöhen. Die Leitungseigenschaften des Dotierstoffs führen nämlich zu einem besseren Ladungsträgergleichgewicht sowie zu einer geringeren Spannung; neben einer erhöhten Quanteneffizienz führt dies zu einer Verbesserung der Leistungseffizienz. Das bessere Ladungsträgergleichgewicht ist darauf zurückzuführen, dass die Matrix die Majoritätsladungsträger transportiert und der Exzitonenfänger die Minoritätsladungsträger (z.B. werden bei einer lochtransportierenden Matrix die Elektronen über das LUMO des Exzitonenfängers transportiert). Der Zusatz der Exzitonenfänger ermöglicht daher auch den Einsatz von Emittermaterialien, die nur in geringen Konzentrationen höchste Photolumineszenzeffizienten besitzen und dadurch zum

Beispiel gute Langzeitstabilität aufweisen, also zum Einsatz für hoch effiziente OLEDs in Frage kommen. Diese Stoffe sind - wenn sie nicht in Mischung mit dem Exzitonenfänger vorliegen - weniger gut geeignet, da die wenigen im
5 Matrixmaterial enthaltenen Emittermoleküle dann als Fallenzentren wirken, d.h. die Ladungsträgermobilität wird verringert (da die Ladungsträger auf den Fallenzentren "gefangen" sind). Dies hat zur Folge, dass die Betriebsspannung erhöht wird.

10 Durch die niedrig konzentrierten Emittermaterialien kann auch verhindert werden, dass insbesondere bei Emittern ohne sterische Hinderung bei hohen Konzentrationen eine Stapelung der Moleküle auftritt, welche eine Rotverschiebung des
15 emittierten Spektrums zur Folge haben kann. Die hohen Konzentrationen des Exzitonenfängers bewirken dagegen - neben den vorstehenden Effekten, dass diese Exzitonenfänger nicht als Fallenzentren für die Ladungsträger wirken, sondern dass ein guter Transport der Ladungsträger stattfinden kann.

20 Die in den erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtungen enthaltenen Emitterschichten weisen somit eine erhöhte Stromeffizienz (verglichen mit Emitterschichten ohne die erfindungsgemäßen Exzitonenfänger) auf, die üblicherweise
25 um mindestens 10% erhöht ist (insbesondere bei Leuchtdichten von 10 bis 1100 cd/m²). Häufig liegt die Stromeffizienz sogar 20% und vielfach sogar 25% über der Stromeffizienz einer entsprechenden Emitterschicht ohne den erfindungsgemäßen Exzitonenfänger (insbesondere bei Leuchtdichten von 10 bis
30 1100 cd/m²).

Beispiel gute Langzeitstabilität aufweisen, also zum Einsatz für hoch effiziente OLEDs in Frage kommen. Diese Stoffe sind

- wenn sie nicht in Mischung mit dem Exzitonenfänger vorliegen - weniger gut geeignet, da die wenigen im

5 Matrixmaterial enthaltenen Emittermoleküle dann als Fallenzentren wirken, d.h. die Ladungsträgermobilität wird verringert (da die Ladungsträger auf den Fallenzentren "gefangen" sind). Dies hat zur Folge, dass die Betriebsspannung erhöht wird.

10

Durch die niedrig konzentrierten Emittermaterialien kann auch verhindert werden, dass insbesondere bei Emittoren ohne sterische Hinderung bei hohen Konzentrationen eine Stapelung der Moleküle auftritt, welche eine Rotverschiebung des

15 emittierten Spektrums zur Folge haben kann. Die hohen Konzentrationen des Exzitonenfängers bewirken dagegen - neben den vorstehenden Effekten, dass diese Exzitonenfänger nicht als Fallenzentren für die Ladungsträger wirken, sondern dass ein guter Transport der Ladungsträger stattfinden kann.

20

Die in den erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtungen enthaltenen Emitterschichten weisen somit eine erhöhte Stromeffizienz (verglichen mit Emitterschichten ohne die erfindungsgemäßen Exzitonenfänger) auf, die üblicherweise um mindestens 10% erhöht ist (insbesondere bei Leuchtdichten von 10 bis 1100 cd/m²). Häufig liegt die Stromeffizienz sogar 20% und vielfach sogar 25% über der Stromeffizienz einer entsprechenden Emitterschicht ohne den erfindungsgemäßen Exzitonenfänger (insbesondere bei Leuchtdichten von 10 bis 30 1100 cd/m²). Dies gilt insbesondere für Stromeffizienzen bei hohen Lichtstärken, d.h. Lichtstärken, die typischerweise größer 1000 cd/m² sind.

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten der strahlungsemittierenden Vorrichtung der vorliegenden Erfindung näher erläutert:

- 5 Ein "Substrat" umfasst gemäß der vorliegenden Erfindung zum Beispiel ein Substrat, wie es im Stand der Technik herkömmlich für eine strahlungsemittierende Vorrichtung verwendet wird. Beispielsweise kann das Substrat Glas, Quarz, Kunststofffolien, Metall, Metallfolien, Siliziumwafer oder
10 ein anderes geeignetes Substratmaterial umfassen. Ist die strahlungsemittierende Vorrichtung zum Beispiel als so genannter "Bottom-Emitter" ausgeführt, ist das Substrat vorzugsweise transparent und beispielsweise als Glassubstrat ausgeführt.
- 15 In der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung kann die erste Elektrode auf dem Substrat abgeschieden sein.

Die "erste Elektrode", wie sie hierin verwendet wird, kann zum einen eine Anode sein. Die Anode kann aus einem
20 löcherinjizierenden Material bestehen. Als löcherinjizierendes Material kann jedes im Stand der Technik bekannte, löcherinjizierende Material verwendet werden. Ist die strahlungsemittierende Vorrichtung beispielsweise als "Bottom-Emitter" ausgebildet, so besteht die Anode
25 üblicherweise aus einem transparenten Material. Beispielsweise kann sie aus transparenten leitenden Oxiden bestehen oder eine Schicht hieraus umfassen. Diese transparenten leitenden Oxide (transparent conductive oxides, "TCO") schließen Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder
30 Indiumzinnoxid (ITO), Zn_2SnO_4 , $CdSnO_3$, $ZnSnO_3$, $MgIn_2O_4$, $GaInO_3$, $Zn_2In_2O_5$ oder $In_4Sn_3O_{12}$ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide ein, sind jedoch nicht auf

diese beschränkt. Die TCOs unterliegen dabei nicht zwingend einer stöchometrischen Zusammensetzung und können ferner auch p- oder n-dotiert sein.

- 5 Wenn die erste Elektrode eine Anode ist, ist die zweite Elektrode eine Kathode.

Die „Kathode“ kann aus einem elektroneninjizierenden Material bestehen. Als Kathodenmaterialien können dabei im Stand der Technik übliche Kathodenmaterialien, insbesondere Aluminium,

- 10 Barium, Indium, Silber, Gold, Magnesium, Calcium oder Lithium sowie Verbindungen, und Legierungen dieser Stoffe und Gemische der vorgenannten Elemente, Verbindungen und/oder Legierungen verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich können auch eines oder mehrere der bei den Anoden-Materialien
15 genannten TCOs enthalten sein bzw. kann die Kathode auch vollständig aus einem dieser Materialien bestehen. Die Kathode kann damit auch transparent ausgeführt sein.

In der strahlungsemittierenden Vorrichtung kann zum Beispiel

- 20 eine Elektrode transparent und die andere reflektierend ausgeführt sein. Die strahlungsemittierende Vorrichtung kann somit entweder als "Bottom-Emitter" oder als "Top-Emitter" ausgeführt werden. Alternativ dazu können auch beide Elektroden transparent ausgeführt sein.

- 25 Die Emitterschicht der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung bezeichnet eine funktionelle Schicht aus einem Matrixmaterial, das einen oder mehrere strahlungsemittierende Emitter und einen oder mehrere phosphoreszente Exzitonenfänger enthält beziehungsweise aus dem Matrixmaterial, dem mindestens einen Emitter und dem mindestens einen Exzitonenfänger besteht.

Der Emitter und der Exzitonenfänger können hierbei in ein Matrixmaterial eingebettet sein, das ausgewählt ist aus einer Gruppe, bestehend aus mCP (1,3-Bis(carbazol-9-yl)benzol), TCP (1,3,5-Tris(carbazol)-9-yl)benzol), TCTA (4,4',4'''-Tris(carbazol-9-yl)triphenylamin), TPBi (1,3,5-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol-2-yl)benzol), CBP (4,4'-Bis(carbazol-9-yl)biphenyl), CDBP (4,4'-Bis(9-carbazolyl)-2,2'-dimethylbiphenyl), (DMFL-CBP 4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-9,9-dimethylfluoren), FL-4CBP (4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-9,9-bis(9-phenyl-9H-carbazol)fluoren), DPFL-CBP (4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-9,9-ditarylfluoren), FL-2CBP (9,9-Bis(9-phenyl-9H-carbazol)fluoren), Spiro-CBP (2,2',7,7'-Tetrakis(carbazol-9-yl)-9,9'-spiro-bifluoren), ADN (9,10-Di(naphth-2-yl)anthracen, TBADN (3-Tert-butyl-9,10-di(naphth-2-yl)anthracen, DPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-4,4'-dimethylphenyl), p-DMDPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-4,4'-dimethylphenyl), TDAF (Tert(9,9-diarylfluoren)), BSBF (2-(9,9'-Spirobifluoren-2-yl)-9,9'-spirobifluoren), TSBF (2,7-Bis(9,9'-spirobifluoren-2-yl)-9,9'-spirobifluoren), BDAF Bis(9,9-diarylfluoren), p-TDPVBi (4,4'-Bis(2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-4,4'-di-(tert-butyl)phenyl), TPB3 (1,3,5-Tri(pyren-1-yl)benzol) sowie aus Gemischen der vorgenannten Stoffe. Als Matrixmaterial bevorzugt sind die Materialien TCTA, TPBi, CBP, CDBP und CPF. Als Matrixmaterialien die in gemischten System vorliegen, werden bevorzugt Mischungen aus einem oder mehreren der Materialien TCTA, mCP, CBP, CDBP oder CPF untereinander oder Mischungen mit TPBi verwendet.

Das Emittermaterial kann beispielsweise ein Emissionsmaximum im blauen, grünen oder roten Spektralbereich aufweisen. Weist ein derartiges Emittermaterial mehrere Emissionsmaxima auf, so gilt als Emissionsmaximum im Sinne dieser Erfindung das Emissionsmaximum mit der größten Intensität.

Existieren bei unterschiedlichen Stromstärken zwei oder mehr intensitätsstärkste Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen, so gilt von diesen Emissionsmaxima im Sinne dieser Erfindung das Maximum bei der kleineren Wellenlänge
5 als Emissionsmaximum (insbesondere für die Bestimmung der Differenz der Wellenlängen des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters und des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers).

Ein blau phosphoreszierendes Emittermaterial kann ausgewählt sein aus der Gruppe, bestehend aus FlrPic (Bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl-(2-carboxypyridyl)-iridium III), Flr6 (Bis(48,68-difluorophenylpyridinato)-tetrakis(1-pyrazolyl)borat-iridium III) sowie aus Gemischen der vorgenannten Stoffe. Die genannten Emittermaterialien haben ihr Emissionsmaximum im blauen Spektralbereich.

Grün phosphoreszierendes Emittermaterial kann ausgewählt sein

aus der Gruppe, bestehend aus $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ (Tris(2-phenylpyridin)iridium(III)), $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$ (Bis(2-phenylpyridin)(acetylacetone)iridium(II)), Iridium (III)-tris(2-(4-tolyl)pyridinato-N,C2), Tris(2-phenylpyridin)iridium (III), Tris(8-hydroxychinolato)aluminium (III), Tris(2-methyl,8-hydroxychinolato)aluminium (III), Tris(8-hydroxychinolato)gallium (III), Tris(3-methyl-1-phenyl-4-trimethyl-acetyl-5-pyrazolin)terbium (III) sowie aus Gemischen der vorgenannten Stoffe. Die genannten Emittermaterialien haben ihr Emissionsmaximum im grünen Spektralbereich.

