



(12) **Berichtigung der Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 110 024.4**

(22) Anmeldetag: **12.09.2013**

(43) Offenlegungstag: **12.03.2015**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.08.2023**

(15) Korrekturinformation:

Anspruch 8

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **09.11.2023**

(51) Int Cl.: **H10K 50/85 (2023.01)**
F21V 5/00 (2018.01)

(73) Patentinhaber:

Pictiva Displays International Limited, Dublin, IE

(74) Vertreter:

Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE

(72) Erfinder:

Wiesmann, Christopher, Dr., 82256
Fürstenfeldbruck, DE; Wehler, Thomas, Dr., 93138
Lappersdorf, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	10 2011 079 063	A1
DE	603 01 466	T2
US	6 587 620	B2
US	6 704 335	B1
WO	2006/ 091 614	A1
WO	2010/ 016 763	A1
WO	2013/ 038 971	A1
WO	2013/ 065 649	A1

(54) Bezeichnung: **Strahlungsemitterendes Bauelement mit organischem Schichtenstapel**

(57) Hauptanspruch: Strahlungsemitterendes Bauelement

(1) mit einem organischen Schichtenstapel (2), der auf einem Substrat (4) angeordnet ist, wobei

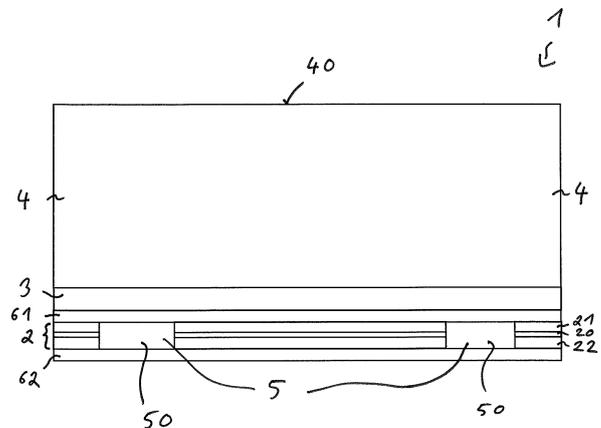
- auf einer dem organischen Schichtenstapel zugewandten Seite des Substrats eine Auskoppelstruktur (5) angeordnet ist;

- zwischen dem Substrat und der Auskoppelstruktur eine optische Zusatzschicht (3) angeordnet ist;

- die optische Zusatzschicht einen winkelselektiven Spiegel bildet, der nur solches im organischen Schichtenstapel im Betrieb erzeugtes Licht passieren lässt, das an einer der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche (40) des Substrats aus dem Substrat ausgekoppelt werden kann, wobei der winkelselektive Spiegel durch eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten der optischen Zusatzschicht gebildet ist,

- die Auskoppelstruktur mittels einer lateralen Strukturierung des organischen Schichtenstapels gebildet ist, und

- die Strukturierung durch zumindest eine Ausnehmung (50) in dem organischen Schichtenstapel gebildet ist und der organische Schichtenstapel mittels der zumindest einen Ausnehmung in zumindest zwei lateral voneinander getrennte Teilbereiche (25) unterteilt ist.



Die oben angegebenen bibliografischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft ein strahlungsemitterendes Bauelement mit einem organischen Schichtenstapel.

[0002] Die Druckschrift WO 2006 / 091 614 A1 offenbart ein OLED Bauelement mit verbessertem Lichtoutput.

[0003] DE 603 01 466 T2 betrifft eine organische Leuchtvorrichtung mit verbessertem Lichtextraktionswirkungsgrad.

[0004] WO 2010 / 016 763 A1 offenbart eine elektrische Transportkomponente, ein Verfahren zu deren Herstellung, eine elektrooptische Vorrichtung und eine optoelektrische Vorrichtung.

[0005] DE 10 2011 079 063 A1 beschreibt ein lichtemittierendes Bauelement und ein Verfahren zur Herstellung eines lichtemittierenden Bauelements.

[0006] US 6 587 620 B2 offenbart ein oberflächene-mittierendes Bauelement.

[0007] US 6 704 335 B1 adressiert ein Licht emittierendes Bauelement.

[0008] WO 2013 / 038 971 A1 offenbart ein Licht emittierendes Bauelement, ein Display und ein leuchtendes Bauelement.

[0009] WO 2013 / 065 649 A1 offenbart ein organisches Licht emittierendes Bauelement.

[0010] Die Effizienz von organischen strahlungse-mittierenden Bauelementen wie beispielsweise OLEDs ist oftmals durch die Auskoppel-effizienz der erzeugten Strahlung begrenzt.

[0011] Eine Aufgabe ist es, ein strahlungsemitterendes Bauelement anzugeben, das sich durch eine hohe Auskoppel-effizienz auszeichnet und gleichzeitig einfach herstellbar ist.

[0012] Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein strahlungsemitterendes Bauelement gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0013] Das Bauelement weist einen organischen Schichtenstapel auf. Der organische Schichtenstapel umfasst insbesondere einen zur Erzeugung von Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich. Beispielsweise ist der aktive Bereich zwischen einer ersten Transportschicht eines ersten Ladungstyps und einer zweiten Transportschicht eines vom ersten Ladungstyp verschiedenen zweiten Ladungstyps

angeordnet. Beispielsweise ist die erste Transportschicht eine Elektronentransportschicht und die zweite Transportschicht eine Löchertransportschicht oder umgekehrt. Beispielsweise enthält der aktive Bereich organische Polymere, organische Oligomere, organische Monomere, organische kleine, nicht-polymere Moleküle („small molecules“) oder Kombinationen daraus.

[0014] Das strahlungsemitterende Bauelement weist ein Substrat auf, auf dem der organische Schichtenstapel angeordnet ist. Das Substrat stützt den organischen Schichtenstapel mechanisch und kann starr oder flexibel ausgebildet sein. Eine vom organischen Schichtenstapel abgewandte Grenzfläche des Substrats ist beispielsweise als eine Strahlungsaustrittsfläche des strahlungsemitterenden Bauelements ausgebildet. Das Substrat ist beispielsweise für die im aktiven Bereich erzeugte Strahlung transparent oder zumindest transluzent.

