

(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  
23. Dezember 2010 (23.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/146091 A1**

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/058481

(22) Internationales Anmeldedatum:  
16. Juni 2010 (16.06.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 025 123.5 16. Juni 2009 (16.06.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE). **BAYER MATERIALSCIENCE AG** [DE/DE]; 51368 Leverkusen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRUMMACHER, Benjamin, Claus** [DE/DE]; Am Nordheim 10, 93057 Regensburg (DE). **PUDLEINER, Heinz** [DE/DE]; Bethelstrasse 39, 47800 Krefeld (DE). **MEYER, Klaus** [DE/DE]; Kamillenstrasse 40, 41539 Dormagen (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH** (Zuschluss Nr. 175); 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, 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.

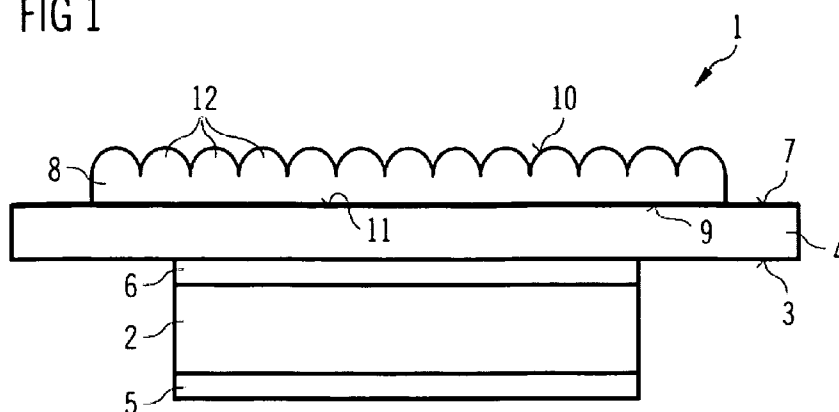
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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).

[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 an organic radiation-emitting functional layer and a radiation ejection layer. The organic radiation-emitting functional layer emits a primary radiation; the radiation ejection layer is arranged in the beam path of the primary radiation. On the side facing away from the radiation-emitting functional layer, the radiation ejection layer has a microstructure having regularly arranged geometric structural elements; at least some areas of the radiation ejection layer contain regions that cause scattering of the primary radiation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Strahlungsemittierende Vorrichtung mit einer organischen Strahlungsemittierenden Funktionsschicht und einer Strahlungsauskopplungsschicht. Die organischen Strahlungsemittierenden Funktionsschicht emittiert eine Primärstrahlung; die Strahlungsauskopplungsschicht ist im Strahlengang der Primärstrahlung angeordnet. Auf der der strahlungsemittierenden Funktionsschicht abgewandten Seite weist die Strahlungsauskopplungsschicht eine Mikrostrukturierung mit regelmässig angeordneten geometrischen Strukturelementen auf; die Strahlungsauskopplungsschicht enthält zumindest in Teilbereichen Regionen, die eine Streuung der Primärstrahlung bewirken.



WO 2010/146091 A1



**Veröffentlicht:**

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

## Beschreibung

### Strahlungsemittierende Vorrichtung

Die Erfindung betrifft eine strahlungsemittierende Vorrichtung mit einer Strahlungsauskopplungsschicht, die eine regelmäßige Mikrostrukturierung aufweist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2009 025 123.5, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Strahlungsemittierende Vorrichtungen, wie beispielsweise O-LEDs (Organic Light Emitting Diodes), weisen üblicherweise ein Lambertsches Abstrahlungsprofil auf. Für Beleuchtungszwecke ist jedoch meist ein davon abweichendes, gerichtetes Abstrahlungsprofil geeigneter.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine strahlungsemittierende Vorrichtung anzugeben, deren Abstrahlungsprofil von dem eines Lambertschen Strahlers abweicht.

Diese Aufgabe wird durch die strahlungsemittierende Vorrichtung gemäß dem Hauptanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Eine erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung umfasst eine zur Strahlungserzeugung ausgebildete aktive Schicht, die im Betrieb eine Primärstrahlung emittiert, und eine auf der aktiven Schicht angeordnete Strahlungsauskopplungsschicht. Die Strahlungsauskopplungsschicht ist hierbei im Strahlengang der von der aktiven Schicht emittierten Primär-

strahlung angeordnet. Die Strahlungsauskopplungsschicht besitzt eine der aktiven Schicht zugewandte Seite und eine der aktiven Schicht abgewandten Seite, wobei die abgewandte Seite eine Mikrostrukturierung mit regelmäßig angeordneten geometrischen Strukturelementen aufweist. Unter regelmäßig angeordnet wird hierbei verstanden, dass entweder das Strukturelement selbst ein oder mehrere Symmetrieelemente (insbesondere Symmetrieebenen) aufweist oder dass eine durch eine Vielzahl von Strukturelementen gebildete Struktur Symmetrieelemente (beispielsweise Parallelverschiebungen) aufweist. Die Strahlungsauskopplungsschicht ist ferner dadurch charakterisiert, dass sie zumindest in Teilbereichen Regionen enthält, die eine Streuung der Strahlung (insbesondere der Primärstrahlung) bewirken.

Die mittels der aktiven Schicht erzeugte Strahlung wird mittels der Streu-Regionen gestreut, wodurch gegenüber einer Vorrichtung ohne entsprechende Streu-Regionen eine homogenere Verteilung der Strahlungsleistung erzielt werden kann. Zudem kann durch Streuereignisse an oder in der Strahlungsauskopplungsschicht der Strahlverlauf der Strahlung gestört werden. Dies führt zu einer Erhöhung der im Betrieb des Bauelements ausgekoppelten Strahlungsleistung. Insbesondere kann ein unerwünschter Strahlenverlauf in der Vorrichtung (der insbesondere in Form von Totalreflexion in der Vorrichtung auftreten kann) gestört werden und die aus der Vorrichtung ausgekoppelte Strahlungsleistung daher erhöht werden.

Durch die Mikrostrukturierung der der aktiven Schicht abgewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht mit regelmäßig angeordneten geometrischen Strukturelementen erfolgt an der Grenzfläche zum Umgebungsmedium eine Brechung der auf die Grenzfläche auftreffenden Strahlung (insbesondere eine Licht-

brechung). Aufgrund der Tatsache, dass eine Totalreflexion der austretenden Strahlung an der Grenzfläche vermindert oder vollständig unterbunden werden kann, besitzt die ausgekoppelte Strahlung zum einen einen verbesserten Wirkungsgrad und zeigt zum anderen keine Lambertsche Abstrahlcharakteristik mehr, wobei insbesondere bei einem Betrachtungswinkel von +45 bis -45 Grad (bezogen auf die Flächennormale der der aktiven Schicht zugewandten Seite bzw. Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht) eine erhöhte Intensität aufweist. Durch geeignete Wahl der geometrischen Strukturelemente kann die Intensität für einen vorgegebenen Betrachtungswinkel oder Winkelbereich optimiert werden. Insbesondere um Intensitätsverluste zu vermeiden, sollte die Strahlungsauskopplungsschicht sowie sämtliche Flächen der der aktiven Schicht zugewandten und der aktiven Schicht abgewandten Seite vollständig transparent sein.

Aufgrund der Tatsache, dass die der aktiven Schicht abgewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht geometrische Strukturelemente aufweist, existieren nur wenige oder gar keine Oberflächenbereiche auf dieser Seite, die zur der aktiven Schicht zugewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht parallele Flächen aufweisen. Hierdurch erfolgt an der Grenzfläche von Strahlungsauskopplungsschicht und Umgebungsmedium eine verstärkte Brechung der ausgekoppelten Strahlung in Richtung des Normalenvektors der der aktiven Schicht zugewandten Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht (bzw. von Betrachterwinkeln, die insbesondere um bis zu 30 oder bis zu 45 Grad hiervon abweichen). Im Vergleich zu Strahlungsauskopplungsschichten mit unregelmäßigen Oberflächenstrukturen haben die erfindungsgemäßen Strahlungsauskopplungsschichten den Vorteil, dass die Oberfläche der strahlungsemittierenden Vorrichtungen etwas weniger matt ist. Die Verwendung einer Strahlungsauskopplungsschicht mit einer Kombination von die Strahlung (ins-

besondere die Primärstrahlung) streuenden Regionen und geometrischen Strukturelementen auf der der aktiven Schicht abgewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht hat ferner den Vorteil, dass die Abhängigkeit der Emissionsfarbe vom Beobachtungswinkel vermindert wird.

Bei Bauelementen ohne die erfindungsgemäße Strahlungsauskopplungsschicht kann durch Totalreflexion an der der aktiven Schicht abgewandten Oberflächenseite des Substrats Strahlung in das Substrat zurückreflektiert werden und beispielsweise an einer nicht erwünschten Fläche, z.B. einer Seitenfläche austreten. Außerdem kann reflektierte Strahlung im Bauelement absorbiert werden. Durch beide Effekte wird die Effizienz des Bauteils verringert, da weniger Strahlungsleistung ausgekoppelt wird.

In der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird an der Grenzfläche zwischen Umgebungsmedium und Strahlungsauskopplungsschicht in das Bauteil rückreflektierte Strahlung an den in der Strahlungsauskopplungsschicht enthaltenen Streupartikeln gestreut, so dass die Strahlung so gelenkt wird, dass ein erhöhter Anteil der Strahlung über die Strahlungsauskopplungsschicht ausgekoppelt werden kann. Hierdurch wird die Auskopplungseffizienz der strahlungsemittierenden Vorrichtung erhöht.

Die Strahlungsauskopplungsschicht kann auch nachträglich auf der strahlungsemittierenden Vorrichtung befestigt werden, so dass es möglich ist nur Teilbereiche einer strahlungsemittierenden Vorrichtung oder nur ausgewählte Vorrichtungen mit der Strahlungsauskopplungsschicht zu versehen. Die Strahlungsauskopplungsschicht kann also bedarfsgemäß vorgesehen werden.

In einer Ausführungsform ist die strahlungsemittierende Vorrichtung eine organische Leuchtdiode, die zur Emission elektromagnetischer Strahlung ausgebildete aktive Schicht aufweist, und bei der die aktive Schicht ein organisches Material aufweist.

Bevorzugt ist die erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung als organisches strahlungsemittierendes Bauelement, insbesondere als organische lichtemittierende Diode (OLED), ausgebildet. Die aktive Schicht ist hierbei üblicherweise mittels einer organischen Schicht gebildet, die ein organisches (halb)leitendes Material enthält oder daraus besteht und zur Emission elektromagnetischer Strahlung ausgebildet ist. Die organische Schicht enthält dabei z.B. ein oder mehrere (halb)leitende Polymere und/oder umfasst mindestens eine Schicht mit einem (halb)leitenden Molekül, insbesondere einem niedermolekularen Molekül ("small molecule").

Eine die erfindungsgemäße Anordnung aufweisende (oder eine vorgefertigte) OLED weist insbesondere Elektroden für die elektrische Kontaktierung und gegebenenfalls auch eine die organische Schicht oder die organischen Schichten schützende Verkapselung auf, welche die organische(n) Schicht(en) insbesondere vor Sauerstoff und Feuchtigkeit schützen kann. Weiterhin ist als organische Schicht zumindest eine Emitterschicht vorhanden. Weiterhin können z.B. auch Lochinjektionsschichten, Lochtransportschichten, Elektronentransportschichten, Barrierschichten und/oder Blockierschichten enthalten sein.

In einer Ausführungsform umfasst die strahlungsemittierende Vorrichtung ein Substrat, auf dem die aktive Schicht (insbesondere die organische Schicht bzw. die organischen Schichten der OLED), angeordnet ist. Auf dem Substrat kann bei der Her-

stellung der Vorrichtung beispielsweise die aktive Schicht, insbesondere der Schichtenstapel aus lichtemittierender Schicht, Elektroden und weiteren Schichten der OLED, aufgebracht werden. Bei einer Ausführung der strahlungsemitierenden Vorrichtung als Bottomemitter (bei der ein transparentes Substrat verwendet wird) wird die Strahlungsauskopplungsschicht üblicherweise auf der von der aktiven Schicht abgewandten Seite des Substrats angeordnet. Durch die hohe mechanische Stabilität des Substrats kann die Strahlungsauskopplungsschicht hierbei durch die dauerhafte Befestigung der Lichtgauskopplungsschicht auf dem Substrat mechanisch stabilisiert werden. Das Substrat kann allerdings auch flexibel ausgebildet sein; beispielsweise kann es in einer Kunststofffolie bestehen.

Das Substrat kann vollflächig oder zumindest im Wesentlichen vollflächig mit der erfindungsgemäßen Strahlungsauskopplungsschicht versehen sein. Üblicherweise ist zumindest der Teil des Substrats mit der Strahlungsauskopplungsschicht versehen, der im Strahlengang (noch nicht reflektierter oder gestreuter) von der aktiven Schicht emittierter Strahlung liegt. Insbesondere überdeckt die Strahlungsauskopplungsschicht zumindest den Bereich des Substrats, der in Fläche, Flächeninhalt und (horizontaler) Position dem der aktiven Schicht entspricht.

In einer Ausführungsform umfassen die Regionen, die eine Brechung oder eine Streuung der Primärstrahlung bewirken, Streupartikel, insbesondere strahlungsdurchlässige Streupartikel. Die Streupartikel können den für die Strahlungsauskopplungsschicht verwendete Matrix problemlos zugesetzt werden; es können sogar wohldefinierte lokale Streuzonen ausgebildet werden. Als Streupartikel sind sowohl anorganische als auch organische



Partikel geeignet; insbesondere sind Polymerpartikel als Streupartikel zu nennen.

Durch die Streupartikel wird der Strahlverlauf von Strahlung (z.B. der Lichtstrahlen) aus der ursprünglichen Richtung (das heißt der Richtung vor dem Streueignis) abgelenkt.

In einer weiteren Ausführungsform umfassen die Regionen, die eine Brechung oder eine Streuung der Primärstrahlung bewirken Hohlräume. Durch diese Hohlräume können in der Matrix der Strahlungsauskopplungsschicht Brechungsindex-Inhomogenitäten ausgebildet werden. Diese Hohlräume können insbesondere gasgefüllt, z.B. luftgefüllt, sein. Hierdurch können besonders hohe Brechungsindexunterschiede ausgebildet werden. Hierbei erfolgt eine Streuung durch Brechung hauptsächlich aufgrund des vergleichsweise hohen Brechungsindexunterschieds zwischen Innenraum und Wandung des Hohlraums.

Die genannten Hohlräume können z.B. auch in Form von Hohlpartikeln vorliegen. Diese Partikel können insbesondere aus strahlungsdurchlässigen polymeren Materialien bestehen, die einen polymerfreien Innenraum umschließen. Im Regelfall unterscheidet sich der Brechungsindex der Polymere der Hohlpartikel von dem Brechungsindex der Matrix, in der die Hohlpartikel vorliegen, deutlich weniger wie sich der Brechungsindex des im Hohlraum enthaltenen Gases von dem der beiden Polymere unterscheidet. Dadurch wird auch in diesen Partikeln die Brechung der auf dem Hohlpartikel auftreffenden Strahlung im Wesentlichen durch den in Partikel enthaltenen Hohlraum erfolgen. Transparente Schichten mit derartigen Hohlräumen bzw. Hohlpartikeln sind beispielsweise in der US 2006/0290272 beschrieben. In einer weiteren Ausführungsform können die Streupartikel einen Kern-Schale-Aufbau aufweisen. Üblicherweise sind diese

Partikel als Vollpartikel ausgebildet. Durch die Verwendung derartiger Partikel kann für das Kernmaterial fast jegliches Material eingesetzt werden, da die Schale aus einem Material ausgebildet sein kann, das sich sowohl mit der Matrix der Strahlungsauskopplungsschicht als auch mit dem Kern verträgt und somit das Problem eines mit der Matrix nicht verträglichen Kernmaterials behoben werden kann. Durch derartige Kern-Schale-Partikel kann die mechanische Stabilität der Strahlungsauskopplungsschicht dann erhöht werden.

In einer Ausführungsform weisen die lichtstreuenden Regionen, insbesondere die lichtstreuenden Partikel, Hohlpartikel und Gaseinschlüsse einen mittleren Durchmesser von 0,5 bis 100  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 2 bis 20  $\mu\text{m}$  auf. In Einzelfällen können aber auch mittlere Durchmesser von bis zu 120  $\mu\text{m}$  vorliegen. Ferner sind auch mittlere Durchmesser von 2  $\mu\text{m}$  bis 30  $\mu\text{m}$  und auch von 2  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$  gut geeignet. Unter mittlerem Durchmesser wird hierbei der mittels Lichtstreuung ermittelte Durchmesser verstanden. Bevorzugt haben zumindest 90 Prozent, besonders bevorzugt mindestens 95 Prozent der lichtstreuenden Regionen einen Durchmesser von mehr als 1  $\mu\text{m}$  und kleiner 120  $\mu\text{m}$ . Derartige Abmessungen verleihen der Strahlungsauskopplungsschicht besonders gute diffusive Eigenschaften, insbesondere für die Streuung von sichtbarem Licht. Für eine OLED haben sich hierbei Durchmesser zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 30  $\mu\text{m}$  als besonders geeignet erwiesen.

In einer weiteren Ausführungsform besitzen die geometrischen Strukturelemente der Strahlungsauskopplungsschicht eine im Wesentlichen gleiche geometrische Form. Eine Mikrostrukturierung mit derartigen Strukturelementen kann dann besonders leicht in der Strahlungsauskopplungsschicht ausgebildet werden. Es ist allerdings auch möglich, dass sich verschiedene geometrische

Strukturelemente abwechseln (z.B. Strukturelemente nach Art eines Kugelsegments und Strukturelemente nach Art eines Segments eines Rotationsellipsoids).

In einer weiteren Ausführungsform haben die geometrischen Strukturelemente der Strahlungsauskopplungsschicht jeweils eine in etwa gleiche Dimension, das heißt, dass das Volumen der Strukturelemente in etwa gleich ist. Als Volumen des Strukturelements wird hierbei der Teil der Strahlungsauskopplungsschicht angesehen, der von der zu der mikrostrukturierten Seite gegenüberliegenden Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht parallelen Ebene und dem auf der Strahlungsauskopplungsschicht ausgebildeten geometrischen Strukturelement eingeschlossen wird. Auf einen derart charakterisierten in der Mikrostrukturierung enthaltenen Körper beziehen sich auch alle nachfolgend angegebenen geometrischen Angaben. Besitzen die geometrischen Strukturelemente eine im Wesentlichen gleiche Dimension, so ist auch hierdurch eine einfache Herstellung der Mikrostrukturierung auf der Strahlungsauskopplungsschicht möglich.

