

(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
8. Dezember 2016 (08.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/192909 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/00 (2006.01) *G03B 21/20* (2006.01)
G02B 19/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/059664

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2016 (29.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 209 968.7 29. Mai 2015 (29.05.2015) DE

(71) Anmelder: **OSRAM GMBH** [DE/DE]; Marcel-Breuer-
Straße 6, 80807 München (DE).

(72) Erfinder: **KHRUSHCHEV, Sergey**; Franz-von-Taxis-
Ring 20, 93049 Regensburg (DE). **ROTHMEIER,**
Gerhard; Hermann-Löns-Str. 19, 93342 Saal (DE).
BALZER, Dietmar; Lena-Christ-Straße 11, 93133
Burglengenfeld (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
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, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, 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,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: LIGHTING DEVICE HAVING A PUMP RADIATION UNIT AND A LUMINESCENT ELEMENT

(54) Bezeichnung : BELEUCHTVORRICHTUNG MIT PUMPSTRAHLUNGSEINHEIT UND LEUCHSTOFFELEMENT

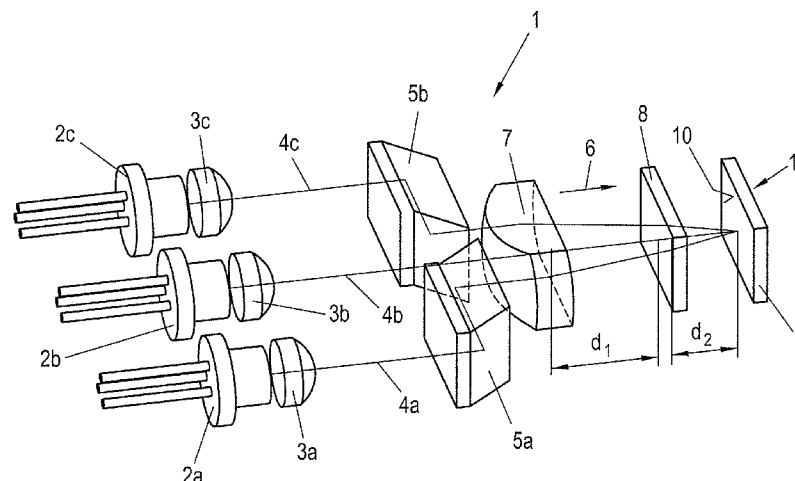


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a lighting device (1), comprising a pump radiation unit (2) and a luminescent element (9) arranged at a distance therefrom, wherein a pump beam (4) is guided from the pump radiation unit (2) to the luminescent element (9) by means of a lens (7) between the pump radiation unit (2) and the luminescent element (9), which lens focuses the pump beam (4), wherein a scattering element (8), which the pump beam (4) passes through, the pump beam thus being expanded, is arranged between the pump radiation unit (2) and the luminescent element (9).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/192909 A1



(1) mit einer Pumpstrahlungseinheit (2) und einem beabstandet dazu angeordneten Leuchtstoffelement (9), wobei ein Pumpstrahlenbündel (4) von der Pumpstrahlungseinheit (2) zu dem Leuchtstoffelement (9) über eine Linse (7) zwischen Pumpstrahlungseinheit (2) und Leuchtstoffelement (9) geführt wird, welche das Pumpstrahlenbündel (4) fokussiert, wobei zwischen der Pumpstrahlungseinheit (2) und dem Leuchtstoffelement (9) ein Streumittel (8) angeordnet ist, welches das Pumpstrahlenbündel (4) durchsetzt und dabei aufgeweitet wird.

Beschreibung

Beleuchtungsvorrichtung mit Pumpstrahlungseinheit und
Leuchtstoffelement

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvor-
5 richtung mit einer Pumpstrahlungseinheit zur Emission von
Pumpstrahlung und einem beabstandet dazu angeordneten
Leuchtstoffelement zur Konversion der Pumpstrahlung in
Konversionslicht.

Stand der Technik

Mit der Kombination aus einer Pumpstrahlungseinheit hoher
10 Leistungsdichte, etwa einem Laser, und einem beabstandet
dazu angeordneten Leuchtstoffelement, das auf die Anre-
gung mit der Pumpstrahlung hin Konversionslicht emit-
tiert, lassen sich Lichtquellen hoher Leuchtdichte reali-
sieren. Bei der Pumpstrahlung kann es sich beispielsweise
15 um UV-Strahlung oder vorzugsweise blaues Licht handeln,
wobei letzteres dann anteilig auch gemeinsam mit dem Kon-
versionslicht zur Beleuchtung genutzt werden kann. Das
Konversionslicht hat zumindest Anteile im sichtbaren
Spektralbereich.

Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, eine besonders vorteilhafte Beleuchtungsvorrichtung anzugeben.

Erfindungsgemäß löst diese Aufgabe eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungseinheit zur Emission von Pumpstrahlung als Strahlenbündel, einem beabstandet zu der Pumpstrahlungseinheit angeordneten Leuchtstoffelement zur Konversion der Pumpstrahlung in Konversionslicht und einer Linse zwischen der Pumpstrahlungseinheit und dem Leuchtstoffelement, die von dem Pumpstrahlenbündel durchsetzt wird, wobei das Pumpstrahlenbündel der Linse nachgelagert konvergent ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Pumpstrahlungseinheit und dem Leuchtstoffelement ein Streumittel angeordnet ist, wobei das Pumpstrahlenbündel das Streumittel durchsetzt und dabei aufgeweitet wird.

Bevorzugte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen und der gesamten Offenbarung, wobei in der Darstellung nicht immer im Einzelnen zwischen Vorrichtungs- und Verfahrens- bzw. Verwendungsaspekten unterschieden wird; jedenfalls implizit ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Anspruchskategorien zu lesen.

Mit der Linse wird das Pumpstrahlenbündel (im Folgenden auch nur „Strahlenbündel“) zu dem Leuchtstoffelement hin fokussiert, letzteres ist bevorzugt im Fokus der Linse angeordnet (siehe unten im Detail). Auf diese Weise, also durch die Konzentration der Pumpstrahlung auf einen klei-

nen Bereich der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements, lassen sich hohe Leuchtdichten erreichen. Es wird dann nämlich auch das Konversionslicht aus einem entsprechend kleinen Flächenbereich abgegeben.

- 5 Die Erfinder haben allerdings festgestellt, dass eine punktförmige Konzentration der Pumpstrahlung auf dem Leuchtstoffelement zu einer lokalen Überhitzung und in-
- folgedessen schnellen Degradation des Leuchtstoffelements führen können. Ein anfänglicher Ansatz ging dahin, das
- 10 Leuchtstoffelement außerhalb des Fokus anzuordnen. Hierbei haben die Erfinder jedoch festgestellt, dass der Versatz zum Fokus verglichen mit den denkbaren Montageschwankungen verhältnismäßig klein ist, weswegen das Leuchtstoffelement aufgrund eines montagebedingten Ver-
- 15 satzes dann doch wieder im Fokus platziert sein kann. Das Streumittel vergrößert die Etendue (Produkt aus Strahlbündelquerschnitt und projiziertem Raumwinkel), also bildlich gesprochen das vom Licht ausgefüllte Volumen, und es kann dann auch bei einem Versatz nicht mehr zu ei-
- 20 ner unbeabsichtigten Fokussierung kommen (die Etendue ist eine Erhaltungsgröße).

- Die Pumpstrahlungseinheit kann bevorzugt auch aus mehreren Pumpstrahlungsquellen aufgebaut sein, und es kann sich entsprechend das Strahlenbündel aus mehreren Teil-
- 25 Strahlenbündeln zusammensetzen, die auf der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements zusammengeführt werden. Insbesondere in diesem Fall kann auch eine mit dem Streumittel erreichte Durchmischung der Pumpstrahlung vorteilhaft sein. Die streumittelbedingte Aufweitung führt bildlich

gesprochen zu einer Überlagerung unterschiedlicher Bereiche des Strahlenbündels, was die Bestrahlungsstärkeverteilung über den bestrahlten Bereich (*Spot*) homogenisieren hilft (und auch bei nur einer einzigen Pumpstrahlungsquelle von Interesse sein kann).

Bei einer Pumpstrahlungseinheit mit mehreren Pumpstrahlungsquellen kann es trotz einer theoretisch perfekten Überlagerung der einzelnen Teil-Strahlenbündel auf der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements in der Praxis gleichwohl zu einem Versatz kommen. Auch insofern können Fertigungsschwankungen bereits originär einen gewissen Versatz bedingen, etwa aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien in Verbindung mit einem Temperaturprofil während der Fertigung (zum Beispiel erhöhter Temperatur bei Lötsschritten etc.). Durch Anpassung des Abstands zwischen Streumittel und Leuchtstoffelement kann die Bestrahlungsstärkeverteilung durch die Aufweitung und Überlagerung homogenisiert werden (siehe unten im Detail).

Vorteilhafterweise kann dann beispielsweise auf ein anderes Strahlungsmischmittel, wie beispielsweise eine Mikrolinsen-Anordnung oder einen Integrator (Durchmischung innerhalb durch Totalreflexion), verzichtet werden, was Aufwand und Kosten reduzieren helfen kann. Das Streumittel ist bevorzugt das einzige Strahlungsmischmittel der Beleuchtungsvorrichtung. Das Streumittel ist bevorzugt eine zusammenhängende Struktur (Oberflächen- und/oder Volumenstruktur, siehe unten).