[0015] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitterenden Bauelements weist das Bauelement eine erste Elektrodenschicht auf. Die erste Elektrodenschicht ist insbesondere auf einer dem Substrat zugewandten Seite des organischen Schichtenstapels ausgebildet. Zweckmäßigerweise weist das Bauelement auf der der ersten Elektrodenschicht abgewandten Seite des organischen Schichtenstapels eine zweite Elektrodenschicht auf. Im Betrieb des strahlungsemitterenden Bauelements können über die erste Elektrodenschicht und die zweite Elektrodenschicht Elektronen und Löcher von verschiedenen Seiten in den aktiven Bereich injiziert werden und dort unter Emission von Strahlung rekombinieren.

[0016] Das strahlungsemitterende Bauelement weist eine Auskoppelstruktur auf. Die Auskoppelstruktur ist insbesondere auf einer dem organischen Schichtenstapel zugewandten Seite des Substrats angeordnet. Die Auskoppelstruktur ist dafür vorgesehen, im organischen Schichtenstapel, insbesondere im aktiven Bereich erzeugte Strahlung umzulenken, beispielsweise aufgrund von Streuung und/oder Beugung.

[0017] Das strahlungsemitterende Bauelement weist eine optische Zusatzschicht auf. Die optische Zusatzschicht ist insbesondere zwischen dem Substrat und der Auskoppelstruktur angeordnet. Die optische Zusatzschicht ist dafür vorgesehen, insbesondere zusätzlich zur Auskoppelstruktur, die Strahlungsaus-koppel-effizienz für im Betrieb im strahlungsemitterenden Bauelement erzeugte Strahlung zu erhöhen.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitterenden Bauelements weist die optische Zusatzschicht einen Brechungsindex auf,

der kleiner als der Brechungsindex des Substrats ist. Weiterhin ist der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht kleiner als der Brechungsindex des organischen Schichtenstapels.

[0019] Je niedriger der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht ist, desto größer ist derjenige Strahlungsanteil, der an der optischen Zusatzschicht aufgrund von Totalreflexion in Richtung des organischen Schichtenstapels zurückreflektiert wird. Dieser Strahlungsanteil kann an der Auskoppelstruktur umgelenkt werden und nachfolgend zumindest teilweise unter einem kleineren Winkel zur Normalen auf dem organischen Schichtenstapel erneut auf die optische Zusatzschicht auftreffen. Der insgesamt durch die optische Zusatzschicht hindurchtretende Strahlungsanteil weist also einen verringerten Anteil an in großem Winkel auftreffender Strahlung zugunsten eines erhöhten Strahlungsanteils an Strahlung, die in einem kleinen Winkel zur Normalen verläuft, auf.

[0020] Als kleine Winkel werden im Zweifel insbesondere Winkel angesehen, die kleiner sind als der Grenzwinkel für Totalreflexion an der auf der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche des Substrats. Große Winkel sind entsprechend Winkel, die größer oder gleich dem Grenzwinkel für Totalreflexion an diese Grenzfläche sind.

[0021] Im kleinen Winkel zur Normalen in dem Substrat verlaufende Strahlung wird also aus dem Substrat zumindest teilweise ausgekoppelt. Durch den verringerten Strahlungsanteil, der in großen Winkeln auf die Grenzfläche auftrifft und dort totalreflektiert würde, wird insgesamt die Auskoppel-effizienz des strahlungsemitternden Bauelements erhöht.

[0022] Die optische Zusatzschicht bildet einen winkelselektiven Spiegel, der nur solches im organischen Schichtenstapel im Betrieb erzeugtes Licht passieren lässt, das auf an der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche des Substrats aus dem Substrat ausgekoppelt werden kann. Das bedeutet insbesondere, dass die winkelabhängige Reflektivität der optischen Zusatzschicht für Strahlung, die in einem Einkoppelwinkel in das Substrat eingekoppelt würde, bei dem die Strahlung nicht mehr an der Grenzfläche ausgekoppelt werden kann, mindestens 50 % beträgt. Vorzugsweise beträgt die Reflektivität für diesen Strahlungsanteil gemittelt mindestens 80 %.

Mit anderen Worten ist die optische Zusatzschicht so ausgebildet, dass Strahlung, die an der Grenzfläche des Substrats totalreflektiert würde und folglich nicht aus dem Substrat austreten könnte, bereits an dem winkelselektiven Spiegel reflektiert wird. Folglich kann dieser Strahlungsanteil mittels der Auskoppelstruktur umgelenkt werden und nachfolgend in einem kleinen Winkel zur Normalen auf die optische Zusatz-

schicht auftreffen und nach dem Durchtritt durch das Substrat an der Grenzfläche ausgekoppelt werden.

[0023] In mindestens einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements weist das Bauelement einen organischen Schichtenstapel auf, der auf einem Substrat angeordnet ist. Auf einer dem organischen Schichtenstapel zugewandten Seite des Substrats ist eine Auskoppelstruktur angeordnet. Zwischen dem Substrat und der Auskoppelstruktur ist eine optische Zusatzschicht angeordnet. Die optische Zusatzschicht weist einen Brechungsindex auf, der kleiner als der Brechungsindex des Substrats ist, oder die optische Zusatzschicht bildet einen winkelselektiven Spiegel, der nur solches im organischen Schichtenstapel im Betrieb erzeugtes Licht passieren lässt, das an einer der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche des Substrats aus dem Substrat ausgekoppelt werden kann.