Alternativ können allerdings auch geometrische Strukturelemente mit unterschiedlichen Dimensionen in der Strahlungsauskopplungsschicht vorhanden sein. Beispielsweise können sich zwei Strukturelemente mit unterschiedlichen Volumina abwechseln (wobei z.B. das Volumen des größeren Strukturelements das des kleineren Strukturelements beispielsweise um mindestens 50 Prozent übersteigt, z.B. jeweils bei Strukturelementen in Form eines Segments eines Rotationsellipsoids; derartige Strukturelemente können sich beispielsweise regelmäßig abwechseln - so kann etwa eine Struktur ausgebildet werden, bei der jedes dritte Strukturelement ein größeres Volumen besitzt).

Durch die Wahl geometrischer Strukturelemente verschiedener Dimension und/oder geometrischer Form können für bestimmte Anwendungen unerwünschte Effekte vermindert oder sogar unterbunden werden (z.B. die Überlagerung von Lichtstrahlen nach Art von Beugungsmustern oder Interferenzeffekte z.B. aufgrund periodischer Strukturen, die durch bestimmte Strukturelemente hervorgerufen werden können und Moiré-Effekte).

In einer Ausführungsform werden die geometrischen Strukturelemente ausgewählt aus Strukturelementen nach Art eines Kugelsegments, nach Art eines Segments eines Rotationsellipsoids, nach Art einer Pyramide und nach Art eines Kegels bzw. in Form eines Kugelsegments, in Form eines Segments eines Rotationsellipsoids, in Form einer Pyramide und in Form eines Kegels sowie aus Mischungen dieser Strukturelemente. Als Mischungen der Strukturelemente sind hierbei nicht nur die vorstehend genannten Mischungen von verschiedenen Strukturelementen, die zueinander unterschiedliche geometrische Formen aufweisen zu verstehen, sondern auch Strukturelemente, bei denen (ausgehend von einer zu der mikrostrukturierten Seite gegenüberliegenden Seite parallelen Basisfläche) z.B. eine Pyramide in ein Kugelsegment übergeht oder bei dem ein Segment eines Rotationsellipsoids in einen Kegel übergeht. Denkbar ist z.B. auch, dass das geometrische Strukturelement die Basis einer Pyramide aufweist, im mittleren Bereich die Oberfläche eines Rotationsellipsoids besitzt und an der Spitze eine Kegelspitze aufweist. Unter Strukturelementen "nach Art eines ..." sind also insbesondere Strukturelemente zu verstehen, bei denen nach flüchtiger Betrachtung der Eindruck eines Kugelsegments, eines Rotationsellipsoid-Segments, einer Pyramide oder eines Kegels vorherrscht, bei dem aber auch anders geartete Flächen, insbesondere andere der vorstehend genannten geometrischen Körper enthalten sein können.

Die vorstehend genannten geometrischen Körper können dabei nicht nur hochsymmetrische Basisflächen aufweisen. Beispielsweise kann der Kegel oder das Rotationsellipsoid-Segment eine kreisförmige oder eine ellipsoide Basisfläche besitzen. Die Pyramide kann insbesondere eine reguläre Pyramide sein. Weiterhin können die Pyramiden auch rechteckige oder trapezförmige Basisflächen haben.

In einer Ausführungsform weisen die geometrischen Strukturelemente eine oder mehrere Symmetrieebenen (d.h. Spiegelebenen) auf. Hierbei sind die Symmetrieebenen gemeint, die auf der durch die der mikrostrukturierten Seite gegenüberliegenden Seite der Strahlungsauskopplungsschicht gebildeten Ebene (und den hierzu parallelen Ebenen die die Basisflächen der Symmetrieelemente bilden) senkrecht stehen. Bevorzugt weisen die geometrischen Strukturelemente mindestens zwei, üblicherweise sogar mindestens drei oder sogar mindestens vier derartige Symmetrieebenen auf. Eine Mikrostrukturierung mit derartigen Strukturelementen kann besonders einfach hergestellt werden.

In einer Ausgestaltungsform besitzt das geometrische Strukturelement nicht ausschließlich ebene sondern auch gekrümmte Außenflächen (das heißt Flächen, die Grenzflächen mit dem umgebenden Medium bilden).

In einer weiteren Ausführungsform besitzt das geometrische Strukturelement eine Form, die nur angenähert der eines Kugelsegments entspricht (eine derartige Form ist z.B. die Form optischer Linsen). Derartige Strukturelemente besitzen im Bereich der „optischen Achse“ Flächensegmente, die nahezu parallel zur Grundfläche des Körpers verlaufen und in denen daher das Lichtbrechungsverhalten dem einer ebenen Fläche ähnelt. Die Effizienz der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden

Vorrichtung kann weiter optimiert werden, wenn die geometrischen Strukturelemente im Bereich der „optischen Achse“ des Strukturelements eine stärkere Krümmung besitzen oder eine Art Kegelspitze aufweisen.

In einer weiteren Ausführungsform haben die geometrischen Strukturelemente folgende Form: Alle oder zumindest die Mehrheit der auf der Außenfläche des Strukturelements vom Maximum des Strukturelements (das insbesondere auf der „optischen Achse“ des Strukturelements liegt) verlaufenden ebenen Kurven besitzen im Bereich des Maximums des Strukturelements eine stärkere Krümmung als im Bereich der Basis des Strukturelements. Hierbei sind als ebene Kurven die Kurven gemeint, die auf der Außenfläche des geometrischen Strukturelements verlaufen wie vom Pol zum Äquator verlaufende Längengrade eines Globus. Insbesondere weisen alle diese ebenen Kurven im oberen Drittel der Kurve nur Krümmungen auf, die größer sind als die Krümmungen im unteren Drittel. Die Krümmungen im mittleren Drittel liegen im Regelfall zwischen diesen Krümmungen.

Wie vorstehend geschildert, haben derartige geometrische Strukturelemente den Vorteil, dass Bereiche mit für bestimmte Anwendungszwecke eher ungünstigen Lichtbrechungsverhalten (da sie größere Bereiche aufweisen, die im Wesentlichen parallel zur Basisfläche des geometrischen Körpers verlaufen) minimiert werden. Außerdem lassen sich diese Strukturelemente relativ einfach in eine Polymerschmelze abprägen. Aufgrund der abgerundeten Spitze sind sie unempfindlich gegenüber Abrieb durch weitere aufgelegte Folien. Dagegen sind Strahlungsauskopplungsschichten mit unregelmäßigen Oberflächenstrukturen oder mit Strukturelementen nach Art eines Prismas gegen Abrieb empfindlich.

In einer Ausführungsform besitzen die geometrischen Strukturelemente der mikrostrukturierten Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht eine Grundfläche, die ein Polygon ist. Unter einem Polygon wird hierbei das mathematisch korrekt beschriebene nicht überschlagene, konvexe, einfache, planare Polygon verstanden. Insbesondere sind hierbei regelmäßige Vielecke zu nennen (bei denen alle Kanten der Grundfläche gleich lang sind). Durch die Verwendung von geometrischen Strukturelementen mit derartigen Basisflächen kann die der aktiven Schicht abgewandte Seite der Strahlungsauskopplungsschicht vollständig (d.h. vollflächig) mit den geometrischen Strukturelementen versehen sein; es bleiben also anders als bei der Anordnung von Kugelsegmenten oder Kegeln keine ebenen Flächen zwischen den einzelnen Strukturelementen bestehen. Dies hat den bereits vorstehend beschriebenen Vorteil, dass für verschiedene Anwendungen unerwünschte Brechungen der Strahlen an der Grenzfläche zwischen Strahlungsauskopplungsschicht und Umgebungsmedium vermieden werden können und auch die eher unerwünschte Totalreflexion an derartigen Flächen nicht stattfinden kann. Eine vollständige Flächenausfüllung mit geometrischen Strukturelementen kann beispielsweise erfolgen, wenn die Basisflächen der Strukturelemente jeweils lauter gleichartige Dreiecke, Vierecke oder Sechsecke sind, wobei hierbei insbesondere die Polygone mit gleichen Seitenlängen und gleichen Innenwinkeln zu nennen sind. Denkbar ist aber auch die Verwendung unterschiedlicher Polygone (z.B. Quadrate neben Rauten oder Achtecke neben Quadraten).

In einer weiteren Ausführungsform ist die Mikrostrukturierung der Strahlungsauskopplungsschicht derart ausgebildet, dass sie mittels einer Metallwalze in eine Oberfläche der (noch nicht strukturierten) Strahlungsauskopplungsschicht einprägbare ist. Es ist dann möglich, die Mikrostrukturierungen besonders

leicht und unproblematisch in die (noch nicht strukturierte) Strahlungsauskopplungsschicht einzuprägen. Die Negative der Strukturelemente können dabei beispielsweise mittels Diamant in die Metallwalze eingeschnitten werden. Das Einprägen in die (nicht strukturierte) Strahlungsauskopplungsschicht kann dann erfolgen, in dem das für die Strahlungsauskopplungsschicht verwendete polymere Material nach dem Einprägen der Struktur so rasch abgekühlt wird, dass die Struktur auf der Oberfläche fixiert wird. Alternativ kann das Fixieren der Struktur auch mittels fotochemischer Prozesse erfolgen, die ein Verfließen der eingepägten Struktur verhindern. Verfahren und Vorrichtungen zu einer derartigen Einprägung der Mikrostrukturierung in die Oberfläche der Strahlungsauskopplungsschicht sind in der US 2007/0126148 und der US 2007/0126145 beschrieben, auf diese Schriften wird diesbezüglich vollumfänglich Bezug genommen.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Mikrostrukturierung der Strahlungsauskopplungsschicht derart ausgebildet, dass die Maxima zueinander benachbarter geometrischer Strukturelemente einen Abstand von 30 bis 500  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 100 bis 250  $\mu\text{m}$ , beispielsweise von 100 bis 170  $\mu\text{m}$ , besitzen. Besitzen die Strukturelemente mehrere Maxima (was allerdings nicht der Regelfall ist) so tritt für die vorstehende Definition an die Stelle des Maximums der Schwerpunkt des Strukturelements. Unter benachbarten Strukturelementen werden hierbei nur die jeweils direkten Nachbarn verstanden, insbesondere Strukturelemente, die gemeinsame Kanten haben oder deren Basisflächen sich berühren. Anders ausgedrückt ist bei Mikrostrukturierungen mit genau einem Typ von geometrischen Strukturelementen und mit vollkommen symmetrischer Anordnung der Strukturelemente auf der Strahlungsauskopplungsseite der Strahlungsauskopplungsschicht der Abstand der Maxima die Wiederholungseinheit.



Eine Strahlungsauskopplungsschicht mit einer derart ausgebildeten Mikrostrukturierung ist besonders einfach - z.B. mittels einer Metallwalze - in die (noch nicht strukturierte) Strahlungsauskopplungsschicht einprägbare. Besonders präzise geometrische Strukturelemente werden erhalten, wenn die Maxima 20 µm oder mehr voneinander entfernt sind.

In einer weiteren Ausführungsform weisen der Durchmesser der Basis des Strukturelements und die Höhe des Strukturelements (gemessen zwischen Basisfläche und Maximum) ein Verhältnis Basisdurchmesser : Höhe von etwa 1 : 1 bis 3 : 1, insbesondere von 1,5 : 1 bis 2,5 : 1 auf. Alternativ oder zusätzlich sind die geometrischen Strukturelemente dann so ausgebildet, dass im Bereich des Sockels des Strukturelements das Strukturelement mit der Basisfläche einen Winkel von etwa 50 bis 70 Grad, insbesondere 55 bis 65 Grad einschließt. Präziser ausgedrückt weist die Strahlungsauskopplungsseite des Strukturelements an der mit der Basisfläche gebildeten Kante eine (in Richtung des Maximums ausgerichtete) Tangente auf, die mit der Basisfläche den vorstehend genannten Winkel einschließt.

Strukturelemente, die dieser Ausführungsform entsprechen, sind nicht nur einfach (z.B. mittels des vorstehend beschriebenen Prägeverfahrens) herstellbar; sie besitzen auch eine Struktur, die eine besonders effiziente Strahlungsauskopplung gewährleistet. Strahlen die in einem Beobachtungswinkel von etwa -40 bis +40 Grad ausgetreten sind (bezogen auf die oben definierte Flächennormale) können dann im Regelfall (sobald sie ausgekoppelt sind) nicht mehr auf die Außenfläche eines benachbarten Strukturelements auftreffen. Die Effizienz der strahlungsemitierenden Vorrichtung kann hierdurch also weiter verbessert werden.

In einer weiteren Ausführungsform weist die Strahlungsauskopplungsschicht der strahlungsemittierenden Vorrichtung neben Regionen, die eine Streuung der Primärstrahlung bewirken, eine transparente Matrix auf. Insbesondere umfasst die Strahlungsauskopplungsschicht eine Matrix, in der Streupartikel, Hohlpartikel oder Hohlräume vorliegen. Die Matrix kann insbesondere aus einem transparenten Polymer, beispielsweise einem Polycarbonat bestehen oder dieses umfassen.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Strahlungsauskopplungsschicht an die restliche strahlungsemittierende Vorrichtung brechungsindexangepasst. Der Strahlungsaustritt aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung in die Strahlungsauskopplungsschicht wird so erleichtert und die Reflexionsverluste an Grenzfläche(n) zur Strahlungsauskopplungsschicht werden gemindert. Für die Brechungsindexanpassung weicht der Brechungsindex der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. für den Fall, dass Streuzonen ausgebildet sind, derjenige des Matrixmaterials bevorzugt um zwanzig Prozent oder weniger, besonders bevorzugt um zehn Prozent oder weniger von dem des angrenzenden Elements der erfindungsgemäßen Vorrichtung (also insbesondere dem Brechungsindex des Substrats) ab. Zur Brechungsindexanpassung an ein Glassubstrat ist beispielsweise ein Polycarbonat für die Strahlungsauskopplungsschicht besonders geeignet.

Alternativ oder ergänzend kann ein Brechungsindexanpassungsmaterial, z.B. ein optisches Gel für die Brechungsindexanpassung, eingesetzt werden, das zwischen der Strahlungsauskopplungsschicht und dem Substrat angeordnet ist. Dieses Material mindert dann den Brechungsindexsprung zwischen Substrat und Strahlungsauskopplungsschicht.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Strahlungsauskopplungsschicht auf der darunter liegenden Schicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung befestigt, insbesondere stoffschlüssig befestigt. Beispielsweise kann die Strahlungsauskopplungsschicht mittels eines Haftvermittlers auf einem darunter liegenden Substrat der erfindungsgemäßen Vorrichtung befestigt sein, beispielsweise auflaminiert sein. Der Haftvermittler kann hierbei gleichzeitig als Brechungsindexanpassungsmaterial dienen.

In einer weiteren Ausführungsform weist die Strahlungsauskopplungsschicht eine Dicke von mindestens 10  $\mu\text{m}$  auf. Insbesondere kann die Strahlungsauskopplungsschicht eine Dicke von 25  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$ , üblicherweise von 50  $\mu\text{m}$  bis 300  $\mu\text{m}$  sein. Häufig weist die Strahlungsauskopplungsschicht eine Dicke größer 70  $\mu\text{m}$  auf.

Die Strahlungsauskopplungsschicht kann einstückig sein; sie kann allerdings auch aus einem Schichtverbund bestehen. Insbesondere kann die Strahlungsauskopplungsschicht zwei Teilschichten umfassen, wobei in einer Schicht Regionen enthalten sind, die eine Streuung von Strahlung bewirken bzw. diese Schicht vollständig aus solchen Regionen besteht, wobei die Teilschicht insbesondere eine Matrix mit homogenen (also statistisch) darin verteilten Streupartikeln, Hohlpartikeln oder Gaseinschlüssen ist und die andere Teilschicht keine derartigen Bereiche bzw. Partikel oder Gaseinschlüsse aufweist. Im Regelfall wird ein derartiger zweischichtiger Aufbau die Teilschicht ohne lichtbrechende oder lichtstreuende Regionen auf der Strahlungsauskopplungsseite also im Bereich der geometrischen Strukturelemente aufweisen und die Teilschicht mit lichtstreuenden Regionen zwischen dieser Schicht und einem beispielsweise darunter angeordneten Substrat aufweisen.

Eine derartige zwei- oder mehrschichtige Strahlungsauskopplungsschicht kann beispielsweise mittels Coextrusion hergestellt werden, wobei die mindestens zwei Teilschichten durch mindestens zwei Extruder erzeugt werden, wobei die jeweiligen Kunststoffschmelzen in der Düsenlippe zusammengeführt werden.

In einer weiteren Ausführungsform kann die Strahlungsauskopplungsschicht auch aus zwei Teilschichten bestehen, bei denen die Teilschicht auf der Strahlungsauskopplungsseite aus einem Material gebildet ist, das sich besonders gut für ein Prägeverfahren (wie z.B. oben beschrieben) eignet. Die auf der Strahlungsauskopplungsseite vorliegende Teilschicht kann lichtstreuende Regionen enthalten, im Regelfall werden aber keine derartigen Regionen vorliegen. Die darunter liegende, der aktiven Schicht zugewandte Teilschicht wird im Regelfall aus einem Material bestehen, in das besonders gut die lichtbrechenden bzw. lichtstreuenden Regionen eingebracht werden können. Häufig wird dieses Material auch brechungsindexangepasst an die darunter liegende Schicht sein, insbesondere an das Substrat der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Um eine besonders gute Prägbarkeit zu gewährleisten, kann die auf der Strahlungsauskopplungsseite vorliegende Teilschicht aus einem Material mit einer relativen Lösungsviskosität von 1,1 bis 1,4 insbesondere 1,15 bis 1,3, gemessen mittels eines Ubbelohde-Viskosimeters bestehen. Alternativ oder zusätzlich kann das Material einen MVR-Wert (300°C, 1,2 kg) von 1 bis 100 cm<sup>3</sup>/10 min, bevorzugt 3 bis 80 cm<sup>3</sup>/10 min, gemessen mittels der ISO-Norm 1133 bestehen. Materialien die diesen Vorgaben genügen sind beispielsweise PMMA (Polymethylmethacrylat) oder bestimmte Polycarbonate (z.B. Makrolon OD 2015, Bayer Material Science AG). Teilschichten aus derartigen Materialien lassen

sich häufig mit einer weiteren (nicht geprägten) Teilschicht aus anderen Materialien problemlos coextrudieren. Beispielsweise weisen zwei Teilschichten aus Polycarbonat bzw. aus PMMA eine exzellente Haftung aufeinander auf.