Die Anordnung des Leuchtstoffelements „beabstandet“ zu der Pumpstrahlungseinheit meint, dass das Strahlenbündel zwischen Pumpstrahlungseinheit und Leuchtstoffelement ein Gasvolumen durchsetzt, was generell im Rahmen dieser Offenbarung bevorzugt Luft meint. Das Strahlenbündel durchsetzt der Linse vor- und nachgelagert ein Gasvolumen, bevorzugt ist das Strahlenbündel der Linse vorgelagert kollimiert (Öffnungswinkel von 0°). Setzt sich das Strahlenbündel aus mehreren Teil-Strahlenbündeln zusammen, sind diese dann jeweils für sich kollimiert und bevorzugt parallel zueinander. Die Angaben „vorgelagert“/„nachgelagert“ bzw. auch „zwischen“ beziehen sich auf den Pfad der Pumpstrahlung von der Pumpstrahlungsquelle zum Leuchtstoffelement.

Die „Linse“ kann auch ein System aus mehreren Einzellinsen sein, wobei dann die „Eintrittsfläche der Linse“ die Eintrittsfläche der in Bezug auf den Pfad der Pumpstrahlung ersten der Einzellinsen ist und die „Austrittsfläche der Linse“ die Austrittsfläche der insoweit letzten Einzellinse. Bevorzugt ist die Linse eine Einzellinse (mit Eintritts- und Austrittsfläche).

Im Falle mehrerer Pumpstrahlungsquellen können die Teil-Strahlenbündel auf Höhe des Streumittels (bezogen auf den Pfad der Pumpstrahlung bei dem Streumittel) im Allgemeinen auch noch zueinander beabstandet sein, bevorzugt überlappen sie. Das „Strahlenbündel“ ist die Gesamtheit aller Strahlen, entlang derer sich die Pumpstrahlung von der Pumpstrahlungseinheit zu dem Leuchtstoffelement ausbreitet.

Das Leuchtstoffelement kann im Allgemeinen auch in Reflexion betrieben werden, es kann also die Einstrahlfläche dann zugleich auch Abstrahlfläche sein, an welcher das Konversionslicht abgeführt wird. Bevorzugt ist ein Betrieb in Transmission, liegen die Einstrahl- und die Abstrahlfläche also einander entgegengesetzt. Im Allgemeinen kann auch nur das Konversionslicht genutzt werden, bevorzugt wird ein Mischlicht aus einem nichtkonvertierten Teil der Pumpstrahlung und dem Konversionslicht zur Beleuchtung genutzt. Bei der Pumpstrahlung kann es sich dann bevorzugt um blaues Pumplicht handeln, dessen nichtkonvertierter Anteil dann beispielsweise in Mischung mit gelbem Konversionslicht ein Weißlicht ergibt. Als entsprechender Gelb-Leuchtstoff kann für das Leuchtstoffelement beispielsweise ein Granat-Leuchtstoff vorgesehen sein, bevorzugt Yttrium-Aluminium-Granat (YAG:Ce).

Das Streumittel weitet den Öffnungswinkel des Pumpstrahlenbündels in bevorzugter Ausgestaltung um mindestens $0,5^\circ$, in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 1° , $1,5^\circ$, 2° , $2,5^\circ$, 3° , $3,5^\circ$, 4° bzw. $4,5^\circ$, auf; bevorzugte Obergrenzen können beispielsweise bei in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt höchstens 10° , $9,5^\circ$, 9° , $8,5^\circ$, 8° , $7,5^\circ$, 7° , $6,5^\circ$, 6° bzw. $5,5^\circ$ liegen (eine Obergrenze kann auch unabhängig von einer Untergrenze von Interesse sein, und umgekehrt). Sollte das Strahlenbündel in den Achsen senkrecht zu seiner Schwerpunktrichtung unterschiedlich aufgeweitet werden, wird ein Mittelwert betrachtet. Vorzugsweise soll die Aufweitung jedoch gleichmäßig sein, soll sie also in zwei zueinander senkrechten Achsen um nicht mehr als 30 %, vorzugsweise nicht mehr

als 15 %, voneinander abweichen (bezogen auf die größere Aufweitung), was bevorzugt für sämtliche zueinander und zur Schwerpunktrichtung senkrechten Achsenpaare gilt.

Im Rahmen dieser Offenbarung bezieht sich „Schwerpunkt-
5 richtung“ auf den Mittelwert sämtlicher Richtungsvektoren des Strahlenbündels in einem jeweiligen Abschnitt zwischen zwei optischen Elementen (Linsen, Prismen etc.). Bei dieser Mittelwertbildung wird jeder Richtungsvektor mit der ihm zugehörigen Lichtstärke gewichtet. Die „Mit-
10 tenachse“ liegt parallel zur Schwerpunktrichtung des Strahlenbündels im jeweilig betrachteten Abschnitt und erstreckt sich mittig im Strahlenbündel, liegt also in einer zur Schwerpunktrichtung senkrechten Schnittebene betrachtet im Flächenschwerpunkt (der Querschnittsfläche
15 des Strahlenbündels).

Im Allgemeinen kann der „Öffnungswinkel“ des Pumpstrahlenbündels bspw. auch genommen werden (hinsichtlich einer seitlichen Begrenzung des Strahlenbündels), wo die Leistung im Strahlenbündel auf $1/e$ oder $1/e^2$ einer maximalen
20 Leistung abgefallen ist. Bevorzugt wird er dort genommen, wo die Leistung auf die Hälfte abgefallen ist (Halbwertsbreite). Setzt sich das Pumpstrahlenbündel aus mehreren Teil-Strahlenbündeln zusammen, überlappen diese bevorzugt bereits dem Streumittel vorgelagert (und auch diesem
25 nachgelagert), bilden sie also ein zusammenhängendes Strahlenbündel.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Streumittel zwischen der Linse und dem Leuchtstoffelement angeordnet und wird es von dem konvergenten Strahlenbündel durch-

setzt. Im Vergleich zu einem der Linse vorgelagert kolli-
mierten Strahlenbündel ist der Querschnitt des konvergen-
ten Strahlbündels geringer, kann also das Streumittel
beispielsweise auch entsprechend kleiner gefasst werden,
5 was Kosten reduzieren helfen kann. Zudem haben die Erfin-
der bei rechnergestützten Untersuchungen eines der Linse
vorgelagerten Streumittels festgestellt, dass zur de-
ckungsgleichen Überlagerung von Teil-Strahlenbündeln dann
eine weitere Linse erforderlich sein kann, was zusätzli-
10 chen Aufwand bedeutet.

Wenngleich das zwischen Linse und Leuchtstoffelement an-
geordnete Streumittel im Allgemeinen auch auf der Aus-
trittsfläche der Linse vorgesehen sein kann, ist es in
bevorzugter Ausgestaltung an einer zu der Linse beab-
15 standet angeordneten Streuscheibe vorgesehen. Die Streu-
scheibe ist bevorzugt eine planparallele Platte (von ggf.
einer das Streumittel bildenden Oberflächenstruktur abge-
sehen). Das Strahlenbündel durchsetzt zwischen der Linse
und der Streuscheibe ein Gasvolumen, bevorzugt auch zwi-
20 schen der Streuscheibe und dem Leuchtstoffelement. Das
„an“ der Streuscheibe angeordnete Streumittel kann als
Oberflächenstruktur und/oder als Volumenstreuer vorgese-
hen sein, bevorzugt als eines davon, besonders bevorzugt
als Oberflächenstruktur. Bevorzugt kann die Eintritts-
25 und/oder die Austrittsfläche der Streuscheibe antireflex-
beschichtet sein, bevorzugt beide.

Auch generell kann das Streumittel von einem Volumens-
treuer und/oder einer Oberflächenstruktur gebildet sein,
wobei das erstgenannte auf in ein Volumenmaterial (etwa

ein Streuscheibenmaterial) eingebettete Streuzentren, etwa Streupartikel und/oder Gaseinschlüsse, zu lesen ist. Das Volumenmaterial für sich ist bevorzugt transparent. Es ist bspw. auch ein akustooptischer Lichtmodulator als
5 Streumittel oder sind auch suspensierte Partikel denkbar (Partikel in Flüssigkeit, einer sogenannten Schneekugel vergleichbar), die bspw. durch Vibrationen bewegt werden. Im Allgemeinen könnte die Streuung beispielsweise auch mittels einer holografischen Struktur oder eines Beugungsgitters erfolgen, welches beispielsweise in Form einer Beschichtung aufgebracht sein kann. Die bevorzugt zur Streuung vorgesehene Oberflächenstruktur kann im Allgemeinen auch geometrisch bestimmt, also regelmäßig sein (die jeweilige Ablenkung in eine jeweilig unterschiedlich
10 Richtung an einer Vielzahl Einzelstrukturen ergibt dann im Ergebnis die Aufweitung).

