

(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  
4. Februar 2016 (04.02.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/016032 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*F21K 99/00* (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/066537

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. Juli 2015 (20.07.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 215 220.8  
1. August 2014 (01.08.2014) 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).

(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:**

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

(54) Title: ILLUMINATING DEVICE COMPRISING A PUMP RADIATION SOURCE

(54) Bezeichnung : BELEUCHTVORRICHTUNG MIT EINER PUMPSTRAHLUNGSQUELLE

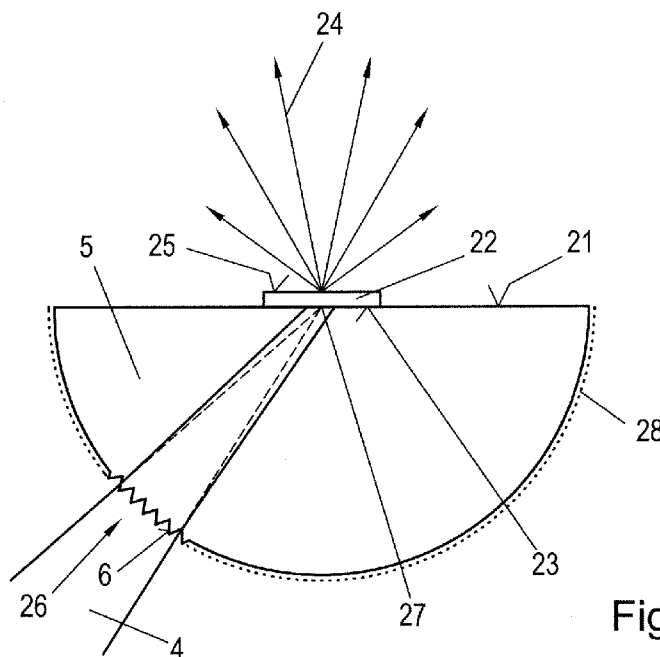


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to an  
illuminating device (1), comprising a pump  
radiation source (2) for emitting pump radiation as a  
beam (4), a phosphor element (22) and a lens system  
(3, 5) disposed between the pump radiation source  
and the phosphor element (2, 22); the lens system  
has a focal point, at which the phosphor element  
(22) is arranged, wherein a lens (5) of the lens  
system (3, 5) has a scattering means (26) which  
passes through the pump beam (4) and is thereby  
expanded, so that the pump beam (4) falls around a  
focal point (27) in an expanded manner onto the  
phosphor element.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung  
betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung (1) mit einer  
Pumpstrahlungsquelle (2) zur Emission von  
Pumpstrahlung als Strahlenbündel (4), einem  
Leuchtstoffelement (22) und einem Linsensystem  
(3, 5) zwischen den beiden (2, 22); das  
Linsensystem hat einen Fokus, an welchem das  
Leuchtstoffelement (22) angeordnet ist, wobei eine  
Linse (5) des Linsensystems (3, 5) ein Streumittel  
(26) aufweist, welches das Pumpstrahlenbündel (4)  
durchsetzt und dabei aufgeweitet wird, sodass das  
Pumpstrahlenbündel (4) um einen Fokuspunkt (27)

aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement fällt.

Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle

### **Technisches Gebiet**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle zur Emission von Pumpstrahlung und einem  
5 Leuchtstoffelement zur Konversion der Pumpstrahlung in längerwelliges Konversionslicht.

### **Stand der Technik**

Als Pumpstrahlungsquelle kann beispielsweise ein Laser eingesetzt werden, und bei der Pumpstrahlung kann es sich etwa um UV-Strahlung oder vorzugsweise blaues Licht  
10 handeln. Das Konversionslicht hat dann zumindest Anteile im sichtbaren Spektralbereich und kann beispielsweise zur Beleuchtung genutzt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, eine besonders vorteilhafte  
15 Beleuchtungsvorrichtung mit Pumpstrahlungsquelle und Leuchtstoffelement anzugeben.

### **Darstellung der Erfindung**

Erfindungsgemäß löst diese Aufgabe eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Pumpstrahlungsquelle zur Emission von Pumpstrahlung als Strahlenbündel, einem  
20 Leuchtstoffelement zur Konversion der Pumpstrahlung in Konversionslicht und einem Linsensystem zwischen der Pumpstrahlungsquelle und dem Leuchtstoffelement, das von dem Pumpstrahlenbündel durchsetzt wird, wobei das

Linsensystem einen Fokus hat und das Leuchtstoffelement an dem Fokus angeordnet ist, und wobei ferner zumindest eine Linse des Linsensystems ein Streumittel aufweist, welches das Pumpstrahlenbündel durchsetzt und dabei  
5 aufgeweitet wird, sodass das Pumpstrahlenbündel um einen Fokuspunkt herum aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement fällt.

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

Das Konversionslicht ist vorzugsweise längerwellig als  
15 die Pumpstrahlung (*Down-Konversion*). Im Allgemeinen ist alternativ auch eine *Up-Konversion* möglich, bei der bspw. längerwellige Laserstrahlung in kürzerwelliges Konversionslicht umgewandelt wird.

Der Erfinder hat beobachtet, dass eine punktförmige  
20 Konzentration der Pumpstrahlung auf dem Leuchtstoffelement zu einer lokalen Überhitzung und infolgedessen schnellen Degradation des Leuchtstoffs führen kann. Der erfindungsgemäße Ansatz geht nun dahin, das Leuchtstoffelement zwar im Rahmen des technisch  
25 Möglichen im Fokus des Linsensystems anzuordnen, durch die streubedingte Aufweitung jedoch gleichwohl die Bildung eines *Hot Spots* zu vermeiden.

Ein vom Erfinder anfänglich alternativ angedachter Ansatz hätte indes darin bestanden, das Leuchtstoffelement außerhalb des Fokus anzuordnen, also deutlich vor oder hinter der Brennebene. Allerdings hat der Erfinder  
5 festgestellt, dass ein kleiner Versatz hierbei, der beispielsweise auch noch innerhalb üblicher Fertigungsschwankungen liegen kann, letztlich zur Folge haben kann, dass das Leuchtstoffelement dann doch im Fokus bzw. diesem nahe liegt. In einer Massenfertigung  
10 kann es deshalb potenziell fehlerträchtig sein, eine Aufweitung eines kollimierten Pumpstrahlbündels durch einen Versatz des Leuchtstoffelements zur Brennebene einzustellen. Dies gilt umso mehr, wenn bevorzugt mehrere Pumpstrahlungsquellen vorgesehen sind, also mehrere  
15 Pumpstrahlenbündel zusammengeführt werden müssen.