Mögliche weitere transparente Polymere, die hierfür eingesetzt werden können sind folgende thermoplastischen Kunststoffe: amorphe Polyamide, Polycarbonate oder Copolycarbonate auf Basis von Diphenolen, Poly- oder Copolyacrylate und Poly- oder Copolymethacrylate wie beispielhaft und vorzugsweise Polymethylmethacrylat (PMMA), Poly- oder Copolymere mit Styrol wie beispielhaft und vorzugsweise Polystyrol (PS) oder Polystyrolacrylnitril (SAN), thermoplastische Polyurethane, sowie Polyolefine, wie beispielhaft und vorzugsweise Polypropylentypen oder Polyolefine auf der Basis von cyclischen Olefinen (z.B. TOPAS®, Hoechst), Poly- oder Copolykondensate der Terephthalsäure, wie beispielhaft und vorzugsweise Poly- oder Copolyethylterephthalat (PET oder CoPET), glycol-modifiziertes PET (PETG), glycol-modifiziertes Poly- oder Copolycyclohexandimethylterephthalat (PCTG) oder Poly- oder Copolybutylterephthalat (PBT oder CoPBT), Poly- oder Copolykondensate der Naphthalindicarbonsäure, wie beispielhaft und vorzugsweise Polyethylenglykol-naphthalat (PEN), Poly- oder Copolykondensat(e) wenigstens einer Cycloalkyldicarbonsäure, wie beispielhaft und vorzugsweise Polycyclohexandimethanolcyclohexandicarbonsäure (PCCD), Polysulfone (PSU) oder Mischungen aus den vorangehend genannten.

Für Ausführungsformen, bei denen eine Beabstandung der beiden Teilschichten erwünscht ist, kommen insbesondere folgende Materialkombinationen in Frage, bei denen die beiden Teilschichten eine relativ niedrige Haftkraft aufweisen: Polycarbo-

nat/cyclische Olefine, Polycarbonat/amorphe Polyamide, Polycarbonat/ Poly- oder Copolyethylenterephthalat (PET).

In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Strahlungsauskopplungsschicht zumindest zwei voneinander beabstandete Teilschichten, wobei zwischen den Teilschichten ein Medium vorliegt, das einen geringeren Brechungsindex aufweist, als die zwei daran angrenzenden Teilschichten. Insbesondere sollte der Brechungsindex des Mediums mindestens fünfzehn Prozent niedriger sein als der Brechungsindex der Teilschicht mit dem niedrigeren Brechungsindex. Die an dieses Trennmedium angrenzenden Grenzflächen der beiden genannten Teilschichten verlaufen dabei im Wesentlichen parallel zueinander; üblicherweise verlaufen diese Grenzflächen auch im Wesentlichen parallel zur der strahlungsemittierenden Funktionsschicht zugewandten Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht (die ihrerseits zumeist im Wesentlichen parallel zu der Strahlungsauskopplungsschicht zugewandten Oberfläche des Substrats oder einer anderen Schicht verläuft, auf der die Strahlungsauskopplungsschicht direkt aufgebracht ist). Häufig wird bei einer derartigen Ausgestaltung die Teilschicht, die die geometrischen Strukturelemente enthält, keine Regionen enthalten, in denen eine Lichtbrechung erfolgt; allerdings kann es z.B. aus produktionstechnischen Gründen sinnvoll sein, beide Teilschichten aus demselben Material auszuführen, so dass in beiden Teilschichten derartige Regionen vorliegen können. Weiterhin können die beiden Teilschichten dieser Ausführungsform aus unterschiedlichen oder gleichen Matrixmaterialien bzw. Gemischen von Matrixmaterialien bestehen (die gegebenenfalls die Regionen, in denen eine Lichtbrechung oder Lichtstreuung erfolgt enthalten). Unterschiedliche Materialien können insbesondere dann sinnvoll sein, wenn - wie vorstehend bereits ausgeführt produktionstechnische Aspekte bezüglich der Herstellung der geometrischen

Strukturelemente oder das Erfordernis angepasster Brechungsindizes eine Rolle spielen.

Eine derartige Ausführungsform hat den Vorteil, dass Strahlen, die auf die Grenzfläche zwischen der der aktiven Schicht näher gelegenen Teilschicht und dem Beabstandungsmedium in einem flachen Winkel auftreffen durch Totalreflexion in diese Teilschicht (die auch die lichtstreuenden Regionen enthält) zurückreflektiert wird. In die Teilschicht, die die Mikrostrukturierung aufweist, treten daher nur Strahlen ein, die einen relativ großen Winkel mit der Grenzfläche zum Beabstandungsmedium einschließen. Dies führt wiederum dazu, dass der Anteil der Strahlen erhöht werden kann, die in Richtung der Flächennormalen zu dieser Grenzfläche bzw. in Beobachtungswinkeln zwischen  $-45$  und  $+45$  Grad, insbesondere  $-30$  und  $+30$  Grad, abgestrahlt werden. Der Anteil der in Richtung der Flächennormalen bzw. in Beobachtungswinkeln zwischen  $-45$  und  $+45$  Grad, insbesondere  $-30$  und  $+30$  Grad, ausgekoppelten Strahlung kann nochmals erhöht werden, wenn die vorstehend spezifisch genannten geometrischen Strukturelemente als Mikrostrukturierung vorgesehen sind, insbesondere wenn die Strahlungsauskopplungsseite der Strahlungsauskopplungsschicht vollflächig mit Strukturelementen versehen ist und/oder geometrische Strukturelemente Verwendung finden, deren Oberfläche wie vorstehend beschrieben unterschiedliche Krümmungen aufweist.

Das Brechungsmedium zwischen den beabstandeten Teilflächen kann eine Flüssigkeit oder ein Gas sein. Als Gas ist insbesondere Luft, Stickstoff oder ein Edelgas zu nennen. Um möglichst effektiv eine Totalreflexion von Strahlen, die in niedrigen Winkeln auf die Grenzfläche zum Beabstandungsmedium auftreffen einstellen zu können, sollte der Brechungsindex der der aktiven Schicht näher liegenden Teilschicht möglichst hoch sein.

Der Brechungsindex sollte insbesondere größer oder gleich 1,4, bevorzugt größer oder gleich 1,48 und besonders bevorzugt größer oder gleich 1,55 sein. Die Matrix dieser Teilschicht kann beispielsweise aus Polycarbonat bestehen oder dieses enthalten. Auch die die Mikrostrukturierung enthaltende Teilschicht sollte einen möglichst hohen Brechungsindex aufweisen; allerdings sollte diese Schicht auch aus einem Material ausgeführt sein, in das besonders gut eine Mikrostrukturierung einbringbar ist. Diese Schicht kann beispielsweise aus PMMA bestehen oder dieses enthalten.

Strahlung die an der Grenzfläche zwischen der der aktiven Schicht näher liegenden Teilschicht und dem Beabstandungsmedium totalreflektiert wird, kann durch Streuung in den lichtstreuenden Regionen wieder in Richtung dieser Grenzfläche umgelenkt werden, so lange bis keine Totalreflexion mehr stattfindet und die Strahlung in einem relativ steilen Winkel auf die Grenzfläche auftrifft. Hierdurch kann die in Richtung der Flächennormalen bzw. in Beobachtungswinkeln zwischen -45 und +45 Grad, insbesondere -30 und +30 Grad, aus der Strahlungsauskopplungsschicht ausgekoppelte Strahlung deutlich erhöht werden.

Der Abstand zwischen den beiden beabstandeten Teilschichten der Strahlungsauskopplungsschicht ist üblicherweise maximal 50  $\mu\text{m}$ ; meist ist der Abstand auch zumindest 0,5  $\mu\text{m}$ . Um die Dicke der strahlungsemittierenden Vorrichtung gering zu halten sind möglichst kleine Abstände sinnvoll. Ferner ist bei geringeren Abständen im Regelfall eine besserer Zusammenhalt der gesamten Vorrichtung und insbesondere der beiden Teilschichten und damit eine verbesserte mechanische Stabilität zu verzeichnen.



Eine Beabstandung der beiden Teilschichten der lichtauskopplenden Schicht kann beispielsweise erfolgen, in dem in regelmäßigen (oder auch unregelmäßigen) Abständen auf der ersten Teilschicht punktförmige Tropfen eines Klebstoffs (insbesondere eines transparenten Klebstoffs) aufgebracht werden und über diese Klebstoffpunkte dann eine Verbindung mit der zweiten Teilschicht der Strahlungsauskopplungsschicht erfolgt. Alternativ kann auch zur Einstellung der Beabstandung eine andere Stützstruktur, insbesondere eine Stützstruktur aus einem transparenten Material zwischen den beiden Teilschichten angeordnet sein. Möglich ist hierbei jegliches Material, insbesondere jegliches transparente Material. Eine stoffschlüssige Verbindung der beiden Teilschichten muss hierbei nicht über die Stützstruktur erfolgen oder kann z.B. nur teilweise über die Stützstruktur erfolgen. Wesentlich ist, dass der Anteil der einander zugewandten Oberflächen der beiden Teilschichten in möglichst geringem Umfang mit der Stützstruktur bedeckt ist. Vorteilhaft sind daher Stützstrukturen, die zum einen eine gleichmäßige Beabstandung über die gesamten einander zugewandten Oberflächen der Teilschichten gewährleisten, die andererseits aber möglichst wenig Platz einnehmen. Beispielsweise kann die Stützstruktur in den Randbereichen (z.B. in Form einer Klebespur) vorliegen. Ferner kann die Stützstruktur darin bestehen, dass die Teilschicht, die die geometrischen Strukturelemente enthält und die Schichtenfolge der Funktionsschichten mit der darauf angeordneten zweiten Teilschicht in einen Rahmen eingespannt werden. Schließlich kann auch die der zweiten Teilschicht zugewandte Grenzfläche der Teilschicht, die die geometrischen Strukturelemente enthält, absichtlich so gewählt werden, dass auf dieser Grenzfläche eine Textur vorhanden ist, die eine Ausbildung der Beabstandung ermöglicht.

Die Dicke einer Strahlungsauskopplungsschicht, in der voneinander beabstandete Teilschichten vorliegen unterscheidet sich nicht von den vorstehend für eine Strahlungsauskopplungsschicht ohne beabstandete Teilschichten angegebenen Werten.

In einer weiteren Ausführungsform enthält die strahlungsemitierende Vorrichtung ein ultraviolette Strahlung (UV) absorbierendes Element. Das UV-absorbierende Element kann in einer UV-Schutz-Schicht bestehen, die beispielsweise auf der der Strahlungsauskopplungsschicht zugewandten Seite eines Substrats angeordnet sein kann. Sie kann allerdings auch in einem Folienverbund mit der Strahlungsauskopplungsschicht enthalten sein und beispielsweise zwischen zwei Teilschichten der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. zwischen einer Teilschicht und dem Beabstandungsmedium oder aber auch auf der der aktiven Schicht zugewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht angeordnet sein. Ferner kann die Strahlungsauskopplungsschicht selbst durch Zusatz von einem oder mehreren Additiven, die UV-absorbierend wirken, ausgebildet sein. Auch die Matrix, die für die Strahlungsauskopplungsschicht Verwendung findet, kann UV-absorbierend ausgebildet sein.

Als Additiv, das UV-absorbierend wirkt, können beispielsweise 0,01 bis 0,5 Gewichtsprozent eines UV-Absorbers ausgewählt aus den Klassen der Benzotriazole, Triazine und Diarylcyanoacrylate der für die Strahlungsauskopplungsschicht oder eine Teilschicht verwendeten Matrix zugesetzt werden.

Ein UV-absorbierendes Material hat den Vorteil, dass bei O-LEDs die organische, zur Strahlungserzeugung vorgesehene Schicht nicht durch UV-Strahlung geschädigt werden kann, was zu einem beschleunigten Defekt des Bauelements führen kann.

Durch die UV-absorbierenden Materialien kann eine Alterung zumindest verlangsamt werden.

Die Strahlungsauskopplungsschicht bzw. die Teilschichten der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. des Folienverbunds, der die Strahlungsauskopplungsschicht bildet können zusätzlich Verarbeitungshilfsmittel enthalten. Insbesondere können Entformungsmittel, Fließmittel, Stabilisatoren wie Thermostabilisatoren, Antistatika und/oder optische Aufheller enthalten sein.

Geeignete Stabilisatoren sind beispielsweise Phosphine, Phosphite oder Si enthaltende Stabilisatoren und weitere in EP-A 0 500 496 beschriebene Verbindungen. Beispielhaft seien Triphenylphosphite, Diphenylalkylphosphite, Phenyl dialkylphosphite, Tris-(nonylphenyl)phosphit, Tetrakis-(2,4-di-tert.-butylphenyl)-4,4'-biphenylen-diphosphonit, Bis(2,4-dicumylphenyl)pentaerythritoldiphosphit und Triarylphosphit genannt. Besonders bevorzugt sind Triphenylphosphin und Tris-(2,4-di-tert.-butylphenyl)phosphit.

Geeignete Entformungsmittel sind beispielsweise die Ester oder Teilester von ein- bis sechswertigen Alkoholen, insbesondere des Glycerins, des Pentaerythrits oder von Guerbetalkoholen.

Einwertige Alkohole sind beispielsweise Stearylalkohol, Palmitylalkohol und Guerbetalkohole, ein zweiwertiger Alkohol ist beispielsweise Glycol, ein dreiwertiger Alkohol ist beispielsweise Glycerin, vierwertige Alkohole sind beispielsweise Pentaerythrit und Mesoerythrit, fünfwertige Alkohole sind beispielsweise Arabit, Ribit und Xylit, sechswertige Alkohole sind beispielsweise Mannit, Glucit (Sorbit) und Dulcit.

Die Ester sind bevorzugt die Monoester, Diester, Triester, Tetraester, Pentaester und Hexaester oder deren Mischungen, insbesondere statistische Mischungen, aus gesättigten, aliphatischen C<sub>10</sub> bis C<sub>36</sub>-Monocarbonsäuren und gegebenenfalls Hydroxy-Monocarbonsäuren, vorzugsweise mit gesättigten, aliphatischen C<sub>14</sub> bis C<sub>32</sub>-Monocarbonsäuren und gegebenenfalls Hydroxy-Monocarbonsäuren.

Die kommerziell erhältlichen Fettsäureester, insbesondere des Pentaerythrits und des Glycerins, können herstellungsbedingt weniger als 60 % unterschiedlicher Teilester enthalten.

Gesättigte, aliphatische Monocarbonsäuren mit 10 bis 36 C-Atomen sind beispielsweise Caprinsäure, Laurinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Hydroxystearinsäure, Arachinsäure, Behensäure, Lignocerinsäure, Cerotinsäure und Montansäuren.

In einer weiteren Ausführungsform ist mit dem erfindungsgemäßen Bauelement ein antistatisch wirkendes Element vorgesehen, das insbesondere auf der Strahlungsauskopplenseite der Strahlungsauskopplungsschicht angeordnet ist. Hierdurch können Schmutzanlagerungen am Bauelement vermindert werden. Besonders vorteilhaft ist es, die Strahlungsauskopplungsschicht oder die die Mikrostrukturierung enthaltende Teilschicht antistatisch auszubilden. Elektrostatisch verursachte Anlagerungen an der Strahlungsauskopplungsschicht, die sich nachteilig auf die austrittsseitige Strahlungsleistungsverteilung auswirken können, werden so vermindert.

Beispiele für geeignete Antistatika sind kationaktive Verbindungen, beispielsweise quartäre Ammonium-, Phosphonium- oder Sulfoniumsalze, anionaktive Verbindungen, beispielsweise Al-

kylsulfonate, Alkylsulfate, Alkylphosphate, Carboxylate in Form von Alkali- oder Erdalkalimetallsalzen, nichtionogene Verbindungen, beispielsweise Polyethylenglykolester, Polyethylenglykolether, Fettsäureester, ethoxylierte Fettamine. Bevorzugte Antistatika sind quartäre Ammonium-Verbindungen, wie z.B. Dimethyldiisopropylammoniumperfluorbutansulfonat.

In einer weiteren Ausführungsform ist auf der mikrostrukturierten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht noch eine Schutzschicht angeordnet. Die Schutzschicht kann insbesondere plan ausgebildet sein (und weist bevorzugt zwei planparallele Hauptflächen auf) und hat den Effekt, dass eine Verschmutzung der strahlungsemittierenden Vorrichtung, insbesondere der Zwischenräume zwischen den Erhebungen der geometrischen Strukturelemente vermieden werden kann und so eine hohe Stabilität des Wirkungsgrads der Strahlungsauskopplung aus der strahlungsemittierenden Vorrichtung möglich ist. Außerdem übt die Schutzschicht eine schützende Wirkung gegenüber mechanischen Belastungen, wie beispielsweise Verkratzen aus. Die Schutzschicht kann beispielsweise eine Dicke von 10 bis 1000 µm haben, so dass eine dünne Ausgestaltung der gesamten strahlungsemittierenden Vorrichtung möglich ist.

Ebenso wie das Substrat kann die Schutzschicht aus einem Material gebildet sein, das aus der Gruppe von Glas, Quarz, Kunststoff und Kunststoff mit Diffusionsbarriereschichten sowie Metall ausgewählt ist. Damit ist eine stabile, einfach herstellbare und kostengünstige Lösung für das Substrat und/oder die Schutzschicht möglich.

In einer weiteren Ausführungsform ist die strahlungsemittierende Vorrichtung, insbesondere die OLED, zur Beleuchtung, insbesondere zur großflächigen Beleuchtung vorgesehen. Die Vorrichtung ist dann insbesondere flächenförmig ausgebildet.

Dabei kann flächenförmig ausgebildet bedeuten, dass sich die strahlungsemittierende Vorrichtung zusammenhängend über einen Flächenbereich erstreckt, der zumindest eine Fläche von einem oder mehreren Quadratmillimetern, üblicherweise einem oder mehreren Quadratzentimetern und häufig einem oder mehreren Quadratdezimetern (z.B. zwei bis zehn Quadratdezimetern) aufweist. Es ist damit möglich sehr flache strahlungsemittierende Vorrichtungen zur großflächigen Beleuchtung herzustellen.