Als rot phosphoreszierendes Emittermaterial kann ein Emittermaterial eingesetzt werden, das ausgewählt ist aus der

Gruppe bestehend aus $\text{Ir}(\text{mdq})_2(\text{acac})$ (Bis(2-methyl-dibenzo[f,h]-chinoxalin)(acetylacetone)iridium(III)), $\text{Eu}(\text{dbm})_3(\text{phen})$ (Tris(dibenzoylmethan)phenanthrolin-europium(III)), $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$ (Bis(2-benzo[b]thiophen-2-yl-pyridin)(acetylacetone)iridium(III)), $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$ (Bis(1-phenylisoquinolin)(acetylacetone)iridium(III)), $\text{Ir}(\text{fliq})_2(\text{acac})\text{-}1$ (Bis[1-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-isoquinolin](acetylacetone)iridium(III)), $\text{Ir}(\text{flq})_2(\text{acac})\text{-}2$ (Bis[3-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-2-yl)-

isochinolin] (acetylacetonat) iridium(III)), Ru(dtbbpy)₃*2(PF₆) (Tris[4,4'-di-tert-butyl-(2,2')-bipyridin] ruthenium(III) komplex), Ir(2-phq)₃ (Tris(2-phenylchinolin) iridium(III)), Ir(2-phq)₂(acac) (Bis(2-phenylchinolin) (acetylacetonat) iridium(III)), Ir(piq)₃ (Tris(1-phenylisochinolin) iridium(III)), Iridium (III)-bis(2-(2'-benzothienyl)pyridinato-N,C3') (acetylacetonat), Tris(dibenzoylacetato)-mono(phenanthrolin)-europium (III), Tris(dibenzoylmethan)-mono(phenanthrolin)-europium (III),
10 Tris(dibenzoylmethan)-mono(5-aminophenanthrolin)-europium (III), Tris(dinaphthoylmethan)-mono(phenanthrolin)-europium (III), Tris(4-brombenzoylmethan)-mono(phenanthrolin)-europium (III), Tris(dibiphenoylmethan)-mono(phenanthrolin)-europium (III), Tris(dibenzoylmethan)-mono(4,7-dimethylphenanthrolin)-europium (III), Tris(dibenzoylmethan)-mono(4,7-dimethylphenanthrolin-disulfonsäure)-europium (III)-dinatriumsalz, Tris[di(4-(2-(2-thoxyethoxy)ethoxy)benzoylmethan)]-mono(phenanthrolin)-europium (III), Tris[di(4-(2-(2-thoxyethoxy)ethoxy)benzoylmethan)]-mono(5-aminophenanthrolin)-europium (III) sowie aus Gemischen der vorgenannten Stoffe. Die genannten Emittermaterialien haben ihr Emissionsmaximum im roten Spektralbereich.

Weiterhin können als Emittermaterialien auch fluoreszierende
25 Emitter eingesetzt werden.

Als blau fluoreszierender Emitter kann dabei eine Verbindung eingesetzt werden, die ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus BCzVBi (4,4'-Bis(9-ethyl-3-carbazovinylen)-1,1'-biphenyl), Perylen, TBPe (2,5,8,11-Tetra-tert-butylperylene), BCzVB (9H-Carbazol-3,3'-(1,4-phenylen-di-2,1-ethendiyl)bis[9-ethyl-(9C)]), DPAVBi 4,4-Bis[4-(di-p-tolylamino)styryl]biphenyl, DPAVB (4-(Di-p-tolylamino)-4'-

[(di-p-tolylamino)styryl]stilben), BDAVBi (4,4'-Bis [4-(diphenylamino)styryl]biphenyl), BNP3FL (N,N'-Bis(naphthalen-2-yl)-N,N'-bis(phenyl)-tris-(9,9-dimethylfluorenylen), 9,10-Bis [(9-ethyl-3-carbazoyl)-vinylenyl]-anthracen, 4,4'-
5 Bis(diphenylvinylenyl)-biphenyl, 1,4-Bis(9-ethyl-3-carbazovinylen)-2-methoxy-5-(2-thylhexyloxy)benzol, 4,4'-Bis(diphenylvinylenyl)-anthracen, 1,4-Bis(9-ethyl-3-carbazovinylen)-9,9-dihexyl-fluoren sowie aus Gemischen der vorgenannten Stoffe. Die genannten Emittermaterialien haben
10 ihr Emissionsmaximum im blauen Spektralbereich. Weiterhin können auch rot oder grün fluoreszierende Emittermaterialien eingesetzt werden.

Die Emitterschicht der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung weist neben dem strahlungsemittierenden Emitter auch noch einen phosphoreszenten Exzitonenfänger auf.
15

Bei dem phosphoreszenten Exzitonenfänger handelt es sich um eine Verbindung, auf die ein effizienter Energieübertrag vom Matrixmaterial möglich ist. Im Betrieb werden daher zunächst Exzitonen vom Matrixmaterial auf den Exzitonenfänger übertragen beziehungsweise direkt auf diesem gebildet. Dem Exzitonenfänger kommt dann die Aufgabe zu, einen effizienten und schnellen Energieübertrag auf das Emittermaterial zu gewährleisten, d.h. Exzitonen auf dieses Emittermaterial zu übertragen.
20
25

Der phosphoreszente Exzitonenfänger ermöglicht ferner einen guten Transport der Minoritätsladungsträger in einer Matrix, in der die Majoritätsladungsträger mit entgegengesetzter Ladung transportiert werden (bei einem lochtransportierenden
30

Wirtsmaterial ermöglichen die Exzitonenfänger also einen guten Elektronentransport).

- Obwohl der Exzitonenfänger eine phosphoreszente Verbindung ist, kommt es also nicht darauf an, dass der Exzitonenfänger Strahlung emittiert; vielmehr ist es wesentlich, dass der Exzitonenfänger einen guten Transport sowohl der Ladungsträger als auch der Exzitonen gewährleistet.
- Als Exzitonenfänger sind weitestgehend dieselben Verbindungen wie für die vorstehend genannten phosphoreszenten Emittermaterialien geeignet, sofern das Emissionsmaximum des phosphoreszenten Exzitonenfängers bei einer kürzeren Wellenlänge als das Emissionsmaximum des strahlungsemittierenden Emitters liegt.

In einer Ausführungsform beträgt der Anteil des Exzitonenfängers 10 - 20 Gew.-% (im Rahmen der vorliegenden Erfindung beziehen sich alle Angaben in Gew.-% stets auf das in der Emitterschicht enthaltene Matrixmaterial). Ab einem Gewichtsanteil von mindestens 10 Gew.-% ist im Matrixmaterial soviel Exzitonenfänger enthalten, dass ein sehr effizienter Transport der Ladungsträger ermöglicht wird und daher ein deutlicher Anstieg der Stromeffizienz zu verzeichnen ist. Ab einem Anteil von 20 Gew.-% kann es unter Umständen dazu kommen, dass durch Wechselwirkungen von zwei Exzitonen Effizienzverluste erfolgen.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Anteil des strahlungsemittierenden Emitters 1 - 4 Gew.-%. Ab einem Gewichtsanteil von 5 Gew.-% ist mit einem Konzentrationsquenching und daher einer deutlich sinkenden Effizienz zu rechnen.

Wirtsmaterial ermöglichen die Exzitonenfänger also einen guten Elektronentransport).

Obwohl der Exzitonenfänger eine phosphoreszente Verbindung

5 ist, kommt es also nicht darauf an, dass der Exzitonenfänger Strahlung emittiert; vielmehr ist es wesentlich, dass der Exzitonenfänger einen guten Transport sowohl der Ladungsträger als auch der Exzitonen gewährleistet. Die als Exzitonenfänger verwendeten Materialien unterscheiden sich
10 stets von den als Emitter eingesetzten Materialien.

Als Exzitonenfänger sind weitestgehend dieselben Verbindungen wie für die vorstehend genannten phosphoreszenten Emittermaterialien geeignet, sofern das Emissionsmaximum des
15 phosphoreszenten Exzitonenfängers bei einer kürzeren Wellenlänge als das Emissionsmaximum des strahlungsemittierenden Emitters liegt.

In einer Ausführungsform beträgt der Anteil des

20 Exzitonenfängers 10 - 20 Gew.-% (im Rahmen der vorliegenden Erfindung beziehen sich alle Angaben in Gew.-% stets auf das in der Emitterschicht enthaltene Matrixmaterial). Ab einem Gewichtsanteil von mindestens 10 Gew.-% ist im Matrixmaterial soviel Exzitonenfänger enthalten, dass ein sehr effizienter
25 Transport der Ladungsträger ermöglicht wird und daher ein deutlicher Anstieg der Stromeffizienz zu verzeichnen ist. Ab einem Anteil von 20 Gew.-% kann es unter Umständen dazu kommen, dass durch Wechselwirkungen von zwei Exzitonen Effizienzverluste erfolgen.

30

In einer weiteren Ausführungsform ist der Anteil des strahlungsemittierenden Emitters 1 - 4 Gew.-%. Ab einem Gewichtsanteil von 5 Gew.-% ist mit einem

Konzentrationsquenching und daher einer deutlich sinkenden Effizienz zu rechnen.

In weiteren Ausführungsformen ist der Gewichtsanteil des Exzitonenfängers zumindest viermal, häufig sogar achtmal, so hoch wie der des strahlungsemittierenden Emittermaterials.

5

In einer weiteren Ausführungsform liegt entweder das HOMO des Exzitonenfängers so, dass - sofern das Matrixmaterial ein Material ist, das Elektronen besser transportiert - eine Injektion der Löcher (d.h. ein Übertrag der Löcher von der

10 anodenseitig auf die Emitterschicht folgenden Schicht auf die Exzitonenfänger) erleichtert wird oder es liegt das LUMO des Exzitonenfängers so, dass - sofern das Matrixmaterial ein

Material ist, das Löcher besser transportiert - eine

15 Injektion von Elektronen (von der kathodenseitig auf die Emitterschicht folgenden Schicht auf die Exzitonenfänger)

erleichtert wird. Insbesondere liegt daher das LUMO des Exzitonenfängers bei einem besser lochtransportierenden

Matrixmaterial um bis zu 0,3 Elektronenvolt über oder unter dem LUMO der katodenseitig auf die Emitterschicht folgenden 20 Schicht. Bevorzugt liegt das LUMO um 0 - 0,3 Elektronenvolt

unter diesem Energieniveau. Bei besser elektronenleitenden Matrixmaterialien liegt das HOMO des Exzitonenfängers bevorzugt um bis zu 0,3 Elektronenvolt unter oder über dem HOMO der anodenseitig auf die Emitterschicht folgenden

25 Schicht. Besonders bevorzugt ist ein HOMO, das 0 - 0,3 Elektronenvolt unter dem HOMO dieser Schicht liegt.

HOMO steht hierbei für „Highest Occupied Molecular Orbital“ und LUMO für „Lowest Unoccupied Molecular Orbital“.

30 Katodenseitig kann beispielsweise eine Elektronentransportschicht auf die Emitterschicht folgen; anodenseitig kann beispielsweise eine Lochtransport-Schicht auf die Emitterschicht folgen.

In einer weiteren Ausführungsform beträgt die Differenz der Wellenlängen des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters und des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers mindestens 15 nm, üblicherweise sogar mindestens 30 nm. Üblicherweise wird für Emittermaterialien, die im gelben, orangen oder roten Spektralbereich emittieren, ein Exzitonenfänger eingesetzt, der ein Emissionsmaximum im blauen oder grünen Spektralbereich aufweist; für grün emittierende Emittermaterialien wird ein Exzitonenfänger, der ein Emissionsmaximum im blauen Spektralbereich aufweist eingesetzt und für blau emittierende Emittermaterialien ein Exzitonenfänger, der im violetten oder ultravioletten Spektralbereich das Emissionsmaximum aufweist. Insbesondere bei blau emittierenden Emittermaterialien beträgt die Differenz der Wellenlängen der Emissionsmaxima maximal 100 nm. Als roter, oranger, gelber, grüner, blauer und violetter Spektralbereich gelten erfindungsgemäß generell folgende Bereiche: roter Spektralbereich etwa 640 bis 780 nm; oranger Spektralbereich etwa 600 bis 640 nm, gelber Spektralbereich etwa 570 bis 600 nm, grüner Spektralbereich etwa 500 bis 570 nm, blauer Spektralbereich etwa 430 bis 500 nm, violetter Spektralbereich etwa 380 bis 430 nm.

