

(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
26. September 2013 (26.09.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/139675 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60Q 1/00 (2006.01) *F21V 8/00* (2006.01)
F21S 8/10 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/055232
- (22) Internationales Anmeldedatum:
14. März 2013 (14.03.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 005 660.5 22. März 2012 (22.03.2012) DE
61/614,101 22. März 2012 (22.03.2012) US
12173604.5 26. Juni 2012 (26.06.2012) EP
- (71) Anmelder: **SCHOTT AG** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, 55122 Mainz (DE).
- (72) Erfinder: **WÖLFING, Bernd**; Kerschensteiner Strasse 72, 55122 Mainz (DE). **HAGEMANN, Volker**; Im Nieder-Olmer Pfad 38a, 55270 Klein-Winternheim (DE). **MEINL, Jürgen**; Loher Weg 14, 65329 Hohenstein-Holzhausen (DE).
- (74) Anwalt: **BLUMBACH & ZINNGREBE**; Alexandrastrasse 5, 65187 Wiesbaden (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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, NA, RW, SD, SL, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHTING EQUIPMENT FOR GENERATING LIGHT WITH HIGH LUMINOUS DENSITY

(54) Bezeichnung : BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON LICHT MIT HOHER LEUCHTDICHTE

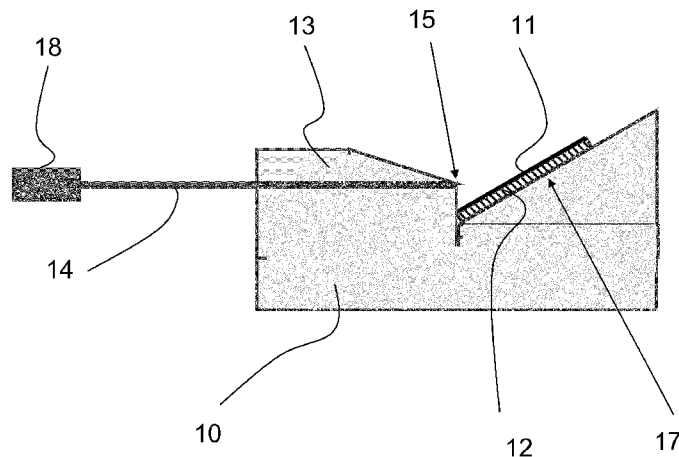
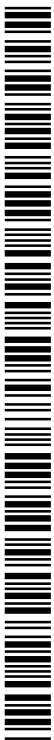


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to lighting equipment for generating white light from blue or violet excitation light and converted, emitted yellow light. The excitation light is directed at an oblique angle towards a converter that is attached to a carrier device, without the emitted illumination light impinging on the carrier device.

(57) Zusammenfassung: Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Weißlicht aus blauem oder violetter Anregungslicht und konvertiertem emittiertem gelbem Licht. Das Anregungslicht wird schräg auf einen Konverter gerichtet, der auf eine Trägervorrichtung angebracht ist, ohne dass das emittierte Beleuchtungslicht auf die Trägervorrichtung trifft.



WO 2013/139675 A1

Veröffentlicht:

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

Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht mit hoher Leuchtdichte

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht mit hoher Leuchtdichte, insbesondere Weißlicht, umfassend zumindest eine Strahlungsquelle, ein Konversionsmedium sowie eine Trägervorrichtung zur Positionierung und Fixierung der Strahlungsquelle in Relation zu dem Konversionsmedium. Dabei ist das Konversionsmedium im Strahlengang der Strahlungsquelle angeordnet und konvertiert das eingestrahlte Licht zumindest anteilig in einen anderen Spektralbereich, wobei eine Remission erfolgt.

10

Die Strahlungsquelle wird nachfolgend auch als Primärlichtquelle bezeichnet; das Konversionsmedium auch als Sekundärlichtquelle.

20

Ferner umfasst eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung eine Faserzuführung, bei der Licht von der Primärlichtquelle über zumindest einen Lichtleiter, der die Faserzuführung repräsentiert, und zumindest ein optisches Element zu zumindest seiner Sekundärlichtquelle geleitet wird, die das weitergeleitete Licht zumindest anteilsweise in Richtung des optischen Elements zurück reflektiert und/oder remittiert und wobei das optische Element eine geringe Abschattung des reflektierten und/oder remittierten Lichts bewirkt. Als Licht im Sinne der Erfindung wird elektromagnetische Strahlung verstanden. Diese muss nicht im sichtbaren Spektralbereich liegen, es

25

30

sind insbesondere ebenso IR- und UV-Wellenlängen von der Erfindung umfasst.

5 Weißlichtquellen finden sich in zahlreichen Anwendungen, beispielsweise im Bereich der medizinischen Diagnostik oder der berührungslosen Messverfahren. Weitere Anwendungen können in der Beleuchtung von Gebäuden liegen. Ein weiteres, wichtiges Anwendungsgebiet stellt der
10 Automotivbereich dar, wobei derartige Beleuchtungseinrichtungen beispielsweise im Scheinwerfer bzw. als Scheinwerfer verwendet werden können.

Aktuelle Scheinwerfer im Automotivbereich umfassen häufig
15 LED-Lichtquellen, wie beispielsweise in dem Dokument DE 10 2008 031 256 A1 beschrieben, die eine weiße Beleuchtung ermöglichen. Als aufwendig gestaltet sich dabei typischerweise die Realisierung einer ausreichenden Kühlung bzw. einer guten Abfuhr der Wärme der
20 Leuchtdiodeneinrichtung.

Eine andere Entwicklung zielt darauf, eine Lichtquelle über einen Lichtleiter mit einer Beleuchtungseinrichtung zu verbinden. Auf diese Weise können Lichtquelle und
25 Beleuchtungseinrichtung räumlich voneinander entkoppelt werden. Zur Erzeugung von Weißlicht wird dabei häufig ein Konversionsmedium verwendet, welches im Bereich der Beleuchtungseinrichtung angeordnet ist. Das Konversionsmedium, auch Konverter genannt, ermöglicht dabei
30 eine Konvertierung der eintretenden Strahlung in Bezug auf die Wellenlänge, so dass auf diese Weise weißes Licht erzeugt werden kann.

Die Patentschrift US 7,356,054 B2 beschreibt eine derartige Beleuchtungseinrichtung. Hierbei ist das Konversionsmedium direkt mit dem Ende des Lichtleiters verbunden, um eine hohe Leuchtdichte zu erzielen. Die Anregung des Konversionsmediums erfolgt demnach in Transmission, d.h. die Strahlung trifft das Konversionsmedium auf der einen Seite auf und wird über eine andere Seite abgegeben. Als nachteilig kann sich eine relativ hohe Verlustleistung im Konversionsmedium erweisen, die zu einer Erwärmung und zu einer hohen thermischen Belastung des Konversionsmediums führen kann. Die Wärmeabfuhr gestaltet sich häufig auch bei einer derartigen Anordnung von Strahlungseinrichtung und Konversionsmedium schwierig. Ungünstig für Transmission ist sowohl die Geometrie der Kühlung als auch die nur begrenzte Möglichkeit, die NA des Anregungslichts durch Streuung anzupassen, da dann Licht über Rückstreuung verloren geht.

Nach der Lehre der WO 2012 025141 ist das Problem gelöst, in dem der Faserdurchmesser klein ist im Verhältnis zum Abstand zwischen der Faser und dem Konverter. Dadurch wird durch die Faserendfläche nur ein kleiner Raumwinkelanteil abgeschattet. Die Halterung der Faser befindet sich außerhalb des Reflektors. Der Konverter wird im Abstrahlbereich des konvertierten Nutzlichts gehalten. Der Konverter benötigt zudem noch ein Kühlelement. Eine Halterung des Konverters ist nicht dargestellt, aber für eine Ausführung erforderlich. Dieser Aufbau muss zum einen filigran sein, um nicht noch weiteres Licht abzuschatten und zum anderen möglichst stabil, um eine hohe Positionsgenauigkeit von Konverter und Reflektor zu gewährleisten. Außerdem muss der Konverter noch genau zum

Lichtaustritt der Faserendfläche positioniert sein. In der dargestellten Lösung ist dies nur durch einen aufwändigen mechanischen Aufbau möglich.

- 5 Wünschenswert wäre demnach eine Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht mit hoher Leuchtdichte, insbesondere von Weißlicht, mit einer ausreichend hohen Effizienz, wobei die Wärmeabführung deutlich vereinfacht ist.
- 10 Zudem soll die Beleuchtungseinrichtung eine einfache und sichere Montage der erforderlichen Gegenstände, insbesondere einer Strahlungsquelle und eines Konversionsmediums erlauben.
- 15 Dabei soll insbesondere eine möglichst geringe Abschattung durch die Lichtzuführung stattfinden.

Zudem soll der Leuchtfleck möglichst klein sein, um eine hohe Leuchtdichte zu erzielen.

- 20 Dabei soll die Beleuchtungseinrichtung für unterschiedliche Anwendungen verwendet werden können, insbesondere sollen sie in Reflektoreinrichtungen oder Projektionseinrichtungen insbesondere auch in Scheinwerfern verwendet werden können.
- 25 Generell ist es wünschenswert, der Sekundärlichtquelle das Licht der Primärlichtquelle möglichst definiert und insbesondere auch möglichst punktförmig zukommen zu lassen. Entsprechend der Emissionsprofile der Primärlichtquelle,
- 30 beispielsweise bei Diodenlasern als Primärlichtquelle, kann es dazu erforderlich werden, das von der Primärlichtquelle

emittierte Licht über Lichtleitfasern zu bündeln und mit diesen zu der Sekundärlichtquelle zu leiten.

Bei Zuführung des Anregungslichts über eine Faser muss das
5 Anregungslicht über möglichst kleine Faserdurchmesser bei
möglichst geringer Numerischer Apertur NA bereitgestellt
werden. In Fällen, in denen das Anregungslicht mit
schlechterem Strahlparameterprodukt, welches aus dem
Produkt aus NA und Faserenddurchmesser gebildet ist,
10 bereitgestellt wird, sinkt die Leuchtdichte der
Beleuchtungseinrichtung bzw. die Abschattung durch die
optische Einrichtung selbst nimmt zu.

Vor diesem Hintergrund liegt eine weitere Aufgabe der
15 vorliegenden Erfindung darin, eine Beleuchtungseinrichtung
mit einer Reflektions- und/oder Remissionslichtquelle als
Sekundärlichtquelle und mit Faserzuführung zur Verfügung zu
stellen, die auch für Anregungslicht mit mäßigem
Strahlparameterprodukt ausgelegt ist.

20
Überraschend einfach wird diese Aufgabe durch eine
Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht,
insbesondere Weißlicht, umfassend zumindest eine
Strahlungsquelle, ein Konversionsmedium sowie eine
25 Trägervorrichtung, nach einem der unabhängigen Ansprüche
gelöst.

Bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der
Erfindung sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.
30

Demnach ist Gegenstand der Erfindung eine Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht, insbesondere Weißlicht, umfassend

5 eine Anregungslichtquelle zur Abgabe von blauem oder ultraviolettem Anregungslicht,

ein Konversionsmedium zur Konvertierung des Anregungslichtes in langwelligeres Licht, bevorzugt in
10 langwelligeres Licht derart, dass vom Konversionsmedium remittiertes Licht weiß erscheint, und

eine Trägervorrichtung zur Ausrichtung des Anregungslichtes schräg auf einen mittleren Bereich der Oberfläche des
15 Konversionsmediums derart, dass der Großteil des Anregungslichtes in das Konversionsmedium eindringt, um nach Konversion im Wesentlichen ohne Auftreffen auf die Trägervorrichtung in Beleuchtungsrichtung emittiert zu werden.

20

Die Erfinder haben herausgefunden, dass eine Beleuchtungsvorrichtung, bei der eine Konversion eines Anteils der elektromagnetischen Strahlung einer Strahlungsquelle durch Remission erfolgt, besonders günstig
25 in Bezug auf die Wärmeabführung des Konversionsmediums und der geometrischen Gestaltung der Beleuchtungseinrichtung sein kann.

Die Beleuchtungsvorrichtung umfasst demnach zumindest eine
30 Strahlungsquelle zur Emission elektromagnetischer Strahlung. Die von der Strahlungsquelle abgegebene elektromagnetische Strahlung wird nachfolgend auch als

Anregungslicht und die Strahlungsquelle als Anregungslichtquelle oder Primärlichtquelle bezeichnet.

Die Anregungslichtquelle kann eine Lichtquelle zur
5 Erzeugung monochromatischen Lichtes umfassen, wobei die Lichtquelle bevorzugt im blauen und/oder ultravioletten Spektralbereich emittiert. Das Licht der monochromatischen Lichtquelle kann durch einen Laser erzeugt werden.

10 Gegenstand der Erfindung ist demnach eine Anregungslichtquelle, insbesondere eine monochromatische Lichtquelle, wobei das monochromatische Licht durch einen Laser erzeugt werden kann. Unter blauen und/oder ultravioletten Spektralbereich der von der
15 Anregungslichtquelle emittierten Strahlung wird dabei derjenige Wellenlängenbereich verstanden, der überwiegend unter 500 nm, bevorzugt unter 480 nm und besonders bevorzugt unter 470 nm liegt.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Lichtquelle zumindest einen Halbleiterlaser oder zumindest eine Laserdiode oder einen blauen Laserdiodenbarren oder ein Array aus blauen Laserdioden, welche sehr hohe Leistungsdichten erreichen können.

25 Die Laserquelle kann auch direkt auf der Trägervorrichtung vorgesehen sein. Eine direkte Bestrahlung des Konversionsmediums aus der Laserdiode ist dabei nachteilig, da die NA der abgegebenen Strahlung üblicherweise sehr
30 hoch ist. Würde der Abstand deshalb sehr klein gewählt werden, würde sich aufgrund der notwendigen Einhausung eine starke Abschattung ergeben.

Daher ist es in diesem Fall besonders günstig, die Strahlung der Laserdiode über eine Optik auf das Konversionsmedium zu fokussieren. Der Aufbau ist dabei so zu wählen, dass um die Optik herum möglichst wenig Fassung vorliegt. Wenn die Anisotropie der Laserdiode nicht über die Optik korrigiert wird, ist es von Vorteil, den sich ergebenden elliptischen Leuchtfleck so auf das Konversionsmedium zu projizieren, dass die Verkippung zu einer Aufweitung der kurzen Achse führt.

Die Anregungslichtquelle kann weiterhin zumindest einen Lichtleiter oder optischen Lichtleiter umfassen mit einem Strahlung emittierenden Ende, welches mit der Trägervorrichtung verbunden werden kann. Auf dem entgegengesetzten bzw. gegenüberliegenden Ende des optischen Lichtleiters kann Anregungslicht einer Anregungslichtquelle eingekoppelt werden. Besonders bevorzugt kann in den optischen Lichtleiter elektromagnetische Strahlung im blauen und/oder ultravioletten Spektralbereich eingekoppelt werden.

Eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung kann demnach zumindest einen Lichtleiter umfassen, der im Folgenden auch optischer Lichtleiter oder Faser genannt wird. Das von der Primärlichtquelle emittierte Anregungslicht wird in den Lichtleiter eingekoppelt. Bevorzugt ist eine stumpfe Kopplung, bei der keine weiteren optischen Elemente zwischen der Primärlichtquelle und dem Lichtleiter angeordnet ist. Die NA des Lichtleiters wird daher bevorzugt abhängig von dem Emissionsprofil der

Primärlichtquelle und deren Lage relativ zur Eintrittsfläche des Lichtleiters gewählt.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Konzept zugrunde, das an der jeweiligen Faserendfläche gegebene Produkt aus NA und Strahldurchmesser des Anregungslichts aus der Primärlichtquelle möglichst bis zum Auftreffen auf die Sekundärlichtquelle, i.A. den Konverter und/oder den Reflektor, zu erhalten. Dabei sollte der Aufwand für die Realisierung der optischen Einrichtung nicht unverhältnismäßig steigen.

Auf diese Weise kann die Anregungslichtquelle von der Beleuchtungseinrichtung räumlich separiert werden. Dies kann vorteilhaft sein, wenn die Anregungslichtquelle beispielsweise aufgrund der Platzverhältnisse nicht in oder im direkten Bereich der Beleuchtungseinrichtung platziert werden kann. Weiterhin kann auf diese Weise die Anregungslichtquelle auch thermisch von der Beleuchtungseinrichtung entkoppelt und somit besser gekühlt werden. Zudem ist es möglich, mit nur einer Anregungslichtquelle mehrere erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtungen mit Anregungslicht zu versorgen. Hierzu kann das Anregungslicht beispielsweise parallel in zumindest zwei oder mehrere optische Lichtleiter eingekoppelt werden. Der optische Lichtleiter kann hierzu auch einen Strahlteiler mit einem eingangsseitigen Ende und zumindest zwei oder mehreren ausgangsseitigen Enden umfassen.

30

Zur Erzielung einer besonders hohen Leuchtdichte, insbesondere zur Erzielung einer besonders hohen Leistung,

ist es auch möglich, Anregungslicht von mehreren Anregungslichtquellen in einen optischen Lichtleiter einzukoppeln. Es ist aber auch möglich, Anregungslicht von mehreren Anregungslichtquellen über mehrere optische
5 Lichtleiter zu der Beleuchtungseinrichtung zu transportieren und auf das Konversionsmedium zu emittieren.

Der optische Lichtleiter kann in einer besonders bevorzugten Ausführung einen faseroptischen Lichtleiter
10 umfassen. Typischerweise umfassen derartige Lichtleiter einen Kern- und einen Mantelbereich mit unterschiedlichen Brechungsindizes und vermögen es, beispielsweise mittels Reflexion, elektromagnetische Strahlung zu leiten.
Vorzugsweise ist der optische Lichtleiter zur Leitung von
15 blauen und/oder ultravioletten elektromagnetischen Strahlen ausgebildet. Es können auch andere Arten von faseroptischen Lichtleitern verwendet werden, umfassend Gradientenindexfaser-Lichtleiter oder photonische Kristallfaser-Lichtleiter.

20

Im Falle der Verwendung eines Faserbündels kann mittels Strahlformer oder diffraktiver optischer Elemente die Intensitätsverteilung der elektromagnetischen Strahlung der Anregungslichtquelle derart angepasst werden, dass bei
25 Einkopplung in einen faseroptischen Lichtleiter jede Faser eines Faserbündels die gleiche Strahlungsenergie erhält.

Ein weiteres wesentliches Merkmal einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung ist die Abbildung des aus der
30 Endfläche des Lichtleiters austretenden Anregungslichts auf die Sekundärlichtquelle mittels zumindest eines optischen Elements, vorzugsweise eines fokussierenden Elements. Die

Sekundärlichtquelle wird insbesondere durch ein Konversionsmedium gebildet, auch Konverter genannt, der das Anregungslicht unter Remission und/oder Reflektion zumindest teilweise in Richtung des fokussierenden Elements remittiert und/oder reflektiert.

Dabei ist der Abschattungskegel, der durch die Abschattung des konvertierten Lichts durch das fokussierende Element oder die Faser oder deren Halterungen definiert wird, durch die Wahl und Ausgestaltung der erfindungsgemäß verwendeten optischen Elemente sehr gering. Dies bedeutet, dass nur ein kleiner Anteil des gesamten von der Primärlichtquelle emittierten Lichts auf das optische Element trifft.