Strahlungsemittierende Vorrichtungen, bei denen die ausgekoppelte Strahlung in Beobachtungswinkeln zwischen  $-30$  und  $+30$  Grad (bezogen auf die Richtung der Flächennormale) gegenüber der von einem Lambertschen Strahler erhöht, insbesondere deutlich erhöht, ist, eignen sich insbesondere als Licht- bzw. Strahlungsquellen, die vom zu bestrahlenden Objekt verhältnismäßig weit entfernt angeordnet sind (z.B. als Deckenleuchten in Räumen). Strahlungsemittierende Vorrichtungen, bei denen die ausgekoppelte Strahlung auch in Beobachtungswinkeln zwischen  $-30$  und  $-45$  Grad bzw. zwischen  $+30$  und  $+45$  Grad (bezogen auf die Richtung der Flächennormale) gegenüber der von einem Lambertschen Strahler erhöht, insbesondere deutlich erhöht, ist, eignen sich insbesondere als Licht- bzw. Strahlungsquellen, die relativ nahe am zu bestrahlenden Objekt angeordnet sind (etwa task lights z.B. für die Arbeitsplatz- oder Esstischbeleuchtung).

Insgesamt bietet die erfindungsgemäße strahlungsemittierende Vorrichtung mit Strahlungsauskopplungsschicht eine Vielzahl von oben und im Folgenden dargelegten Vorteilen. Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung anhand einer schematischen Schnittansicht.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Bauelements mit dargestelltem Strahlungsverlauf.

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung mit eingezeichnetem Strahlverlauf.

Figur 4 und 4 A zeigt einen Schnitt durch eine Ausführungsform einer Strahlungsauskopplungsschicht des erfindungsgemäßen Bauteils.

Figur 5 A-C zeigt die Abhängigkeit der ausgekoppelten Strahlungsleistung vom Beobachtungswinkel für die erfindungsgemäßen Vorrichtungen.

Figur 6 zeigt die Abhängigkeit der CIE-Farbkoordinaten  $x$  und  $y$  vom Beobachtungswinkel für verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie für eine Vorrichtung mit einer Strahlungsauskopplungsschicht ohne Mikrostrukturierung.

Gleiche, gleichartige und gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Bauelements anhand einer schematischen Schnittansicht. Das strahlungsemittierende Bauelement 1 ist jeweils als OLED ausgeführt. Das Bauelement 1 umfasst eine zur Strahlungserzeugung ausgebildete organische Schicht 2 oder ei-

nen entsprechenden Schichtstapel mit einer Mehrzahl organischer Schichten. Die organische Schicht 2 ist auf einer ersten Hauptfläche 3 eines Substrats 4 des strahlungsemitierenden Bauelements angeordnet und mit diesem verbunden.

Zur Ladungsträgerinjektion in die organische Schicht 2 ist diese elektrisch leitend mit einer ersten Elektrode 5, z.B. der Kathode, und einer zweiten Elektrode 6, z.B. der Anode, verbunden. Über diese Elektroden 5, 6 können der organischen Schicht Ladungsträger - Elektronen bzw. Löcher - zur Strahlungserzeugung durch Rekombination in der organischen Schicht 2 zugeführt werden. Die Elektroden 5 und 6 sind vorzugsweise schichtartig ausgebildet, wobei die organische Schicht besonders bevorzugt zwischen den Elektroden angeordnet ist. Die Elektroden und die organische Schicht 2 können auf die erste Hauptfläche 3 des Substrats aufgebracht sein.

Die organische Schicht beziehungsweise die organischen Schichten enthalten bevorzugt ein halbleitendes organisches Material. Beispielsweise enthält die organische Schicht ein halbleitendes Polymer. Geeignete organische oder organometallische Polymere umfassen: Polyfluorene, Polythiopene, Polyphenylene, Polythiophenvinylene, Poly-p-Phenylenvinylene, Polyspiro Polymere und ihre Familien, Copolymere, Derivate und Mischungen davon.

Alternativ oder ergänzend zu Polymermaterialien kann die organische Schicht ein niedermolekulares Material (sogenannte Small Molecules) enthalten. Geeignete Materialien mit niedrigem Molekulargewicht (niedermolekulare Materialien) sind beispielsweise Tris-8-aluminium-quinolinol-Komplexe, Irppy (Tris-(2-phenylpyridyl)Iridium-Komplexe) und/oder DPVBI (4,4'-Bis(2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-diphenyl).



Das Substrat 4 ist strahlungsdurchlässig für in der organischen Schicht 2 erzeugte Strahlung ausgebildet. Mittels der organischen Schicht 2 wird vorzugsweise sichtbares Licht erzeugt. Beispielsweise wird als strahlungsdurchlässiges Substrat ein Glassubstrat, zum Beispiel aus Borofloat-Glas, oder ein Kunststoff-(Folien)Substrat, z.B. aus PMMA (Polymethylmethacrylat), eingesetzt.

Durch die der organischen Schicht 2 abgewandte zweite Hauptfläche 7 des Substrats 4 hindurch tretendes Licht kann aus dem Bauelement 1 auskoppeln. Mittels der zweiten Hauptfläche 7 kann insbesondere die Strahlungsaustrittsfläche des Bauelements gebildet sein. Auf der von dem Substrat 4 abgewandten Seite der organischen Schicht 2 kann weiterhin eine Spiegelschicht angeordnet sein. Diese reflektiert in der organischen Schicht vom Substrat weg verlaufende Strahlung vorzugsweise in Richtung des Substrats 4 zurück. Die im Betrieb des Bauelements über die Strahlungsaustrittsfläche austretende Strahlungsleistung kann so erhöht werden. Bevorzugt ist die erste Elektrode 5 als reflektierende Elektrode und damit zugleich als Spiegelschicht ausgebildet. Hierzu ist die Elektrode 5 vorzugsweise metallisch oder auf Legierungsbasis ausgeführt. Eine separate Spiegelschicht ist in den Figuren nicht explizit gezeigt.

Die Elektrode 5 kann gegebenenfalls als Mehrschichtstruktur ausgeführt sein. Bevorzugt ist eine der Schichten für die Ladungsträgerinjektion in die organische Schicht 2 und eine weitere Schicht der Elektrode als Spiegelschicht ausgebildet. Die Schicht für die Ladungsträgerinjektion ist zweckmäßigerweise zwischen der Spiegelschicht und der organischen Schicht angeordnet. Die Spiegelschicht und/oder die Ladungsträgerinjekti-

onsschicht kann ein Metall, z.B. Au, Al, Ag oder Pt, enthalten oder daraus bestehen, wobei die beiden Schichten zweckmäßigerweise unterschiedliche Metalle enthalten. Gegebenenfalls ist auch eine Legierung, vorzugsweise mit mindestens einem der oben genannten Metalle für die (Mehrschicht)Elektrode 5 geeignet.

Die zweite Elektrode 6 ist zwischen dem Substrat 4 und der organischen Schicht 2 angeordnet. Für den Strahlungsdurchtritt ist diese Elektrode zweckmäßigerweise strahlungsdurchlässig ausgebildet. Beispielsweise enthält die Elektrode ein TCO. Transparente leitende Oxide (transparent conductive oxides, kurz „TCO“) sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$  oder  $\text{In}_2\text{O}_3$  gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ ,  $\text{CdSnO}_3$ ,  $\text{ZnSnO}_3$ ,  $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{GaInO}_3$ ,  $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5$  oder  $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$  oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

Auf der Strahlungsaus耦pelseite des Bauelements 1, also der von der organischen Schicht 2 abgewandten Seite des Substrats 4, ist eine Strahlungsaus耦plungsschicht 8 an dem Substrat befestigt. Die Strahlungsaus耦plungsschicht 8 besitzt eine der aktiven Schicht (bzw. der organischen Schicht 2) zugewandte Seite 9 und eine Seite mit mikrostrukturierter Oberfläche 10. Die Strahlungsaus耦plungsschicht 8 weist auf der Seite mit mikrostrukturierter Oberfläche 10 eine Mikrostrukturierung mit geometrischen Strukturelementen 12 auf.

Auf die Darstellung einer Verkapselung für die organische Schicht 2, die vorzugsweise auf der von der Strahlungsauskopplungsschicht 8 abgewandten Seite des Substrats 4 angeordnet ist, wurde aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet. Ebenso wurde aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet, eine gegebenenfalls enthaltene Schutzschicht für die Strahlungsauskopplungsschicht darzustellen. Eine Verkapselung kapselt die organische Schicht gegenüber schädlichen äußeren Einflüssen, wie Feuchtigkeit oder Sauerstoff, ab. Die Verkapselung kann z.B. als Dachkonstruktion ausgebildet sein.

Auch auf eine explizite Darstellung der elektrischen Kontaktierung des Bauelements wurde verzichtet. So kann z.B. eine Ansteuerschaltung des Bauelements auf dem Substrat - ebenfalls innerhalb der Verkapselung - angeordnet sein.

Auch kann das Bauelement gegebenenfalls eine Mehrzahl von vorzugsweise strukturierten, voneinander getrennten organischen Schichten oder Schichtstapeln umfassen. Die verschiedenen Schichten bzw. Schichtstapel können zur Erzeugung von verschiedenfarbigem Licht, z.B. rotem, grünem bzw. blauem Licht ausgebildet sein.

Zwischen der Strahlungsauskopplungsschicht 8 und dem Substrat 4 kann sich eine (nicht dargestellte Schicht) befinden, die beispielsweise eine Haftvermittlungsschicht, z.B. eine Kleberschicht sein kann. Hierfür können beispielsweise "optically clear laminating adhesive #8141" der Firma 3M verwendet werden.

Über die Strahlungsauskopplungsschicht 8 kann die aus dem in Figur 1 dargestellten Verbundbauelement im Betrieb ausgekop-

pelte Strahlungsleistung erhöht werden. Durch die Mikrostrukturierung der Strahlungsauskopplungsschicht 8 erfolgt an der Grenzfläche von Strahlungsauskopplungsschicht und Umgebungsmedium (also an der mikrostrukturierten Oberfläche 10) eine verstärkte Brechung des ausgekoppelten Lichts in Richtung des Normalenvektors der Fläche 9 der Strahlungsauskopplungsschicht 8.

Über Streuereignisse in den streuenden Regionen der Strahlungsauskopplungsschicht kann im Vergleich zu einer Strahlungsauskopplungsschicht, die derartige Regionen nicht enthält, durch statistische Strahlumlenkungen der Strahlenverlauf gestört werden. Insbesondere können die Auftreffwinkel von Strahlung auf die mikrostrukturierte Oberfläche der Strahlungsauskopplungsschicht breiter verteilt sein.

Weiterhin kann die Strahlungsleistungsverteilung auf der Strahlungsauskopplungsseite des Bauelements mittels der Strahlungsauskopplungsschicht vereinfacht homogenisiert werden. Beispielsweise kann ein defekter Bereich der organischen Schicht, der bei fehlender Strahlungsauskopplungsschicht (mit Streu-Regionen) auf der Strahlungsauskopplungsseite als dunkler Bereich erscheinen würde über diffuse Lichtstreuung mittels der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. den darin enthaltenen Regionen kompensiert werden. Eine Strahlungsauskopplungsschicht 8 kann an den jeweiligen, für geeignet befundenen Bauelementen befestigt werden, nachdem eine Vielzahl am Bauelement etwa bezüglich Funktionsfähigkeit oder eine ausreichenden Strahlungsleistung, getestet und ungeeignete Bauelemente aussortiert wurden. Im Gegensatz zu einem in den jeweiligen Bauelementen bereits in der Fertigung integrierten Steuerelement können so die Herstellungskosten aufgrund des verringerten Ausschusses gesenkt werden.

Das Bauelement 1 ist vorzugsweise zur Beleuchtung, insbesondere zur Allgemeinbeleuchtung ausgebildet. Gegenüber einem Einsatz bei Displays, bei denen die Trennschärfe zwischen einzelnen Pixeln gewahrt bleiben muss, kann eine Lichtauskopplungsschicht mit Streu-Regionen, die bei Displays ein Verschwimmen der Einzelpixel verursachen würde, bei Bauelementen zur Allgemeinbeleuchtung ohne wesentliche nachteilige Wirkung eingesetzt werden. Das Bauelement kann beispielsweise zur Innenraumbeleuchtung, zur Außenraumbeleuchtung oder in einer Signalleuchte eingesetzt werden.

Das Bauelement ist, insbesondere für den Einsatz in der Allgemeinbeleuchtung, zweckmäßigerweise zur Erzeugung sichtbarer Strahlung ausgebildet. Über die Lichtauskopplungsschicht kann die auskoppelseitige Leuchtdichte, die auskoppelseitige spezifische Lichtausstrahlung und/oder die auskoppelseitige Helligkeit erheblich gesteigert werden.

Die Figuren 2 und 3 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel einer OLED mit dem Verlauf von emittierten Teilstrahlen.

Bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 2 und 3 umfasst die Lichtauskopplungsschicht 8 eine mit Streupartikeln 811 versetzte Teilschicht 81. Die Streupartikel 811 liegen in einer Matrix 812 vor, die vorzugsweise aus einem strahlungsdurchlässigen Polymer, z.B. Polycarbonat gebildet ist. Als Streupartikel eignen sich insbesondere organische Polymerpartikel. Weiterhin umfasst die Lichtauskopplungsschicht 8 eine mit einer mikrostrukturierten Oberfläche 10 versehene Teilschicht 82. Angrenzend an die Teilschicht 81 ist ein Substrat 4 angeordnet. Angrenzend an die der Strahlungsauskopplungsschicht 8 abgewandte Substratseite ist ein OLED-stack 20 ange-

ordnet; die vorstehend erläuterten organischen Schichten und Elektroden sind hierbei nicht dargestellt.

Weiterhin sind die Streupartikel 811 vorzugsweise strahlungsdurchlässig ausgeführt. Für eine Streuwirkung weisen die Streupartikel zweckmäßigerweise einen vom Brechungsindex des Matrixmaterials 812 verschiedenen Brechungsindex auf. Mit strahlungsdurchlässigen Streupartikeln kann demnach eine Streuwirkung durch Reflexion an der Grenzfläche zur Folienmatrix und/oder durch Brechung beim Eintritt in, beim Durchtritt durch und/oder beim Austritt aus dem Streupartikel erfolgen.

Die Streupartikel können einer Formmasse für das Matrixmaterial vor der Herstellung der Lichtauskopplungsschicht 8 in statistischer Verteilung beigemischt werden. Der Anteil an Streupartikeln in der Streufolie beträgt bevorzugt 50 Gewichtsprozent oder weniger.

Der Brechungsindex der Streupartikel weicht bevorzugt um 0,6 % oder mehr, besonders bevorzugt um 3,0 % oder mehr und mit besonderem Vorteil um 6 % oder mehr vom Brechungsindex des Matrixmaterials ab. Je größer die Abweichung ist, desto effizienter ist in der Regel die Strahlablenkung mittels der Streupartikel.

Für die Streupartikel eignen sich beispielsweise Polymer-Hohlpartikel, wobei eine Streuung durch Brechung hierbei hauptsächlich aufgrund des vergleichsweise hohen Brechungsindexunterschieds zwischen Hohlkörperinnenraum und Hohlkörperwand erfolgt. Werden polymere Materialien sowohl für die Matrix 812 als auch für die Umwandung des Hohlraums des Hohlpartikels eingesetzt, so weisen diese in der Regel einen vergleichsweise geringen Brechungsindexunterschied auf. Der Bre-

chungsindexunterschied zwischen dem Material der Umwandung und dem Innenraum, der z.B. mit Gas, etwa Luft, gefüllt sein kann ist demgegenüber vereinfacht größer ausbildbar. Abweichend von den vorstehend beschriebenen Hohlpartikeln können selbstverständlich auch strahlungsdurchlässige Vollpartikel, insbesondere Polymerpartikel eingesetzt werden, die im Wesentlichen hohlraumfrei sind. In einer Ausführungsform weisen Polymerpartikel eine Kern-Schalen-Morphologie auf. Ferner können die Streupartikel auch aus einem anorganischen Material bestehen, insbesondere einem anorganischen Material mit hohem Brechungsindex, insbesondere einem Brechungsindex der um mindestens 10 % größer ist als der des Matrixmaterials. Als Beispiele sind etwa Titandioxid mit einem Brechungsindex von 2,6 und Aluminiumoxid mit einem Brechungsindex von 1,77 zu nennen.

Die weiter vom Substrat entfernt liegende Teilschicht 82 der Strahlungsauskopplungsschicht 8 weist geometrische Strukturelemente 12 auf der Strahlungsauskopplungsseite 10 auf. Mittels dieser geometrischen Strukturelemente kann eine Ausrichtung der abgestrahlten Strahlung in Richtung bestimmter Betrachterwinkel erfolgen, insbesondere eine Ausrichtung in Richtung des auf den im Wesentlichen parallel zueinander vorliegenden Flächen von Substrat und der dem Substrat zugewandten Seite der Strahlungsauskopplungsschicht senkrecht stehenden Normalenvektors. Für die Mikrostrukturierung eignet sich beispielsweise die in Figur 4 gezeigte Geometrie der geometrischen Strukturelemente 12.

Figur 4 zeigt eine lichtmikroskopische Aufnahme eines (Quer)-Schnitts durch eine Ausführungsform einer Strahlungsauskopplungsschicht des erfindungsgemäßen Bauteils. In Figur 6 ist zu erkennen, dass die geometrischen Strukturelemente 12 im Bereich der Sockel eine Steigung besitzen, die mit der entspre-

chenden Steigung des Sockels eines benachbarten Strukturelements einen Winkel von etwa  $60^\circ$  ausbildet. Ferner weisen die geometrischen Strukturelemente in ihrem oberen Drittel eine deutlich stärkere Krümmung auf als in ihrem unteren Drittel.