Bevorzugt ist eine Mattierung der Oberfläche, die beispielsweise auch als Beschichtung aufgebracht sein kann, vorzugsweise jedoch durch eine Anrauhung der Oberfläche
20 des Volumenmaterials (insbesondere Streuscheibenmaterial) erreicht wird, etwa in einem Ätzprozess. „Streuung“ kann also beispielsweise ganz allgemein als die Etendue und den Öffnungswinkel des Strahlenbündels vergrößernder Vorgang verstanden werden, wobei das erstgenannte Kriterium
25 eine bloße Aufweitung durch beispielsweise eine Zerstreuungslinse ausschließt. Bevorzugt erfolgt die Streuung an einer Mikrostruktur, deren Einzelstrukturen in ihrer jeweiligen Größe und Anordnung statistisch verteilt sind („geometrisch unbestimmt“), vgl. das Beispiel der Ein-

schlüsse beim Volumenstreuer oder die angeraute Oberfläche.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Streuscheibe näher an dem Leuchtstoffelement als an der Linse angeordnet, wobei die Abstände auf dem von der Pumpstrahlung zurückgelegten Pfad genommen werden. Es werden also ein erster, zwischen der Austrittsfläche der Linse und der Eintrittsfläche der Streuscheibe genommener Abstand d_1 und ein zweiter Abstand d_2 verglichen, wobei letzterer zwischen der Austrittsfläche der Streuscheibe und der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements genommen wird. Die Abstände zwischen den genannten Flächen werden jeweils auf der Mittenachse des Strahlenbündels genommen.

Der zweite Abstand d_2 ist bevorzugt $\leq 3/4$ des ersten Abstands d_1 , wobei $d_2 \leq 2/3 d_1$ weiter bevorzugt ist und $d_2 \leq 1/2 d_1$ besonders bevorzugt ist. Je näher die Streuscheibe dem Leuchtstoffelement angeordnet ist, desto kleiner kann aufgrund des verringerten Strahlbündelquerschnitts die Fläche des Streumittels gefasst sein, was insbesondere in einer Massenfertigung Kostenvorteile bietet. Ein gewisser Mindestabstand zwischen Streuscheibe und Leuchtstoffelement kann aus konstruktiven Gründen notwendig bzw. hinsichtlich einer gewünschten Mindestaufweitung erforderlich sein. Mögliche Untergrenzen für d_2 liegen beispielsweise bei $d_2 \geq 1/30 d_1$, $d_2 \geq 1/20 d_1$ bzw. $d_2 \geq 1/10 d_1$.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Streuscheibe um eine Kippachse, die schräg, vorzugsweise senkrecht,

zur Schwerpunktrichtung des Pumpstrahlenbündels orientiert ist, verkipppbar gelagert. Dabei kann die Kippachse bevorzugt parallel zur vertikalen Richtung (12 Uhr Position) oder parallel zur horizontalen Richtung (3 Uhr Position) liegen. Fällt das Pumpstrahlenbündel nach der Streuscheibe direkt (ohne Umlenkung) auf das Leuchtstoffelement, liegt die Kippachse bevorzugt in einer zur Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements parallelen Ebene.

Die Beleuchtungsvorrichtung ist bevorzugt für eine Verkipfung der Streuscheibe während des Betriebs eingerichtet, also während die Pumpstrahlung die Streuscheibe durchsetzt (bevorzugt ist auch eine entsprechende Verwendung). Die Verkipfung kann beispielsweise mit einem Stellmotor oder auch elektromagnetisch erfolgen. Möglich ist eine periodische Verkipfung, wie beispielsweise ein Vibrieren, oder auch ein Verkippen in unregelmäßigen Zeitabständen, etwa adaptiv in Abhängigkeit von einer externen Regelgröße.

Mit der Verkipfung der Streuscheibe lassen sich die Streueigenschaften verändern, können also dementsprechend Form und/oder Größe des *Spots* auf der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements verändert werden. Die Kippachse kann außerhalb des Strahlenbündels liegen oder sich bevorzugt durch dieses erstrecken. Im letztgenannten Fall wird mit der Verkipfung dann ein Teil der Streuscheibe näher zur Linse und der andere näher zum Leuchtstoffelement gebracht, was eine asymmetrische Veränderung des *Spots* ermöglichen kann.

Die Veränderung des *Spots* kann bspw. zur Anpassung der Hell-Dunkel-Grenze eines Beleuchtungslichtkegels (Konversionslicht, in der Regel mit Pumplicht gemischt) genutzt werden, wobei eine horizontal liegende Kippachse bevorzugt sein kann. Die Hell-Dunkel-Grenze kann bspw. je nach Bedarf „schärfer“ gezogen sein oder einen „verwaschenen“ Verlauf haben. Mit der Verkippung kann bspw. auch (bei bevorzugt horizontal liegender Kippachse) bei einem Kfz-Scheinwerfer die Höhe bzw. der Winkel des Beleuchtungslichtkegels nivelliert werden, etwa in Abhängigkeit von der Beladung des Fahrzeugs, bevorzugt automatisch. Eine vertikale Kippachse kann bspw. von Interesse sein, falls sich bei einer Pumpstrahlungseinheit mit einer Laserdiode als Quelle (die entsprechend orientiert ist) deren *Fast-Axis*-Aufweitung über die Lebensdauer ändert und ein Nachjustieren erforderlich ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Streuscheibe entlang der Schwerpunktrichtung (mit einer überwiegenen Richtungskomponente parallel dazu), vorzugsweise parallel dazu, verschiebbar gelagert. Hier wie auch im Falle der Verkippung wird die Schwerpunktrichtung dort betrachtet, wo eben die Streuscheibe angeordnet ist, wird also die Schwerpunktrichtung des die Streuscheibe durchsetzenden Strahlenbündels betrachtet. Mit dem Verschieben der Streuscheibe kann die Größe des *Spots* und auch dessen Homogenität (siehe unten im Detail) angepasst werden, womit sich beispielsweise ein während des Betriebs auftretender Versatz der optischen Komponenten ausgleichen lässt. Ein solcher Versatz kann beispielsweise temperaturbedingt, also thermomechanisch, verursacht sein, es

sind nämlich beispielsweise im automobilen Umfeld Temperaturschwankungen von mehr als 100 °C möglich (zum Beispiel Kaltstart bei -40 °C und Betrieb bei erhöhter Temperatur, auch aufgrund der Verlustleistung).

- 5 Die verschiebbar gelagerte Streuscheibe kann beispielsweise an einem Schlitten angeordnet sein, der in einer Schiene geführt ist und beispielsweise motorgetrieben verschoben werden kann, etwa über eine sich in Verschieberichtung erstreckende, motorgetriebene Gewindestange.
- 10 Unabhängig davon im Einzelnen kann mit der Verschiebung der Abstand zwischen Streuscheibe und Leuchtstoffelement, also der Abstand d_2 , verändert werden. Der erste Abstand d_1 verändert sich dabei bevorzugt gegenläufig, sodass die Summe aus den beiden Abständen ($d_1 + d_2$) konstant bleibt.
- 15 In der Lagerung ist die Streuscheibe bevorzugt um mindestens 1/1000, in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 1/900, 1/800, 1/700, 1/600, 1/500, 1/400, 1/300, 1/200, 1/100 bzw. 1/50, der aufsummierten Abstände $d_1 + d_2$ verschiebbar. Mögliche Obergrenzen können davon
- 20 unabhängig beispielsweise bei höchstens 1/5 bzw. 1/10 von $d_1 + d_2$ liegen.

- Bei einer bevorzugten Ausführungsform hat die Linse einen Fokus (in dem der Strahlenbündelquerschnitt minimal wird) und ist das Leuchtstoffelement an dem Fokus angeordnet,
- 25 wobei das Strahlenbündel aufgrund des Streumittels um einen Fokuspunkt herum aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement fällt. Die Anordnung „an“ dem Fokus meint, dass die Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements vom Fokus/Fokuspunkt um beispielsweise nicht mehr als 200 µm,

150 μm , 100 μm , 50 μm bzw. 20 μm (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt) entfernt ist (entlang der Mittenachse des Pumpstrahlenbündels genommen). Im Rahmen des technisch Möglichen ist eine Anordnung genau im Fokus
5 bevorzugt. Der „Fokuspunkt“ ist ein Punkt, in welchem sich die die Linse durchsetzenden Strahlen theoretisch treffen würden, wenn die Beleuchtungsvorrichtung kein Streumittel aufweisen würde (also frei davon wäre), wenn also bspw. die Streuscheibe nicht mit einer streuenden
10 Oberfläche / Volumenstreuern versehen, sondern als einfache planparallele Platte ausgeführt wäre. Betrachtet wird also der Strahlengang, also ob keine Streuung erfolgen würde (alle anderen optischen Beiträge aber identisch sind). Der Strahlbündelquerschnitt wäre dort auf einen
15 Punkt, den Fokuspunkt, reduziert.

