

(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  
2. Dezember 2010 (02.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/136537 A1**

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**H01L 51/52 (2006.01)**

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

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2010/057346**

(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, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, 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, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Mai 2010 (27.05.2010)

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

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
102009023352.0 29. Mai 2009 (29.05.2009) **DE**  
102009037185.0 12. August 2009 (12.08.2009) **DE**

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

(72) Erfinder; und

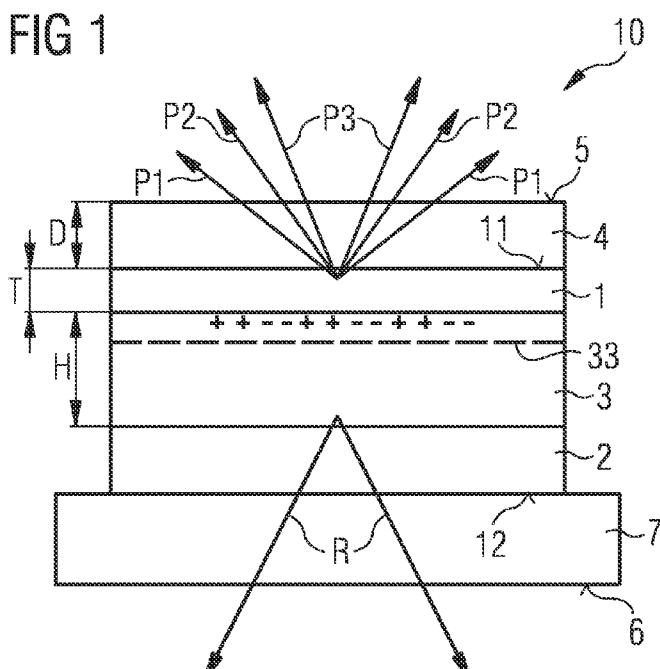
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FRISCHEISEN, Jörg** [DE/DE]; Taubentalstrasse 33, 86830 Schwabmünchen (DE). **NOWY, Stefan** [DE/DE]; Hochstiftweg 4, 86830 Schwabmünchen (DE). **BRÜTTING, Wolfgang** [DE/DE]; Prof.-Messerschmitt-Strasse 39, 86159 Augsburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODE

(54) **Bezeichnung:** ORGANISCHE LEUCHTDIODE

**FIG 1**



(57) **Abstract:** In at least one embodiment of the organic light-emitting diode (10), the organic light-emitting diode comprises a first electrode (1), which is composed of a metal, and a second electrode (2). Furthermore, the organic light-emitting diode (10) contains a sequence (3) of organic layers that is located between the first (1) and the second electrode (2). In addition, the organic light-emitting diode (10) comprises an index layer (4) that is transparent to radiation and that is located on an outer face (11) of the first electrode (1) facing away from the sequence (3) of organic layers. An average index of refraction of the index layer (4) is greater than or equal to an average index of refraction of the sequence (3) of organic layers. At least part of the electromagnetic plasmon radiation (P) produced by the organic light-emitting diode (10) passes through the index layer (4).

(57) **Zusammenfassung:** In mindestens einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode (10) umfasst diese eine erste Elektrode (1), die mit einem Metall gebildet ist, und eine zweite Elektrode (2). Weiterhin beinhaltet die organische Leuchtdiode (10) eine organische Schichtenfolge (3), die sich zwischen der ersten (1) und der zweiten Elektrode (2) befindet. Außerdem weist die organische Leuchtdiode (10) eine Strahlung durchlässige Indexschicht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

(4) auf, die sich an einer der organischen Schichtenfolge (3) abgewandten Außenseite (11) der ersten Elektrode (1) befindet. Ein mittlerer Brechungsindex der Indexschicht (4) ist größer als oder gleich einem mittleren Brechungsindex der organischen Schichtenfolge (3). Mindestens ein Teil einer von der organischen Leuchtdiode (10) erzeugten elektromagnetischen Plasmonenstrahlung (P) durchläuft die Indexschicht (4).

## Beschreibung

## Organische Leuchtdiode

5 Es wird eine organische Leuchtdiode angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, eine organische Leuchtdiode, kurz OLED, anzugeben, bei der Licht effizient aus Plasmonenmoden einer Metallelektrode auskoppelbar ist.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode umfasst diese eine erste Elektrode, die mit einem

Metall gebildet ist. Beispielsweise besteht die erste

Elektrode aus Silber, Aluminium, Kadmium, Barium, Indium,

15 Magnesium, Kalzium, Lithium und/oder Gold. Die erste

Elektrode ist also insbesondere mit einem elektrisch

leitfähigen Material gestaltet, das auch im Falle dünner

Schichten lichtundurchlässig ist. Mit anderen Worten ist die

erste Elektrode bevorzugt mit einem Material gestaltet, das,

20 wenn es in einer Dicke von mindestens einem Viertel einer

Vakuum-Wellenlänge einer Strahlung im sichtbaren

Spektralbereich vorliegt, für diese Strahlung undurchlässig

ist.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen

Leuchtdiode umfasst diese mindestens eine organische

Schichtenfolge mit wenigstens einer aktiven Schicht. Die

aktive Schicht ist hierbei zur Erzeugung einer

elektromagnetischen Strahlung eingerichtet. Die aktive

30 Schicht basiert beispielsweise auf einem organischen Polymer,

auf einem organischen Oligomer, auf organischen Monomeren,

auf organischen kleinen, nicht-polymeren Molekülen oder auf

einer Kombination hieraus. Die organische Schichtenfolge kann

weitere organische Schichten aufweisen, die zum Beispiel als

Ladungsträgerinjektionsschichten, als  
Ladungsträgertransportschichten und/oder als  
Ladungsträgerstoppschichten ausgestaltet sind.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode weist diese eine zweite Elektrode auf. Bevorzugt ist die zweite Elektrode, wie auch die erste Elektrode, flächig und/oder planar gestaltet. Flächig kann bedeuten, dass die Elektroden Hauptflächen der organischen Schichtenfolge an voneinander abgewandten Seiten zu mindestens 80 % oder vollständig bedecken, oder dass ein Verhältnis aus lateraler Ausdehnung und Dicke der Elektroden mindestens 1000 beträgt.
- 10
- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode befindet sich die organische Schichtenfolge zwischen der ersten und der zweiten Elektrode. Die organische Schichtenfolge kann sich hierbei vollständig oder teilweise zwischen den Elektroden befinden.
- 20
- 25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode umfasst diese eine strahlungsdurchlässige Indexschicht. Die Indexschicht ist also mindestens in Teilbereichen des sichtbaren Spektralbereichs transluzent oder, bevorzugt, transparent beziehungsweise klarsichtig gestaltet. Weiterhin bevorzugt ist die Indexschicht mit einem dielektrischen Material gestaltet. Die Indexschicht kann hierbei mit einem homogenen, beispielsweise kristallinen Material geformt sein oder auch durch wenigstens ein
- 30 Metamaterial gebildet sein. Weist die Indexschicht ein kristallines Material auf, so sind geeignete Materialien zum Beispiel LiNbO<sub>3</sub>, ZnS, ZnSe oder TeO<sub>2</sub>. Ebenso können organische Materialien, wie C<sub>60</sub> mit einem Brechungsindex von zirka 2,2, für die oder in der Indexschicht verwendet werden.

Ein geeignetes Metamaterial ist zum Beispiel  $\text{TiO}_2$ , das in einem Matrixmaterial eingebettet ist. Geeignete Matrixmaterialien sind beispielsweise Polymere, insbesondere Epoxide, Silikone und Epoxid-Silikon-Hybridmaterialien.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist die Indexschicht an einer der organischen Schichtenfolge abgewandten Außenseite der ersten Elektrode aufgebracht. Mit anderen Worten befindet sich zwischen der 10 Indexschicht und der organischen Schichtenfolge die metallische erste Elektrode.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist ein mittlerer optischer Brechungsindex der 15 Indexschicht größer als oder gleich einem mittleren Brechungsindex der organischen Schichtenfolge. Mittlerer Brechungsindex bedeutet hierbei, dass der Brechungsindex über die gesamte Schichtdicke der organischen Schichtenfolge beziehungsweise der Indexschicht gemittelt wird, wobei 20 Schichten der Indexschicht, die sich näher an der ersten Elektrode befinden, aufgrund des exponentiellen Abklingens von Plasmonenmode in einer Richtung weg von der ersten Elektrode, stärker gewichtet werden können. Es kann der mittlere Brechungsindex auch ein effektiver Brechungsindex 25 der jeweiligen Schichten sein. Beträgt beispielsweise der mittlere und/oder effektive Brechungsindex der organischen Schichtenfolge 1,8, so beträgt der mittlere und/oder effektive Brechungsindex der Indexschicht ebenfalls mindestens 1,8.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode weist diese eine Vorderseite und eine Rückseite auf. Die Rückseite ist hierbei der Indexschicht zugewandt oder durch die Indexschicht gebildet, und die Vorderseite ist

der organischen Schichtenfolge zugewandt. Das heißt, zwischen der Rückseite und der organischen Schichtenfolge befindet sich mindestens zum Teil die Indexschicht und zwischen der Vorderseite und der Indexschicht befindet sich mindestens 5 teilweise die organische Schichtenfolge. Eine in der Leuchtdiode erzeugte Strahlung verlässt die organische Leuchtdiode an der Vorderseite und/oder an der Rückseite. Bevorzugt verlässt die Strahlung die Leuchtdiode mindestens an der Vorderseite und optional zusätzlich an der Rückseite. 10 An Seitenflächen quer zur Vorderseite der Leuchtdiode wird bevorzugt kein oder kein signifikanter Strahlungsanteil emittiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen 15 Leuchtdiode durchläuft mindestens ein Teil einer von der organischen Leuchtdiode erzeugten elektromagnetischen Plasmonenstrahlung die Indexschicht. Die Plasmonenstrahlung ist hierbei eine Strahlung, die aus Oberflächenplasmonen mindestens der ersten Elektrode generiert ist.