Allgemeiner beschrieben ist das in Figur 4 gezeigte Strukturelement in folgender beispielhaften Ausführungsform beschrieben: In dieser beispielhaften Ausführungsform wird ein geometrisches Strukturelement gewählt, bei dem die Lichtauskopplungsfläche des Strukturelements mathematisch bestimmt wird. Zur mathematischen Bestimmung sind die bestimmenden Parameter die beiden - hier meist identischen - Akzeptanzwinkel sowie der Verkürzungsfaktor. Das Strukturelement bzw. dessen Lichtauskopplungsfläche wird gemäß nachfolgender Vorgehensweise mit den genannten Formeln konstruiert. Bei der beschriebenen Vorgehensweise handelt es sich um ein implizites Optimierungsproblem:

- a) Berechnen der Öffnungswinkel im Medium  $\theta_1$  und  $\theta_2$  aus den Fresnelschen Gleichungen mittels der definierten Akzeptanzwinkel;
- b) Konstruktion der beiden Parabeläste  $P_1$  (22) mit den Öffnungswinkeln im Medium  $\theta_1$  und  $P_2$  (23) mit den Öffnungswinkeln im Medium  $\theta_2$  gemäß der Gleichung:

$$y_{1,2} = \frac{(x \mp \cos \theta_{1,2})^2}{2(1 \mp \sin \theta_{1,2})} - \frac{1 \pm \sin \theta_{1,2}}{2}$$

wobei  $\theta_{1,2}$  der Öffnungswinkel im Medium der linken ( $\theta_1$ ) und rechten ( $\theta_2$ ) Parabel,  $x$  die X-Koordinate, und  $y_{1,2}$  die die Y-Koordinate der linken ( $y_1$ ) und rechten ( $y_2$ ) Parabel ist;

- c) Berechnung der Endpunkte der Parabeläste  $F_1$ ,  $F_2$  (25,26) und  $E_1$ ,  $E_2$ ;



- d) Drehung des Parabelastes  $P_1$  um den Öffnungswinkel im Medium  $\theta_1$  und des Parabelastes  $P_2$  um den Öffnungswinkel im Medium  $\theta_2$  und Translation des Parabelastes  $P_2$  längs der x-Achse;
- e) optional im Falle einer asymmetrischen Variante mit  $\theta_1 \neq \theta_2$  der Bestimmung der Neigung der durch die Punkte  $E_1$  und  $E_2$  bestimmten Neigungsfläche;
- f) Bestimmung der effektiven Akzeptanzwinkel in Luft aus der in den Schritten a) bis e) konstruierten Geometrie;
- g) Vergleich der effektiven Akzeptanzwinkel mit den definierten Akzeptanzwinkeln, und bei nicht ausreichender Genauigkeit (insbesondere einer Abweichung größer 0,001%) Wiederholung von Schritt a) bis f) mit korrigierten Akzeptanzwinkeln anstelle der definierten Akzeptanzwinkel in Schritt a), wobei die korrigierten Akzeptanzwinkeln ungleich sind den definierten Akzeptanzwinkeln, und wobei die korrigierten Akzeptanzwinkel so gewählt werden, dass die effektiven Akzeptanzwinkel aus Schritt f) mit den definierten Akzeptanzwinkeln übereinstimmen; und
- h) beim Erreichen ausreichender Genauigkeit (insbesondere einer Abweichung der effektiven Akzeptanzwinkel von den definierten Akzeptanzwinkeln von 0,001% oder weniger) Verkürzung der Parabeln in y-Richtung auf das durch den Verkürzungsfaktor bestimmte Maß mit den neuen Endpunkten  $E_3$  und  $E_4$  (27 und 28).
- i) optional: Ersetzen der durch die Punkte  $F_1$  und  $F_2$  (25, 26) begrenzten Kante durch eine Polynom n-ter Ordnung (21), das stetig differenzierbar angeschlossen wird.

Insbesondere ist das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Akzeptanzwinkel  $\theta_1$  zwischen  $5^\circ$  und  $60^\circ$  und dass der definierte Akzeptanzwinkel  $\theta_2$  zwischen  $5^\circ$  und  $60^\circ$  liegt.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass in Schritt h) die Verkürzung einfaches Abschneiden ist.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass in Schritt h) die Verkürzung eine Stauchung der Geometrie entlang der y-Achse um den durch den Verkürzungsfaktor bestimmten Faktor ist.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass  $\theta_1 = \theta_2$  ist.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass die Lichtauskopplungsfläche des Strukturelements einen stetig polynomischen Abschluss aufweist, der z.B. ein Polynom n-ter Ordnung ist, insbesondere ein Polynom vierter Ordnung, der stetig differenzierbar in den Punkten  $F_1$  und  $F_2$  ist.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass die Lichtauskopplungsfläche des Strukturelements einen stetigen Abschluss aufweist, der sich durch eine Parabel, Hyperbel, Kreisfunktion Sinusoidal-funktion oder Gerade beschreiben lässt.

Das geometrische Strukturelement dieser Ausrührungsform kann schließlich auch dadurch gekennzeichnet sein, dass die Gesamt-

periode in einem Bereich zwischen 10µm und 1mm, bevorzugt 30µm - 500 µm, besonders bevorzugt 50µm 300µm liegt.

Das in Figur 4 bzw. 4A gezeigte Strukturelement kann beispielsweise folgende Parameter aufweisen: Akzeptanzwinkel: 40°, Verkuerzungsfaktor: 0,1, Polymer: Polycarbonat, Polynom-bereich (21): Polynom 2. Ordnung.

Figur 3 zeigt denselben Aufbau wie Figur 2, allerdings weist die Vorrichtung zwischen der die mikrostrukturierte Oberfläche 10 enthaltenden Teilschicht 82 und der die Lichtstreupartikel 811 enthaltenden Teilschicht 81 einen mit einem Beabstandungsmedium, insbesondere einem gasförmigen Beabstandungsmedium, gefüllten Spalt 13 auf. Der im wesentlichen parallele Verlauf der einander zugewandten Seiten der Teilschichten 81 und 82 bzw. der über die gesamte Fläche im wesentlichen gleiche Abstand der beiden Teilschichten kann mittels einer Stützstruktur 14 erreicht werden. Durch eine Anordnung mit einem Spalt 13 wird der Strahlungsverlauf von Strahlung, die in Figur 2 in einem flachen Winkel auf die Grenzfläche zur Teilschicht 82 auftreffen würde deutlich verändert. Wie in Figur 3 zu sehen, werden derartige Strahlen an der Grenzfläche zum Beabstandungsmedium totalreflektiert und dann durch die Streupartikel bzw. eine verspiegelte Schicht im Bereich der OLED 20 in einem steileren Winkel in Richtung der Grenzfläche zum Beabstandungsmedium gelenkt. Durch die in der Teilschicht 82 enthaltenen geometrischen Strukturelemente wird dieser Strahl dann in etwa in Richtung des vorstehend beschriebenen Normalenvektors umgelenkt.

Die Pfeile in den Figuren 2 und 3 symbolisieren exemplarisch Strahlengänge in der Strahlungsauskopplungsschicht 8 und dem erfindungsgemäßen Bauelement, wobei bei den mit Streupartikeln

811 versehenen Teilschichten auf eine Darstellung eines Strahlungsdurchtritts durch die Partikel aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet wurde.

Die Strahlungsauskopplungsschicht 8 weist insbesondere eine Dicke zwischen 25  $\mu\text{m}$  und 500  $\mu\text{m}$  auf und liegt üblicherweise zwischen 25  $\mu\text{m}$  und 300  $\mu\text{m}$ . Diese Dickenangaben umfassen auch die geometrischen Strukturelemente und sind zum einen hinsichtlich der Streuwirkung und zum anderen hinsichtlich einer Erhöhung der mechanischen Gesamtstabilität des Verbundbauelements besonders geeignet. Insbesondere kann durch eine nachträglich an einem vorgefertigten Bauelement befestigte Strahlungsauskopplungsschicht die Stabilität des Bauelements auch bei einem zersplitterten Substrat gewährleistet bleiben. Zudem kann die Verletzungsgefahr durch Splitter aufgrund der Splitterschutzwirkung der Strahlungsauskopplungsschicht verringert werden.

Bei Ausführungsformen mit zwei Teilschichten weist die mikrostrukturierte Teilschicht insbesondere eine Dicke von mindestens 10  $\mu\text{m}$ , im Regelfall von mindestens 25  $\mu\text{m}$  auf. Die nicht mikrostrukturierte Teilschicht weist insbesondere eine Dicke von mindestens 10  $\mu\text{m}$ , im Regelfall von mindestens 25  $\mu\text{m}$  auf; enthält die nicht mikrostrukturierte Teilschicht lichtstreuende Regionen, insbesondere Streupartikel, so weist die Teilschicht insbesondere eine Schichtdicke von mindestens 25  $\mu\text{m}$  auf. Zumindest sollten die beiden Teilschichten eine Dicke besitzen, die größer ist als die Wellenlänge der von der erfindungsgemäßen strahlungsemittierenden Vorrichtung emittierten Strahlung.

Für eine optimierte Einkopplung von Strahlung aus dem Bauelement 1 in die Strahlungsauskopplungsschicht 8 ist die dem Bau-

element zugewandte Oberfläche 11 der Strahlungsauskopplungsschicht zweckmäßigerweise eben und insbesondere unstrukturiert ausgebildet. Dasselbe gilt beim Vorliegen von voneinander beabstandeten Teilschichten auch für die einander zugewandten Flächen der Teilschichten.

Um den Strahlungsübertritt aus dem Substrat 4 in die Strahlungsauskopplungsschicht 8 zu erleichtern, ist das Material der Strahlungsauskopplungsschicht an das Substrat zweckmäßigerweise brechungsindexangepasst. Hierzu eignet sich insbesondere ein Polycarbonat. Polycarbonate weisen einen Brechungsindex von 1,58 bis 1,59 auf. Dieses Material ist an ein Glassubstrat, z.B. ein Borofloatglas-Substrat mit einem Brechungsindex von 1,54 gut brechungsindexangepasst.

Alternativ oder ergänzend kann auf einem Brechungsindexanpassungsmaterial, etwa ein optisches Gel, zwischen dem Substrat 4 und der Strahlungsauskopplungsschicht 8 angeordnet werden. Idealerweise ist im Falle einer Befestigung der Strahlungsauskopplungsschicht 8 an dem Bauelement mittels einer Haftvermittlungsschicht die Haftvermittlungsschicht zur Brechungsindexanpassung ausgeführt. Hierzu weist der Haftvermittler bevorzugt einen Brechungsindex auf, der nicht um mehr als 20 %, bevorzugt nicht mehr als 10 % außerhalb eines durch die Brechungsindices des Substrats 4 und des Materials der Strahlungsauskopplungsschicht 8 begrenzten Intervalls liegt. Vorzugsweise weist das Brechungsindexanpassungsmaterial einen Brechungsindex auf, der zwischen dem des Substrats und dem der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. der Matrix der Strahlungsauskopplungsschicht liegt.

Im Folgenden werden Strahlungsauskopplungsschichten beschrieben, die für ein erfindungsgemäßes Bauelement, insbesondere

ein Bauelement, das sichtbares Licht emittiert, besonders geeignet sind.

Für transparente Streupartikel ((Streu)Pigmente) der Strahlungsauskopplungsschicht können Acrylate oder Kern-Schale Acrylate eingesetzt werden. Diese verfügen bevorzugt über eine ausreichend hohe thermische Stabilität, z.B. bis mindestens 300°C, um bei den Verarbeitungstemperaturen des transparenten Kunststoffes, z.B. des Polycarbonats, nicht zersetzt zu werden.

Darüber hinaus sollten die Streupigmente über keine Funktionalitäten verfügen, die zu einem Abbau der Polymerkette des transparenten Kunststoffes, z.B. des Polycarbonats, führen. So können z.B. Paraloid® der Fa. Röhm & Haas oder Techpolymer® der Fa. Sekisui gut zur Pigmentierung von transparenten Kunststoffen eingesetzt werden. Aus diesen Produktlinien stehen eine Vielzahl verschiedener Typen zur Verfügung. Bevorzugt werden Acrylate aus der Techpolymer-Reihe eingesetzt.

Die Lichtauskopplungsschicht ist vorzugsweise als Kunststofffolie ausgeführt, die aus einer oder mehreren Teilschichten besteht. Mindestens eine (Teil-)Schicht der Lichtauskopplungsschicht enthält in einer Ausführungsform transparente polymere Teilchen mit einem vom Matrixmaterial unterschiedlichen Brechungsindex. Die Schicht enthält insbesondere 50 bis 99,99 Gew.-%, bevorzugt 70 bis 99,99 Gew.-% eines transparenten Kunststoffes, insbesondere Polycarbonat, und 0,01 bis 50 Gew.-%, bevorzugt 0,01 bis 30 Gew.-%, polymerer Teilchen. Die Teilchen weisen bevorzugt eine mittlere Teilchengröße im Wesentlichen zwischen 1 und 100 µm, bevorzugt zwischen 1 und 50 µm auf.

Das Einbringen der Mikrostrukturierung in die Oberfläche der Strahlungsauskopplungsschicht erfolgt bevorzugt mittels geprägter Metallwalzen.

Die erfindungsgemäße Strahlungsauskopplungsschicht kann einstückig sein; es kann sich auch um einen Mehrschichtverbund aus mindestens zwei Folien handeln. Dieser Verbund kann durch Extrusion hergestellt werden. Alternativ können separat vorgefertigte Folien aufeinander angeordnet und miteinander verbunden werden (sogenanntes Kaschieren oder Laminieren).

Zur Herstellung einer Folie durch Extrusion wird das Kunststoffgranulat, beispielsweise das Polycarbonatgranulat einem Fülltrichter eines Extruders zugeführt und gelangt über diesen in das Plastifiziersystem bestehend aus Schnecke und Zylinder. Im Plastifiziersystem erfolgt das Fördern und Aufschmelzen des Kunststoffmaterials. Die Kunststoffschmelze wird durch eine Breitschlitzdüse gedrückt. Zwischen Plastifiziersystem und Breitschlitzdüse können eine Filtereinrichtung, eine Schmelzpumpe, stationäre Mischelemente und weitere Bauteile angeordnet sein. Die die Düse verlassende Schmelze gelangt auf einen Glättkalander.

Als Kunststoffe für die (Matrix der) Strahlungsauskopplungsschicht bzw. für die Teilschichten 81, 82 der Strahlungsauskopplungsschicht können alle transparenten Thermoplaste eingesetzt werden: Polyacrylate, Polymethylmethacrylate (PMMA; Plexiglas® von der Fa. Röhm), Cycloolefin-Copolymere (COC; Topas® von der Fa. Ticona; Zenoex® von der Fa. Nippon Zeon oder Apel® von der Fa. Japan Synthetic Rubber), Polysulfone (Ultrason® von der Fa. BASF oder Udel® von der Fa. Solvay), Polyester, wie z.B. PET oder PEN, Polycarbonat, Polycarbonat/Polyester-Blends, z.B. PC/PET, Polycarbonat/Polycyclohexyl-

methanoldicyclohexandicarboxylat (PCCD; Xylecs® von der Fa. GE) und Polycarbonat/Polybutylenterephthalat (PBT)Blends.

Bevorzugt wird ein Polycarbonat eingesetzt. Dieses ist, wie oben bereits erläutert für die Brechungsindexanpassung an eine OLED besonders geeignet. Geeignete Polycarbonate für die Herstellung der Folie sind alle bekannten Polycarbonate. Dies sind Homopolycarbonate, Copolycarbonate und thermoplastische Polyestercarbonate. Ein geeignetes Polycarbonat hat bevorzugt ein mittleres Molekulargewicht  $\overline{M}_w$  von 18.000 bis 40.000, vorzugsweise von 26.000 bis 36.000 und insbesondere von 28.000 bis 35.000, ermittelt durch Messung der relativen Lösungsviskosität in Dichlormethan oder in Mischungen gleicher Gewichtsmengen Phenol/o-Dichlorbenzol geeicht durch Lichtstreuung.

Die Herstellung der Polycarbonate erfolgt vorzugsweise nach dem Phasengrenzflächenverfahren oder dem Schmelze-Umesterungsverfahren.

Das Phasengrenzflächenverfahren zur Polycarbonatsynthese ist mannigfaltig in der Literatur beschrieben; beispielhaft sei auf H. Schnell, Chemistry and Physics of Polycarbonates, Polymer Reviews, Vol. 9, Interscience Publishers, New York 1964 S. 33 ff., auf Polymer Reviews, Vol. 10, „Condensation Polymers by Interfacial and Solution Methods“, Paul W. Morgan, Interscience Publishers, New York 1965, Kap. VIII, S. 325, auf Dres. U. Grigo, K. Kircher und P. R- Müller "Polycarbonate" in Becker/Braun, Kunststoff-Handbuch, Band 3/1, Polycarbonate, Polyacetale, Polyester, Celluloseester, Carl Hanser Verlag München, Wien 1992, S. 118-145 sowie auf EP-A 0 517 044 verwiesen.



Geeignete Diphenole sind z.B. in den US-A -PS 2 999 835, 3 148 172, 2 991 273, 3 271 367, 4 982 014 und 2 999 846, in den deutschen Offenlegungsschriften 1 570 703, 2 063 050, 2 036 052, 2 211 956 und 3 832 396, der französischen Patentschrift 1 561 518, in der Monographie "H. Schnell, Chemistry and Physics of Polycarbonates, Interscience Publishers, New York 1964, S. 28ff; S.102ff", und in "D.G. Legrand, J.T. Bender, Handbook of Polycarbonate Science and Technology, Marcel Dekker New York 2000, S. 72ff." beschrieben.

Die Herstellung von Polycarbonaten ist auch aus Diarylcarbonaten und Diphenolen nach dem bekannten Polycarbonatverfahren in der Schmelze, dem sogenannten Schmelzumesterungsverfahren, möglich, das z.B. in WO-A 01/05866 und WO-A 01/05867 beschrieben ist. Daneben werden Umesterungsverfahren (Acetatverfahren und Phenylesterverfahren) beispielsweise in den US-A 34 94 885, 43 86 186, 46 61 580, 46 80 371 und 46 80 372, in den EP-A 26 120, 26 121, 26 684, 28 030, 39 845, 39 845, 91 602, 97 970, 79 075, 14 68 87, 15 61 03, 23 49 13 und 24 03 01 sowie in den DE-A 14 95 626 und 22 32 977 beschrieben.

Geeignet sind sowohl Homopolycarbonate als auch Copolycarbonate. Zur Herstellung von Copolycarbonaten können auch 1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise 2,5 bis 25 Gew.-% (bezogen auf die Gesamtmenge an einzusetzenden Diphenolen), Polydiorganosiloxane mit Hydroxy-aryloxy-Endgruppen eingesetzt werden. Diese sind bekannt (z.B. aus der US 3 419 634) bzw. nach literaturbekannten Verfahren herstellbar. Die Herstellung Polydiorganosiloxanhaltiger Copolycarbonate wird z. B. in DE-OS 33 34 782 beschrieben.

