(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 280 950 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**19.02.2020 Patentblatt 2020/08**

(21) Anmeldenummer: **16720990.7**

(22) Anmeldetag: **04.04.2016**

(51) Int Cl.:
***F21S 41/143*** *(2018.01)* ***F21S 41/24*** *(2018.01)*
***F21S 41/255*** *(2018.01)* ***F21S 41/43*** *(2018.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
**PCT/AT2016/050088**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
**WO 2016/161471 (13.10.2016 Gazette 2016/41)**

(54) **BELEUCHTUNGSVORRICHTUNG MIT STRAHLENBLENDE**

LIGHTING DEVICE HAVING LIGHT-GUIDING SHIELD

DISPOSITIF D'ÉCLAIRAGE MUNI D'UN OCCULTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **10.04.2015 AT 502842015**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**14.02.2018 Patentblatt 2018/07**

(73) Patentinhaber: **ZKW Group GmbH**
**3250 Wieselburg (AT)**

(72) Erfinder:
- **TAUDT, Lukas**
  **3250 Wieselburg (AT)**
- **REISINGER, Bettina**
  **3300 Amstetten (AT)**
- **MOSER, Andreas**
  **4320 Perg (AT)**

(74) Vertreter: **Patentanwaltskanzlei**
**Matschnig & Forsthuber OG**
**Biberstraße 22**
**Postfach 36**
**1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-2013/020156**
**DE-A1- 3 430 179**
**DE-A1-102010 029 176**
**DE-A1-102011 077 636**
**DE-A1-102011 085 315**
**DE-A1-102013 206 488**
**DE-A1-102013 217 843**
**US-A1- 2002 003 709**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 280 950 B1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, umfassend ein Lichtmodul mit zumindest einer Lichtemissionsquelle, einer Primäroptik und einer Sekundäroptik, wobei die Primäroptik zumindest eine lichtleitende Vorsatzoptik aufweist, die dazu eingerichtet ist, von der zumindest einen Lichtemissionsquelle aufgenommenes Licht durch mindestens eine Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik hindurch weiter auf die in optischer Längsachsenrichtung nachgelagerte Sekundäroptik zu richten, und wobei die Sekundäroptik dazu eingerichtet ist, eine sich auf der Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik einstellende Lichtverteilung in ein vor der Beleuchtungsvorrichtung liegendes Vorfeld abzubilden, wobei zumindest eine Strahlenblende zwischen der Primäroptik und der Sekundäroptik angeordnet ist.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass bei der Dispersion von Lichtstrahlen in einer optischen Linse bzw. in einem optischen Linsensystem an einer Austrittsfläche des optischen Systems kurzwellige elektromagnetische Strahlung stärker als langwellige Strahlung gebrochen wird. Abhängig von der Wechselwirkung mit dem jeweiligen optischen Medium kann es dabei bei polychromatischem Licht zu einer unerwünschten Aufspaltung von blauen und roten Lichtanteilen insbesondere an den Randbereichen der optischen Linsen kommen, da kurzwellige blaue Lichtanteile stärker als grüne und diese wiederum stärker als vergleichsweise langwellige rote Lichtanteile gebrochen werden.

**[0003]** Der Brechungsindex von Linsen eines optischen Systems beeinflusst außerdem den Abbildungsmaßstab, der somit von der Wellenlänge des Lichts abhängt. Brechzahlunterschiede zwischen dem Linsenmaterial als Objektraum und dem umgebenden Medium Luft als Bildraum führen aufgrund der Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex zu unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben für blaue und rote Lichtanteile. Teilbilder, die vom Licht unterschiedlicher Wellenlänge gebildet werden, sind dadurch verschieden groß. Diesen Effekt nennt man Farbquerfehler, wodurch Farbsäume an Kanten eines Bildmotivs, falls diese nicht radial verlaufen, entstehen und wodurch eine Unschärfe des Bildes bewirkt wird. Die Breite der Farbsäume des Bildmotivs ist proportional zum Abstand von der Bildmitte.

**[0004]** Auch die Schnittweite des optischen Systems und damit der Abstand des Bildes von der letzten Fläche des optischen Systems sind vom Brechungsindex der Linsen und somit von der Wellenlänge des Lichts abhängig. Dieser Effekt wird als Farblängsfehler bezeichnet. Dadurch kann man die Teilbilder unterschiedlicher Farben nicht gleichzeitig scharf auffangen, weil sie an verschiedenen Positionen stehen. Rote Farbsäume liegen beispielsweise vor der gewählten Schärfeebene, blaue Farbsäume dahinter. Es entsteht dabei eine Unschärfe, die nicht von der Bildhöhe abhängt.

**[0005]** Um derartige Abbildungsfehler, auch Aberrationen genannt, die bei der Abbildung eines Objektpunktes die Entstehung eines perfekten Bildpunktes verhindern, möglichst zu vermeiden, muss generell bei der Konstruktion optischer Systeme, insbesondere bei Scheinwerfern für Kraftfahrzeuge, ein Kompromiss zwischen den Anforderungen an die gewünschte optische Abbildungsqualität und dem konstruktiven Aufwand gefunden werden.

**[0006]** Aus der Druckschrift EP 2 306 074 A2 ist ein Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer Sekundäroptik bekannt, welche eine achromatisch wirkende Anordnung aus zwei Linsen mit unterschiedlicher Brechzahl bzw. mit unterschiedlichem Brechungsindex aufweist. Durch die achromatische Linsenkombination einer Zerstreuungslinse mit einer Sammellinse werden unerwünschte Farbsäume beseitigt. Zusätzlich sind zwischen einer Lichtquelle bzw. einer Primäroptik und der Sekundäroptik reflektierende und/oder absorbierende Blendenflächen so angeordnet, dass ein in Nebenabstrahlrichtungen außerhalb der Hauptstrahlrichtung gerichtetes Fehllicht daran gehindert wird, die Lichtverteilung im Vorfeld des Scheinwerfers zu beeinflussen. Nachteilig an dieser Ausführung ist zumindest, dass die achromatische Linsenanordnung der Sekundäroptik aufwendig ist und dass durch den Einsatz von seitlichen Blendenflächen die Gesamteffizienz des Scheinwerfers reduziert wird.