Auf der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements soll das Pumpstrahlenbündel beispielsweise einen *Spot*-Durchmesser von mindestens 10 μm , in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 50 μm , 100 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm
20 bzw. 300 μm haben; mögliche Obergrenzen können etwa bei maximal 1 mm, in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt maximal 0,9 mm, 0,8 mm, 0,7 mm, 0,6 mm bzw. 0,5 mm liegen (eine Obergrenze kann unabhängig von einer Untergrenze von Interesse sein, und umgekehrt). Im Falle eines nicht
25 kreisförmigen *Spots* bezieht sich der Durchmesser auf den Mittelwert aus kleinster und größter *Spot*-Erstreckung.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform gliedert sich das Streumittel in zumindest einen ersten Bereich und einen davon verschiedenen, nicht damit überlappenden zweiten

Bereich. Bevorzugt erstreckt sich jeder der Bereiche über mindestens $1/10$, weiter bevorzugt mindestens $1/5$, der im Betrieb von der Pumpstrahlung durchstrahlten Fläche des Streumittels (betrachtet wird die im zeitlichen Integral durchstrahlte Fläche, weil im zeitlichen Verlauf auch unterschiedliche Bereiche durchstrahlt werden können). Die Untergliederung des Streumittels bezieht sich auf Richtungen senkrecht zur Schwerpunktrichtung, entlang der Schwerpunktrichtung auf das Streumittel blickend sind die Bereiche also nebeneinander angeordnet. Die Bereiche können beispielsweise herstellungsbedingt auch tatsächlich physisch voneinander abgegrenzt sein oder auch ineinander übergehen. Bevorzugt ändert sich beim Übergang von Bereich zu Bereich die Streuung (der Streukoeffizient) sprunghaft. Bevorzugt ist über jeden Bereich an sich die Streuung konstant.

Die auf die einzelnen Bereiche fallende Pumpstrahlung wird „unterschiedlich stark“ gestreut, also unterschiedlich stark aufgeweitet. Betrachtet man also einen Referenzfall mit jeweils einem perfekt kollimierten, den jeweiligen Bereich jeweils vollständig ausfüllenden, senkrecht einfallenden Sub-Strahlenbündel, wird das Sub-Strahlenbündel des stärker streuenden Bereichs beispielsweise um mindestens 5 %, in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 10 %, 15 %, 20 % bzw. 25 %, mehr aufgeweitet als das Sub-Strahlenbündel des Bereichs geringerer Streuung. Betrachtet wird hier je Sub-Strahlenbündel die Differenz der Öffnungswinkel dem jeweiligen Bereich vor- und nachgelagert, was dann entsprechend mit dem anderen Sub-Strahlenbündel verglichen wird.

Die verschiedenen Bereiche können beispielsweise auch sequenziell durchstrahlt werden, so kann beispielsweise durch ein Bewegen des Streumittels senkrecht zur Schwerpunktrichtung, etwa durch eine Rotation des Streumittels
5 oder eine lineare Verschiebung, die Durchstrahlung der Bereiche verändert werden. Es kann beispielsweise die Durchstrahlung eines stärker streuenden Bereichs während des Betriebs wahlweise hinzu- oder weggeschaltet werden, womit der *Spot* auf der Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements wahlweise verkleinert oder vergrößert werden
10 kann. Generell können die Bereiche bevorzugt ineinander geschachtelt sein (in Schwerpunktrichtung gesehen), weiter bevorzugt kreis-/kreisringförmig, besonders bevorzugt konzentrisch.

15 Größe und Form des *Spots* auf der Einstrahlfläche korrelieren mit Größe und Form des Bereichs, aus dem das Konversionslicht abgegeben wird. Etwa im bevorzugten Fall des Automobilscheinwerfers kann diese Ortsverteilung auf der Abstrahlfläche mit einer Optik, etwa im einfachsten
20 Fall einer Sammellinse, in eine Winkelverteilung umgesetzt werden. Dementsprechend kann durch eine Variation von Form und Größe des *Spots* auf der Einstrahlfläche die Winkelverteilung des Konversionslichts (bevorzugt anteilig mit Pumplicht gemischt) eingestellt werden, kann also
25 beispielsweise zwischen Abblend- und Fernlicht hin- und hergeschaltet werden.

Bevorzugt kann bei dem in die Bereiche untergliederten Streumittel ein Betrieb derart sein (die Beleuchtungsvorrichtung für einen entsprechenden Betrieb eingerichtet

sein), dass zumindest einer der Bereiche, nämlich ein Bereich starker Streuung, während des normalen Betriebs des Automobilscheinwerfers, nicht durchstrahlt wird. Dieser Bereich starker Streuung wird dann nur in einem Fehlerfall durchstrahlt, wenn beispielsweise für die Beleuchtungs-
5 Vorrichtung intern ein Fehler festgestellt wurde, etwa ein abgefallenes Leuchtstoffelement, infolgedessen gebündelte und damit für das menschliche Auge gefährliche Pumpstrahlung austreten könnte. Ein Fehlerfall kann auch
10 in Abhängigkeit vom gesamten Kraftfahrzeug festgestellt werden, beispielsweise wenn der Airbag ausgelöst wird oder auch schon zuvor, wenn beispielsweise Trägheitssensoren bestimmte Werte liefern bzw. die Gurtstrauffer aktiviert werden. In einem Fehlerfall wird dann jedenfalls
15 auf eine Durchstrahlung des Bereichs starker Streuung gewechselt, sodass beispielsweise nur noch ein Teil der Pumpstrahlung überhaupt austreten würde bzw. die Leistungsdichte verringert wäre.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Pumpstrahlungseinheit aus einer Mehrzahl Pumpstrahlungsquellen
20 aufgebaut, etwa aus mindestens 2, vorzugsweise mindestens 3, besonders bevorzugt mindestens 4, Pumpstrahlungsquellen. Mögliche Obergrenzen können davon unabhängig beispielsweise bei höchstens 50, 40, 30, 20, 10, 8 bzw. 6
25 Pumpstrahlungsquellen liegen. Im Allgemeinen können sich die Pumpstrahlungsquellen auch in der Wellenlänge ihrer Strahlung unterscheiden, bevorzugt emittieren sie Strahlung derselben Wellenlänge, besonders bevorzugt sind sie baugleich. „Pumpstrahlungsquelle“ meint bevorzugt eine
30 Laserquelle, besonders bevorzugt eine Laserdiode.

Eine entsprechende Laserdiode kann beispielsweise eine Ausgangsleistung von mindestens 0,5 W, vorzugsweise mindestens 1 W, besonders mindestens 1,2 W, haben; mögliche Obergrenzen liegen (davon unabhängig) beispielsweise bei
5 höchstens 3 W, 2,5 W bzw. 2 W (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt). Im Allgemeinen können die Laserdioden beispielsweise auch gemeinsam gehäust sein, bevorzugt sind sie jeweils für sich gehäust.

Jede der Pumpstrahlungsquellen emittiert ein Teil-
10 Strahlenbündel. Im Allgemeinen setzt sich das Strahlenbündel daraus zumindest im zeitlichen Integral zusammen, können Teil-Strahlenbündel also auch zu- und weggeschaltet werden; bevorzugt werden die Teil-Strahlenbündel im selben Zeitpunkt emittiert. Die Teil-Strahlenbündel werden
15 der Linse vorgelagert bevorzugt mit einer Strahlkompressionsoptik näher zusammengebracht, etwa mit einem Treppenspiegel oder vorzugsweise durch mehrfache Totalreflexion in Prismen, vgl. Fig. 1 zur Illustration. Bevorzugt ist jeder Pumpstrahlungsquelle eine eigene Kollima-
20 tionslinse zugeordnet, und zwar der jeweiligen Pumpstrahlungsquelle unmittelbar nachgelagert (der bevorzugt vorgesehenen Strahlkompressionsoptik vorgelagert).

Die Erfindung betrifft auch einen Satz aus mehreren Beleuchtungsvorrichtungen, die sich im jeweiligen Abstand
25 zwischen dem Streumittel und dem Leuchtstoffelement unterscheiden, von der Position des Streumittels im Pfad der Pumpstrahlung abgesehen jedoch baugleich sind. Mit dem Abstand zwischen Streumittel und Leuchtstoffelement kann auch der Abstand des Streumittels zur Linse ein an-

derer sein (im Allgemeinen könnten auch nur Streumittel und Leuchtstoffelement relativverschoben werden), im Übrigen unterscheiden sich die Beleuchtungsvorrichtungen jedoch nicht. Bevorzugt ist das Streumittel jeweils an
5 einer Streuscheibe vorgesehen (siehe vorne) und variiert von Beleuchtungsvorrichtung zu Beleuchtungsvorrichtung der Abstand d_2 (und bevorzugt auch der Abstand d_1), sind die Beleuchtungsvorrichtungen jedoch ansonsten baugleich.

Über den Abstand zwischen Streumittel und Leuchtstoffelement kann die Größe des *Spots* eingestellt werden. Bei dem
10 Satz aus Beleuchtungsvorrichtungen ist dies nun dahingehend genutzt, dass beispielsweise Montageschwankungen, die von Beleuchtungsvorrichtung zu Beleuchtungsvorrichtung einen leicht unterschiedlichen Versatz der einzelnen
15 Komponenten zueinander bedingen können, ausgeglichen werden. Auf diese Weise kann beispielsweise auch eine Los-zu-Los-Schwankung kompensiert werden, sodass also beispielsweise dann für jeweils eine Beleuchtungsvorrichtung eines jeweiligen Loses die Einstellung erfolgt und diese
20 für die übrigen Beleuchtungsvorrichtungen des Loses übernommen wird. Die Beleuchtungsvorrichtungen unterscheiden sich dann von Los zu Los im jeweiligen Abstand, sind innerhalb eines Loses aber gleich.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen
25 einer vorliegend offenbarten Beleuchtungsvorrichtung, wobei das Streumittel zwischen der Pumpstrahlungsquelle und dem Leuchtstoffelement angeordnet wird. Die Anordnung „dazwischen“ soll dabei im Allgemeinen keine Implikation hinsichtlich einer Reihenfolge haben, es können also bei-

spielsweise auch zunächst das Leuchtstoffelement und das Streumittel relativ zueinander positioniert und anschließend die Pumpstrahlungseinheit in Position gebracht werden. Es wird auch nochmals ausdrücklich auf die übrige
5 Offenbarung und die darin enthaltenen Verfahrensmerkmale verwiesen.