In einer weiteren Ausführungsform wird die von der Emitterschicht der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung emittierte Strahlung im Wesentlichen durch den strahlungsemittierenden Emitter erzeugt. Aufgrund der sehr guten Ladungsträger und Exzitonenleitfähigkeit des Exzitonenfängers werden die in Matrixmaterial oder auf dem Exzitonenfänger gebildeten Exzitonen im Wesentlichen auf das Emittermaterial übertragen, so dass das von der Emitterschicht emittierte Licht im Wesentlichen denselben

Farbeindruck hervorruft wie das Licht, das von einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger emittiert wird, hervorruft. Vielfach ist bereits anhand des normalisierten Emissionsspektrums erkennbar, dass die Exzitonen vom

- 5 Exzitonenfänger im Wesentlichen auf den strahlungsemittierenden Emitter übertragen werden. Üblicherweise beträgt nämlich die Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einem für die Emitterschicht mit
10 Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter gemessenen Spektrum maximal 10% der Intensität des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters. Meist liegt die Intensität des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers sogar nur bei maximal 5%, häufig sogar bei
15 maximal 1% der Intensität des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters.

Üblicherweise ist es zudem so, dass auch die Intensität des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einer

- 20 Emitterschicht mit Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter deutlich gegenüber der Intensität des Emissionsmaximums einer Emitterschicht, die nur den Exzitonenfänger (in gleicher Konzentration wie im vorstehend genannten "gemischten" System) und kein
25 strahlungsemittierendes Emittermaterial enthält, reduziert ist. Üblicherweise beträgt die Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in der Emitterschicht mit Emitter und Exzitonenfänger dann maximal 10%, meist maximal 5 % und häufig sogar maximal 1% der
30 normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einer Schicht, die nur aus dem Matrixmaterial und dem Exzitonenfänger besteht. Wie vorstehend beschrieben wurde, ist dies im Wesentlichen auf

Farbeindruck hervorruft wie das Licht, das von einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger emittiert wird, hervorruft. Unter einem im Wesentlichen gleichen Farbeindruck wird hierbei insbesondere verstanden, dass die CIE-

- 5 Koordinaten des emittierten Lichts einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger (x_{oe} , y_{oe}) sich nicht wesentlich von denen einer Emitterschicht mit Exzitonenfänger (x_{me} , y_{me}) unterscheiden. Im Regelfall gilt für die Differenz $\Delta x = x_{oe} - x_{me}$ bzw. die Differenz $\Delta y = y_{oe} - y_{me}$, dass $\Delta x <$
10 0,05 und/oder $\Delta y < 0,05$. Häufig gilt sogar $\Delta x < 0,03$ und/oder $\Delta y < 0,03$ und vielfach auch $\Delta x < 0,01$ und/oder $\Delta y < 0,01$. Für die Summe der Absolutbeträge dieser Differenzen $\Sigma_d = |\Delta x| + |\Delta y|$ gilt im Regelfall $\Sigma_d < 0,08$, häufig gilt $\Sigma_d < 0,05$ und vielfach auch $\Sigma_d < 0,01$.

15

Vielfach ist bereits anhand des normalisierten Emissionsspektrums erkennbar, dass die Exzitonen vom Exzitonenfänger im Wesentlichen auf den strahlungsemittierenden Emitter übertragen werden.

- 20 Üblicherweise beträgt nämlich die Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einem für die Emitterschicht mit Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter gemessenen Spektrum maximal 10% der Intensität des
25 Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters. Meist liegt die Intensität des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers sogar nur bei maximal 5%, häufig sogar bei maximal 1% der Intensität des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters. Die gemessenen
30 Intensitätsverhältnisse sind hierbei üblicherweise unabhängig von der Stromdichte, insbesondere bei Stromdichten zwischen 0,5 und 10 mA/cm².

Üblicherweise ist es zudem so, dass auch die Intensität des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einer Emitterschicht mit Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter deutlich gegenüber der

5 Intensität des Emissionsmaximums einer Emitterschicht, die nur den Exzitonenfänger (in gleicher Konzentration wie im vorstehend genannten "gemischten" System) und kein strahlungsemittierendes Emittermaterial enthält, reduziert ist. Üblicherweise beträgt die (bei gleicher Stromdichte von

10 z.B. 5 mA/cm² gemessene) Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in der Emitterschicht mit Emitter und Exzitonenfänger dann maximal 10%, meist maximal 5 % und häufig sogar maximal 1% der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des

15 Exzitonenfängers in einer Schicht, die nur aus dem Matrixmaterial und dem Exzitonenfänger besteht. Wie vorstehend beschrieben wurde, ist dies im Wesentlichen auf

die gute Exzitonenleitfähigkeit des Exzitonenfängers zurückzuführen.

Die gute Exzitonenleitfähigkeit kann auch anhand der zeitaufgelösten wellenlängenabhängigen Emissionsspektren

5 bestimmt werden. Vergleicht man hier eine Emitterschicht, die einen Exzitonenfänger und ein strahlungsemittierendes Emittermaterial enthält, mit einer identischen Schicht, die in denselben Konzentrationen jeweils nur den Exzitonenfänger beziehungsweise nur das strahlungsemittierende

10 Emittermaterial enthält, so stellt man fest, dass sich die Halbwertszeit der Intensität der Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers im "gemischten System" deutlich reduziert hat während die Halbwertszeit der Intensität der Emission des Emissionsmaximums des

15 strahlungsemittierenden Emittermaterials im Wesentlichen gleich bleibt. Häufig ist zu beobachten, dass sich die Halbwertszeit um mindestens die Hälfte reduziert. Oft beträgt die Halbwertszeit sogar nur 40% und vielfach sogar nur 33% der Halbwertszeit, die für ein Matrixmaterial, in dem

20 ausschließlich der Exzitonenfänger enthalten ist, gemessen wurde. Dieser Effekt bedeutet unter anderem auch, dass die Lebensdauer der Exzitonen auf dem strahlungsemittierenden Emitter im Regelfall länger ist als die Lebensdauer der Exzitonen auf dem Exzitonenfänger. Vergleicht man diese

25 Lebensdauer mit den Lebensdauern von Matrixmaterialien, in die jeweils ausschließlich der Exzitonenfänger oder das strahlungsemittierende Emittermaterial in gleicher Konzentration enthalten ist, so stellt man fest, dass in den nicht "gemischten Systemen" genau die umgedrehte Situation

30 vorliegen kann, also die Lebensdauer der Exzitonen auf dem Exzitonenfänger länger sein kann, als die der Exzitonen im parallelen System auf dem strahlungsemittierenden Emitter.

Die vorstehend beschriebenen Effekte führen im Regelfall auch dazu, dass die externe Quanteneffizienz der Emitterschicht deutlich erhöht werden kann. Vergleicht man die externe Quanteneffizienz einer Emitterschicht mit Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter mit der Quanteneffizienz einer Emitterschicht, die nur den strahlungsemittierenden Emitter (in der gleichen Konzentration) und keinen Exzitonenfänger enthält, so stellt man fest, dass die Quanteneffizienz zumeist um mindestens 20% erhöht ist. Häufig kann sogar eine Erhöhung um 30% festgestellt werden. Mit der erfindungsgemäßen Emitterschicht können daher externe Quanteneffizienzen η_{ext} größer 12%, häufig sogar größer 14% erreicht werden.

In einer weiteren Ausgestaltung weist der in der Emitterschicht enthaltene strahlungsemittierende Emitter eine hohe Photolumineszenzquantenausbeute auf. Im Regelfall wird diese Photolumineszenzquantenausbeute η_{PL} niedriger sein als die des Exzitonenfängers. Weiterhin besitzen auch die Exzitonen auf dem strahlungsemittierenden Emittermaterial eine relativ kurze Lebensdauer.

In einer weiteren Ausgestaltung weist das strahlungsemittierende Emittermaterial ein LUMO auf, das über dem LUMO des Exzitonenfängers liegt. Dies führt dazu, dass die Exzitonen im Wesentlichen vom Exzitonenfänger eingefangen beziehungsweise auf diesem gebildet werden und der Exzitonenfänger beziehungsweise das strahlungsemittierende Emittermaterial im Wesentlichen die Aufgaben erfüllen können, die ihnen zugedacht sind. Es erfolgt dann im Wesentlichen eine Übertragung der im Matrixmaterial gebildeten Exzitonen auf den Exzitonenfänger und nicht auf das strahlungsemittierende Emittermaterial, das wiederum

Die vorstehend beschriebenen Effekte führen im Regelfall auch dazu, dass die externe Quanteneffizienz der Emitterschicht deutlich erhöht werden kann. Vergleicht man die externe Quanteneffizienz einer Emitterschicht mit Exzitonenfänger und strahlungsemittierendem Emitter mit der Quanteneffizienz einer Emitterschicht, die nur den strahlungsemittierenden Emitter (in der gleichen Konzentration) und keinen Exzitonenfänger enthält, so stellt man fest, dass die Quanteneffizienz zumeist um mindestens 20% erhöht ist. Häufig kann sogar eine Erhöhung um 30% festgestellt werden. Mit der erfindungsgemäßen Emitterschicht können daher externe Quanteneffizienzen η_{ext} größer 12%, häufig sogar größer 14% erreicht werden. Es können sogar Quanteneffizienzen zwischen über 18%, z.B. von 20% erreicht werden.

15

In einer weiteren Ausgestaltung weist der in der Emitterschicht enthaltene strahlungsemittierende Emitter eine hohe Photolumineszenzquantenausbeute auf, insbesondere auch bei niedrigen Emitterkonzentrationen. Im Regelfall wird diese Photolumineszenzquantenausbeute η_{PL} niedriger sein als die des Exzitonenfängers. Weiterhin besitzen auch die Exzitonen auf dem strahlungsemittierenden Emittermaterial eine relativ kurze Lebensdauer. Im Regelfall beträgt diese maximal 20 μ s.

25

In einer weiteren Ausgestaltung weist das strahlungsemittierende Emittermaterial ein LUMO auf, das über dem LUMO des Exzitonenfängers liegt. Dies führt dazu, dass die Exzitonen im Wesentlichen vom Exzitonenfänger eingefangen beziehungsweise auf diesem gebildet werden und der Exzitonenfänger beziehungsweise das strahlungsemittierende Emittermaterial im Wesentlichen die Aufgaben erfüllen können, die ihnen zugedacht sind. Es erfolgt dann im Wesentlichen eine Übertragung der im Matrixmaterial gebildeten Exzitonen

auf den Exzitonenfänger und nicht auf das strahlungsemittierende Emittermaterial, das wiederum

besonders effizient dazu dienen kann, Strahlung zu emittieren. Die Erfindung ist allerdings nicht hierauf beschränkt, vielmehr kann das LUMO des strahlungsemittierenden Emitters auch unter dem des Exzitonenfängers liegen. Weiterhin können des LUMO des Exzitonenfängers und gegebenenfalls auch des strahlungsemittierenden Emitters niedriger als das des Matrixmaterials liegen. Dies führt dazu, dass die Exzitonen verstärkt auf dem Exzitonenfänger gebildet werden und daher der Schritt der Übertragung der auf der Matrix gebildeten Exzitonen auf den Exzitonenfänger entfällt.

In einer weiteren Ausgestaltung hat die Emitterschicht der strahlungsemittierenden Vorrichtung eine Schichtdicke von 10 - 40 nm. Emitterschichten mit geringeren Schichtdicken sind schwerer zu prozessieren; außerdem kann ab einer Schichtdicke von 10 nm die Anzahl der Emitterzentren optimiert werden und damit besser an die Lebensdauer der Exzitonen angepasst werden. Für die Herstellung einer weißes Licht emittierenden strahlungsemittierenden Vorrichtung, die mehrere Emitterschichten enthält, beträgt die Schichtdicke der einzelnen Emitterschichten bevorzugt jeweils 10 - 15 nm.

Üblicherweise ist der Emitter und auch der Exzitonenfänger statistisch über das Matrixmaterial verteilt. Allerdings können auch Konzentrationsgradienten in der Emitterschicht vorliegen, so dass sich beispielsweise Bereiche, in denen der Exzitonenfänger höher konzentriert ist mit Bereichen, in denen das Emittermaterial im Verhältnis höher konzentriert ist abwechseln. Hiermit können gezielt Zonen eingestellt werden, in denen entweder Exzitonen gebildet werden beziehungsweise Zonen, in denen die Emission erfolgt.

besonders effizient dazu dienen kann, Strahlung zu emittieren. Die Erfindung ist allerdings nicht hierauf beschränkt, vielmehr kann das LUMO des strahlungsemittierenden Emitters auch unter dem des Exzitonenfängers liegen. Weiterhin können das LUMO des Exzitonenfängers und gegebenenfalls auch das strahlungsemittierenden Emitters niedriger als das des Matrixmaterials liegen. Dies führt dazu, dass die Exzitonen verstärkt auf dem Exzitonenfänger gebildet werden und daher der Schritt der Übertragung der auf der Matrix gebildeten Exzitonen auf den Exzitonenfänger entfällt.