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wird auf die folgenden optischen Elemente als Möglichkeiten zur Abbildung der Faserendfläche besonders hingewiesen, die vorzugsweise von der Erfindung umfasst sind:

- Kugellinsen und/oder Stablinsen
- GRIN-Linsen mit und ohne Spacer
- Plankonvexe Stablinsen

Zudem können Elemente zur Umlenkung des Anregungslichts in den Strahlengang eingefügt werden, um dem Bauraumbedarf eines Scheinwerfers, insbes. eines Automobilscheinwerfers oder eines Scheinwerfers für Luftfahrtanwendungen, Rechnung zu tragen oder um die Abschattung durch Halterungen zu minimieren.

Eine weitere Maßnahme zum Erhalt des Strahlparameterprodukts des Anregungslichts und damit zum

Erreichen einer hohen Leuchtdichte ist das senkrechte Bestrahlen der remittierenden und/oder reflektierenden Sekundärlichtquelle. Zwar ist dann der Abschattungseffekt maximal, da der Abschattungskegel im Maximum der Lambert'schen Abstrahlcharakteristik liegt, aber durch die Abbildung kann die NA des Anregungslichtkegels und damit des Abschattungskegels möglichst klein gehalten werden. Auch die gute Lichtsammlung eines bevorzugt vorhandenen vollen parabolischen Reflektors ist hier ein Vorteil.

10

Ein grundlegendes Konzept der Erfindung ist die Abbildung der Lichtverteilung aus dem Lichtleiter, insbesondere einer Einzelfaser, auf den Konverter. An Stelle einer Einzelfaser kann hier auch ein Faserbündel abgebildet werden.

15

Einzelfaser als auch Faserbündel fallen unter den Begriff Lichtleiter und damit auch unter den Begriff Faser. Dieses Konzept kann eine Option für die Leistungsskalierung der Lichtquelle sein, wenn z.B. jede Faser des Faserbündels von einer Laserdiode gespeist wird, so dass die

20

Leistungserhöhung durch Hinzufügen weiterer Fasern in das Faserbündel erreicht werden kann. Zudem kann durch geeignete Anordnung der Fasern in dem Faserbündel auch die Abstrahlcharakteristik des Scheinwerfers positiv

25

beeinflusst werden. Durch selektives Ein- und Ausschalten von Laserdioden, die einer bestimmten Faserposition zugeordnet sind, kann diese Abstrahlcharakteristik auch gesteuert werden, um z.B. ein adaptives Fernlicht zu erzeugen.

30

Die Erfindung wird weiter anhand von Zeichnungen und Beispielen erläutert. Alle Zeichnungen sind rein schematisch, ihre Proportionen müssen nicht maßstäblich

sein und ihre Dimensionen und/oder Proportionen können von den real existierenden Gegenständen abweichen.

5 Beispiel:

Das Anregungslicht der Primärlichtquelle wird in einen Lichtleiter an dessen Eintrittsende eingekoppelt, wird in diesem geleitet und tritt an dessen Austrittsende aus. In dem dargestellten Beispiel ist der Lichtleiter eine
 10 Einzelfaser mit 180 μm Durchmesser und einer NA von 0,22. Die Spotgröße des anregenden Lichts auf der Sekundärlichtquelle, im Beispiel dem Konverter, soll etwa 400 μm sein, um einen Sekundärspotdurchmesser von < 600 μm zu gewährleisten.

15

Damit sind die Parameter der Abbildung wie folgt:

Abbildungsverhältnis: $\beta' = -2$

Bezug zu Objektweite a und Bildweite a' : $\beta' = \frac{a'}{a}$

20

Aus der Abbildungsgleichung $\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}$ folgt: $a = -\frac{3}{2}f'$ bzw.
 $a' = 3f'$

25 Um die Länge der „Lichtlanze“ und damit die Justagetoleranzen möglichst gering zu halten, sollten a' und damit f' möglichst klein sein.

Beliebig kleine Brennweiten sind jedoch nicht realisierbar. Die begrenzenden Faktoren sind bei unterschiedlichen Realisierungskonzepten unterschiedlich.

- 5 Um die erforderliche Abbildung zu erhalten, werden erfindungsgemäß optische Elemente zwischen dem Austrittsende des Lichtleiters und der Sekundärlichtquelle angebracht. Als optische Elemente werden bevorzugt die Vorgenannten eingesetzt. Daraus ergeben sich die folgenden
10 Beispiele.

Realisierung mit Kugellinse oder Stablinse als optischem Element:

- 15 Die Brennweite einer Kugellinse ist gegeben durch

$$f' = \frac{n}{2(n-r)} r.$$

Für $n=1.5$ gilt $f' = 1.5 r$ und damit für das Beispiel $a' = 4.5 r$

- 20 Bei der Kugellinse kann die Abschattung jedoch groß sein (NA Abschattung $>0,2$ im Vergleich zur NA bildseitiges Bündels = $0,1$). Dies kann man durch eine Stablinse mit sphärischen Linsenflächen verbessern, deren Durchmesser an die Abbildung angepasst ist. Ob eine Kugellinse, eine
25 Stablinse mit sphärischen Flächen oder gar eine Stablinse mit asphärischen Linsenflächen verwendet wird, wird durch eine Abwägung zwischen Aufwand und minimaler Abschattung entschieden. Kugellinsen sind im allgemeinen günstiger als Stablinzen, weisen aber eine größere Abschattung auf.

Beliebig kleine Brennweiten sind nicht realisierbar, da der Durchmesser des kreisförmigen Querschnitts der Stablinse zumindest größer als der Emissionsspot der Faser sein muss.

- 5 Geeignet ist eine auf einem Kreisradius von 1,25 mm basierende Kugellinse mit einem Durchmesser von ca. 1 mm.

Zur Herstellung einer einsetzbaren optischen Einrichtung ist eine Fixierung des optischen Elements notwendig. Dazu
10 können Kugellinsen exakt in Hülsen eingepresst werden, Stablinse können in Nuten eingepasst werden.

Realisierung mit GRIN-Linse als optisches Element:

15

Ein geeignetes GRIN-Linsen Design mit sehr geringer NA des Abschattungskegels wurde hergestellt und verbaut. GRIN-Linsen (GRIN- / Gradienten-Index-Linsen) nutzen die optischen Eigenschaften kontinuierlicher Materialübergänge.
20 GRIN-Linsen sind üblicherweise zylinderförmige, transparente optische Bauteile mit einem in radialer Richtung abnehmenden Brechungsindex. Meist nimmt der Brechungsindex quadratisch mit dem Abstand zur Mitte ab (Parabelfunktion). Ein kurzer Stab aus einem solchen
25 Material wirkt wie eine gewöhnliche Sammellinse, besitzt aber an den Lichtein- und Lichtaustrittsseiten plane Oberflächen.

Allerdings sind bei einer GRIN-Linse die Abbildungsfehler
30 im äußeren Bereich der Linse gravierend, wenn nicht ein speziell optimiertes Brechzahlprofil eingesetzt wird. Ein

Aufbau mit Standardkomponenten wird eine höhere Abschattungs-NA haben.

5 Eine bevorzugte optische Einrichtung nutzt daher einen Spacer zwischen Faserendfläche und GRIN-Linse. Designs ohne Spacer haben typischerweise eine höhere NA des Abschattungskegels

10 Zur Assemblierung werden GRIN-Linsen typischerweise an die Fasern gekittet. Kombinationen von GRIN-Linsen und Umlenkprismen sind dem Fachmann hinlänglich bekannt.

Realisierung mit plankonvexer Stablinse:

15

Plankonvexe Stablinsen können ähnlich wie GRIN-Linsen assembliert und mit Umlenkprismen kombiniert werden. Jedoch ist die Brechkraft von Plankonvexen Stablinsen einer Brechzahl von $n = 1,5$ begrenzt, so dass die Kombination mit hochaperturigen Fasern nicht möglich ist. In diesem Fall
20 müssten hochbrechende Halbkugellinsen (z.B. Saphir, $n = \text{ca. } 2$) verwendet werden.

25 **Realisierung mit Faserbündel statt Einzelfaser:**

An Stelle der Faserendfläche kann auch ein Faserbündel abgebildet werden. Dieses muss nicht notwendigerweise einen runden Querschnitt aufweisen, sondern kann z.B. einen
30 rechteckigen Querschnitt ausfüllen. So kann die Abstrahlcharakteristik eines Auto-Scheinwerfers angepasst werden, um z.B. in horizontaler Richtung einen größeren

Abtstrahlwinkel als in vertikaler Richtung zu erreichen. Bei einzelner Ansteuerung der Fasern kann eine adaptive Abstrahlcharakteristik erreicht werden. Bei stark asymmetrischen Querschnitten des Faserbündels kann es vorteilhaft sein, die Form des abbildenden Elements anzupassen und z.B. eine Stablinse zusätzlich abzuflachen.

Der Lichtleiter selbst besteht bevorzugt zumindest als Hauptbestandteil aus Glas, bevorzugt einen Multikomponentenglas, oder aus Quarz. Der Lichtleiter kann aus einem Kern aus den genannten Materialien bestehen, der bevorzugt von einem Mantel mit erheblich geringerer Mantelstärke aus der gleichen Materialklasse umgeben ist und der einen geringeren Brechungsindex als das Material des Kerns aufweist. Der Lichtleiter kann auch, auch als weiterer Mantel, zumindest abschnittsweise von einem Schutzmantel z.B. aus Kunststoff und/oder Glasgeflecht ummantelt sein. Dieser weitere Mantel kann den Lichtleiter vor mechanischen Beschädigungen schützen.

Die Anregungslichtquelle ist vorzugsweise mit der Trägervorrichtung fest und lösbar verbunden. Die Trägervorrichtung kann daher mit Befestigungsmitteln für eine Positionierung und Fixierung der Anregungslichtquelle ausgebildet sein, wodurch ein einfaches und sicheres Austauschen der Anregungslichtquelle ermöglicht werden kann. Hierzu kann die Trägervorrichtung beispielsweise mit Positionierhilfen, etwa Anschlägen oder Stiften, zur Aufnahme der Anregungslichtquelle ausgebildet sein.

Zur Aufnahme eines oder mehrerer optischen Lichtleiter kann die Trägervorrichtung vorteilhaft mit Rillen oder Nuten

ausgebildet sein, in die der optische Lichtleiter eingelegt und mit einem Niederhalter befestigt werden kann. Als besonders geeignet haben sich hierzu auch V-Grooves herausgestellt, welche besonders geeignet sind für eine
5 hochgenaue Positionierung optischer Lichtleiter. Auf diese Weise kann besonders günstig eine stabile Führung auch von mechanisch instabilen optischen Lichtleitern ermöglicht werden. Mittels eines Niederhalters kann der optische Lichtleiter fixiert werden.

10

Eine exakte, hochgenaue räumliche Positionierung und Orientierung der Anregungslichtquelle in Bezug auf das Konversionsmedium ist sehr wichtig, um einen genau bestimmten Bereich des Konversionsmediums zu bestrahlen.

15

Die Positionierung und Orientierung der Anregungslichtquelle erfolgt vorzugsweise derart, dass das Anregungslicht in Richtung auf das Konversionsmedium emittiert wird. Hierzu wird die Anregungslichtquelle
20 besonders bevorzugt derart angeordnet, dass das Anregungslicht schräg auf einen mittleren Bereich der Oberfläche des Konversionsmediums auftrifft.

25

Das Konversionsmedium kann ein geometrisch bestimmter Körper mit unterschiedlicher geometrischer Form sein, beispielsweise in Form eines Quaders mit sechs Flächen oder eines Plättchens. Die zumindest eine Fläche des Konversionsmediums ist dazu bevorzugt derart angeordnet, dass das Anregungslicht auf einen mittleren Bereich
30 auftrifft. Im Fall eines Quaders kann dies das Zentrum einer Fläche sein. Das mittlere Auftreffen ist besonders günstig in Bezug auf die Wärmeverteilung im

Konversionsmedium. Zudem kann auch die Effizienz verbessert werden. So sollte im Falle eines Konversionsmediums mit einem Körper, der Kanten aufweist, darauf geachtet werden, dass das Anregungslicht nicht auf eine Kante auftrifft, da dies zu einer inhomogenen Wärmeverteilung und zu einer geringeren Effizienz der Remission führen kann.

Für eine hohe Leuchtdichte ist es günstig, wenn ein möglichst großer Anteil des Anregungslichtes einen möglichst kleinen Bereich des Konversionsmediums bestrahlt. Dieser Bereich der Oberfläche des Konversionsmediums, der direkt im Strahlengang des Anregungslichtes liegt, wird nachfolgend auch als Leuchtfleck bezeichnet. Für eine hoch effiziente Beleuchtungseinrichtung ist eine exakte Positionierung des Leuchtflecks notwendig, daher ist die exakte Lage des Leuchtflecks in Bezug zu Positionierhilfen der Beleuchtungseinrichtung von sehr hoher Bedeutung.

Das Konversionsmedium ist derart im Strahlengang der Anregungslichtquelle angeordnet, also entlang des optischen Pfades des Anregungslichtes, dass ein möglichst großer Anteil des Anregungslichtes auf das Konversionsmedium auftrifft. Die von dem Konversionsmedium emittierte elektromagnetische Strahlung wird nachfolgend auch als Sekundärstrahlung bezeichnet. Die Sekundärstrahlung umfasst demnach die vom Konversionsmedium emittierte Strahlung, somit konvertierte, gestreute und/oder reflektierte Strahlung.

Zur Erzielung einer hohen Leuchtdichte und einer hohen Effizienz ist die Ausbildung eines möglichst kleinen Leuchtfleckes und eine möglichst geringe Abschattung durch

die Lichtzuführung von hoher Bedeutung, wobei eine geringe Größe der Beleuchtungseinrichtung und ein geringer mechanischer Aufwand zur exakten Positionierung von großem Vorteil sind.

5

Die Leuchtdichte und die Effizienz können durch den Abstand zwischen Anregungslichtquelle und Konversionsmedium, der Größe der Anregungslichtquelle und die NA des Anregungslichtes beeinflusst werden.

10

Durch die geometrische Anordnung von Anregungslichtquelle und Konversionsmedium kann sich der Nachteil ergeben, dass die Anregungslichtquelle im Bereich des Strahlengangs, also entlang des optischen Pfades, der Sekundärstrahlung liegt, da das Anregungslicht nicht transmittiert, sondern remittiert wird. Dies kann zu unerwünschten Abschattungseffekten führen, da die Anregungslichtquelle und/oder die Trägervorrichtung im Strahlengang der Sekundärstrahlung liegen.

20

Um diese unerwünschten Abschattungseffekte zu minimieren, kann der Abstand zwischen Anregungslichtquelle und Konversionsmedium vergrößert werden. Eine Vergrößerung des Abstandes kann aber zu einem deutlichen Verlust an Leuchtdichte führen, da mit größer werdenden Abstand typischerweise der Leuchtfleck vergrößert wird und die Leuchtdichte dementsprechend abnimmt.

25

Die Erfinder haben herausgefunden, dass ein geringer Abstand und eine geringe Abschattung erreicht werden können, wenn das Konversionsmedium um einen bestimmten Winkel in Relation zu dem optischen Pfad des

30

Anregungslichtes gedreht wird, so dass das Anregungslicht schräg auf die Oberfläche des Konversionsmediums auftrifft.

Auf diese Weise kann erreicht werden, dass der optische
5 Pfad des Anregungslichtes und der optische Pfad der
Sekundärstrahlung nicht parallel zueinander liegen. In
anderen Worten, der überwiegende Anteil der
Sekundärstrahlung ist nicht auf die Anregungslichtquelle
und/oder die Trägervorrichtung gerichtet. Zur Erreichung
10 einer besonders kompakten und mechanisch einfachen Bauform,
die eine besonders hohe Genauigkeit der Lage des
Leuchtflecks ermöglicht, können in einer besonders
bevorzugten Ausführungsform Anregungslichtquelle und
Konversionsmedium auf einer gemeinsamen Trägervorrichtung
15 angeordnet sein, so dass Anregungslicht in einem bestimmten
Winkel auf das Konversionsmedium auftrifft.

Auf diese Weise konnten besonders günstige Abstände
zwischen dem Emissionsort des Anregungslichtes und einem
20 mittleren Punkt des Leuchtflecks auf der Oberfläche des
Konversionsmediums in einem Bereich von 0,3 mm bis 5 mm
realisiert werden bei Verwendung eines optischen
Lichtleiters.

25 Bei Verwendung einer Laserlichtquelle als
Anregungslichtquelle mit einer fokussierenden Optik liegt
ein besonders günstiger Abstand zwischen dem Emissionsort
des Anregungslichtes und einem mittleren Punkt des
Leuchtflecks auf der Oberfläche des Konversionsmediums in
30 einem Bereich von 1 mm bis 30 mm.

Eine günstige NA kann in einem Bereich von 0,02 bis 0,3 liegen.

Die Größe der Anregungslichtquelle bei Verwendung eines optischen Lichtleiters ergibt sich aus der NA und dem Strahlparameterprodukt der Laserlichtquelle, dass sich bei der Einkopplung der elektromagnetischen Strahlung in den Lichtleiter ergibt.

Multimodelaser mit Leistungen im Bereich von 1 W optisch und einer Strahlung im Bereich von ca. 400 nm bis 450 nm können ein Strahlparameterprodukt von ca. 0,5 mm*mrad bis 1 mm*mrad aufweisen.

Da Laserdioden normalerweise anisotrop sind, wird die Strahlung unter verschiedenen Winkeln abgegeben. In der Richtung, in der die Laserzone schmal ist, ist der Öffnungswinkel der Strahlung groß, und umgekehrt. Diese Anisotropie beträgt typischerweise einen Faktor von ca. 5 bis 10. Wenn das Licht der Laserdiode über eine rotationssymmetrische Linse in einen faseroptischen Lichtleiter eingekoppelt wird, erhöht sich das Strahlparameterprodukt am ausgangsseitigen Ende des Lichtleiters dadurch um den Faktor der Anisotropie, da die Winkelinformation im Azimuth verloren geht. Diese Erhöhung des Strahlparameterproduktes lässt sich vermeiden, wenn die beiden unterschiedlichen Winkelverteilungen durch beispielsweise eine Zylinderlinse oder eine anamorphotische Linse aneinander angepasst werden.

30

Um eine möglichst effiziente Einkoppelung in den faseroptischen Lichtleiter zu gewährleisten, kann die

Abbildung des Lasers etwas kleiner sein als der Kern des
faseroptischen Lichtleiters. Dies kann ebenfalls eine
Erhöhung des Strahlparameterprotokolls bewirken. Am
ausgangsseitigen Ende des faseroptischen Lichtleiters kann
5 sich dann ein Strahlparameterprodukt von etwa 10 mm*mrad
einstellen.

Die Größe der Anregungslichtquelle bei direkter Anordnung
einer Laserlichtquelle als Anregungslichtquelle ergibt sich
10 aus der Höhe des Aufbaus und des Gehäuses der Lichtquelle.

Besonders gute Erfahrungen wurden gemacht bei einem Winkel
zwischen dem optischen Pfad des Anregungslichtes und einer
Normalen zu der Oberfläche des Konversionsmediums in einem
15 Bereich von 30° bis 75°.

Das Konversionsmedium kann durch die auftreffende Strahlung
in einem bestimmten Bereich angeregt werden. Zur Erzielung
einer hohen Effizienz und/oder einer hohen Leuchtdichte ist
20 der Leuchtfleck möglichst klein zu halten. Ein derartiger
Leuchtfleck kann beispielsweise eine Fläche umfassen, die
bevorzugt kleiner als etwa 1 mm x 1,5 mm, besonders
bevorzugt kleiner als etwa 0,6 mm x 0,9 mm in ihrer
Ausdehnung ist.