Erfindungsgemäß wird das Pumpstrahlenbündel deshalb durch ein Linsensystem zu dem Leuchtstoffelement geführt, wobei letzteres am Fokus des Linsensystems angeordnet ist. Die Anordnung „an“ dem Fokus meint, dass eine Pumpstrahlungs-  
20 Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements vom Fokus/Fokuspunkt um beispielsweise nicht mehr als 200  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  bzw. 20  $\mu\text{m}$  (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt) entfernt ist (entlang der Mittenachse des Pumpstrahlenbündels genommen). Im Rahmen  
25 des technisch Möglichen ist eine Anordnung genau im Fokus bevorzugt.

Dies kann vorteilhafterweise die Montage vereinfachen, vgl. die nachstehende Beschreibung im Detail. Um gleichwohl eine *Hot Spot*-Bildung zu vermeiden, weist eine

Linse des Linsensystems ein Streumittel auf, sodass das Pumpstrahlenbündel im Fokus um den Fokuspunkt aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement fällt. Da das Streumittel die Etendue vergrößert (Produkt aus Strahlbündelquerschnitt und projiziertem Raumwinkel), also vereinfacht gesprochen das vom Licht ausgefüllte Raumvolumen, kann es dann vorteilhafterweise auch im Falle eines unbeabsichtigten Versatzes zwischen Leuchtstoffelement und Linsensystem nicht zu einer *Hot Spot*-Bildung kommen. Ist das Strahlbündel im Fokus um den Fokuspunkt aufgeweitet, ist es entsprechend auch ein Stück weit dazu versetzt (am Fokus) aufgeweitet.

Auf einer Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements soll das Pumpstrahlenbündel beispielsweise einen *Spot*-Durchmesser von mindestens 10  $\mu\text{m}$ , in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 50  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$  bzw. 300  $\mu\text{m}$  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 kreisförmigen *Spots* bezieht sich der Durchmesser auf den Mittelwert aus kleinster und größter *Spot*-Erstreckung.

Der „Fokuspunkt“ ist ein Punkt, in welchem sich die das Linsensystem durchsetzenden Strahlen theoretisch treffen würden, wenn die Linse kein Streumittel aufweisen würde. Der Strahlbündelquerschnitt wäre dort auf einen Punkt (den Fokuspunkt) reduziert. Der Fokuspunkt wird insofern

an dem vom Streumittel freien Linsensystem nach den Prinzipien der geometrischen Strahlenoptik ermittelt.

Bezogen auf den Pfad der Pumpstrahlung ist der „Fokus“ dann an derselben Stelle angeordnet, allerdings treffen  
5 sich nicht sämtliche Strahlen des Pumpstrahlenbündels in einem einzigen Punkt, sondern durchsetzen sie eine kleine Fläche; es sollen insoweit auch die vorstehend für den Spot-Durchmesser offenbarten Werte für diese Fläche im Fokus offenbart sein. Dies meint im Allgemeinen  
10 „Aufweitung um den Fokuspunkt“. Im Fokus wird der Durchmessers des Pumpstrahlenbündels minimal, jedenfalls im Vergleich zu einem Bereich unmittelbar vorgelagert und einem Bereich unmittelbar nachgelagert (in dem sich das Pumpstrahlenbündel dann aber nicht weiter ausbreitet,  
15 sondern das Leuchtstoffelement angeordnet ist).

Das „Linsensystem“ kann im Allgemeinen auch aus einer einzigen Linse bestehen, welche dann das Streumittel aufweist; vorzugsweise handelt es sich dabei jedoch um mehrere Linsen. Der Fokus/Fokuspunkt bestimmt sich für  
20 das Linsensystem im Gesamten, also unter Berücksichtigung sämtlicher Linsen zwischen der Pumpstrahlungsquelle und dem Leuchtstoffelement. Die Anordnung des Linsensystems „zwischen“ Pumpstrahlungsquelle und Leuchtstoffelement bezieht sich auf den Pfad des Pumpstrahlenbündels, also  
25 etwa im Falle eines über Eck geführten Pumpstrahlenbündels nicht zwingend auf die geometrisch kürzeste Verbindung.

Das Streumittel weitet den Öffnungswinkel des Pumpstrahlenbündels in bevorzugter Ausgestaltung um

mindestens  $0,5^\circ$ , in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens  $1^\circ$ ,  $1,5^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $2,5^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $3,5^\circ$ ,  $4^\circ$  bzw.  $4,5^\circ$ , auf; bevorzugte Obergrenzen können beispielsweise bei in dieser Reihenfolge zunehmend  
5 bevorzugt höchstens  $10^\circ$ ,  $9,5^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $8,5^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $7,5^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $6,5^\circ$ ,  $6^\circ$  bzw.  $5,5^\circ$  liegen (eine Obergrenze kann auch unabhängig von einer Untergrenze von Interesse sein, und umgekehrt). Sollte das Pumpstrahlenbündel in den Achsen senkrecht zu seiner Schwerpunktrichtung unterschiedlich  
10 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  
15 Aufweitung), was bevorzugt für sämtliche zueinander und zur Schwerpunktrichtung senkrechten Achsenpaare gilt.

Der „Öffnungswinkel“ wird zwischen den Mantelflächen des Pumpstrahlenbündels genommen, und zwar jeweils in einer die Mittenachse des Pumpstrahlenbündels beinhaltenden  
20 Schnittebene. Die „Mittenachse“ liegt parallel zur Schwerpunktrichtung des Strahlenbündels im jeweilig betrachteten Abschnitt und erstreckt sich mittig im Pumpstrahlenbündel, liegt also in einer zur Schwerpunktrichtung senkrechten Schnittebene betrachtet  
25 im Flächenschwerpunkt (der Querschnittsfläche des Pumpstrahlenbündels). Die Mantelfläche des Pumpstrahlenbündels soll hinsichtlich eines Abstands zur Mittenachse, also in einer dazu senkrechten Schnittebene betrachtet, dort liegen, wo die Pumpstrahlungsleistung

auf die Hälfte des Maximums abgefallen ist (Halbwertsbreite).

Im Rahmen dieser Offenbarung bezieht sich „Schwerpunktrichtung“ auf den Mittelwert sämtlicher  
5 Richtungsvektoren des Strahlenbündels in einem jeweiligen Abschnitt zwischen zwei optischen Elementen, insbesondere Linsen (welche die Schwerpunktrichtung ändern können). Bei dieser Mittelwertbildung wird jeder Richtungsvektor mit der ihm zugehörigen Lichtstärke gewichtet.

10 Im Allgemeinen könnte das Streumittel beispielsweise auch als sogenannter Volumendiffusor in das Volumen des Linsenmaterials eingebettet sein, vorzugsweise ist es jedoch an der Lichteintrittsfläche der Linse vorgesehen. Im Allgemeinen könnte die Streuung beispielsweise auch  
15 mittels einer holografischen Struktur oder eines Beugungsgitters erfolgen, etwa in Form einer Beschichtung aufgebracht. Denkbar ist ferner auch eine geometrisch bestimmte Oberflächentextur, sodass die Streuung also nach den Prinzipien der geometrischen Strahlenoptik  
20 erfolgen würde. Bevorzugt ist eine Mattierung der Lichteintrittsfläche, die beispielsweise auch als Beschichtung aufgebracht sein kann, vorzugsweise jedoch durch eine Anrauhung der Oberfläche erreicht wird.