**[0007]** Im Dokument DE 601 31 600 T3 wird ein Projektionsscheinwerfer mit Ellipsoid-Reflektor für Kraftfahrzeuge beschrieben, der zum Erzeugen eines Fernlichts ausgebildet ist. Mit diesem Schweinwerfer wird bezweckt, im Vorfeld des Scheinwerfers ein Lichtfeld zu erzeugen, das allmählich umso schwächer wird, je näher die zu beleuchtenden Straßenbereiche vor dem Schweinwerfer sind. Weiters sollen unerwünschte Färbungen des Lichts vermieden werden. Dazu ist zwischen einer Lichtquelle mit einem Reflektor, der etwa als Rotationsellipsoid ausgeführt ist, und einer Sammellinse eine Strahlenblende solcherart angeordnet, dass sich die gesamte Strahlenblende oberhalb der die optische Achse enthaltende Horizontalebene, in welcher die Brennweitenbereiche des Reflektors bzw. der Brennpunkt der Sammellinse liegen, befindet. Die Strahlenblende weist dazu ein Kantenprofil mit zumindest zwei jeweils einen Rand bildenden Abschattungsbereichen auf, die in Richtung der optischen Achse voneinander beabstandet sind, wobei entweder einer der Ränder lotrecht zu einem Brennpunkt der Sammellinse angeordnet ist oder die Ränder hinter bzw. vor dem Brennpunkt der Linse in Richtung der optischen Achse angeordnet sind. Ein erster, vorderer Abschattungsbereich ragt dazu mit seiner Randkante in den nach oben gerichteten Lichtstrahlengang, während ein zweiter, in Richtung der optischen Achse nachgelagerter Abschattungsbereich mit seiner Randkante in den nach unten gerichteten Lichtstrahlengang ragt. Der Brennpunkt der Sammellinse befindet sich in der Nähe des zweiten Brennweitenbereichs des Reflektors. In dem Dokument DE-A1-102010029176, bzw. WO-A-2013/020156, wird ein Kraftfahrzeugscheinwerfer

dargestellt, wobei eine Strahlenblende zwischen der Primäroptik und der Sekundäroptik angeordnet ist.

**[0008]** Generell gilt für die Anordnung einer Strahlenblende im Strahlengang zwischen einer Primäroptik und einer Sekundäroptik, dass die Positionierung der Strahlenblende in einem größeren Abstand zur Primäroptik toleranzunempfindlicher ist, da dort auch ein Abstand normal zur Horizontalebene zwischen aufgespaltenem rotem und blauem Lichtstrahl im Randsaum des Lichtstrahls größer ist. Nachteilig an der in DE 601 31 600 T3 gezeigten Ausführung ist zumindest, dass die Position der Strahlenblende in Bezug auf den Linsenbrennpunkt bzw. die Brennweitenbereiche des Reflektors festgelegt ist, weshalb die Position der Strahlenblende nur unzureichend an unterschiedliche Beleuchtungsaufgaben angepasst werden kann. Da ein und dieselbe Strahlenblende sowohl in den nach unten, als auch in den nach oben gerichteten Lichtstrahl ragt, muss die Strahlenblende zur wirksamen Abschattung von unerwünschten Randsäumen bzw. von Streulicht vergleichsweise weit in den Lichtstrahlenkegel ragen, wodurch die Effizienz des Scheinwerfers nachteilig verringert wird.

**[0009]** Aus dem Dokument US 7,036,969 B2 ist eine Fahrzeugleuchte mit einer speziellen Blendengeometrie bekannt, um die Streulichtbildung eines Nebelscheinwerfers zu minimieren und um Eigenblendung zu vermeiden. Der Kantenverlauf einer Vorfeldblende weist dazu einen zentralen Bereich, Seitenbereiche und einen oberen Bereich auf, die gemeinsam eine Dreiecksform bilden. Die Vermeidung von chromatischen Aberrationen wird hier weder bezweckt noch ist diese angedacht. Auch in dieser Ausführung kann nicht vermieden werden, dass durch die Blendengeometrie die Effizienz des optischen Systems verringert wird.

**[0010]** Bei Tests an Kraftfahrzeugscheinwerfern, die sogenannte "abbildende Lichtmodule" mit einer Primäroptik und einer sekundären Abbildungslinse umfassen, wie dies beispielsweise aus der Literatur bekannte sogenannte PixelLite- oder MatrixLight-Systeme sind, hat sich gezeigt, dass insbesondere die blauen Lichtanteile im Farbsaum des Scheinwerfers zu vermeiden sind, da sie im Bereich des Vorfelds speziell im unteren Bereich der Lichtverteilung, also unterhalb der Linie des Horizonts, der sogenannten HH-Linie, für den Fahrer deutlich wahrnehmbar sind und als unangenehm irritierendes Farbenspiel eine gewünschte Lichtverteilung stören. Die Farbränder werden auch deshalb so störend wahrgenommen, da sie sich von der "weißen" Lichtverteilung des Vorfelds abheben. Das Vorfeld wird dabei meist mittels eines farbneutralen Reflektormoduls erzeugt.

**[0011]** Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine gattungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer dahingehend zu verbessern, dass die geschilderten Nachteile des Standes der Technik möglichst vermieden werden und mit der Beleuchtungsvorrichtung sowohl die störenden Effekte von Farbsäumen reduziert und gleichzeitig eine Gesamteffizienz bzw. Lichtausbeute erhöht werden.

**[0012]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer gattungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Besonders bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0013]** Bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, umfassend ein Lichtmodul mit zumindest einer Lichtemissionsquelle, einer Primäroptik und einer Sekundäroptik, wobei die Primäroptik zumindest eine lichtleitende Vorsatzoptik aufweist, die dazu eingerichtet ist, von der zumindest einen Lichtemissionsquelle aufgenommenes Licht durch mindestens eine Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik hindurch weiter auf die in optischer Längsachsenrichtung nachgelagerte Sekundäroptik zu richten, und wobei die Sekundäroptik dazu eingerichtet ist, eine sich auf der Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik einstellende Lichtverteilung in ein vor der Beleuchtungsvorrichtung liegendes Vorfeld abzubilden, wobei zumindest eine Strahlenblende zwischen der Primäroptik und der Sekundäroptik angeordnet ist, ist die zumindest eine Strahlenblende zur Abschattung eines Lichtfarbsaums angeordnet, wobei die zumindest eine Strahlenblende eine optisch aktive erste Blendenkante für einen unteren Lichtfarbsaum sowie eine optisch aktive zweite Blendenkante für einen oberen Lichtfarbsaum bildet, und die optisch aktiven Blendenkanten jeweils derart im Lichtstrahl angeordnet sind, dass selektiv blaue Grenzlichtstrahlen des Lichtfarbsaums abschattbar sind.

**[0014]** Im Rahmen der Erfindung werden unter kürzerwelligen blauen Grenzlichtstrahlen jene Lichtstrahlen verstanden, deren Strahlung in einem Wellenlängenbereich von 405 nm bis 480 nm liegt. Beispielsweise liegt eine Emissionswellenlänge einer Laserdiode bei etwa 405 nm, welche Laserdiode im Rahmen der Erfindung bei einer Beleuchtungsvorrichtung ebenfalls eingesetzt werden kann. Dazu werden beispielsweise an den Eintrittsflächen segmentierte Phosphorelemente aufgebracht und durch entsprechende Laserdioden angeregt. Ebenso haben Weißlicht-LEDs eine Primär-Emission bei Wellenlängen von rund 450 nm.

**[0015]** Besonders vorteilhaft ist die Strahlenblende bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung so angeordnet, dass selektiv die blauen Grenzlichtstrahlen des Lichtfarbsaums abgeschattet werden, da insbesondere die blauen Lichtanteile im Farbsaum des Scheinwerfers im Bereich des Vorfelds für den Fahrer deutlich wahrnehmbar sind und als unangenehm irritierendes Farbenspiel eine gewünschte Lichtverteilung stören. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante ist die zumindest eine Lichtemissionsquelle jeweils einer Eintrittsfläche einer bestimmten Vorsatzoptik zugeordnet und dimmbar. Somit können flexibel unterschiedliche Beleuchtungsaufgaben von der Beleuchtungsvorrichtung erfüllt werden.