25

Typischerweise ist der Leuchtfleck von ovaler Form aufgrund
der Verkipfung des Konversionsmediums.

Das Konversionsmedium dient der Konvertierung des
Anregungslichtes in langwelligeres Licht derart, dass vom
30 Konversionsmedium remittiertes Licht weiß erscheint.

Die Remission des Anregungslichtes durch das Konversionsmedium kann im Sinne der Erfindung dazu genutzt werden, dass ein Anteil des Anregungslichtes in langwelliges, gelbes Licht konvertiert wird und ein
5 weiterer Anteil als blaues Licht gestreut und/oder reflektiert wird. Ein erster Anteil des Anregungslichtes wird demnach in einen gelben Spektralbereich konvertiert.

Weiterhin kann ein Anteil im grünen Spektralbereich des
10 konvertierten gelben Lichtes herausgefiltert werden, um auf diese Weise einen weißen Farbort des remittierten Lichtes zu erhalten, wenn die Farbgerade zwischen dem Farbort des Anregungslicht und Farbort des konvertierten Lichts nicht den gewünschten Weiss-Farbort schneidet, sondern in CIE-y
15 nach oben abweicht.

Falls die Farbgerade unterhalb dieses Bereiches liegt, somit also der CIE-y zu gering ist, kann auch ein Rotanteil ausgefiltert werden.

20 Bei einer Konvertierung entsteht typischerweise Wärme im Konversionsmedium, die ohne eine geeignete Abführung zu einer Beeinträchtigung der Strahlungskonvertierung, etwa zu einer Reduzierung der Effizienz der Konvertierung, oder
25 sogar zu einer Zerstörung des Konversionsmediums führen kann.

Bei der Remission ergibt sich der Vorteil, dass das Konversionsmedium rückseitig gehalten werden kann, da das
30 Anregungslicht nicht transmittiert wird.

Hierdurch kann eine Wärmeabfuhr des Konversionsmediums sehr einfach und kostengünstig über eine rückseitige Befestigung des Konversionsmediums erfolgen. Besonders vorteilhaft kann diese rückseitige Halterung über eine Wärmeableitung
5 verfügen und/oder thermisch an einen Kühlkörper angebunden sein, um eine einfache und effiziente Wärmeabfuhr zu ermöglichen.

Auf diese Weise kann eine Ausgangslichtquelle mit sehr
10 hoher Leuchtdichte verwendet werden, die bei hohen Temperaturen betrieben werden kann und dennoch Licht in der Nähe des Weißpunktes erzeugen kann.

Unter einem Konversionsmedium wird also im Sinne der
15 Erfindung ein Material zur optischen Konversion verstanden. Derartige Materialien enthalten typischerweise Leuchtstoffe, welche als optisch aktive Medien die Konversion bewirken.

20 Gegenstand der Erfindung kann demnach weiterhin ein Konversionsmedium sein, das zu einer Konvertierung des Anregungslichtes in langwelligeres Licht derart geeignet ist, dass von Konversionsmedium remittiertes Licht weiß
erscheint.

25 Das Konversionsmedium kann dabei zur Erzeugung von Weißlicht vorteilhaft derart ausgebildet sein, dass es besonders gut für eine Remission elektromagnetischer Strahlung im blauen und/oder ultravioletten Spektralbereich
30 geeignet ist.

Ein geeignetes Material für das Konversionsmedium hat sich weiterhin ein optokeramisches Material für eine Verwendung von Anregungslicht im blauen Spektralbereich mit eingelagerter Kornstruktur erwiesen.

5

Besonders bevorzugt umfasst das Konversionsmedium ein niedrig dotiertes, insbesondere mit weniger als 0,2 Gew.-% dotiertes Ce:YAG Phosphor-Material. Eine geringe Dotierung ist vorteilhaft im Hinblick auf eine Vermeidung von Konzentrationen-Quenching.

10

Zur Erreichung eines weißen Farbortes der Sekundärstrahlung kann dann besonders günstig ein Anteil aus dem kurzwelligeren, grünen Spektralbereich aus dem gelb konvertierten Licht gefiltert werden. Vorteilhaft kann dies der Bereich < 530 nm sein. Eine derartige Filterung kann zu einer geringeren Effizienz der Konvertierung führen. Durch eine Verwendung einer Ausgangslichtquelle mit sehr hoher Leuchtdichte kann dieser Nachteil aber wieder vermindert werden.

15

Die genaue Farbanpassung kann vom Strahlungsspektrum des Anregungslichts, vom zu erreichenden Farbort oder von der Erwärmung des Konversionsmediums bzw. einer Kühlung desselben abhängen.

20

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Konversionsmedium auf einem breitbandig reflektierenden Material, beispielsweise einem Spiegel, einem Metallspiegel oder auch einer spiegelnden Oberfläche, aufgebracht, wobei ein Bandstopfilter auf der der Anregungslichtquelle zugewandten Seite aufgebracht sein kann. Dieser

25

30

Bandstopfilter kann vorzugsweise die Emission von konvertierter Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 480 nm bis 510 nm unterdrücken. Besonders günstig wird Strahlung dieser Wellenlänge wieder zu dem Konversionsmedium zurückreflektiert. Diese Strahlung kann dann erneut konvertiert werden, so dass besonders günstig der Effizienzverlust durch den Filter reduziert werden kann.

5

10 In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform kann ein AR-Coating auf die Oberfläche des Konversionsmediums aufgebracht sein, wobei besonders günstig ein W-förmiges Coating ausgewählt werden kann. Ein derartiges Coating kann reflexmindernd für das Anregungslicht und das konvertierte, langwelligere Licht wirken und damit die Konvertierung begünstigen. Für einen Einfall eines Anregungslichts mit einer Wellenlänge von 450 nm unter einem Winkel von 60° zur Oberflächennormale auf eine Ce:YAG-Keramik mit einer Brechzahl von 1,83 kann ein einschichtiges AR-Coating aus SiO₂ mit einer Dicke von 94 nm besonders günstig sein.

15

20

Die Verwendung eines Gadolinium-freien optokeramischen Konversionsmediums kann zudem vorteilhaft aufgrund der vergleichsweise hohen Wärmebeständigkeit sein.

25

Besonders bevorzugt kann ein optokeramisches Material aus Ce:YAG mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens 5 W/(m*K) verwendet werden, um besonders hohe Leuchtdichten zu erreichen. So können derartige Konversionsmedien beispielsweise bei Temperaturen bis über 200°C ohne Beeinträchtigung der Konversionseigenschaften bzw. ohne Schädigung verwendet werden.

30

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform zur Erzeugung von Weißlicht liegt ein erster Anteil der konvertierten Strahlung im gelben Spektralbereich mit einem Schwerpunkt im Bereich von etwa 550 nm bis 620 und ein zweiter Anteil der reflektierten Strahlung im blauen Spektralbereich, so dass durch die Mischung dieser Spektralbereiche ein Licht entsteht, welches für einen Betrachter weiß aussieht.

10

Dabei kann das Konversionsmedium vorteilhaft direkt mit der Trägervorrichtung der Beleuchtungseinrichtung fest und lösbar verbunden sein, d.h. die Trägervorrichtung kann mit Mitteln zum Befestigen des Konversionsmediums ausgebildet sein.

15

Das Konversionsmedium kann aber auch mit einer Halterung verbunden sein, welche mit der Trägervorrichtung fest und lösbar verbunden sein kann. Die Befestigung der Anregungslichtquelle und des Konversionsmediums auf einer gemeinsamen Trägervorrichtung kann aber von großem Vorteil sein im Hinblick auf eine hochgenaue Positionierung beider Bauteile zueinander und der Realisierung einer sehr kompakten Bauform.

25

Die Trägervorrichtung und/oder die Halterung zum Befestigen des Konversionsmediums ist bevorzugt für eine gute Wärmeableitung ausgebildet. Hierzu können die Trägervorrichtung und/oder die Halterung beispielsweise Kühlrippen aufweisen. Sie können aber auch thermisch an einen Kühlkörper angebunden sein.

30

Somit lässt sich eine sehr einfache und kompakte Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von Licht, insbesondere von Weißlicht, mit sehr hoher Leuchtdichte realisieren, wobei der Grossteil des Anregungslichtes in das Konversionsmedium eindringt, um nach Konversion im wesentlichen ohne Auftreffen auf die Trägervorrichtung in Beleuchtungsrichtung emittiert zu werden.

In einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform kann die Anregungslichtquelle einen optischen Lichtleiter mit einer räumlich separierten Anregungslichtquelle umfassen. So kann eine defekte Anregungslichtquelle einfach ausgetauscht werden, ohne dass die Beleuchtungseinrichtung demontiert werden muss.

Aufgrund der kompakten Bauform kann die Beleuchtungseinrichtung auch drehbar oder beweglich in einem oder mehreren Freiheitsgraden eingebaut werden, um eine Veränderung der Beleuchtungsrichtung zu bewirken.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann ein optisches Element zur Fokussierung im Strahlengang zwischen der Anregungslichtquelle und dem Konversionsmedium angeordnet sein. Hierdurch kann das Anregungslicht auf das Konversionsmedium fokussiert werden, wodurch ein besonders kleiner Leuchtfleck erzeugt und die Leuchtdichte verbessert werden kann. Für eine optimale Konvertierung kann so der Fokus des Anregungslichtes innerhalb des Konversionsmediums liegen.

Die Erfindung und/oder Beleuchtungseinrichtungen enthaltend die erfindungsgemäße optische Einrichtung kann in einer

Vielzahl von Anwendungsgebieten eingesetzt werden.
Besonders geeignet sind Lichtquellen mit hoher
Leuchtdichte, insbesondere Scheinwerfer. Der Gegenstand der
vorliegenden Erfindung betrifft demnach einen Scheinwerfer
5 zur Beleuchtung. Dabei ist die Beleuchtungsvorrichtung
derart ausgebildet, dass der Leuchtfleck im Arbeitspunkt
des Reflektors angeordnet ist.

Ebenso kann die Beleuchtungseinrichtung auch für einen
10 Projektor verwendet werden, wobei der Leuchtfleck im
Arbeitspunkt eines Linsensystems des Projektors angeordnet
sein kann.

Ferner betrifft die Erfindung einen Scheinwerfer für eine
15 Verwendung in Fahrzeugen, welcher eine erfindungsgemäße
Beleuchtungseinrichtung umfasst. Hierzu kann der Reflektor
als Scheinwerfer ausgebildet sein bzw. der Scheinwerfer
eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung derart
umfassen, dass der Leuchtfleck des Konversionsmediums im
20 Arbeitspunkt des Scheinwerferreflektors liegt.

Bei einer Verwendung der erfindungsgemäßen
Beleuchtungseinrichtung für einen Scheinwerfer ist das
Konversionsmedium entsprechend den Vorgaben und
Richtlinien, betreffend Weißlicht für Fahrzeuge,
25 auszuwählen. Für Fahrzeugscheinwerfer ist dies
beispielsweise in entsprechenden ECE-Regelungen und CIE-
Normen festgelegt. Um tagesähnliche Lichtfarben zu
erreichen, kann ein Farbort im Bereich von 5500 K bis 6500
K günstig sein. Hierzu kann ein Konversionsmedium
30 ausgewählt werden, welches in Abhängigkeit des
Strahlungsspektrums das Anregungslicht in eine

Sekundärstrahlung mit einer einem weißen Farbort entsprechende Strahlungscharakteristik konvertiert.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der
5 Beschreibung der dargestellten Ausführungsbeispiele und den
angefügten Ansprüchen.

Die Zeichnungen zeigen:

10

Figur 1 eine schematische Seitenansicht der
Beleuchtungseinrichtung,

Figur 2 eine schematische Draufsicht auf eine
Trägervorrichtung,

15

Figur 3 eine schematische Seitenansicht einer
Weiterbildung der Beleuchtungseinrichtung,

Figur 4 eine schematische Seitenansicht einer weiteren
Weiterbildung der Beleuchtungseinrichtung,

Figur 5 eine schematische Seitenansicht einer nochmals
20 weiteren Weiterbildung der

20

Beleuchtungseinrichtung,

Figur 6 eine Sicht auf ein schräg angeordnetes
Konversionsmedium mit einer Beschichtung,

Figur 7 eine weitere Ausführungsform mit mehreren
25 parallel angeordneten Lichtleitern,

25

Figur 8 eine nochmals weitere Ausführungsform, bei der
der Abstand des Emissionsortes eines jeden
Lichtleiters von dem Leuchtfleck gleich groß ist,

Figur 9 eine mögliche Anordnung einer

30

Beleuchtungseinrichtung in einem Reflektor,

- Figur 10 eine weitere Ausführungsform einer Beleuchtungseinrichtung schräg in einem Reflektor,
- Figur 11 eine Anordnung einer Beleuchtungseinrichtung in einer Projektionseinrichtung,
- 5 Figur 12 eine Anordnung mit einer monochromatischen Lichtquelle und einer optischen Linse,
- Figur 13 eine weitere Anordnung, bei der das Anregungslicht schräg auf die Oberfläche des Konversionsmediums auftrifft,
- 10 Figur 14 ein Schema einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung,
- Figur 15 eine Vergrößerung des Ausschnittes der Austrittsfläche des Lichtleiters,
- 15 Figur 16 exemplarisch den Strahlengang einer Stablinse,
- Figur 17 eine plankonvexe Stablinse als optisches Element,
- Figur 18 eine GRIN-Linse mit Spacer als optisches Element,
- Figur 19 eine GRIN-Linse ohne Spacer als optisches Element,
- 20 Figur 20 eine Beleuchtungseinrichtung, bei der das Licht umgelenkt wird,
- Figur 21 eine Beleuchtungseinrichtung, bei der das optische Element zwischen Umlenkeinrichtung und Sekundärlichtquelle angebracht ist,
- 25 Figur 22 eine schematische Darstellung einer Beleuchtungseinrichtung eines Scheinwerfers,
- Figur 23 eine Anordnung in einem Scheinwerfer mit einem Reflektor,
- Figur 24 einen Scheinwerfer mit einem symmetrischen Reflektor und
- 30 Figur 25 eine schematische Darstellung einiger Faserbündel.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

Bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung
5 bevorzugter Ausführungsformen bezeichnen um der Klarheit
willen gleiche Bezugszeichen im Wesentlichen gleiche Teile
in oder an diesen Ausführungsformen.

Figur 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer
10 erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung im Querschnitt.
Die Anregungslichtquelle umfasst einen optischen
Lichtleiter, der als faseroptischer Lichtleiter 14
ausgebildet ist und in den elektromagnetische Strahlung
einer Anregungslichtquelle 18 eingekoppelt wird. Der
15 Lichtleiter 14 emittiert eingekoppelte elektromagnetische
Strahlung als Anregungslicht an seinem einen Ende 15 in
Richtung auf ein Konversionsmedium 11.

Die Trägervorrichtung 10 ist im Bereich der Befestigung des
20 Konversionsmediums 11 mit einer Verspiegelung 12 versehen.
Dies kann beispielsweise eine Beschichtung der
entsprechenden Kontaktfläche 17. Des Weiteren kann die
Halterung auch mit einem Spiegel oder einem metallischen
Spiegel ausgebildet sein. Das Konversionsmedium kann fest
25 und/oder lösbar mit der Trägervorrichtung 10 verbunden
sein.

Ein Niederhalter 13 dient der Fixierung des zumindest einen
optischen Lichtleiters 14. Eine Zugentlastung (nicht
30 dargestellt) kann zur Sicherung des faseroptischen
Lichtleiters vorgesehen sein. Besonders günstig ist der
Niederhalter 13 sehr flach ausgebildet, um die Abschattung

zu minimieren. Ein Niederhalter 13 ist nicht zwingend vorgeschrieben; beispielsweise kann der optische Lichtleiter auch in oder auf die Trägervorrichtung geklebt werden.

5

Figur 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Trägervorrichtung 10, umfassend ein Konversionsmedium 11. Insgesamt drei Nuten bzw. Rillen 20 sind vorgesehen, um faseroptische Lichtleiter (nicht dargestellt) als Anregungslichtquelle aufzunehmen. Besonders günstig sind die Nuten bzw. Rillen 20 als sogenannte V-Grooves ausgebildet, welche eine sehr gute Aufnahme von faseroptischen Lichtleitern ermöglichen, ohne diese zu schädigen. Das Vorhandensein von drei Aufnahmemöglichkeiten für Lichtleiter 14 stellt eine mögliche Ausführungsform dar, ist aber nicht zwingend für eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung. Vielmehr richtet sich die Anzahl der optischen Lichtleiter 14 nach den Erfordernissen der bestimmten Verwendung, beispielsweise nach zu erreichenden Leuchtdichte oder der zu tolerierenden Temperatur der Anregungslichtquelle.

Die zumindest eine Aufnahmeeinrichtung für Lichtleiter 14 ist derart ausgebildet, dass das eine Ende des Lichtleiters 14 in Richtung auf das Konversionsmedium 11 weist. Das Konversionsmedium 11 liegt demnach in der Richtung des optischen Pfades des Anregungslichtes. Das Anregungslicht trifft besonders vorteilhaft in einem bestimmten Punkt auf die Oberfläche des Konversionsmediums auf, der auch als Leuchtfleck 22 bezeichnet werden kann. Zur Erreichung einer hohen Effizienz und/oder einer hohen Leuchtdichte ist der Leuchtfleck 22 möglichst klein zu halten.

Die Trägervorrichtung 10 ist weiterhin mit Öffnungen und/oder Bohrungen 21 ausgebildet zur Befestigung mit weiteren Gegenständen wie beispielsweise einem Reflektor (nicht dargestellt). Für eine hochgenaue Positionierung und/oder Orientierung der Trägervorrichtung kann diese beispielsweise mit Langlöchern 25 und Bohrungen 24 für Paßstifte ausgebildet sein.

Figur 3 zeigt eine Weiterbildung der Erfindung. Die Weiterbildung umfasst zumindest einen Spiegel 30 oder eine verspiegelte Fläche, wodurch Teil der Sekundärstrahlung 31 zurück auf das Konversionsmedium 11 gelenkt werden kann. Besonders bevorzugt ist dieser Spiegel 30 derart angeordnet, dass ein Teil der reflektierten blauen Strahlung wieder zurück auf den Leuchtfleck des Konversionsmediums fallen kann, um dort in langwelligeres, gelbes Licht konvertiert zu werden. Auf diese Weise kann die Effizienz der Konvertierung des Anregungslichtes in langwelligeres Licht gesteigert werden.

In einer nochmaligen Weiterbildung zeigt Figur 4 einen Spiegel 41, der auch eine verspiegelte Fläche umfassen kann und der dazu ausgebildet ist, einen Teil der Sekundärstrahlung 41 auf einen genau bestimmten Bereich in Beleuchtungsrichtung oder in eine genau bestimmte Zone (nicht dargestellt) zu lenken. Dieser Bereich kann beispielsweise eine bestimmte Fläche in einem Reflektor (nicht dargestellt) betreffen. Besonders bevorzugt ist dieser Spiegel 41 derart angeordnet, dass ein Teil der reflektierten blauen Strahlung durch den Spiegel an einen bestimmten Ort in Beleuchtungsrichtung gelenkt werden kann.