In bevorzugter Ausgestaltung ist die Lichteintrittsfläche  
25 der Linse sphärisch, weiter bevorzugt ist eine plan-sphärische Linse, besonders bevorzugt eine Halbkugellinse. Wie nachstehend weiter im Detail erläutert wird, kann es bei einer Halbkugellinse, deren plane Seite sich durch den Kugelmittelpunkt erstreckt,

auch mit Blick auf eine Massenfertigung gut beherrschbar sein, das Leuchtstoffelement am bzw. im Fokus anzuordnen, wenn dieser im Kugelmittelpunkt liegt (der Fokus des Linsensystems, nicht der Halbkugellinse allein). Das  
5 Leuchtstoffelement kann nämlich gut reproduzierbar an der planen Seite angeordnet werden; durch die Aufweitung mit dem Streumittel wird gleichwohl eine *Hot Spot*-Bildung vermieden.

Der Linse nachgelagert fällt das Pumpstrahlenbündel auf  
10 das Leuchtstoffelement, und zwar auf dessen Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche. Dies meint die gesamte Seitenfläche des Leuchtstoffelements, durch welche die Pumpstrahlung eintritt, also nicht nur den von der Pumpstrahlung durchstrahlten Bereich (*Spot*) davon. Ist  
15 das Leuchtstoffelement beispielsweise quaderförmig, kann die Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche eine rechteckige Seitenfläche des Quaders sein; im Falle eines zylinderförmigen Leuchtstoffelements kann beispielsweise die kreisförmige Grundfläche die Pumpstrahlungs-  
20 Einstrahlfläche sein.

Die Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche hat eine mittlere Erstreckung  $x$ , die sich als Mittelwert ihrer kleinsten und größten Erstreckung ergibt, etwa im Falle einer rechteckförmigen Fläche als Mittelwert von  
25 Flächendiagonale und kürzerer Kante. Die der sphärischen Lichteintrittsfläche zugrundeliegende Kugel hat einen Radius  $R$ , und es gilt dann vorzugsweise  $R \geq x/2$ , wobei weitere vorteilhafte Untergrenzen für  $R$  in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt bei mindestens  $3x/4$ ,  $x$ ,

5x/4, 3x/2, 7x/4 bzw. 2x liegen. Vorteilhafte Obergrenzen können beispielsweise bei höchstens 10x, 8x, 6x, 4x bzw. 3x liegen, in der Reihenfolge ihrer Nennung zunehmend bevorzugt (eine Obergrenze kann auch unabhängig von einer  
5 Untergrenze von Interesse sein, und umgekehrt).

In absoluten Werten kann die Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche beispielsweise eine mittlere Erstreckung x von mindestens 0,7 mm, 1 mm, 1,3 mm, 1,6 mm, 1,9 mm bzw. 2,2 mm haben; mögliche Obergrenzen liegen  
10 beispielsweise bei höchstens 8 mm, 7 mm, 6 mm, 5 mm, 4 mm bzw. 3 mm (jeweils in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt), wobei Ober- und Untergrenze auch unabhängig voneinander von Interesse sein können. Bevorzugt ist eine rechteckige Form, wobei weiter  
15 bevorzugt die längere Seitenkante um nicht mehr 50 %, 30 % bzw. 10 % länger als die kürzere sein soll; besonders bevorzugt ist eine quadratische Form.

Ein Flächenschwerpunkt der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche hat einen entlang einer Flächennormalen genommenen  
20 Abstand d zu der kugelförmigen Lichteintrittsfläche, und es gilt dann vorzugsweise  $d \geq 0,9 \cdot R$ , weiter bevorzugt  $d \geq 0,95 \cdot R$ , besonders bevorzugt  $d \geq R$ . Besonders vorteilhaft ist, wie auch bereits erwähnt,  $d = R$  (im Rahmen technisch üblicher Abweichungen), wird dann also  
25 das Leuchtstoffelement an der planen Lichtaustrittsfläche einer Halbkugellinse angeordnet.

Die Anordnung des Leuchtstoffelements „an“ der Lichtaustrittsfläche meint in direktem optischen Kontakt

mit dieser, also entweder direkt aufgebracht oder über eine Fügeverbindungsschicht, vorzugsweise eine Klebstoffschicht, damit verbunden. Eine solche Klebstoffschicht kann einen geringen Versatz des  
5 Leuchtstoffelements gegenüber dem Kugelmittelpunkt bedingen, allerdings ist dieser im Vergleich zu den übrigen Abmessungen ( $x$ ,  $R$ , ...) klein und insoweit vernachlässigbar.

In bevorzugter Ausgestaltung fällt das Pumpstrahlenbündel  
10 konvergent zum Kugelmittelpunkt auf die sphärische Lichteintrittsfläche. Es steht dann also jeder Strahl des Pumpstrahlenbündels senkrecht auf die Lichteintrittsfläche. Das Pumpstrahlenbündel durchsetzt die Lichteintrittsfläche dementsprechend brechungsfrei,  
15 also ohne Änderung der Schwerpunktrichtung. In anderen Worten liegt der Fokuspunkt im Kugelmittelpunkt und würde das Pumpstrahlenbündel ohne das erfindungsgemäße Streumittel dort in einem Punkt fokussiert.

Grundsätzlich kann anstelle einer plan-sphärischen Linse  
20 mit konzentrischer Einkopplung bspw. auch eine plan-aplanatische Linse verwendet werden. Diese weist wie auch die plan-sphärische Linse keine sphärische Aberration auf, hat aber eine Brechkraft, welche eine Brechung des Pumpstrahlenbündels ermöglicht.

25 Ein Vorteil der Halbkugellinse besteht einerseits in der vordefinierten Position für das Leuchtstoffelement, wenn der Kugelmittelpunkt gleich dem Fokuspunkt ist. Andererseits lassen sich dann über dieselbe sphärische Lichteintrittsfläche im Prinzip auch beliebig viele

Pumpstrahlenbündel entsprechend einkoppeln und im Kugelmittelpunkt zusammenführen, um dort auf das Leuchtstoffelement zu treffen. Dabei können die Pumpstrahlenbündel in kaskadierender Weise, vergleichbar  
5 mit unterschiedlichen Breitengraden auf der Erdoberfläche, angeordnet sein. Die Anordnung ist also beliebig kaskadierbar, vgl. Fig. 1 zur Illustration, wobei hier eine Anordnung mit 4-zähliger Drehsymmetrie auf einem gemeinsamen Breitengrad dargestellt ist.