In bevorzugter Ausgestaltung wird bei der Herstellung einer Beleuchtungsvorrichtung mit mehreren Pumpstrahlungsquellen der Abstand zwischen dem Streumittel und dem
10 Leuchtstoffelement, bevorzugt zwischen der Streuscheibe und dem Leuchtstoffelement (d_2), so angepasst, dass die Teil-Strahlenbündel auf der Einstrahlfläche überlagert sind. Bevorzugt ist eine deckungsgleiche Überlagerung; die Bestrahlungsstärke ist über den *Spot* bevorzugt homo-
15 gen.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung einer vorliegend offenbarten Beleuchtungsvorrichtung zur Beleuchtung, insbesondere zur Kraftfahrzeugaußenbeleuchtung, besonders bevorzugt zur Straßenausleuchtung mit einem Frontscheinwerfer, die weiter bevorzugt auch variabel (hinsichtlich
20 der im Betrieb ausgeleuchteten Raumwinkel) erfolgen kann. Im Allgemeinen können vorteilhafte Anwendungsgebiete aber auch im Bereich der Effektbeleuchtung liegen oder kann die Beleuchtungsvorrichtung beispielsweise auch zur Operationsfeld-Beleuchtung genutzt werden; die Beleuchtungsvorrichtung kann ferner als Lichtquelle eines Projektionsgeräts, Endoskops oder auch Bühnenscheinwerfers dienen, etwa zur Szenenbeleuchtung im Film-, Fernseh- bzw. Theaterbereich.

Bei einer bevorzugten Verwendung wird in einem Fehlerfall der Abstand zwischen dem Streumittel und dem Leuchtstoffelement vergrößert, womit auch der Strahlbündelquerschnitt zunimmt und damit die Leistungsdichte abnimmt.

5 Der Strahlbündelquerschnitt wird dabei in einer Ebene betrachtet, welche die Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements beinhaltet bzw. im Falle des abgefallenen Leuchtstoffelements beinhaltet hat. Ist in dem Fehlerfall das Leuchtstoffelement noch regulär im Strahlengang angeordnet,

10 net, wird also der *Spot* entsprechend groß.

Ist das Leuchtstoffelement beispielsweise abgefallen, könnte die Pumpstrahlung (ohne Sicherheitseinrichtung) schlimmstenfalls in gebündelter Form über eine Optik austreten, die eigentlich zum Abführen des Konversionslichts bzw. des Konversionslichts in Mischung mit einem nichtkonvertierten Teil der Pumpstrahlung vorgesehen ist (ein nichtkonvertierter Teil der Pumpstrahlung wird im Leuchtstoffelement aber beispielsweise aufgrund von Streuprozessen auch aufgeweitet, ist also insoweit unkritisch).

15

20 Bezüglich weiterer Details, insbesondere auch die möglichen Fehlerfälle betreffend, wird auf die vorstehende Offenbarung zu dem in Bereiche untergliederten Leuchtstoffelement verwiesen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei die einzelnen Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich sein können.

25

Im Einzelnen zeigt

- Figur 1 eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung mit Pumpstrahlungseinheit, Streuscheibe und Leuchtstoffelement in einer Schrägansicht;
- 5 Figur 2 die Streuscheibe der Beleuchtungsvorrichtung gemäß Fig. 1 in einer Detailansicht;
- Figur 3a-c Graphen zur Illustration der Einstellbarkeit der Bestrahlungsstärkeverteilung auf einer Einstrahlfläche eines Leuchtstoffelements in
10 Abhängigkeit von der Position der Streuscheibe;
- Figur 4 eine als Streumittel vorgesehene Oberflächenstruktur der Streuscheibe;
- Figur 5 eine in mehrere Bereiche untergliederte
15 Streuscheibe in einer schematischen Aufsicht.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung 1 mit einer Pumpstrahlungseinheit 2, die aus drei Pumpstrahlungsquellen 2a,b,c aufgebaut ist, nämlich drei Laserdioden à jeweils 1,6 W. Jeder der Laserdioden 2a,b,c unmittelbar nachgelagert ist eine jeweilige Kollimationslinse 3a,b,c angeordnet, welche ein jeweiliges Teil-Strahlenbündel 4a,b,c kollimiert. Der Übersichtlichkeit halber ist je Teil-Strahlenbündel 4a, b, c nur der Mit-
20 tenstrahl gezeigt.

Jede der Pumpstrahlungsquellen 2a,b,c emittiert eines der Teil-Strahlenbündel 4a,b,c, die zusammen ein von der Pumpstrahlungseinheit 2 emittiertes Strahlenbündel 4 bilden. Die Teil-Strahlenbündel 4a,b,c werden mit einer
5 Strahlkompressionsoptik 5 näher zusammengebracht, nämlich zwei Totalreflexions-Prismen 5a,b. Mit der Strahlkompressionsoptik 5 wird der Abstand der Teil-Strahlenbündel 4a,b,c senkrecht zu einer Schwerpunktrichtung 6 des Strahlenbündels 4 verringert.

10 Der Strahlkompressionsoptik 5 nachgelagert fällt das Strahlenbündel 4 auf eine Sammellinse 7, die vorliegend als Plankonvexlinse ausgeführt ist. Der Linse 7 vorgelagert ist das Strahlenbündel 4 kollimiert, der Linse 7 nachgelagert ist es konvergent.

15 Der Linse 7 nachgelagert, in dem konvergenten Strahlenbündel 4 ist eine Streuscheibe 8 angeordnet, welche das Strahlenbündel 4 durchsetzt und dabei um ca. 5° aufgeweitet wird. Die Aufweitung ist in Fig. 1 aufgrund der Wiedergabe von allein den Mittenstrahlen nicht zu erkennen.

20 Bezüglich der Beschaffenheit der Streuscheibe 8 im Einzelnen und die Aufweitung des Pumpstrahlenbündels 4 wird auch auf die Fig. 2 und 4 verwiesen.

Der Streuscheibe 8 nachgelagert fällt das Strahlenbündel 4 auf ein Leuchtstoffelement 9, vorliegend mit YAG:Ce als
25 Leuchtstoff, welches auf die Anregung mit der Pumpstrahlung hin Konversionslicht emittiert, vorliegend gelbes Licht. Die Pumpstrahlung fällt auf eine Einstrahlfläche 10 des Leuchtstoffelements 9, und das Konversionslicht wird an einer entgegengesetzten Abstrahlfläche 11 abge-

führt, das Leuchtstoffelement 9 wird also in Transmission betrieben. In dem Leuchtstoffelement 9 wird nicht die gesamte Pumpstrahlung konvertiert (Teilkonversion), der nichtkonvertierte Teil der Pumpstrahlung (vorliegend
5 blaues Pumplicht) wird gemeinsam mit dem Konversionslicht als weißes Mischlicht genutzt.

Das Konversionslicht und der nichtkonvertierte Teil der Pumpstrahlung werden an der Abstrahlfläche 11 des Leuchtstoffelements 9 Lambertsch abgegeben (die nichtkonvertierte Pumpstrahlung ist aufgrund von Streuprozessen auf-
10 geweitet). Der Abstrahlfläche 11 ist eine (der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellte) Optik zugeordnet, bevorzugt eine abbildende Optik, welche das an unterschiedlichen Stellen der Abstrahlfläche 11 abgegebene Weißlicht
15 in unterschiedliche Raumrichtungen führt. Die gezeigte Beleuchtungsvorrichtung 1 ist als Lichtquelle eines Kraftfahrzeug-Frontscheinwerfers vorgesehen, das Weißlicht wird zur Straßenausleuchtung genutzt.

Fig. 2 zeigt die Streuscheibe 8 in einer Detailansicht
20 und veranschaulicht die Aufweitung des Strahlenbündels 4. Als Streumittel ist vorliegend eine Eintrittsfläche 20 der Streuscheibe 8 mit einer Oberflächenstruktur gefasst, vgl. Fig. 4 zur Illustration. Die Streuscheibe 8 ist aus Glas vorgesehen, das Strahlenbündel 4 tritt an der der
25 Eintrittsfläche 20 entgegengesetzten Austrittsfläche 21 aus und fällt auf das Leuchtstoffelement 9. Ohne die Streuung würden sich die Strahlen im Fokuspunkt treffen (durchgezogene Linien), aufgrund der Streuung ist das Strahlenbündel 4 um den Fokuspunkt aufgeweitet.