[0024] Mittels der optischen Zusatzschicht wird derjenige Strahlungsanteil minimiert, der unter einem so großen Winkel auf die der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche des Substrats auftrifft, dass dieser dort totalreflektiert wird. Zumindest ein Teil dieses Strahlungsanteils wird bereits an der optischen Zusatzschicht reflektiert und kann dadurch der Auskoppelstruktur erneut zugeführt werden. Dadurch erhöht sich insgesamt die Wechselwirkung des auszukoppelnden Lichts mit der Auskoppelstruktur. Auf eine weitere Auskoppelstruktur auf der der organischen Schichtenfolge abgewandten Seite des Substrats, beispielsweise eine Strukturierung der Grenzfläche des Substrats, kann verzichtet werden. Die Grenzfläche des Substrats kann beispielsweise abgesehen von fertigungsbedingten Rauigkeiten eben ausgebildet sein. Auf eine aufwändige Strukturierung der Grenzfläche des Substrats, beispielsweise zum Ausbilden von Mikrolinsen, kann verzichtet werden.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements steht die optische Zusatzschicht in unmittelbarem Kontakt mit dem Substrat. Zwischen der optischen Zusatzschicht und dem Substrat ist also keine weitere Schicht angeordnet.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements steht die erste Elektrodenschicht in unmittelbarem Kontakt zu der optischen Zusatzschicht und/oder zu der Auskoppelstruktur. Beispielsweise grenzt die erste Elektrodenschicht auf der dem Substrat zugewandten Seite an die optische Zusatzschicht und auf der dem Substrat abgewandten Seite an die Auskoppelstruktur unmittelbar an.

[0027] Alternativ ist beispielsweise die Auskoppelstruktur zwischen der ersten Elektrodenschicht und

der optischen Zusatzschicht angeordnet. In diesem Fall grenzt die erste Elektrodenschicht nur an die Auskoppelstruktur und nicht an die optische Zusatzschicht unmittelbar an.

[0028] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemittierenden Bauelements ist der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht kleiner oder gleich 1,49. Eine derartige optische Zusatzschicht weist beispielsweise einen Brechungsindex auf, der kleiner ist als der Brechungsindex von Glas, der typischerweise 1,5 oder mehr beträgt.

[0029] Je niedriger der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht ist, desto geringer ist derjenige Strahlungsanteil, der zwar durch die optische Zusatzschicht hindurchtritt, nachfolgend jedoch unter einem Winkel auf die Grenzfläche des Substrats auftrifft, der größer ist als der Grenzwinkel für Totalreflexion und deshalb nicht aus dem Substrat ausgekoppelt werden kann.

[0030] Vorzugsweise liegt der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht zwischen einschließlich 1 und einschließlich 1,4.

[0031] Ein Brechungsindex von 1 ist durch eine als Vakuumpalt ausgeführte optische Zusatzschicht realisierbar. Mit einem Gas, beispielsweise Luft, kann ein Brechungsindex von näherungsweise 1 erzielt werden.

[0032] Durch Festkörpermaterialien, insbesondere durch Materialien mit einer porösen Struktur, kann der Idealfall eines Brechungsindex von $n = 1$ angenähert werden.

[0033] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemittierenden Bauelements liegt der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht zwischen einschließlich 1,02 und einschließlich 1,3.

[0034] Eine optische Zusatzschicht mit einem Brechungsindex in diesem Bereich kann beispielsweise durch eine dielektrische Schicht gebildet sein, die eine Struktur mit Kavitäten aufweist. Beispielsweise kann die optische Zusatzschicht eine Struktur mit so genannten Nanorods aufweisen, wobei zwischen den Nanorods Kavitäten ausgebildet sind. Solche Nanorods können beispielsweise durch eine Abscheidung des Materials für die optische Zusatzschicht unter einem großen Winkel zur Normalen, beispielsweise einem Winkel von 45° oder mehr, hergestellt werden. Die Kavitäten können mit einem Gas, beispielsweise Luft, befüllt oder evakuiert sein.

[0035] Beispielsweise eignet sich als dielektrische Schicht ein Oxid, etwa Titanoxid oder Siliziumoxid.

[0036] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemittierenden Bauelements ist ein maximaler Durchlasswinkel des winkelselektiven Spiegels bezogen auf die Normale zur optischen Zusatzschicht so klein, dass die durch die optische Zusatzschicht hindurchtretende Strahlung in einem Einkoppelwinkel in das Substrat eingekoppelt wird, der kleiner oder gleich dem Grenzwinkel für Totalreflexion an der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche des Substrats ist. Der Einkoppelwinkel ist also derjenige Winkel, in dem die Strahlung in dem Substrat verläuft. Der maximale Durchlasswinkel des winkelselektiven Spiegels ist im Zweifel derjenige Winkel, bei dem die winkelabhängige Reflektivität die Hälfte der maximalen Reflektivität beträgt. Beispielsweise ist der maximale Durchlasswinkel 40° .

[0037] Mittels eines derartigen winkelselektiven Spiegels ist gewährleistet, dass nur Strahlung durch die optische Zusatzschicht hindurchtreten kann, die beim Auftreffen auf die Grenzfläche des Substrats zumindest teilweise durch die Grenzfläche hindurch aus dem Substrat ausgekoppelt wird. Strahlung, die an der Grenzfläche totalreflektiert würde, wird dagegen bereits an der optischen Zusatzschicht reflektiert und kann so der Auskoppelstruktur erneut zugeführt werden. Der winkelselektive Spiegel ist beispielsweise durch eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten der optischen Zusatzschicht gebildet. Durch geeignete Wahl der Anzahl der Schichten, der Brechungsindizes der Schichten und deren Schichtdicke ist ein solcher winkelselektiver Spiegel auf einfache und zuverlässige Weise realisierbar.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemittierenden Bauelements ist die Auskoppelstruktur mittels Streustellen gebildet. Die Streustellen weisen einen Brechungsindex auf, der größer oder kleiner ist als der Brechungsindex des an die Streustellen angrenzenden Materials. Beispielsweise beträgt die Differenz dieser Brechungsindizes mindestens 0,05.

[0039] Die Streustellen sind beispielsweise in den organischen Schichtenstapel und/oder in einer zwischen dem organischen Schichtenstapel und dem Substrat angeordneten Auskoppelschicht ausgebildet. Beispielsweise sind die Streustellen in der ersten Transportschicht und/oder in der zweiten Transportschicht ausgebildet. In diesem Fall kann auf eine zusätzlich zu den Transportschichten vorgesehene Schicht für die Auskoppelstruktur verzichtet werden. Alternativ oder ergänzend kann eine separat zu den Transportschichten vorgesehene Auskoppelschicht vorgesehen sein. Eine derartige Auskoppelschicht ist insbesondere auch unabhängig von ihrer elektrischen Leitfähigkeit zur Ausbildung einer möglichst effizienten Auskoppelstruktur optimierbar.