20 In mindestens einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode umfasst diese eine erste Elektrode, die mit einem Metall gebildet ist, und eine zweite Elektrode. Weiterhin beinhaltet die organische Leuchtdiode eine organische 25 Schichtenfolge mit mindestens einer aktiven Schicht, wobei sich die organische Schichtenfolge zwischen der ersten und der zweiten Elektrode befindet. Außerdem weist die organische Leuchtdiode eine Strahlung durchlässige Indexschicht auf, die sich an einer der organischen Schichtenfolge abgewandten 30 Außenseite der ersten Elektrode befindet. Ein mittlerer Brechungsindex der Indexschicht ist hierbei größer als oder gleich einem mittleren Brechungsindex der organischen Schichtenfolge. Weiterhin weist die organische Leuchtdiode eine Vorderseite und eine Rückseite auf, wobei die Rückseite

der Indexschicht und die Vorderseite der organischen Schichtenfolge zugewandt ist und eine in der Leuchtdiode erzeugte Strahlung an der Vorderseite und/oder an der Rückseite emittiert wird. Mindestens ein Teil einer von der 5 organischen Leuchtdiode erzeugten elektromagnetischen Plasmonenstrahlung durchläuft die Indexschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich die erste Elektrode in direktem physischen Kontakt sowohl zur 10 organischen Schichtenfolge als auch zur Indexschicht. Mit anderen Worten ist die erste Elektrode in einer Richtung quer zu einer Haupterstreckungsrichtung der ersten Elektrode von der Indexschicht und der organischen Schichtenfolge vollständig oder teilweise begrenzt und eingeschlossen.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode sind durch eine in der aktiven Schicht erzeugte elektromagnetische Strahlung mindestens an der Grenzfläche zwischen der ersten Elektrode und der organischen 20 Schichtenfolge Oberflächenplasmonen angeregt. Durch diese Oberflächenplasmonen ist die Plasmonenstrahlung vollständig oder teilweise erzeugt.

Die zur Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Schicht der 25 organischen Schichtenfolge weist im Regelfall Moleküle auf, die in einem elektronisch angeregten Zustand näherungsweise ein elektrisches Dipolmoment aufzeigen, wobei in einem elektronischen Grundzustand die Moleküle kein Dipolmoment aufzuzeigen brauchen. Weiterhin existieren an der Grenzfläche 30 zwischen der organischen Schichtenfolge und der metallischen ersten Elektrode elektromagnetische Grenzflächenmoden. Über Nahfeldeffekte und/oder über Oberflächenrauheiten können die Grenzflächenmoden, auch als Oberflächenplasmonenmoden bezeichnet, an die Moleküle der organischen Schichtenfolge

koppeln oder umgekehrt. Gemessen an einer gesamten von der aktiven Schicht generierten Lichtmenge kann die Größenordnung des Ausmaßes der Ankopplung an die Oberflächenplasmonenmoden zirka 30 % betragen. Mit anderen Worten geht ein erheblicher 5 Leistungsanteil der organischen Leuchtdiode an die Oberflächenplasmonen über.

Bei einer organischen Leuchtdiode, die nicht über eine wie beschrieben gestaltete Indexschicht verfügt, geht der an die 10 Oberflächenplasmonen gekoppelte Leistungsanteil, insbesondere durch Dämpfung der Oberflächenplasmonenmoden im Metall der ersten Elektrode, verloren und ist nicht in Licht umwandelbar. Durch die Indexschicht an der der organischen Schichtenfolge abgewandten Seite der ersten Elektrode ist 15 eine Energieerhaltung und eine Impulserhaltung für die Umwandlung der Oberflächenplasmonen in elektromagnetische Strahlung erfüllbar. Es ist also ermöglicht, dass die Oberflächenplasmonen mindestens zum Teil an der Außenseite der ersten Elektrode in elektromagnetische Strahlung 20 umgewandelt werden.

Diese Strahlung, die Plasmonenstrahlung, generiert aus den Oberflächenplasmonen der ersten Elektrode, durchläuft dann wenigstens zum Teil die Indexschicht und tritt beispielsweise 25 an der Rückseite der organischen Leuchtdiode, die etwa durch die Indexschicht gebildet ist, aus der organischen Leuchtdiode aus. Durch die Rückumwandlung der Oberflächenplasmonen in der ersten Elektrode in elektromagnetische Strahlung sind ein Wirkungsgrad und eine 30 Effizienz der organischen Leuchtdiode steigerbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode weist die Indexschicht eine mittlere geometrische Dicke von mindestens 50 nm, insbesondere von mindestens

100 nm oder mindestens 200 nm auf. Bevorzugt übersteigt die mittlere geometrische Dicke der Indexschicht mindestens 300 nm, insbesondere mindestens 500 nm. Die Indexschicht weist also eine Dicke auf, die mindestens der Größenordnung 5 der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung innerhalb der Indexschicht entspricht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode weist die erste metallische Elektrode eine Dicke 10 zwischen einschließlich 15 nm und 65 nm auf, bevorzugt zwischen einschließlich 25 nm und 50 nm. Bei einer Dicke der ersten Elektrode in dem angegebenen Bereich ist die erste Elektrode weitestgehend Strahlung undurchlässig. Das heißt, kein signifikanter Anteil der in der aktiven Schicht 15 erzeugten Strahlung durchläuft die erste Elektrode direkt, ohne reflektiert, absorbiert oder in Oberflächenplasmonen umgewandelt zu werden. Andererseits ist die Dicke der ersten Elektrode in dem angegebenen Bereich hinreichend gering, um 20 einen Transport der Oberflächenplasmonen von einer der organischen Schichtenfolge zugewandten Innenseite der ersten Elektrode an die Außenseite der ersten Elektrode effizient zu gewährleisten. In dem angegebenen Dickenbereich der ersten Elektrode ist die Generierung der Plasmonenstrahlung also 25 besonders effizient.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode beträgt ein mittlerer Abstand zwischen der ersten Elektrode und der aktiven Schicht zwischen einschließlich 15 nm und 100 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 25 nm und 30 50 nm. Um die Ankopplung an die Oberflächenplasmonen zu reduzieren, ist in organischen Leuchtdioden ohne einer wie angegeben gestalteten Indexschicht der Abstand zwischen der ersten Elektrode und der aktiven Schicht im Regelfall möglichst groß gewählt. Möglichst groß bedeutet hierbei, dass

der Abstand beispielsweise 100 nm übersteigt. Da über die Indexschicht eine Umwandlung der Oberflächenplasmonen in die Plasmonenstrahlung ermöglicht ist, ist der Abstand zwischen der aktiven Schicht und der ersten Elektrode reduzierbar.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode beträgt ein mittlerer Abstand zwischen der ersten Elektrode und der aktiven Schicht höchstens 25 nm, insbesondere höchstens 15 nm. Durch einen derart geringen

10 Abstand zwischen der aktiven Schicht und der ersten Elektrode ist eine besonders effiziente Ankopplung der in der aktiven Schicht erzeugten Strahlung an die Oberflächenplasmonenmoden der ersten Elektrode gewährleistbar. Mit anderen Worten wird ein besonders hoher Anteil der Leistungsaufnahme der  
15 organischen Leuchtdiode in Oberflächenplasmonen in mindestens der ersten Elektrode umgewandelt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist eine mittlere geometrische Gesamtdicke der  
20 organischen Schichtenfolge kleiner oder gleich 150 nm, bevorzugt kleiner oder gleich 90 nm. Eine derart geringe Gesamtdicke der organischen Schichtenfolge ist ermöglicht durch die Rückgewinnung der Oberflächenplasmonen in die Plasmonenstrahlung, sodass die Gesamteffizienz der Leuchtdiode  
25 aufgrund der Anregung der Oberflächenplasmonen den Wirkungsgrad der Leuchtdiode nicht oder nicht signifikant mindert.

Durch die geringe Schichtdicke der organischen Schichtenfolge  
30 verbessern sich weiterhin die elektrischen Eigenschaften der organischen Leuchtdiode. So fällt an der organischen Schichtenfolge, aufgrund deren geringer Dicke, auch nur eine geringere elektrische Spannung ab. Weiterhin ist der Materialeinsatz, der zum Erzeugen der organischen

Schichtenfolge notwendig ist, reduzierbar. Außerdem wirkt die organische Schichtenfolge nicht mehr oder zumindest weit weniger als bei herkömmlichen Leuchtdioden als Wellenleiterschicht. Wirkt die organische Schichtenfolge 5 nicht oder reduziert als Wellenleiterschicht, so kann sich eine Auskoppeleffizienz der erzeugten Strahlung erhöhen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode beträgt eine mittlere Abstrahlungsintensität der 10 von der Leuchtdiode erzeugten Strahlung an der Rückseite der Leuchtdiode mindestens 5 %, insbesondere mindestens 15 %, einer mittleren Strahlungsintensität an der Vorderseite der Leuchtdiode. Mit anderen Worten wird ein signifikanter Anteil der von der Leuchtdiode emittierten Strahlungsleistung an der 15 Rückseite, also an der der organischen Schichtenfolge abgewandten Seite der Leuchtdiode, emittiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode entspricht, mit einer Toleranz von 25 20 Prozentpunkten, die mittlere Strahlungsintensität an der Rückseite der mittleren Strahlungsintensität an der Vorderseite. Bevorzugt beträgt die Toleranz höchstens 10 Prozentpunkte, insbesondere ist die mittlere Strahlungsintensität an der Rückseite und an der Vorderseite 25 im Rahmen der Herstellungstoleranzen gleich. Das Verhältnis der Abstrahlungsintensitäten an der Vorderseite und an der Rückseite lässt sich zum Beispiel einstellen durch den Abstand zwischen der aktiven Schicht und der ersten Elektrode, also zwischen dem Ankopplungsgrad an die 30 Oberflächenplasmonenmoden, und durch die Dicke und/oder Transparenz der metallischen ersten Elektrode. Es ist also eine organische Leuchtdiode mit insbesondere genau einer metallischen Elektrode realisierbar, die beidseitig, also an

der Vorderseite und an der Rückseite, gleichmäßig Licht abstrahlt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen

5 Leuchtdiode beträgt der mittlere Brechungsindex der Indexschicht mindestens ein 1,1-faches des mittleren Brechungsindexes der organischen Schichtenfolge. Bevorzugt beträgt der mittlere Brechungsindex der Indexschicht mindestens ein 1,2-faches, insbesondere mindestens ein 1,3-faches des mittleren Brechungsindexes der organischen Schichtenfolge. Durch den vergleichsweise großen Brechungsindexunterschied ist eine effiziente Generierung der Plasmonenstrahlung aus den Oberflächenplasmonen gewährleistbar.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist die Indexschicht aus alternierend angeordneten Schichten gebildet, wobei die alternierend angeordneten Schichten jeweils unterschiedliche

20 Materialzusammensetzungen aufweisen. Die alternierend angeordneten Schichten können beispielsweise abwechselnd einen vergleichsweise hohen und einen vergleichsweise niedrigen Brechungsindex aufzeigen.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist mindestens eine der alternierend angeordneten Schichten mit einem Metalloxid gestaltet, das transparent ist. Beispielsweise ist die Indexschicht aus einer abwechselnden Abfolge von ZnO-Schichten und TiO-Schichten und/oder SrTiO<sub>3</sub>-Schichten gebildet. Die Schichten sind zum Beispiel jeweils über Atomlagendeposition, englisch atomic layer deposition oder kurz ALD, hergestellt. Eine derart gestaltete Indexschicht weist einen hohen Brechungsindex und eine hohe Transparenz auf und ist weiterhin zur Versiegelung

der organischen Leuchtdiode gegen äußere Einflüsse wie Sauerstoff und Feuchtigkeit geeignet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen

5 Leuchtdiode ist deren Rückseite durch die Indexschicht gebildet. Das heißt, eine Lichtauskopplung aus der organischen Leuchtdiode an der Rückseite erfolgt direkt aus der Indexschicht heraus.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode weist die Indexschicht eine Strukturierung zur Erhöhung einer Strahlungsauskopplung der Plasmonenstrahlung auf. Die Strukturierung kann regelmäßig oder auch unregelmäßig gestaltet sein. Beispielsweise ist die

15 Strukturierung durch ein Ätzen mit einer Ätzmaske oder durch einen statistischen Aufrauprozess, wie beispielsweise ein Schleifen oder ein Sandstrahlen, erzeugt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen

20 Leuchtdiode ist der Indexschicht ein Diffusionsmittel beigegeben. Das Diffusionsmittel ist zum Beispiel durch Streupartikel gebildet. Mit anderen Worten durchläuft die Plasmonenstrahlung oder wenigstens ein Teil der Plasmonenstrahlung die Indexschicht nicht geradlinig, sondern erfährt durch das Diffusionsmittel wenigstens eine 25 Richtungsänderung, insbesondere durch Reflexion und/oder Streuung. Durch die Verwendung eines Diffusionsmittel ist, insbesondere in Kombination mit einer Strukturierung der Indexschicht, eine hohe Lichtauskoppeleffizienz bezüglich der 30 Plasmonenstrahlung erzielbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen

Leuchtdiode beinhaltet die Indexschicht ein

Konversionsmittel. Das Konversionsmittel ist hierbei dazu

eingerichtet, wenigstens einen Teil der Plasmonenstrahlung zu absorbieren und in eine Strahlung mit einer größeren Wellenlänge umzuwandeln. Durch das Konversionsmittel kann auch eine räumliche Abstrahlcharakteristik der Leuchtdiode an 5 der Rückseite verändert, insbesondere gleichmäßiger gestaltet werden. Das Konversionsmittel kann auch in Kombination mit dem Diffusionsmittel und mit der Strukturierung der Indexschicht eingesetzt werden.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode sind sowohl die erste Elektrode als auch die zweite Elektrode mit einem Metall geformt. Es sind also dann beide Elektroden metallische Elektroden. Zum Beispiel ist die organische Leuchtdiode als so genannte Mikroresonator-OLED 15 gestaltet. Durch die erste Elektrode und die zweite Elektrode ist also beispielsweise eine Art Resonator geformt.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode, bei der insbesondere die erste Elektrode als auch die zweite Elektrode mit einem Metall geformt sind, weisen beide Elektroden eine Dicke von höchstens 30 nm, insbesondere von höchstens 15 nm auf. Mit anderen Worten sind beide Elektroden aufgrund der geringen Dicke teilweise für die in der aktiven Schicht erzeugte sichtbare Strahlung 25 durchlässig.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist die zweite Elektrode mit einem transparenten leitfähigen Oxid geformt. Bevorzugt übersteigt die Dicke der zweiten Elektrode dann 100 nm, insbesondere 200 nm. Bevorzugt liegt die Dicke der zweiten Elektrode zwischen einschließlich 100 nm und 140 nm. Zum Beispiel ist die zweite Elektrode mit oder aus Indiumoxid, Indium-Zinnoxid, Indium-Zinkoxid, Zinkoxid oder Zinnoxid geformt. Ebenso ist als Material für

die zweite Elektrode Al-dotiertes Zinkoxid, kurz AZO, einsetzbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen  
5 Leuchtdiode weist mindestens die erste Elektrode entlang  
wenigstens einer Hauptstreckungsrichtung, bevorzugt entlang  
von zwei Hauptstreckungsrichtungen, eine Dickenvariation  
auf. Mit anderen Worten ändert sich die Dicke der ersten  
Elektrode beispielsweise periodisch oder statistisch verteilt  
10 entlang der zwei orthogonalen Hauptstreckungsrichtungen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen  
Leuchtdiode weist ein Träger des Leuchtdiode an einer  
Hauptseite eine Strukturierung auf. Auf diese Hauptseite des  
15 Trägers sind dann die erste und die zweite Elektrode sowie  
die organische Schichtenfolge und die Indexschicht, jeweils  
bevorzugt mit einer über die gesamte Hauptseite hinweg im  
Rahmen der Herstellungstoleranzen konstanten Dicke,  
aufgebracht.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen  
Leuchtdiode liegt eine Längenskala der Dickenvariation  
und/oder der Strukturierung zwischen einschließlich 300 nm  
und 1,5  $\mu$ m, bevorzugt zwischen einschließlich 400 nm und 1,0  
25  $\mu$ m. Die Dickenvariation kann hierbei eine gleichmäßige oder  
periodische Variation sein, die beispielsweise sinusförmig  
oder stufenförmig erfolgt und eine Periodizität entsprechend  
der Längenskala aufzeigt. Ebenso ist es möglich, dass die  
Dickenvariation in Form von Löchern in der ersten Elektrode,  
30 die in einem regelmäßigen Abstand zueinander angeordnet sind,  
ausgeführt ist. Auch kann es sein, dass die Längenskala eine  
mittlere Längenskala ist und die Dickenvariation entlang der  
Hauptstreckungsrichtungen unregelmäßig oder zufällig ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode befindet sich an einer der ersten Elektroden abgewandten Seite der Indexschicht ein Spiegel, der dazu eingerichtet ist, die Plasmonenstrahlung hin zur organischen 5 Schichtenfolge zu reflektieren. Durch die Verwendung eines solchen Spiegels ist es möglich, dass die gesamte von der organischen Leuchtdiode erzeugte Strahlung über die Vorderseite aus der organischen Leuchtdiode ausgekoppelt wird. Bei Verwendung eines solchen Spiegels weist die 10 Indexschicht bevorzugt ein Diffusionsmittel und/oder eine Strukturierung auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der organischen Leuchtdiode ist der Spiegel ein Teil der Indexschicht. 15 Beispielsweise ist der Spiegel dann als Bragg-Spiegel geformt und die Spiegelschichten sind gleichzeitig Teilschichten der Indexschicht. Hierdurch ist eine effiziente Verkapselung und/oder ein kompakter Aufbau der organischen Leuchtdiode erzielbar.

20 Nachfolgend wird eine hier beschriebene organische Leuchtdiode unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es 25 sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt. Vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

30 Figuren 1 bis 12 schematische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen organischen Leuchtdioden,

Figur 13 eine schematische Schnittdarstellung einer Prinzipskizze, und

Figur 14 eine schematische Darstellung von  
5 Dispersionsrelationen von Oberflächenplasmonen.

In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer organischen Leuchtdiode 10 dargestellt. Die Leuchtdiode 10 weist eine organische Schichtenfolge 3 mit einer aktiven Schicht 33 auf.

10 Im Betrieb der Leuchtdiode 10 wird in der aktiven Schicht 33 eine elektromagnetische Strahlung R erzeugt. Eine Gesamtdicke H der organischen Schichtenfolge 33 beträgt beispielsweise höchstens 300 nm, insbesondere höchstens 90 nm. An einer einem Träger 7 zugewandten Seite der Schichtenfolge 3  
15 befindet sich eine zweite Elektrode 2. Die zweite Elektrode 2 ist zum Beispiel mit einem transparenten leitfähigen Oxid gestaltet. Durch die zweite Elektrode 2 und den Träger 7 hindurch wird mindestens ein Teil der in der aktiven Schicht 33 erzeugten Strahlung R an einer Vorderseite 6 der  
20 Leuchtdiode 10 emittiert.

An einer dem Träger 7 abgewandten Seite der organischen Schichtenfolge 3 befindet sich eine erste Elektrode 1, die mit einem Metall, beispielsweise mit Silber, geformt ist.

25 Durch die Strahlungserzeugung in der aktiven Schicht 33 sind an der Grenzfläche zwischen der ersten Elektrode 1 und der aktiven Schichtenfolge 3 Oberflächenplasmonen +, - angeregt. Diese Oberflächenplasmonen +, - können an eine der organischen Schichtenfolge 3 abgewandte Außenseite 11 der  
30 ersten Elektrode 1 gelangen. Um dies effizient zu ermöglichen, beträgt eine Dicke D der ersten Elektrode 11 bevorzugt zwischen einschließlich 25 nm und 50 nm.

An der Außenseite 11 der ersten Elektrode 1 ist, in direktem Kontakt zur ersten Elektrode 1, eine Indexschicht 4 aufgebracht. Ein mittlerer Brechungsindex der Indexschicht 4 ist hierbei mindestens so groß oder, bevorzugt, größer als 5 ein mittlerer Brechungsindex der organischen Schichtenfolge 3. Durch die Indexschicht 4 ist auch eine Rückseite 5 der Leuchtdiode 10 gebildet.