Über eine Variation des Abstands d_2 zwischen Streuscheibe 8 und Leuchtstoffelement 9 kann die Größe des auf der Einstrahlfläche 10 des Leuchtstoffelements 9 erzeugten *Spots* angepasst werden. Wird d_2 größer, nimmt auch die Größe des *Spots* zu; ebenso nimmt die Größe mit abnehmendem Abstand d_2 auch ab. Durch eine Anpassung des Abstands d_2 kann so einerseits beispielsweise ein fertigungsbedingter Versatz ausgeglichen werden.

Andererseits kann über den Abstand d_2 auch Einfluss auf die Bestrahlungsstärkeverteilung genommen werden, kann also deren Homogenität optimiert werden. Im vorliegenden Beispiel werden ja drei Teil-Strahlenbündel 4a,b,c zusammengeführt, und es kann auch bei einer theoretisch perfekten Überlagerung aufgrund eines auch nur geringen Versatzes der optischen Komponenten zu einem Auseinanderdriften der jeweiligen Teil-*Spots* auf der Einstrahlfläche 10 kommen.

Die Fig. 3a-b geben exemplarisch von den Erfindern ermittelte Messdaten für eine Beleuchtungsvorrichtung mit zwei Pumpstrahlungsquellen und dementsprechend zwei zusammengeführten Teil-Strahlenbündeln wieder. Die Graphen zeigen dabei jeweils die Bestrahlungsstärke (normiert auf die maximale Bestrahlungsstärke) entlang einer in die Einstrahlfläche 10 gelegten Achse (ohne Einheit, in allen Abbildungen derselbe Maßstab). Anstelle des Leuchtstoffelements 9 war bei dem Messaufbau ein Sensor angeordnet.

In Fig. 3a sind die beiden, jeweils von einer der beiden Pumpstrahlungsquellen emittierten Teil-Strahlenbündel noch nicht perfekt überlagert. Die Teil-*Spots* sind in der

Einstrahlfläche noch ein Stück weit zueinander beabstandet. Dies kann also die Situation bei einer zwar theoretisch perfekten Überlagerung, die durch einen montagebedingten Versatz aufgehoben wird, wiedergeben. Bei der
5 Fig. 3a zugrunde liegenden Messung war dabei noch keine Streuscheibe im Strahlengang platziert.

Die Streuscheibe wurde bei der Fig. 3B zugrunde liegenden Messung hinzugefügt, womit die Schwankung zwischen Minimum (zwischen den Teil-*Spots*) und Maxima (bei den Teil-
10 *Spots*) von ca. 4:1 in Fig. 3a auf 4:2 in Fig. 3b verringert werden konnte. Die Schwankung über den *Spot* wird also kleiner, dementsprechend wird auch die Anregung homogener und ist auch die Weißlichtabgabe gleichmäßiger.

Im Weiteren wurde dann der Abstand d_2 zwischen Leuchtstoffelement (bzw. Messsensor) und Streuscheibe vergrößert, womit eine vollständige Homogenisierung erreicht werden konnte. Dies illustriert der Graph in Fig. 3c. Die beiden Maxima und das dazwischen liegende Minimum sind dort nicht mehr aufgelöst, sondern die Bestrahlungsstärke
15 nimmt am Rand zu bzw. ab und ist im Übrigen über den *Spot* konstant.

Bei der Beleuchtungsvorrichtung 1 gemäß Fig. 1 kann die Streuscheibe 8 bevorzugt auch entlang der Schwerpunktrichtung 6 verschiebbar gelagert sein, sodass also der
25 Abstand d_2 verkleinert und vergrößert werden kann (wobei sich d_1 invers ändert). Dies kann beispielsweise Teil einer integrierten Sicherheitsfunktion sein, wobei in einem Fehlerfall (z. B. abgefallenes Leuchtstoffelement 9 oder Fehlerfall des Gesamtfahrzeugs, wie Airbag-Auslösung

etc.) der Abstand d_2 maximal eingestellt wird. Die Streuscheibe 8 kann bspw. von einer Feder sprunghaft in die Position mit maximalen Abstand d_2 gezogen werden.

In dieser Position wird die Pumpstrahlung maximal aufgeweitet (vgl. Fig. 2 und die zugehörige Beschreibung), sodass bspw. bei einem abgefallenen Leuchtstoffelement nur noch ein Bruchteil der Pumpstrahlung (aufgrund der Winkelaufweitung) überhaupt über die für das Abführen des Konversionslichts vorgesehene, nicht dargestellte Optik austreten kann. Dies ist ein Beispiel für die Anwendung einer verschiebbaren Streuscheibe, im Übrigen wird auf die vorstehende Offenbarung verwiesen.

Die Streuscheibe 8 der Beleuchtungsvorrichtung 1 gemäß Fig. 1 kann (alternativ zur Verschiebbarkeit oder in Kombination damit) auch um eine Kippachse verkipptbar gelagert sein. Diese Kippachse kann bspw. horizontal (und dabei senkrecht zu Schwerpunktrichtung 6) liegen, womit dann bspw. bei einem Automobilscheinwerfer ein Höhen- bzw. Winkelausgleich in Abhängigkeit von der Beladung des Fahrzeugs erfolgen kann.

Fig. 4 zeigt die Eintrittsfläche der Streuscheibe in einer Aufsicht. Die Streuscheibe ist aus Glas vorgesehen und angeraut, was eine zerklüftete Oberfläche ergibt. Die Oberfläche kann durch Ätzen angeraut werden, die Streuscheibe kann jedoch andererseits auch in einem formenden Verfahren hergestellt und die raue Oberfläche bereits mit der Form eingebracht werden. Sowohl die Eintrittsfläche als auch die Austrittsfläche sind mit einer Antireflexschicht (nicht dargestellt) versehen.

Fig. 5 zeigt eine Streuscheibe 8 in einer Aufsicht entlang der Schwerpunktrichtung 6 (vgl. Fig. 1) darauf blickend. In dieser schematischen Darstellung ist die Streuscheibe 8 in vier Bereiche 40a, b, c, d untergliedert, wobei in dem inneren Bereich 40a die Streuung am geringsten ist, von Bereich zu Bereich nach außen zunimmt und dementsprechend in dem Bereich 40d am stärksten ist. Etwa in Verbindung mit der vorstehend genannten Verschiebbarkeit entlang der Schwerpunktrichtung 6 kann ein jeweiliger Bereich „ausgewählt“ werden, kann also bspw. in einem Betriebszustand nur der Bereich 40a durchstrahlt werden und können in anderen Betriebszuständen die Ringe schrittweise hinzugenommen werden.

So können bspw. unterschiedliche Beleuchtungsmodi (Fernlicht/Abblendlicht) realisiert werden bzw. kann in einem Fehlerfall die Aufweitung maximiert werden. Es werden dann sämtliche Bereiche 40a, b, c, d durchstrahlt und ist die Aufweitung zusätzlich zu der abstandsbedingten Aufweitung (d_2 maximal, siehe vorne) ferner durch die nach außen hin zunehmende Streuung vergrößert.

Der Durchmesser des Bereichs 40a liegt bei 1/10 der Diagonalen (Ecke zu Ecke) des Leuchtstoffelements 8, jener des Bereichs 40b bei 2/10 (der Außendurchmesser) und jener des Bereichs 40c bei 5/10 (wiederum der Außendurchmesser).

Ansprüche

1. Beleuchtungsvorrichtung (1) mit
einer Pumpstrahlungseinheit (2) zur Emission von
Pumpstrahlung als Strahlenbündel (4),
5 einem beabstandet zu der Pumpstrahlungseinheit (2)
angeordneten Leuchtstoffelement (9) zur Konversion
der Pumpstrahlung in Konversionslicht und
einer Linse (7) zwischen der Pumpstrahlungseinheit
(2) und dem Leuchtstoffelement (9), die von dem
10 Pumpstrahlenbündel (4) durchsetzt wird, wobei das
Pumpstrahlenbündel (4) der Linse (7) nachgelagert
konvergent ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen der Pumpstrahlungseinheit (2) und dem
15 Leuchtstoffelement (9) ein Streumittel angeordnet
ist, wobei das Pumpstrahlenbündel (4) das Streumittel
durchsetzt und dabei aufgeweitet wird.
2. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, bei
20 welcher das Streumittel einen Öffnungswinkel des
Pumpstrahlenbündels (4) um mindestens $0,5^\circ$ und um
höchstens 10° aufweitet.
3. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2,
25 bei welcher das Streumittel zwischen der Linse (7)
und dem Leuchtstoffelement (9) angeordnet ist und
von dem konvergenten Pumpstrahlenbündel (4) durch-
setzt wird.