**[0016]** Zweckmäßig sind bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung die optisch aktiven Blen-

denkanten jeweils derart im Lichtstrahl angeordnet, dass rote Grenzlichtstrahlen ohne Abschattung zur Sekundäroptik gelangen. In dieser Ausführung der Erfindung ist die Strahlenblende solcherart angeordnet, dass rote Grenzlichtstrahlen, deren Strahlung in einem Wellenlängenbereich von 600 nm bis 750 nm liegt, möglichst ohne Abschattung durch die die Strahlenblende hindurch zur Sekundäroptik gelangen. Wie bei Untersuchungen im Vorfeld überraschend festgestellt wurde sind die roten Lichtanteile im Farbsaum des Scheinwerfers im Bereich des Vorfelds für den Fahrer im Vergleich zu den blauen Lichtanteilen kaum wahrnehmbar und stören eine gewünschte Lichtverteilung deutlich weniger als dies bei blauen Lichtanteilen der Fall ist. Vorteilhaft wird in dieser Ausführung die Gesamteffizienz bzw. Lichtausbeute des Scheinwerfers nur geringfügig reduziert, da die roten Lichtanteile nicht oder nur in einem möglichst geringen Ausmaß abgeschattet werden.

**[0017]** Dabei ist allerdings zu beachten, dass der reale Lichtstrahlengang in der lichtleitenden Vorsatzoptik sowohl direkte Lichtstrahlen, als auch einfach bzw. mehrfach umgelenkte Lichtstrahlen umfasst, wobei deren Differenzabstand zwischen den roten und blauen Grenzlichtstrahlen senkrecht zur optischen Achse unterschiedlich ist. Weiters ist zu beachten, dass der Differenzabstand zwischen den roten und blauen Grenzlichtstrahlen auch vom Material der lichtleitenden Vorsatzoptik abhängt.

**[0018]** Ist die Position der optisch aktiven Blendenkanten beispielsweise anhand des Lichtstrahlengangs von direkten Lichtstrahlen ausgerichtet, so werden direkte Lichtstrahlen, welche einen geringeren Differenzabstand zwischen den roten und blauen Grenzlichtstrahlen senkrecht zur optischen Achse aufweisen als mehrfach umgelenkte Lichtstrahlen, ohne Abschattung ihrer roten Grenzlichtstrahlen zur Sekundäroptik gelangen. Wobei abhängig von der Position der Strahlenblende allerdings ein kleinerer Anteil von roten Grenzlichtstrahlen von mehrfach umgelenkten Lichtstrahlen möglicherweise am Lichtdurchtritt durch die Strahlenblende behindert werden kann. Für den umgekehrten Fall, dass die Position der optisch aktiven Blendenkanten beispielsweise anhand des Lichtstrahlengangs von mehrfach umgelenkten Lichtstrahlen ausgerichtet bzw. optimiert ist, werden mehrfach umgelenkte Lichtstrahlen, welche einen größeren Differenzabstand zwischen den roten und blauen Grenzlichtstrahlen senkrecht zur optischen Achse aufweisen als direkte Lichtstrahlen, ohne Abschattung ihrer roten Grenzlichtstrahlen zur Sekundäroptik gelangen. Aber auch in diesem Fall kann es zumindest in geringem Ausmaß zur Abschattung von roten Grenzlichtstrahlen der direkten Lichtstrahlen kommen. Somit gilt es bei der Positionierung der Blendenkanten ein Optimum zwischen einer möglichst vollständigen Abschattung der blauen Grenzlichtstrahlen und einem möglichst ungehinderten Blendendurchtritt der roten Grenzlichtstrahlen zu finden.

**[0019]** Besonders vorteilhaft ragen bei einer Beleuchtungsvorrichtung gemäß der Erfindung die optisch aktiven Blendenkanten zwischen den blauen Grenzlichtstrahlen und den roten Grenzlichtstrahlen des Lichtfarbsaums in den Lichtstrahl. Vorteilhaft werden selektiv blaue Grenzlichtstrahlen in einem Wellenlängenbereich von 405 nm bis 480 nm von der Strahlenblende abgeschattet, während rote Grenzlichtstrahlen in einem Wellenlängenbereich von 600 nm bis 750 nm ohne Abschattung die Strahlenblende passieren.

**[0020]** In einer besonders kompakten Ausführung der Erfindung kann bei einer Beleuchtungsvorrichtung die zumindest eine Strahlenblende in einer Blendenebene im Wesentlichen senkrecht zur optischen Längsachse angeordnet sein. In dieser Ausführung befinden sich die Blendenkanten der Strahlenblende in ein und derselben Blendenebene. Die Strahlenblende kann dabei einteilig oder mehrteilig ausgeführt sein. Vorzugsweise weist die zumindest eine Strahlenblende glatt umlaufende Blendenkanten ohne strukturierte Unterteilungen wie beispielsweise Stege, Rahmen, Verstärkungen oder ähnlichem auf, da strukturierte bzw. segmentartig zusammengesetzte Strahlenblenden mit unterteilten Blendenkanten nachteilig als störende Streifen in den Verkehrsraum bzw. auf eine Fahrbahn abgebildet werden. Durch die Anordnung der Strahlenblende in einer Blendenebene ist die Justierung der Strahlenblende in Richtung der optischen Längsachse besonders einfach.

**[0021]** In einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung kann bei einer Beleuchtungsvorrichtung die Strahlenblende einteilig ausgeführt sein und eine Blendenausnehmung aufweisen, die eine durchgehende optisch aktive Blendenkante mit einem ersten Blendenkantenabschnitt für einen unteren Lichtfarbsaum sowie einem zweiten Blendenkantenabschnitt für einen oberen Lichtfarbsaum bildet, wobei die Blendenkante in Einbaulage die optische Längsachse umschließt. Eine einteilige Strahlenblende ist besonders einfach in der Herstellung sowie in der Montage innerhalb der Beleuchtungsvorrichtung. Weiters bietet eine einteilige Strahlenblende mit einer durchgehenden, glatt umlaufenden Blendenkante ohne strukturierte Unterteilungen wie beispielsweise Stege oder Verstärkungen den Vorteil, dass die Lichtverteilung im Vorfeld der Beleuchtungsvorrichtung ohne störende Streifen abgebildet wird. Für den Fall, dass eine Primäroptik mit mehreren Vorsatzoptiken bzw. mit einer Vorsatzoptik mit mehreren Lichtleitern zum Einsatz kommt, bietet die durchgehende, glatt umlaufende Blendenkante überdies den Vorteil, dass die Lichtverteilung der Gesamtheit aller Vorsatzoptiken bzw. aller Lichtleiter gemeinsam durch die eine Blendenausnehmung hindurch projiziert wird, wodurch sich aufgrund der glatt umlaufenden Blendenkante eine besonders homogene Lichtverteilung ohne störende Streifen ergibt.