10 Auch insoweit betrifft eine bevorzugte Ausführungsform eine Beleuchtungsvorrichtung mit mehreren Pumpstrahlungsquellen. Jede Pumpstrahlungsquelle emittiert ein jeweiliges Pumpstrahlenbündel, die vorzugsweise jeweils eine Linse mit einem Streumittel  
15 durchsetzen, vorzugsweise eine gemeinsame Linse mit Streumittel(n). Besonders bevorzugt werden die jeweiligen Pumpstrahlenbündel in der gemeinsamen Linse mit Streumittel(n) zusammengeführt, haben sie dieser vorgelagert also jeweils eine eigene Optik; in anderen  
20 Worten teilen sich die jeweiligen Linsensysteme die Linse mit Streumittel(n), unterscheiden sie sich aber im Übrigen.

Im Falle mehrerer Pumpstrahlungsquellen und entsprechend mehrerer Pumpstrahlenbündel (bevorzugt ist genau ein  
25 Pumpstrahlenbündel je Pumpstrahlungsquelle) wird vorzugsweise jedes Pumpstrahlenbündel in einer vorliegend beschriebenen Weise mit einem Streumittel um den jeweiligen Fokuspunkt aufgeweitet. Die Fokuspunkte der jeweiligen Linsensysteme fallen vorzugsweise im Rahmen

des technisch Möglichen zusammen. Besonders bevorzugt ist also eine Halbkugellinse und liegen die Fokuspunkte dann im Kugelmittelpunkt.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform kann die  
5 Sicherheit der Beleuchtungsvorrichtung betreffend von Interesse sein, wenn nämlich beispielsweise aufgrund mechanischer Beanspruchung (Erschütterung, Schlag, unterschiedliche thermische Ausdehnung, ...) das Leuchtstoffelement von der Halbkugellinse abfällt. Um in  
10 diesem Fall zu vermeiden, dass dann die hochenergetische Pumpstrahlung dort austritt, wo eigentlich das Konversionslicht abgeführt wird (Nutzerseite), erfolgt die Einkopplung in die sphärische Lichteintrittsfläche vorzugsweise so, dass die Pumpstrahlung an der  
15 Lichtaustrittsfläche totalreflektiert wird, wenn dort kein Leuchtstoffelement angeordnet ist (es also abgefallen ist).

Die Linse hat einen kritischen Winkel  $\theta_c$ , der sich aus dem Brechungsindex  $n$  des Linsenmaterials ergibt,  
20 vorzugsweise in Bezug auf Luft als Umgebungsmedium zu  $\theta_c \approx \arcsin(1/n)$ ; im Falle von Saphir mit einem Brechungsindex von ca. 1,78 (bei 400 nm) kann  $\theta_c$  also beispielsweise bei rund  $34^\circ$  liegen. Ist das Leuchtstoffelement aufgeklebt, kann der Brechungsindex  
25 des Klebstoffs  $n_{\text{Klebst.}}$  mitberücksichtigt werden,  $\theta_c \approx \arcsin(n_{\text{Klebst.}}/n)$ .

Der kritische Winkel  $\theta_c$  bezieht sich auf eine Flächennormale, welche im Falle der Lichtaustrittsfläche

mit der optischen Achse der Linse zusammenfällt. Entsprechend soll das Pumpstrahlenbündel die Lichteintrittsfläche mit einer Schwerpunktrichtung (brechungsfrei) durchsetzen, die um einen Winkel  $\theta \geq \theta_c$  zu der optischen Achse verkippt ist. Weitere vorteilhafte Untergrößen für  $\theta$  liegen bei  $1,05 \cdot \theta_c$ ,  $1,1 \cdot \theta_c$ ,  $1,15 \cdot \theta_c$ ,  $1,2 \cdot \theta_c$ ,  $1,25 \cdot \theta_c$  bzw.  $1,3 \cdot \theta_c$  (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt).

Sind in bevorzugter Ausgestaltung mehrere Pumpstrahlungsquellen vorgesehen, wird vorzugsweise jedes Pumpstrahlenbündel entsprechend eingekoppelt. Besonders bevorzugt ist dabei eine Anordnung derart, dass ein erstes und ein zweites Pumpstrahlenbündel zueinander drehsymmetrisch bezüglich der optischen Achse sind, und zwar genau zweizählig mit einem Drehwinkel von  $180^\circ$ . Durch eine Drehung um die optische Achse um  $180^\circ$  kann das erste Pumpstrahlenbündel also in das zweite übergeführt werden, und umgekehrt. Betrachtet wird dabei jeweils der Abschnitt innerhalb der Halbkugellinse, die Anordnung der Pumpstrahlungsquellen muss also im Allgemeinen nicht zwingend auch entsprechend drehsymmetrisch sein, wenngleich dies bevorzugt ist. Ein Vorteil der zueinander drehsymmetrisch angeordneten Pumpstrahlenbündel besteht dann etwa darin, dass in dem genannten Fehlerfall (Leuchtstoffelement fällt ab) das eine Pumpstrahlenbündel die Linse auf dem Pfad des anderen verlassen kann, und umgekehrt. Die Linse kann nämlich, wie nachstehend weiter im Detail erläutert, von Öffnungen im Bereich der Pumpstrahlenbündel abgesehen, an der Lichteintrittsfläche

auch verspiegelt sein, was hinsichtlich der Effizienz Vorteile bieten kann. Insoweit stellt die drehsymmetrische Anordnung dann also sicher, dass die im Fehlerfall totalreflektierte Pumpstrahlung die Linse auch  
5 wieder verlassen kann, und zwar von dem Leuchtstoffelement und damit der „Nutzerseite“ weg.

Generell können auch eine Vielzahl Pumpstrahlenbündel vorgesehen und zueinander drehsymmetrisch sein, auch mit einer mehrzähligen Drehsymmetrie (mehr als zweizählig).  
10 Sind beispielsweise vier Pumpstrahlenbündel vorgesehen, kann es zwei erste und zwei zweite Pumpstrahlenbündel (im eben dargestellten Sinne) geben, die je Paar genau zweizählig drehsymmetrisch sind; insgesamt können die vier Pumpstrahlenbündel dann vierzählig drehsymmetrisch  
15 angeordnet sein. Generell ist eine beliebig mehrzählige Drehsymmetrie möglich, insbesondere  $2n$ -zählig mit  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$  usw..

Generell ist die Lichteintrittsfläche der Linse in bevorzugter Ausgestaltung zumindest bereichsweise mit  
20 einer Reflexionsschicht versehen. Im Allgemeinen kann es sich dabei beispielsweise auch um eine dichroitische Reflexionsschicht handeln, welche für die Pumpstrahlung weitgehend transmissiv ist (z. B. mindestens 80 %, vorzugsweise mindestens 90 % Transmission), das  
25 Konversionslicht jedoch zumindest teilweise reflektiert, also beispielsweise mindestens 30 %, 40 %, 50 %, 60 % bzw. 70 % (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt) des an der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche abgegebenen Konversionslichts.

Obwohl die Konversionslicht-Abstrahlfläche des Leuchtstoffelements der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche entgegengesetzt liegt, das Leuchtstoffelement also in Transmission betrieben wird, wird nämlich auch an der  
5 Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche Konversionslicht abgegeben (Rückstreu-Konversionslicht). In dem Leuchtstoffelement erfolgt die Emission des Konversionslichts jedenfalls im Prinzip omnidirektional.