[0040] Die Auskoppelstruktur ist mittels einer lateralen Strukturierung des organischen Schichtenstapels gebildet. Die die Strukturierung ist mittels zumindest einer Ausnehmung in dem organischen Schichtenstapel gebildet. Die Ausnehmung kann sich in vertikaler Richtung, also in einer senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene des organischen Schichtenstapels verlaufenden Richtung, vollständig oder nur bereichsweise durch den organischen Schichtenstapel hindurch erstrecken.

[0041] Die zumindest eine Ausnehmung ist beispielsweise mittels eines Füllmaterials befüllt, wobei das Füllmaterial einen größeren Brechungsindex oder einen kleineren Brechungsindex aufweist als das Material des organischen Schichtenstapels. Das Material des organischen Schichtenstapels weist typischerweise einen Brechungsindex von etwa 1,8 auf. Als Brechungsindex für den organischen Schichtenstapel kann im Zweifel der über die einzelnen Schichten des organischen Schichtenstapels gemittelte Brechungsindex herangezogen werden.

[0042] Der Brechungsindexunterschied zwischen dem Füllmaterial und dem Material des organischen Schichtenstapels beträgt vorzugsweise mindestens 0,05. Eine effiziente Strahlungsumlenkung mittels der Auskoppelstruktur ist somit vereinfacht erzielbar.

[0043] In lateraler Richtung, also parallel zur Haupterstreckungsebene des organischen Schichtenstapels, ist die geometrische Ausgestaltung der Strukturierung in weiten Grenzen variierbar. Beispielsweise weist die Strukturierung eine gitterförmige Struktur auf.

[0044] Der organische Schichtenstapel ist mittels der zumindest einen Ausnehmung in zumindest zwei lateral voneinander getrennte Teilbereiche unterteilt. Beispielsweise entstehen mittels einer gitterförmigen Strukturierung matrixartig nebeneinander angeordnete Teilbereiche, wobei zwischen benachbarten Teilbereichen jeweils eine grabenförmige Ausnehmung verläuft.

[0045] Davon abweichend kann die zumindest eine Ausnehmung jedoch auch derart ausgebildet sein, dass der organische Schichtenstapel in Draufsicht auf das strahlungsemitternde Bauelement eine zusammenhängende Fläche bildet.

[0046] Die lateral voneinander beabstandeten Teilbereiche können über die erste Elektrodenschicht und weiterhin auch über die zweite Elektrodenschicht elektrisch leitend miteinander verbunden sein.

[0047] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements weist die

optische Zusatzschicht eine Dicke von mindestens 0,2 μm , bevorzugt von mindestens 0,5 μm auf. Es hat sich gezeigt, dass eine optische Zusatzschicht in dieser Dicke die Auskoppelleffizienz besonders effektiv steigern kann.

[0048] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements ist die der organischen Schichtenfolge abgewandte Grenzfläche des Substrats frei von einer Auskoppelstruktur. Insbesondere ist die Grenzfläche frei von einer gezielt eingebrachten Strukturierung.

[0049] Es hat sich gezeigt, dass das strahlungsemitternde Bauelement insbesondere aufgrund der Auskoppelstruktur und der optischen Zusatzschicht eine derart hohe Auskoppelleffizienz aufweisen kann, dass auf weitere Auskoppelstrukturen verzichtet werden kann.

[0050] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements enthält das Substrat ein Glas oder besteht aus Glas. Ein derartiges Substrat zeichnet sich durch eine hohe mechanische Stabilität und optische Transparenz aus. Davon abweichend kann aber auch ein flexibles Substrat, beispielsweise eine flexible Kunststoffolie, Anwendung finden.

[0051] Weitere Merkmale, Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele und Beispiele in Verbindung mit den Figuren.

[0052] Es zeigen:

Die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** ein Beispiel für ein strahlungsemitterndes Bauelement in schematischer Schnittansicht (**Fig. 1A**) und zugehöriger Draufsicht (**Fig. 1B**);

Fig. 2A ein Ausführungsbeispiel für ein strahlungsemitterndes Bauelement in schematischer Schnittansicht;

Fig. 2B ein Ausführungsbeispiel für einen schematischen Verlauf der Reflektivität R des winkelselektiven Spiegels als Funktion des Auftreffwinkels θ ; und

Fig. 3 ein Beispiel für ein strahlungsemitterndes Bauelement in schematischer Schnittansicht.

[0053] Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0054] Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente und insbesondere

Schichtdicken zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0055] Ein Beispiel für ein strahlungsemitterendes Bauelement ist in **Fig. 1A** in schematischer Schnittansicht dargestellt.

[0056] Das strahlungsemitterende Bauelement 1 ist exemplarisch als eine organische Leuchtdiode ausgebildet. Das strahlungsemitterende Bauelement weist einen organischen Schichtenstapel 2 auf. Der organische Schichtenstapel umfasst einen aktiven Bereich 20, der zwischen einer ersten Transportschicht 21 und einer zweiten Transportschicht 22 angeordnet ist. Beispielsweise ist die erste Transportschicht 21 als Löchertransportschicht und die zweite Transportschicht 22 als Elektronentransportschicht ausgebildet oder umgekehrt. Für den organischen Schichtenstapel, insbesondere für den aktiven Bereich 20, eignen sich beispielsweise die im allgemeinen Teil der Beschreibung angegebenen Materialien.

[0057] Der organische Schichtenstapel 2 ist auf einem Substrat 4 angeordnet, beispielsweise einem Glas-Substrat oder einem flexiblen Substrat, beispielsweise einer flexiblen Kunststoff-Folie.

[0058] Der organische Schichtenstapel 2 ist zwischen einer ersten Elektrodenschicht 61, beispielsweise einer Kathode, und einer zweiten Elektrodenschicht 62, beispielsweise einer Anode, angeordnet. Diese Elektrodenschichten sind zur Injektion von Ladungsträgern in den aktiven Bereich vorgesehen. Die Elektrodenschichten sind beispielsweise an einem Seitenbereich des strahlungsemitterenden Bauelements für eine externe elektrische Kontaktierung zugänglich (zur vereinfachten Darstellung nicht explizit gezeigt).

