

(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
25. September 2014 (25.09.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/146998 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 3/00 (2006.01) G02B 19/00 (2006.01)
G02B 5/02 (2006.01) G02B 27/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/055236

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. März 2014 (17.03.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 204 868.8
20. März 2013 (20.03.2013) DE

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

(72) Erfinder: SCHWALENBERG, Simon; Ludwigstr. 51,
93093 Donaustauf (DE). SCHMIDT, Tobias;
Firnhaberstr. 31, 86159 Augsburg (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, 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, 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, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL DEVICE FOR LIGHT MIXING

(54) Bezeichnung : OPTISCHE VORRICHTUNG ZUR LICHTMISCHUNG

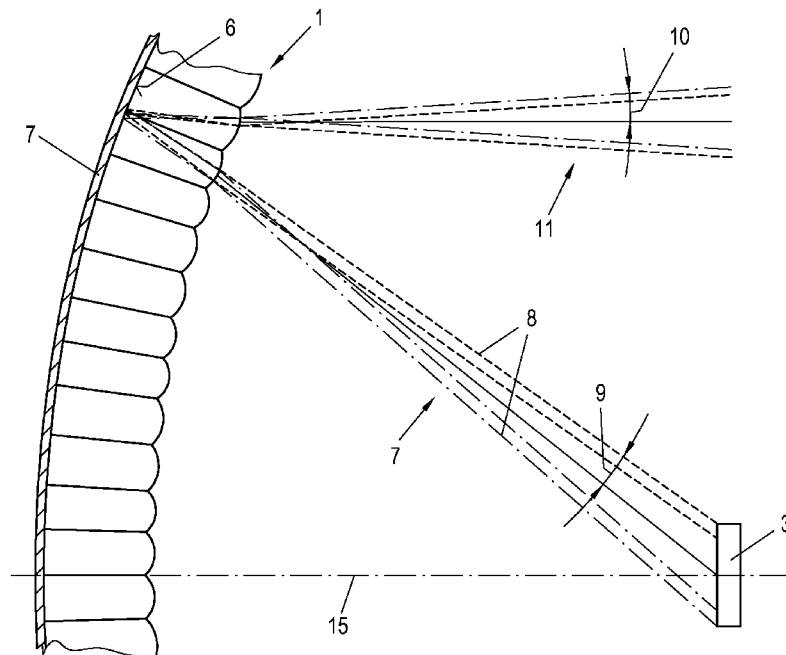


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an optical device (1) for intermixing and deflecting light comprising a multiplicity of lenses (2a, b), through the light-refracting surfaces (5a, b) of which light enters in order to emerge again through the light-refraction surfaces (5a, b) after a reflection, wherein a light path distance covered between entrance and emergence is greater than 0.5 times and less than 1.8 times the effective focal length f from the respective exit lens (2b).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/146998 A1



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung (1) zur Durchmischung und Umlenkung von Licht mit einer Vielzahl Linsen (2a,b), durch deren Licht brechende Flächen (5a,b) Licht eintritt, um nach einer Reflexion wieder durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) auszutreten, wobei eine zwischen dem Eintreten und dem Austreten zurückgelegte Lichtwegstrecke größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f aus der jeweiligen Austrittslinse (2b).

Optische Vorrichtung zur Lichtmischung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Durchmischung von Licht, ein Verfahren zu deren Herstellung sowie Verwendungen der Lichtmischvorrichtung.

Stand der Technik

Bei verschiedenen Beleuchtungsanwendungen kann eine gleichmäßige Ausleuchtung, etwa hinsichtlich des Intensitätsverlaufs bzw. der spektralen Verteilung, von Interesse sein. Um beispielsweise eine inhomogene Leuchtdichteverteilung einer Lichtquelle auszugleichen, ist es insoweit aus dem Stand der Technik bekannt, der Lichtquelle nachgelagert eine transmissive Verblendung mit Streumitteln vorzusehen, etwa eingebetteten Streupartikeln. Die diffuse Streuung kann jedoch erstens die abgegebene Leistung schon aufgrund von Absorptionseffekten prinzipiell verringern und zweitens auch eine „virtuelle Lichtquelle“ mit ungünstiger Abstrahlwinkel-Verteilung schaffen; deren Abstrahlcharakteristik kann etwa näherungsweise lambertsch sein, sodass beispielsweise auch zuvor kollimiertes Licht aufgeweitet wird.

Der folgenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, eine gegenüber dem Stand der Technik vorteilhafte Vorrichtung zur Durchmischung von Licht anzugeben.

25

Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß löst diese Aufgabe eine Vorrichtung zur Durchmischung und zudem Umlenkung von Licht mit einer Vielzahl von Linsen, die jeweils eine Licht brechende

- 2 -

Fläche und einen Transmissionskörper aufweisen und eine Brennweite f haben und solchermaßen nebeneinander angeordnet sind, dass die Licht brechenden Flächen flächig nebeneinander liegen; dabei ist die optische Vorrichtung dazu ausgelegt, durch die Licht brechenden Flächen ein-
5 tretendes Licht so zu reflektieren, dass das Licht nach der Reflexion wieder durch die Licht brechenden Flächen austritt, wobei die zwischen dem Eintreten und dem Aus- treten zurückgelegte Lichtwegstrecke größer ist als die
10 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f_{aus} der jeweiligen Linse („Austrittslinse“), durch deren Licht brechende Fläche das Licht austritt („Austrittsfläche“).

Die Lichtwegstrecke ist in dieser Reihenfolge zunehmend
15 bevorzugt größer als die 0,5-, 0,6-, 0,7-, 0,8- bzw. 0,9-fache effektive Brennweite f_{aus} der Austrittslinse und (davon unabhängig) in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt kleiner als die 1,7-, 1,6-, 1,5-, 1,4-, 1,3-, 1,2- bzw. 1,1-fache effektive Brennweite f_{aus} der Austritts-
20 linse; besonders bevorzugt ist die Lichtwegstrecke gleich der effektiven Brennweite f_{aus} der Austrittslinse, ist die Eintrittsfläche also in deren Brennpunkt angeordnet. Die Begriffe „Brennweite“ und „Brennpunkt“ beziehen sich dabei im Allgemeinen nicht zwingend auf ein parallel zur
25 optischen Linsenachse einfallendes Strahlenbündel, sondern auf das ein jeweiliges Linsenpaar durchsetzendes Strahlenbündel.

Die „Lichtwegstrecke“ wird entlang eines Schwerpunkts- strahls des die Einheit aus Eintritts- und Austrittslinse
30 durchsetzenden Lichts betrachtet (ein Schwerpunktstrahl wird durch Mittelung der nach der Leistung gewichten

Strahlen eines Strahlenbündels gebildet); die beispielsweise von Strahlen am Rand des jeweiligen Strahlenbündels (das Eintritts- und Austrittslinse durchsetzt) zurückgelegte Wegstrecke weicht von der Lichtwegstrecke ab.

- 5 Die „effektive Brennweite“ der Austrittslinse (und auch der Eintrittslinse) ergibt sich aus der Brennweite f der jeweiligen Linse (bestimmt durch die Wölbung der Licht brechenden Fläche und das Material des Transmissionskörpers) und den Abbildungseigenschaften der Reflexion; etwa
10 im Falle einer gekrümmten Reflexionsfläche wird die effektive Brennweite also durch die Brennweite der Eintritts- oder Austrittslinse und der Brennweite der Reflexionsfläche bestimmt. Dabei ist nicht die „globale“ Form der Reflexionsfläche maßgeblich, sondern ihre Krümmung in
15 dem Bereich, in welchem das Licht des jeweils betrachteten Linsenpaars reflektiert wird (es sind ja ein Vielzahl Linsenpaare vorgesehen).

Dieser jeweils ein Linsenpaar betreffende „lokale“ Reflexionsbereich kann jedoch beispielsweise auch plan ausgebildet sein, also nicht zur effektiven Brennweite beitragen, und zwar unabhängig von einer nachstehend weiter im
20 Detail erläuterten „globalen“ Form einer Reflexionsfläche (wenn diese beispielsweise facettiert und damit lokal plan ausgebildet ist).

- 25 Je Linsenpaar ist die Licht brechende Fläche, durch welche das Licht eintritt („Eintrittsfläche“), also im bevorzugten Fall in der effektiven Brennweite der Austrittslinse angeordnet – unter Berücksichtigung der Reflexion zwischen Ein- und Austritt. Die Austrittslinse
30 kann die Eintrittslinse in ein (der Austrittslinse nach-

gelagertes) Fernfeld abbilden, wobei aus unterschiedlichen Richtungen auf die Eintrittslinse fallendes Licht der Austrittslinse nachgelagert (in gewissem Abstand dazu) überlagert und in diesem Sinn gemischt wird; in anderen Worten überlagert ein Paar aus Eintritts- und Austrittslinse aus unterschiedlichen Richtungen einfallendes Licht, das von unterschiedlichen Bereichen einer Lichtquelle emittiert werden kann.

Sind als Lichtquelle also beispielsweise mehrere Leuchtdioden (LEDs) in einer bestimmten (beispielsweise flächigen) Anordnung vorgesehen, fällt das von jeder einzelnen LED abgegebene Licht unter jeweils einem anderen Winkel auf die Eintrittslinse; dabei bestimmen die sich bezogen auf eine Blickrichtung auf die Lichtquelle entlang der optischen Achse „am Rand“ der Lichtquelle befindenden LEDs (allgemein: Lichtquellenbereiche) die Winkelverteilung des einfallenden Lichts, also dessen Eintrittsöffnungswinkel.