Dadurch, dass der mittlere Brechungsindex der Indexschicht 4 10 größer ist als der mittlere Brechungsindex der organischen Schichtenfolge 3 ist es ermöglicht, dass die Oberflächenplasmonen +, - in der ersten Elektrode 1 in eine Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 umgewandelt werden. Die Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 durchläuft mindestens teilweise 15 die Indexschicht 4 und wird von der Leuchtdiode 10 an der Rückseite 5 emittiert. Eine Dicke D der Indexschicht 4 beträgt hierbei bevorzugt mindestens 200 nm.

Aufgrund der Impulserhaltung und der Energieerhaltung bei der 20 Umwandlung der Oberflächenplasmonen +, - in die Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 erfolgt die Emission der Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 bezüglich der Wellenlänge winkelabhängig. Eine Wellenlänge der Plasmonenstrahlung P1 ist also kleiner als eine Wellenlänge der Plasmonenstrahlung P2, die wiederum kleiner ist als eine Wellenlänge der 25 Plasmonenstrahlung P3. Je kleiner die Wellenlänge der Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 ist, desto kleiner ist also ein Winkel, in dem die Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 zu einer Haupterstreckungsrichtung der ersten Elektrode 1 durch die 30 Indexschicht 4 verläuft.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 befindet sich die Indexschicht 4 zwischen dem Substrat 7 und der ersten Elektrode 1. Die Rückseite 5 ist durch das Substrat 7

gebildet und die Vorderseite 6 durch eine der organischen Schichtenfolge 3 abgewandte Außenseite 12 der zweiten Elektrode 2. Die Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 wird durch das Substrat 7 hindurch aus der Leuchtdiode 10 emittiert.

5

Anders als in den Figuren 1 oder 2 dargestellt, kann das Substrat 7 eine Aufrauung zur Verbesserung der Auskoppeleffizienz aufweisen.

10 Gemäß Figur 3 bildet das Substrat 7 selbst die Indexschicht 4 aus. Das Substrat 7 ist also mit einem Material gestaltet, das einen Brechungsindex aufweist, der mindestens so groß ist wie der mittlere Brechungsindex der organischen Schichtenfolge 3. Bevorzugt beträgt eine  
15 Brechungsindexdifferenz zwischen der organischen Schichtenfolge 3 und dem Substrat 7 mindestens 0,2 oder mindestens 0,3. Zum Beispiel beträgt der Brechungsindex des Substrats 7 dann zirka 2,1 und der mittlere Brechungsindex der organischen Schichtenfolge 3 zirka 1,8, insbesondere mit  
20 einer Toleranz von jeweils 0,1 oder 0,05.

Die organische Leuchtdiode 10 gemäß Figur 4 ist als Mikroresonator-Leuchtdiode ausgeführt. Sowohl die erste Elektrode 1 als auch die zweite Elektrode 2 sind jeweils aus einem Metall geformt, beispielsweise jeweils aus Silber.  
25 Bevorzugt jedoch weisen die Elektroden 1, 2 voneinander verschiedene Metalle auf oder bestehen aus verschiedenen Metallen. Sowohl an der Außenseite 11 der ersten Elektrode 1 als auch an der Außenseite 12 der zweiten Elektrode 2 befinden sich die Indexschichten 4a, 4b. Optional ist es  
30 möglich, dass die Indexschicht 4a an der ersten Elektrode 1 gleichzeitig den Träger 7 darstellt.

Die Dicken D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> der ersten Elektrode 1 und der zweiten Elektrode 2 sind so einstellbar, dass sowohl die Oberflächenplasmonen und somit eine Plasmonenstrahlung P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> generiert wird, als auch dass die direkt in der 5 aktiven Schicht 3 erzeugte Strahlung R zumindest eine der Elektroden 1, 2 wenigstens zum Teil durchlaufen kann. Hierdurch ist es erzielbar, wie auch in den Ausführungsbeispielen gemäß etwa der Figuren 1 bis 3, dass sowohl an der Vorderseite 6 als auch an der Rückseite 5 der 10 Leuchtdiode 10 nahezu gleich hohe Abstrahlungsintensitäten realisiert werden können.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 5 weist die erste Elektrode 1 entlang einer Haupterstreckungsrichtung eine 15 Dickenvariation mit einer Längenskala L auf. Die Längenskala L liegt hierbei bevorzugt in der Größenordnung der Vakuumwellenlänge der emittierten Plasmonenstrahlung P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>. Beispielsweise zeigt die Dickenvariation einen periodischen, sinusartigen Verlauf auf.

20 Optional kann auch die Indexschicht 4, anders als in Figur 5 dargestellt, eine Dickenvariation aufzeigen. Ebenso ist es möglich, abweichend von der Darstellung in Figur 5, dass die zweite Elektrode 2 eine Dickenvariation aufweist und die von 25 der zweiten Elektrode 2 aus gesehen dem Substrat 7 abgewandten Schichten 3-5 mit einer konstante Dicke vorliegen. Auch kann eine der organischen Schichtenfolge 3 zugewandte Seite des Substrats 7 strukturiert sein, wobei dann bevorzugt die weiteren Schichten 2-5 eine konstante 30 Dicke aufweisen.

Durch die Dickenvariation auf der Längenskala L der Wellenlänge der Plasmonenstrahlung P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> ist eine Art optisches Gitter an der ersten Elektrode 1 erzeugbar.

Hierdurch ist es möglich, eine Winkelabhängigkeit der emittierten Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 einzustellen.

Beispielsweise übersteigt die Intensität der Plasmonenstrahlung P2 die Intensitäten der

5 Plasmonenstrahlungen P1, P3.

Zur Vereinfachung der grafischen Darstellung ist in Figur 5 und in den folgenden Figuren die direkt in der aktiven Schicht 33 erzeugte Strahlung R nicht dargestellt.

10

Gemäß Figur 6 weist die erste Elektrode 1 Löcher 9 auf. Die Löcher 9 durchdringen die erste Elektrode 1 beispielsweise vollständig und können durch einen fotolithografischen Prozess erzeugt sein. Ein Durchmesser der Löcher 9 beträgt

15 beispielsweise zwischen einschließlich 100 nm und 200 nm.

Durch die Löcher 9 in der ersten Elektrode 1 ist ebenfalls eine Art optisches Gitter zur Einstellung der Abstrahlcharakteristik an der Rückseite 5 erzeugbar.

20 In Figur 7 ist illustriert, dass die Indexschicht 4 bevorzugt eine Strukturierung 13 zur Erhöhung der Auskoppeleffizienz der Plasmonenstrahlung P aufweist.

Gemäß Figur 8 umfasst die Indexschicht 4 ein Diffusionsmittel 14 in Form von Streupartikeln. Durch die Streupartikel 14 durchläuft die Plasmonenstrahlung P die Indexschicht 4, wenigstens zum Teil, nicht geradlinig, sondern wird an den Streupartikeln abgelenkt oder reflektiert. Hierdurch ist ebenfalls eine Auskoppeleffizienz der Plasmonenstrahlung P 30 aus der Indexschicht 4 steigerbar.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 9 ist der Indexschicht 4 ein Konversionsmittel 15 beigegeben. Durch Partikel des Konversionsmittels 15 wird zumindest ein Teil der

Plasmonenstrahlung P absorbiert und in eine Sekundärstrahlung S mit einer größeren Wellenlänge umgewandelt. Durch die Verwendung des Konversionsmittels 15 kann eine Abstrahlcharakteristik der emittierten Strahlung P, S 5 homogenisiert, also gleichmäßiger gestaltet werden. Das Konversionsmittel 15 kann derart gewählt sein, dass beispielsweise nur ein blauer und grüner Spektralanteil der Plasmonenstrahlung in die Sekundärstrahlung S umgewandelt wird und etwa ein roter Anteil der Plasmonenstrahlung P 10 unkonvertiert an der Rückseite 5 emittiert wird.

Gemäß Figur 10 zeigt die erste Elektrode 1 eine stufenartige Dickenvariation auf. Durch die Dickenvariation ist es erzielbar, dass an unterschiedlichen Stellen der ersten 15 Elektrode 1 für verschiedene Wellenlängen der Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 unterschiedliche Effizienzen für die Umwandlungen der Oberflächenplasmonen in die Plasmonenstrahlung P1, P2, P3 vorliegen. Durch die Dickenvariation der ersten Elektrode 1 ist hiernach, auch 20 ohne Strukturierung der ersten Elektrode 1 nach Art eines optischen Gitters, eine Beeinflussung und Gestaltung der Abstrahlcharakteristik an der Rückseite 5 ermöglicht.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 11 verläuft die 25 Dickenvariation der ersten Elektrode 1 nicht stufenförmig, wie in Figur 10, sondern rampenartig. Wie auch in Figur 10 ist eine Periodizität der rampenartig gestalteten Dickenvariation bevorzugt größer als die Wellenlänge der Plasmonenstrahlung P1, P2, P3.

30 In Figur 12 ist ein Ausführungsbeispiel der Leuchtdiode 10 dargestellt, bei dem an einer der organischen Schichtenfolge 3 abgewandten Seite der Indexschicht 4 ein Spiegel 8 aufgebracht ist. Über den Spiegel 8 wird die

Plasmonenstrahlung P in Richtung zum Substrat 7 hin reflektiert, sodass sowohl die Plasmonenstrahlung P als auch die direkt in der aktiven Schicht 33 erzeugte Strahlung R über die Vorderseite 6 aus der Leuchtdiode 10 emittiert werden. Bevorzugt weist die Indexschicht 4 hierbei ein in Figur 12 nicht gezeichnetes Streumittel auf. Weiterhin ist es möglich, dass der Spiegel 8 als ein Teil der Indexschicht 4 geformt ist.