[0059] Eine dem organischen Schichtenstapel 2 abgewandte Grenzfläche 40 des Substrats 4 bildet eine Strahlungsausstrittsfläche für das strahlungsemitterende Bauelement 1. Die erste Elektrodenschicht 61 ist zweckmäßigerweise für die im aktiven Bereich 20 erzeugte Strahlung durchlässig ausgebildet. Beispielsweise enthält die erste Elektrodenschicht 61 ein TCO (Transparent Conductive Oxide)-Material, beispielsweise Indium-Zinn-Oxid (ITO).

[0060] Die zweite Elektrodenschicht 62 kann für die im aktiven Bereich 20 erzeugte Strahlung für eine beidseitige Strahlungsemission des Bauelements 1 strahlungsdurchlässig oder für den Fall einer Strahlungsemission in nur eine Richtung reflektierend ausgebildet sein.

[0061] Das strahlungsemitterende Bauelement weist weiterhin eine Auskoppelstruktur 5 auf. In dem gezeigten Beispiel ist die Auskoppelstruktur durch eine laterale Strukturierung mittels Ausnehmungen 50 gebildet. Die Ausnehmungen 50 erstrecken sich in dem gezeigten Beispiel vollständig durch den organischen Schichtenstapel 2 hindurch. Es ist jedoch auch denkbar, dass sich diese Ausnehmungen in vertikaler Richtung nur teilweise durch den organischen Schichtenstapel hindurch erstrecken. Wie in **Fig. 1B** dargestellt, ist die Strukturierung in Draufsicht auf das strahlungsemitterende Bauelement durch grabenförmige Ausnehmungen gebildet, wobei erste Gräben entlang einer ersten Richtung parallel zueinander verlaufen und in einer senkrecht dazu verlaufenden Richtung zweite Gräben zueinander parallel verlaufen, sodass der organische Schichtenstapel 2 in matrixförmig nebeneinander angeordnete Teilbereiche 25 unterteilt ist. Die geometrische Anordnung der Ausnehmungen 50 ist jedoch in weiten Grenzen variierbar. Beispielsweise kann die Auskoppelstruktur 5 so ausgebildet sein, dass der organische Schichtenstapel 2 in Draufsicht auf das Bauelement zusammenhängend ausgebildet ist.

[0062] In dem gezeigten Beispiel sind die lateral voneinander beabstandeten Teilbereiche 25 über die erste Elektrodenschicht 61 und die zweite Elektrodenschicht 62 elektrisch leitend miteinander verbunden.

[0063] Die Ausnehmungen 50 sind mit einem Füllmaterial befüllt, das einen kleineren Brechungsindex oder einen größeren Brechungsindex aufweist als die der organischen Schichtenstapel 2. Durch die so in lateraler Richtung auftretenden Brechungsindex-Inhomogenitäten kann die im aktiven Bereich 20 in laterale Richtung emittierte Strahlung umgelenkt werden.

[0064] Zwischen dem Substrat 4 und dem organischen Schichtenstapel 2 ist eine optische Zusatzschicht 3 angeordnet. Weiterhin steht die optische Zusatzschicht 3 in direktem Kontakt mit der ersten Elektrodenschicht 61. Die erste Elektrodenschicht steht weiterhin in direktem Kontakt mit der Auskoppelstruktur 5.

[0065] Die optische Zusatzschicht 3 weist beispielsweise eine Dicke zwischen einschließlich 0,2 μm und 10 μm , bevorzugt zwischen einschließlich 0,5 μm und 5 μm auf.

[0066] In dem gezeigten Beispiel weist die optische Zusatzschicht 3 einen Brechungsindex auf, der kleiner ist als der Brechungsindex des Substrats 4. Beispielsweise weist ein Glas-Substrat einen Brechungsindex von 1,5 auf. Der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht ist kleiner oder gleich 1,49,

bevorzugt zwischen einschließlich 1 und einschließlich 1,4. Ein Brechungsindex von 1 ist durch eine optische Zusatzschicht erzielbar, die als ein evakuierter Zwischenraum ausgebildet ist. Bei einer optischen Zusatzschicht aus fester Materie kann der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht sehr nahe an den Idealwert eines Brechungsindex von 1 angenähert sein. Beispielsweise kann der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht zwischen einschließlich 1,02 und einschließlich 1,3 liegen.

[0067] Für einen Brechungsindex in diesem Bereich eignet sich beispielsweise eine dielektrische Schicht mit in der Schicht eingebrachten Kavitäten. Beispielsweise kann die optische Zusatzschicht eine Nanorod-Struktur mit zwischen den Nanorods ausgebildeten Kavitäten sein. Beispielsweise eignet sich ein Oxid, etwa Siliziumoxid oder Titanoxid, als dielektrisches Material für die optische Zusatzschicht 3.

[0068] Für den Idealfall eines Brechungsindex von $n = 1$ für die optische Zusatzschicht 3 kann nur derjenige Strahlungsanteil der im aktiven Bereich 20 emittierten Strahlung durch die optische Zusatzschicht hindurchtreten, der auch an der Grenzfläche 40 aus dem Substrat zumindest teilweise ausgekoppelt werden kann. Strahlungsanteile, die mit einem Winkel zur Normalen auf die Grenzfläche 40 auftreffen, der größer ist als der Grenzwinkel für Totalreflexion, können dagegen die optische Zusatzschicht 3 nicht passieren, sondern werden bereits an dieser optischen Zusatzschicht 3 reflektiert und können so der Auskoppelstruktur 5 zugeführt werden. Bei einem Glas-Substrat beträgt der Grenzwinkel für Totalreflexion beispielsweise zu Luft etwa $41,8^\circ$.

[0069] Dadurch wird insgesamt die Wechselwirkung zwischen der im aktiven Bereich 20 erzeugten Strahlung und der Auskoppelstruktur 5 erhöht und die Auskoppelleffizienz aus dem strahlungsemitternden Bauelement gesteigert. Eine zusätzliche Auskoppelstrukturierung auf der Grenzfläche 40 ist also nicht erforderlich und kann zur Reduzierung der Herstellungskosten weggelassen werden. Grundsätzlich ist jedoch auch denkbar, dass die Grenzfläche zur noch weitergehenden Steigerung der Auskoppelleffizienz mit einer weiteren Auskoppelstrukturierung versehen ist.