Mit einer Reflexionsschicht an der Lichteintrittsfläche  
10 der Linse kann an der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements abgegebenes Konversionslicht zurückreflektiert werden. Es hat dann also zumindest eine Richtungskomponente entlang einer  
Schwerpunktabstrahlrichtung des Konversionslichts an der  
15 Konversionslicht-Abstrahlfläche. Im Ergebnis wird die Effizienz erhöht, ist also mehr Konversionslicht nutzbar.

An der Konversionslicht-Abstrahlfläche kann das Konversionslicht beispielsweise mit einer Optik, etwa einer abbildenden Optik, aufgesammelt und dann zur  
20 Beleuchtung genutzt werden. Ist die Lichteintrittsfläche und damit die Reflexionsschicht in bevorzugter Ausgestaltung sphärisch und liegt der Kugelmittelpunkt im Rahmen technisch üblicher Abweichungen in der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche, fällt das Rückstreu-  
25 Konversionslicht vorteilhafterweise weitgehend senkrecht auf die Reflexionsschicht (jedenfalls in einem Bereich um den Kugelmittelpunkt abgegebenes Rückstreu-Konversionslicht).

Dementsprechend wird das Rückstreu-Konversionslicht auch im Wesentlichen wieder zurück auf das Leuchtstoffelement reflektiert, kann es dann also an der Konversionslicht-Abstrahlfläche gemeinsam mit dem originär dort  
5 abgegebenen Konversionslicht genutzt werden (eine dort angeordnete Optik muss nicht am Leuchtstoffelement vorbeigeführtes Licht berücksichtigen, was den Aufwand vereinfachen kann).

In bevorzugter Ausgestaltung ist die Reflexionsschicht  
10 auch für die Pumpstrahlung reflektiv, handelt es sich also um eine Vollverspiegelung. Der Reflexionsgrad für Konversionslicht und Pumpstrahlung kann beispielsweise bei mindestens 80 %, 85 %, 90 %, 95 % bzw. 97 % liegen (in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt). Es  
15 kann also beispielsweise ein Metallfilm auf die Lichteintrittsfläche aufgebracht sein, etwa ein Silberfilm oder eine ITO-Beschichtung.

Dort wo das Pumpstrahlenbündel die Lichteintrittsfläche durchsetzt, ist eine entsprechende Reflexionsschicht dann  
20 unterbrochen, also beispielsweise mit einem dem Durchmesser des Pumpstrahlenbündels berücksichtigenden Loch bzw. Aussparung versehen. Andererseits kann im Falle einer zur optischen Achse winkelvekippten Einkopplung des Pumpstrahlenbündels (insbesondere mit  $\theta \geq \theta_c$ ) auch  
25 nur ein Bereich der Lichteintrittsfläche um die optische Achse verspiegelt sein, also eine Kappe bei Winkeln  $< \theta$ .

In Bezug auf den oben genannten Fehlerfall (Leuchtstoffelement fällt ab) kann eine bereichsweise

verspiegelte Lichteintrittsfläche bei einer Einkopplung mit  $\theta > \theta_c$  Vorteile bieten, auch bei einer nicht zweizählig drehsymmetrischen Anordnung der Pumpstrahlenbündel. Die im Fehlerfall an der Lichtaustrittsfläche totalreflektierte Pumpstrahlung fällt dann auf die Reflexionsschicht an der Lichteintrittsfläche der Linse und wird von dieser (insbesondere im Falle der bevorzugten Halbkugellinse) zurück auf die Lichtaustrittsfläche geworfen, also dorthin wo das Leuchtstoffelement war. Sie wird dort erneut totalreflektiert und kann über das Streumittel entlang des ursprünglichen Einkoppelpfads austreten. Die Sicherheit auf der Nutzerseite ist gewahrt.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung einer vorliegend offenbarten Beleuchtungsvorrichtung als Lichtquelle zur Beleuchtung. Ein Anwendungsgebiet sind beispielsweise Projektionsgeräte oder Endoskope. Besonders bevorzugt ist eine Anwendung im Bereich der Kraftfahrzeugaußenbeleuchtung, weiter bevorzugt als Lichtquelle eines Kfz-Frontscheinwerfers. Generell muss nicht notwendigerweise die gesamte Pumpstrahlung konvertiert werden (Vollkonversion), sondern kann auch nur ein Teil davon konvertiert und eine Mischung aus Pumpstrahlung (Pumplicht) und Konversionslicht genutzt werden (Teilkonversion). Bevorzugt ist eine Vollkonversion. Bevorzugt ist blaues Pumplicht als Pumpstrahlung.

Bei der Pumpstrahlungsquelle handelt es sich vorzugsweise um einen Laser, besonders bevorzugt um eine Laserdiode.

Im Falle mehrerer Pumpstrahlungsquellen sind dann also vorzugsweise mehrere Laserdioden gleicher oder unterschiedlicher Frequenz (Wellenlänge) und Abstrahlcharakteristik sowie mit gleicher oder  
5 unterschiedlicher Betriebsweise (DC, getaktet, sequentieller Betrieb, simultaner Betrieb) in einem Array angeordnet.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei die  
10 einzelnen Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich sein können und auch weiterhin nicht immer im Einzelnen zwischen den unterschiedlichen Anspruchskategorien unterschieden wird.

15 Im Einzelnen zeigt

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung mit vier Laserdioden in einer schematischen Übersicht;

20 Fig. 2 einen schematischen Schnitt durch eine Halbkugellinse mit Streumittel, Reflexionsschicht und Leuchtstoffelement;

Fig. 3 an der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche des Leuchtstoffelements gemäß Fig. 2 abgegebenes Rückstreu-Konversionslicht;

25 Fig. 4 die Einkopplung mehrerer Pumpstrahlenbündel.

**Bevorzugte Ausführung der Erfindung**

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung 1 in einer schematischen Übersicht. Zu erkennen sind vier Laserdioden 2 als Pumpstrahlungsquellen. Die Laserdioden emittieren bei ca. 450 nm und haben eine Strahlungsleistung von 1.5 Watt bis 3.0 Watt. Jeder der Laserdioden 2 ist eine Plankonvexlinse 3 zugeordnet, welche die von der jeweiligen Laserdiode 2 abgegebene Pumpstrahlung (blaues Pumplicht) bündelt und auf eine Halbkugellinse 5 lenkt.

Die Pumpstrahlenbündel 4 treffen auf eine Lichteintrittsfläche 6 der Halbkugellinse 5 aus Saphir und durchsetzen letztere bis zu einer entgegengesetzten Lichtaustrittsfläche 21. Die Lichtaustrittsfläche liegt bezogen auf die Betrachtungsrichtung gemäß Fig. 1 rückseitig abgewandt, weswegen zur Veranschaulichung auch auf Fig. 2 verwiesen wird. Über die Lichtaustrittsfläche 21 fällt die Pumpstrahlung auf ein Leuchtstoffelement 22. Letzteres ist an der Lichtaustrittsfläche 21 der Halbkugellinse 5 angeordnet, und zwar über eine dünne Klebstoffschicht (< 50 µm) damit verbunden.