10 In Figur 13 ist eine so genannte Kretschmann-Konfiguration dargestellt. Ein Glasprisma 16 ist auf der ersten Elektrode 1 aufgebracht. An einer dem Glasprisma 16 abgewandten Seite der ersten Elektrode 1 ist ferner eine organische Schicht 3 aufgebracht. In das Glasprisma 16 wird eine Strahlung Q einer bestimmten Wellenlänge eingestrahlt. Abhängig von einem 15 Einfallsinkel der Strahlung Q, einer Wellenlänge der Strahlung Q und den Brechungsindizes des Glasprismas 16 sowie der organischen Schicht 3 wird ein bestimmter Anteil der Strahlung Q in die Oberflächenplasmonen +, - umgewandelt. Es 20 ist hierbei möglich, dass die gesamte Strahlung Q in Oberflächenplasmonen +, - umgewandelt wird. Im Vergleich zur organischen Leuchtdiode 10, etwa gemäß den Figuren 1 bis 12, liegt in der Kretschmann-Konfiguration also der umgekehrte Fall vor, es wird die Strahlung Q also in die 25 Oberflächenplasmonen +, - umgewandelt.

In Figur 14 ist schematisch eine Dispersionsrelation der Oberflächenplasmonen +, - gezeigt. Aufgetragen ist hierbei ein Wellenvektor  $k$  in  $m^{-1}$  gegen eine Wellenlänge  $\lambda$  in nm 30 beziehungsweise eine Frequenz  $f$  in Hz. Eine Umwandlung der Strahlung Q in die Oberflächenplasmonen +, - ist bezüglich der Dispersionsrelation nur von einer weiter rechts liegenden Kurve auf eine weiter links liegende Kurve möglich.

Die Kurve a zeigt schematisch die Dispersionsrelation in Luft, die Kurve b die Dispersionsrelation in einem Medium mit Brechungsindex 1,5, die Kurve c die Dispersionsrelation für Oberflächenplasmonen an einer Luft-Silber-Grenzfläche und die

5 Kurve d die Dispersionsrelation für Oberflächenplasmonen an einer Silber-Organik-Grenzfläche, wobei die Organik eine Dicke von zirka 30 nm aufweist.

Der umgekehrte Fall, also die Umwandlung von

10 Oberflächenplasmonen +, - in eine Plasmonenstrahlung P ist hiernach nur dann möglich, wenn der Brechungsindex des Mediums, in dem die Oberflächenplasmonen in die Plasmonenstrahlung P umgewandelt werden, im vorliegenden Fall also der Indexschicht 4, hinreichend groß ist.

15 Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination

20 von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination von Merkmalen selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

25 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldungen 10 2009 023 352.0 und 10 2009 037 185.0, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

## Patentansprüche

1. Organische Leuchtdiode (10) mit
  - einer ersten Elektrode (1), die mit einem Metall gebildet ist, und einer zweiten Elektrode (2),
  - einer organischen Schichtenfolge (3) mit mindestens einer aktiven Schicht (33), wobei sich die organische Schichtenfolge (3) zwischen der ersten (1) und der zweiten Elektrode (2) befindet,
  - einer Strahlung durchlässigen Indexschicht (4), die sich an einer der organischen Schichtenfolge (3) abgewandten Außenseite (11) der ersten Elektrode (1) befindet, und ein mittlerer Brechungsindex der Indexschicht (4) größer als oder gleich einem mittleren Brechungsindex der organischen Schichtenfolge (3) ist, und
  - einer Vorderseite (6) und einer Rückseite (5), wobei die Rückseite (5) der Indexschicht (4) und die Vorderseite (6) der organischen Schichtenfolge (3) zugewandt ist und eine in der Leuchtdiode (10) erzeugte Strahlung (P, R, S) an der Vorderseite (6) und/oder an der Rückseite (5) emittiert wird, wobei mindestens ein Teil einer von der organischen Leuchtdiode (10) erzeugten elektromagnetischen Plasmonenstrahlung (P) die Indexschicht (4) durchläuft.
2. Organische Leuchtdiode (10) nach Anspruch 1, bei der durch mindestens einen Teil einer in der aktiven Schicht (33) erzeugten elektromagnetischen Strahlung zumindest in der ersten Elektrode (1) Oberflächenplasmonen (+, -) angeregt sind, und durch diese Oberflächenplasmonen (+, -) die Plasmonenstrahlung (P) erzeugt ist.

3. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Indexschicht (4) eine mittlere geometrische Dicke (D) von mindestens 100 nm aufweist.

5 4. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die erste Elektrode (1) eine Dicke (T) zwischen einschließlich 25 nm und 65 nm aufweist.

10 5. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der ein mittlerer Abstand (A) zwischen der ersten Elektrode (1) und der aktiven Schicht (33) zwischen einschließlich 15 nm und 80 nm beträgt und/oder bei der eine mittlere geometrische Gesamtdicke (Z) der organischen Schichtenfolge (3) höchstens 150 nm beträgt.

20 6. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine mittlere Abstrahlungsintensität der von der Leuchtdiode (10) erzeugten Strahlung (P, R) an der Rückseite (5) der Leuchtdiode (10) mindestens 5 % einer mittleren Abstrahlungsintensität an der Vorderseite (6) der Leuchtdiode (10) beträgt.

25 7. Organische Leuchtdiode (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der, mit einer Toleranz von 25 Prozentpunkten, die mittlere Abstrahlungsintensität an der Rückseite (5) gleich der mittleren Abstrahlungsintensität an der Vorderseite (6) ist.

8. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei der der mittlere Brechungsindex der Indexschicht (4) mindestens ein 1,1-faches des mittleren Brechungsindexes der organischen Schichtenfolge (3) beträgt.

5

9. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei der die Indexschicht (4) wenigstens zwei Arten alternierend angeordneter Schichten umfasst, wobei wenigstens eine Art der Schichten mit einem transparenten Metalloxid gestaltet ist.

10

10. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei der die Rückseite (5) durch die Indexschicht (4) gebildet ist und bei der die Indexschicht (4) eine Strukturierung (13) zur Erhöhung einer Strahlungsauskopplung der Plasmonenstrahlung (P) aufweist.

15

11. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei der die Indexschicht (4) ein Diffusionsmittel (14) und/oder ein Konversionsmittel (15) beinhaltet.

20

12. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei der sowohl die erste (1) als auch die zweite Elektrode (2) mit einem Metall geformt sind.

25

13. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

bei der die zweite Elektrode (2) mit einem transparenten leitfähigen Oxid geformt ist.

5 14. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei der die erste Elektrode (1) entlang mindestens einer Haupterstreckungsrichtung eine Dickenvariation aufweist, wobei eine Längenskala (L) der Dickenvariation mindestens 300 nm und höchstens 1,5  $\mu$ m beträgt.

15. Organische Leuchtdiode (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 bei der an einer der ersten Elektrode (1) abgewandten Seite der Indexschicht (4) ein Spiegel (8) angebracht ist, der dazu eingerichtet ist, die Plasmonenstrahlung (P) hin zur organischen Schichtenfolge (3) zu reflektieren.