Ferner sind Polyestercarbonate und Block-Copolyestercarbonate geeignet, wie sie z.B. in der WO 2000/26275 beschrieben sind.

Aromatische Dicarbonsäuredihalogenide zur Herstellung von aromatischen Polyester carbonate sind vorzugsweise die Disäuredichloride der Isophthalsäure, Terephthalsäure, Diphenylether-4,4'-dicarbonsäure und der Naphthalin-2,6-dicarbonsäure.

Die aromatischen Polyester carbonate können sowohl linear als auch in bekannter Weise verzweigt sein (siehe dazu ebenfalls DE-OS 29 40 024 und DE-OS 30 07 934).

Die Polydiorganosiloxan-Polycarbonat-Blockpolymeren können auch eine Mischung aus Polydiorganosiloxan-Polycarbonat-Blockcopolymeren mit üblichen polysiloxanfreien, thermoplastischen Polycarbonaten sein, wobei der Gesamtgehalt an Polydiorganosiloxanstruktureinheiten in dieser Mischung ca. 2,5 bis 25 Gew.-% beträgt.

Derartige Polydiorganosiloxan-Polycarbonat-Blockcopolymere sind z.B. aus US-PS 3 189 662, US-PS 3 821 325 und US-PS 3 832 419 bekannt.

Bevorzugte Polydiorganosiloxan-Polycarbonat-Blockcopolymere werden hergestellt, indem man  $\alpha$ ,  $\omega$ -Bishydroxyaryloxy-endgruppen-haltige Polydiorganosiloxane zusammen mit anderen Diphenolen, gegebenenfalls unter Mitverwendung von Verzweigern in den üblichen Mengen, z. B. nach dem Zweiphasengrenzflächenverfahren (s. dazu H. Schnell, Chemistry and Physics of Polycarbonates Polymer Rev. Vol. IX, Seite 27 ff, Interscience Publishers New York 1964) umgesetzt, wobei jeweils das Verhältnis der bifunktionellen phenolischen Reaktanten so gewählt wird, dass daraus ein geeigneter Gehalt an aromatischen Carbonatstruktureinheiten und Diorganosiloxy-Einheiten resultiert.

Derartige alpha, omega-Bishydroxyaryloxyendgruppen-haltige Polydiorganosiloxane sind z.B. aus US 3 419 634 bekannt.

Als polymere Teilchen auf Acrylatbasis für Streupartikel werden bevorzugt solche eingesetzt, wie sie in EP-A 634 445 offenbart werden.

Die polymeren Teilchen haben einen Kern aus einem kautschukartigen Vinylpolymeren. Das kautschukartige Vinylpolymere kann ein Homo- oder Copolymeres von einem beliebigen der Monomeren sein, die wenigstens eine ethylenartig ungesättigte Gruppe besitzen und die eine Additionspolymerisation - wie sie allgemein bekannt ist - unter den Bedingungen der Emulsionspolymerisation in einem wässrigen Medium eingehen. Solche Monomere sind in US 4 226 752, Spalte 3, Zeilen 40 - 62, aufgelistet.

Am meisten bevorzugt enthalten die polymeren Teilchen einen Kern aus kautschukartigem Alkylacrylatpolymeren, wobei die Alkylgruppe 2 bis 8 Kohlenstoffatome aufweist, wahlweise copolymerisiert mit 0 bis 5 % Vernetzer und 0 bis 5 % Pfropfvernetzer, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kerns. Das kautschukartige Alkylacrylat ist bevorzugt mit bis zu 50 % von einem oder mehreren copolymerisierbaren Vinylmonomeren copolymerisiert, beispielsweise den zuvor genannten. Geeignete vernetzende und pfropfvernetzende Monomere sind beispielsweise in EP-A 0 269 324 beschrieben sind.

Die polymeren Teilchen enthalten einen oder mehrere Mäntel. Dieser eine Mantel oder diese mehreren Mäntel sind bevorzugt aus einem Vinylhomo- oder -copolymeren hergestellt. Geeignete Monomere zur Herstellung des/der Mantels/Mäntel sind im US-Patent No. 4 226 752, Spalte 4, Zeilen 20 - 46, aufgeführt,

wobei auf die Angaben hierüber Bezug genommen wird. Ein Mantel oder mehrere Mäntel sind bevorzugt ein Polymeres aus einem Methacrylat, Acrylat, Vinylaren, Vinylcarboxylat, Acrylsäure und/oder Methacrylsäure.

Die polymeren Teilchen sind nützlich, um dem transparenten Kunststoff, bevorzugt Polycarbonat, Lichtstreuungseigenschaften zu verleihen.

Die polymeren Teilchen haben vorzugsweise einen Durchschnittsteilchendurchmesser (mittleren Teilchendurchmesser oder -größe) von wenigstens 0,5  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von wenigstens 1  $\mu\text{m}$  bis höchstens 100  $\mu\text{m}$ , mehr bevorzugt von 2 bis 50  $\mu\text{m}$ , am meisten bevorzugt von 2 bis 30  $\mu\text{m}$ . Unter „Durchschnittsteilchendurchmesser“ (mittlerer Teilchendurchmesser) ist der Zahlen-durchschnitt zu verstehen. Bevorzugt haben wenigstens 90 %, am meisten bevorzugt wenigstens 95 % der polymeren Teilchen einen Durchmesser von mehr als 1  $\mu\text{m}$  und kleiner als 100  $\mu\text{m}$ . Die polymeren Teilchen sind bevorzugt ein freifließendes Pulver, bevorzugt in kompaktierter Form.

Die polymeren Teilchen können folgendermaßen hergestellt werden: Im Allgemeinen wird wenigstens eine Monomerenkomponente des Kernpolymeren der Emulsionspolymerisation unter Bildung von Emulsionspolymerteilchen unterworfen. Die Emulsionspolymerteilchen werden mit derselben oder einer oder mehreren anderen Monomerenkomponenten des Kernpolymeren gequollen, und das/die Monomere werden innerhalb der Emulsionspolymerteilchen polymerisiert. Die Stufen des Quellens und Polymerisierens können wiederholt werden, bis die Teilchen auf die gewünschte Kerngröße angewachsen sind. Die Kernpolymerteilchen werden in einer zweiten wässrigen Monomerenemulsion suspendiert, und es wird ein Polymermantel aus dem/den Monomeren auf die Polymerteilchen in der zweiten Emulsion polymerisiert. Ein Mantel

oder mehrere Mäntel können auf dem Kernpolymeren polymerisiert werden. Die Herstellung von Kern/Mantel-Polymerteilchen ist in EP-A 0 269 324 und in den US-Patenten 3,793,402 und 3,808,180 beschrieben.

Die Strahlungsauskopplungsschicht wird vorzugsweise durch Extrusion hergestellt.

Zur Extrusion wird z.B. ein Polycarbonat-Granulat dem Extruder zugeführt und im Plastifizierungssystem des Extruders aufgeschmolzen. Die Kunststoffschmelze wird durch eine Breitschlitzdüse gedrückt und dabei verformt, im Walzenspalt eines Glättkalanders in die gewünschte endgültige Form gebracht und durch wechselseitige Kühlung auf Glättwalzen und der Umgebungsluft formfixiert. Die zur Extrusion verwendeten Polycarbonate mit hoher Schmelzeviskosität werden üblicherweise bei Schmelzetemperaturen von 260 bis 320°C verarbeitet, entsprechend werden die Zylindertemperaturen des Plastifizierzylinders sowie Düsentemperaturen eingestellt.

Durch Einsatz von einem oder mehrerer Seitenextruder und geeigneten Schmelzeadaptoren vor der Breitschlitzdüse lassen sich Polycarbonatschmelzen verschiedener Zusammensetzung oder auch - wie vorstehend beschrieben - Schmelzen anderer Polymere übereinander legen und somit mehrschichtige Folien erzeugen (siehe beispielsweise EP-A 0 110 221 und EP-A 0 110 238).

Die Herstellung der Strahlungsauskopplungsschicht wird anhand des folgenden Beispiels näher erläutert:

Zweischichtige Folie mit lichtstreuender Schicht und geometrischer Strukturschicht

Beispiel A) Herstellung eines Master-Batches durch Compoundierung:

Die Herstellung des Master-Batches erfolgt mit herkömmlichen Zweischnecken-Compoundierextrudern (z.B. ZSK 32) bei für Polycarbonat üblichen Verarbeitungstemperaturen von 250 bis 330°C.

Es wurde ein Master-Batch mit folgender Zusammensetzung hergestellt:

1. 80 Gew.-% Makrolon® 3108 550115 (Polycarbonat (PC) der Fa. Bayer MaterialScience AG)
2. 20 Gew.-% Streu-Teilchen (Techpolymer® MBX 5 der Fa. Sekisui) mit einer Teilchengröße von 2 bis 15 µm und einer mittleren Teilchengröße von 8 µm.

Die verwendete Anlage für die Herstellung der Strahlungsauskopplungsschichten besteht aus (i) einem Hauptextruder mit einer Schnecke von 105 mm Durchmesser (D) und einer Länge von 41xD; die Schnecke weist eine Entgasungszone auf; (ii) einem Dreiwalzen-Glättkalander mit horizontaler Walzenanordnung, wobei die dritte Walze um +/- 45° gegenüber der Horizontalen schwenkbar ist; (iii) einer Rollenbahn; (iv) einer Einrichtung zum beidseitigen Aufbringen von Schutzfolie; (v) einer Abzugseinrichtung; (vi) Aufwickelstation.

Es wurde folgende Lichtstreuende Zusammensetzung dem Hauptextruder zugeführt:

1. 50,0 Gew.-% Makrolon® 3108 550115 (PC der Fa. Bayer MaterialScience AG)
2. 50,0 Gew.-% Masterbatch (wie oben unter A) beschrieben)

Beispiel B)

Das Granulat des Materials für die Schicht mit der geometrische Struktur Makrolon 2600 wurde dem Fülltrichter des Coextruders zugeführt. Im Plastifiziersystem Zylinder/Schnecke der Extruder erfolgte das Aufschmelzen und Fördern des Materials. Die Materialschmelze wurde dem Glättkalander zugeführt, dessen Walzen die in der untenstehenden Tabelle genannte Temperatur aufwiesen. Auf dem Glättkalander (bestehend aus drei Walzen) erfolgte die endgültige Formgebung und Abkühlung der Strahlungsauskopplungsschicht. In die Oberfläche der Walze 2 war die in Figur 4 abgebildete Struktur eingefräst. Zur Texturierung der entgegengesetzten Oberfläche wurde dabei eine Gummi-Walze eingesetzt. Die für die Strukturierung der Oberfläche verwendete Gummi-Walze ist in US- 4 368 240 der Fa. Nauta Roll Corporation offenbart. Anschließend wurde die Folie durch einen Abzug transportiert.

Tabelle:

Verfahrensparameter	
Temperatur des Hauptextruders	etwa 275°C
Temperatur des Coextruders	etwa 260°C
Temperatur des Umlenkkopfes	etwa 285°C
Temperatur der Düse	etwa 300°C
Drehzahl des Hauptextruders	45 min <sup>-1</sup>
Temperatur der Gummiwalze 1	24°C
Temperatur der Walze 2	72°C
Temperatur der Walze 3	131°C
Abzugsgeschwindigkeit	21,5 m/min

Die Streueigenschaften der Strahlungsauskopplungsschicht bzw. der Teilschicht, die Streuzentren enthält, lassen sich zuverlässig und auf besonders einfache Weise mittels der Henyey-Greenstein-Phasenfunktion P

$$P(\cos\vartheta) = \frac{1 - g^2}{4\pi(1 + g^2 - 2g\cos\vartheta)^{\frac{3}{2}}}$$

beschreiben.

Hierbei ist  $\vartheta$  der Zwischenwinkel zwischen einem auf die Strahlungsauskopplungsschicht einfallenden Strahl und diesem Strahl nach der Streuung. Erfolgt in der Strahlungsauskopplungsschicht eine Transmission so ist  $\vartheta$  zwischen der (gedachten) Fortsetzung des einfallenden Strahls auf der Austrittsseite und dem austretenden Strahl gebildet.

Der Streu-Anisotropiefaktor  $g$  ( $g$ -Faktor) beschreibt die Streueigenschaften der Strahlungsauskopplungsschicht. Dieser  $g$ -Faktor liegt zwischen  $-1$  und  $1$ , wobei ein Wert von  $-1$  spiegelartiger Rückstreuung, ein Wert von  $0$  isotroper Streuung und ein Wert von  $1$  keiner Änderung im Strahlverlauf entspricht.  $g$ -Faktoren im Bereich größer  $0$  geben die Vorwärtsstreuung an. Der  $g$ -Faktor ist experimentell zugänglich.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Strahlungsauskopplungsschicht 8 bzw. die Streubereiche enthaltende Teilschicht 81 derart ausgebildet, dass der  $g$ -Faktor  $0,3$  bis  $0,9$ , bevorzugt  $0,5$  bis  $0,7$ , beträgt. Hierdurch lässt sich die auskoppelbare Strahlungsleistung deutlich erhöhen.

Figur 5A, 5B und 5C zeigen den Anteil ausgekoppelter Strahlungsleistung abhängig vom Beobachtungswinkel ( $0 - 90^\circ$ ) für eine OLED. Zusätzlich ist das Abstrahlungsprofil eines Lambertischen Strahlers gezeigt. Für die Messung wurde eine weißes Licht emittierende OLED eingesetzt. Die verwendete OLED weist eine aus zwei Teilschichten bestehenden Strahlungsauskopplungsschicht der Dicke  $188 \mu\text{m}$  (Teilschicht mit Strukturelementen) und  $300 \mu\text{m}$  (Teilschicht mit Streupartikeln) auf. Die dem



Substrat näher liegende Teilschicht enthält als Streupartikel 10 Gew.-% Techpolymer MBX 5 (der Fa. Sekisui) und als Matrixmaterial Makrolon 3108. Sämtliche Versuche wurden mit bei einer Stromdichte von  $4,3 \text{ mA/cm}^2$  durchgeführt. Ein Beobachtungswinkel von  $0^\circ$  in Fig. 5 A-C entspricht dabei einem Beobachtungswinkel entlang der Flächennormalen bzw. des Normalenvektors (wie oben beschrieben).

Figur 5 A zeigt das normierte Abstrahlungsprofil für eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung in Form von Mikrolinsen mit voneinander beabstandet vorliegenden Teilschichten als durchgezogene Linie (die Beabstandung wird durch die Oberflächenrauheit der Teilschicht, die die geometrischen Strukturelemente enthält, realisiert). Als gestrichelte Linie ist das normierte Abstrahlungsprofil einer entsprechenden Anordnung, die keine Strahlungsauskopplungsschicht aufweist gezeigt. Die gepunktete Linie zeigt das Abstrahlungsprofil eines Lambertischen Strahlers. Eine OLED mit einer derart ausgebildeten Strahlungsauskopplungsschicht eignet sich insbesondere für Strahlungsquellen, die vom zu beleuchtenden Objekt verhältnismäßig weit entfernt angeordnet sind (z.B. Deckenleuchten in Räumen); die Intensität der ausgekoppelten Strahlung ist insbesondere bei Beobachtungswinkeln zwischen  $-30$  und  $+30$  Grad gegenüber der einer Anordnung ohne Strahlungsauskopplungsschicht erhöht.

Figur 5 B zeigt das normierte Abstrahlungsprofil für eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung wie in Fig. 4 abgebildet. Die einzelnen Strukturelemente haben dabei eine rotationssymmetrische Geometrie (Höhe der Struktur 70 bis  $74 \text{ }\mu\text{m}$ , Abstand der Maxima  $103 \text{ }\mu\text{m}$ ) und es liegen voneinander beabstandete Teilschichten vor (die Beabstandung wird durch die Oberflächenrauheit der Teilschicht, die die geometrischen Struktur-

elemente enthält, realisiert) - dargestellt als durchgezogene Linie. Als gestrichelte Linie ist das normierte Abstrahlungsprofil einer entsprechenden Anordnung, die keine Strahlungsauskopplungsschicht aufweist gezeigt. Die gepunktete Linie zeigt das Abstrahlungsprofil eines Lambertschen Strahlers. Eine OLED mit einer derart ausgebildeten Strahlungsauskopplungsschicht eignet sich insbesondere für Strahlungsquellen, die die relativ nahe am zu bestrahlenden Objekt angeordnet sind (etwa task lights z.B. für die Arbeitsplatz- oder Esstischbeleuchtung); die Intensität der ausgekoppelten Strahlung ist nicht nur bei Beobachtungswinkeln zwischen  $-30$  und  $+30$  Grad sondern auch in Beobachtungswinkeln zwischen  $-30$  und  $-45$  Grad bzw. zwischen  $+30$  und  $+45$  Grad gegenüber der einer Anordnung ohne Strahlungsauskopplungsschicht erhöht.

Figur 5 C zeigt das Abstrahlungsprofil aus Figur 5 B in nicht normierter Form.

Mittels der erfindungsgemäßen OLEDs kann die Effizienz gesteigert werden und auch die Leuchtdichte entlang der Flächennormalen deutlich erhöht werden kann. Die Lichtausbeute einer erfindungsgemäßen OLED beträgt im Regelfall mindestens 20 lm/W gleichzeitig beträgt die Leuchtdichte bei  $0^\circ$  im Regelfall mindestens  $1400 \text{ cd/m}^2$ : Unabhängig von der Leuchtdichte bei  $0^\circ$  beträgt die Lichtausbeute bevorzugt mindestens 22 lm/W; Unabhängig von der Lichtausbeute beträgt die Leuchtdichte bei  $0^\circ$  üblicherweise mindestens  $1550 \text{ cd/m}^2$ , bevorzugt mindestens  $1650 \text{ cd/m}^2$  und besonders bevorzugt mindestens  $1800 \text{ cd/m}^2$ .