**[0022]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante kann bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung die Strahlenblende zweiteilig ausgeführt sein, wobei ein erster Blendenteil mit einer ersten optisch aktiven Blendenkante sowie ein zweiter Blendenteil mit

einer zweiten optisch aktiven Blendenkante an gegenüberliegenden Seiten der optischen Längsachse angeordnet sind. In dieser zweiteiligen Ausführung der Strahlenblende können die beiden optisch aktiven Blendenkanten am ersten bzw. am zweiten Blendenteil besonders flexibel an die geometrischen Gegebenheiten des Strahlengangs innerhalb einer Beleuchtungsvorrichtung angepasst werden. Somit lassen sich die Blendenkanten auch asymmetrisch in Bezug auf eine Horizontalebene durch die optische Längsachse anordnen. Auch in dieser Ausführungsvariante mit einer zweiteiligen Strahlenblende sind die beiden optisch aktiven Blendenkanten jeweils vorzugsweise durchgehend glatt ohne Strukturierungen, Stege oder Unterbrechungen ausgeführt, um zu gewährleisten, dass die Lichtverteilung im Vorfeld der Beleuchtungsvorrichtung ohne störende Streifen abgebildet wird.

**[0023]** Zweckmäßig können in einer weiteren Ausführung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung der erste Blendenteil und der zweite Blendenteil in unterschiedlichen, in optischer Längsachsenrichtung voneinander beabstandeten Blendenebenen angeordnet sein. In dieser Ausführungsvariante der Erfindung können die Blendenkanten besonders flexibel im Strahlengang des Lichtstrahls angeordnet werden, um selektiv blaue Grenzlichtstrahlen des Lichtfarbsaums abzuschatten.

**[0024]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann zumindest eine optisch aktive Blendenkante eine Freiformkurve sein. Da die Geometrien insbesondere von Kraftfahrzeugscheinwerfern durch zahlreiche Einflussfaktoren wie beispielsweise durch konstruktive Vorgaben, durch Vorgaben von Behörden sowie durch Design-Anforderungen der Kraftfahrzeughersteller bestimmt sind, müssen auch die Geometrien der Blendenkanten der Strahlenblende an die jeweiligen geometrischen Vorgaben des betreffenden Kraftfahrzeugscheinwerfers angepasst werden können. Dies gelingt am einfachsten mittels einer Blendenkante, die als Freiformkurve gestaltet ist. Wie bereits zuvor festgehalten wurde ist die zumindest eine optisch aktive Blendenkante vorzugsweise als glatte Freiformkurve gestaltet, die keine Strukturierungen wie Stege, Rahmen oder vergleichbare Unterbrechungen aufweist. Zur Festlegung bzw. Berechnung einer solchen glatten Freiformkurve kann beispielsweise eine Spline-Interpolation dienen, mit deren Hilfe vordefinierte Stützstellen mit Hilfe stückweise stetiger Polynome, sogenannter Splines, interpoliert werden, um vorteilhaft einen glatten, unterbrechungsfreien Kurvenverlauf zu erhalten.

**[0025]** Bevorzugt ist bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung die zumindest eine Strahlenblende in optischer Längsachsenrichtung von einer Linsenbrennpunktebene in einem Abstand von 10% bis 90%, vorzugsweise von 30% bis 70%, besonders bevorzugt von 50%, eines Schnittweitenabstands zwischen der Linsenbrennpunktebene und einer Linsenapexebene der Sekundäroptik beabstandet. In dieser Ausführung ist die Strahlenblende zwischen der Linsenbrennpunktebene und der Linsenapexebene der Sekundäroptik befestigt.

**[0026]** Bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung ist besonders vorteilhaft, dass der Abstand der zumindest einen Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene durch Farbsensormessungen und/oder Farbsimulationsberechnungen als Differenz des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Rotlichtanteil gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Rotlichtanteil im Lichtstrahl und des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Blaulichtanteils gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Blaulichtanteils im Lichtstrahl bestimmbar ist, wobei bei einer positiven Differenz ein erhöhter Blaulichtanteil abgeschattet wird und bei einer negativen Differenz ein erhöhter Rotlichtanteil durch die Strahlenblende abgeschattet wird. Vorteilhaft wird in dieser Ausführungsvariante für eine in einem bestimmten Abstand von der Linsenbrennpunktebene aus in Richtung der optischen Längsachse gewählte Blendenposition der Strahlenblende durch Farbsensormessungen die relativen Unterschiede zwischen abgeschirmten Rotlichtanteilen bzw. Blaulichtanteilen infolge der Abschirmung der entsprechenden Lichtanteile an der Strahlenblende gegenüber den Rotlichtanteilen bzw. Blaulichtanteilen ohne Strahlenblende bestimmt. Dazu wird die Strahlenblende bzw. werden die Blendenkanten der Strahlenblende jeweils mit unterschiedlichen Normalabständen zur optischen Achse jeweils in demselben Abstand der Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene aus in Richtung der optischen Längsachse untersucht und dabei eine jeweils optimale Position der Blendenkanten hinsichtlich der Effizienz der Beleuchtungsvorrichtung, selektiv blaue Grenzlichtstrahlen abzuschatten, ermittelt. Durch Iteration des Abstands der Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene aus in Richtung der optischen Längsachse werden diese Relativmessungen für unterschiedliche Abstände von der Linsenbrennpunktebene aus wiederholt. Somit kann durch Versuchsmessungen ein Verlauf der Differenz des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Rotlichtanteil gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Rotlichtanteil im Lichtstrahl und des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Blaulichtanteils gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Blaulichtanteils im Lichtstrahl als Funktion des Abstands der Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene aus in Richtung der optischen Längsachse ermittelt werden.

**[0027]** In der Praxis werden in Ergänzung oder alternativ zu der vorhin beschriebenen "realen" Messmethode an einem realen Prototypen eines Scheinwerfers zunehmend auch "virtuelle" Messungen mittels Simulationsberechnung durchgeführt. Für solche "virtuellen" Bestimmungen bzw. Berechnungen wird beispielsweise ein Raytrace®-Simulationsprogramm eingesetzt.

**[0028]** Der bevorzugte Abstand der Strahlenblende bzw. der Blendenkanten der Strahlenblende normal zur

optischen Längsachse wird dabei jeweils als Kompromiss zwischen der erwünschten Abschattung der blauen Grenzlichtstrahlen und der zu erzielenden Gesamteffizienz der Beleuchtungsvorrichtung ermittelt. Da bei stärkerer Abschattung auch die Gesamteffizienz der Beleuchtungsvorrichtung sinkt, muss die jeweilige Position der Strahlenblende daher so gewählt werden, dass der abgeschirmte Blaulichtanteil höher ist als der Anteil an abgeschirmten roten Grenzlichtstrahlen.