Eine nochmals weitere Weiterbildung zeigt Figur 5. Die Trägervorrichtung 10 umfasst einen Absorber 51 oder eine absorbierende Fläche, welche einen Teil der Sekundärstrahlung 51 absorbiert. Auf diese Weise kann am Konversionsmedium 11 reflektiertes Licht aus dem Strahlengang der Sekundärstrahlung 51 entfernt werden. Auf diese Weise kann auch besonders einfach Sekundärstrahlung bei einem Verlust des Konversionsmediums absorbiert werden, ohne unkontrolliert in die Umgebung zu gelangen. Sehr vorteilhaft kann dieser Effekt zur Erhöhung der Sicherheit gegen unkontrolliert emittierte Laserstrahlung genutzt werden, wenn die Lichtquelle eine Laserlichtquelle umfasst.

In Figur 6 ist eine schematische Sicht auf ein schräg zum Anregungslicht angeordnetes Konversionsmedium im Querschnitt dargestellt. Das Anregungslicht verläuft entlang eines optischen Pfades 63 und trifft schräg auf die Oberfläche des Konversionsmediums 11 in einem Winkel α auf. Die Trägervorrichtung 16 ist im Bereich der Befestigung mit dem Konversionsmedium 11 mit einem breitbandig reflektierenden Spiegel 62 ausgebildet. Dies kann auch eine breitbandig reflektierende Beschichtung der Trägervorrichtung 16 sein. Das Konversionsmedium 11 weist geometrisch die Form eines Plättchens mit begrenzenden Flächen auf. Dabei ist zumindest die dem Anregungslicht zugewandte Fläche besonders günstig mit einer als Bandstopfilter wirkenden Schicht 61 ausgebildet, die den Grünanteil im konvertierten gelben Licht reflektiert und den gelb-roten Lichtanteil durchlässt, so dass die konvertierte Strahlung in einem Wellenlängenbereich von etwa 480 nm bis 510 nm gefiltert wird. Der reflektierte

oder zurückgestreute blaue Spektralanteil und der konvertierte, gefilterte gelbe Spektralanteil können in ihrer Mischung weißes Beleuchtungslicht ergeben.

5 Die Schicht 61 kann zusätzlich auch mit einem AR-Coating ausgebildet sein, um eine Reflektion von Anregungslicht und/oder konvertierten Licht zu reduzieren und auf diese Weise die Effizienz der Konvertierung zu verbessern.

10 In Figur 7 ist eine weitere Ausführungsform, umfassend eine Anregungslichtquelle mit mehreren, parallel angeordneten optischen Lichtleitern, dargestellt. Der auf dem Konversionsmedium 11 ausgebildete Leuchtfleck kann daher mehrere einzelne Leuchtflecke 71, 72, 73 umfassen, die
15 jeweils einem optischen Lichtleiter 74, 75 und 76 zugeordnet werden können. Die einzelnen Leuchtflecke 71, 72, 73 können dabei überlappend oder räumlich separiert angeordnet sein.

20 Durch unabhängiges Schalten der den einzelnen Lichtleitern 74, 75 und 76 zugeordneten Anregungslichtquellen (nicht dargestellt) können die Leuchtflecke einzeln aktiv geschaltet werden, so dass die Leuchtdichtenverteilung auf dem Konversionsmedium 11 variiert werden kann.

25 Figur 8 zeigt eine nochmals weitere Ausführungsform, bei der mehrere optische Lichtleiter auf der Trägervorrichtung 10 angeordnet sind und wobei der Abstand des Emissionsortes eines jeden optischen Lichtleiters von dem auf dem
30 Konversionsmedium erzeugten Leuchtfleck gleich groß ist. Dies wird erreicht durch eine kreisförmige Anordnung um das Zentrum des Leuchtflecks.

In Figur 9 ist eine mögliche Anordnung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung 92 in einem Reflektor 91, der als parabolischer Halb-Hohlspiegel ausgebildet ist, In besonders bevorzugter Weise kann bei einer derartigen Anordnung ein optischer Lichtleiter 93 ohne Biegung aus dem Reflektor herausgeführt werden.

In Figur 10 ist eine nochmals weitere Ausführungsform dargestellt, bei der eine Beleuchtungseinrichtung 101 schräg in einem Reflektor 91 angeordnet ist und bei der ein optischer Lichtleiter in Beleuchtungsrichtung liegt. In Bezug auf die Lasersicherheit kann eine derartige Anordnung sehr günstig sein bei einer Beschädigung des Konversionsmediums, da der Laserstrahl auf diese Weise in einen rückseitigen Raum des Reflektors geführt werden kann und auf diese Weise nicht unkontrolliert in die Umgebung austreten kann.

In Figur 11 ist eine Anordnung einer Beleuchtungseinrichtung 112 in einer Projektionseinrichtung schematisch dargestellt. In der Anordnung ist eine optische Linse 111, die in der Beleuchtungsrichtung der Beleuchtungseinrichtung liegt, vorgesehen zur Lenkung des erzeugten Lichtes in eine gewünschte Richtung.

In Figur 12 ist eine Anordnung dargestellt, bei der die Anregungslichtquelle eine monochromatische Laserlichtquelle 121 umfasst, welche direkt mit der Trägervorrichtung 10 verbunden ist. Zur Fokussierung des Anregungslichtes auf das Konversionsmedium 11 ist eine optische Linse 122 vorgesehen.

In Figur 13 ist eine weitere Anordnung einer Beleuchtungseinrichtung dargestellt, wobei ein Winkel α den Winkel zwischen dem optischen Pfad des Anregungslichtes und der Oberflächennormalen 131 auf der der Anregungslichtquelle zugewandten Fläche des Konversionsmediums angibt, so dass das Anregungslicht schräg auf die Oberfläche des Konversionsmediums auftrifft.

10 Weiterhin ist ein minimaler Abschattungswinkel β dargestellt, der den minimalen Winkel zwischen der Oberflächennormalen 131 und demjenigen Strahl aus der Sekundärstrahlung entspricht, bei dem gerade noch eine Abschattung durch die Trägervorrichtung erfolgt.

15

Der maximale Einfallswinkel γ entspricht dem größten Winkel zwischen der Oberflächennormalen 131 und einem Strahl des Anregungslichtes, der auf die Oberfläche des Konversionsmediums emittiert wird.

20

Für eine Beleuchtungseinrichtung mit einem optischen Lichtleiter als Anregungslichtquelle ergeben sich folgende günstige Konfigurationen bezüglich einem Durchmesser des Lichtleiters D , der NA , dem Abstand d und dem Winkel α .

25

NA	D/mm	d/mm	bevorzugte Winkel	besonders bevorzugte Winkel
			$\alpha/^\circ$	$\alpha/^\circ$
0,02	0,5	5	35 bis 70	
0,05	0,2	3	40 bis 70	
0,05	0,2	2	40 bis 70	50 bis 60
0,05	0,2	1	45 bis 70	50 bis 60
0,1	0,1	2	45 bis 65	50 bis 55
0,1	0,1	1	45 bis 65	50 bis 55
0,1	0,1	0,5	45 bis 65	nur 55
0,2	0,05	0,5	50 bis 60	
0,2	0,05	0,3	55 bis 60	
0,3	0,033	0,3	nur 55	

Tabelle 1: Konfiguration für optischen Lichtleiter

Hiernach ist beispielsweise eine besonders günstige Konfiguration bei $D = 0,1$ mm, $NA = 0,1$, $d = 1$ mm und $\alpha = 45^\circ$ bis 65° , wobei α besonders günstig zwischen 50° und 55° liegt. Im bevorzugten Bereich für den Winkel α liegt der Anteil des abgeschatteten Lichts unter 20%, der maximale Einfallswinkel unter 75° und die Größe des ovalen Leuchtflecks ist kleiner als ca. 1 mm x 1,5 mm. Im besonders bevorzugten Bereich für den Winkel α liegt der Anteil des abgeschatteten Lichts unter 10%, der maximale Einfallswinkel unter 65° und die Größe des ovalen Leuchtflecks ist kleiner als ca. 0,6 mm x 0,9 mm.

Für eine Beleuchtungseinrichtung, bei der die Anregungslichtquelle eine monochromatische Laserlichtquelle umfasst, welche direkt mit der Trägervorrichtung verbunden ist, ergeben sich folgende günstige Konfigurationen:

Ein günstiger Abstand d ergibt sich aus dem Durchmesser der optischen Linse und der NA , so dass der Fokus im Bereich des Konversionsmediums liegt, wobei der Durchmesser der Linse vorzugsweise der Größe der Laserlichtquelle

entspricht. Bei einer Größe der Laserlichtquelle von beispielsweise 2 mm kann vorzugsweise eine ebenso große Linse ausgewählt werden. In diesem Fall ergibt sich bei einer NA von 0,1 ein besonders günstiger Abstand d von etwa 10 mm.

NA	bevorzugte Winkel $\alpha/^\circ$	besonders bevorzugte Winkel $\alpha/^\circ$
0,05	35 bis 70	35 bis 65
0,1	40 bis 65	45 bis 60
0,2	45 bis 60	50 bis 55
0,3	50 bis 55	nur 55

Tabelle 2: Konfiguration für Laserlichtquelle mit Linse

Bei einer NA von 0,1 liegt dabei beispielsweise ein Winkel α in einem bevorzugten Bereich von 40° bis 65° und ganz besonders bevorzugt in einem Bereich von 45° bis 60° .

Im bevorzugten Bereich für den Winkel α liegt der Anteil des abgeschatteten Lichts unter 20%, der maximale Einfallswinkel unter 75° . Im besonders bevorzugten Bereich für den Winkel α liegt der Anteil des abgeschatteten Lichts unter 10%, der maximale Einfallswinkel unter 65° .

Figur 14 zeigt das Schema einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung. Das optische Element 8 steht stellvertretend für alle einsetzbaren optischen Elemente, z.B. auch eine konvexe Linse. Wie zu sehen ist, ist die Sekundärlichtquelle 2 bevorzugt verkippt zu der Einstrahlachse des vom der Primärlichtquelle 1 emittierten Lichts angeordnet.

Figur 15 zeigt eine Vergrößerung des Ausschnitts der Austrittsfläche des Lichtleiters 14. Das optische Element 8 leitet das Licht auf einen Bereich der Sekundärlichtquelle 2. Ist diese ein Konverter erscheint ein Leuchtfleck auf dem Konverter. Die Sekundärlichtquelle 2 emittiert das Licht 50 in alle Raumrichtungen, wobei es vorzugsweise spektral verschoben zu dem Licht der Primärlichtquelle 1 ist. Durch zumindest teilweise Reflexion und Remission an der Sekundärlichtquelle 2 kann das emittierte und bevorzugt spektral verschobene Licht mit dem spektral unverschobenen Licht der Primärlichtquelle 1 mischen. Auf diese Weise lässt sich aus einer z.B. blauen Laserdiode als Primärlichtquelle weißes Licht durch die Beleuchtungseinrichtung generieren. Alternativ kann bei kompletter Remission in der Sekundärlichtquelle 2 weißes Licht erzeugt werden, wenn die dort verwendeten Konversionsmaterialien schon weiß remittieren.

Figur 16 zeigt den exemplarischen Strahlengang einer Stablinse 81 als optischem Element. Das auf die Stablinse 81 treffende reflektierte und/oder remittierte Licht ist ebenfalls als Randstrahl eingezeichnet. Dieses bestimmt die Abschattung durch das optische Element.

Figur 17 stellt eine plankonvexe Stablinse 811 als optisches Element 8 dar.

Figur 18 zeigt eine GRIN-Linse mit Spacer 82 als optisches Element 8, Figur 19 eine GRIN-Linse ohne Spacer 83 als optisches Element 8.

Beispielsweise kann eine Beleuchtungseinrichtung mit Spacer und GRIN-Linse 82 als optischem Element 8 entsprechend Figur 18 aufgebaut sein. Der Lichtleiter 14 kann ein Standardlichtleiter aus einer Stufenindexfaser mit einem 5 Kerndurchmesser von 180 μm und einer NA von 0,22 sein. Werte bis 240 μm für den Kerndurchmesser und 0,18 für NA sind ebenso standardmäßig möglich. Das von der Primärlichtquelle 1 emittierte Licht kann in dem Beispiel die Wellenlänge 450 nm aufweisen. Die Kohärenzlänge ist 10 unerheblich. Der Lichtleiter 14 ist nach den gängigen Verfahren mit dem Spacer der GRIN-Linse 82 verkittet. Der Spacer hat beispielsweise eine Länge von 2,7 mm und einen Durchmesser von 1 mm, die GRIN-Linse einen Durchmesser von 1 mm und eine Länge von 1,04 mm. Andere Werte insbes. 15 angesichts der Werte des Lichtleiters 14 sind ebenso möglich. Der Abstand zwischen Austrittsfläche der GRIN-Linse und der angestrahnten Oberfläche der Sekundärlichtquelle 2 beträgt ist in dem Beispiel 4,2 mm und ist insbes. ein Freistrahlsbereich. Auf diese Weise wird 20 ein Spot-Durchmesser auf der angestrahnten Oberfläche der Sekundärlichtquelle von 429 μm erreicht und eine NA von 0,094.

Figur 20 zeigt mögliche Beleuchtungseinrichtungen, bei der 25 das aus dem Lichtleiter 14 tretende Licht noch einmal umgelenkt wird. Diese Anordnung kann für manche Scheinwerferanwendungen besonders vorteilhaft sein. Dazu ist eine Umlenkeinrichtung 85 zwischen Austrittsfläche des Lichtleiters 14 und der Sekundärlichtquelle 2 vorhanden. 30 Ein geeignetes optisches Element 8 kann bevorzugt zwischen der Austrittsfläche des Lichtleiters 14 und der Umlenkeinrichtung 85 in den Strahlengang eingebracht sein.

Für diese Anordnung ist eine GRIN-Linse ohne Spacer 83 besonders vorteilhaft einsetzbar, wie im rechten Teil der Figur 20 dargestellt.

5 Figur 21 entspricht weitestgehend der Figur 20, nur dass das optische Element 8 zwischen Umlenkeinrichtung 85 und der Sekundärlichtquelle 2 angebracht ist. Als optisches Element 8 sind alle geeigneten optischen Elemente einsetzbar, besonders vorteilhaft haben sich jedoch
10 plankonvexe Stablinsen (81) erwiesen. Ebenso ist es möglich, die Konzepte der Figuren 20 und 21 zu kombinieren, d.h. optische Elemente 8 sowohl zwischen der Austrittsfläche des Lichtleiters 14 und der Umlenkeinrichtung 85 als auch zwischen der
15 Umlenkeinrichtung 85 und der Sekundärlichtquelle 2 vorzusehen.

Figur 22 stellt schematisch eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung eines Scheinwerfers dar. Das Licht
20 der Primärlichtquelle 1 wird durch die beschriebenen Maßnahmen auf die Sekundärlichtquelle 2 geleitet und von dieser auf den Reflektor 6 reflektiert und/oder remittiert. Der Reflektor 6 parallelisiert bevorzugt das von der Sekundärlichtquelle 2 stammende Licht. Der Reflektor 6 kann
25 insbesondere ein parabolischer Reflektor sein, insbesondere ein asymmetrischer parabolischer Reflektor.

Figur 23 zeigt die Anordnung in einem Scheinwerfer mit Reflektor 6 ähnlich wie Figur 22, nur dass
30 Umlenkeinrichtungen 85 wie prinzipiell in Figuren 20 und 21 dargelegt vorhanden sind. Auf diese Weise kann die

Faserzuführung zu dem Scheinwerfer insbes. von oben erfolgen.

Figur 24 zeigt einen Scheinwerfer mit einem symmetrischen Reflektor 6, der parabolisch ausgeführt sein kann. Bei diesem Beispiel wird die Abschattung durch das optische Element 8 größer als in den anderen Scheinwerfern sein, allerdings kann diese Ausführungsform andere konstruktive Vorteile bieten, insbes. was dem Anschluss an die Primärlichtquelle 1 und deren Kühlung betrifft.

Figur 25 stellt schematisch einige exemplarische Faserbündelquerschnitte dar.

Der Vorteil der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik beruht darin, dass durch die Verwendung der beschriebenen optischen Elemente nahezu beliebige Lichtleiter eingesetzt werden können, die das Strahlparameterprodukt des Anregungslichts zwischen Faserendfläche und Konverter stark verschlechtern. Die erfindungsgemäße optische Einrichtung korrigiert das verschlechterte Strahlparameterprodukt, so dass eine optimale Abstimmung der Lichtleiter auf die Primärlichtquelle erfolgen kann, ohne dass die Effizienz des Gesamtsystems durch eine zu große Abschattung durch die optische Einrichtung zu stark vermindert würde.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung nicht auf die vorstehend anhand der Figuren beschriebenen lediglich beispielhaften Ausführungsformen beschränkt ist, sondern in vielfältiger Weise im Rahmen des Gegenstandes der Patentansprüche variiert werden kann. Insbesondere

können auch die Merkmale einzelner Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

	1	Primärlichtquelle
	2	Sekundärlichtquelle
5	6	Reflektor
	10	Trägervorrichtung
	11	Konversionsmedium
	12	Verspiegelung
	13	Niederhalter
10	14	Lichtleiter
	15	Ende eines Lichtleiters
	17	Kontaktfläche
	18	Anregungslichtquelle
	20	Nut
15	21	Bohrung
	22	Leuchtfleck
	24	Bohrung für Paßstift
	25	Langloch
	30	Spiegel
20	31	Sekundärstrahlung
	41	Spiegel
	50	Emissionsprofil der Sekundärlichtquelle
	51	Absorber
	61	Bandstopfilter
25	62	breitbandig reflektierender Spiegel
	63	optischer Pfad
	71, 72, 73	Leuchtfleck
	74, 75, 76	Lichtleiter
	8	Optisches Element
30	81	Stablinse
	811	Plankonvexe Stablinse
	82	GRIN-Linse mit Spacer

	83	GRIN-Linse ohne Spacer
	85	Umlenkeinrichtung, z.B. Prisma und/oder Spiegel
	91	Reflektor
5	92	Beleuchtungseinrichtung
	93	optischer Lichtleiter
	101	schräg angeordnete Beleuchtungseinrichtung
	111	Linse
	112	Beleuchtungseinrichtung in einem Projektor
10	121	Laserlichtquelle
	122	Linse
	131	Oberflächennormale

Ansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung zur Erzeugung von
konvertiertem Licht mit hoher Leuchtdichte,
5 insbesondere von Weißlicht, umfassend
- eine Anregungslichtquelle oder Primärlichtquelle zur
Abgabe von blauem oder ultraviolettem Anregungslicht,
- ein Konversionsmedium oder eine Sekundärlichtquelle
zur Konvertierung des Anregungslichtes in
10 langwelligeres Licht, wobei dass vom Konversionsmedium
remittierte Licht vorzugsweise weiß erscheint,
- eine Trägervorrichtung zur Ausrichtung des
Anregungslichtes schräg auf einen mittleren Bereich
der Oberfläche des Konversionsmediums derart, dass der
15 Großteil des Anregungslichtes in das Konversionsmedium
eindringt, um nach Konversion im Wesentlichen ohne
Auftreffen auf die Trägervorrichtung in
Beleuchtungsrichtung emittiert zu werden.

- 20 2. Beleuchtungseinrichtung gemäß dem vorstehenden
Anspruch, wobei die Anregungslichtquelle zumindest
eine monochromatische Lichtquelle oder Laserdiode
umfasst, bevorzugt eine IR-Laserdiode, eine UV-
Laserdiode, eine blaue Laserdiode, eine rote
25 Laserdiode und/oder eine grüne Laserdiode.