[0070] Das in der **Fig. 2A** dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den **Fig. 1A** und **Fig. 1B** beschriebenen ersten Beispiel. Im Unterschied hierzu ist durch die optische Zusatzschicht 3 ein winkelselektiver Spiegel gebildet. Für diesen Zweck weist die optische Zusatzschicht 3 eine Mehrzahl von Schichten 30 auf, wobei jeweils aneinander angrenzende Schichten voneinander verschiedene Brechungsindizes aufweisen. Durch geeignete Einstellung der Parame-

ter der Schichten 30, insbesondere deren Schichtdicke und deren Brechungsindex sowie durch die Anzahl der Schichten 30, ist ein wellenselektiver Spiegel realisierbar, dessen Reflektivität für Strahlung, die in einem kleinen Winkel zur Normalen auf die optische Zusatzschicht auftrifft, niedriger ist als für Strahlung, die in einem großen Winkel zur Normalen auf die optische Zusatzschicht 3 auftrifft. Ein Strahlungsanteil, der in einem großen Winkel zur Normalen emittiert wird und an der optischen Zusatzschicht 3 reflektiert wird, ist durch einen Pfeil 82 in **Fig. 2A** veranschaulicht. Dieser Strahlungsanteil kann nach der Reflexion an der Auskoppelstruktur 5 umgelenkt werden und nachfolgend aus dem Bauelement 1 austreten.

[0071] Vorzugsweise lässt die optische Zusatzschicht nur Strahlung passieren, die an der Grenzfläche 40 ausgekoppelt werden kann. Insbesondere ist ein Einkoppelwinkel 72, mit dem die emittierte Strahlung in das Substrat 4 eingekoppelt wird, kleiner als der Grenzwinkel 73 für Totalreflexion an der Grenzfläche 40. So ist gewährleistet, dass nur Strahlung auf die Grenzfläche 40 auftreffen kann, die zumindest teilweise an der Grenzfläche ausgekoppelt wird und nur zu einem gewissen Anteil an der Grenzfläche in das Substrat zurückreflektiert wird.

[0072] Der Strahlungsanteil, der mit einem Einkoppelwinkel 72 in das Substrat eingekoppelt wird, der kleiner ist als der Grenzwinkel für Totalreflexion 73, ist in **Fig. 2A** anhand eines Pfeils 81 veranschaulicht.

[0073] Im Unterschied zu dem im Zusammenhang mit **Fig. 1** beschriebenen Beispiel kann der Brechungsindex von einer oder mehreren der Schichten 30 der optischen Zusatzschicht 3 auch größer oder gleich dem Brechungsindex des Substrats 4 sein.

[0074] Ein Ausführungsbeispiel für die Winkelabhängigkeit der Reflektivität R der optischen Zusatzschicht ist in **Fig. 2B** schematisch dargestellt. Hierbei ist vereinfachend der Idealfall gezeigt, dass die Reflektivität des winkelselektiven Spiegels für senkrecht auftreffende Strahlung, also $\theta = 0^\circ$, 0 beträgt und für $\theta = 90^\circ$ einen Wert von 1, also 100 %, annimmt. Selbstverständlich kann die Reflektivität für kleine Winkel auch größer als 0 und für große Winkel auch kleiner als 1 sein. Vorzugsweise beträgt die Reflektivität für $\theta = 0^\circ$ höchstens 0,1. Weiterhin beträgt die Reflektivität für Winkel von $\theta \geq 50^\circ$ vorzugsweise mindestens 0,8. In kleinen Winkeln zur Normalen verlaufende Strahlung wird von der optischen Zusatzschicht also nicht oder nur unwesentlich am Eintritt in das Substrat gehindert, während Strahlung in großen Winkeln zur Normalen effizient zurückreflektiert wird.

[0075] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist der winkelselektive Spiegel einen maximalen Durch-

lasswinkel θ_M von etwa 35° auf. Dadurch wird Strahlung, die in einem vergleichsweise großen Winkel, insbesondere einem Winkel größer dem Winkel für Totalreflexion, auf die Grenzfläche 40 auftreffen würde, bereits an der optischen Zusatzschicht reflektiert und somit nicht in das Substrat 4 eingekoppelt. Selbstverständlich kann der maximale Durchlasswinkel des winkelselektiven Spiegels auch größer oder kleiner als 35° sein. Vorzugsweise beträgt der maximale Durchlasswinkel zwischen einschließlich 25° und einschließlich 50° .

[0076] Das in **Fig. 3** dargestellte Beispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit **Fig. 1** beschriebenen Beispiel. Im Unterschied hierzu ist die Auskoppelstruktur 5 durch Streustellen 52 gebildet. Die Streustellen 52 sind in diesem Beispiel in einer Auskoppelschicht 51 angeordnet. Diese Auskoppelschicht 51 ist außerhalb des zwischen der ersten Elektrodenschicht 61 und der zweiten Elektrodenschicht 62 angeordneten elektrisch leitfähigen Materials angeordnet und kann daher auch elektrisch isolierend ausgebildet sein. Auf eine laterale Strukturierung der organischen Schicht zur Ausbildung einer Auskoppelstruktur kann in diesem Fall verzichtet werden. Eine solche Strukturierung kann jedoch auch zusätzlich vorgesehen sein.

[0077] Weiterhin können die Streustellen 52 auch innerhalb des organischen Schichtenstapels, beispielsweise in der ersten Transportschicht 21 oder in der zweiten Transportschicht 22 oder in der ersten Elektrodenschicht 61 angeordnet sein. Eine zusätzliche Auskoppelschicht ist in diesem Fall nicht zwingend erforderlich, kann jedoch ergänzend vorgesehen sein. Selbstverständlich eignet sich die beschriebene Ausgestaltung der Auskoppelstruktur mittels Streustellen auch für das im Zusammenhang mit **Fig. 2A** beschriebene Ausführungsbeispiel.