In einer weiteren Ausgestaltung hat die Emitterschicht der strahlungsemittierenden Vorrichtung eine Schichtdicke von 10 - 40 nm. Emitterschichten mit geringeren Schichtdicken sind schwerer zu prozessieren; außerdem kann ab einer Schichtdicke von 10 nm die Anzahl der Emitterzentren optimiert werden und damit besser an die Lebensdauer der Exzitonen angepasst werden. Im Einzelfall kann aber auch eine Schichtdicke zwischen 5 und 10 nm technisch sinnvoll sein. Für die Herstellung einer weißes Licht emittierenden strahlungsemittierenden Vorrichtung, die mehrere Emitterschichten enthält, beträgt die Schichtdicke der einzelnen Emitterschichten bevorzugt jeweils 10 - 15 nm.

Üblicherweise ist der Emitter und auch der Exzitonenfänger statistisch über das Matrixmaterial verteilt. Allerdings können auch Konzentrationsgradienten in der Emitterschicht vorliegen, so dass sich beispielsweise Bereiche, in denen der Exzitonenfänger höher konzentriert ist mit Bereichen, in denen das Emittermaterial im Verhältnis höher konzentriert ist abwechseln; es können in der Emitterschicht sogar auch nur Bereiche vorliegen, in denen ausschließlich

Exzitonenfänger enthalten ist und Bereiche in denen ausschließlich der phosphoreszente Emitter enthalten ist. Hiermit können gezielt Zonen eingestellt werden, in denen entweder Exzitonen gebildet werden beziehungsweise Zonen, in
5 denen die Emission erfolgt.

In einer weiteren Ausführungsform kann daher die strahlungsemittierende Vorrichtung zumindest eine weitere Emitterschicht, häufig insgesamt zumindest zwei oder drei Emitterschichten, aufweisen. Hierbei können eine oder mehrere 5 der weiteren Emitterschichten – wie die erste Emitterschicht – neben dem strahlungsemittierenden Emitter auch einen Exzitonenfänger enthalten. Für diese weiteren Emitterschichten gelten die vorstehend für die erste Emitterschicht gemachten Ausführungen entsprechend.

10 In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegen zwischen jeweils zwei der Emitterschichten Blockierschichten vor. Enthält die strahlungsemittierende Vorrichtung mehr wie zwei Emitterschichten, so kann zwischen allen Emitterschichten eine Blockierschicht vorliegen aber 15 auch nur zwischen einem Teil der Emitterschichten. Eine solche Blockierschicht kann zum Blockieren von Exzitonen dienen und dabei so gestaltet sein, dass ihre Dicke größer ist als die mittlere freie Weglänge der in der jeweils benachbarten Schicht gebildeten Exzitonen, so dass diese im 20 Wesentlichen nicht in die zweite Schicht gelangen können. Eine solche Blockierschicht kann ein Matrixmaterial umfassen oder hieraus bestehen, wobei geeignete Matrixmaterialien aus den vorstehend offenbarten Matrixmaterialien ausgewählt werden können.

25 In einer weiteren Ausgestaltung emittiert die erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung Weißlicht. Dieses Weißlicht kann gebildet werden durch die Überlagerung der Strahlung, die durch die erste 30 Emitterschicht und die zumindest eine weitere Emitterschicht emittiert wird. Üblicherweise werden hierfür zumindest drei Emitterschichten (zum Beispiel Emitterschichten die jeweils im roten, grünen und blauen Spektralbereich emittieren)

In einer weiteren Ausführungsform kann daher die strahlungsemittierende Vorrichtung zumindest eine weitere Emitterschicht, häufig insgesamt zumindest zwei oder drei Emitterschichten, aufweisen. Hierbei können eine oder mehrere 5 der weiteren Emitterschichten - wie die erste Emitterschicht - neben dem strahlungsemittierenden Emitter auch einen Exzitonenfänger enthalten. Für diese weiteren Emitterschichten gelten die vorstehend für die erste Emitterschicht gemachten Ausführungen entsprechend.

10 In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung liegen zwischen jeweils zwei der Emitterschichten Blockierschichten vor. Enthält die strahlungsemittierende Vorrichtung mehr wie zwei Emitterschichten, so kann zwischen allen Emitterschichten eine Blockierschicht vorliegen aber 15 auch nur zwischen einem Teil der Emitterschichten. Eine solche Blockierschicht kann zum Blockieren von Exzitonen dienen und dabei so gestaltet sein, dass ihre Dicke größer ist als die mittlere freie Weglänge der in der jeweils benachbarten Schicht gebildeten Exzitonen, so dass diese im 20 Wesentlichen nicht in die zweite Schicht gelangen können. Ferner kann die Blockierschicht alternativ oder gleichzeitig auch zumindest in Teilen der Schicht zum Blockieren von Ladungsträgern (Elektronen oder Löchern) dienen. Durch Schichten oder Teilbereiche von Schichten, die Ladungsträger 25 blockieren kann eine gezielte Einstellung der Ladungsträgerdichte erfolgen. Eine Blockierschicht zum Blockieren von Exzitonen und/oder Ladungsträgern kann ein oder mehrere Matrixmaterialien umfassen oder hieraus bestehen, wobei geeignete Matrixmaterialien aus den vorstehend offensbarten Matrixmaterialien ausgewählt werden 30 können. Alternativ können Schichten die Elektronen blockieren eines oder mehrere der nachfolgenden Materialien für Lochtransport-Schichten umfassen oder diese(s) und ein oder

mehrere Matrixmaterialien umfassen. Ferner können Schichten die Löcher blockieren eines oder mehrere der nachfolgenden Materialien für Elektronentransport-Schichten umfassen oder diese(s) und ein oder mehrere Matrixmaterialien umfassen.

5

In einer weiteren Ausgestaltung emittiert die erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung weißlicht. Dieses Weißlicht kann gebildet werden durch die Überlagerung der Strahlung, die durch die erste
10 Emitterschicht und die zumindest eine weitere Emitterschicht emittiert wird. Üblicherweise werden hierfür zumindest drei Emitterschichten (zum Beispiel Emitterschichten die jeweils im roten, grünen und blauen Spektralbereich emittieren)

verwendet. Denkbar ist allerdings auch ein System, das nur zwei Emitterschichten enthält (beispielsweise eine blau und eine orange emittierende Schicht).

5 Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass erfindungsgemäß erkannt wurde, dass durch die Kombination eines phosphoreszenten Exzitonenfängers in hoher Konzentration und eines Emittermaterials in niedriger Konzentration unabhängig voneinander zwei Effekte realisiert
10 werden können. Zum einen werden durch dieses gemischte System im Betrieb zunächst Exzitonen vom Matrixmaterial auf den Exzitonenfänger übertragen beziehungsweise auf dem Exzitonenfänger gebildet. Durch einen effizienten und schnellen Energieübertrag gelangen die Exzitonen dann auf das
15 Emittermaterial, auf dem sie effizient, strahlend zerfallen können. Außerdem weist der Exzitonenfänger hervorragende Leitungseigenschaften für die Minoritätsladungsträger auf. Beide Effekte führen insgesamt zu einem besseren Ladungsträgergleichgewicht und zu einer geringeren Spannung,
20 was neben der erhöhten Quanteneffizienz zu einer weiteren Verbesserung der Leistungseffizienz beiträgt. Durch das erfindungsgemäße System ist es auch möglich, dass nicht ein spezifisches optimiertes Matrix/Emittermaterial-System zum Einsatz kommen muss, sondern ein weiterer Parameter
25 existiert, der die Bandbreite der verwendbaren Matrixmaterialien vergrößert.

Die strahlungsemittierende Vorrichtung kann auch weitere funktionelle Schichten aufweisen. Solche Schichten können
30 beispielsweise Elektronentransportschichten, Elektroneninjektionsschichten, Lochtransportschichten und/oder Lochinjektionsschichten sein. Solche Schichten können dazu dienen, die Effizienz der strahlungsemittierenden

Vorrichtung weiter zu steigern und an einer oder mehreren geeigneten Stellen der strahlungsemittierenden Vorrichtung ausgebildet werden. Sie können geeignete Elektronentransportmaterialien und/oder 5 Lochtransportmaterialien und/oder zur Verbesserung der Lochinjektion geeignete Materialien umfassen.

Als Elektronentransportmaterialien seien beispielsweise Liq (8-Hydroxychinolinolato-lithium), TPBi (2,2',2'''-(1,3,5-Benzintriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol)), PBD (2-(4-Biphenylyl)-5-(4-tert-butylphenyl)), BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin), BPhen (4,7-Diphenyl-1,10-phenanthrolin), BALq (Bis-(2-methyl-8-chinolinolat)-4-(phenylphenolato)aluminium) und TAZ (3-(4-Biphenylyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazol) sowie Gemische der vorgenannten Stoffe genannt. Für die 15 Elektronentransportschicht (die zugleich als Exzitonen-Blockierschicht dienen kann) werden bevorzugt Stoffe ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus TPBi, BCP, Bphen, CzSi und TAZ sowie aus Gemischen dieser Stoffe. 20

Als Lochtransportmaterialien seien zum Beispiel NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin, β -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-dimethylfluoren, DMFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-dimethylfluoren), DPFL-TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenylfluoren), DPFL-NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9-diphenylfluoren), Sp-TAD (2,2',7,7'-Tetrakis(n,n-

diphenylamino)-9,9'-spirobifluoren) und TAPC (Di-[4-(N,N-ditolyl-amino)-phenyl]cyclohexan) oder Gemische der vorgenannten Stoffe genannt. Für die Lochtransport-Schicht (die ebenfalls gleichzeitig als Exzitonen-Blockierschicht dienen kann) werden bevorzugt Stoffe ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus NPB, TCTA, TPD, Sp-TAD und TAPC sowie aus Gemischen dieser Stoffe.

Als zur Verbesserung der Lochinjektion geeignete Materialien, 10 seien beispielsweise CuPC (Phthalocyanin, Kupferkomplex), TiOPC (Titanoxidphthalocyanin), m-MTDATA (4,4',4'''-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenylamino)triphenylamin), 2T-NATA (4,4',4'''-Tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)triphenylamin), IT-NATA (4,4',4'''-Tris(N-(1-naphthyl)-N-phenylamino)triphenylamin), 15 NATA (4,4',4'''-Tris(N,N-diphenylamino)triphenylamin) sowie Gemische der vorgenannten Stoffe genannt, wobei die angegebenen Materialien optional dotiert sein können.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von 20 Beispielen und Figuren beschrieben.

Figur 1 zeigt eine schematische Übersicht über eine strahlungsemittierende Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

25 Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung der Energieniveaus einer Ausführungsform einer OLED-Struktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

30 Figur 3 zeigt die verbesserte Stromeffizienz der erfindungsgemäßen Emitterschicht in Abhängigkeit von der Leuchtdichte.

Figur 4 zeigt das Elektrolumineszenz-Spektrum für Emitterschichten mit und ohne Exzitonenfänger.

Figur 5 zeigt die Verbesserung der Strom-Spannungs-
5 Charakteristik.

Die Figuren 6a bis 6d zeigen zeit- und wellenlängenaufgelöste Emissionsspektren.

Die Figur 1 zeigt den schematisierten Schichtaufbau eines organischen selbstemittierenden Bauteils. Von unten nach oben ist folgender Schichtaufbau realisiert: Zu unterst befindet sich das Substrat 1, das beispielsweise transparent sein kann und auch aus Glas sein kann. Darauf befindet sich eine untere Elektrodenschicht 2, die beispielsweise ein transparentes

15 leitendes Oxid wie Indium-Zinn-Oxid (ITO) sein kann. Die untere Elektrodenschicht kann dabei als Anode oder als Kathode fungieren. Über diese Elektrodenschicht 2 liegt eine Lochinjektionsschicht 3 über der wiederum eine Lochtransport-Schicht 4 angeordnet ist. Über der Lochtransport-Schicht 4

20 ist die organisch aktive Schicht, die Emissionsschicht 5, angeordnet. Enthält die strahlungsemittierende Vorrichtung mehr als eine Emissionsschicht 5, so folgen auf die erste Emissionsschicht die weiteren Emissionsschichten, die gegebenenfalls durch Exzitonen-Blockierschichten getrennt

25 sind. Auf der einen beziehungsweise den mehreren Emissionsschichten liegt die lochblockierende Schicht 6, auf der die Elektronentransportschicht 7 und schließlich die Elektroneninjektionsschicht 8 mit angrenzender oberer Elektrode 9 angeordnet sind. Die obere Elektrode 9 kann 30 beispielsweise eine Metallelektrode oder eine weitere transparente Elektrode, zum Beispiel aus einem der vorstehend genannten transparenten leitenden Oxide sein.