**[0029]** In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung beträgt bei einer Beleuchtungsvorrichtung für Abstände der Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene in Richtung der optischen Achse von 20 mm bis 25 mm die Differenz des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Rotlichtanteil gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Rotlichtanteil im Lichtstrahl und des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende abgeschirmten Blaulichtanteils gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Blaulichtanteils im Lichtstrahl einen Wert von 0,1 bis 0,2. Bei den ermittelten positiven Differenzen mit Werten von 0,1 bis 0,2 wird vorteilhaft selektiv ein erhöhter Blaulichtanteil abgeschattet, wobei die Gesamteffizienz der Beleuchtungsvorrichtung dennoch hoch bleibt.

**[0030]** Zweckmäßig ist bei einer Beleuchtungsvorrichtung gemäß der Erfindung die zumindest eine Strahlenblende auf einer Primäroptikhalterung gemeinsam mit der Primäroptik befestigt. In dieser Ausführung sind besonders komfortabel die Strahlenblende und die Primäroptik gemeinsam befestigt.

**[0031]** In einer besonders kompakten Ausführungsform der Erfindung ist bei einer Beleuchtungsvorrichtung die zumindest eine Strahlenblende in die Primäroptik integriert.

**[0032]** Neben den Vorteilen einer besonders kompakten Bauweise der Einheit aus Primäroptik und Strahlenblende kann sich die Strahlenblende in ihrer Position in Bezug zur Primäroptik nicht unbeabsichtigt verstellen, was einen weiteren Vorteil dieser Ausführung darstellt.

**[0033]** Von Vorteil ist bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung ein Differenzabstand zwischen einem blauen Grenzlichtstrahl und einem roten Grenzlichtstrahl transversal zur optischen Längsachse abhängig vom Abstand in optischer Längsachsenrichtung sowie abhängig vom Material der lichtleitenden Vorsatzoptik. Bei Versuchen hat sich gezeigt, dass beispielsweise bei Polycarbonat als lichtleitendem Material eine besonders deutliche Farbaufspaltung ausgeprägt ist bzw. bei Polycarbonat besonders große Differenzabstände zwischen blauen und roten Grenzlichtstrahlen auftreten. Eine selektive Abschattung von blauen Grenzlichtstrahlen ist damit aufgrund der großen Differenzabstände transversal zur optischen Längsachsenrichtung bei einer lichtleitenden Vorsatzoptik aus Polycarbonat besonders einfach möglich.

**[0034]** Zweckmäßig umfasst bei einer Beleuchtungsvorrichtung gemäß der Erfindung die Sekundäroptik eine Projektionslinse mit einer Linseneintrittsfläche, die plan oder sphärisch geformt sein kann, und einer zumeist asphärischen Linsenaustrittsfläche. Vorteilhaft kann diese Ausführung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung bei Scheinwerfern mit einer abbildenden Optik eingesetzt werden. Die Lichtmodule derartiger Scheinwerfer werden üblicherweise als Lichtmodule mit Vorsatzoptik und nachgeschalteter Projektionslinse bezeichnet.

**[0035]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Beleuchtungsvorrichtung zur Erzeugung einer Abblendlicht- oder Fernlicht-Verteilung eingerichtet. Vorteilhaft kann mit einer Beleuchtungsvorrichtung mit der zumindest einen Strahlenblende wahlweise eine Abblendlicht- oder Fernlicht-Verteilung erzielt werden, bei der jeweils selektiv blaue Grenzlichtstrahlen im Lichtfarbsaum abgeschattet sind. Der Wechsel zwischen Abblendlicht und Fernlicht erfolgt dabei üblicherweise durch eine entsprechende Ausgestaltung der Kombination aus einer oder mehreren Lichtquellen mit der Vorsatzoptik.

**[0036]** Weiters umfasst die Erfindung einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit zumindest einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung. Vorteilhaft werden somit Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung bereitgestellt, welche eine möglichst "weiße" bzw. farbneutrale Lichtverteilung des beleuchteten Vorfelds ohne störende blaue Farblichtränder ermöglichen. Mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung ausgestattete Kraftfahrzeugscheinwerfer werden somit aufgrund ihrer gleichmäßigen farbneutralen Lichtverteilung als besonders hochwertig empfunden.

**[0037]** Außerdem kann im Rahmen der Erfindung ein Kraftfahrzeug mit zumindest einem Kraftfahrzeugscheinwerfer, der mit zumindest einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung ausgerüstet ist, angegeben werden. Die zuvor genannten Vorteile der erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung gelten somit auch für das mit zumindest einem Kraftfahrzeugscheinwerfer ausgerüstete Kraftfahrzeug.

**[0038]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Erläuterung eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 in einer isometrischen Ansicht einen schematischen Aufbau einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung;
- Fig. 2 in einer teilweisen Schnittansicht von der Seite eine weitere Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung;
- Fig. 3 eine Detailansicht von der Seite des Lichtstrahlengangs eines direkten Lichtstrahls in der Vorsatzoptik;
- Fig. 4 eine Detailansicht von der Seite des Lichtstrahlengangs mit zweifach-umgelenktem Lichtstrahl in der Vorsatzoptik;

- Fig. 5 bis 7 jeweils in Diagrammdarstellung für unterschiedliche Materialien der lichtleitenden Vorsatzoptik den Verlauf des Differenzabstands $\Delta y$ zwischen Grenzlichtstrahlen als Funktion des Winkels $\varphi$ zwischen optischer Achse und Grenzlichtstrahl;
- Fig. 8 in einer Seitenansicht eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung mit einer Blendenposition der Strahlenblende bei halber Schnittweite;
- Fig. 9 in Diagrammform den Verlauf des Auswahlkriteriums $\Delta$(R-B) als Funktion des Abstands z der Strahlenblende von der Linsenbrennpunktebene zu Bestimmung einer geeigneten Blendenposition im Strahlengang;
- Fig. 10 in einer schematischen isometrischen Ansicht von der Seite eine alternative Position einer farbkorrigierenden Strahlenblende als Teil der Vorsatzoptik-Halterung;
- Fig. 11 in einer isometrischen Ansicht schräg von oben die in Fig. 10 veranschaulichte farbkorrigierende Strahlenblende als Teil der Vorsatzoptik-Halterung;
- Fig. 12 in einer Frontalansicht die in Fig. 11 dargestellte Anordnung;
- Fig. 13 in einer teilweisen Schnittansicht schräg von der Seite den Verlauf der Blendenkanten bei dem in Fig. 10 bis Fig. 12 gezeigten Beispiel samt der Primäroptikhalterung;
- Fig. 14 eine Detailansicht von der Seite die Abschattung von Grenzlichtstrahlen eines in der Vorsatzoptik direkt geleiteten Lichtstrahls.