Die nachfolgenden Tabelle verdeutlicht Steigerung der Effizienz und die Erhöhung der Leuchtdichte entlang der Flächennormalen anhand konkreter Beispiele. Die Messungen wurden mittels einer Anordnung wie für Figur 5 A-C beschrieben durchgeführt:

Partikel-Ge- halt <sup>°</sup> [Gew.-%] / Dicke <sup>◇</sup> [µm]	Geometrische Strukturele- mente	Beabstan- dete Teil- schichten	Licht- ausbeute [lm/W]	Leucht- dichte bei 0° [cd/m <sup>2</sup> ]
4 / 100	MLA	ja	20,7	1597
10 / 100	MLA	ja	23,0	1819
10 / 200	MLA	ja	22,3	1834
10 / 300	MLA	ja	22,5	1858
keine Schicht	MLA	ja	17,5	1457
2 / 300	MLA	nein		1422
keine Schicht	MLA	nein		1579
2 / 300	Keine Schicht	nein		1207
Keine Strahlungsauskopplungsschicht			21,5	981

\* MLA = Mikrolinsen-Array

<sup>°</sup> als Streupartikel wurde Techpolymer MBX 5 (Fa. Sekisui) in Makrolon 3108 als Matrix verwendet

<sup>◇</sup> Schichtdicke der die Streupartikel enthaltenden Teilschicht  
Sämtliche Versuche wurden bei einer Stromdichte von 4,3 mA/cm<sup>2</sup> durchgeführt.

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass durch eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung mit regelmäßig angeordneten geometrischen Strukturelementen (in Form eines Mikrolinsen-Arrays) eine deutlich erhöhte Leuchtdichte bei 0° resultiert. Eine zusätzliche Erhöhung kann durch Anordnungen mit beabstandeten Teilschichten realisiert werden. Ferner ist der Tabelle zu entnehmen, dass durch eine Erhöhung des Partikelgehalts sowohl die Leuchtdichte bei 0° als auch die Lichtausbeute deutlich ansteigt und bei einer Erhöhung der Schichtdicke der die Partikel enthaltenden Schicht eine zusätzliche Erhöhung der Leuchtdichte bei 0° resultiert.

Neben der erhöhten Auskopplung, insbesondere bei Betrachtungswinkeln von 0 bis 45 ° liegt ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Strahlungsauskopplungsschicht darin, dass Schwankungen im Farbort vermindert werden können. Der Farbort kann sich insbesondere mit dem Blickwinkel ändern. Derartige Farbortschwankungen sind bei vielen OLEDs intrinsisch vorhanden. Farbortschwankungen, das heißt Schwankungen in der x- und/oder y-Koordinate gemäß der CIE (Commission internationale de l'éclairage), können mittels der erfindungsgemäßen Strahlungsauskopplungsschicht reduziert werden (vergleiche Figur 6). Für die Schwankungen des Farborts  $\Delta x$  und  $\Delta y$  gilt bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen generell im Regelfall folgendes (bei Messungen für die Betrachtungswinkel von 0 bis 45 °):  $\Delta x \leq 0,1$  und/oder  $\Delta y \leq 0,05$ . Häufig gilt sogar  $\Delta x \leq 0,07$  und/oder  $\Delta y \leq 0,025$  und vielfach auch  $\Delta x \leq 0,04$  und/oder  $\Delta y \leq 0,015$ . Die Differenz  $\Delta x$  und  $\Delta y$  ist hierbei folgendermaßen definiert:  $\Delta x = x_{\max} - x_{\min}$  und  $\Delta y = y_{\max} - y_{\min}$ , wobei  $x_{\max}$  und  $y_{\max}$  den maximalen für einen Betrachtungswinkel zwischen 0 und 45 ° gemessenen x- bzw. y-Wert darstellt und  $x_{\min}$  und  $y_{\min}$  den minimalen für einen Betrachtungswinkel zwischen 0 und 45 ° gemessenen x- bzw. y-Wert.

Figur 6 A zeigt die CIE-Koordinaten für Emissions- (bzw. Beobachtungs-)winkel von 0°- bis 70° (in 5°-Schritten gemessen). Die Messpunkte für eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung in Form von Mikrolinsen mit voneinander beabstandet vorliegenden Teilschichten sind als ausgefüllte Quadrate gekennzeichnet (die selbe Anordnung liegt auch Figur 5 A - durchgezogene Linie - zugrunde). Die Messpunkte für die selbe Anordnung mit einer Mikrostrukturierung in Form von Mikrolinsen mit voneinander beabstandet vorliegenden Teilschichten aber ohne eine Streupartikel enthaltende Teilschicht sind als nicht ausgefüllte Quadrate gekennzeichnet. Als Dreiecke sind die Mess-

punkte für eine entsprechenden Anordnung, die keine Strahlungsauskopplungsschicht aufweist, gezeigt (der  $0^\circ$ -Wert weist einen x-Wert von ca. 0,39 auf; die selbe Anordnung liegt auch Figur 5 A - gestrichelte Linie - zugrunde).

Figur 6 B zeigt die CIE-Koordinaten für Emissions- (bzw. Beobachtungs-)winkel von  $0^\circ$ - bis  $75^\circ$ . Die gemessenen Werte für eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung gemäß Figur 4 mit voneinander beabstandet vorliegenden Teilschichten sind als durchgezogene Linie gekennzeichnet (die selbe Anordnung liegt auch Figur 5 B - durchgezogene Linie -zugrunde). Die gemessenen Werte für eine entsprechenden Anordnung, die keine Strahlungsauskopplungsschicht aufweist, sind als gepunktete Linie gekennzeichnet (der  $0^\circ$ -Wert weist einen x-Wert von ca. 0,415 auf; die selbe Anordnung liegt auch Figur 5 B - gestrichelte Linie - zugrunde).

Figur 6 C zeigt zeigt die CIE-Koordinaten für Emissions- (bzw. Beobachtungs-)winkel von  $0^\circ$ - bis  $70^\circ$  (in  $5^\circ$ -Schritten gemessen). Die Messpunkte für eine Anordnung mit einer Mikrostrukturierung in Form von Mikrolinsen sind als ausgefüllte Quadrate gekennzeichnet. Im Unterschied zu Figur 6 A liegt hier eine Ausführungsform mit nicht voneinander beabstandeten Teilschichten vor. Die Messpunkte für die selbe Anordnung mit einer Mikrostrukturierung in Form von Mikrolinsen aber ohne eine Streupartikel enthaltende Teilschicht sind als nicht ausgefüllte Quadrate gekennzeichnet. Die Messpunkte für eine Anordnung ohne Mikrostrukturierung aber mit Streupartikeln sind als nicht ausgefüllte Kreise gekennzeichnet. Als Dreiecke sind die Messpunkte für eine entsprechenden Anordnung, die keine Strahlungsauskopplungsschicht und keine Streupartikel aufweist, gezeigt.

Die 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 von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet.

## Patentansprüche

1. Strahlungsemittierende Vorrichtung, umfassend eine organische strahlungsemittierende Funktionsschicht, die eine Primärstrahlung emittiert, und eine im Strahlengang der Primärstrahlung angeordnete Strahlungsauskopplungsschicht, wobei die Strahlungsauskopplungsschicht auf der der strahlungsemittierenden Funktionsschicht abgewandten Seite eine Mikrostrukturierung mit regelmäßig angeordneten geometrischen Strukturelementen aufweist und die Strahlungsauskopplungsschicht zumindest in Teilbereichen Regionen enthält, die eine Streuung der Primärstrahlung bewirken.
2. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die lichtstreuenden Regionen Partikel, Hohlpartikel und Gaseinschlüsse umfassen.
3. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die lichtstreuenden Regionen einen mittleren Durchmesser von 0,5 bis 100  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 2 bis 20  $\mu\text{m}$ , besitzen.
4. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die geometrischen Strukturelemente ausgewählt werden aus Strukturelementen nach Art eines Segments einer Kugel, Strukturelementen nach Art eines Segments eines Rotationsellipsoids, Strukturelementen nach Art einer Pyramide und Strukturelementen nach Art eines Kegels oder Mischungen dieser Strukturelemente.

5. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede von einem Maximum des geometrischen Strukturelements zu dessen Basis verlaufende ebene Kurve in ihrem der strahlungsemittierenden Schicht zugewandten untersten Drittel nur Krümmungen aufweist, die kleiner sind als jegliche Krümmung im entsprechenden obersten Drittel der ebenen Kurve.
6. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das geometrische Strukturelement eine Grundfläche besitzt die ein Polygon ist.
7. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mikrostrukturierung mittels einer Metallwalze in eine Oberfläche der Strahlungsauskopplungsschicht einprägbare ist.
8. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Maxima zueinander benachbarter geometrischer Strukturelemente einen Abstand von 30 bis 500  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 100 bis 250  $\mu\text{m}$  besitzen.
9. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die Strahlungsauskopplungsschicht neben Regionen, die eine Streuung der Primärstrahlung bewirken, eine Matrix aufweist, die ein für die Primärstrahlung transparentes Polymer, insbesondere ein Polycarbonat, umfasst.
10. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Bereich der geometrischen Strukturelemente keine Teilbereiche, die eine Streuung der Primärstrahlung bewirken, vorgesehen sind.



11. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strahlungsauskopplungsschicht direkt auf der jeweils der strahlungsemittierenden Funktionsschicht abgewandten Seite eines Substrats, einer Barrierschicht oder einer transparenten Elektrode angeordnet ist.
12. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strahlungsauskopplungsschicht zumindest zwei voneinander beabstandete Teilschichten umfasst, wobei zwischen den Teilschichten ein Gas vorliegt und wobei ferner die einander zugewandten Grenzflächen der Teilschichten im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen und im Wesentlichen parallel zur der strahlungsemittierenden Funktionsschicht zugewandten Fläche der Strahlungsauskopplungsschicht verlaufen.
13. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zwischen den beabstandeten Teilschichten eine Stützstruktur, insbesondere eine Stützstruktur aus einem transparenten Material, angeordnet ist.
14. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die als OLED ausgebildet ist.
15. Strahlungsemittierende Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die zur Beleuchtung, insbesondere zur großflächigen Beleuchtung vorgesehen ist.