Die Pumpstrahlung trifft auf eine Pumpstrahlungseinstrahlfläche 23 des Leuchtstoffelements 22 und wird von diesem (vorliegend ein gelber YAG:Ce Leuchtstoff) zumindest anteilsweise in längerwelliges Konversionslicht 24 konvertiert. Das Konversionslicht 24 sowie evtl. nicht-konvertiertes Pumplicht wird an einer Konversionslicht-Abstrahlfläche 25 des Leuchtstoffelements 22, welche der Pumpstrahlungs-

Einstrahlfläche 23 entgegengesetzt liegt, abgegeben. Je Laserdiode 2 bilden die jeweilige Plankonvexlinse 3 und die Halbkugellinse 5 ein Linsensystem, durch welches die Pumpstrahlung auf das Leuchtstoffelement 22 geführt wird.

5 Fig. 2 veranschaulicht ferner, dass die Lichteintrittsfläche 6 der Halbkugellinse 5 in dem Bereich, in welchem das Pumpstrahlenbündel 4 (der Übersichtlichkeit halber ist nur eines der vier Pumpstrahlenbündel dargestellt) darauf fällt, etwas  
10 angeraut ist. Diese Oberflächenanrauung 26 stellt ein Streumittel dar, das Pumpstrahlenbündel 4 wird beim Durchtritt aufgeweitet. Der Öffnungswinkel vergrößert sich um ca. 5°.

In Fig. 2 ist strichliert die Strahlausbreitung im  
15 ungestörten Fall angedeutet; das Pumpstrahlenbündel 4 würde in einem Fokuspunkt 27 konzentriert auf das Leuchtstoffelement 22 fallen, was eine lokale Überhitzung (*Hot Spot*) des Leuchtstoffelements 22 zur Folge hätte. Um dies zu vermeiden, wird das Pumpstrahlenbündel 4 durch  
20 Streuung aufgeweitet, fällt es also dementsprechend um den Fokuspunkt 27 aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement 22. Letzteres ist zwar am Fokus angeordnet, das Pumpstrahlenbündel 4 ist dort aber nicht punktförmig konzentriert.

25 Die Lichteintrittsfläche 6 ist ferner mit einer Reflexionsschicht 28 versehen, und zwar einem Silberfilm. Da dieser auch die Pumpstrahlung reflektieren würde, ist die Reflexionsschicht 28 dort unterbrochen, wo die Pumpstrahlenbündel 4 eingekoppelt werden.

Fig. 3 veranschaulicht die Funktion der Reflexionsschicht 28, wobei in dieser Darstellung das über das Streumittel 26 einfallende Pumpstrahlenbündel 4 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist. Das auf die Anregung mit  
5 der Pumpstrahlung hin im Leuchtstoffelement 22 erzeugte Konversionslicht wird auch an der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23 abgegeben, nämlich als Rückstreu-Konversionslicht 31. Das mittig der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23 abgegebene Rückstreu-Konversionslicht  
10 31a, das also am Fokuspunkt 27 und damit am Kugelmittelpunkt abgegeben wird, fällt senkrecht auf die Reflexionsschicht 28 und wird dementsprechend wieder auf dieselbe Stelle der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23 zurückreflektiert.

15 Randseitig der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23 abgegebenes Rückstreu-Konversionslicht 31b fällt zwar nicht exakt, jedoch zumindest näherungsweise senkrecht auf die Reflexionsschicht 28 und wird auch größtenteils auf die Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23  
20 zurückreflektiert. Das so zurück zum Leuchtstoffelement 22 geführte Rückstreu-Konversionslicht kann dann an der Konversionslicht-Abstrahlfläche 25 gemeinsam mit dem originär dort abgegebenen Konversionslicht 24 genutzt werden.

25 Es wird nicht nur Konversionslicht zurückgestreut, sondern auch ein Teil der Pumpstrahlung. Diese Rückstreuung erfolgt hinsichtlich der Richtungen dem Rückstreu-Konversionslicht 31 vergleichbar. Auch die Rückstreu-Pumpstrahlung wird an der Reflexionsschicht 28

reflektiert und so zurück zur Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche 23 geführt, was die Effizienz weiter erhöht.

Die schematische Darstellung gemäß Fig. 4 zeigt nochmals  
5 denselben Aufbau, wobei in diesem Fall zwei Pumpstrahlenbündel 4a,b dargestellt sind, also ein schematischer Schnitt durch die Anordnung gemäß Fig. 1. Jedes der Pumpstrahlenbündel 4a,b wird über ein jeweiliges Streumittel 26 eingekoppelt und ist  
10 entsprechend aufgeweitet um den Fokuspunkt 27.

Die beiden Pumpstrahlenbündel 4a,b sind ferner drehsymmetrisch zur optischen Achse 41 der Halbkugellinse 5, und zwar genau zweizählig. Ferner sind die beiden Strahlenbündel 4a,b zur optischen Achse 41 derart  
15 verkippt, dass die Pumpstrahlung unter einem Einfallswinkel  $\theta > \theta_0$  auf die Lichtaustrittsfläche 21 der Halbkugellinse 5 fällt.

In einem Fehlerfall, wenn das Leuchtstoffelement 22 von der Halbkugellinse 5 abfällt, werden die beiden  
20 Pumpstrahlenbündel 4a,b deshalb an der Lichtaustrittsfläche 21 totalreflektiert und kann das erste Pumpstrahlenbündel 4a die Halbkugellinse 5 dann auf dem Pfad des zweiten Pumpstrahlenbündels 4b (in entgegengesetzter Richtung) verlassen, und umgekehrt.

## Ansprüche

1. Beleuchtungsvorrichtung (1) mit  
einer Pumpstrahlungsquelle (2) zur Emission von  
Pumpstrahlung als Strahlenbündel (4),  
5 einem Leuchtstoffelement (22) zur Konversion der  
Pumpstrahlung in Konversionslicht und  
einem Linsensystem (3, 5) zwischen der  
Pumpstrahlungsquelle (2) und dem Leuchtstoffelement  
(22), das von dem Pumpstrahlenbündel (4) durchsetzt  
10 wird,  
wobei das Linsensystem (3, 5) einen Fokus hat und  
das Leuchtstoffelement (22) an dem Fokus angeordnet  
ist,  
und wobei ferner eine Linse (5) des Linsensystems  
15 (3, 5) ein Streumittel (26) aufweist, welches  
Streumittel (26) das Pumpstrahlenbündel (4)  
durchsetzt und dabei aufgeweitet wird, sodass das  
Pumpstrahlenbündel (4) um einen Fokuspunkt (27)  
herum aufgeweitet auf das Leuchtstoffelement (22)  
20 fällt.
2. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der  
vorstehenden Ansprüche, bei welcher das Streumittel  
(26) den Öffnungswinkel des Pumpstrahlenbündels (4)  
25 um mindestens  $0,5^\circ$  und um höchstens  $10^\circ$  aufweitet.
3. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
bei welcher das Streumittel (26) an einer  
Lichteintrittsfläche (6) der Linse (5) vorgesehen

ist, vorzugsweise als Beschichtung oder Oberflächenanrauhung.

4. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der  
5 vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Linse (5) mit dem Streumittel (26) eine sphärische Lichteintrittsfläche (6) hat.
5. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, bei  
10 welcher das Pumpstrahlenbündel (4) auf eine Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche (23) des Leuchtstoffelements (22) fällt, die eine mittlere Erstreckung  $x$  hat, und eine der sphärischen Lichteintrittsfläche (6) zugrundeliegende Kugel  
15 einen Radius  $R$  hat, wobei  $R \geq x/2$ .
6. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, bei welcher das Pumpstrahlenbündel (4) auf eine Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche (23) des  
20 Leuchtstoffelements (22) fällt und ein Flächenschwerpunkt der Pumpstrahlungs-Einstrahlfläche (23) einen entlang einer Flächennormalen genommenen Abstand  $d$  zu der sphärischen Lichteintrittsfläche (6) hat und eine  
25 der sphärischen Lichteintrittsfläche (6) zugrundeliegende Kugel einen Radius  $R$  hat, wobei  $d \geq 0,9 \cdot R$ , vorzugsweise  $d = R$ .
7. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche  
30 4 bis 6, bei welcher die Linse (5) eine plan-

sphärische Linse (5) ist, also eine der sphärischen Lichteintrittsfläche (6) entgesetzte Lichtaustrittsfläche (21) der Linse (5) plan ist, wobei das Leuchtstoffelement (22) an der  
5 Lichtaustrittsfläche (21) angeordnet ist.

8. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei welcher eine der sphärischen Lichteintrittsfläche (6) zugrundeliegende Kugel  
10 einen Mittelpunkt (27) hat und das Pumpstrahlenbündel (4) konvergent zu dem Mittelpunkt (27) auf die sphärische Lichteintrittsfläche (6) fällt.

15 9. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 7 und 8, bei welcher die Linse (5) eine optische Achse (41) hat, die senkrecht auf der Lichtaustrittsfläche (23) steht, wobei  $\theta_c$  der kritische Winkel für Totalreflexion an der Lichtaustrittsfläche (23) ist, und wobei das Pumpstrahlenbündel (4) die sphärische Lichteintrittsfläche (6) mit einer  
20 Schwerpunktrichtung durchsetzt die um einen Winkel  $\theta \geq \theta_c$  zu der optischen Achse (41) verkippt ist.

25 10. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer Mehrzahl Pumpstrahlungsquellen (2).

11. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach den Ansprüchen 9  
30 und 10, bei welcher ein erstes Pumpstrahlenbündel

(4a, c), welches von einer ersten Pumpstrahlungsquelle (2a, c) ausgeht, und ein zweites Pumpstrahlenbündel (4b, d), welches von einer zweiten Pumpstrahlungsquelle (2b, d) ausgeht, in der plan-sphärischen Linse zueinander drehsymmetrisch bezüglich der optischen Achse (41) sind, und zwar genau zweizählig mit einem Drehwinkel von 180 °.

10 12. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Lichteintrittsfläche (6) der Linse (5) zumindest bereichsweise mit einer Reflexionsschicht (28) versehen ist.

15

13. Beleuchtungsvorrichtung nach (1) Anspruch 12, bei welcher die Reflexionsschicht (28) sowohl für das Konversionslicht als auch für die Pumpstrahlung reflektiv ist, wobei ein Bereich der Lichteintrittsfläche (6), welchen das Pumpstrahlenbündel (4) durchsetzt, frei von der Reflexionsschicht (28) ist.

20

14. Verwendung einer Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche zur Beleuchtung, vorzugsweise zur Kraftfahrzeugaußenbeleuchtung, besonders bevorzugt in einem Frontscheinwerfer.