3. Beleuchtungseinrichtung gemäß vorstehendem Anspruch,
ferner umfassend zumindest einen optischen Lichtleiter
sowie ein optisches Element, wobei im Betriebszustand
30 die zumindest eine Primärlichtquelle Licht in die
Eintrittsfläche des zumindest einen Lichtleiters
emittiert, der Lichtleiter das Licht zu seiner

Austrittsfläche transportiert, das aus der Austrittsfläche des Lichtleiters austretende Licht durch das zumindest eine optische Element auf zumindest einen Bereich einer Sekundärlichtquelle gelenkt wird und die Sekundärlichtquelle das auf sie gelenkte Licht zumindest anteilsweise in Richtung des optischen Elements zurück reflektiert und/oder remittiert und ein Teil des reflektierten und/oder emittierten Lichts das optische Element trifft.

10

4. Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Anteil des im Betriebszustand auf das optische Element treffenden Lichts ein nur kleiner Anteil des von der Primärlichtquelle emittierten Lichts ist.

15

5. Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das optische Element im Betriebszustand das von der Primärlichtquelle emittierte und aus dem Lichtleiter austretende Licht auf zumindest einen Bereich der Sekundärlichtquelle fokussiert.

20

6. Beleuchtungseinrichtung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei das optische Element ausgewählt ist aus der Gruppe Kugellinse und/oder Stablinse und/oder GRIN-Linse ohne Spacer und/oder GRIN-Linse mit Spacer und/oder plankonvexe Stablinse.

25

7. Beleuchtungseinrichtung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei der zumindest eine

30

Lichtleiter aus Glas oder Quarz als Hauptbestandteil besteht.

- 5 8. Beleuchtungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Konversionsmedium einen ersten Anteil der Strahlung in einen gelben Spektralbereich konvertiert und einen zweiten Anteil der Strahlung in einen blauen Anteil zurückstretet oder reflektiert.
- 10 9. Beleuchtungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Konversionsmedium ein niedrig dotiertes Ce:YAG Phosphor-Material umfasst.
- 15 10. Beleuchtungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Konversionsmedium ein niedrig dotiertes, optokeramisches Material aus Ce:YAG mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens 5 W/(m*K) umfasst.
- 20 11. Beleuchtungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägervorrichtung zumindest im Bereich des Konversionsmediums und/oder die Halterung zum Befestigen des Konversionsmediums zur Wärmeableitung und/oder als Wärmesenke ausgebildet ist.
- 25 12. Beleuchtungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Konversionsmedium schräg in einem Winkel α zum optischen Pfad des Anregungslichtes angeordnet ist.
- 30

13. Beleuchtungseinrichtung nach zumindest einem der
vorherigen Ansprüche, wobei das im Betriebszustand von
der Sekundärlichtquelle reflektierte und/oder
5 remittierte Licht auf einen Reflektor trifft,
insbesondere einen parabolischen Reflektor.
14. Verwendung einer Beleuchtungseinrichtung nach
zumindest einem der Ansprüche 1 bis 13 in einem
10 Projektor oder Scheinwerfer, insbesondere einem
Automobilscheinwerfer oder dem Scheinwerfer eines
Luftfahrzeugs oder eines Schienenverkehrsmittels oder
eines Schiffes.
- 15 15. Scheinwerfer, insbesondere Scheinwerfer für Fahrzeuge,
umfassend eine Beleuchtungseinrichtung nach einem der
vorstehenden Ansprüche, wobei das Konversionsmedium,
insbesondere der Leuchtfleck des Konversionsmediums,
im Arbeitspunkt des Scheinwerfers angeordnet ist.