Patentansprüche

1. Strahlungsemitterendes Bauelement (1) mit einem organischen Schichtenstapel (2), der auf einem Substrat (4) angeordnet ist, wobei

- auf einer dem organischen Schichtenstapel zugewandten Seite des Substrats eine Auskoppelstruktur (5) angeordnet ist;
- zwischen dem Substrat und der Auskoppelstruktur eine optische Zusatzschicht (3) angeordnet ist;
- die optische Zusatzschicht einen winkelselektiven Spiegel bildet, der nur solches im organischen Schichtenstapel im Betrieb erzeugtes Licht passieren lässt, das an einer der organischen Schichtenfolge abgewandten Grenzfläche (40) des Substrats aus dem Substrat ausgekoppelt werden kann, wobei der winkelselektive Spiegel durch eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten der optischen Zusatzschicht gebildet ist,
- die Auskoppelstruktur mittels einer lateralen Struk-

turierung des organischen Schichtenstapels gebildet ist, und

- die Strukturierung durch zumindest eine Ausnehmung (50) in dem organischen Schichtenstapel gebildet ist und der organische Schichtenstapel mittels der zumindest einen Ausnehmung in zumindest zwei lateral voneinander getrennte Teilbereiche (25) unterteilt ist.

2. Strahlungsemitterendes Bauelement nach Anspruch 1, wobei die optische Zusatzschicht in unmittelbarem Kontakt mit dem Substrat steht.

3. Strahlungsemitterendes Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine auf einer dem Substrat zugewandten Seite des organischen Schichtenstapels angeordnete erste Elektrodenschicht (61) in unmittelbarem Kontakt zu der optischen Zusatzschicht und/oder zu der Auskoppelstruktur steht.

4. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht kleiner oder gleich 1,49 ist.

5. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht zwischen einschließlich 1 und einschließlich 1,4 liegt.

6. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Brechungsindex der optischen Zusatzschicht zwischen einschließlich 1,02 und einschließlich 1,3 liegt.

7. Strahlungsemitterendes Bauelement nach Anspruch 3 oder einem auf Anspruch 3 rückbezogenen Anspruch, wobei die Teilbereiche (25) über die erste Elektrodenschicht (61) elektrisch leitend miteinander verbunden sind.

8. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die optische Zusatzschicht eine Dicke von mindestens $0,5 \mu\text{m}$ aufweist.

9. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine der organischen Schichtenfolge abgewandte Grenzfläche des Substrats frei von einer Auskoppelstruktur ist.

10. Strahlungsemitterendes Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat ein Glas enthält oder aus Glas besteht.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig 1A