FIG 1

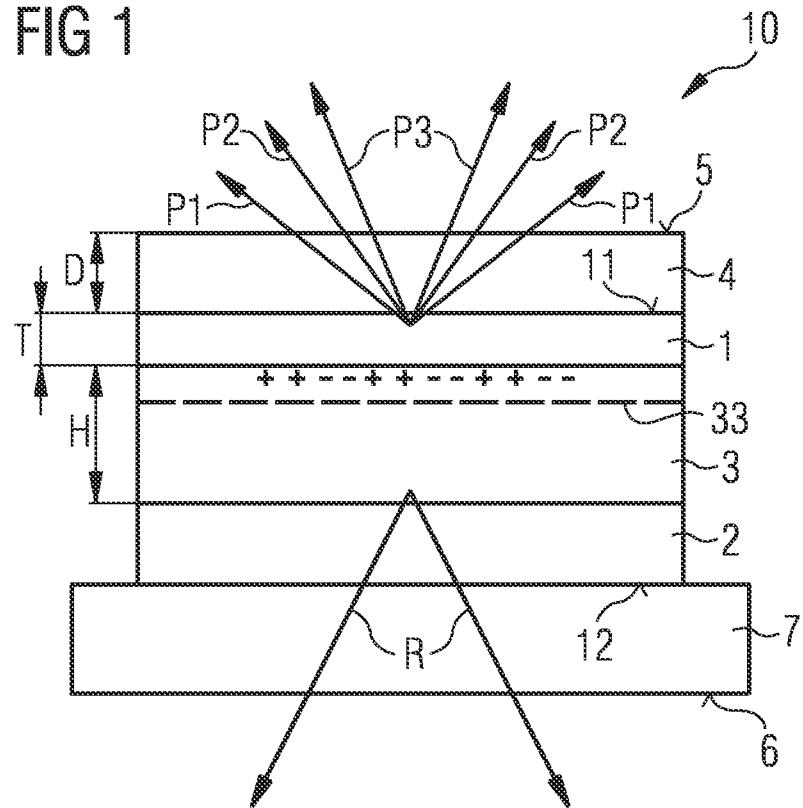


FIG 2

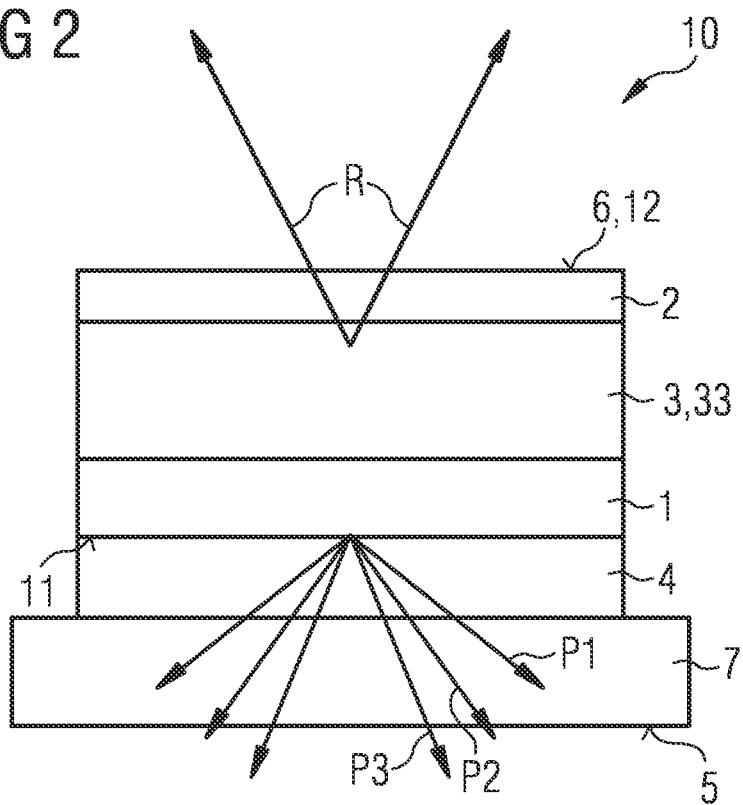


FIG 3

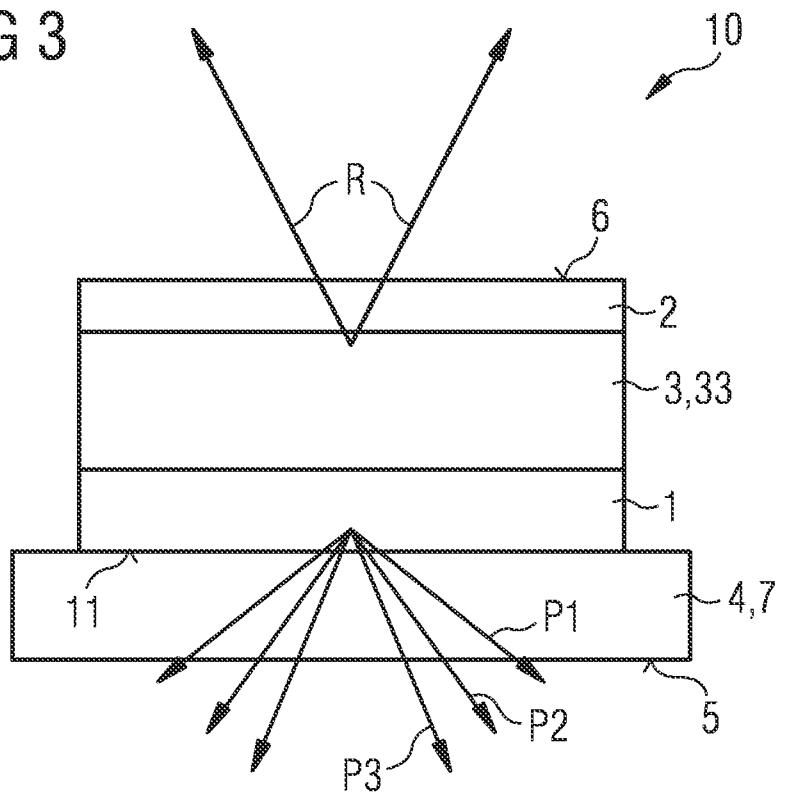


FIG 4

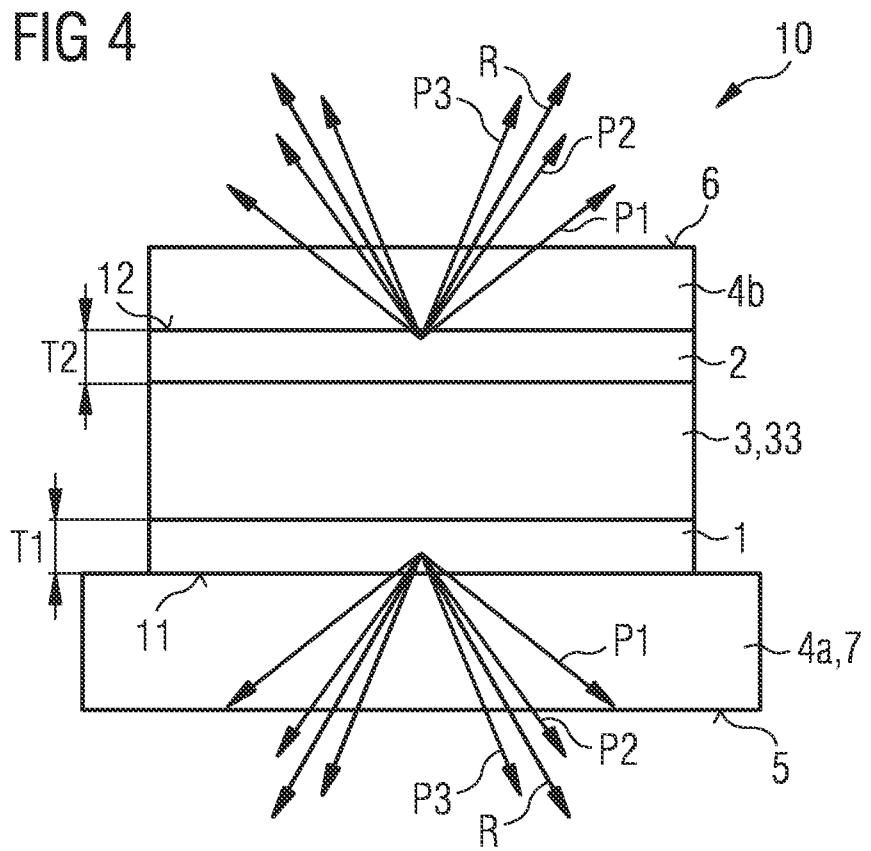


FIG 5

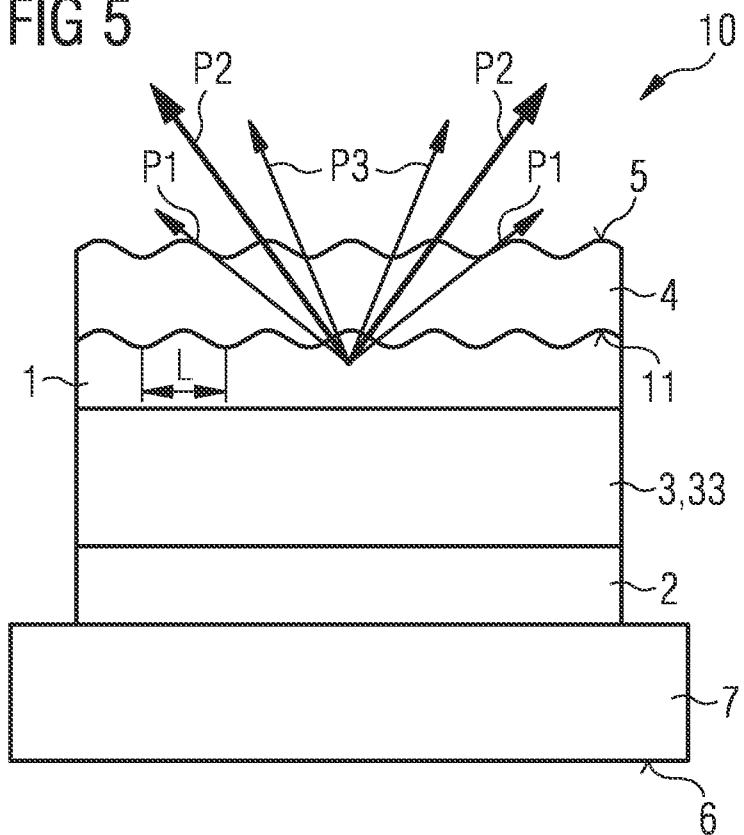


FIG 6

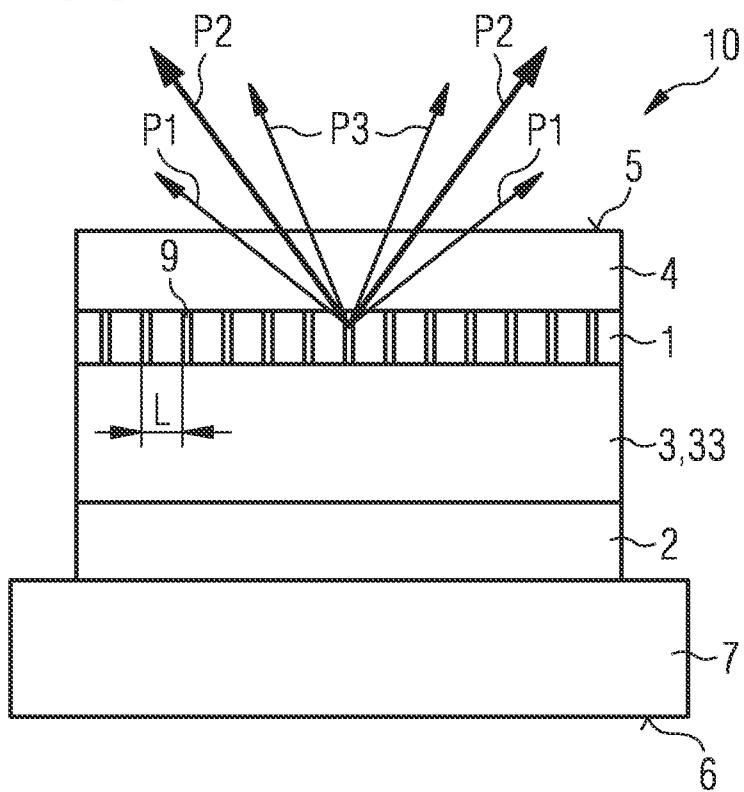


FIG 7

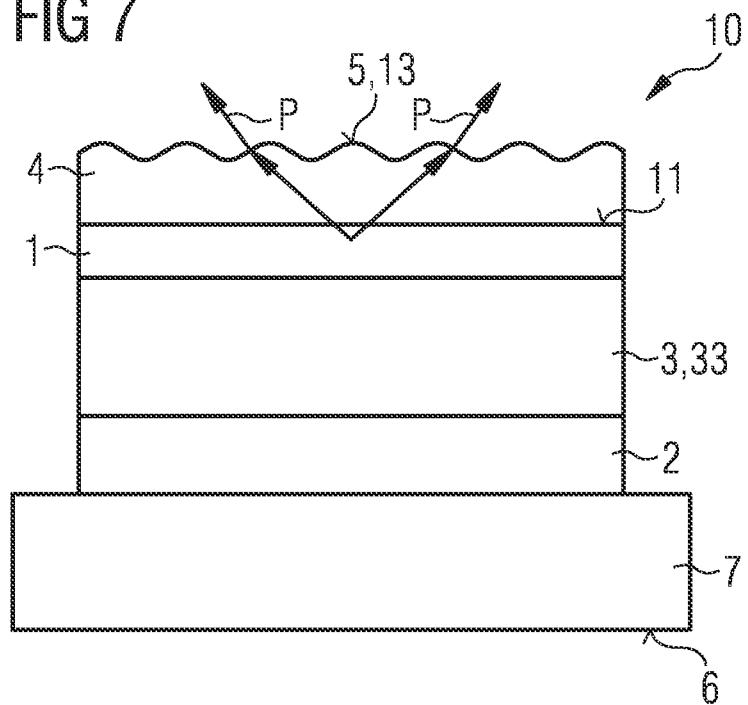


FIG 8

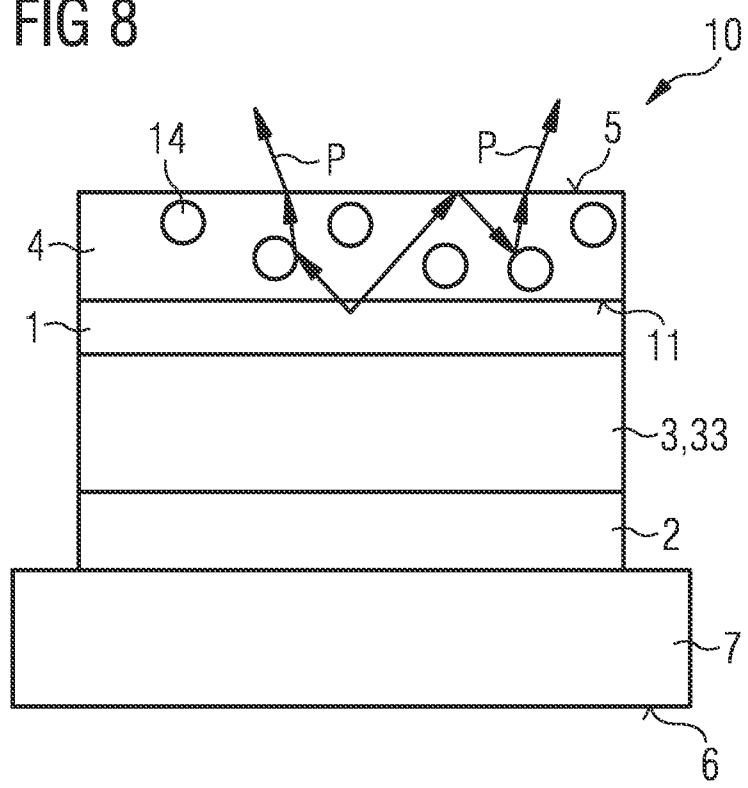


FIG 9

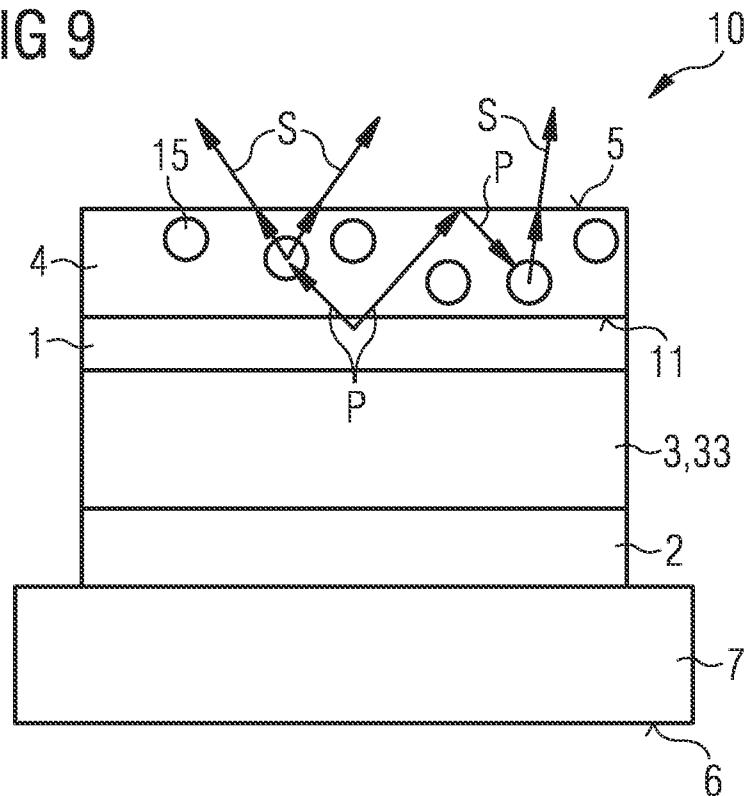


FIG 10

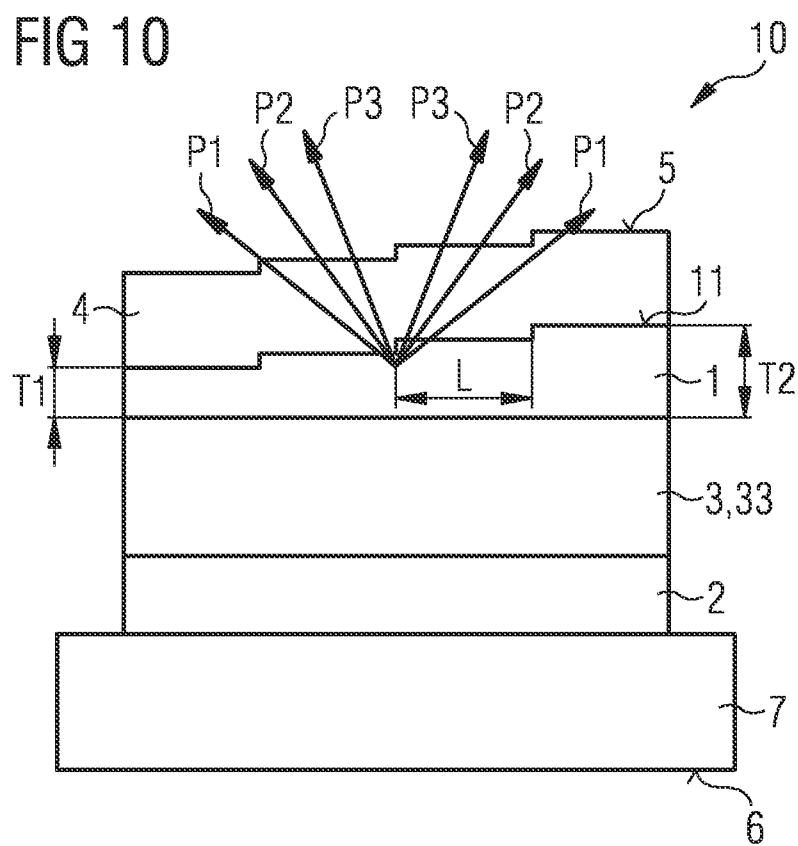


FIG 11

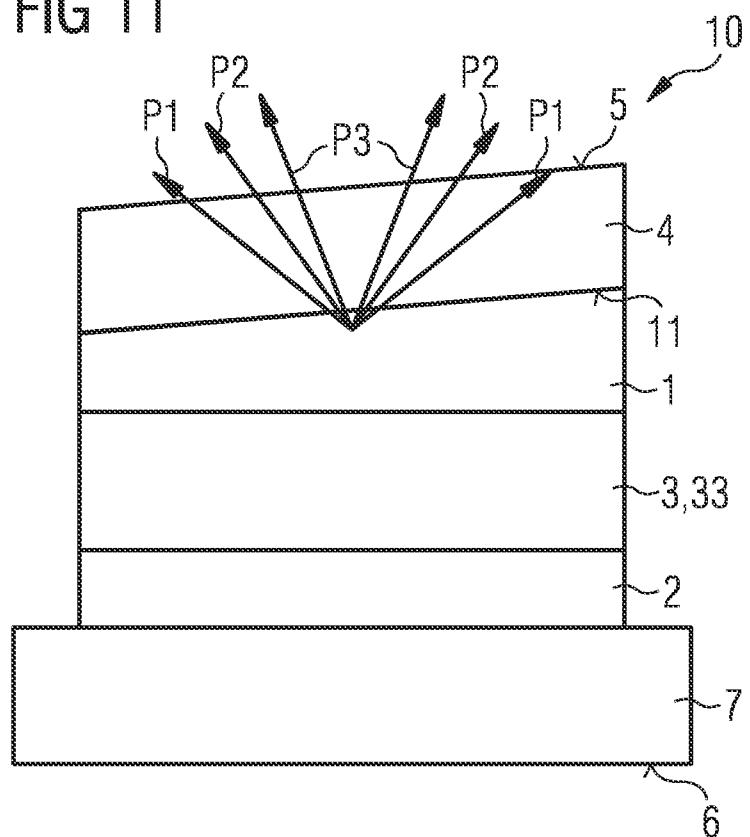


FIG 12

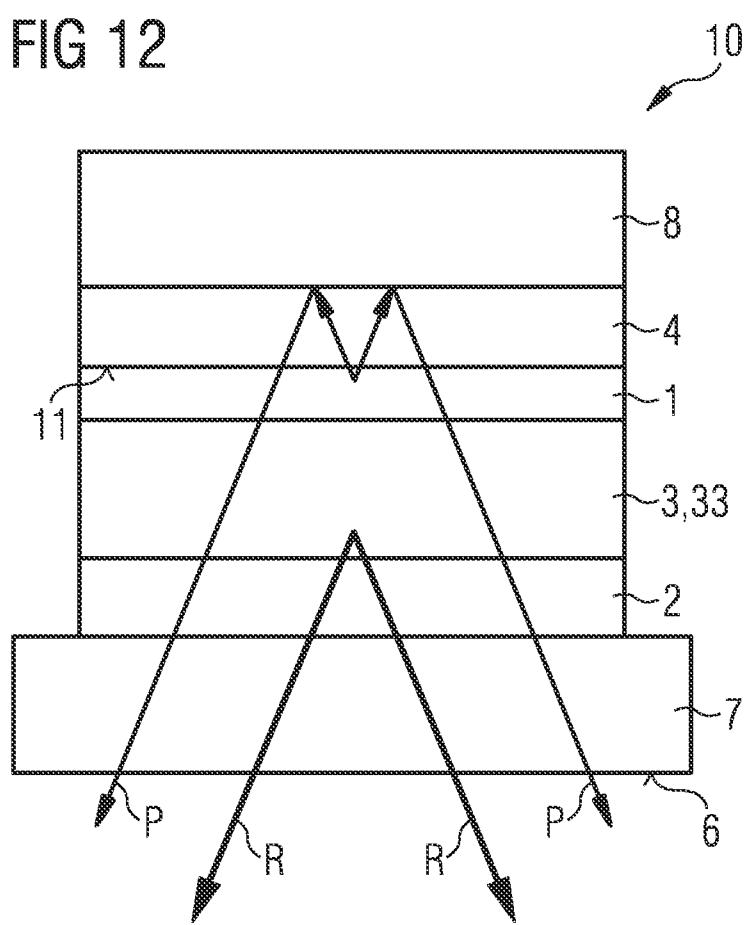


FIG 13

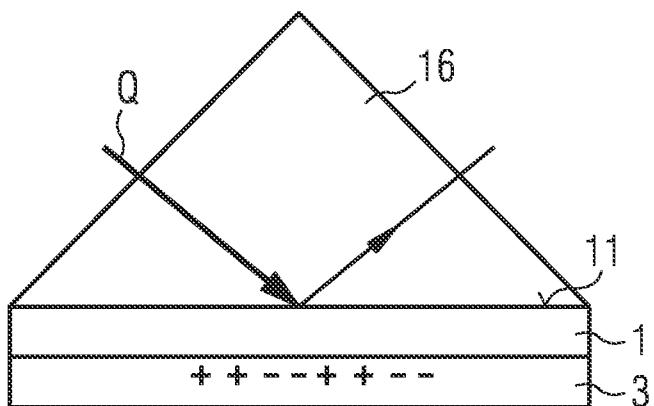
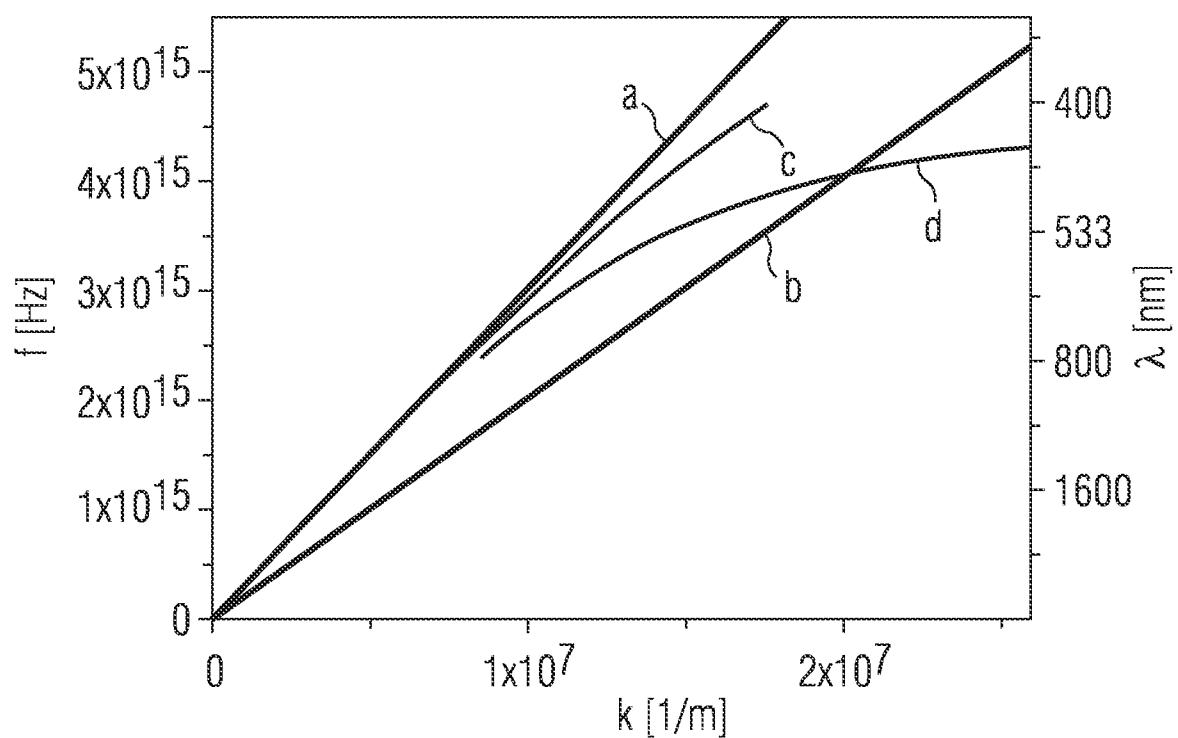


FIG 14



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/057346

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H01L51/52  
ADD.

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H01L

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

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

EPO-Internal, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X, P	DE 10 2008 022830 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 4 June 2009 (2009-06-04) the whole document -----	1-8, 10-13
X	KUN-CHENG TIEN AND CHUNG-CHIH WU DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING ET AL: "P-162: Recycling Surface Plasmon Polaritons of OLED for Tunable Double Emission and Efficiency Enhancement" SID 2007, 2007 SID INTERNATIONAL SYMPOSIUM, SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY, LOS ANGELES, USA, vol. XXXVIII, 20 May 2007 (2007-05-20), pages 806-811, XP007013484 ISSN: 0007-966X the whole document -----	1-8, 11, 13, 15
Y	----- -/-	9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

26 July 2010

30/08/2010

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Persat, Nathalie

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2010/057346