FIG 1

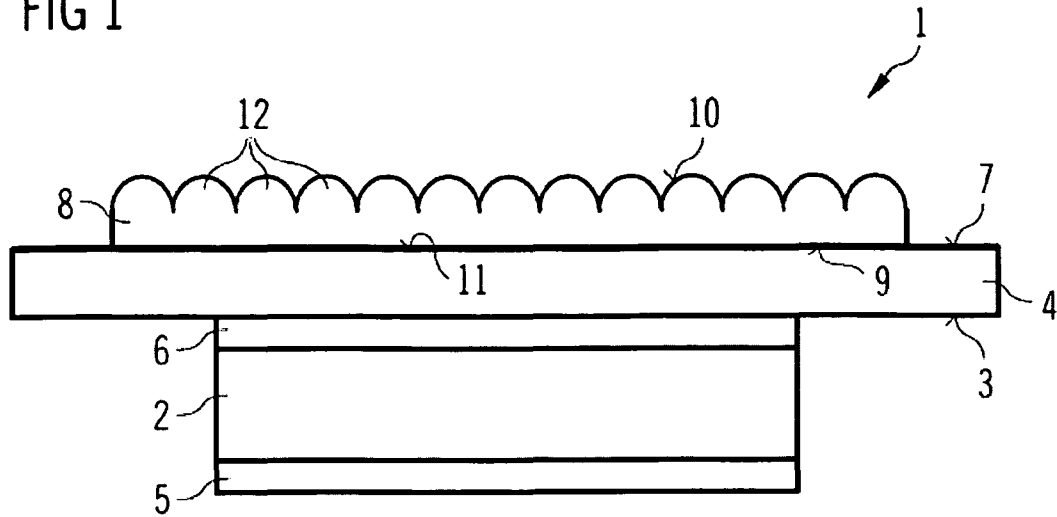


FIG 2

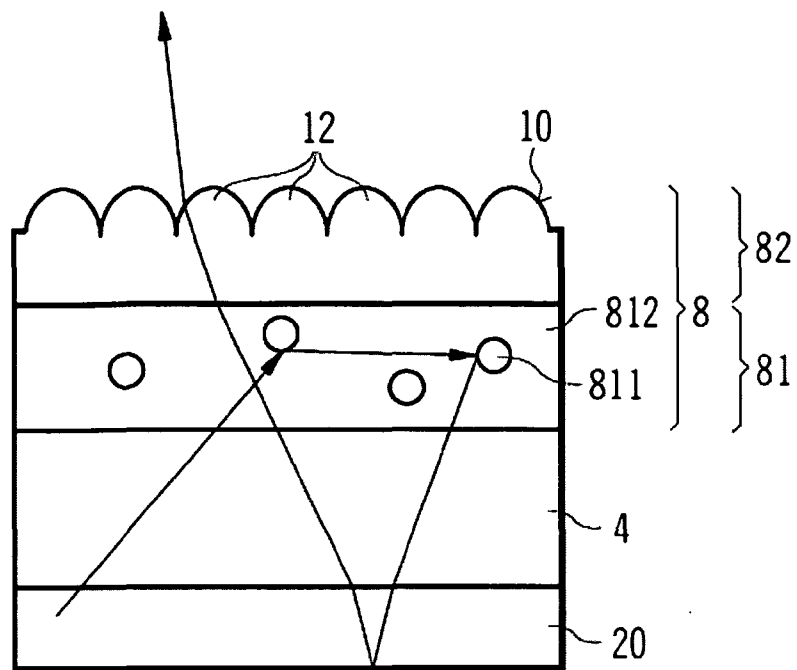


FIG 3

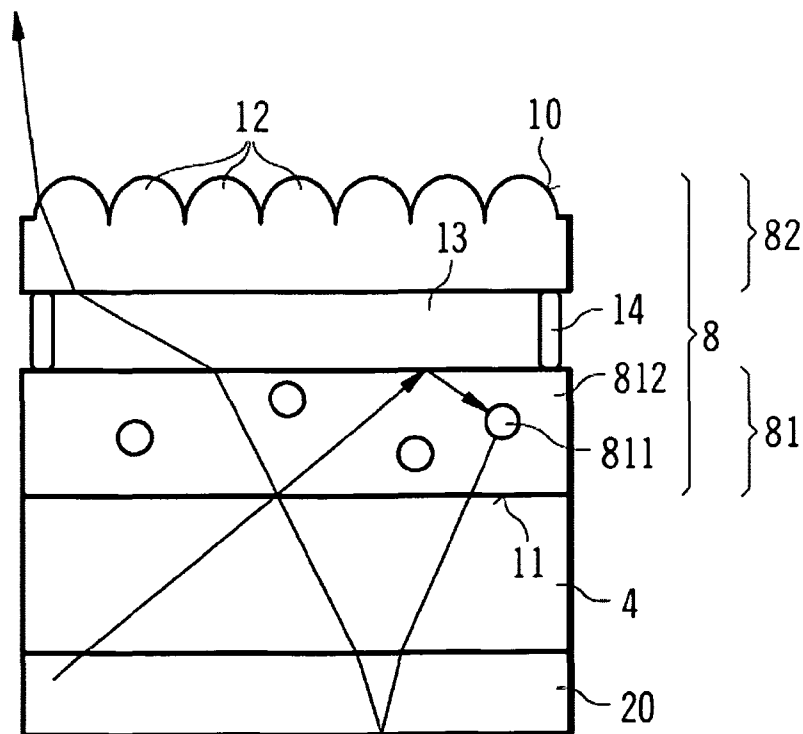


Fig. 4

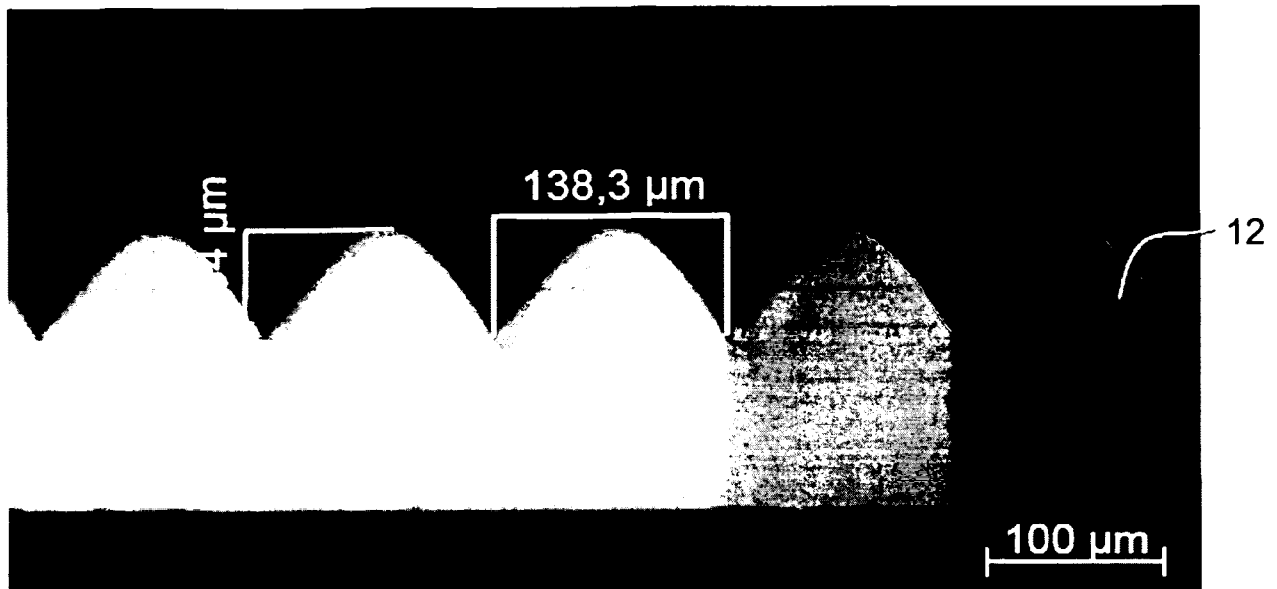


Fig. 4 A

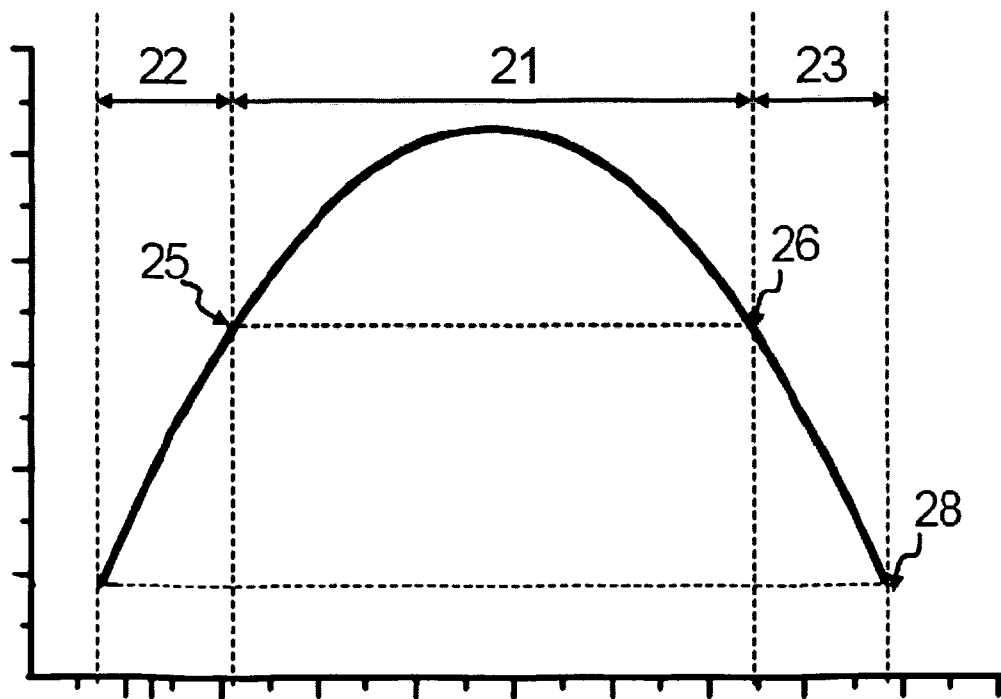


FIG 5 A

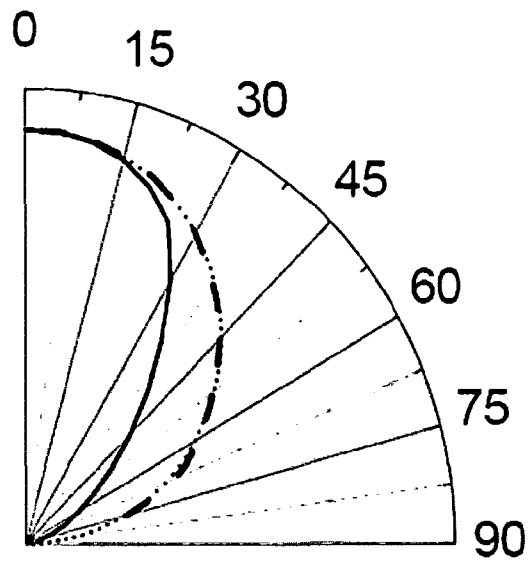


FIG 5 B

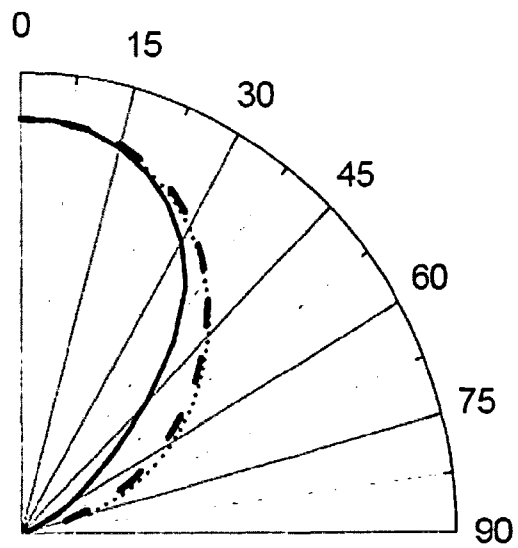


FIG 5 C

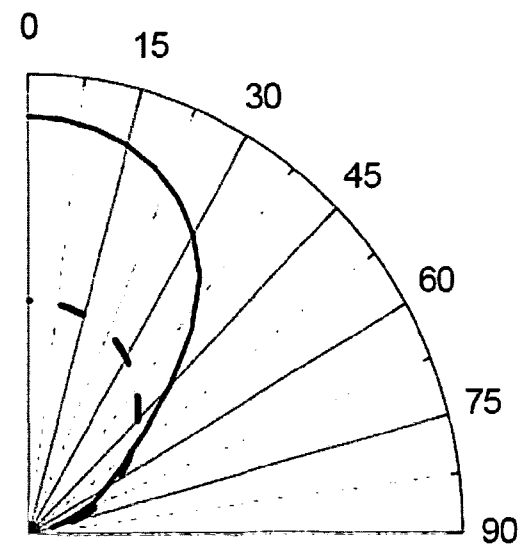


FIG 6 A

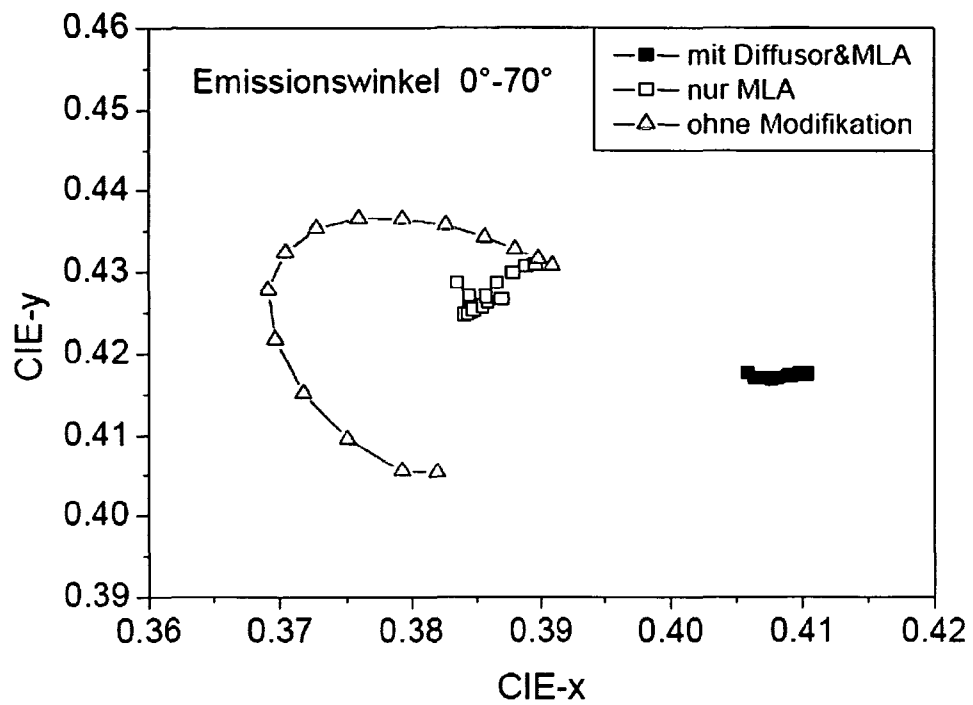


FIG 6 B

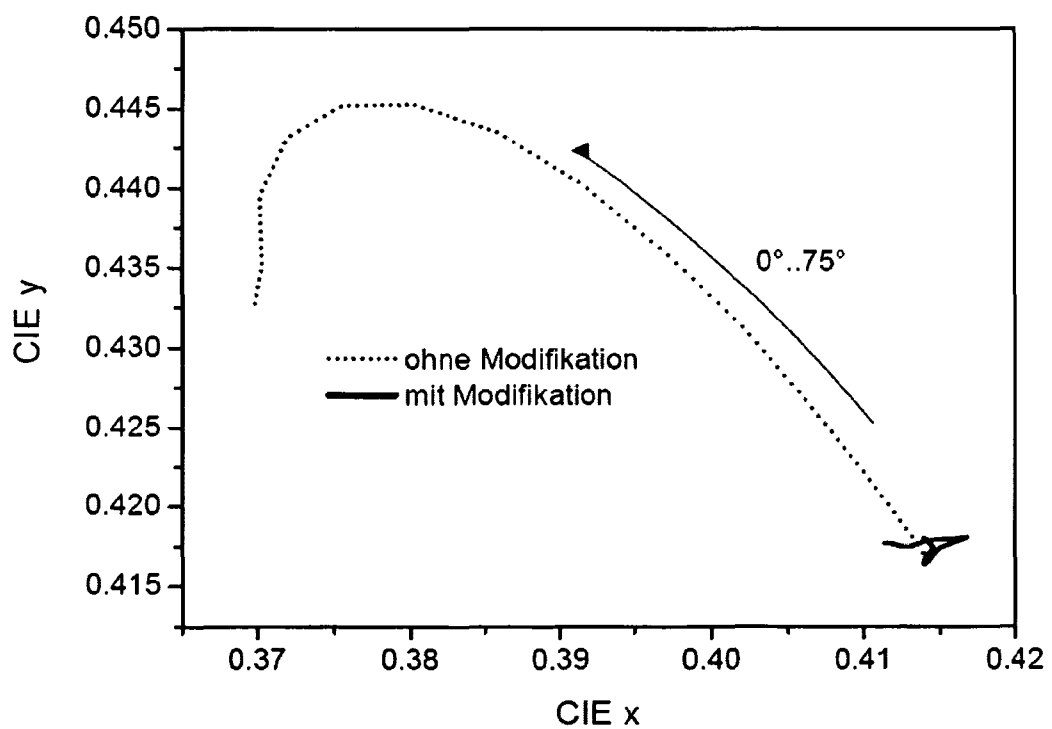
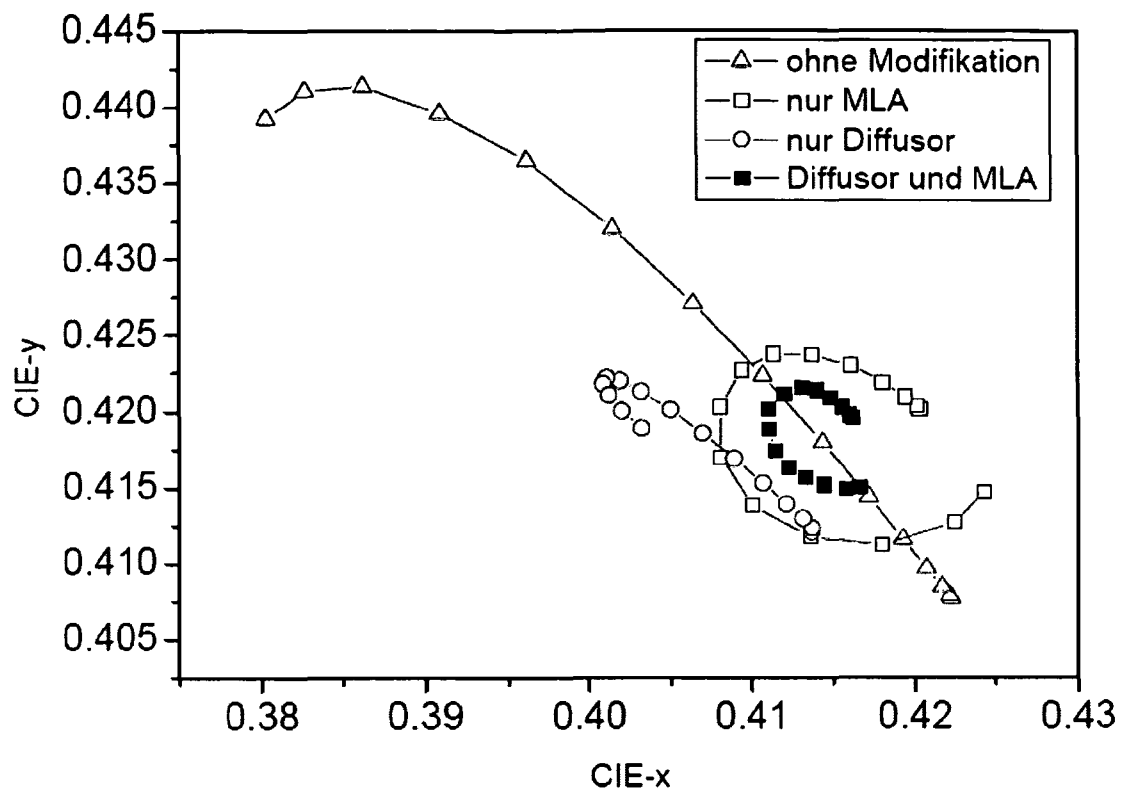


FIG 6 C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/058481

**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 G02F H05B

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	WO 02/37580 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 10 May 2002 (2002-05-10)	1-4,6, 8-15
Y	pages 11,12,13 pages 15-17 pages 30,31	5,7
X	JP 2003 109747 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 11 April 2003 (2003-04-11)	1,2,4, 9-11,14, 15
Y	paragraph [0021]; figure 3	5,7
X	JP 2006 030872 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2 February 2006 (2006-02-02)	1,4,6,8, 9,11,14, 15
Y	* abstract; figures 2,3 paragraph [0027]	7
	----- -/--	

☒ 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

2 September 2010

Date of mailing of the international search report

13/09/2010

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

Faou, Marylène



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/058481

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GREINER H: "Light extraction from organic light emitting diode substrates: Simulation and experiment" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP LNKD-DOI:10.1143/JJAP.46.4125, vol. 46, no. 7A, 1 July 2007 (2007-07-01), pages 4125-4137, XP001517975 ISSN: 0021-4922 page 4128; figure 4 page 4135; figures 39,40	5,7
X	US 2005/057176 A1 (LU TIEN-RONG [TW] ET AL) 17 March 2005 (2005-03-17)	1,2,4,6, 9,11,14, 15
Y	paragraphs [0013], [0038], [0062]; figures 4a-4c,8,11	5,7,8
Y	JP 2004 212716 A (SEIKO EPSON CORP) 29 July 2004 (2004-07-29) paragraph [0021]	8
Y	US 2009/015142 A1 (POTTS JOHN E [US] ET AL) 15 January 2009 (2009-01-15) paragraphs [0063] - [0066]	7
X,P	WO 2009/081750 A1 (ZEON CORP [JP]; YAMADA YASUMI [JP]; INOUE HIROYASU [JP]) 2 July 2009 (2009-07-02) paragraphs [0012], [0016], [0018]; figures 1-6 paragraphs [0028] - [0036], [0042], [0050], [0051]	1-9,11, 14,15
E	-& EP 2 224 788 A1 (ZEON CORP [JP]) 1 September 2010 (2010-09-01)	1-9,11, 14,15
A	US 2003/124752 A1 (WEI MAO-KUO [TW] ET AL) 3 July 2003 (2003-07-03) paragraphs [0021], [0023]; figures 4A-4C,5-7	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/058481

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0237580	A1	10-05-2002	AU 4734201 A	15-05-2002
			CN 1714460 A	28-12-2005
			EP 1330847 A1	30-07-2003
			JP 2004513484 T	30-04-2004
			TW 595011 B	21-06-2004
-----				
JP 2003109747	A	11-04-2003	NONE	
-----				
JP 2006030872	A	02-02-2006	NONE	
-----				
US 2005057176	A1	17-03-2005	NONE	
-----				
JP 2004212716	A	29-07-2004	NONE	
-----				
US 2009015142	A1	15-01-2009	EP 2174169 A2	14-04-2010
			KR 20100047855 A	10-05-2010
			WO 2009011961 A2	22-01-2009
-----				
WO 2009081750	A1	02-07-2009	EP 2224788 A1	01-09-2010
-----				
EP 2224788	A1	01-09-2010	WO 2009081750 A1	02-07-2009
-----				
US 2003124752	A1	03-07-2003	TW 520616 B	11-02-2003
			US 2005208864 A1	22-09-2005
-----				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/058481

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L51/52

ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L G02F H05B

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	WO 02/37580 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 10. Mai 2002 (2002-05-10)	1-4, 6, 8-15
Y	Seiten 11,12,13 Seiten 15-17 Seiten 30,31	5,7
X	JP 2003 109747 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 11. April 2003 (2003-04-11)	1,2,4, 9-11,14, 15
Y	Absatz [0021]; Abbildung 3	5,7
X	JP 2006 030872 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2. Februar 2006 (2006-02-02)	1,4,6,8, 9,11,14, 15
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 2,3 Absatz [0027]	7
	----- -/-	



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 erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren 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

2. September 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/09/2010

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

Faou, Marylène

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/058481

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	GREINER H: "Light extraction from organic light emitting diode substrates: Simulation and experiment" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS, JP LNKD-DOI:10.1143/JJAP.46.4125, Bd. 46, Nr. 7A, 1. Juli 2007 (2007-07-01), Seiten 4125-4137, XP001517975 ISSN: 0021-4922 Seite 4128; Abbildung 4 Seite 4135; Abbildungen 39,40 -----	5,7
X	US 2005/057176 A1 (LU TIEN-RONG [TW] ET AL) 17. März 2005 (2005-03-17)	1,2,4,6, 9,11,14, 15
Y	Absätze [0013], [0038], [0062]; Abbildungen 4a-4c,8,11 -----	5,7,8
Y	JP 2004 212716 A (SEIKO EPSON CORP) 29. Juli 2004 (2004-07-29) Absatz [0021] -----	8
Y	US 2009/015142 A1 (POTTS JOHN E [US] ET AL) 15. Januar 2009 (2009-01-15) Absätze [0063] - [0066] -----	7
X,P	WO 2009/081750 A1 (ZEON CORP [JP]; YAMADA YASUMI [JP]; INOUE HIROYASU [JP]) 2. Juli 2009 (2009-07-02) Absätze [0012], [0016], [0018]; Abbildungen 1-6 Absätze [0028] - [0036], [0042], [0050], [0051] -----	1-9,11, 14,15
E	-& EP 2 224 788 A1 (ZEON CORP [JP]) 1. September 2010 (2010-09-01) -----	1-9,11, 14,15
A	US 2003/124752 A1 (WEI MAO-KUO [TW] ET AL) 3. Juli 2003 (2003-07-03) Absätze [0021], [0023]; Abbildungen 4A-4C,5-7 -----	1-15

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/058481

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0237580	A1	10-05-2002	AU	4734201 A	15-05-2002
			CN	1714460 A	28-12-2005
			EP	1330847 A1	30-07-2003
			JP	2004513484 T	30-04-2004
			TW	595011 B	21-06-2004
JP 2003109747	A	11-04-2003	KEINE		
JP 2006030872	A	02-02-2006	KEINE		
US 2005057176	A1	17-03-2005	KEINE		
JP 2004212716	A	29-07-2004	KEINE		
US 2009015142	A1	15-01-2009	EP	2174169 A2	14-04-2010
			KR	20100047855 A	10-05-2010
			WO	2009011961 A2	22-01-2009
WO 2009081750	A1	02-07-2009	EP	2224788 A1	01-09-2010
EP 2224788	A1	01-09-2010	WO	2009081750 A1	02-07-2009
US 2003124752	A1	03-07-2003	TW	520616 B	11-02-2003
			US	2005208864 A1	22-09-2005