Figur 4 zeigt das Elektrolumineszenz-Spektrum für Emitterschichten mit und ohne Exzitonenfänger bzw. mit und ohne Emitter bei einer Stromdichte von 5 mA/cm².

5 Die Figuren 5a bis 5c zeigen das Elektrolumineszenz-Spektrum für Schichten mit und ohne Exzitonenfänger bzw. mit und ohne Emitter bei verschiedenen Stromdichten.

Figur 5 zeigt die Verbesserung der Strom-Spannungs-
10 Charakteristik.

Die Figuren 6a bis 6d zeigen zeit- und wellenlängenaufgelöste Emissionsspektren.

15 Die Figur 1 zeigt den schematisierten Schichtaufbau eines organischen selbstemittierenden Bauteils. Von unten nach oben ist folgender Schichtaufbau realisiert: Zu unterst befindet sich das Substrat 1, das beispielsweise transparent sein kann und auch aus Glas sein kann. Darauf befindet sich eine untere
20 Elektrodenschicht 2, die beispielsweise ein transparentes leitendes Oxid wie Indium-Zinn-Oxid (ITO) sein kann. Die untere Elektrodenschicht kann dabei als Anode oder als Kathode fungieren. Über diese Elektrodenschicht 2 liegt eine Lochinjektionsschicht 3 über der wiederum eine Lochtransport-
25 Schicht 4 angeordnet ist. Über der Lochtransport-Schicht 4 ist die organisch aktive Schicht, die Emissionsschicht 5, angeordnet. Enthält die strahlungsemittierende Vorrichtung mehr als eine Emissionsschicht 5, so folgen auf die erste Emissionsschicht die weiteren Emissionsschichten, die
30 gegebenenfalls durch Exzitonen-Blockierschichten getrennt sind. Auf der einen beziehungsweise den mehreren Emissionsschichten liegt die lochblockierende Schicht 6, auf der die Elektronentransportschicht 7 und schließlich die

Elektroneninjektionsschicht 8 mit angrenzender oberer Elektrode 9 angeordnet sind. Die obere Elektrode 9 kann beispielsweise eine Metallelektrode oder eine weitere transparente Elektrode, zum Beispiel aus einem der vorstehend 5 genannten transparenten leitenden Oxide sein.

Bei Anlegen einer Spannung zwischen oberer und unterer Elektrode fließt Strom durch das Bauteil und in der organisch aktiven Schicht werden Photonen freigesetzt, die in Form von Licht über die transparente Elektrode beziehungsweise die 5 transparenten Elektroden das Bauteil verlassen.

In der Emissionsschicht 5 sind erfindungsgemäß in einer Matrix ein oder mehrere Exzitonenfänger und ein oder mehrere strahlungsemittierende Emittier (letztere jeweils in niedriger 10 Konzentration) vorgesehen.

Die Herstellung eines derartigen strahlungsemittierenden Bauelements kann zum Beispiel folgendermaßen erfolgen: Mittels HF-Sputtern wird zunächst eine ITO-Schicht als Anode 15 auf einer Glasplatte abgeschieden. Zur Abscheidung der weiteren funktionellen Schichten wird dieses Substrat in einen Rezipienten eingebbracht; dieser enthält mehrere Quellen, in denen organisches Material (insbesondere zur Verwendung als Exzitonenfänger sowie zur Verwendung als 20 strahlungsemittierender Emitter) zur Herstellung der einzelnen funktionellen Schichten der strahlungsemittierenden Vorrichtung verdampft werden kann. Ferner werden eine oder mehrere Quellen für die Zuführung von einem oder mehreren verschiedenen Matrixmaterialien vorgesehen. Zur Ausbildung 25 einer Lochinjektionsschicht wird aus einer Quelle mit Matrixmaterial und einer Quelle mit einem P-Dotanden gemeinsam auf der Glasplatte, auf der bereits die Anode vorliegt, abgeschieden. Entsprechend erfolgt die gemeinsame Abscheidung von Dotand und Matrixmaterial für die 30 Lochtransport-Schicht. Anschließend erfolgt die gemeinsame Abscheidung eines Matrixmaterials, die zur erfindungsgemäßen Emitterschicht führt. Hierfür werden ein Matrixmaterial, der Exzitonenfänger und das mindestens eine

strahlungsemittierende Emittermaterial gemeinsam abgeschieden. Die Abscheidung weiterer enthaltener Schichten wie Blockierschicht, Elektronentransportschicht und Elektroneninjektionsschicht erfolgt analog. Abschließend wird 5 eine Aluminiumschicht als reflektierende Elektrode gebildet.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel zur Herstellung einer OLED, die rotes Licht emittiert, angegeben. Die schematische Struktur dieser rot emittierenden OLED ist in 10 Figur 2 abgebildet.

Die rotes Licht emittierende OLED weist eine Lochtransport-Schicht aus NPB und eine Elektronentransportschicht aus TPBi, die jeweils 30 nm dick sind, auf. Auf der Lochtransport-Schicht ist eine Exzitonen-Blockierschicht aus TCTA angeordnet, um einen Transfer der Exzitonen aus der Emissionsschicht auf die weniger effiziente Lochtransport-Schicht zu vermeiden. Auch das auf der Kathode angeordnete TPBi fungiert als Blockierschicht für Exzitonen. Die Emissionsschicht selbst besteht aus dem Matrixmaterial mCP, in das der rot phosphoreszierende Emitter $\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$, auch ADS 076 genannt (Energieniveaus in Fig. 2 durch Punkte gekennzeichnet), und der hellblau phosphoreszierende Exzitonenfänger FIRpic (Energieniveaus in Fig. 2 durch Quadrate gekennzeichnet) eingebracht sind. Aufgrund der Triplettniveaus der Moleküle führt dies dazu, dass nach der Bildung eines Exzitons auf dem Matrixmaterial dieses auf den Exzitonenfänger und bei passender Konzentration auf ADS 076 übertragen wird. Der Exzitonenfänger liegt daher 25 beispielsweise in einer Konzentration von 20 Gew.-% vor, was neben einer guten direkten Exzitonenbildung auf dem Dotierstoff zu einem sehr guten Transfer auf dem Matrixmaterial gebildeten Exzitonen führt. Des Weiteren 30

strahlungsemittierende Emittermaterial gemeinsam abgeschieden. Die Abscheidung weiterer enthaltener Schichten wie Blockierschicht, Elektronentransportschicht und Elektroneninjektionsschicht erfolgt analog. Abschließend wird 5 eine Aluminiumschicht als reflektierende Elektrode gebildet. Alternativ können (abgesehen von den Elektrodenschichten) die verschiedenen funktionellen Schichten auch mittels eines Nassprozesses (z.B. Spincoating) aufgebracht werden, dies kann insbesondere sinnvoll sein, wenn die aufzubringende 10 Schicht ein Polymer enthält. Weiterhin können auch die zuerst aufgebrachten Schichten mittels eines Nassprozesses und alle darauf angeordneten Schichten mittels Aufdampfen.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel zur Herstellung 15 einer OLED, die rotes Licht emittiert, angegeben. Die schematische Struktur dieser rot emittierenden OLED ist in Figur 2 abgebildet.

Die rotes Licht emittierende OLED weist eine Lochtransport- 20 Schicht aus NPB und eine Elektronentransportschicht aus TPBi, die jeweils 30 nm dick sind, auf. Auf der Lochtransport-Schicht ist eine Exzitonen-Blockierschicht aus TCTA angeordnet, um einen Transfer der Exzitonen aus der Emissionsschicht auf die weniger effiziente Lochtransport-Schicht zu vermeiden. Auch das auf der Kathode angeordnete 25 TPBi fungiert als Blockierschicht für Exzitonen. Die Emissionsschicht selbst besteht aus dem Matrixmaterial mCP, in das der rot phosphoreszierende Emitter $\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$, auch ADS 076 genannt (Energieniveaus in Fig. 2 durch Punkte gekennzeichnet), und der hellblau phosphoreszierende Exzitonenfänger FIrpic (Energieniveaus in Fig. 2 durch 30 Quadrate gekennzeichnet) eingebracht sind. Aufgrund der Triplettniveaus der Moleküle führt dies dazu, dass nach der

Bildung eines Exzitons auf dem Matrixmaterial dieses auf den
Exzitonenfänger und bei passender Konzentration auf ADS 076
übertragen wird. Der Exzitonenfänger liegt daher
beispielsweise in einer Konzentration von 20 Gew.-% vor, was
5 neben einer guten direkten Exzitonenbildung auf dem
Dotierstoff zu einem sehr guten Transfer auf dem
Matrixmaterial gebildeten Exzitonen führt. Des Weiteren

können die Exzitonen aufgrund der hohen Konzentration gut über die Exzitonenfänger-Moleküle zu dem Emittermaterial diffundieren und dort übertragen werden. Aufgrund der Lage des LUMOs des Exzitonenfängers FIRpic in Bezug auf das LUMO der Elektronentransportschicht findet auch eine sehr gute Elektroneninjektion und wegen der guten Elektronenleitfähigkeit des Exzitonenfängers außerdem ein sehr guter Elektronentransport statt. Dies führt zu einer deutlichen Verbesserung der Stromeffizienz.

10 Das HOMO eines Materials kann mittels Photoelektronenspektroskopie bestimmt werden. Die Bandlücke, also der energetische Unterschied zwischen HOMO und LUMO kann mittels Spektroskopie ermittelt werden, bei der die Wellenlänge des emittierten Lichts gemessen wird und daraus die entstandenen Exzitonen und die Bandlücke berechnet wird. Das Energieniveau des LUMO wird dann aus dem ermittelten HOMO und der Bandlücke berechnet.

15

Figur 3 zeigt die verbesserte Stromeffizienz einer Emitterschicht mit mCP als Matrixmaterial, 20 Gew.-% FIRpic und 2 Gew.-% ADS 076 (obere Kurve - Dreiecke) gegenüber einer Schicht die als Matrixmaterial ebenfalls mCP und nur 2 Gew.-% ADS 076 (mittlere Kurve - ungefüllte Quadrate) beziehungsweise mCP mit nur 20 Gew.-% FIRpic (untere Kurve - gefüllte Quadrate) enthält.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Performance-Daten der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Emitterschichten verglichen, die entweder nur in roten Emitter ADS 076 oder nur den Exzitonenfänger FIRpic enthalten angegeben:

Konzentration	Stromstärke [mA/cm²]	Leuchtdichte [cd/m²]	Spannung [V]	Stromeffizienz [cd/A]	Leistungseffizienz [lm/w]	externe Quanteneffizienz [η_{ext}]
20 Gew.-% FIRpic in mCP	2,5	391	5,1	17,3	10,7	6,4%
2 Gew.-% ADS 076 in mCP	2,5	475	7,5	20,3	8,5	10,2%
20 Gew.-% FIRpic + 2 Gew.-% ADS 076 in mCP	2,5	654	5,5	28,9	16,5	14,7%

Anhand des bei 5mA/m² gemessenen Elektrolumineszenz-Spektrums in Figur 4 erkennt man, dass durch Beimischung von 20 Gew.-% des Exzitonenfängers FIRpic zu 2% des roten Emitters ADS 076 ein sehr guter Energietransfer vom Exzitonenfänger auf den roten Emitter erfolgt. Das Spektrum (ungeföllte Quadrate) ist bis auf einen kleinen verbleibenden FIRpic Peak nahezu identisch mit demjenigen der reinen Schicht von mCP mit 2% ADS 076 (Dreiecke). Eine mCP-Schicht, die nur (20 Gew.-%) FIRpic enthält zeigt dagegen eine deutliche Emission im blauen Spektralbereich (geföllte Quadrate).