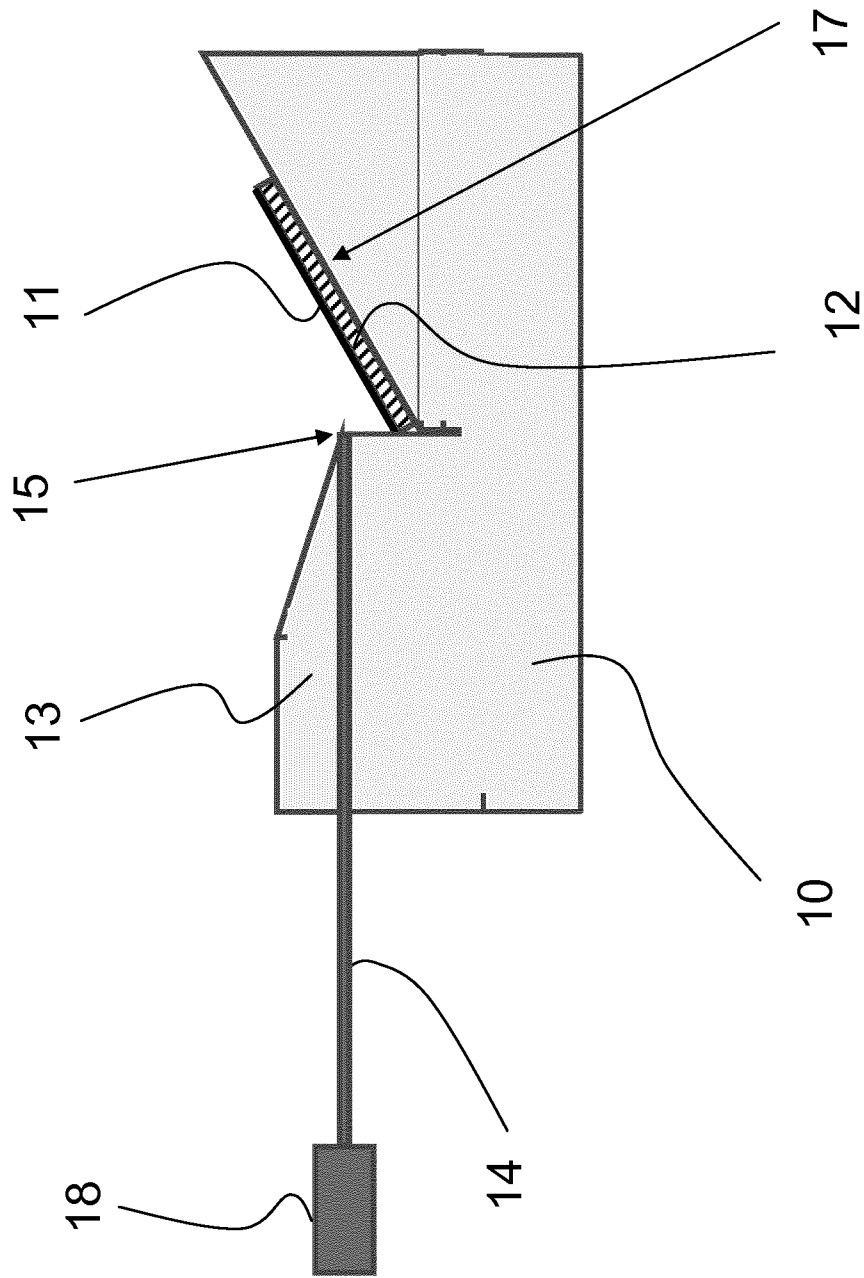


Fig. 1

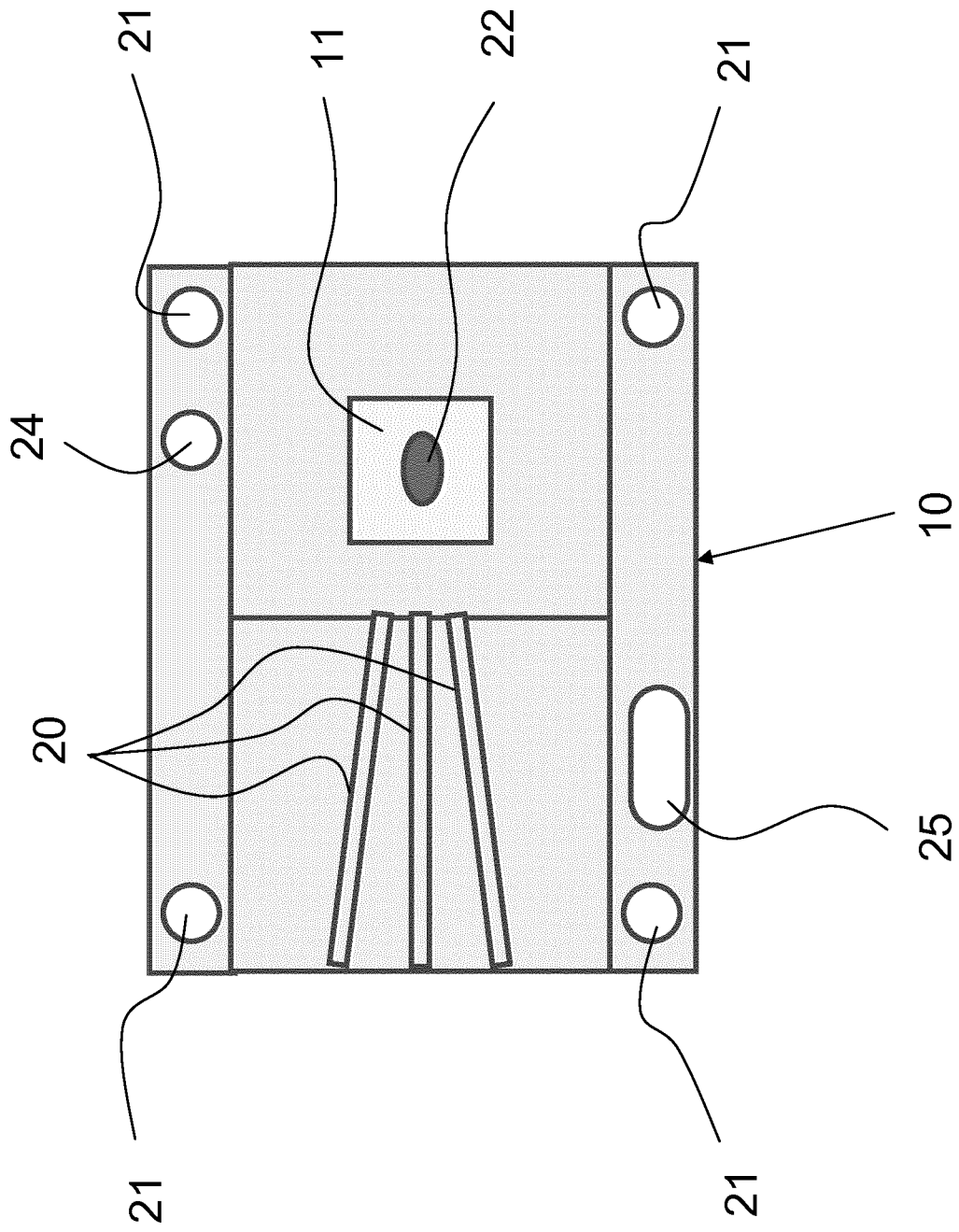


Fig. 2

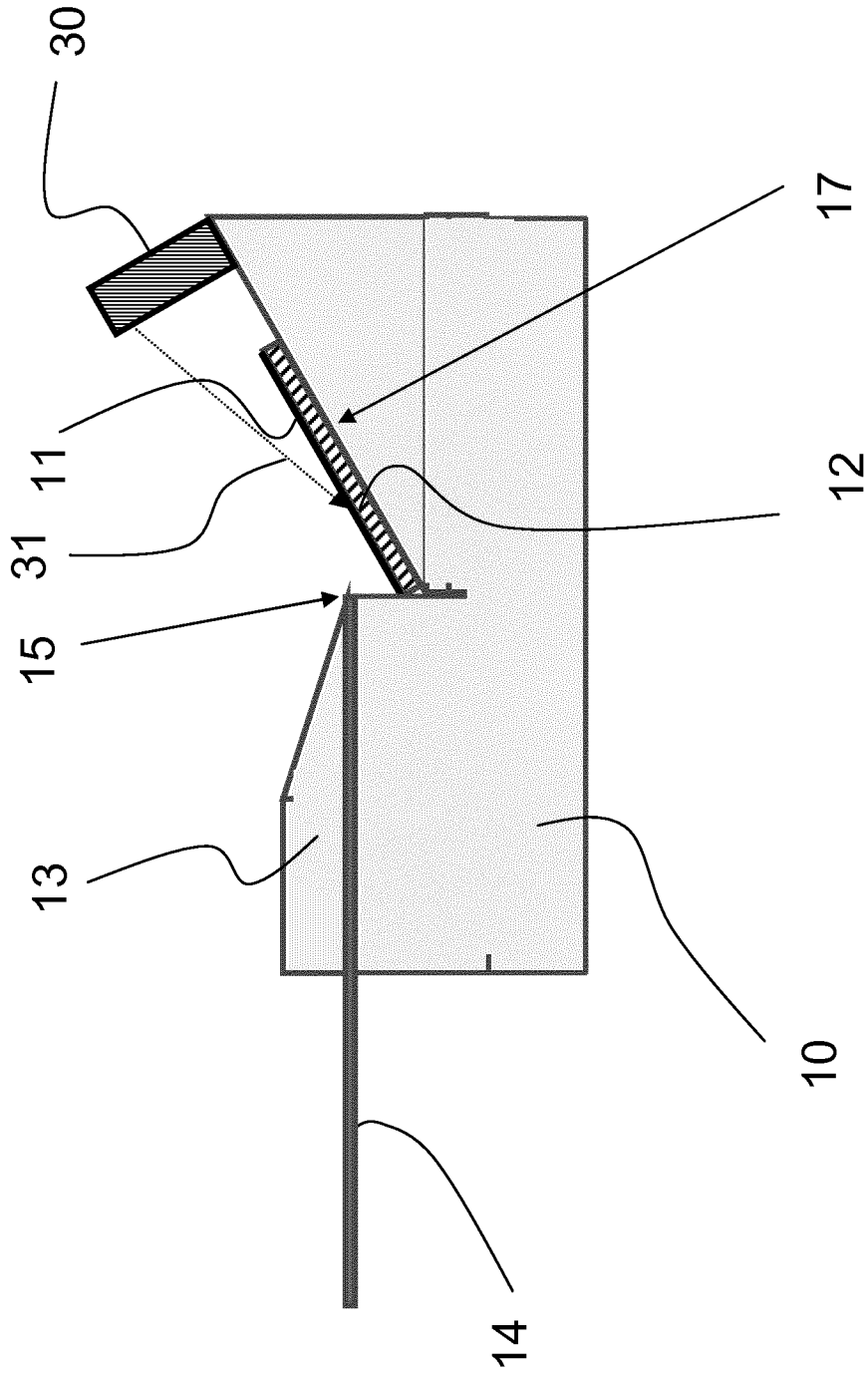


Fig. 3

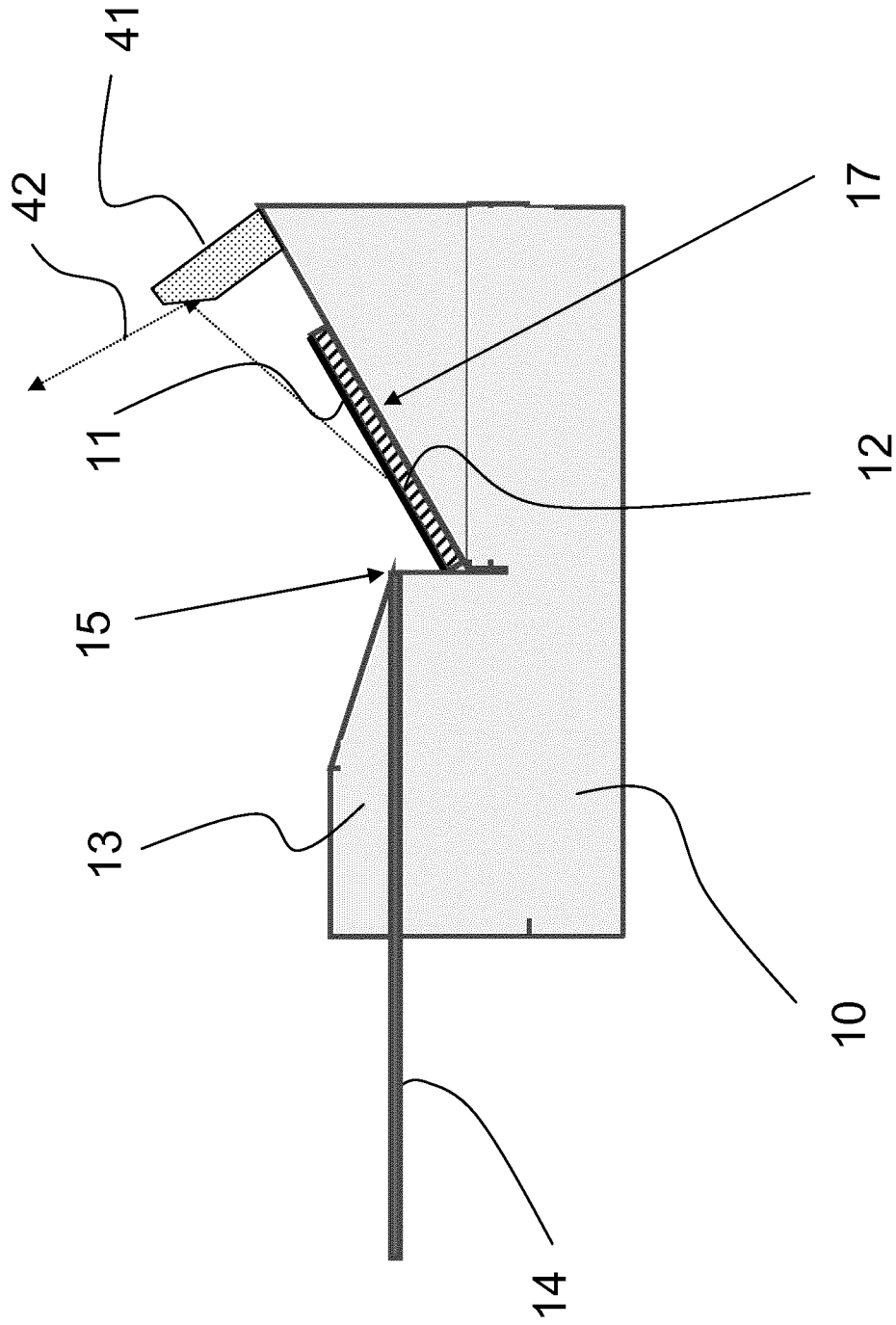


Fig. 4

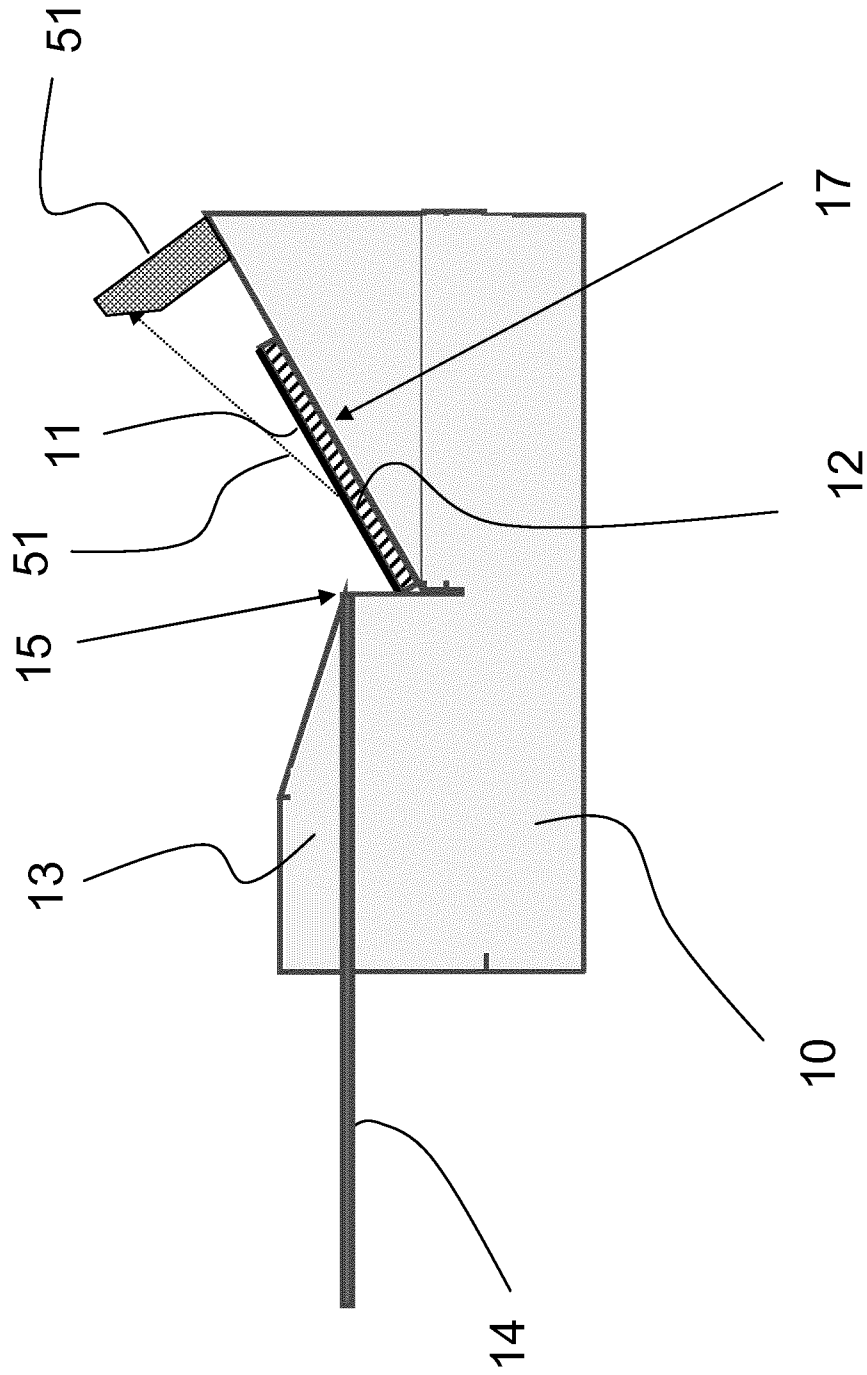


Fig. 5

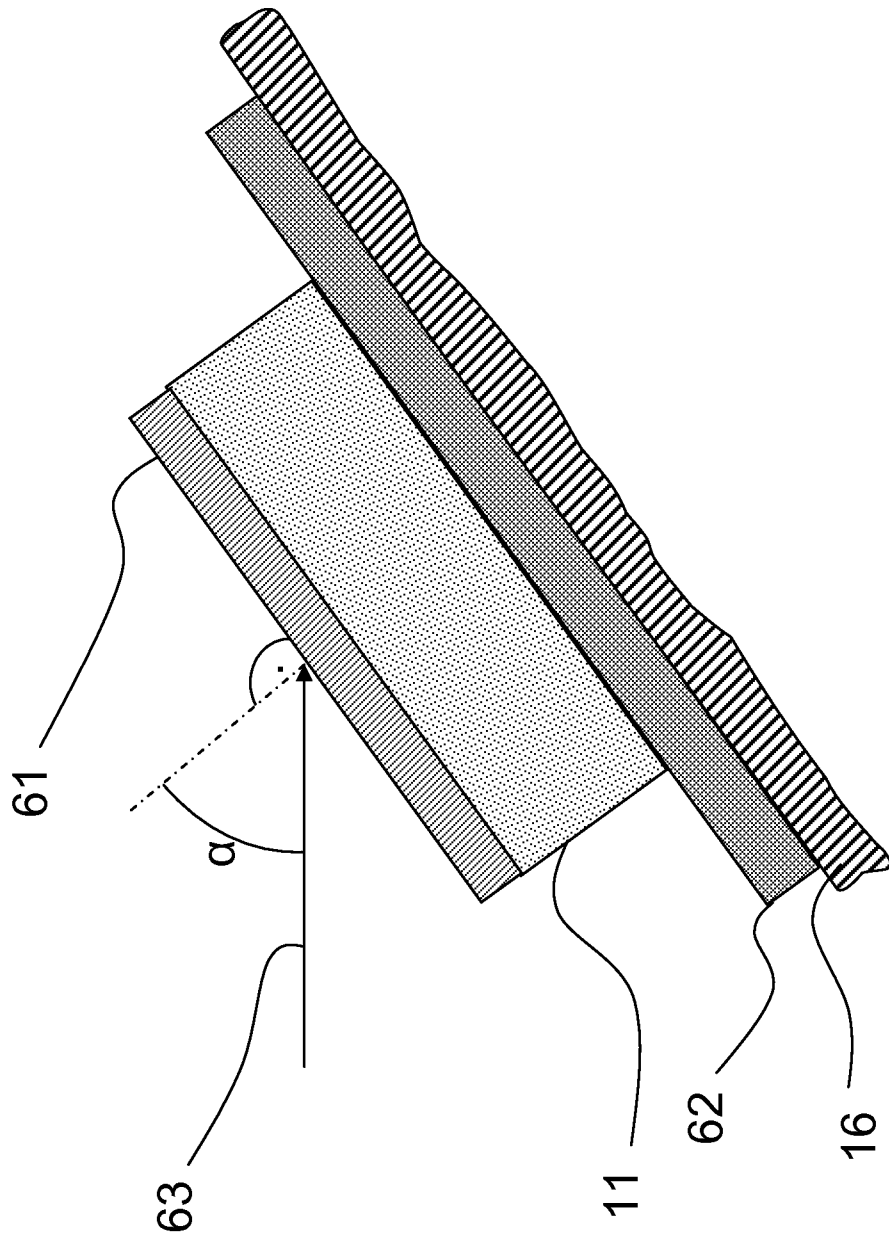


Fig. 6

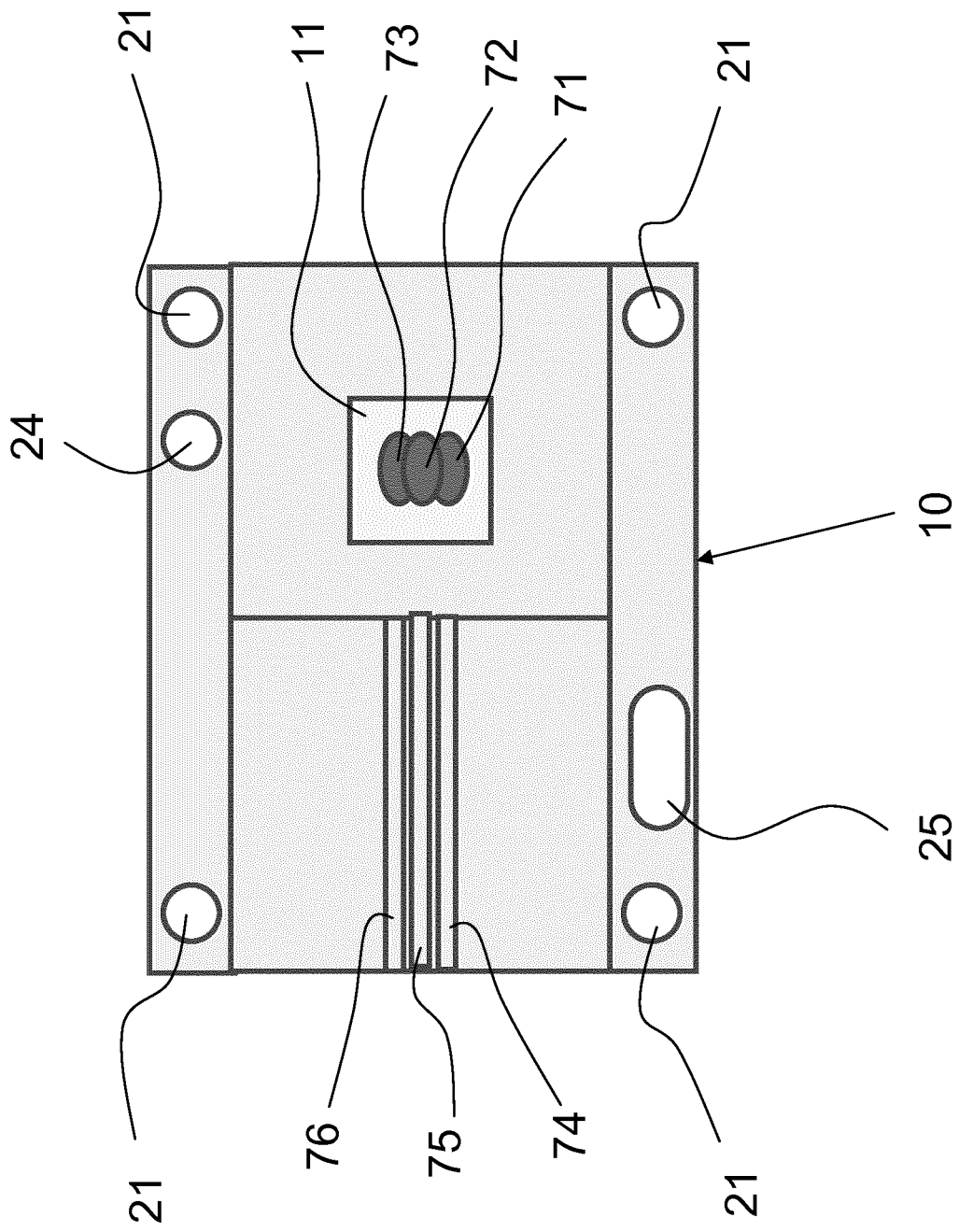


Fig. 7

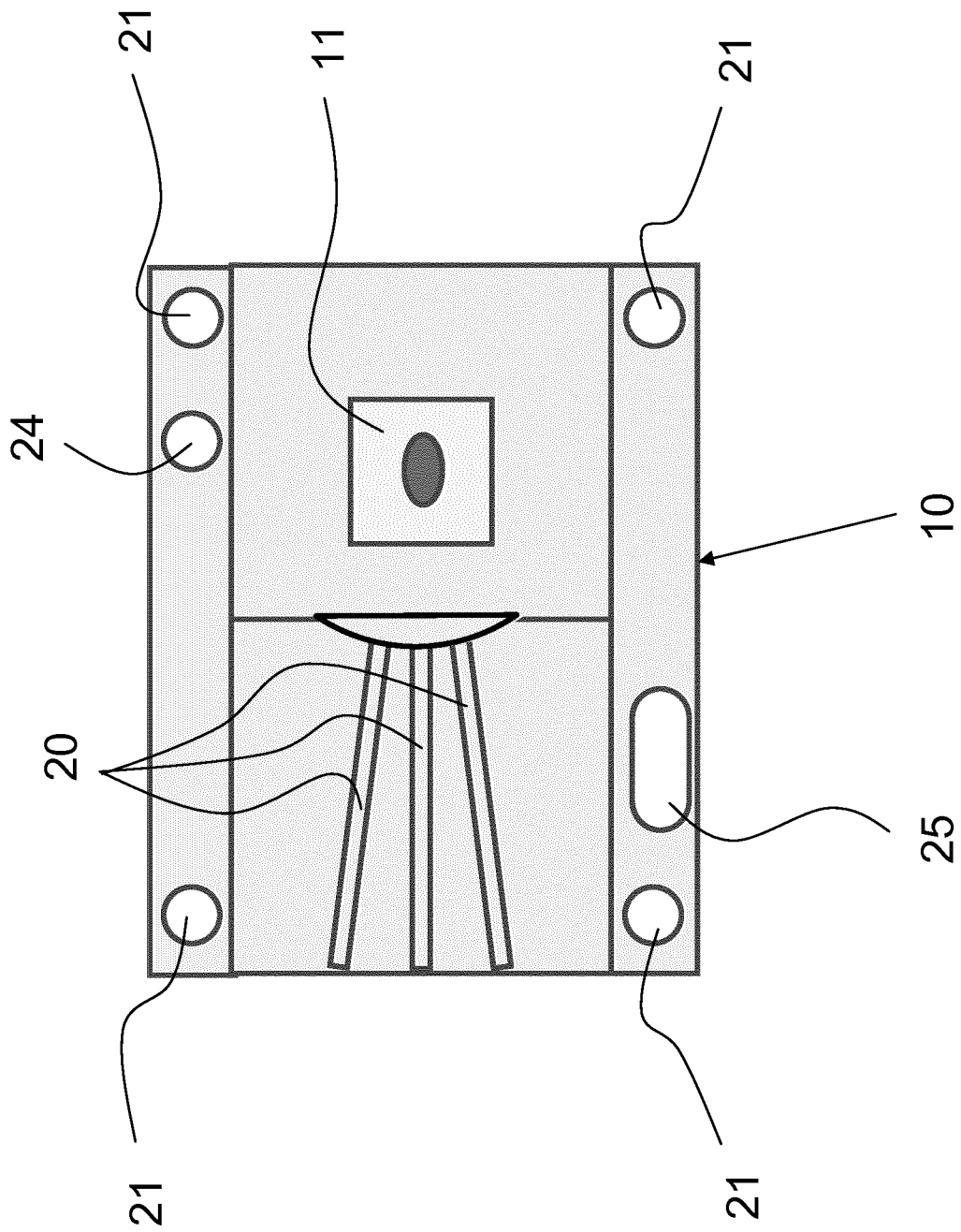


Fig. 8

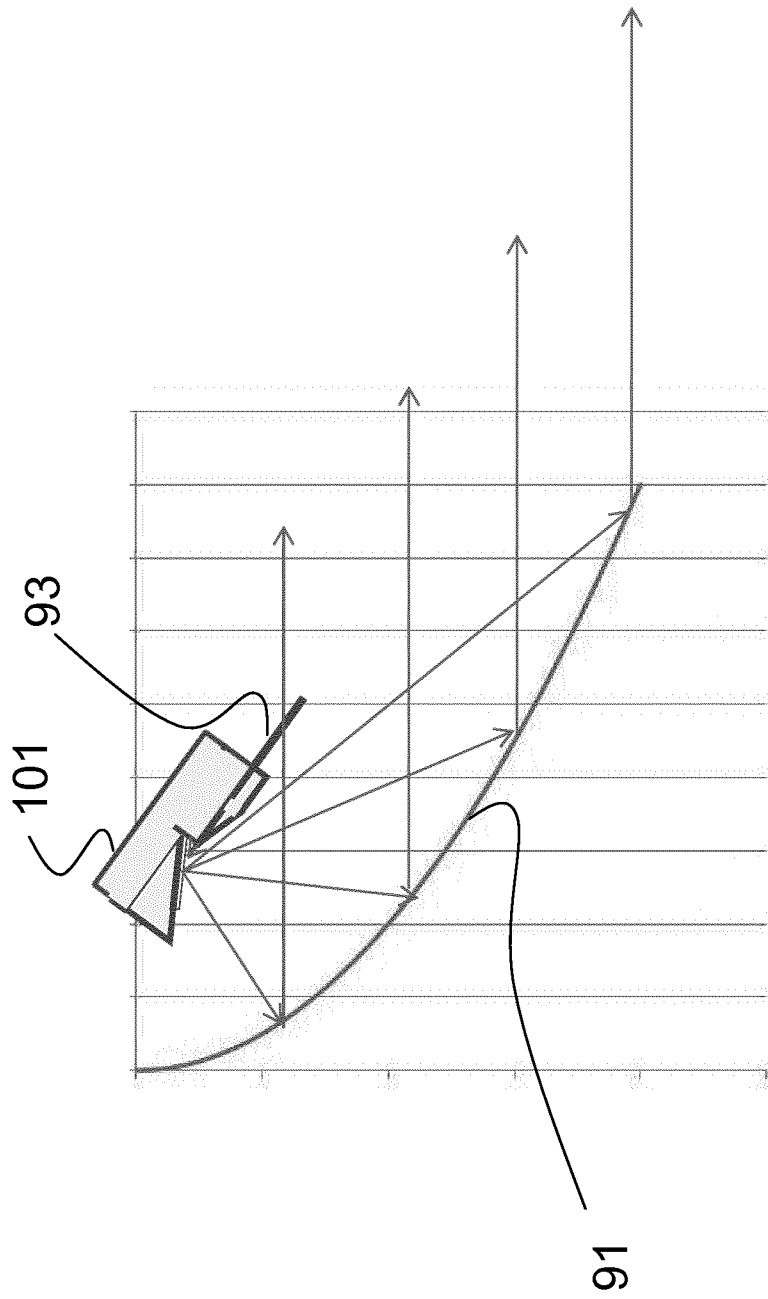


Fig. 10

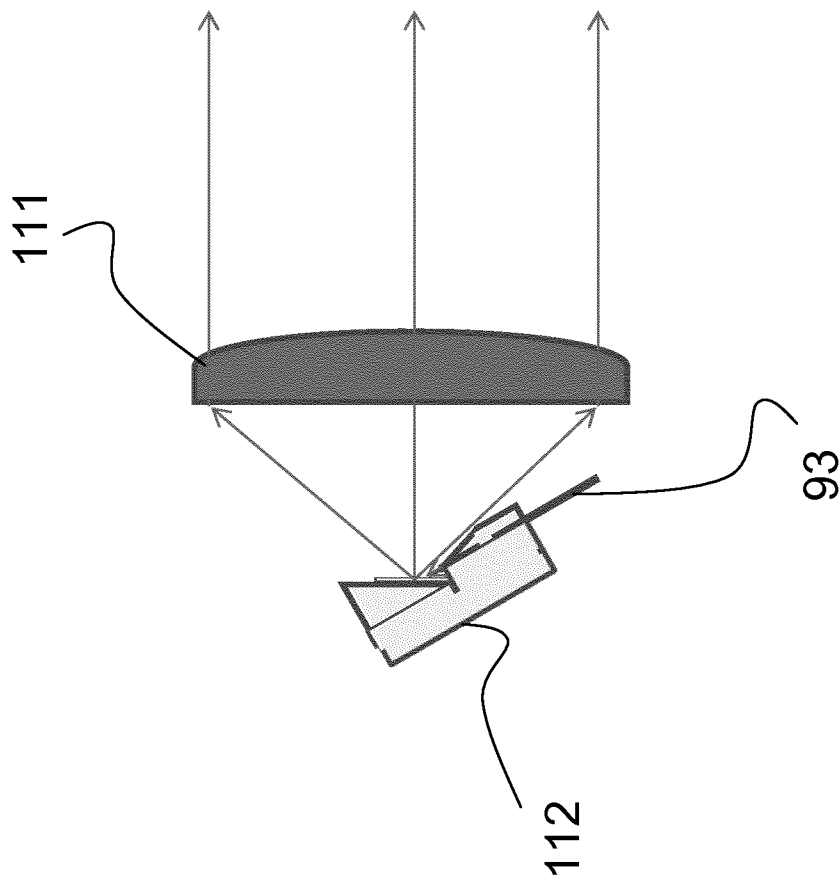


Fig. 11

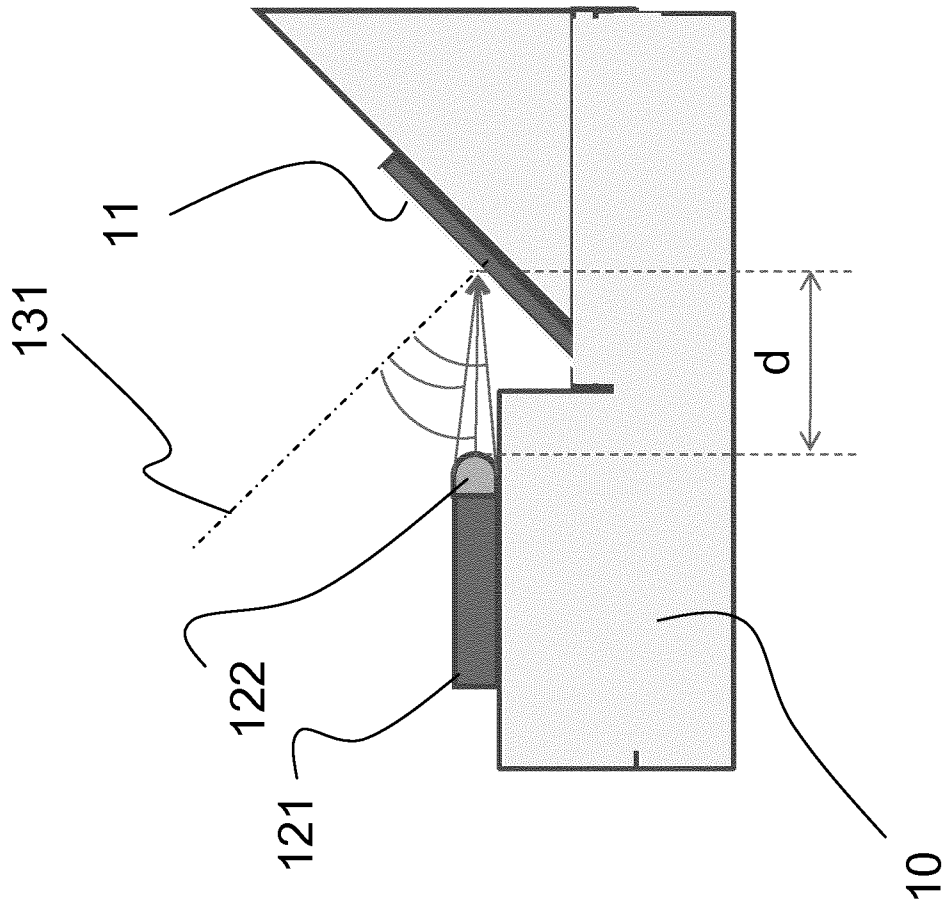


Fig. 12

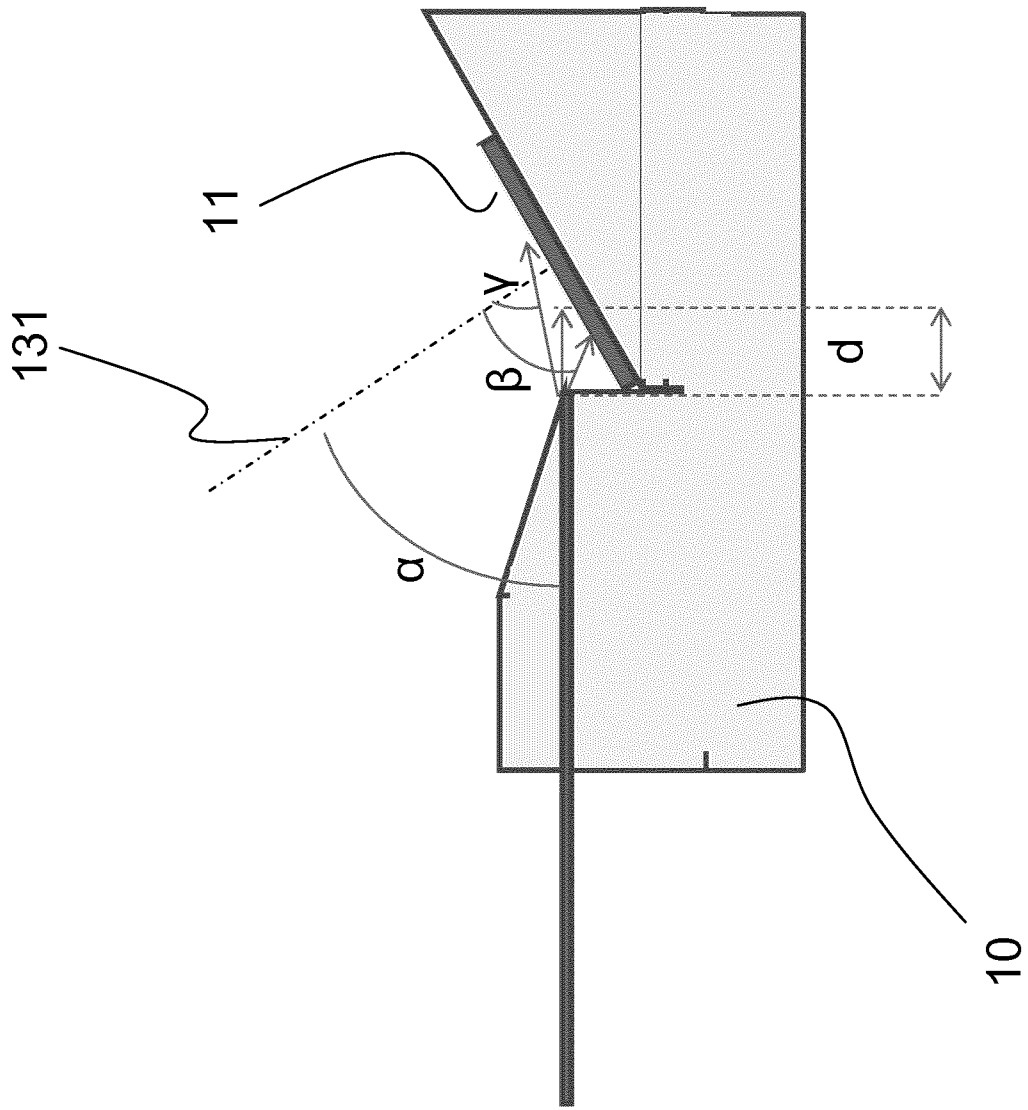


Fig. 13

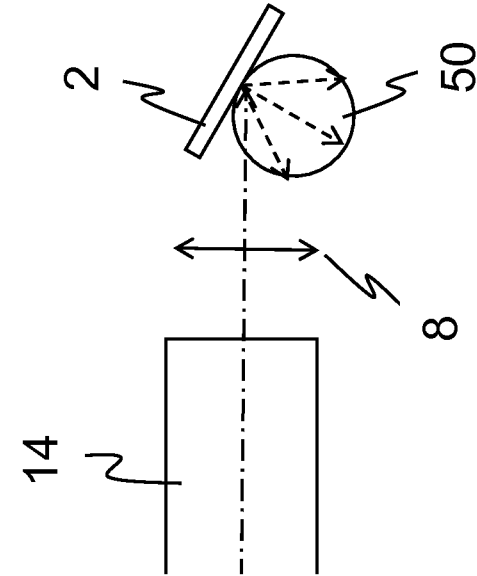


Fig. 14

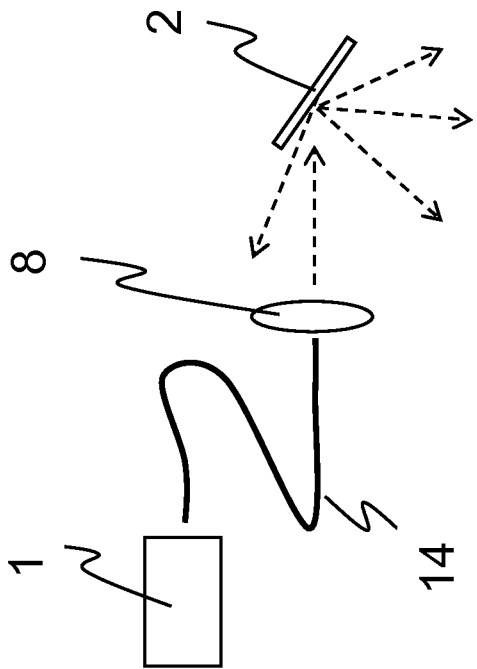


Fig. 15

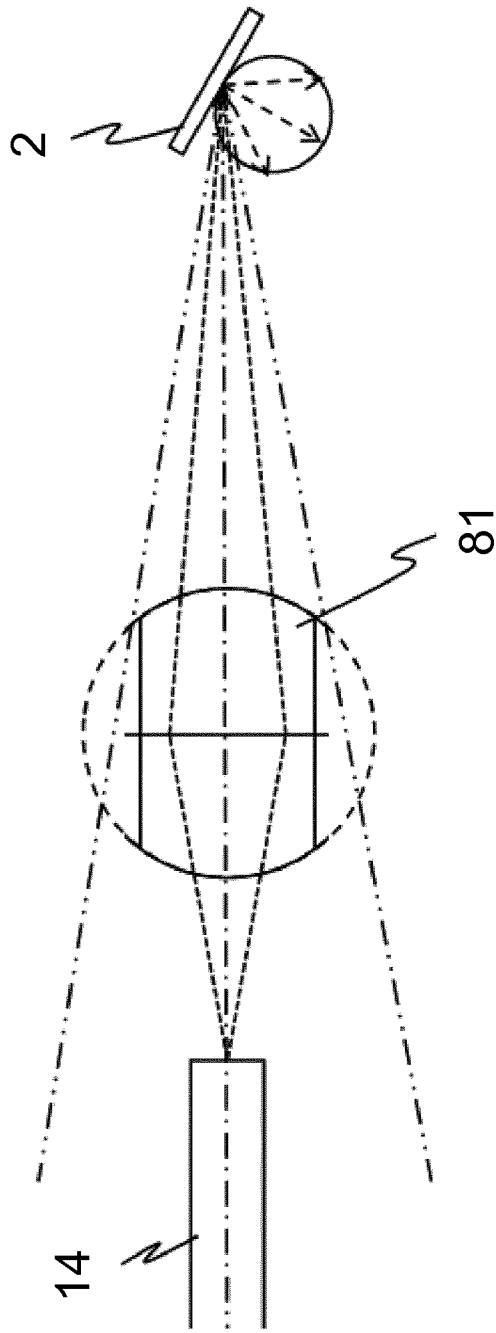


Fig. 16

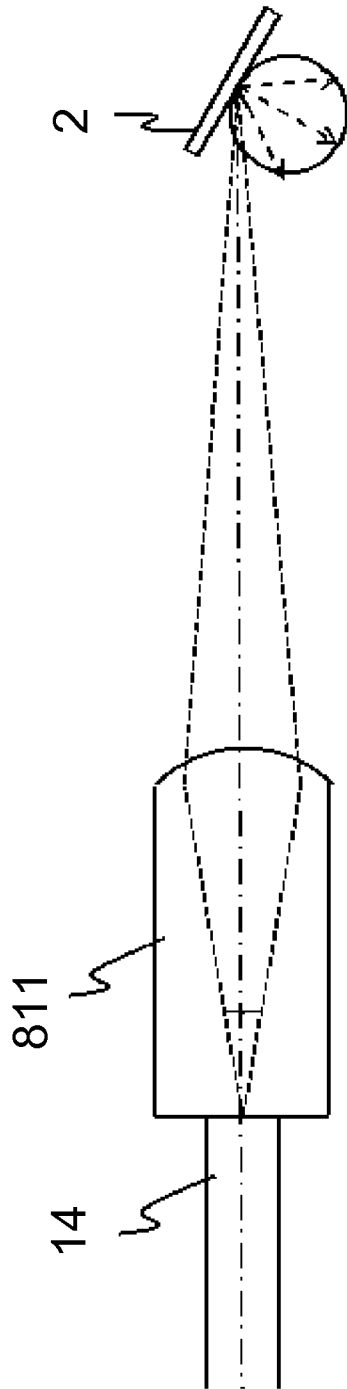


Fig. 17

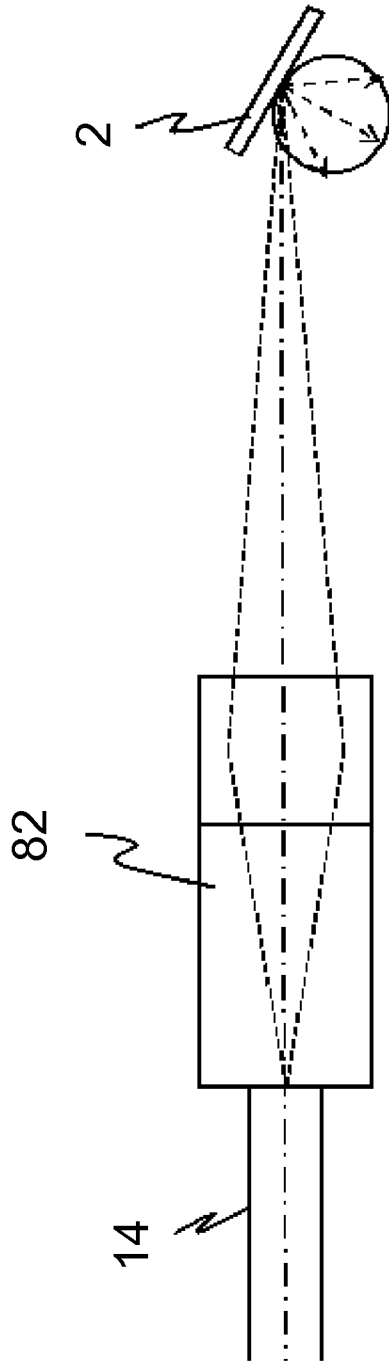


Fig. 18

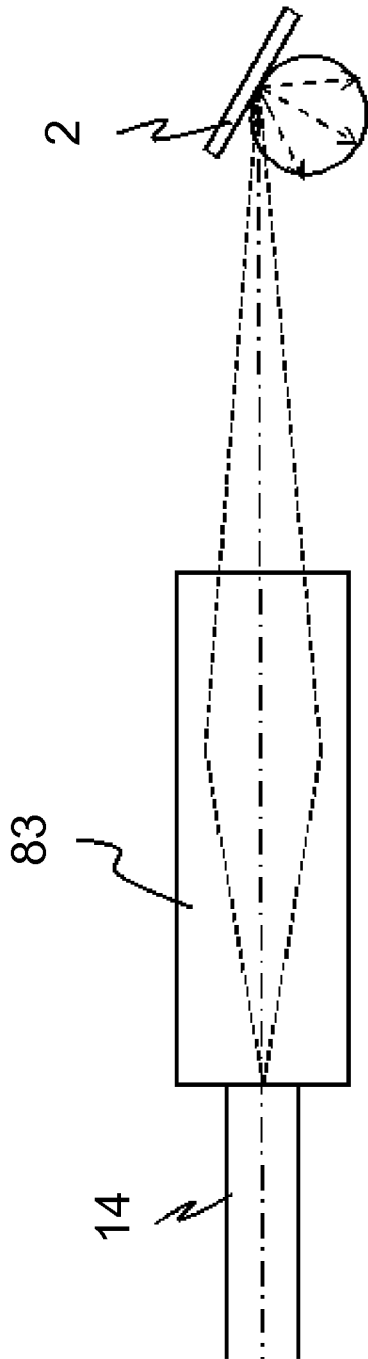


Fig. 19

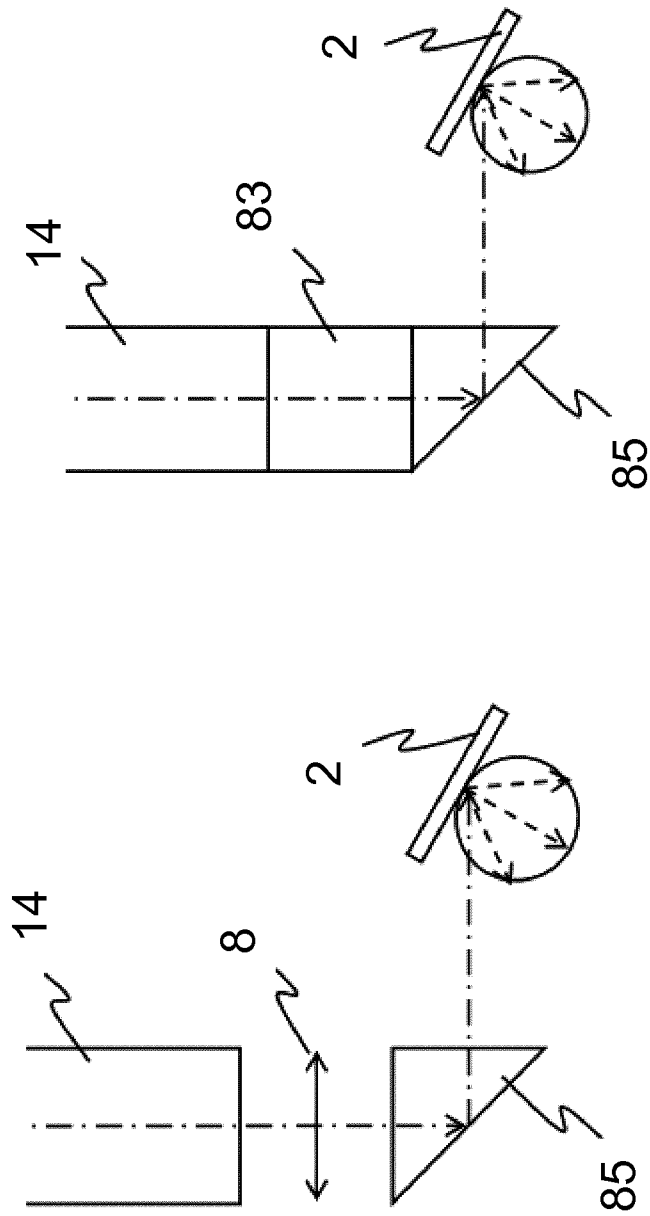


Fig. 20

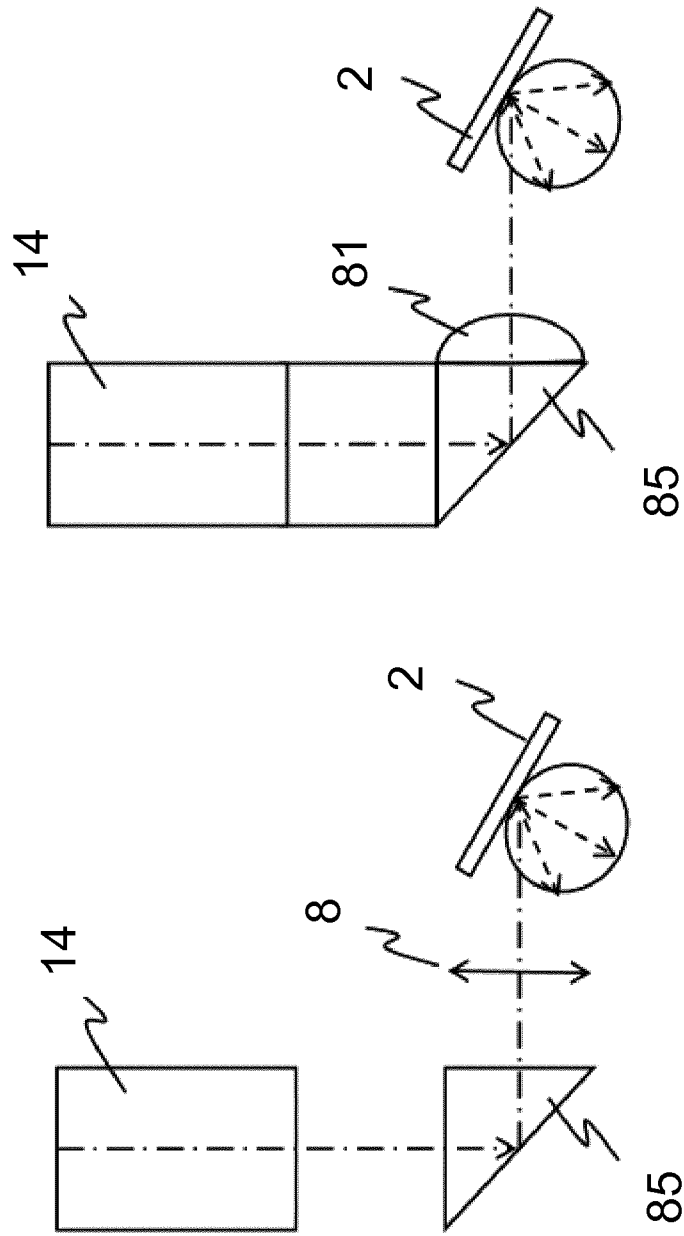


Fig. 21

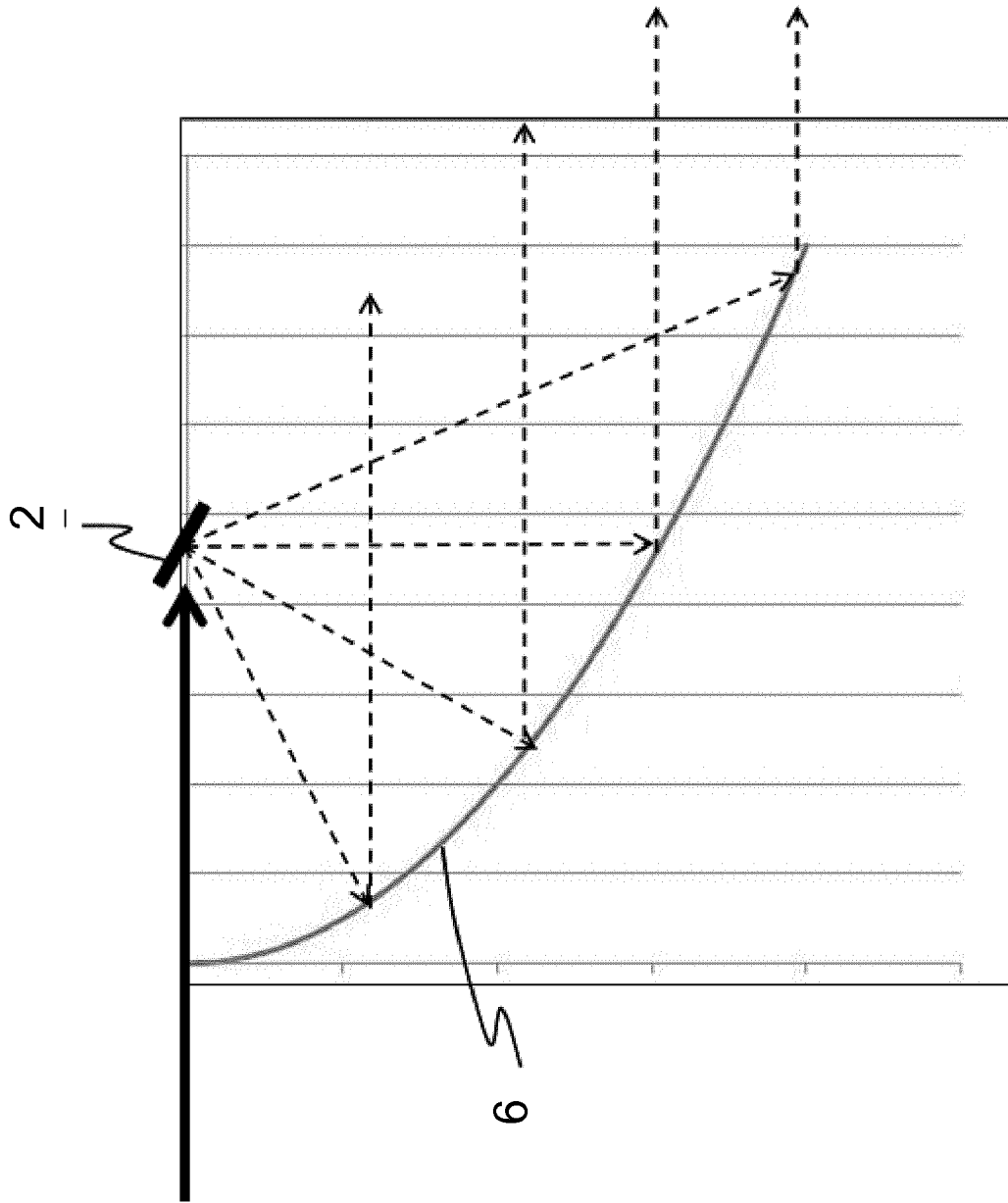


Fig. 22

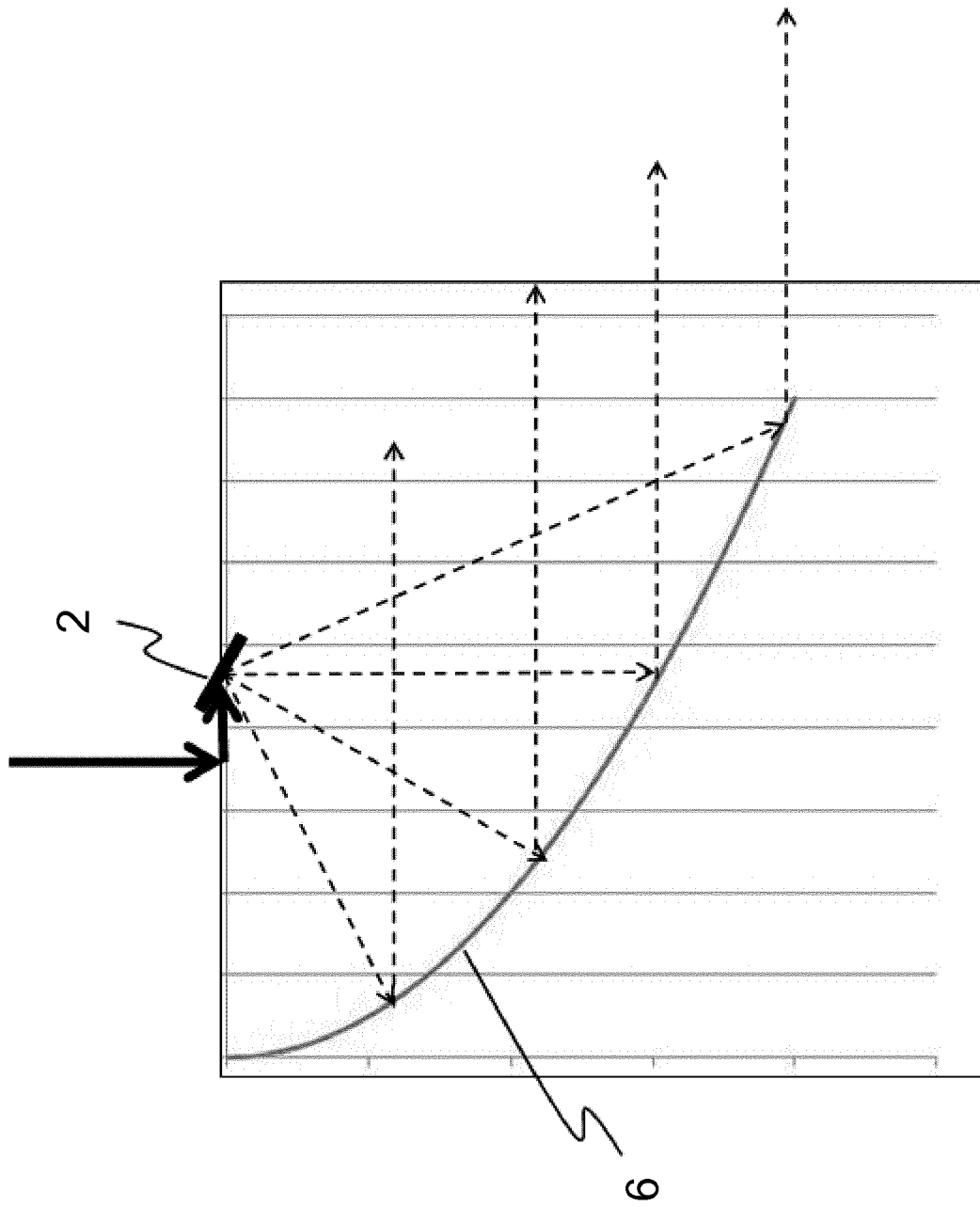


Fig. 23

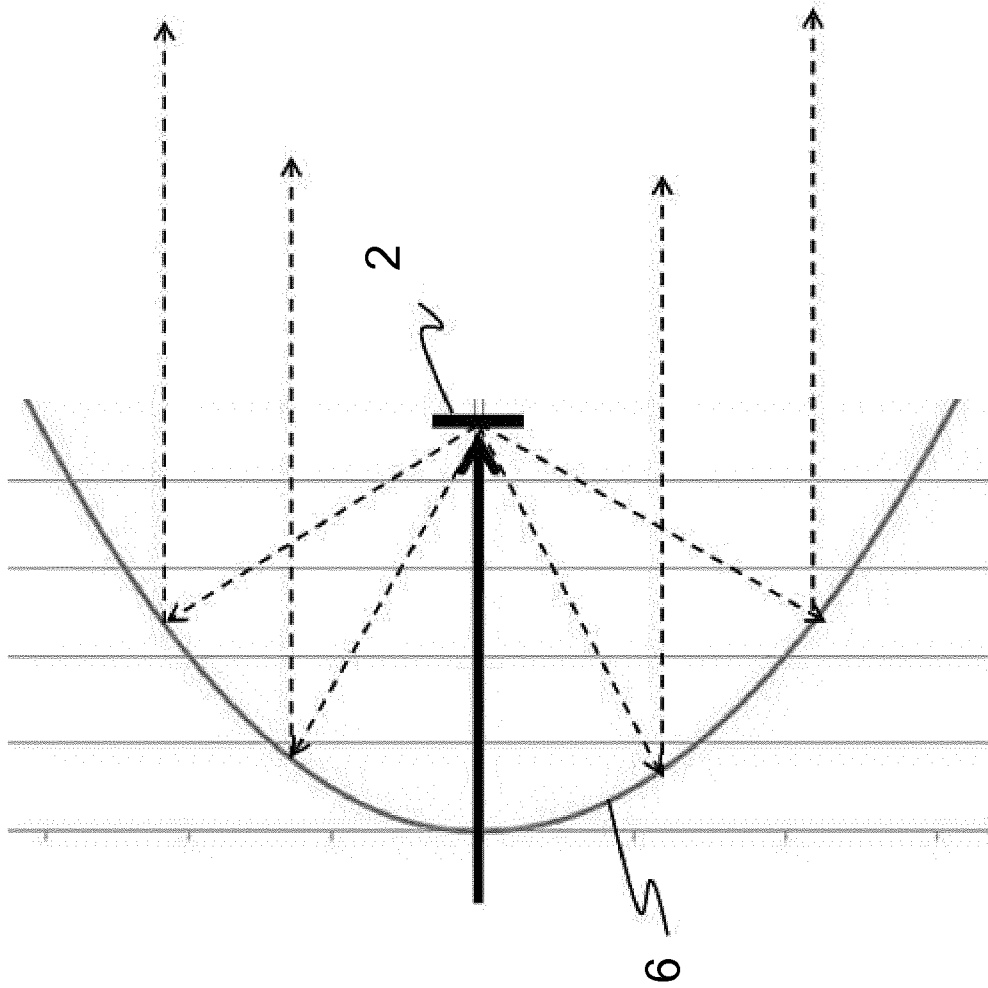


Fig. 24

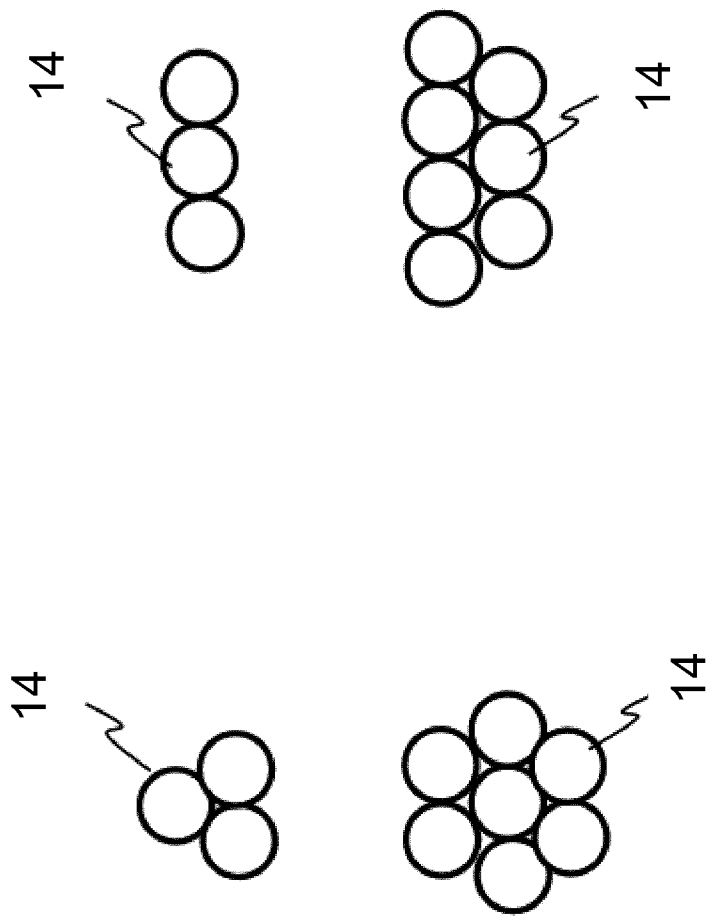


Fig. 25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/055232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B60Q1/00 F21S8/10 F21V8/00
 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)
 B60Q F21S F21V
 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 Y	US 2011/157865 A1 (TAKAHASHI KOJI [JP] ET AL) 30 June 2011 (2011-06-30) figures 13,17 paragraph [0049] - paragraph [0055] paragraph [0067] - paragraph [0072] paragraph [0110] - paragraph [0122] -----	1-9, 11-15 10
X	DE 10 2010 028949 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 17 November 2011 (2011-11-17) figures 2,5 paragraph [0042] - paragraph [0046] paragraph [0054] - paragraph [0060] -----	1,2,8, 11-15