4. Beleuchtungsanordnung (1) nach Anspruch 3, bei welcher das Streumittel an einer zu der Linse beabstandet angeordneten Streuscheibe (8) vorgesehen ist und das Pumpstrahlenbündel (4) zwischen der Linse (7) und der Streuscheibe (8) ein Gasvolumen durchsetzt.
5. Beleuchtungsanordnung (1) nach Anspruch 4, bei welcher entlang einer Mittenachse des Pumpstrahlenbündels (4) genommen die Streuscheibe (8) näher an dem Leuchtstoffelement (9) als an der Linse (7) angeordnet ist.
6. Beleuchtungsanordnung (1) nach Anspruch 4 oder 5, bei welcher die Streuscheibe (8) um eine Kippachse, die schräg zu einer Schwerpunktrichtung (6) des Pumpstrahlenbündels (4) orientiert ist, verkippbar gelagert ist, wobei die Beleuchtungsanordnung (1) für eine Verkipfung der Streuscheibe (8) während des Betriebs der Beleuchtungsanordnung (1) eingerichtet ist.
7. Beleuchtungsanordnung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei welcher die Streuscheibe (8) entlang einer Schwerpunktrichtung (6) des Pumpstrahlenbündels (4) verschiebbar gelagert ist und so ein Abstand d_2 zwischen der Streuscheibe (8) und dem Leuchtstoffelement (9) veränderbar ist, wobei die Beleuchtungsanordnung (1) für eine Veränderung des

Abstands während des Betriebs der Beleuchtungsvorrichtung (1) eingerichtet ist.

- 5 8. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Linse (7) einen Fokus hat und das Leuchtstoffelement (9) an dem Fokus angeordnet ist, wobei das Pumpstrahlenbündel (4) aufgrund des Streumittels um einen Fokuspunkt herum aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement (9) fällt.
- 10 9. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher sich das Streumittel in Bezug auf Richtungen senkrecht zu einer Schwerpunktrichtung (6) des Pumpstrahlenbündels (4) in zu-
- 15 mindest einen ersten Bereich und einen davon verschiedenen zweiten Bereich gliedert, wobei die Bereiche unterschiedlich stark streuend ausgebildet sind.
- 20 10. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Pumpstrahlungseinheit (2) aus einer Mehrzahl Pumpstrahlungsquellen (2a, b, c) aufgebaut ist.
- 25 11. Satz mit mehreren Beleuchtungsvorrichtungen (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich die Beleuchtungsvorrichtungen (1) des Satzes in einem jeweiligen Abstand zwischen dem Streumittel und dem Leuchtstoffelement (9) unterscheiden, im Übrigen jedoch baugleich sind.
- 30

12. Verfahren zum Herstellen einer Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder eines Satzes nach Anspruch 11, bei welchem das Streumittel zwischen der Pumpstrahlungseinheit (2) und dem Leuchtstoffelement (9) angeordnet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12 zum Herstellen einer Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 10, bei welcher jede Pumpstrahlungsquelle (2a, b, c) zur Emission eines Teil-Strahlenbündels (4a, b, c) ausgelegt ist, bei welchem Verfahren ein Abstand zwischen dem Streumittel und dem Leuchtstoffelement (9) angepasst wird, um die Teil-Strahlenbündel (4a, b, c) auf einer Einstrahlfläche (10) des Leuchtstoffelements (9) in Überlagerung zu bringen.
14. Verwendung einer Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Beleuchtung, vorzugsweise zur Kraftfahrzeugaußenbeleuchtung, besonders bevorzugt in einem Frontscheinwerfer.
15. Verwendung nach Anspruch 14, wobei in einem Fehlerfall ein Abstand zwischen dem Streumittel und dem Leuchtstoffelement (9) vergrößert wird, um einen Querschnitt des Pumpstrahlenbündels (4) zu vergrößern und damit eine Leistungsdichte zu verringern.