In Figur 5 erkennt man, dass die Beimischung auch eine verbesserte Injektion und einen verbesserten Transport über die FIRpic-Moleküle hervorruft, wodurch eine deutlich steilere Stromspannungskurve entsteht und geringere Betriebsspannungen benötigt werden (ungeföllte Quadrate). Diese sind ähnlich gut wie diejenigen mit 20 Gew.-% FIRpic ohne ADS 076 (geföllte Quadrate), was zeigt, dass der Elektronentransport in der gemischten Schicht durch das Einbringen des Exzitonenfängers verbessert wird. Die Ursache für die in Figur 3 gezeigte Verbesserung der Stromeffizienz ist darin zu sehen, dass durch die höhere Konzentration des

Konzen- tration	Strom- stärke (mA/ cm ²)	Leucht- dichte (cd/m ²)	Span- nung (V)	Strom- effi- zienz (cd/A)	Leis- tungs- effizienz (lm/w)	externe Quanten- effizienz (η _{ext})
20 Gew.-% FIRpic in mCP	2,5	391	5,1	17,3	10,7	6,4%
2 Gew.-% ADS 076 in mCP	2,5	475	7,5	20,3	8,5	10,2%
20 Gew.-% FIRpic + 2 Gew.-% ADS 076 in mCP	2,5	654	5,5	28,9	16,5	14,7%

Anhand des bei 5mA/m² gemessenen Elektrolumineszenz-Spektrums in Figur 4 erkennt man, dass durch Beimischung von 20 Gew.-% des Exzitonenfängers FIRpic zu 2% des roten Emitters ADS 076 ein sehr guter Energietransfer vom Exzitonenfänger auf den roten Emitter erfolgt. Das Spektrum (ungeföllte Quadrate) ist bis auf einen kleinen verbleibenden FIRpic Peak nahezu identisch mit demjenigen der reinen Schicht von mCP mit 2% ADS 076 (Dreiecke). Eine mCP-Schicht, die nur (20 Gew.-%) FIRpic enthält zeigt dagegen eine deutliche Emission im blauen Spektralbereich (geföllte Quadrate). Diese Beobachtung ist auch im wesentlichen unabhängig von der Stromdichte, bei der gemessen wird. Die Figuren 5a-c zeigen die Emissionsspektren für 20 Gew.-% FIRpic in mCP (Figur 5a) 2 Gew.-% Ir(MDQ)₂(acac) in mCP (Figur 5b) und 20 Gew.-% FIRpic sowie 2 Gew.-% Ir(MDQ)₂(acac) in mCP (Figur 5c) bei Stromdichten von 0,5 mA/cm² bis 8,75 mA/cm². Diese sowie die vorstehenden und nachfolgenden Messwerte wurden mit einem Spektrometer des Typs Photo research PR 650 erhalten.

Die CIE-Koordinaten des emittierten Lichts für ein mCP mit rotem Emitter Ir(MDQ)₂(acac) und für mCP mit rotem Emitter

$\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$ und Exzitonenfänger FIrpic im Wesentlichen unverändert:

Konzentration	Stromstärke [mA/ cm ²]	CIE-Koordinate x	CIE-Koordinate y	externe Quanteneffizienz [η_{ext}]
20 Gew.-% FIrpic in mCP	2,5	0,193	0,415	6,4%
2 Gew.-% $\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$ in mCP	2,5	0,594	0,395	10,2%
20 Gew.-% FIrpic + 2 Gew.-% $\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$ in mCP	2,5	0,591	0,392	14,7%
20 Gew.-% FIrpic + 5 Gew.-% $\text{Ir}(\text{MDQ})_2(\text{acac})$ in mCP	2,5	0,623	0,375	18,1%

- 5 In Figur 5 erkennt man, dass die Beimischung auch eine verbesserte Injektion und einen verbesserten Transport über die FIrpic-Moleküle hervorruft, wodurch eine deutlich steilere Stromspannungskurve entsteht und geringere Betriebsspannungen benötigt werden (ungefüllte Quadrate).
- 10 Diese sind ähnlich gut wie diejenigen mit 20 Gew.-% FIrpic ohne ADS 076 (gefüllte Quadrate), was zeigt, dass der Elektronentransport in der gemischten Schicht durch das Einbringen des Exzitonenfängers verbessert wird. Die Ursache für die in Figur 3 gezeigte Verbesserung der Stromeffizienz 15 ist darin zu sehen, dass durch die höhere Konzentration des

FIRpic mehr Exzitonen auf dem Exzitonenfänger gebildet werden und dann auf die Emitter-Moleküle übertragen werden. Da ADS 076 in geringer Konzentration vorliegt und der Transport vom FIRpic auf das ADS 076 sehr effizient und schnell vonstatten

5 geht, erreicht man hierdurch, dass bei geringen Konzentrationsquentschungseffekten ein guter Transfer von Exzitonen auf den gewünschten Emitter erfolgt. Deshalb ergibt sich eine Erhöhung der Stromeffizienz.

10 Figur 6a bis 6d zeigt die Zerfallszeiten von Ir(ppy) und ADS 076 in PMMA als Matrix.

Figur 6a zeigt die Zerfallszeit von 5 Gew.-% Ir(ppy)₃.

Gemessen wird hierbei das Emissionsmaximum bei 510 nm. Es ergibt sich eine Halbwertszeit von 1,0 ms.

15 Figur 6b zeigt für eine Probe mit 1 Gew.-% ADS 076 in PMMA die Zerfallszeit für das Emissionsmaximum bei 595 nm. Die Halbwertszeit beträgt 1,4 µs.

Die Figuren 6c und 6d zeigen eine Emitterschicht mit 1 Gew.-% ADS 076 und 5 Gew.-% Ir(ppy)₃ in PMMA. Figur 6c zeigt die

20 Zerfallszeit für das Emissionsmaximum des Exzitonenfängers bei 510 nm. Es ergibt sich eine Halbwertszeit von 0,4 µs, die nur noch 33% der Halbwertszeit für eine Probe, die nur das Matrixmaterial und den Exzitonenfänger enthält, beträgt.

Figur 6d zeigt das Spektrum für das Emissionsmaximum von ADS

25 076 bei 595 nm; hier ergibt sich eine Halbwertszeit von 1,3 µsec, die gegenüber der einer Probe, die nur PMMA und ADS 076 enthält, kaum verändert ist.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der

30 Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neuen Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal

FIRpic mehr Exzitonen auf dem Exzitonenfänger gebildet werden und dann auf die Emitter-Moleküle übertragen werden. Da ADS 076 in geringer Konzentration vorliegt und der Transport vom FIRpic auf das ADS 076 sehr effizient und schnell vonstatten geht, erreicht man hierdurch, dass bei geringen Konzentrationsquentschingeffekten ein guter Transfer von Exzitonen auf den gewünschten Emitter erfolgt. Deshalb ergibt sich eine Erhöhung der Stromeffizienz.

Figur 6a bis 6d zeigt die Zerfallszeiten von Ir(ppy) und ADS 076 in PMMA als Matrix. Figur 6a zeigt die Zerfallszeit von 5 Gew.-% Ir(ppy)₃. Gemessen wird hierbei das Emissionsmaximum bei 510 nm. Es ergibt sich eine Halbwertszeit von 1,0 ms. Figur 6b zeigt für eine Probe mit 1 Gew.-% ADS 076 in PMMA die Zerfallszeit für das Emissionsmaximum bei 595 nm. Die Halbwertszeit beträgt 1,4 µs. Die Figuren 6c und 6d zeigen eine Emitterschicht mit 1 Gew.-% ADS 076 und 5 Gew.-% Ir(ppy)₃ in PMMA. Figur 6c zeigt die Zerfallszeit für das Emissionsmaximum des Exzitonenfängers bei 510 nm. Es ergibt sich eine Halbwertszeit von 0,4 µs, die nur noch 33% der Halbwertszeit für eine Probe, die nur das Matrixmaterial und den Exzitonenfänger enthält, beträgt. Figur 6d zeigt das Spektrum für das Emissionsmaximum von ADS 076 bei 595 nm; hier ergibt sich eine Halbwertszeit von 1,3 psec, die gegenüber der einer Probe, die nur PMMA und ADS 076 enthält, kaum verändert ist. Die Messung der Halbwertszeiten erfolgt gemäß V. O'Connor, D. Phillips, "Time-Correlated single photon counting" (Academic Press, London 1987).

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neuen 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. Strahlungsemittierende Vorrichtung aufweisend:

- ein Substrat (1);
- eine erste Elektrode (2) und eine zweite Elektrode (9),
- wenigstens eine zwischen der ersten und zweiten Elektrode angeordnete Emitterschicht (5), wobei die Emitterschicht ein Matrixmaterial 0,5 - 5 Gew.-% eines strahlungsemittierenden Emitters sowie 5-30 Gew.-% eines phosphoreszenten Exzitonenfängers umfasst, wobei der Gewichtsanteil des Exzitonenfängers höher ist als der des strahlungsemittierenden Emitters, wobei die Stromeffizienz der Emitterschicht gegenüber der einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger um mindestens 10% erhöht ist und wobei der Exzitonenfänger ein Emissionsmaximum bei einer kürzeren Wellenlänge als der strahlungsemittierende Emitter aufweist.

20 2. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach dem

vorhergehenden Anspruch, wobei der strahlungsemittierende Emitter ein phosphoreszenter Emitter ist.

25 3. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der

vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen Elektrode und Emitterschicht eine Elektronentransportschicht angeordnet ist und das LUMO des Exzitonenfängers niedriger liegt als das der Elektronentransportschicht.

30

4. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Differenz der Emissionsmaxima mindestens 15 nm beträgt.

5. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die von der Emitterschicht (5) emittierte Strahlung im Wesentlichen durch den strahlungsemittierenden Emitter erzeugt wird.

5

6. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in der Emitterschicht maximal 10% der Intensität des Emissionsmaximums des strahlungsemittierenden Emitters beträgt.

10

7. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Intensität der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in der Emitterschicht maximal 10% der normalisierten Emission des Emissionsmaximums des Exzitonenfängers in einer Schicht, die aus dem Matrixmaterial und dem Exzitonenfänger besteht, beträgt.

20

8. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der Emitterschicht (5) die Exzitonenlebensdauer auf dem strahlungsemittierenden Emitter länger ist als die auf dem Exzitonenfänger.

25

9. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die externe Quanteneffizienz η_{ext} der Emitterschicht (5) gegenüber der einer Emitterschicht ohne Exzitonenfänger um mindestens 20% erhöht ist.

30

10. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Photolumineszenzquantenausbeute des strahlungsemittierenden Emitters größer ist als die des Exzitonenfängers.

11. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das LUMO des strahlungsemittierenden Emitters höher liegt als das des Matrix und/oder des Exzitonenfängers.

12. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schichtdicke der Emitterschicht (5) 10 bis 40 nm beträgt.

13. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend zumindest eine weitere Emitterschicht.

14. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die zumindest eine weitere Emitterschicht einen strahlungsemittierenden Emitter sowie einen Exzitonenfänger enthält.

15. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch eine Überlagerung der durch die erste Emitterschicht (5) und die zumindest eine weitere Emitterschicht emittierten Strahlung Weißlicht emittiert wird.

FIG 1

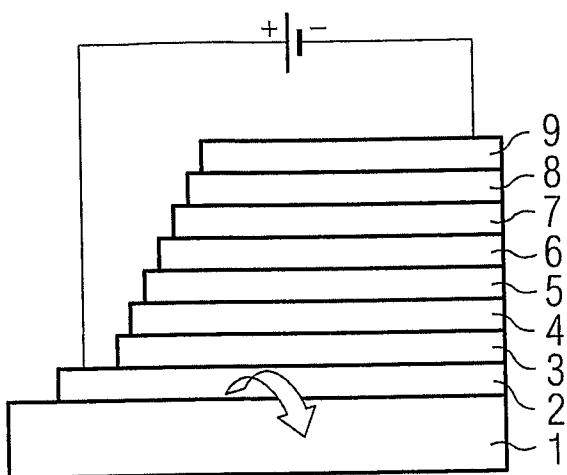
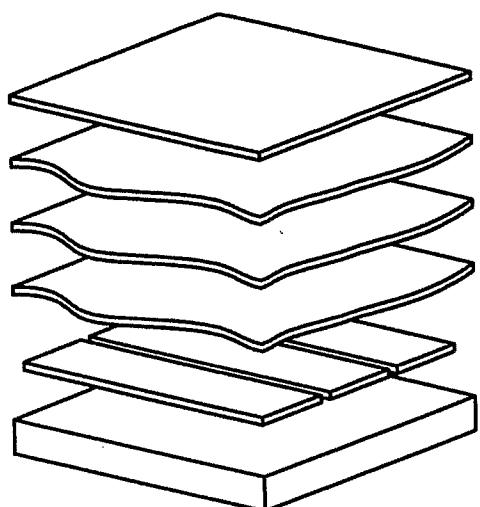