X	US 2011/222149 A1 (SAITO SHINJI [JP] ET AL) 15 September 2011 (2011-09-15) figures 2A-2C,10A-11C paragraph [0066] - paragraph [0085] paragraph [0118] - paragraph [0129] ----- -/--	1,2,8,9, 12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 23 May 2013	Date of mailing of the international search report 11/06/2013
--	--

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 Beutter, Matthias
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/055232

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2011/255264 A1 (TSUTSUMI YASUAKI [JP] ET AL) 20 October 2011 (2011-10-20) figure 1 paragraph [0033] - paragraph [0036] -----	10
X,P	EP 2 551 154 A2 (SHARP KK [JP]) 30 January 2013 (2013-01-30) figure 3 paragraph [0032] - paragraph [0055] -----	1,2,4,5, 11-15
X,P	US 2012/106178 A1 (TAKAHASHI KOJI [JP] ET AL) 3 May 2012 (2012-05-03) figures 7, 21, 25, 26 paragraph [0178] - paragraph [0182] paragraph [0215] - paragraph [0232] -----	1-5, 11-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/055232

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2011157865	A1	30-06-2011	CN 102109099 A	29-06-2011
			JP 4991001 B2	01-08-2012
			JP 2011154995 A	11-08-2011
			US 2011157865 A1	30-06-2011

DE 102010028949	A1	17-11-2011	CN 102939500 A	20-02-2013
			DE 102010028949 A1	17-11-2011
			EP 2507545 A1	10-10-2012
			US 2013058114 A1	07-03-2013
			WO 2011141377 A1	17-11-2011

US 2011222149	A1	15-09-2011	JP 5161908 B2	13-03-2013
			JP 2011187361 A	22-09-2011
			US 2011222149 A1	15-09-2011

US 2011255264	A1	20-10-2011	JP 2011222434 A	04-11-2011
			US 2011255264 A1	20-10-2011

EP 2551154	A2	30-01-2013	CN 102901017 A	30-01-2013
			EP 2551154 A2	30-01-2013
			JP 2013047091 A	07-03-2013
			US 2013027951 A1	31-01-2013

US 2012106178	A1	03-05-2012	CN 102563483 A	11-07-2012
			US 2012106178 A1	03-05-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/055232

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60Q1/00 F21S8/10 F21V8/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60Q F21S F21V