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WEDGE S ET AL: "Coupled surface plasmon-polariton mediated photoluminescence from a top-emitting organic light-emitting structure" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US LNKD- DOI:10.1063/1.1772516, vol. 85, no. 2, 1 January 2004 (2004-01-01), pages 182-184, XP012063335 ISSN: 0003-6951 the whole document -----	1-4, 6-8, 10, 14
Y	LUPTON JOHN M ET AL: "Bragg scattering from periodically microstructured light emitting diodes" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US LNKD- DOI:10.1063/1.1320023, vol. 77, no. 21, 20 November 2000 (2000-11-20), pages 3340-3342, XP012026694 ISSN: 0003-6951 the whole document -----	14
Y	US 2006/103321 A1 (BECHTEL HELMUT [DE] ET AL BECHTEL HELMUT [DE] ET AL) 18 May 2006 (2006-05-18) paragraphs [0009] - [0010]; figure 1 -----	9
A	S. NOWY, N.A. REINKE, J. FRISCHEISEN, W. BRÜTTING: "Light extraction and optical loss mechanisms in organic light-emitting diodes" ORGANIC OPTOELECTRONICS AND PHOTONICS, PROC. OF SPIE, vol. 6999, 16 April 2008 (2008-04-16), pages 1-11, XP002593603 the whole document -----	1-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

## Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2010/057346

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 102008022830 A1	04-06-2009	NONE		
US 2006103321 A1	18-05-2006	AU	2003244953 A1	19-01-2004
		CN	1666354 A	07-09-2005
		DE	10228939 A1	15-01-2004
		EP	1520307 A2	06-04-2005
		WO	2004004421 A2	08-01-2004
		JP	2005531899 T	20-10-2005

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2010/057346

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. H01L51/52  
ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
H01L

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

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

EPO-Internal, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X, P	DE 10 2008 022830 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 4. Juni 2009 (2009-06-04) das ganze Dokument -----	1-8, 10-13