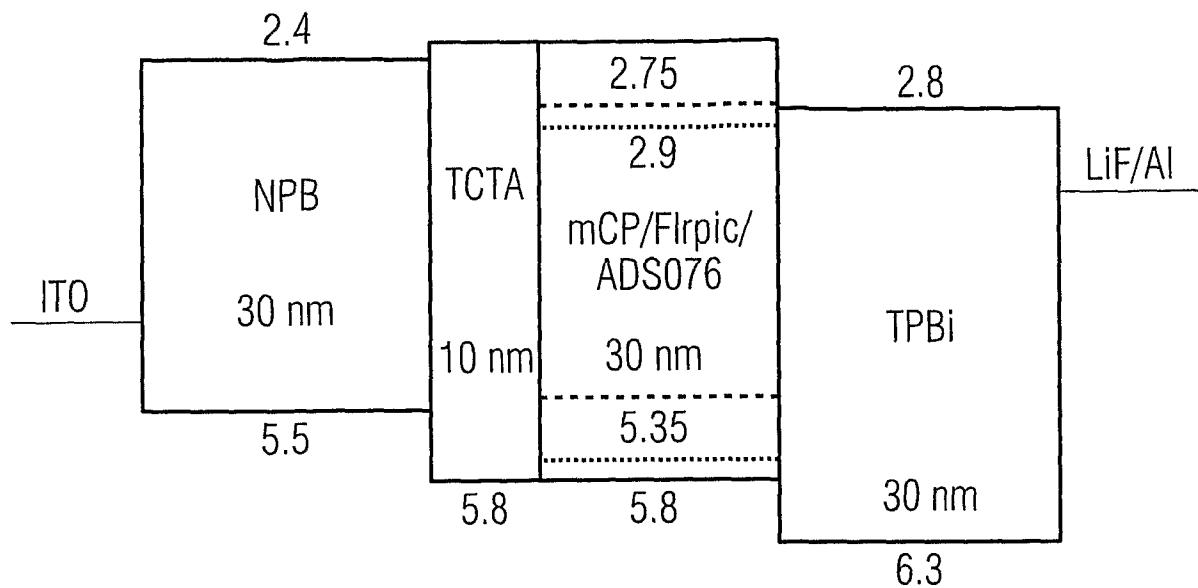
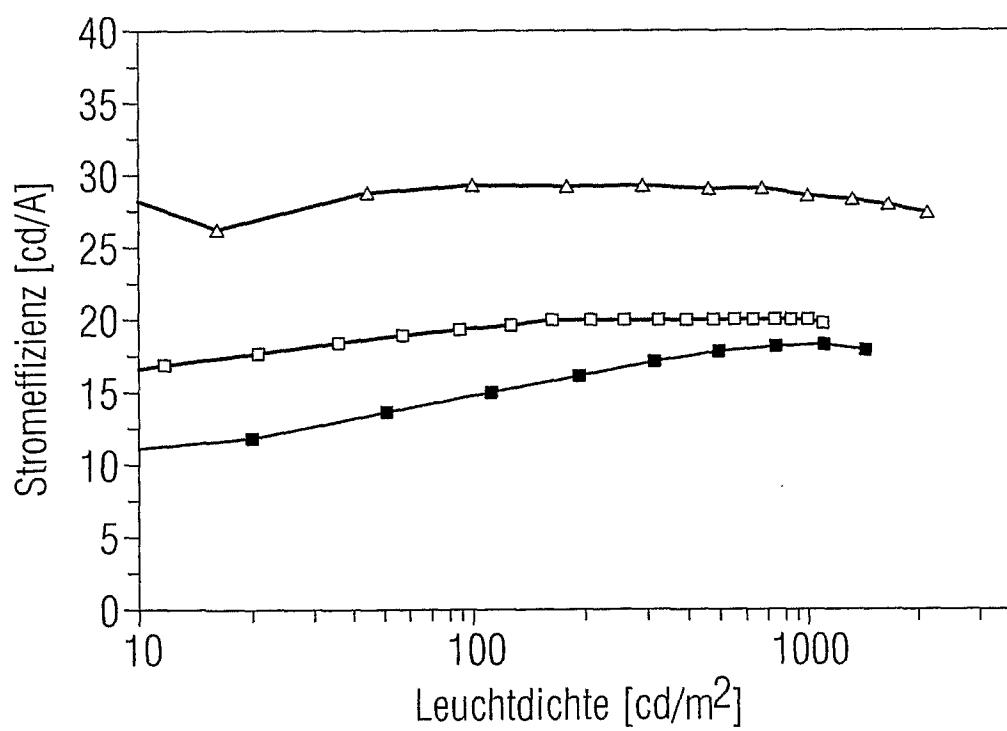
FIG 2**FIG 3**

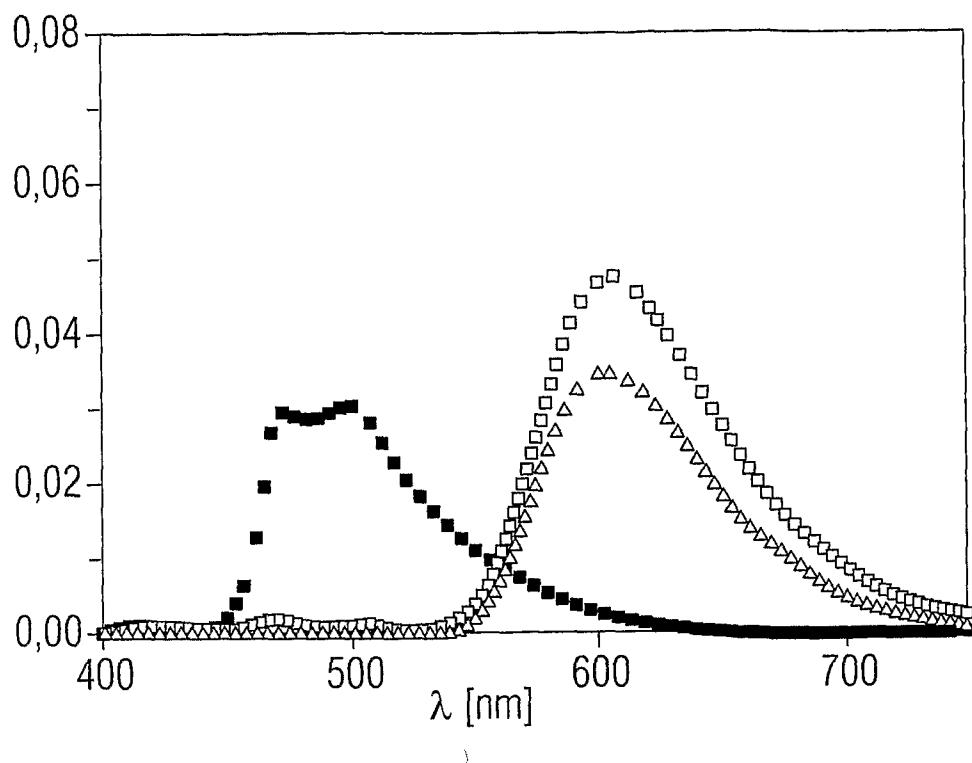
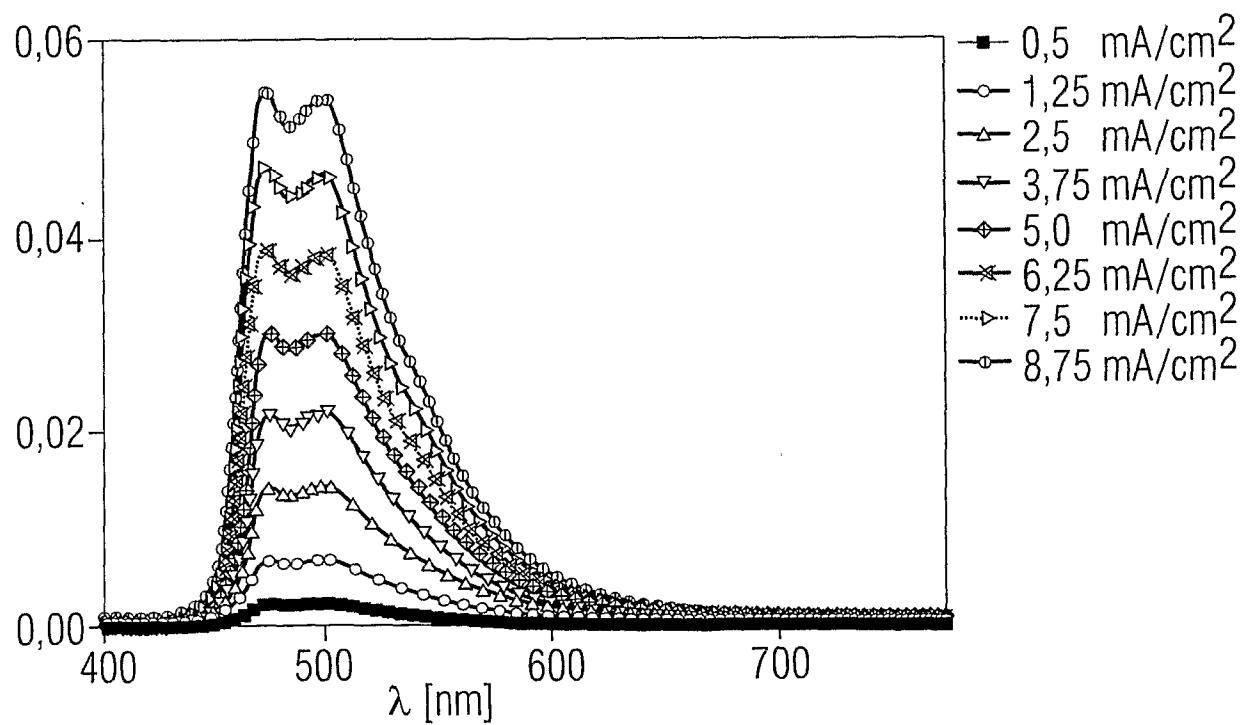
FIG 4**FIG 5a**