Idealerweise wird das von jeder einzelnen LED stammende Licht durch die Austrittslinse zwar aufgeweitet, entspricht die Winkelverteilung der Austrittslinse nachgelagert (der Austrittsöffnungswinkel) jedoch zumindest näherungsweise dem Eintrittsöffnungswinkel, und zwar aufgrund der Überlagerung des von den unterschiedlichen LEDs stammenden Lichts (dies gilt im Allgemeinen selbstverständlich für jede Lichtquelle und „LED“ ist insoweit als Lichtquellenbereich zu lesen). In anderen Worten werden Randstrahlen im Ort zu Randstrahlen im Winkel, bleiben jedoch Randstrahlen („Randstrahlentheorem“).

Ein funktionales Linsenpaar (aus Eintritts- und Austrittslinse) lässt sich auch als ein durch die Lichtausbreitung „funktional“ gekoppeltes Linsenpaar beschreiben; von dem durch die Eintrittslinse eintretenden Licht treten in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 5 60 %, 70 %, 80 % bzw. 90 % durch die Austrittslinse aus, koppeln also auf die Austrittsfläche. Insgesamt sind in der optischen Vorrichtung eine Vielzahl Linsen vorgesehen, beispielsweise mehr als 50, 100, 150, 200, 250, 300, 10 350, 400, 450 bzw. 500 Linsen; von den Vielzahl Linsen sind in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 60 %, 70 %, 80 % bzw. 90 % der Linsen Teil eines funktionalen Linsenpaares (im Folgenden der Einfachheit halber auch nur „Linsenpaar“).

15 Vereinfacht gesprochen „sieht“ jede der Vielzahl Eintrittslinsen die Lichtquelle aus einer anderen Richtung und ist dementsprechend die Farb- bzw. Helligkeitsverteilung auf jeder Eintrittslinse (die durch die Abbildung zu einer Winkelverteilung wird) eine etwas andere. Es kann 20 so beispielsweise eine Inhomogenität der Quelle, etwa ein Bereich geringerer Leuchtdichte oder auch eine inhomogene Farbverteilung, ausgeglichen werden.

Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird das Licht zudem nicht nur durch die Vielzahl funktionalen Linsenpaare geführt, sondern vor dem Austritt reflektiert, etwa 25 an einer Reflexionsfläche. Im einfachsten Fall kann diese Reflexion ohne Änderung der Bündelung des gesamten (nicht nur für ein Linsenpaar betrachteten) Lichts erfolgen, kann also beispielsweise eine in globaler Betrachtung 30 plane Reflexionsfläche vorgesehen sein; es wären dann beispielsweise auch die optischen Achsen der Linsen („op-

tische Linsenachsen“) im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet (beispielsweise um nicht mehr als 15° , 10° bzw. 5° zueinander verkippt). Im Wesentlichen parallel zur optischen Achse durch die Eintrittslinse fallendes
5 Licht kann in diesem Fall nach der Reflexion wieder durch dieselbe Linse austreten, Eintritts- und Austrittslinse sind also dieselbe Linse.

Die optische Achse der optischen Vorrichtung wird als „optische Reflexionsflächenachse“ bezeichnet; der Begriff
10 bezieht sich auf eine durch die Reflexion im Gesamten (bei globaler Betrachtung) festgelegte optische Achse. Im Allgemeinen kann die optische Reflexionsflächenachse der Schwerpunktstrahl des gesamten von der Reflexionsfläche reflektierten Lichts sein; vorzugsweise fällt dieser zu-
15 mindest in einer Schnittebene betrachtet mit einer Symmetrieachse der Reflexionsfläche zusammen.

„Globale“ Betrachtung der Reflexionsfläche meint einen sich durch Mittelung (gewissermaßen als gleitender Durchschnitt) über eine Vielzahl lokaler Reflexionsbereiche,
20 die jeweils einem Linsenpaar zugeordnet sind, ergebenden Verlauf; die lokalen Reflexionsbereiche müssen dabei im Allgemeinen nicht notwendigerweise stetig sein (eine zusammenhängende Reflexionsfläche bilden), sind es aber vorzugsweise. Besonders bevorzugt haben die lokalen Ref-
25 lexionsbereiche dieselbe Form wie die Reflexionsfläche, sind also beispielsweise sphärisch.

Ein Vorteil eines erfindungsgemäßen Linsensystems mit einander zugeordneten Eintritts- und Austrittslinsen sowie einer zwischengeschalteten Reflexion kann schon in der
30 kompakten Bauweise bestehen; vereinfacht gesprochen kann

eine entsprechende Vorrichtung aufgrund der Nutzung der Eintrittslinsen als zugleich Austrittslinsen hinsichtlich der in Richtung der optischen Linsenachse genommenen Dicke dünner gebaut werden (die Dicke lässt sich in etwa halbie-
5 halbieren). Etwa im Falle eines einstückigen, also monolithischen, Linsensystems kann dies Material und auch Gewicht sparen helfen.

Zudem kann in einem optischen System gewisser Komplexität, beispielsweise in einem Projektionsgerät, zur Licht-
10 führung auch ein Spiegel bzw. Spiegelsystem notwendig sein; mit einer erfindungsgemäßen Lichtmischvorrichtung können Lichtmischung und Reflexion zugleich erfolgen, was die Integrationstiefe und die Anzahl an Einzelteilen verringern kann. Mit einer Verringerung der Anzahl der beim
15 Aufbau eines optischen Systems zu handhabenden Einzelteile lassen sich beispielsweise auch die zu berücksichtigenden Ausrichtungstoleranzen verringern; die erhöhte Integrationstiefe kann also beispielsweise Auslegung und Montage des optischen Systems vereinfachen.

20 Die „Ausbreitung von Licht“ könnte beispielsweise mit einer Vielzahl Strahlen modelliert werden (sogenanntes „Raytracing“, vgl. auch das Ausführungsbeispiel); inso- weit kann „Licht“ auch auf ein Strahlenbündel mit be- stimmtem Querschnitt und Öffnungswinkel zu lesen sein. Im
25 Übrigen soll die Bezugnahme auf die Ausbreitung von Licht nicht implizieren, dass zur Erfüllung des Gegenstands auch tatsächlich eine solche Ausbreitung erfolgen muss; die erfindungsgemäße Vorrichtung soll für eine entsprechende Ausbreitung ausgelegt sein.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den abhängigen Ansprüchen sowie der nachstehenden Beschreibung, wobei weiterhin nicht immer im Einzelnen zwischen der Darstellung der Vorrichtung zur Lichtmischung (im Folgenden der Einfachheit halber „Linsenreflektor“) bzw. einer Beleuchtungsvorrichtung mit einem entsprechenden Linsenreflektor, den Verfahren zu deren Herstellung sowie vorteilhaften Verwendungen unterschieden wird; jedenfalls implizit ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Kategorien zu verstehen.

In bevorzugter Ausgestaltung ist die Lichtwegstrecke größer als die 0,5-fache, in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt größer als die 0,6-, 0,7-, 0,8- bzw. 0,9-fache, effektive Brennweite f_{ein} der Eintrittslinse; von dieser Untergrenze unabhängig ist die Lichtwegstrecke in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt kleiner als die 1,8-, 1,7-, 1,6-, 1,5-, 1,4-, 1,3-, 1,2- bzw. 1,1-fache effektive Brennweite f_{ein} der Eintrittslinse. Im bevorzugten Fall entspricht die Lichtwegstrecke der effektiven Brennweite f_{ein} , ist die Austrittsfläche also in anderen Worten im Brennpunkt der Eintrittslinse angeordnet. Die Beziehung zwischen der Lichtwegstrecke und der Brennweite f_{ein} der Eintrittslinse wird auch unabhängig von der im Hauptanspruch genannten Beziehung zwischen Lichtwegstrecke und Brennweite f_{aus} der Austrittslinse als Erfindung gesehen und soll auch in dieser Form offenbart sein (bevorzugt ist gleichwohl die Beziehung in Bezug auf f_{ein} und f_{aus} zugleich erfüllt).

Im Allgemeinen kann das Licht (ein Strahlenbündel) auch durch eine Linse eintreten und nach der Reflexion durch dieselbe Linse austreten, können Eintritts- und Aus-

trittslinse also dieselbe Linse sein, und zwar für dasselbe Strahlenbündel. Unabhängig davon kann, auch wenn Eintritts- und Austrittslinse nicht dieselbe Linse sind, die Eintrittslinse zugleich auch Austrittslinse für durch
5 eine andere Eintrittslinse einfallendes Licht sein (und umgekehrt), also für ein anderes Strahlenbündel.

In bevorzugter Ausgestaltung sind die Eintritts- und die Austrittslinse (bezogen auf das jeweilige Strahlenbündel, also das das jeweilige Linsenpaar durchsetzende Licht)
10 nicht dieselbe Linse, sind Eintritts- und Austrittslinse also nicht nur begrifflich, sondern auch körperlich voneinander verschieden („zwei separate Linsen“).

Weiter bevorzugt hat das ein solches Linsenpaar separater Linsen durchsetzende Strahlenbündel der Eintrittsfläche
15 der Eintrittslinse vorgelagert einen anderen Winkel zur optischen Reflexionsflächenachse als der Austrittsfläche der Austrittslinse nachgelagert; in anderen Worten wird das Licht durch die Reflexion nicht nur umgelenkt (wie etwa im Falle einer planen Reflexionsfläche), sondern ändert die Reflexion (global betrachtet) die Bündelung des
20 Lichts.

Es kann also beispielsweise ein divergentes Strahlenbündel, beispielsweise von einer Lichtquelle mit Lambertscher Abstrahlcharakteristik emittiertes Licht,
25 kollimiert werden. „Kollimation“ meint im Allgemeinen zumindest eine Verringerung des Öffnungswinkels; dieser kann infolge der Kollimation dem Linsenreflektor nachgelagert beispielsweise um mindestens 25 %, 50 % oder 75 % verringert sein bzw. (etwa im Falle einer Lichtquelle mit

- 10 -

Lambertscher Abstrahlcharakteristik) kleiner als 60° , 40° oder 20° sein.