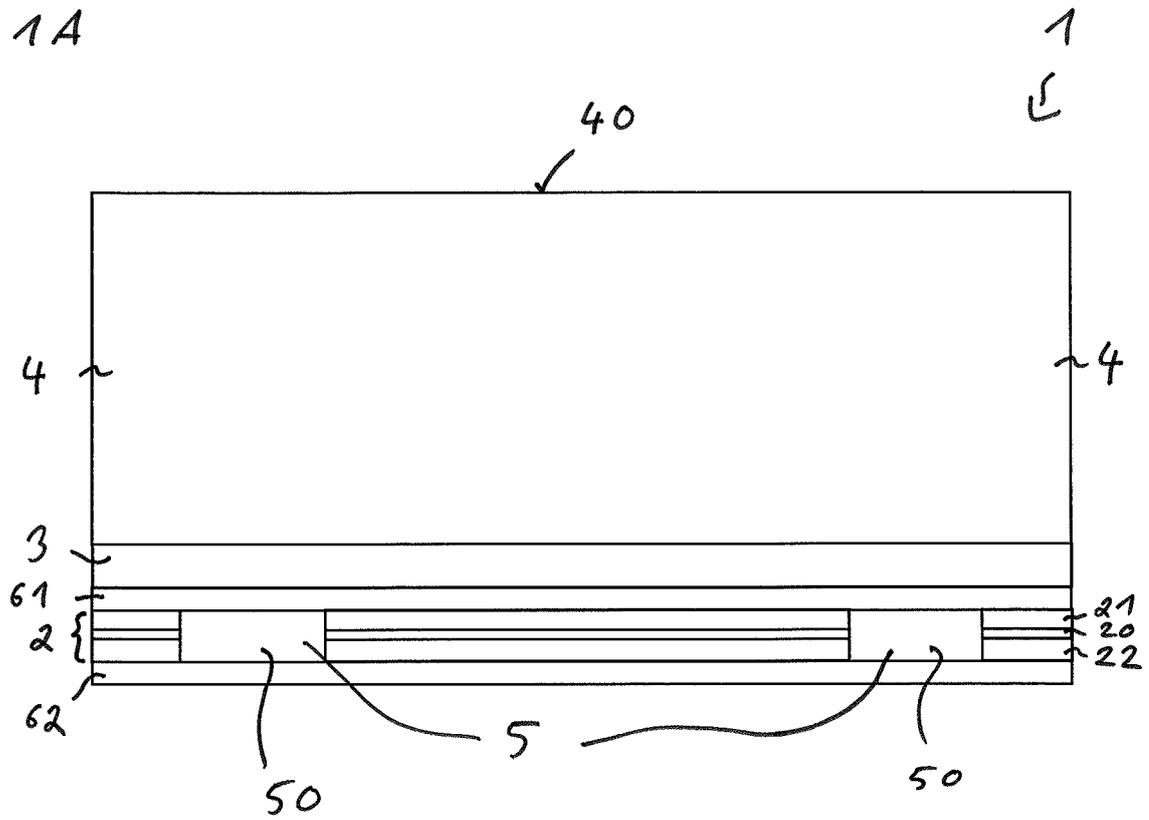


Fig 1B

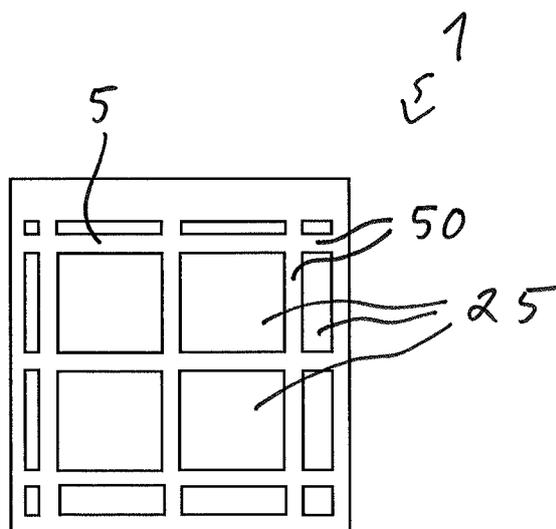


Fig 2A

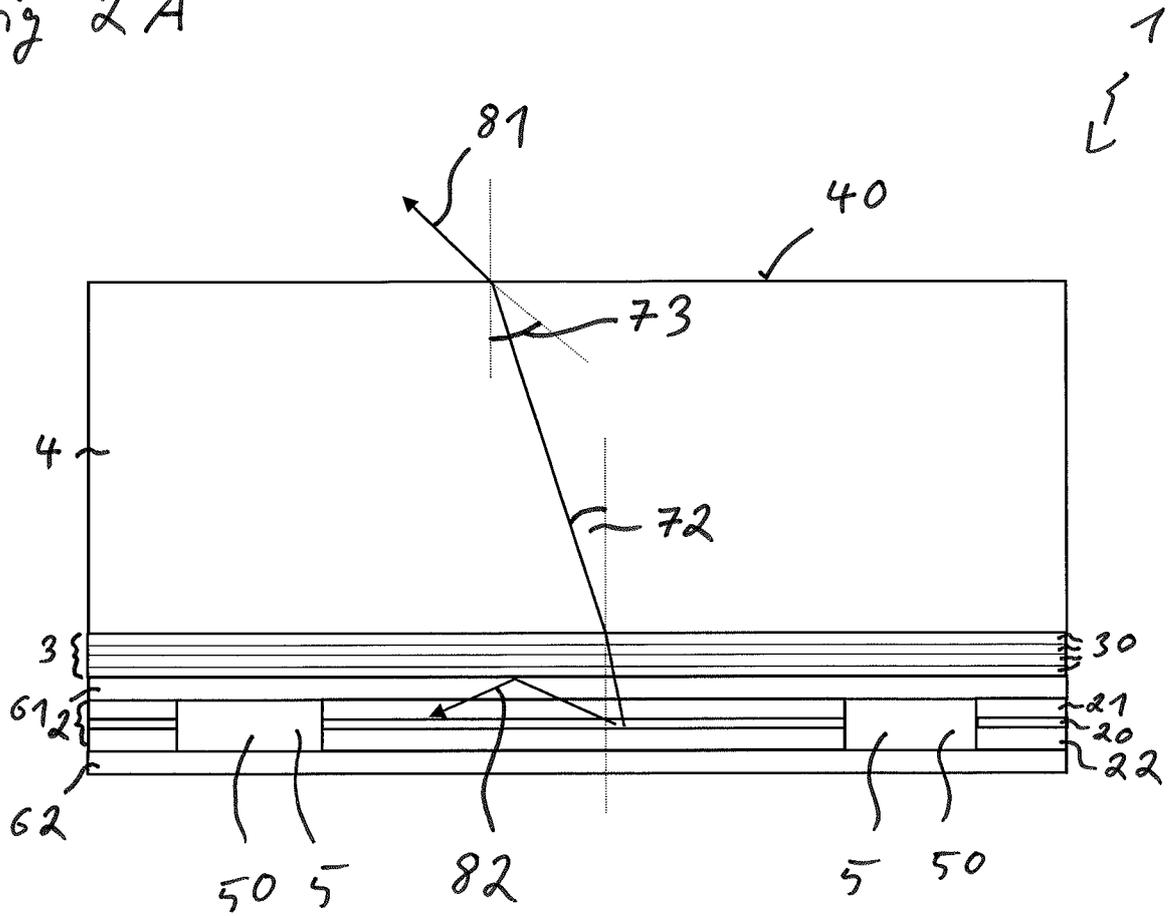


Fig 2B

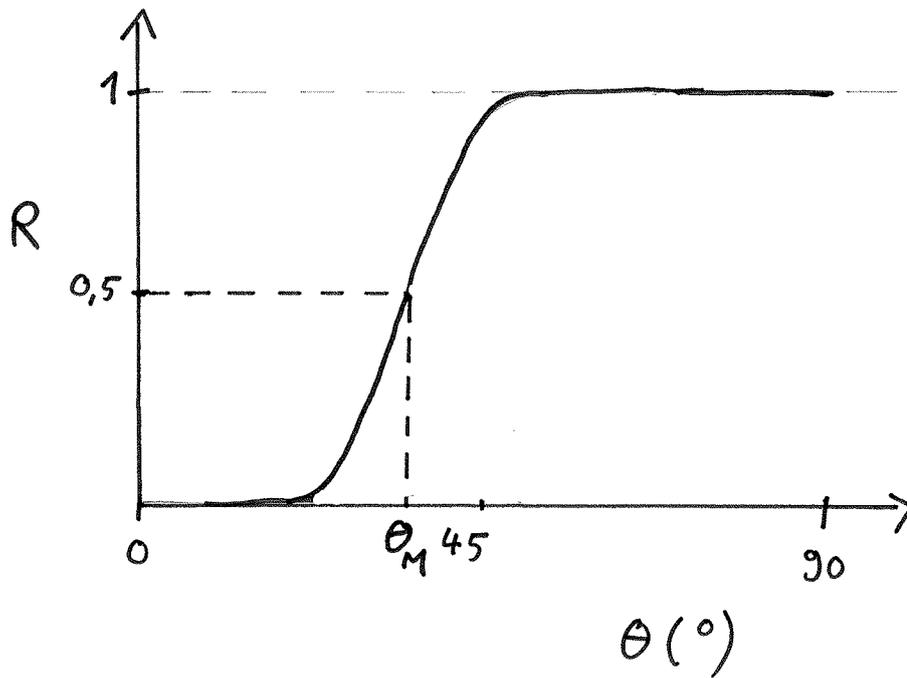


Fig 3