FIG 5b

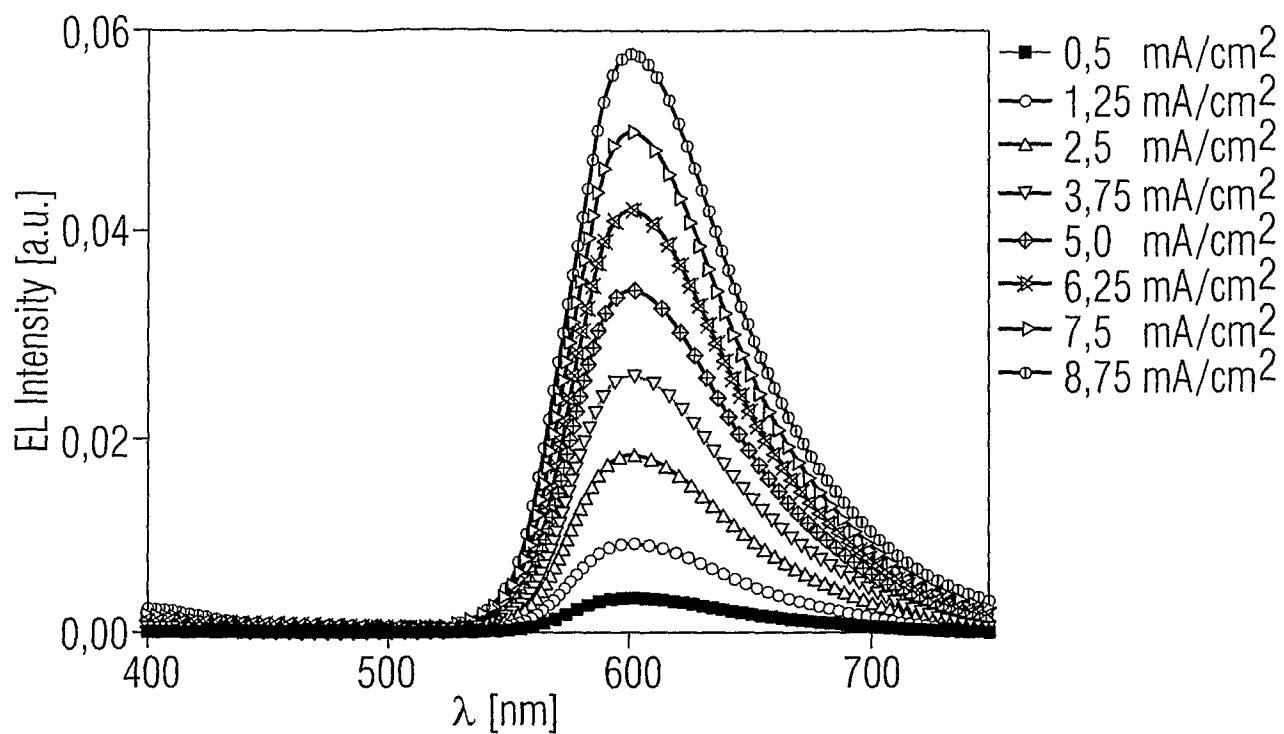


FIG 5c

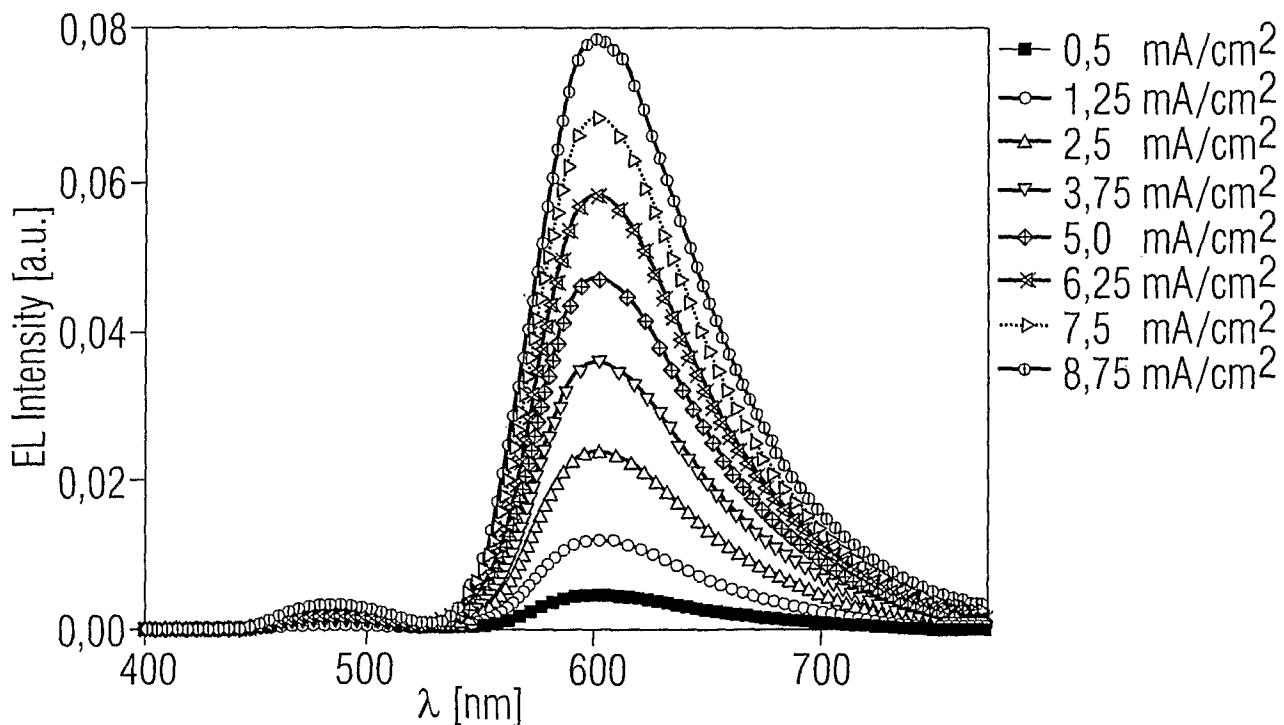


FIG 6

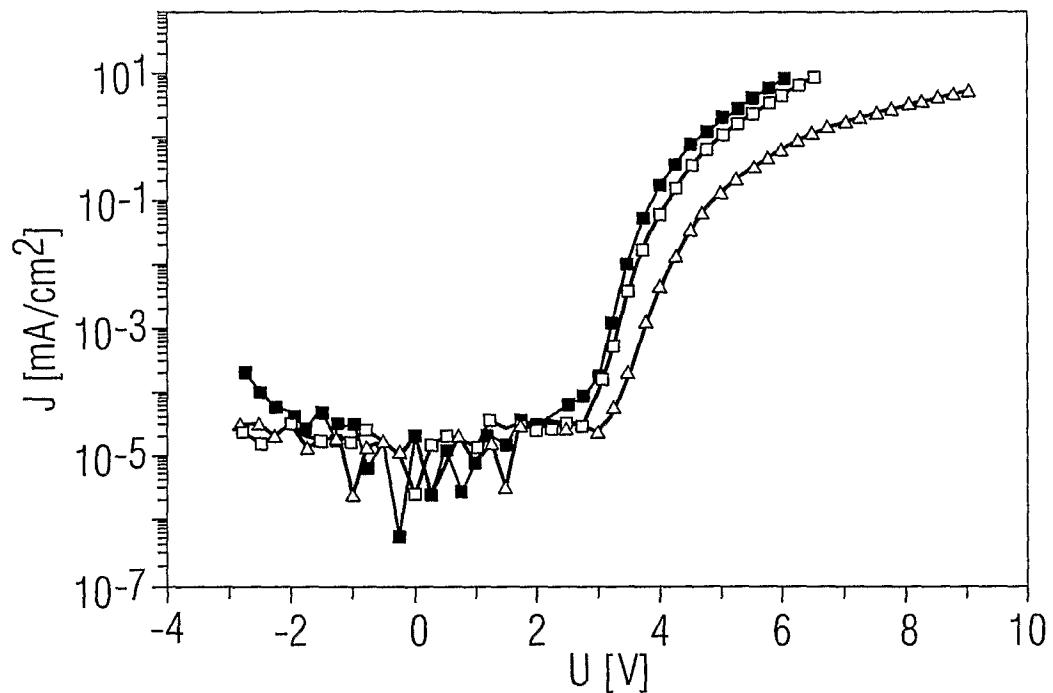


FIG 7a

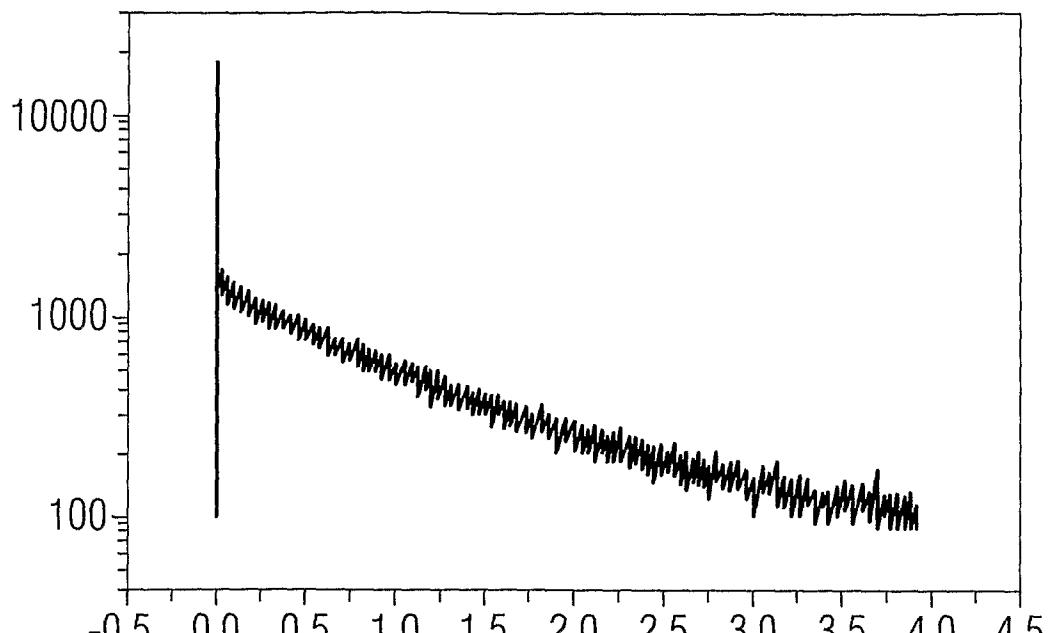
 $A_1 = 1060; t_1 = 1,181 \mu\text{s}$ $A_2 = 297; t_2 = 0,328 \mu\text{s}$

FIG 7b

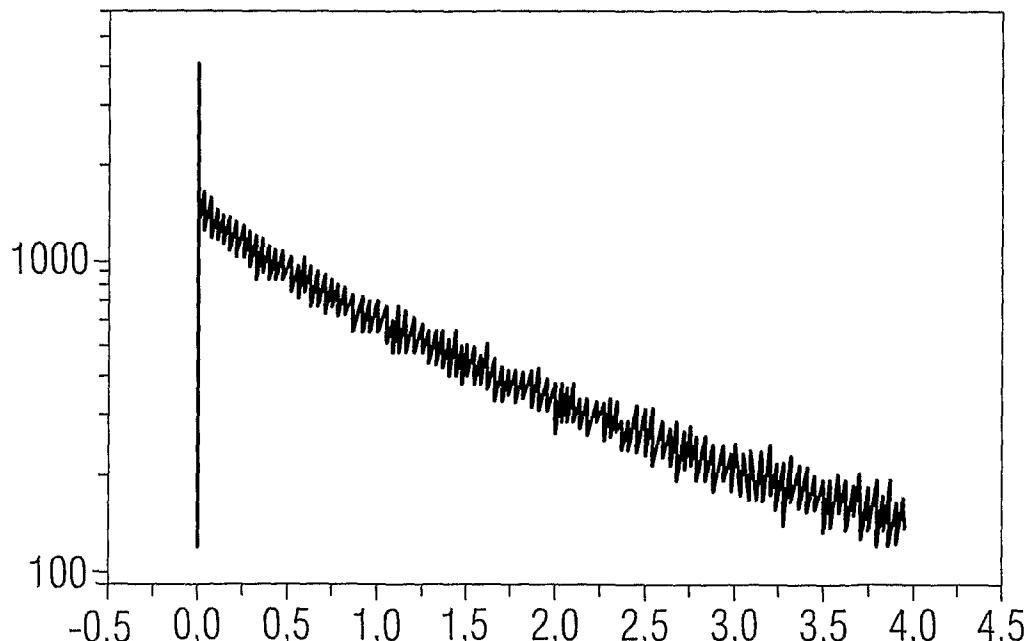
 $A_1 = 1137; t_1 = 1,378 \mu\text{s}$ $A_2 = 227; t_2 = 0,18 \mu\text{s}$

FIG 7c

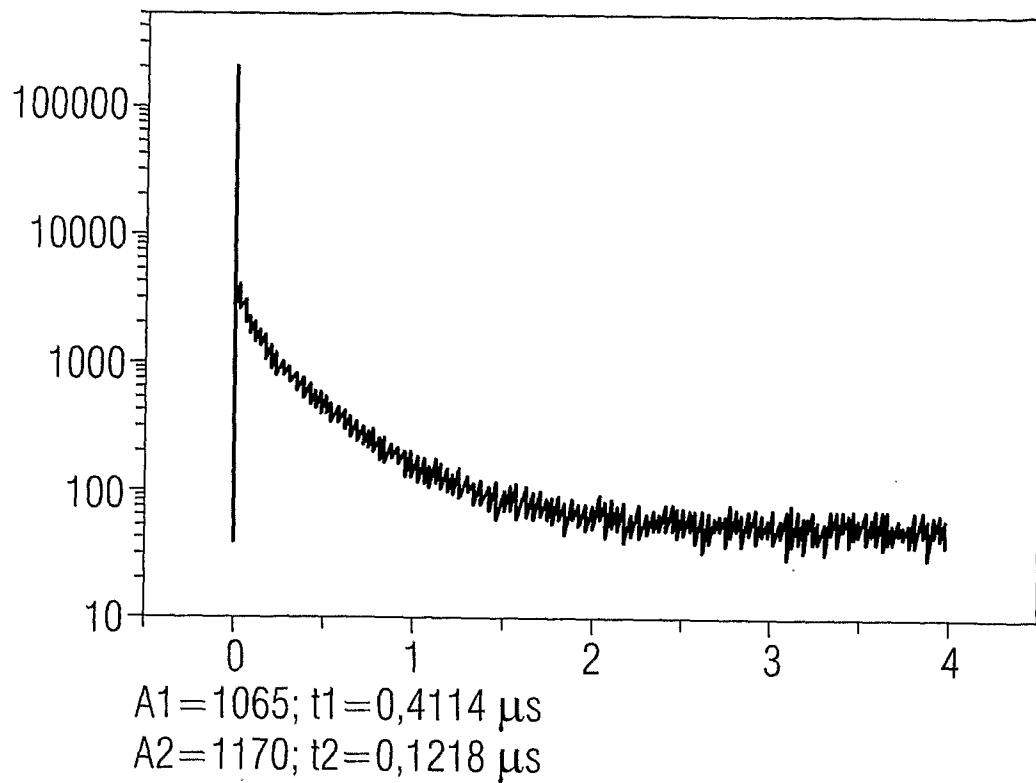


FIG 7d