Im Allgemeinen kann der Linsenreflektor selbstverständlich nicht nur zur Kollimation genutzt werden, sondern
5 ließe sich mit einer von der Seite des eintretenden/austretenden Lichts gesehen (wie im Falle der Kollimation) konkaven Reflexionsfläche auch eine Fokussierung eines im Wesentlichen kollimierten Strahlenbündels erreichen (die Richtung des Lichts ist umkehrbar); generell
10 muss zudem auch nicht notwendigerweise eine konkave Reflexionsfläche vorgesehen werden, sondern könnte auch mit einer konkaven Reflexionsfläche (nach Art einer Streulinse) ein Strahlenbündel aufgeweitet (und zugleich durchmischt) werden.

15 Bevorzugt ist gleichwohl ein Linsenreflektor mit von der Lichtquelle aus gesehen konkaver Reflexionsfläche, der zur Kollimation (und aufgrund der Linsenpaare) zugleich Mischung des Lichts verwendet wird.

Funktionale Linsenpaare, bei denen Eintritts- und Austritts-
20 trittslinse identisch sind, und funktionale Linsenpaare, bei denen Eintritts- und Austrittslinse auseinanderfallen, können auch gemeinsam in einem Linsenreflektor vorgesehen werden; erstere können etwa im Falle eines konkaven Linsenreflektors für achsnahes Licht genutzt werden,
25 also für sich bei kollimierender Nutzung mit geringem Verkipfungswinkel zur optischen Reflexionsflächenachse ausbreitende Strahlenbündel. Mit zunehmendem Verkipfungswinkel müsste eine Linse, damit sie zugleich Eintritts- und Austrittslinse sein kann, einen zunehmend
30 großen Akzeptanzwinkel haben, was zumindest technischen

Aufwand bedeutet; für größere Verkipfungswinkel von beispielsweise mehr als 10° , 20° oder 30° werden deshalb in bevorzugter Ausgestaltung je funktionalem Linsenpaar zwei separate Linsen vorgesehen.

- 5 In bevorzugter Ausgestaltung sind die Licht brechenden Flächen von Eintritts- und Austrittslinse unmittelbar nebeneinander angeordnet, also nächst benachbart; vorzugsweise grenzen die Licht brechenden Flächen aneinander, gibt es also beispielsweise keinen Zwischenbereich, also
10 zum Beispiel keine Linseneinfassung.

Es können beispielsweise mindestens 30 %, 40 %, 50 %, 60 % bzw. 70 % der funktionalen Linsenpaare solche nächst benachbarten Linsen sein; im Folgenden werden nächst benachbarte Linsenpaare auch als Linsenpaare „1. Ordnung“
15 bezeichnet (und sind dementsprechend Linsenpaare mit identischer Eintritts- und Austrittslinse Linsenpaare „0. Ordnung“).

Etwa im Falle eines Linsenreflektors mit konkaver Form können mit zunehmendem Verkipfungswinkel zur optischen
20 Reflexionsflächenachse an funktionale Linsenpaare 1. Ordnung auch funktionale Linsenpaare 2. bzw. höherer Ordnung anschließen, beispielsweise bei Verkipfungswinkeln von mehr als 75° , 80° bzw. 85° . Bei funktionalen Linsenpaaren 2. Ordnung sind Eintritts- und Austrittslinse nicht
25 nächst benachbart, sondern liegt eine weitere Linse dazwischen, deren Licht brechende Fläche im Idealfall (also beispielsweise von Streu- bzw. anderen „Schmutzeffekten“ abgesehen) nicht mit dem sie einfassenden funktionalen Linsenpaar wechselwirkt (in lokaler Betrachtung); global

können die Strahlenbündel den Austrittsflächen nachgelagert selbstverständlich überlappen.

In bevorzugter Ausgestaltung können die Linsen mit zunehmendem Verkipfungswinkel zur optischen Reflexionsflächenachse mit abnehmender Transmissionskörperdicke und/oder
5 zunehmender Apertur vorgesehen sein. Die Transmissionskörperdicke wird jeweils in Richtung der optischen Linsenachse der jeweiligen Linse genommen; die Apertur betrifft den freien Querschnitt, welchen das Licht durchsetzen kann. Mit zunehmendem Abstand der Linsen zur optischen
10 Reflexionsflächenachse, also mit zunehmendem Verkipfungswinkel, kann also einerseits die Apertur zunehmen; da die effektive Fläche, die eine Linse von einer Lichtquelle „sieht“, mit zunehmendem Verkipfungswinkel
15 abnimmt, kann so die Lichtmenge je Eintrittslinse beispielsweise auch näherungsweise gleich gehalten werden.

Die Apertur der Linsen muss dabei selbstverständlich nicht durchgehend zunehmen (gleichermaßen muss die Transmissionskörperdicke nicht durchgehend abnehmen), sondern
20 kann beispielsweise über einen Winkelbereich von mindestens 10° , 20° , 30° , 40° bzw. 50° zunehmen (die Transmissionskörperdicke kann abnehmen), und zwar vorzugsweise in einem Bereich maximaler Verkipfungswinkel, also am Rand des Linsenreflektors.

25 Sofern Linsen mit unterschiedlicher Transmissionskörperdicke vorgesehen sind, liegen die Licht brechenden Flächen (Tangenten an deren jeweiligen Scheitelpunkt) zumindest abschnittsweise nicht parallel zur Reflexionsfläche (zu Tangenten an die Reflexionsfläche im Schnittpunkt mit
30 den optischen Linsenachsen); ansonsten ist ein paralleler

Verlauf der Licht brechenden Flächen zu der Reflexionsfläche bevorzugt.

Eine vorzugsweise zur Reflexion vorgesehene Reflexionsfläche ist besonders bevorzugt eine verspiegelte Fläche, beispielsweise eine Interferenzfläche oder eine mittels
5 eines Metallfilms verspiegelte Fläche. Im Allgemeinen kann das Licht indes selbstverständlich auch durch Totalreflexion zur Austrittslinse reflektiert werden; es kann beispielsweise die der Eintrittsfläche entgegengesetzte
10 Seite des Transmissionskörpers gegenüber der Ausbreitungsrichtung des Lichts der Eintrittsfläche nachgelagert so geneigt sein, dass die Totalreflexionsbedingung erfüllt ist (mit einer Vielzahl die Totalreflexionsbedingung erfüllenden Flächen kann das Licht auch „um eine
15 Kurve“ geführt werden). Bevorzugt ist gleichwohl eine Verspiegelung.

In einer die optische Reflexionsflächenachse beinhalten- den Schnittebene kann die Reflexionsfläche im Allgemeinen beispielsweise auch eine asphärische Form haben; vorzugs-
20 weise hat die Reflexionsfläche zumindest abschnittsweise eine sphärische, konische, elliptische, hyperbolische und/oder parabolische Form (kann also auch aus mehreren dieser Formen zusammengesetzt sein). Besonders bevorzugt hat die Reflexionsfläche genau eine der genannten Formen,
25 und zwar in einem Flächenbereich von in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 70 %, 80 %, 90 % bzw. 95 %.

In Richtung der optischen Reflexionsflächenachse auf die Reflexionsfläche blickend kann diese beispielsweise eine
30 sphärische, elliptische oder polygonische Form haben, et-

wa auch eine rechteckige oder hexagonale Form. Eine nicht rotationssymmetrische, als Freiformfläche gestaltete Reflexionsfläche kann insbesondere bei sogenannten „off-axis“-Anwendungen von Interesse, also im Falle einer
5 Schrägbeleuchtung.

Generell kann zwischen Lichtquelle und Linsenreflektor auch eine weitere optische Komponente vorgesehen sein, beispielsweise eine sogenannte Primäroptik (eine Linse beziehungsweise ein Linsensystem).

10 Im Allgemeinen kann die Reflexionsfläche, wie bereits eingangs erwähnt, auch nicht stetig aus Teilflächen zusammengesetzt sein; vorzugsweise ist sie stetig. Sofern eine Facettierung vorgesehen ist, kann die einzelne Facette asphärisch oder sphärisch, konisch, elliptisch, hyperbolisch parabolisch und/oder plan sein.
15

Vorzugsweise ist die Reflexionsfläche am Transmissionskörper der jeweiligen Linse ausgebildet, und zwar an dessen der Licht brechenden Fläche entgegengesetzter Seite. Das Licht tritt somit an der der Eintritts-
20 /Austrittsfläche entgegengesetzten Seite nicht aus (und wird erst dann reflektiert, um erneut in den Transmissionskörper einzutreten), sondern bleibt bis zum Austritt durch die Austrittsfläche im Transmissionskörper bzw. geht (vor dem Austritt) unmittelbar in einen benachbarten
25 Transmissionskörper einer benachbarten Linse über.

In bevorzugter Ausgestaltung sind die Transmissionskörper der Vielzahl Linsen monolithisch ausgebildet, liegen zwischen den Transmissionskörpern also keine Materialgrenzen vor. Der monolithische Transmissionskörper kann beispielsweise aus einem Volumenmaterial durch Abtragen von
30

Material herausgearbeitet sein, etwa durch Schleifen. In bevorzugter Ausgestaltung wird der monolithische Transmissionskörper in einem Formverfahren hergestellt, wird also einer der Form des monolithischen Transmissionskörpers entsprechenden Kavität beispielsweise ein erwärmtes Material bzw. ein Ausgangsmaterial zugeführt und gibt die Kavität nach einem An-/Durchhärten den monolithischen Transmissionskörper frei; der monolithische Transmissionskörper kann also beispielsweise spritzgegossen werden.