**[0039]** Fig. 1 veranschaulicht einen schematischen Aufbau einer ersten Ausführung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung 1 mit einem Lichtmodul 2 sowie mit zumindest einer Lichtemissionsquelle 10 bzw. mit mindestens einem Lichtemissionspunkt 10. Eine Primäroptik 100, die hier mit den Lichtemissionsquellen 10 verbunden ist, weist dazu eine lichtleitende aus transparentem Material bestehende Vorsatzoptik 102 mit mehreren Lichtleitern 102 jeweils mit Lichteintrittsflächen 101 sowie mit Lichtaustrittsflächen 103 auf. Lichtstrahlen 50, die hier strichliert angedeutet sind, werden von den Lichtaustrittsflächen 103 der Vorsatzoptik 102 zu einer Sekundäroptik 300, die hier als Projektionslinse 303 mit einer Linseneintrittsfläche 301 und einer Linsenaustrittsfläche 302 ausgebildet ist und die in Richtung einer optischen Längsachse 150 von der Primäroptik beabstandet ist, geleitet. Im Lichtstrahlengang ist dazu eine Strahlenblende 200 in einer Blendenebene 210 angeordnet, wobei Blendenkanten 220 der Strahlenblende 200 derart in den Lichtstrahl 50 ragen, dass selektiv blaue Grenzlichtstrahlen 51 bzw. blaue Lichtanteile 51 eines Lichtfarbsaums 250, 251, 252 des Lichtstrahls 50 abgeschattet werden, während rote Grenzlichtstrahlen 52 bzw. rote Lichtanteile 52 die Strahlenblende 200 ungehindert passieren und somit ohne Abschattung zur Sekundäroptik 300 gelangen. Die Strahlenblende 200 ist hier einteilig mit einer Blendenausnehmung 215 sowie mit einer umlaufenden, glatt durchgehenden Blendenkante 220 ausgeführt. In der Zeichnung links unten ist das hier verwendete Koordinatensystem skizziert, auf das im Weiteren noch Bezug genommen wird. Die z-Achsenrichtung ist hier durch die Richtung der optischen Längsachse 150 der Beleuchtungsvorrichtung 1 festgelegt. Die Blendenebene 210 ist im Wesentlichen senkrecht zur optischen Längsachse 150 bzw. senkrecht zur z-Achsenrichtung angeordnet.

**[0040]** Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung 1 in einer teilweisen Schnittansicht von der Seite. Die Strahlenblende 200 ist hier zweiteilig ausgeführt, wobei ein erster Blendenteil 201 mit einer ersten, glatt durchgehenden Blendenkante 221 sowie ein zweiter Blendenteil 202 mit einer zweiten Blendenkante 222 ausgerüstet ist. Auch die zweite Blendenkante 222 ist ebenfalls ohne Unterteilungen oder Unterbrechungen glatt durchgehend gestaltet. Der erste Blendenteil 201 sowie der zweite Blendenteil 202, die gemeinsam die Strahlenblende 200 bilden, sind jeweils in derselben Blendenebene 210 angeordnet. Der erste Blendenteil 201 ist hier unterhalb einer Horizontalebene durch die optische Längsachse 150 befestigt, während der zweite Blendenteil 202 die oberhalb der Horizontalebene durch die optische Längsachse 150 angeordnete Blendenkante 222 bereitstellt. Die untere bzw. erste Blendenkante 221 ist hier in einem Normalabstand $y_1$ in negativer y-Koordinatenrichtung von der optischen Längsachse 150 beabstandet. Die obere bzw. zweite Blendenkante 222 ist hier in einem Normalabstand $y_2$ in positiver y-Koordinatenrichtung von der optischen Längsachse 150 beabstandet. Lichtstrahlen 50, welche die Strahlenblende 200 passieren sowie Grenzlichtstrahlen 51, 52, welche einen Lichtfarbsaum 250 bilden, sind wiederum als strichlierte Pfeile veranschaulicht. Blaue Grenzlichtstrahlen 51 bzw. blaue Lichtanteile 51 eines oberen Lichtfarbsaums 251 sowie eines unteren Lichtfarbsaums 252 werden dabei jeweils selektiv vom ersten Blendenteil 201 bzw. vom zweiten Blendenteil 202 abgeschattet. Rote Grenzlichtstrahlen 52 bzw. rote Lichtanteile 52 des oberen Lichtfarbsaums 251 sowie des unteren Lichtfarbsaums 252 gelangen ohne Abschattung an den Blendenkanten 221, 222 vorbei zur Sekundäroptik. Die Blendenebene 210 ist hier in einem Abstand z von einer Linsenbrennpunktebene 110 entfernt angeordnet. Der gesamte Abstand zwischen Linsenbrennpunktebene 110 und Linsenapexebene 310 ist als Schnittweite SW bezeichnet.

**[0041]** Fig. 3 zeigt in einer Detailansicht den Lichtstrahlengang eines direkten Lichtstrahls 50 in der lichtleitenden Vorsatzoptik 102. Die Vorsatzoptik 102 weist hier eine Länge 120 in Richtung der optischen Längsachse 150 auf. Licht, welches in den Lichtemissionsquellen 10 erzeugt wird, gelangt an der Lichteintrittsfläche 101 in die lichtleitende Vorsatzoptik 102 und verlässt diese wieder an der gegenüberliegenden Lichtaustrittsfläche 103. Die einzelnen Lichtleiter der lichtleitenden Vorsatzoptik 102 weisen hier beispielsweise rechteckige Querschnitte auf, welche sich von der Lichteintrittsfläche 101 zur

Lichtaustrittsfläche 103 hin im Wesentlichen konisch erweitern. Die Vorsatzoptik 102 bzw. die einzelnen Lichtleiter 102 weist bzw. weisen einen Öffnungswinkel $\alpha$ in Richtung zur Lichtaustrittsfläche 103 auf. Die durch die Vorsatzoptik 102 geleiteten, direkten Lichtstrahlen 50 werden beim Austritt aus der lichtleitenden Vorsatzoptik 102 im Bereich des Lichtfarbsaums in blaue Grenzlichtstrahlen 51 bzw. in rote Grenzlichtstrahlen 52 aufgespalten. Die vergleichsweise kurzwellige blaue Strahlung bzw. der blaue Lichtanteil 51 wird dabei stärker als die vergleichsweise langwellige rote Strahlung bzw. der rote Lichtanteil 52 gebrochen. Ein Austrittswinkel $\varphi_{1,B}$ zwischen optischer Längsachse 150 und dem blauen Grenzlichtstrahl 51 ist somit größer als ein Austrittswinkel $\varphi_{1,R}$ zwischen optischer Achse 150 und dem rotem Grenzlichtstrahl 52. Ebenso ist ein Normalabstand $y_{(B)}$ des blauen Grenzlichtstrahls 51 von der optischen Längsachse 150, der in der Blendenebene 210 gemessen wird, größer als ein Normalabstand $y_{(R)}$ des roten Grenzlichtstrahls 52 von der optischen Längsachse 150. Ein Differenzabstand $\Delta y$ zwischen roten und blauen Grenzlichtstrahlen 51, 52, gemessen als Normalabstand zur optischen Längsachse 150 in der Blendenebene 210, ist umso größer, je größer der Abstand z der Blendenebene 210 von der Ebene 110 durch den Linsenbrennpunkt ist. Weiters hängt der Differenzabstand $\Delta y$ von der Materialauswahl der lichtleitenden Vorsatzoptik 102 ab, wie in den nachfolgenden Abbildungen Fig. 5 bis Fig. 7 veranschaulicht ist.