X	KUN-CHENG TIEN AND CHUNG-CHIH WU DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING ET AL: "P-162: Recycling Surface Plasmon Polaritons of OLED for Tunable Double Emission and Efficiency Enhancement" SID 2007, 2007 SID INTERNATIONAL SYMPOSIUM, SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY, LOS ANGELES, USA, Bd. XXXVIII, 20. Mai 2007 (2007-05-20), Seiten 806-811, XP007013484 ISSN: 0007-966X das ganze Dokument -----	1-8, 11, 13, 15
Y	----- -/-	9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Juli 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/08/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL – 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Persat, Nathalie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/057346

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WEDGE S ET AL: "Coupled surface plasmon-polariton mediated photoluminescence from a top-emitting organic light-emitting structure" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US LNKD- DOI:10.1063/1.1772516, Bd. 85, Nr. 2, 1. Januar 2004 (2004-01-01) , Seiten 182-184, XP012063335 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument -----	1-4, 6-8, 10, 14
Y	LUPTON JOHN M ET AL: "Bragg scattering from periodically microstructured light emitting diodes" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US LNKD- DOI:10.1063/1.1320023, Bd. 77, Nr. 21, 20. November 2000 (2000-11-20), Seiten 3340-3342, XP012026694 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument -----	14
Y	US 2006/103321 A1 (BECHTEL HELMUT [DE] ET AL BECHTEL HELMUT [DE] ET AL) 18. Mai 2006 (2006-05-18) Absätze [0009] - [0010]; Abbildung 1 -----	9
A	S. NOWY, N.A. REINKE, J. FRISCHEISEN, W. BRÜTTING: "Light extraction and optical loss mechanisms in organic light-emitting diodes" ORGANIC OPTOELECTRONICS AND PHOTONICS, PROC. OF SPIE, Bd. 6999, 16. April 2008 (2008-04-16), Seiten 1-11, XP002593603 das ganze Dokument -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/057346

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008022830 A1	04-06-2009	KEINE	
US 2006103321 A1	18-05-2006	AU 2003244953 A1	19-01-2004
		CN 1666354 A	07-09-2005
		DE 10228939 A1	15-01-2004
		EP 1520307 A2	06-04-2005
		WO 2004004421 A2	08-01-2004
		JP 2005531899 T	20-10-2005