25

1/2

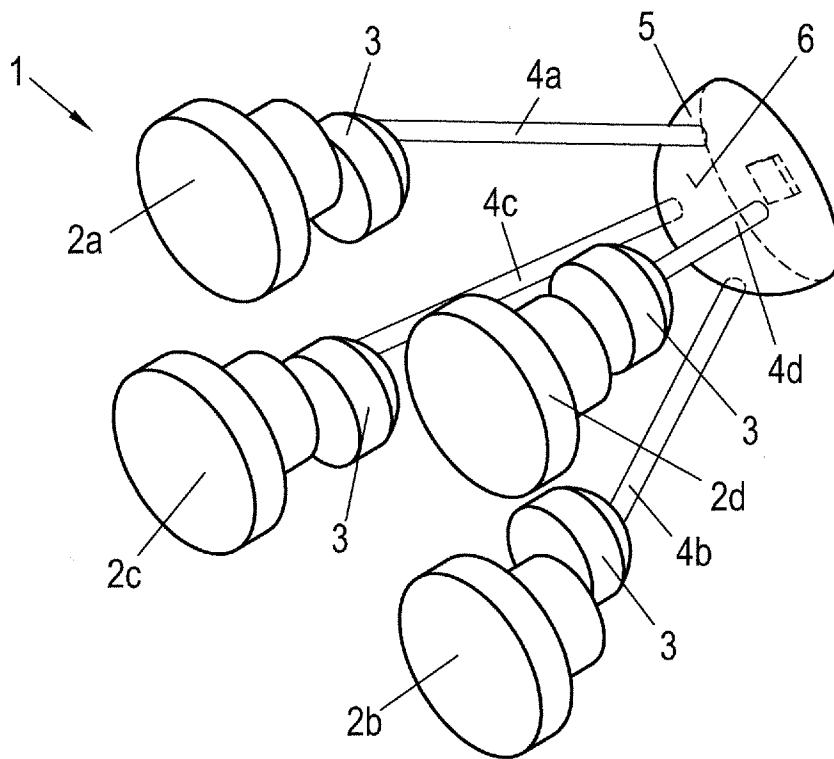


Fig. 1

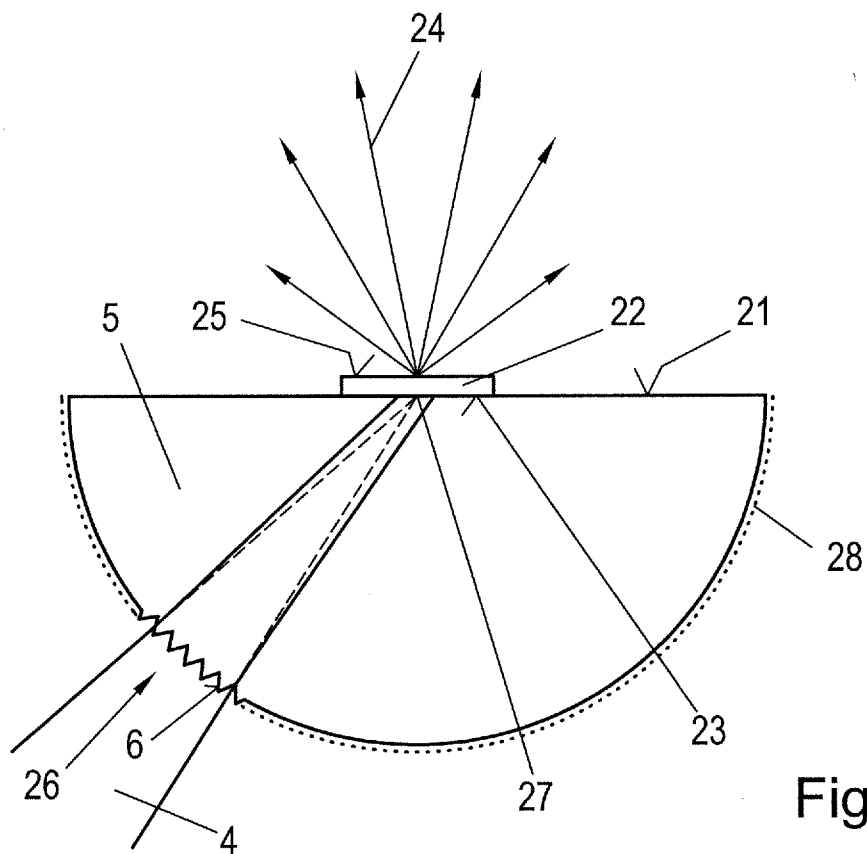


Fig. 2

2/2

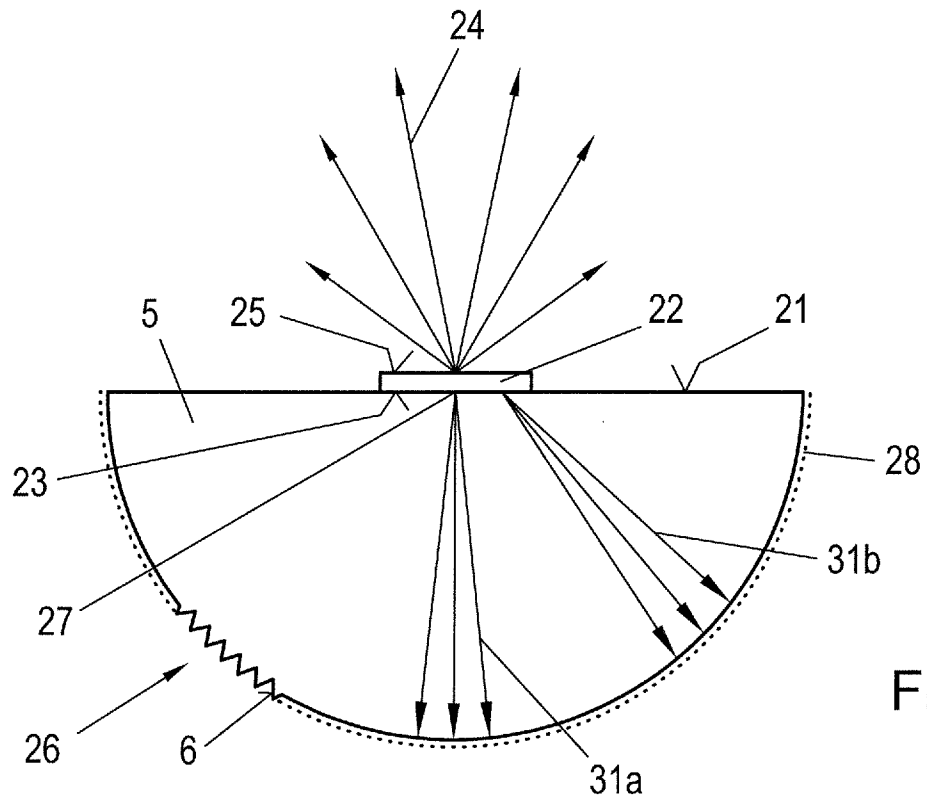


Fig. 3

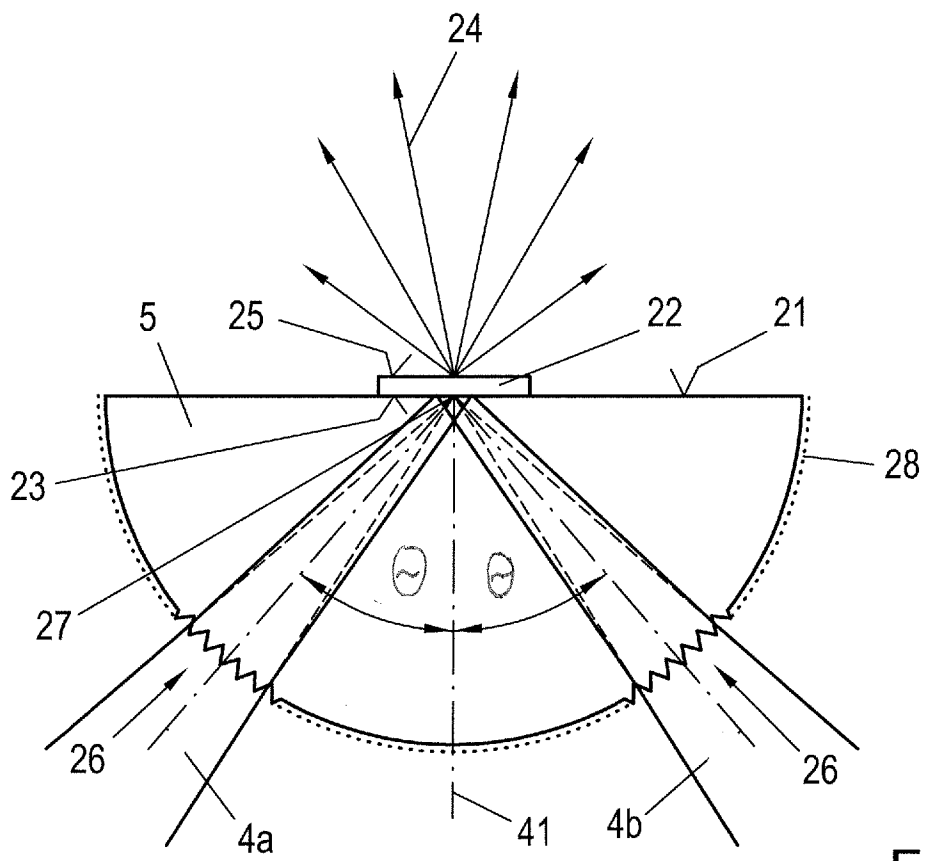


Fig. 4