**[0042]** Fig. 4 zeigt in einer schematischen Detailansicht den Lichtstrahlengang eines zweifach-umgelenkten Lichtstrahls 55 in der Vorsatzoptik 102. Der umgelenkte Lichtstrahl 55 tritt dabei unter einem Austrittswinkel $\varphi_0$ in Bezug zur Richtung der optischen Längsachse 150 an der Lichtaustrittsfläche 103 der Vorsatzoptik 102 aus. Im Bereich des Lichtfarbsaums werden die blauen Grenzlichtstrahlen 51 bzw. der blaue Lichtanteil 51 wiederum stärker als die roten Grenzlichtstrahlen 51 bzw. der rote Lichtanteil 52 gebrochen. Ein Austrittswinkel $\varphi_{01,B}$ zwischen optischer Achse 150 und dem blauen Grenzlichtstrahl 51 ist wiederum größer als ein Austrittswinkel $\varphi_{01,R}$ zwischen optischer Achse 150 und dem rotem Grenzlichtstrahl 52. Die hier nicht gezeigte Strahlenblende wird dabei mit ihrer Blendenkante solcherart in der Blendenebene 210 positioniert, dass die Blendenkante in einem Normalabstand zur optischen Längsachse 150 angeordnet ist, der zwischen dem Normalabstand $y_{(B)}$ des blauen Grenzlichtstrahls 51 und dem Normalabstand $y_{(R)}$ des roten Grenzlichtstrahls 52 liegt. Der Differenzabstand $\Delta y$ zwischen den roten und blauen Grenzlichtstrahlen 51, 52 ist bei dem in Fig. 4 gezeigten Strahlengang eines zweifach-umgelenkten Lichtstrahls 55 etwas größer als im Fall des in Fig. 3 veranschaulichten Strahlengangs eines direkten Lichtstrahls 50.

**[0043]** Somit ist dem Fachmann klar, dass abhängig davon, ob die Positionierung der optisch aktiven Blendenkanten anhand des Differenzabstands $\Delta y$ der direkten Lichtstrahlen 50 oder der in der lichtleitenden Vorsatzoptik 102 bereits umgelenkten Lichtstrahlen 55 erfolgt, es möglicherweise auch in einem geringeren Ausmaß zur Abschattung von roten Grenzlichtstrahlen kommen kann. Somit gilt es bei der Positionierung der Blendenkanten ein Optimum zwischen einer möglichst vollständigen Abschattung der blauen Grenzlichtstrahlen und einem möglichst ungehinderten Blendendurchtritt der roten Grenzlichtstrahlen zu finden.

**[0044]** Die Abbildungen Fig. 5 bis Fig. 7 zeigen jeweils in Diagrammdarstellung für unterschiedliche Materialien der lichtleitenden Vorsatzoptik 102 den Verlauf des Differenzabstands $\Delta y$ zwischen blauen 51 und roten 52 Grenzlichtstrahlen als Funktion des Austrittswinkels $\varphi$ zwischen der optischen Längsachse 150 und dem jeweiligen Grenzlichtstrahl 51,52. Fig. 5 zeigt dabei die Verläufe des Differenzabstands $\Delta y$ für einen Lichtleiter 102 aus Polymethylmethacrylat (PMMA), wobei die Datenreihen für unterschiedliche Abstände z in 10 mm, 50 mm sowie 80 mm Entfernung von der Linsenbrennpunktebene bzw. von der Primäroptik 100 ermittelt wurden. Dabei ist ersichtlich, dass bei größerem Abstand z von 80 mm von der Primäroptik der Differenzabstand $\Delta y$ größer ist als bei demselben Austrittswinkel $\varphi$ bei einem geringeren Abstand z. Beispielsweise beträgt bei einem Lichtleiter aus PMMA in einer Entfernung z von 80 mm bei einem Austrittswinkel $\varphi$ von 20° der Differenzabstand $\Delta y$ etwa 0,4 mm.

**[0045]** In Fig. 6, in der die Verläufe des Differenzabstands $\Delta y$ für einen Lichtleiter 102 aus Silikon ermittelt wurden, wobei die Datenreihen ebenfalls für unterschiedliche Abstände z in 10 mm, 50 mm sowie 80 mm Entfernung von der Linsenbrennpunktebene bzw. von der Primäroptik 100 dargestellt sind, beträgt beispielsweise in einer Entfernung z von 80 mm bei einem Austrittswinkel $\varphi$ von 20° der Differenzabstand $\Delta y$ etwa 0,3 mm.

**[0046]** Fig. 7 veranschaulicht die Verläufe des Differenzabstands $\Delta y$ für einen Lichtleiter 102 aus Polycarbonat (PC). Auch hier sind die Datenreihen für unterschiedliche Abstände z in 10 mm, 50 mm sowie 80 mm Entfernung von der Linsenbrennpunktebene bzw. von der Primäroptik 100 dargestellt. Beispielsweise beträgt für einen Lichtleiter aus Polycarbonat in einer Entfernung z von 80 mm bei einem Austrittswinkel $\varphi$ von 20° der Differenzabstand $\Delta y$ etwa 1,0 mm.

**[0047]** Im Vergleich der drei untersuchten Materialien PMMA, Silikon und PC zeigt sich, dass ein Lichtleiter aus Polycarbonat (PC) aufgrund des vergleichsweise großen Differenzabstands $\Delta y$ zwischen austretenden blauen und roten Grenzlichtstrahlen besonders gut geeignet ist, um bei einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung in Kombination mit einer in Strahlenrichtung nachgeschalteten Strahlenblende selektiv störende blaue Grenzlichtstrahlen abzuschatten.

**[0048]** Fig. 8 zeigt ein sogenanntes "PixelLite"-Lichtmodul 2 mit einer Blendenposition 210 der Strahlenblende 200 bei halber Schnittweite SW. Die Blendenebene 210 ist hier also in Richtung der optischen Längsachse

150 genau mittig zwischen der Ebene 110 durch den Linsenbrennpunkt und der Linsenapexebene 310 angeordnet.

**[0049]** Fig. 9 zeigt in Diagrammform den Verlauf des Auswahlkriteriums $\Delta$(R-B) als Funktion des Abstands z der Strahlenblende 200 von der Linsenbrennpunktebene 110 zu Bestimmung einer geeigneten Blendenposition 210 im Strahlengang zwischen der Primäroptik 100 und der Sekundäroptik 300. Dazu wird für einen bestimmten, gewählten Abstand z der Strahlenblende 200 von der Linsenbrennpunktebene 110 aus durch Farbsensormessungen eine Differenz $\Delta$(R-B) des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende 200 abgeschirmten Rotlichtanteil R gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Rotlichtanteil R im Lichtstrahl 50 und des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende 200 abgeschirmten Blaulichtanteil B gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Blaulichtanteil B im Lichtstrahl 50 bestimmt. Durch Iteration der Abstände z der Strahlenblende 200 sowie durch Variation des Normalabstands der Blendenkante 220 in x-Koordinatenrichtung bzw. in y-Koordinatenrichtung, jeweils von der optischen Längsachse 150 weg gemessen, wird für eine bestimmte Messanordnung beispielhaft der in Fig. 9 gezeigte Verlauf ermittelt. Bei einer positiven Differenz $\Delta$(R-B) wird ein erhöhter Blaulichtanteil B abgeschattet und bei einer negativen Differenz $\Delta$(R-B) wird ein erhöhter Rotlichtanteil R durch die Strahlenblende 200 abgeschattet. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist vorteilhafterweise eine Blendenposition mit einem Abstand z von 20 mm bis 25 mm zu wählen, um einerseits eine selektive Abschattung des Blaulichtanteils B zu erzielen und andererseits eine hohe Effizienz des Gesamtsystems zu gewährleisten. Die Differenz $\Delta$(R-B) beträgt dabei von 0,1 bis 0,2, wobei der Abstand z und die Differenz $\Delta$(R-B) direkt proportional zusammenhängen. Bei einer stärkeren Abschattung werden auch rote Lichtanteile R mit abgeschattet und folglich sinkt die Gesamteffizienz bzw. die gemessene Differenz $\Delta$(R-B) weist negative Werte auf.