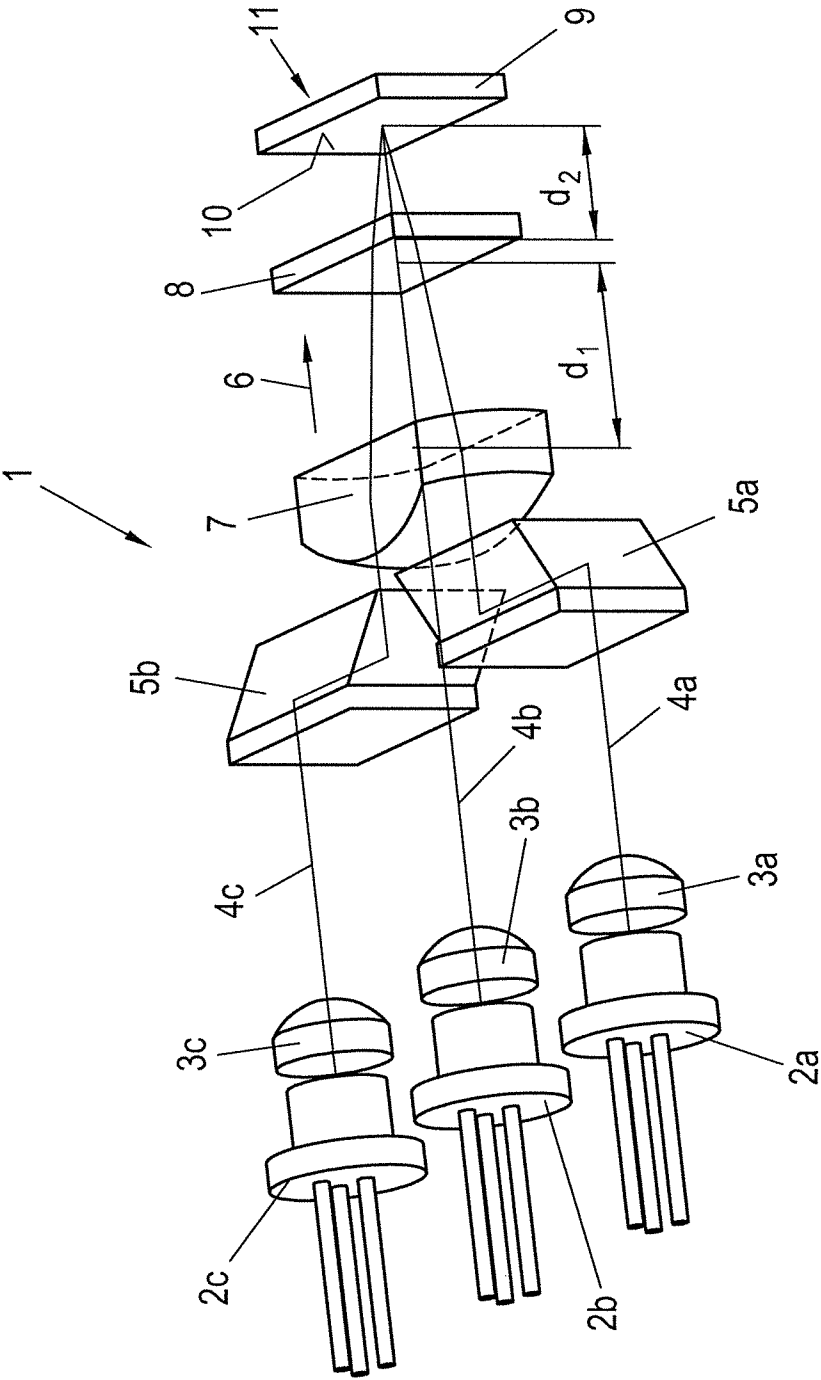


Fig. 1

2/3

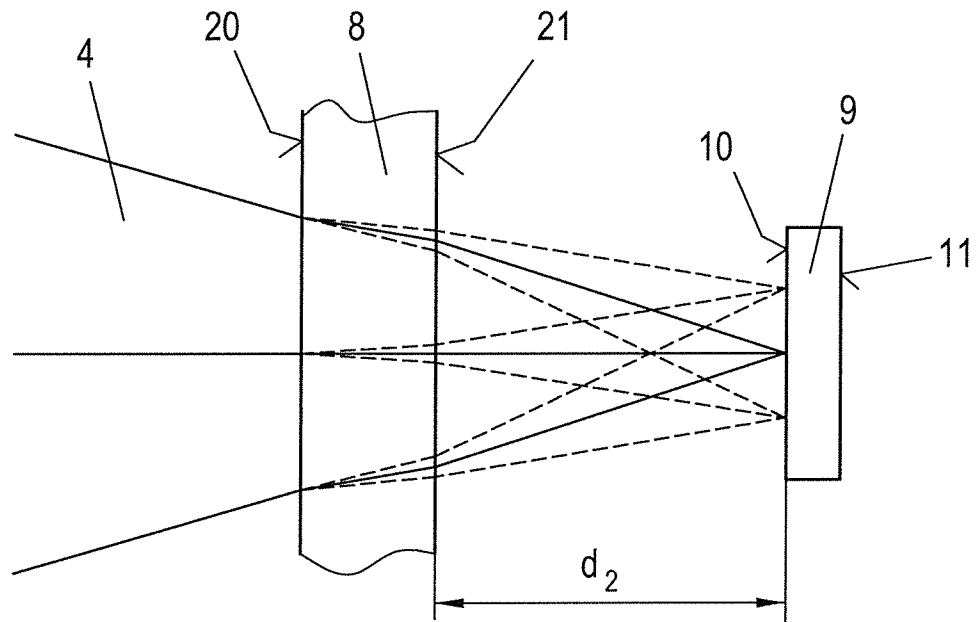


Fig. 2

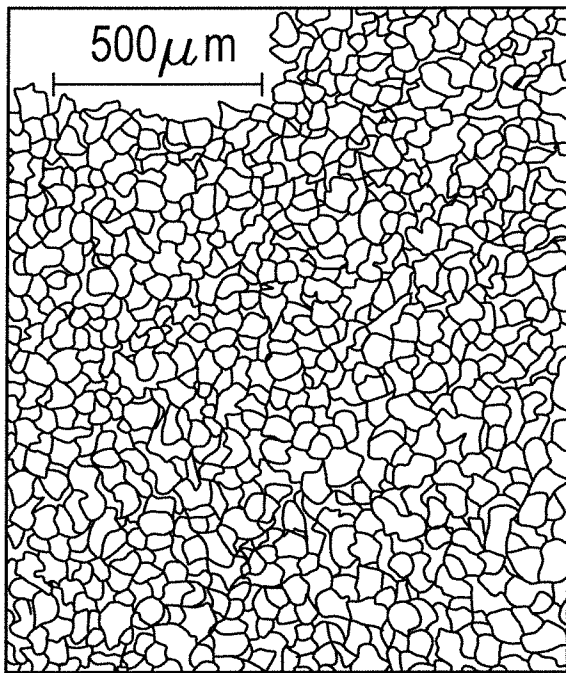


Fig. 4

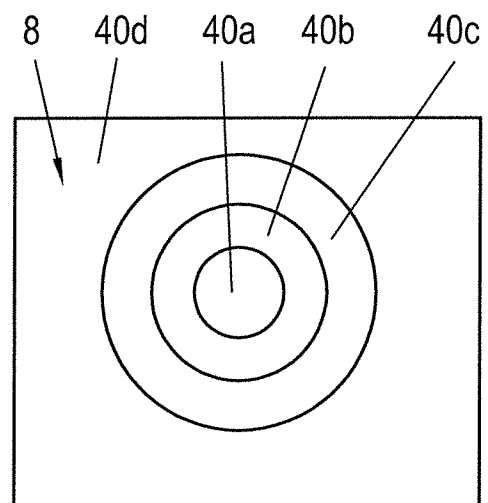


Fig. 5

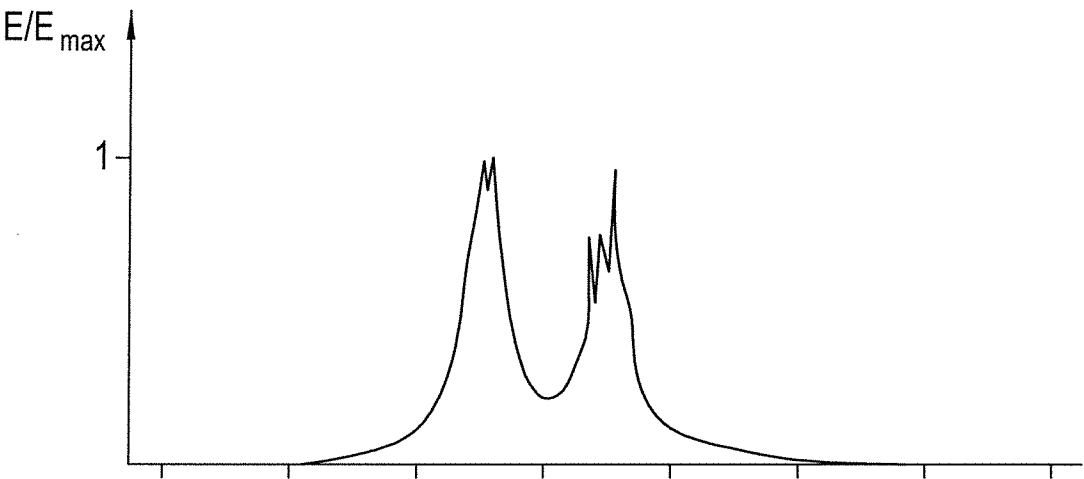


Fig. 3a

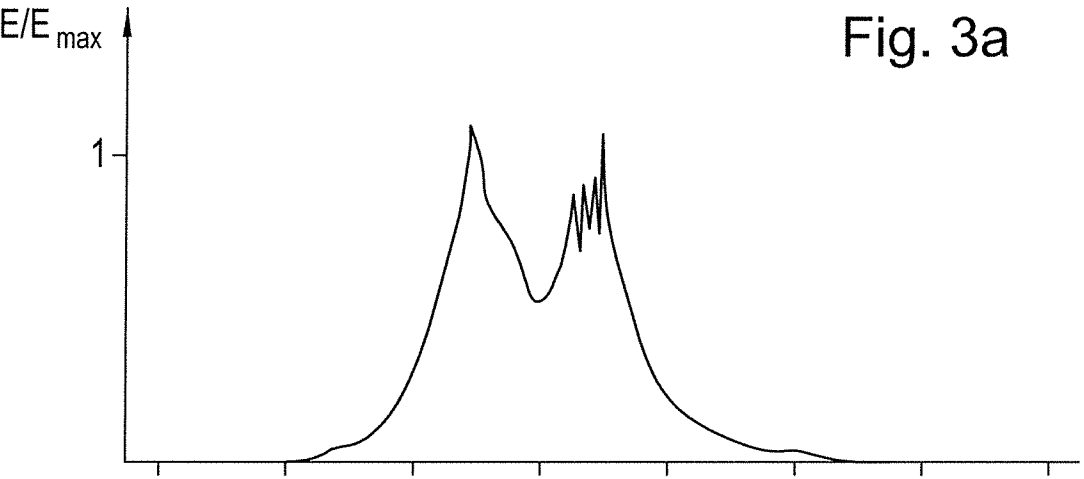


Fig. 3b

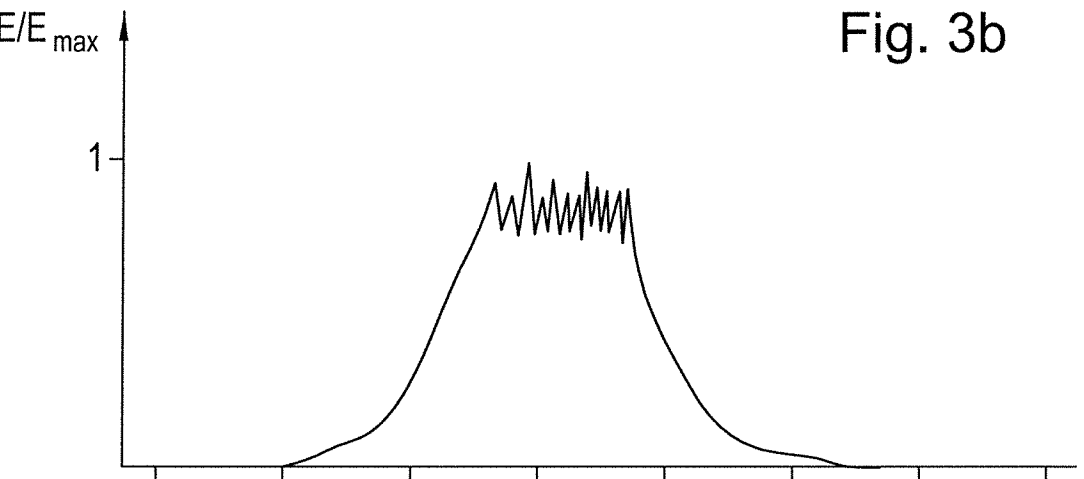


Fig. 3c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/059664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01S5/00 G02B19/00 G03B21/20
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)

H01S G02B G03B

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/112961 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ASHDOWN IAN [CA]) 17 September 2009 (2009-09-17) paragraph [0049] - paragraph [0057]; figures 8, 4	1-15
X	----- EP 2 642 178 A1 (NEC DISPLAY SOLUTIONS LTD [JP]) 25 September 2013 (2013-09-25) abstract; figure 1	1
A	----- US 2007/109784 A1 (KOSNIK WILLIAM D [US] ET AL) 17 May 2007 (2007-05-17) abstract; figure 1	1-15



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 application or patent 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

7 July 2016

Date of mailing of the international search report

18/07/2016

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

Flierl, Patrik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/059664

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009112961	A1	17-09-2009	NONE

EP 2642178	A1	25-09-2013	CN 103221735 A 24-07-2013
			EP 2642178 A1 25-09-2013
			JP 5497912 B2 21-05-2014
			US 2013222772 A1 29-08-2013
			WO 2012066654 A1 24-05-2012

US 2007109784	A1	17-05-2007	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01S5/00 G02B19/00 G03B21/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01S G02B G03B		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/112961 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ASHDOWN IAN [CA]) 17. September 2009 (2009-09-17) Absatz [0049] - Absatz [0057]; Abbildungen 8, 4 -----	1-15
X	EP 2 642 178 A1 (NEC DISPLAY SOLUTIONS LTD [JP]) 25. September 2013 (2013-09-25) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1
A	US 2007/109784 A1 (KOSNIK WILLIAM D [US] ET AL) 17. Mai 2007 (2007-05-17) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-15
☐ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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 7. Juli 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 18/07/2016
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 Flierl, Patrik

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/059664

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009112961	A1	17-09-2009	KEINE

EP 2642178	A1	25-09-2013	CN 103221735 A 24-07-2013
			EP 2642178 A1 25-09-2013
			JP 5497912 B2 21-05-2014
			US 2013222772 A1 29-08-2013
			WO 2012066654 A1 24-05-2012

US 2007109784	A1	17-05-2007	KEINE