10 Weiter bevorzugt ist - auch im Falle des monolithischen Transmissionskörpers - die Reflexionsfläche an der den Licht brechenden Flächen entgegengesetzten Seite ausgebildet, und zwar besonders bevorzugt als durchgehende Reflexionsfläche und/oder durch Verspiegelung, etwa mit
15 einer Metallbeschichtung. Das Licht tritt also durch die Eintrittsflächen ein, durchsetzt den monolithischen Transmissionskörper zur Reflexionsfläche hin und nach der Reflexion von dieser weg, um schließlich durch die Austrittsflächen auszutreten; der Linsenreflektor ist inso-
20 weit (zwischen Ein- und Austritt) ein geschlossenes optisches System.

Die Transmissionskörper können beispielsweise auch (bezogen auf die optische Linsenachse zumindest abschnittsweise) aus einem Silikon-Material vorgesehen werden, vorzugsweise einstückig; das Silikon-Material kann dann entweder unmittelbar auf der Reflexionsfläche oder vorzugsweise auf einem Glaskörper angeordnet werden, welcher rückseitig verspiegelt ist. Der Transmissionskörper einer Linse setzt sich dann also aus einem Silikon- und einem
30 Glasabschnitt zusammen (Silikon haftet gut auf Glas). Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann darin bestehen, dass

die Oberflächenstrukturierung des im Vergleich weichen Silikon-Materials einfacher sein kann, sich also Eintritts- und Austrittsflächen im Wesentlichen ohne Stoßkanten strukturieren lassen.

- 5 Generell kann eine Linse in Richtung ihrer optischen Linsenachse gesehen auch eine asphärische Form haben. Bevorzugt ist jedoch eine sphärische, elliptische oder polygonische Form, und zwar des Transmissionskörpers und/oder der Licht brechenden Fläche der Linse; es kann also beispielsweise ein Transmissionskörper mit hexagonaler
- 10 Grundform auch mit einer sphärischen Licht brechenden Fläche versehen sein. In bevorzugter Ausgestaltung haben der Transmissionskörper und die Licht brechende Fläche jedoch dieselbe Form.
- 15 Bei einer bevorzugten Ausführungsform hat die Licht brechende Fläche einer Linse in einer die optische Linsenachse beinhaltenden Schnittebene eine sphärische, elliptische oder polygonische Form.

In dem Linsenreflektor haben dann in dieser Reihenfolge

20 zunehmend bevorzugt mindestens 25 %, 50 % bzw. 75 % der Linsen dieselbe Grundform (von Transmissionskörper und/oder Licht brechender Fläche beziehungsweise Licht brechender Fläche im Schnitt).

Generell, also unabhängig von der spezifischen Linsen-

25 form, können die Linsen beispielsweise aus Glas oder einem Silikonmaterial vorgesehen sein; bevorzugt sind Kunststoffmaterialien wie beispielsweise Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Cyclo-Olefin-Copolymere (COC).

Im Allgemeinen können die Linsen auch unregelmäßig angeordnet sein; bevorzugt ist eine regelmäßige Anordnung, beispielsweise eine symmetrische bzw. spiralenförmige Anordnung. Die Linsen können also beispielsweise in einer
5 die optische Reflexionsflächenachse beinhaltenden Schnittebene bezüglich der optischen Reflexionsflächenachse spiegelsymmetrisch vorgesehen sein und senkrecht zu dieser Schnittebene translationssymmetrisch bzw. rotationssymmetrisch bezüglich der optischen Reflexionsflächenachse angeordnet werden.
10

Generell ist nicht notwendigerweise die gesamte Reflexionsfläche mit Linsen bedeckt, sondern kann beispielsweise auch ein Bereich um die optische Reflexionsflächenachse frei bleiben, also etwa ein Bereich der Reflexionsfläche,
15 von welchem das Licht auf beispielsweise eine ausgedehnte Lichtquelle rückreflektiert wird. Es sind in dieser Reihenfolge zunehmend bevorzugt mindestens 50 %, 75 % bzw. 90 % der Reflexionsfläche mit Linsen bedeckt.

Die Erfindung betrifft auch eine Beleuchtungsvorrichtung
20 mit einem Linsenreflektor und einer Lichtquelle; die Lichtquelle ist dabei zu der Vielzahl Linsen so angeordnet, dass das von ihr emittierte Licht den Linsenreflektor in einer zuvor beschriebenen Weise durchsetzt. Sämtliche im Rahmen dieser Offenbarung für den Linsenreflektor
25 getroffenen Angaben sind auch auf eine Beleuchtungsvorrichtung mit einer Lichtquelle, beispielsweise mit einem LED-Array, zu lesen.

Gleichermaßen betrifft die Erfindung die Verwendung eines erfindungsgemäßen Linsenreflektors mit einer Lichtquelle
30 und die Anordnung der beiden relativ zueinander solcher-

maßen, dass die Lichtausbreitung in einer vorstehend beschriebenen Weise erfolgt.

Ferner richtet sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zum Herstellen eines erfindungsgemäßen Linsenreflektors.

5 Dabei wird eine Lichtquelle vorgesehen, üblicherweise eine der späteren Anwendung entsprechende virtuelle Lichtquelle; eine globale Reflexionsfläche wird in Abhängigkeit von der gewünschten globalen Lichtformung gewählt, beispielsweise eine (in Bezug auf die Lichtquelle) konkave
10 Reflexionsfläche zur Kollimation des Lichts.

Die Lichtquelle wird dann relativ zur Reflexionsfläche positioniert, beispielsweise in deren Brennebene und/oder auf der optischen Reflexionsflächenachse angeordnet; selbstverständlich ist keine dreidimensionale Modellierung
15 erforderlich, sondern kann (zunächst) auch ein zweidimensionales Modell erstellt werden.

Im Weiteren wird eine Eintrittslinse mit einer (Lichtbrechenden) Eintrittsfläche vorgesehen und werden Reflexionsfläche und Linse relativ zueinander angeordnet. Dann
20 wird ein von der (virtuellen) Lichtquelle durch die Eintrittsfläche auf die Reflexionsfläche fallendes Strahlenbündel ermittelt. Dabei wird idealerweise das gesamte von der Lichtquelle in Richtung der Eintrittsfläche abgegebene Licht berücksichtigt, werden also im Falle einer ausgedehnten Lichtquelle (auch) die von Randbereichen der
25 Lichtquelle abgegebenen Strahlen berücksichtigt; es müssen dann prinzipiell nicht einmal dazwischenliegende Strahlen modelliert werden, weil die Modellierung der Randstrahlen deren Berücksichtigung sicherstellt (Rand-

strahlentheorem). Dies kann beispielsweise den Berechnungsaufwand reduzieren helfen.

Weiterhin wird eine Austrittslinse mit einer Austrittsfläche vorgesehen und solchermaßen an der Reflexionsfläche angeordnet, dass idealerweise das gesamte durch die
5 Eintrittsfläche einfallende Strahlenbündel die Austrittsfläche durchsetzt. Vorzugsweise wird die Austrittsfläche derart angeordnet, dass die Lichtwegstrecke größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive
10 Brennweite f_{ein} Eintrittslinse (die vorstehend offenbarten bevorzugten Intervalle sollen auch in diesem Zusammenhang offenbart sein); in anderen Worten wird die Austrittsfläche besonders bevorzugt im Brennpunkt der Eintrittslinse angeordnet.

15 Im Weiteren wird die Brennweite f_{aus} Austrittslinse derart angepasst, dass die Lichtwegstrecke zwischen Eintrittsfläche und Austrittsfläche größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f_{aus} der Austrittslinse; auch in diesem Zusammenhang sollen
20 die vorstehend als bevorzugt offenbarten Intervalle offenbart sein. Üblicherweise wird die Brennweite f_{aus} der Austrittslinse eingestellt, indem der Krümmungsradius der Austrittsfläche angepasst wird.

Eine Verkippung der Austrittsfläche, also die Orientierung einer Normalen auf den Aufpunkt (den Schnittpunkt
25 zwischen Hauptstrahl und Austrittsfläche), wird beispielsweise zur Konstruktion eines kollimierenden Linsenreflektors so ausgerichtet, dass das Strahlenbündel der Austrittsfläche nachgelagert eine zur optischen Reflexi-

- 20 -

onsflächenachse im Wesentlichen parallele Hauptausbreitungsrichtung hat.

Generell können die Eintritts- und die Austrittsfläche auch identisch sein (kann also die Eintrittslinse zugleich auch Austrittslinse sein); in bevorzugter Ausgestaltung stellt eine von der Eintrittslinse verschiedene Austrittslinse die Austrittsfläche zur Verfügung, die ihrerseits zugleich Eintrittsfläche des nächsten funktionalen Linsenpaares ist (sind also in dem vorstehend beschriebenen Konstruktionsverfahren Eintritts- und Austrittslinse auf zwei benachbarte, vorzugsweise nächstbenachbarte, Linsen zu lesen). In anderen Worten werden also in der eben beschriebenen Weise Linsen nebeneinander positioniert.

Vorzugsweise wird nach der Konstruktion eines ersten funktionalen Linsenpaares ein durch eine (zweite) Eintrittsfläche, die vorzugsweise der (ersten) Austrittsfläche entspricht, fallendes (zweites) Strahlenbündel ermittelt; eine dritte Linse, die eine zweite Austrittsfläche zur Verfügung stellt, wird dann in zuvor beschriebener Weise angepasst. Das Verfahren kann bis zu einer n-ten Linse fortgesetzt werden, beispielsweise bis zum Rand der Reflexionsfläche.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Linsenreflektors zur Beleuchtung eines Landfahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, insbesondere eines Personenkraftwagens; dabei ist eine Verwendung im Bereich der Außenbeleuchtung bevorzugt, etwa für Fernlicht, Abblendlicht und/oder Tagfahrlicht bzw. in den Schlussleuchten und/oder Bremsleuchten. Ein weiteres be-

vorzugtes Anwendungsgebiet betrifft die Beleuchtung im Bereich der Medizintechnik, insbesondere die Operationsfeldbeleuchtung.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei weiterhin nicht im Einzelnen zwischen den verschiedenen Erfindungskategorien unterschieden wird.