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 Y	US 2011/157865 A1 (TAKAHASHI KOJI [JP] ET AL) 30. Juni 2011 (2011-06-30) Abbildungen 13,17 Absatz [0049] - Absatz [0055] Absatz [0067] - Absatz [0072] Absatz [0110] - Absatz [0122] -----	1-9, 11-15 10
X	DE 10 2010 028949 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 17. November 2011 (2011-11-17) Abbildungen 2,5 Absatz [0042] - Absatz [0046] Absatz [0054] - Absatz [0060] -----	1,2,8, 11-15
X	US 2011/222149 A1 (SAITO SHINJI [JP] ET AL) 15. September 2011 (2011-09-15) Abbildungen 2A-2C,10A-11C Absatz [0066] - Absatz [0085] Absatz [0118] - Absatz [0129] -----	1,2,8,9, 12
	-/--	

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
23. Mai 2013	11/06/2013

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 Beutter, Matthias
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2011/255264 A1 (TSUTSUMI YASUAKI [JP] ET AL) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) Abbildung 1 Absatz [0033] - Absatz [0036] -----	10
X,P	EP 2 551 154 A2 (SHARP KK [JP]) 30. Januar 2013 (2013-01-30) Abbildung 3 Absatz [0032] - Absatz [0055] -----	1,2,4,5, 11-15
X,P	US 2012/106178 A1 (TAKAHASHI KOJI [JP] ET AL) 3. Mai 2012 (2012-05-03) Abbildungen 7, 21, 25, 26 Absatz [0178] - Absatz [0182] Absatz [0215] - Absatz [0232] -----	1-5, 11-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/055232

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011157865 A1	30-06-2011	CN 102109099 A	29-06-2011
		JP 4991001 B2	01-08-2012
		JP 2011154995 A	11-08-2011
		US 2011157865 A1	30-06-2011

DE 102010028949 A1	17-11-2011	CN 102939500 A	20-02-2013
		DE 102010028949 A1	17-11-2011
		EP 2507545 A1	10-10-2012
		US 2013058114 A1	07-03-2013
		WO 2011141377 A1	17-11-2011

US 2011222149 A1	15-09-2011	JP 5161908 B2	13-03-2013
		JP 2011187361 A	22-09-2011
		US 2011222149 A1	15-09-2011

US 2011255264 A1	20-10-2011	JP 2011222434 A	04-11-2011
		US 2011255264 A1	20-10-2011

EP 2551154 A2	30-01-2013	CN 102901017 A	30-01-2013
		EP 2551154 A2	30-01-2013
		JP 2013047091 A	07-03-2013
		US 2013027951 A1	31-01-2013

US 2012106178 A1	03-05-2012	CN 102563483 A	11-07-2012
		US 2012106178 A1	03-05-2012