Im Einzelnen zeigt

Fig. 1 eine Beleuchtungsanordnung mit einer flächigen Lichtquelle und einem erfindungsgemäßen Linsenreflektor in einer Schnittdarstellung;

Fig. 2 eine Detaildarstellung eines funktionalen Linsenpaares;

Fig. 3 einen Zwischenschnitt bei der Konstruktion eines funktionalen Linsenpaares;

Fig. 4 die Anpassung der Brennweite der Austrittslinse bei der Konstruktion eines funktionalen Linsenpaares;

Fig. 5 einen erfindungsgemäßen Linsenreflektor in einer Schrägansicht.

Fig. 1 zeigt einen Linsenreflektor 1 mit einer Vielzahl Linsen 2, die jeweils paarweise als funktionale Linsenpaare zusammenwirken. Von einer Lichtquelle 3, in diesem Beispiel einem LED-Array mit einer Vielzahl LEDs unterschiedlicher Farbe, emittiertes Licht wird von dem Linsenreflektor 1 kollimiert und zugleich durchmischt, so dass also der spektrale Verlauf im Fernfeld einer Überla-

- 22 -

gerung der Spektren der einzelnen LEDs entspricht; mit grünen, roten und blauen LEDs lässt sich also beispielsweise weißes Mischlicht einstellen.

Jede einzelne Linse 2 a,b ist aus einem Transmissionskörper 4 mit einer der Lichtquelle 3 zugewandten, Licht brechenden Fläche 5 aufgebaut. Die Transmissionskörper 4 sind einstückig, als monolithischer Transmissionskörper ausgebildet und in einem formenden Verfahren hergestellt. Der monolithische Transmissionskörper aus PMMA ist spritzgegossen.

Von der Lichtquelle 3 fällt Licht auf die (Licht brechende) Eintrittsfläche 5a einer ersten Linse 2a des funktionalen Linsenpaares 2 a,b und durchsetzt die Transmissionskörper 4a,b, um durch die (Licht brechende) Austrittsfläche 5b der zweiten Linse 2b auszutreten, und zwar nach einer Reflexion an der Reflexionsfläche 6, vgl. auch die Detaildarstellung in Figur 2.

Die Reflexionsfläche 6 ist am monolithischen Transmissionskörper ausgebildet, nämlich durch eine Verspiegelung dessen den Licht brechenden Flächen 5a,b entgegengesetzter Seite mittels eines Metallfilms 7.

Das von der Lichtquelle 3 auf die Eintrittsfläche 5a des funktionalen Linsenpaares 2a,b fallende Licht wurde in einer den Figuren zugrunde liegenden Simulation mittels „Ray-Tracing“ modelliert; von einem sich von der Lichtquelle 3 zur Eintrittsfläche 5a ausbreitenden Strahlenbündel 7 wurden dabei die Randstrahlen 8 modelliert, womit auch die zwischen den Randstrahlen 8 liegenden Strahlen berücksichtigt sind (Randstrahlentheorem).

Das Strahlenbündel 7 hat der Eintrittsfläche 5a vorgelagert einen Eintrittsöffnungswinkel 9, wobei unterschiedliche Winkelbereiche des Strahlenbündels 7 mit von unterschiedlichen LEDs der Lichtquelle 3 stammendem Licht aufgefüllt sind; der Eintrittsfläche 5a vorgelagert ist das von den einzelnen LEDs stammende Licht innerhalb des Strahlenbündels 7 voneinander getrennt.

Durch das funktionale Linsenpaar 2a,b wird das Strahlenbündel 7, also das von unterschiedlichen Ortsbereichen der Lichtquelle 3 eintreffende Licht, in unterschiedliche Raumwinkel abgebildet. Der Austrittsfläche 5b nachgelagert ist, soweit das Strahlenbündel 7 aus einer Vielzahl Sub-Strahlenbündel zusammengesetzt ist, zwar jedes Sub-Strahlenbündel aufgeweitet (vgl. Fig 2, die ein Sub-Strahlenbündel zeigt); da die Sub-Strahlenbündel der Austrittsfläche 5b nachgelagert jedoch (von einem geringen Versatz abgesehen) überlagert sind, entspricht der Austrittsöffnungswinkel 10 des Strahlenbündels 11 dem funktionalen Linsenpaar 5a,b nachgelagert im Wesentlichen dem ursprünglichen Eintrittsöffnungswinkel 9. Das von den einzelnen LEDs stammende Licht ist dem funktionalen Linsenpaar 5a, b nachgelagert, allerdings durchmischt.

Die Reflexionsfläche 6 hat in einer ihre optische Reflexionsflächenachse 15 beinhaltenden Schnittebene (die der Zeichenebene entspricht) einen parabolischen Verlauf; das von der Lichtquelle 3 näherungsweise Lambertsch mit einer Hauptausbreitungsrichtung entlang der optischen Reflexionsflächenachse 15 abgegebene Licht wird mit der Reflexion kollimiert, der Reflexionsfläche 6 nachgelagert liegt Licht mit einem geringeren Öffnungswinkel vor (der näher-

rungsweise dem Öffnungswinkel 10 jedes einzelnen Strahlenbündels entspricht).

In der Detaildarstellung in Fig. 2 ist zu erkennen, wie die Austrittsfläche 5b im Brennpunkt der ersten Linse 2a angeordnet wird; die erste Linse 2a fokussiert dann das
5 Strahlenbündel auf die Austrittsfläche 5b. Dies lässt sich durch eine Anpassung der in Richtung der optischen Linsenachse 21 genommenen Linsendicke 22 und durch eine Variation des in Flächenrichtung der Reflexionsfläche 6
10 genommenen Abstands 23 der Linsen 2a,b einstellen.

Um zu einer ersten Linse 2a eine zweite Linse 2b hinzuzufügen, also ein funktionales Linsenpaar 2a,b zu erzeugen, wird nach einer Anordnung der ersten Linse 2a in einem Abstand zur Reflexionsfläche 6, der in etwa ihrer halben
15 Brennweite f entspricht, die zweite Linse 2b in einem ersten Schritt solchermaßen angeordnet, dass das durch die Eintrittsfläche 5a der ersten Linse 2a eintretende Strahlenbündel 7 nach der Reflexion durch die zweite Linse 2b austritt und die Austrittsfläche 5b insbesondere im
20 Brennpunkt der Eintrittslinse 2a liegt (siehe Figur 2).

Anschließend wird die Verkipfung der Austrittsfläche 5b der Austrittslinse 2b angepasst. Dazu muss nicht das gesamte Strahlenbündel 7 modelliert werden, sondern kann auch nur ein Schwerpunktstrahl 26 betrachtet werden; der
25 Schnittpunkt zwischen Schwerpunktstrahl 26 und Eintrittsfläche 5a beziehungsweise Austrittsfläche 5b wird jeweils als „Aufpunkt“ bezeichnet. Die Verkipfung der Austrittsfläche 5b (die Orientierung einer Flächennormalen auf den Aufpunkt 25b) wird angepasst, um den Winkel zwischen der
30 optischen Reflexionsflächenachse 15 und dem Schwerpunkts-

strahl 26 der Austrittsfläche 5b nachgelagert einzustellen. Um eine gute Kollimation zu erreichen, sollte der Schwerpunktstrahl 26 in etwa parallel zur optischen Reflexionsflächenachse 15 liegen, wie in Figur 3 illustriert.

Figur 4 illustriert als letzten Schritt der Justage des funktionalen Linsenpaares die Anpassung der Krümmung der Austrittsfläche 5b der Austrittslinse 2b derart, dass vom Aufpunkt 25a der Eintrittsfläche 5a ausgehende Strahlen 41 der Austrittsfläche 5b nachgelagert im Wesentlichen parallel verlaufen. Es werden also die Strahlen des (gesamten) Strahlenbündels 7 betrachtet, die den Aufpunkt 25a der Eintrittsfläche 5a durchsetzen und wird die Krümmung der Austrittsfläche 5b so angepasst, dass dieses divergente Strahlenbündel kollimiert wird. Die Eintrittsfläche 5a liegt dann im Brennpunkt der Austrittslinse 2b.

Nach der Justage des ersten funktionalen Linsenpaares kann eine nächste (dritte) Linse an die zweite Linse 2b gesetzt werden; die Austrittsfläche 5b der zweiten Linse 2b wird für das zweite funktionale Linsenpaar zur Eintrittsfläche. Die dritte Linse wird, bezogen auf ein durch die Austrittsfläche 5b der zweiten Linse 2b einfallendes zweites Strahlenbündel, im Brennpunkt der zweiten Linse 2b angeordnet und in ihrer Verkipfung und Krümmung in einer vorstehend für die zweite Linse 2b beschriebenen Weise angepasst. Die Reflexionsfläche 6 kann so bis zum Rand mit Linsen bestückt werden.

Die Konstruktion des Linsenreflektors 1 erfolgte bislang in einem zweidimensionalen Schnitt; dieser könnte bei-

spielsweise senkrecht zur optischen Reflexionsflächenachse 15 extrudiert, also translationssymmetrisch in einem dreidimensionalen Linsenreflektor 1 umgesetzt werden (dieser hätte in Richtung der optischen Reflexionsflächenachse 15 darauf blickend eine rechteckige Form).

Fig. 5 zeigt einen aus der zweidimensionalen Grundform gemäß Fig. 1 durch Rotation um die optische Reflexionsflächenachse 15 erzeugten Linsenreflektor 1. Die Rotationssymmetrie ist dabei mit einer solchen Zähligkeit gewählt, dass eine in Umlaufrichtung genommene Weite einer Linse jeweils in etwa dem vorstehend genannter Linsenabstand in den nächst benachbarten Linsen entspricht.

Ansprüche

1. Optische Vorrichtung (1) zur Durchmischung und Um-
lenkung von Licht mit
einer Vielzahl Linsen (2a,b), die jeweils eine Licht
5 brechende Fläche (5a,b) und einen Transmissionskörper (4a,b) aufweisen und eine Brennweite f haben,
welche Linsen (2a,b) solchermaßen nebeneinander angeordnet sind, dass die Licht brechenden Flächen (5a,b) flächig nebeneinander liegen,
10 wobei die optische Vorrichtung (1) dazu ausgelegt ist, durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) eintretendes Licht so zu reflektieren, dass das Licht nach der Reflexion wieder durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) austritt,
15 wobei eine zwischen dem Eintreten und dem Austreten zurückgelegte Lichtwegstrecke größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f_{aus} der jeweiligen Austrittslinse (2b), durch deren Licht brechende Fläche (5b) das Licht
20 austritt.
2. Optische Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, bei welcher die zwischen dem Eintreten und dem Austreten
25 zurückgelegte Lichtwegstrecke größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f_{ein} der jeweiligen Eintrittslinse (2a), durch deren Licht brechende Fläche (5a) das Licht eintritt.

3. Optische Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2 mit einer durch die Reflexion bestimmten optischen Reflexionsflächenachse (15), wobei die Eintritts- und die Austrittslinse (2a,b) jeweils eine eigene Linse sind und solchermaßen vorgesehen sind, dass das ein-
5 tretende und das austretende Licht jeweils einen anderen Winkel zu der optischen Reflexionsflächenachse (15) der optischen Vorrichtung (1) hat.
- 10 4. Optische Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Eintritts- und die Austrittslinse (2a,b) jeweils eine eigene Linse sind und wobei eine erste Eintrittslinse und eine von der ersten Eintrittslinse verschiedene erste Austrittslinse zu ei-
15 nem ersten funktionalen Linsenpaar zusammengefasst sind und die erste Austrittsfläche Eintrittsfläche eines zweiten funktionalen Linsenpaares aus einer zweiten Eintrittslinse und einer zweiten Austrittslinse ist.
- 20 5. Optische Vorrichtung (1) nach Anspruch 3 oder 4, bei welcher die Eintritts- und die Austrittslinse (2a,b) solchermaßen angeordnet sind, dass die Licht brechenden Flächen (5a,b) von Eintritts- und Austrittslinse
25 (2a,b) unmittelbar nebeneinander liegen, vorzugsweise aneinander grenzen.
- 30 6. Optische Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei welcher mit zunehmendem Abstand der Linsen (2a,b) zur optischen Reflexionsflächenachse (15) für die Linsen die Dicke ihrer Transmissionskörper (4a,b) abnimmt und/oder ihre Apertur zunimmt.

7. Optische Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher zur Reflexion des Lichts eine Reflexionsfläche (6) vorgesehen ist, vorzugsweise durch Verspiegelung.
- 5
8. Optische Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher zur Reflexion des Lichts eine an einer der Licht brechenden Fläche (5a,b) entgegengesetzten Seite des Transmissionskörpers (4a,b) ausgebildete Reflexionsfläche (6) vorgesehen ist.
- 10
9. Optische Vorrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, bei welcher die Reflexionsfläche (6) in einer die optische Reflexionsflächenachse (15) der optischen Vorrichtung (1) beinhaltenden Schnittebene eine von einer sphärischen, konischen, elliptischen, hyperbolischen und vorzugsweise parabolischen Form hat.
- 15
10. Optische Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Transmissionskörper (4a,b) der Vielzahl Linsen (2a,b) monolithisch ausgebildet sind und vorzugsweise an der den Licht brechenden Flächen (5a,b) entgegengesetzten Seite des monolithischen Transmissionskörpers eine Reflexionsfläche (6) ausgebildet ist.
- 20
- 25
11. Optische Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Licht brechende Fläche (5a,b) einer Linse (2a,b) und/oder ihr Transmissionskörper (4a,b) in Richtung der optischen Linsenachse (21a,b) der Linse auf die Linse blickend eine
- 30

- 30 -

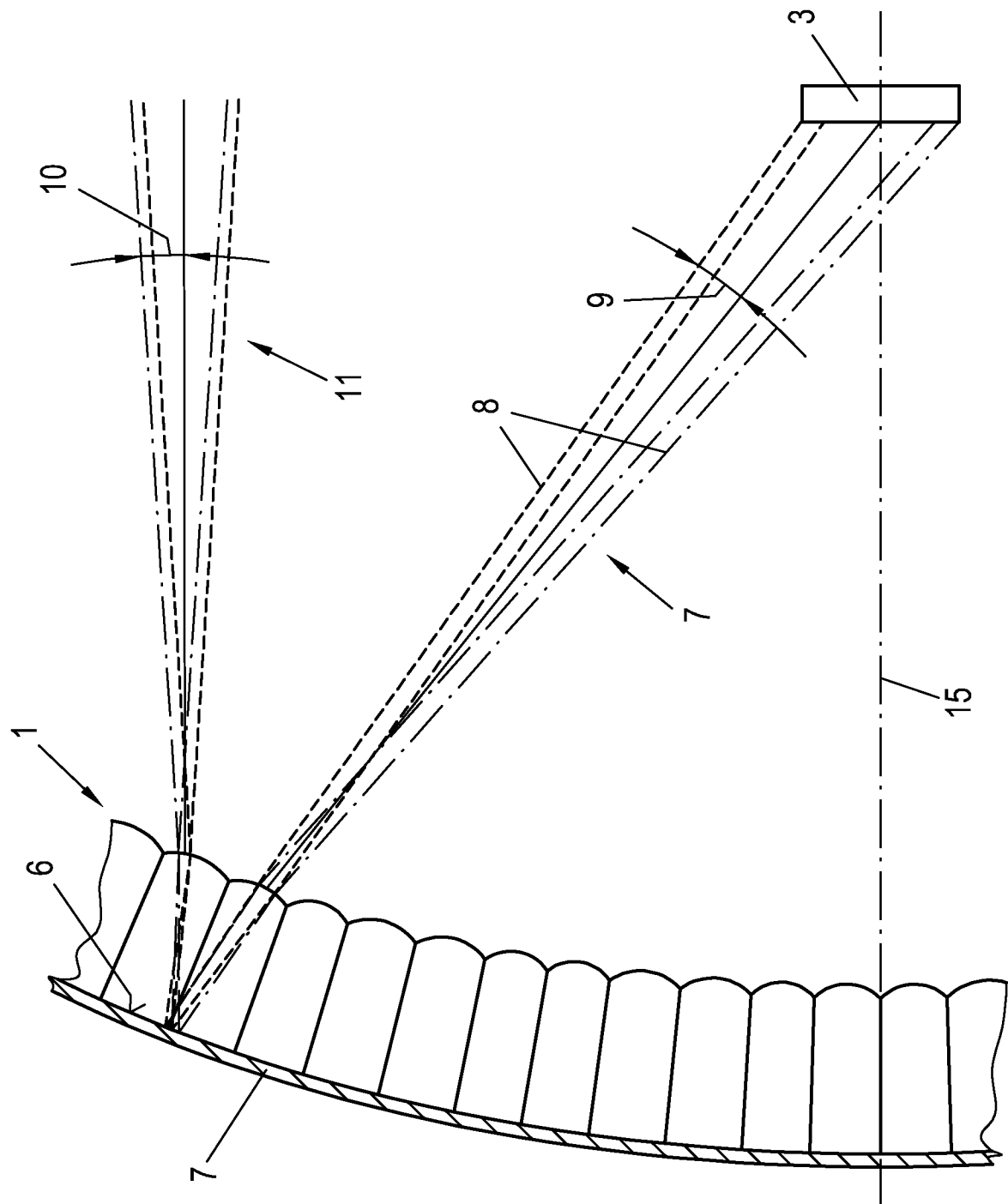
von einer sphärischen, elliptischen und polygonischen Form hat.

12. Optische Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welcher die Licht brechende Fläche (5a,b) einer Linse (2a,b) in einer die optische Linsenachse (21a,b) der Linse beinhaltenden Schnittebene eine von einer sphärischen, elliptischen und polygonischen Form hat.
13. Beleuchtungsvorrichtung mit einer optischen Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche und einer Lichtquelle (3), welche zu der Vielzahl Linsen (2a,b) so angeordnet ist, dass im Betrieb von der Lichtquelle (3) emittiertes Licht durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) der Linsen (2a,b) eintritt und nach der Reflexion wieder durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) austritt.
14. Verfahren zum Entwerfen einer optischen Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend die Schritte
- Vorsehen einer Reflexionsfläche (6);
 - Vorsehen einer Lichtquelle (3);
 - relativ zueinander Anordnen von Reflexionsfläche (6) und Lichtquelle (3);
 - Vorsehen einer Eintrittslinse (2a) mit einer Eintrittsfläche (5a), Anordnen der Eintrittslinse (2a) an der Reflexionsfläche (6) und Ermitteln eines von der Lichtquelle (3) durch die Eintrittsfläche (5a) auf die Reflexionsfläche (6) fallenden Strahlenbündels (7);

- 31 -

- Vorsehen einer Austrittslinse (2b) mit einer Austrittsfläche (5b) und Anordnen der Austrittslinse (2b) an der Reflexionsfläche solchermaßen, dass zumindest ein Teil des ersten Strahlenbündels (7),
5 vorzugsweise das gesamte Strahlenbündel (7), die Austrittsfläche (5b) durchsetzt;
 - Anpassen der Brennweite f_{aus} der Austrittslinse (2b) solchermaßen, dass die zwischen der Eintrittsfläche (5a) und der Austrittsfläche (5b) zurückgelegte Lichtwegstrecke größer ist als die 0,5-fache und kleiner als die 1,8-fache effektive Brennweite f_{aus} .
10
15. Verwendung einer optischen Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei eine Lichtquelle (3) zu den Vielzahl Linsen (2a,b) so angeordnet wird, dass im Betrieb von der Lichtquelle (3) emittiertes Licht durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) der Linsen (2a,b) eintritt und nach der Reflexion wieder durch die Licht brechenden Flächen (5a,b) austritt.
20
16. Verwendung nach Anspruch 15 zur Beleuchtung eines Landfahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, insbesondere eines Personenkraftwagens, oder zur Beleuchtung im Bereich der Medizintechnik, insbesondere im Bereich der Operationsfeldbeleuchtung.
25

Fig. 1



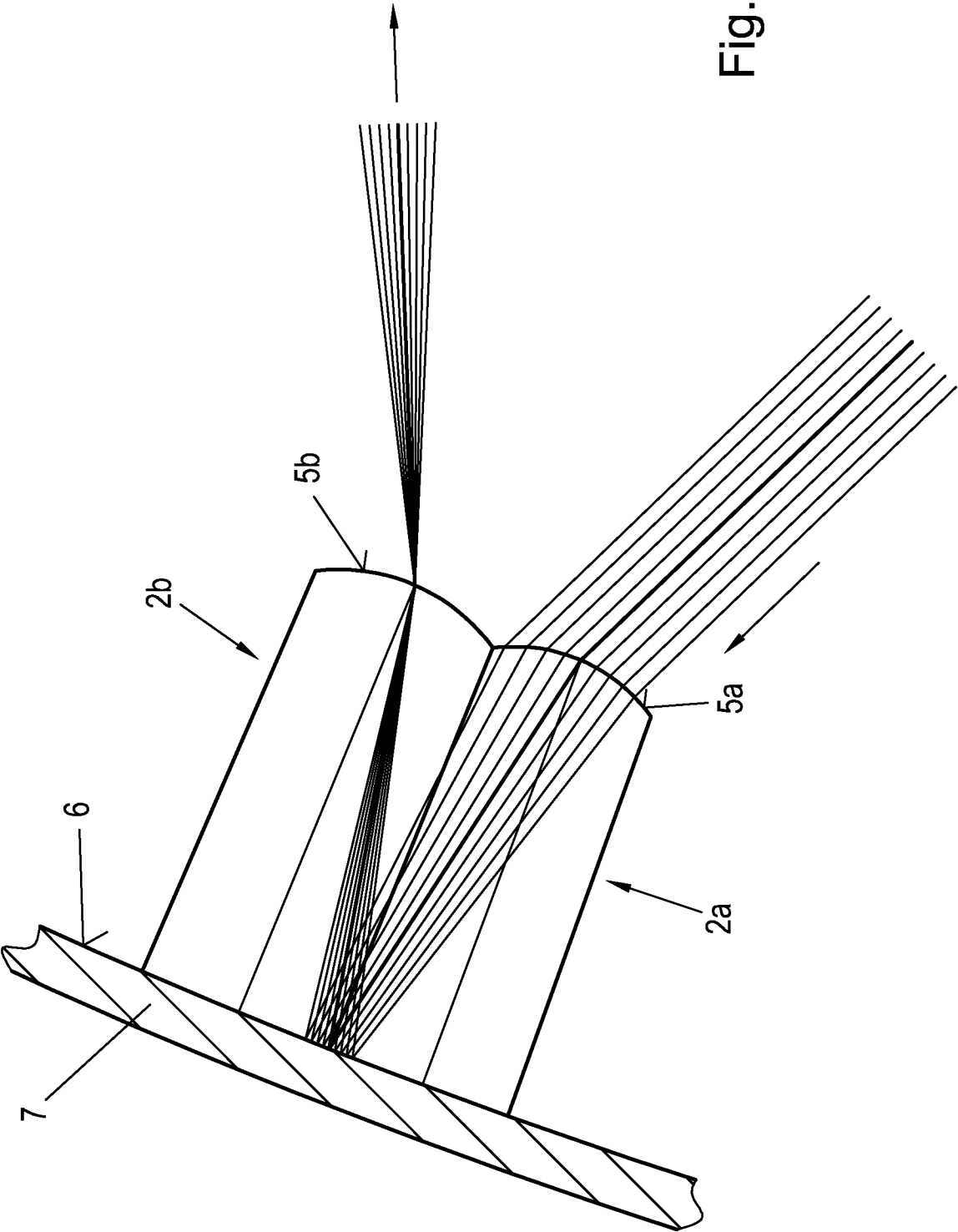


Fig. 2

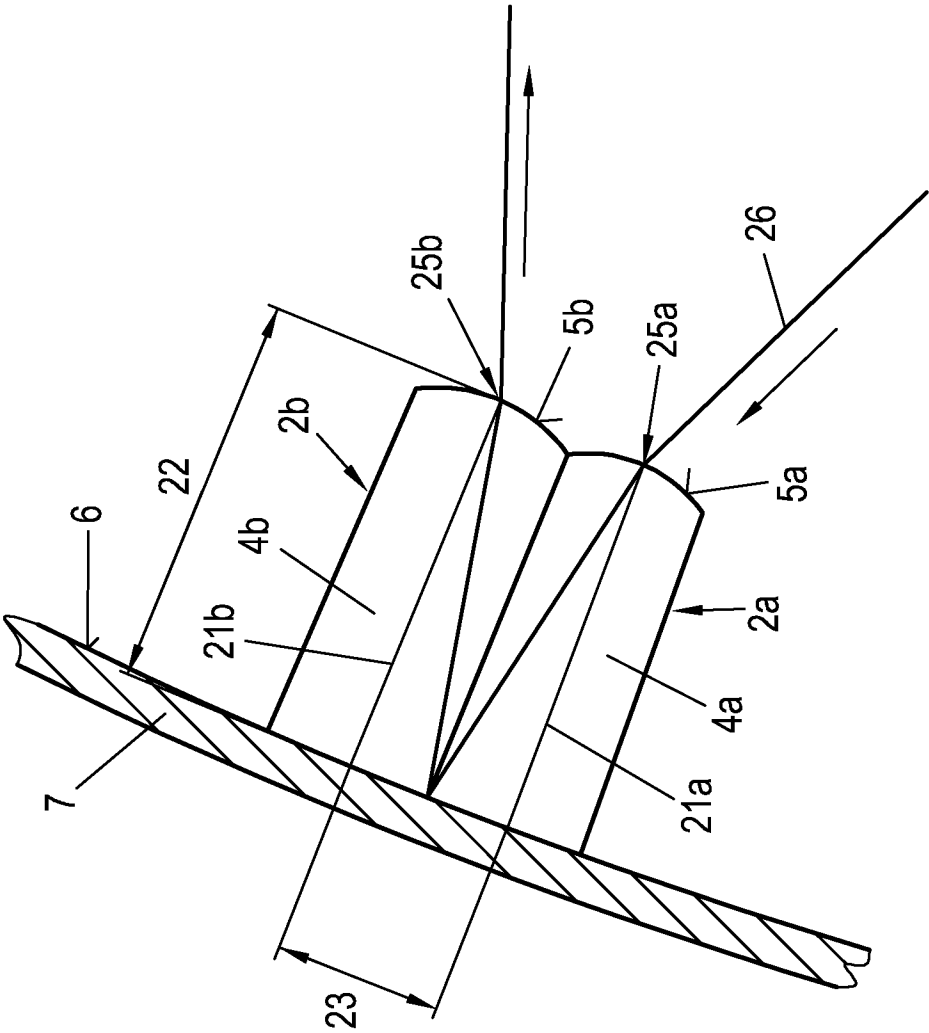


Fig. 3

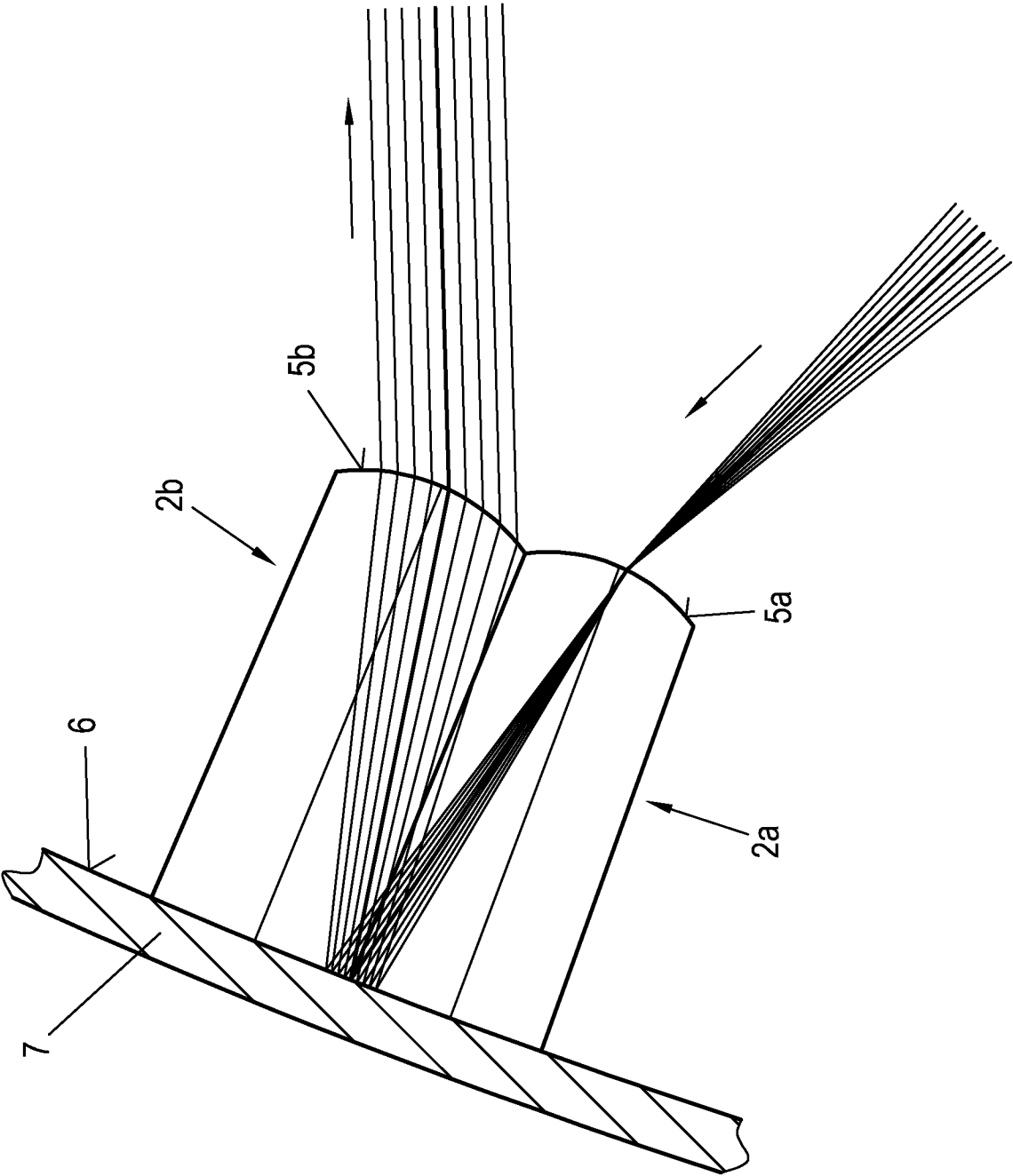


Fig. 4

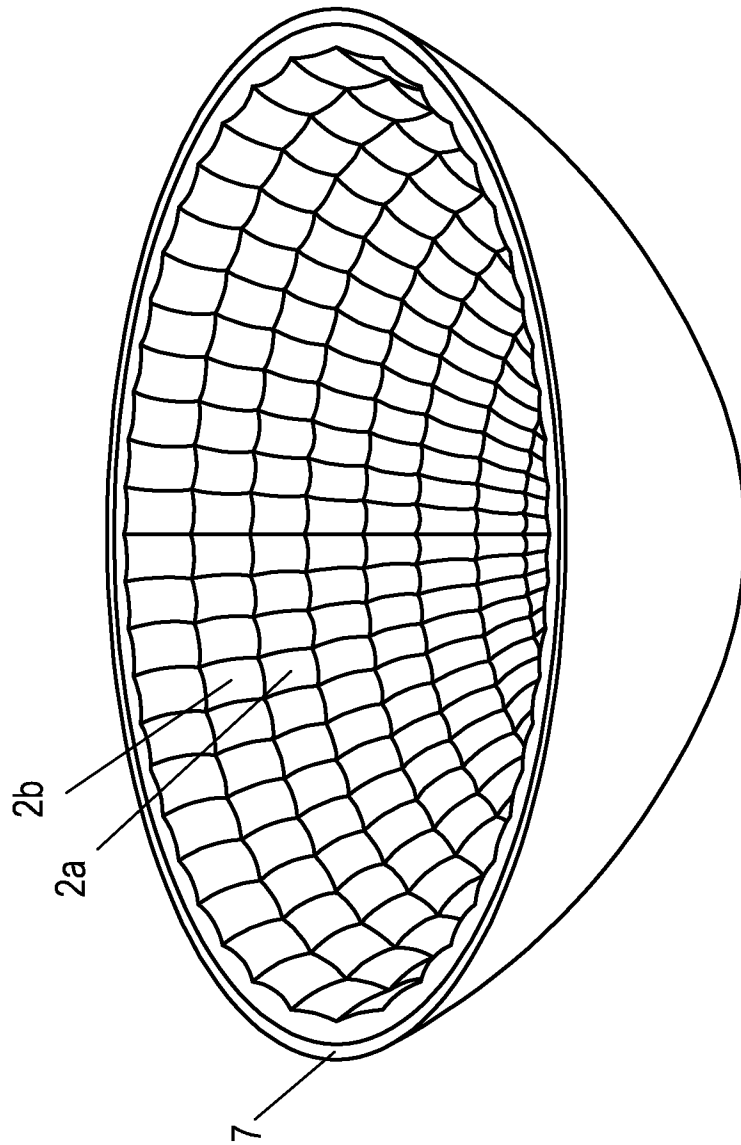


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/055236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B3/00 G02B5/02 G02B19/00 G02B27/00
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)
G02B

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, INSPEC, 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	US 5 993 010 A (OHZAWA SOH [JP] ET AL) 30 November 1999 (1999-11-30) column 5, line 65 - column 6, line 56; figures 3,4,5,6,7 sentence 45; figures 10,11,12 -----	1-16
X	US 5 351 151 A (LEVY GEORGE S [US]) 27 September 1994 (1994-09-27) column 9, line 43 - line 62; figures 7A-7C,14 -----	1-16
X	US 2003/039035 A1 (YOSHIKAWA TAKEHISA [JP] ET AL) 27 February 2003 (2003-02-27) paragraph [0104] - paragraph [0108]; figure 13 paragraph [0129]; figure 15 ----- -/-	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 July 2014

Date of mailing of the international search report

18/07/2014

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

Lehtiniemi, Henry

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/055236

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 089 594 A (EWIN JAMES COE) 16 May 1978 (1978-05-16) column 2, line 34 - column 3, line 12; figure 2 -----	1-16
A	EP 2 418 531 A1 (SAMSUNG LED CO LTD [KR]) 15 February 2012 (2012-02-15) abstract; figure 2 -----	1
A	US 2011/069496 A1 (ING WEN-CHIUN [TW] ET AL) 24 March 2011 (2011-03-24) abstract; figures 28-31 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/055236

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5993010	A	30-11-1999	JP H1152289 A 26-02-1999
		US 5993010 A	30-11-1999

US 5351151	A	27-09-1994	NONE

US 2003039035	A1	27-02-2003	CN 1402021 A 12-03-2003
			JP 4213897 B2 21-01-2009
			JP 2003121612 A 23-04-2003
			KR 20030013248 A 14-02-2003
			KR 20040096445 A 16-11-2004
			KR 20050058311 A 16-06-2005
			TW I256486 B 11-06-2006
			TW I273968 B 21-02-2007
			US 2003039035 A1 27-02-2003
			US 2004061946 A1 01-04-2004
			US 2005041295 A1 24-02-2005

US 4089594	A	16-05-1978	NONE

EP 2418531	A1	15-02-2012	CN 102374484 A 14-03-2012
			EP 2418531 A1 15-02-2012
			KR 20120014325 A 17-02-2012
			US 2012033430 A1 09-02-2012

US 2011069496	A1	24-03-2011	CN 102032528 A 27-04-2011
			TW 201111841 A 01-04-2011
			US 2011069496 A1 24-03-2011
			WO 2011032506 A1 24-03-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G02B3/00 G02B5/02 G02B19/00 G02B27/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G02B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 993 010 A (OHZAWA SOH [JP] ET AL) 30. November 1999 (1999-11-30) Spalte 5, Zeile 65 - Spalte 6, Zeile 56; Abbildungen 3,4,5,6,7 Satz 45; Abbildungen 10,11,12 -----	1-16
X	US 5 351 151 A (LEVY GEORGE S [US]) 27. September 1994 (1994-09-27) Spalte 9, Zeile 43 - Zeile 62; Abbildungen 7A-7C,14 -----	1-16
X	US 2003/039035 A1 (YOSHIKAWA TAKEHISA [JP] ET AL) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Absatz [0104] - Absatz [0108]; Abbildung 13 Absatz [0129]; Abbildung 15 ----- -/--	1-16
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juli 2014		18/07/2014
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 Lehtiniemi, Henry

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 089 594 A (EWIN JAMES COE) 16. Mai 1978 (1978-05-16) Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 3, Zeile 12; Abbildung 2 -----	1-16
A	EP 2 418 531 A1 (SAMSUNG LED CO LTD [KR]) 15. Februar 2012 (2012-02-15) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1
A	US 2011/069496 A1 (ING WEN-CHIUN [TW] ET AL) 24. März 2011 (2011-03-24) Zusammenfassung; Abbildungen 28-31 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/055236

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5993010	A	30-11-1999	JP	H1152289 A	26-02-1999
			US	5993010 A	30-11-1999

US 5351151	A	27-09-1994	KEINE		

US 2003039035	A1	27-02-2003	CN	1402021 A	12-03-2003
			JP	4213897 B2	21-01-2009
			JP	2003121612 A	23-04-2003
			KR	20030013248 A	14-02-2003
			KR	20040096445 A	16-11-2004
			KR	20050058311 A	16-06-2005
			TW	I256486 B	11-06-2006
			TW	I273968 B	21-02-2007
			US	2003039035 A1	27-02-2003
			US	2004061946 A1	01-04-2004
			US	2005041295 A1	24-02-2005

US 4089594	A	16-05-1978	KEINE		

EP 2418531	A1	15-02-2012	CN	102374484 A	14-03-2012
			EP	2418531 A1	15-02-2012
			KR	20120014325 A	17-02-2012
			US	2012033430 A1	09-02-2012

US 2011069496	A1	24-03-2011	CN	102032528 A	27-04-2011
			TW	201111841 A	01-04-2011
			US	2011069496 A1	24-03-2011
			WO	2011032506 A1	24-03-2011