**[0050]** Fig. 10 zeigt eine alternative Position einer farbkorrigierenden Strahlenblende 200 als Teil einer Vorsatzoptik-Halterung 105. Die Strahlenblende 200 ist hier in der Primäroptik 100 integriert und gemeinsam mit dieser an der Primäroptikhalterung befestigt.

**[0051]** Fig. 11 stellt schräg von oben die in Fig. 10 veranschaulichte farbkorrigierende Strahlenblende 200 als Teil der Vorsatzoptik-Halterung 105 dar. Die Blendenebene 210 der Strahlenblende 200 ist hier innerhalb eines Lichtaustrittskegels 500 mit einer Begrenzungskante 510 angeordnet.

**[0052]** Fig. 12 zeigt in einer Frontalansicht die in Fig. 11 dargestellte Anordnung, wobei die Blendenkanten 221, 222 strichliert eingezeichnet sind. Die Blendenkanten 221, 222 weisen hier jeweils Verläufe von Freiformkurven 240 auf.

**[0053]** In Fig. 13 ist die Primäroptikhalterung 105 teilweise freigeschnitten dargestellt. Die Blendenkanten 221, 222 in Form einer Freiformkurve 240 werden hier durch die Primäroptikhalterung 105 gebildet. Die Strahlenblende 200 ist somit in die Primäroptikhalterung 105 integriert.

**[0054]** Fig. 14 zeigt - vergleichbar mit Fig. 3 - in einer Detailansicht von der Seite die Abschattung von Grenzlichtstrahlen 51, 52 eines in der Vorsatzoptik 102 direkt geleiteten Lichtstrahls 50. Allerdings ist hier in Fig. 14 im Gegensatz zu Fig. 3 auch ein Blendenteil 202 einer Strahlenblende 200 dargestellt. Ein blauer Grenzlichtstrahl 51 des Lichtfarbsaums 251 wird hier von der Strahlenblende 200 abgeschattet, während ein roter Grenzlichtstrahl 52 die Blendenebene 210 ohne Abschattung passiert und somit vorteilhaft zur Gesamteffizienz der Beleuchtungsvorrichtung 1 beiträgt.

## LISTE DER POSITIONSZEICHEN

**[0055]**

| | |
|---|---|
| 1 | Beleuchtungsvorrichtung |
| 2 | Lichtmodul |
| 10 | Lichtemissionsquelle bzw. Lichtemissionspunkt |
| 50 | Lichtstrahl |
| 51 | blauer Grenzlichtstrahl bzw. blauer Lichtanteil |
| 52 | roter Grenzlichtstrahl bzw. roter Lichtanteil |
| 55 | umgelenkter Lichtstrahl |
| 100 | Primäroptik |
| 101 | Lichteintrittsfläche der Vorsatzoptik |
| 102 | Lichtleiter, einzelne lichtleitende Vorsatzoptik |
| 103 | Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik |
| 105 | Primäroptikhalterung |
| 110 | Ebene durch Linsenbrennpunkt |
| 120 | Länge der Vorsatzoptik |
| 150 | optische Längsachse |
| 200 | Strahlenblende |
| 201 | erster Blendenteil |
| 202 | zweiter Blendenteil |
| 210 | Blendenebene |
| 215 | Blendenausnehmung |
| 220 | Blendenkante |
| 221 | erste bzw. untere Blendenkante bzw. Blendenkantenabschnitt |
| 222 | zweite bzw. obere Blendenkante bzw. Blendenkantenabschnitt |
| 240 | Freiformkurve |
| 250 | Lichtfarbsaum (Lichtstrahlen strichliert) |
| 251 | oberer Lichtfarbsaum (Lichtstrahlen strichliert) |
| 252 | unterer Lichtfarbsaum (Lichtstrahlen strichliert) |
| 300 | Sekundäroptik |
| 301 | Linseneintrittsfläche |
| 302 | Linsenaustrittsfläche |
| 303 | Projektionslinse |
| 310 | Linsenapexebene |
| 500 | Lichtaustrittskegel |
| 510 | Begrenzungskante des Lichtaustrittskegels |
| R | Rotlichtanteil |
| B | Blaulichtanteil |

SW Schnittweite, Abstand zwischen Linsenbrennpunktebene und Linsenapexebene
y Normalabstand zur optischen Achse
$\Delta y$ Differenzabstand zwischen Grenzlichtstrahlen
z Abstand zwischen Linsenbrennpunktebene und Blendenebene
$\alpha$ Öffnungswinkel der Vorsatzoptik
$\varphi$ Austrittswinkel zwischen optischer Achse und Grenzlichtstrahl
$\varphi_0$ Auftreffwinkel bei Mehrfachreflexion in der Vorsatzoptik

**Patentansprüche**

1. Beleuchtungsvorrichtung (1) für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, umfassend ein Lichtmodul (2) mit zumindest einer Lichtemissionsquelle (10), einer Primäroptik (100) und einer Sekundäroptik (300), wobei die Primäroptik (100) zumindest eine lichtleitende Vorsatzoptik (102) aufweist, die dazu eingerichtet ist, von der zumindest einen Lichtemissionsquelle (10) aufgenommenes Licht (50) durch mindestens eine Lichtaustrittsfläche (103) der Vorsatzoptik hindurch weiter auf die in optischer Längsachsenrichtung (150) nachgelagerte Sekundäroptik (300) zu richten, und wobei die Sekundäroptik (300) dazu eingerichtet ist, eine sich auf der Lichtaustrittsfläche (103) der Vorsatzoptik einstellende Lichtverteilung in ein vor der Beleuchtungsvorrichtung (1) liegendes Vorfeld abzubilden, wobei zumindest eine Strahlenblende (200) zwischen der Primäroptik (100) und der Sekundäroptik (300) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die zumindest eine Strahlenblende (200) zur Abschattung eines Lichtfarbsaums (250) angeordnet ist, wobei die zumindest eine Strahlenblende (200, 201, 202) eine optisch aktive erste Blendenkante (221) für einen unteren Lichtfarbsaum (252) sowie eine optisch aktive zweite Blendenkante (222) für einen oberen Lichtfarbsaum (251) bildet, und die optisch aktiven Blendenkanten (220, 221, 222) jeweils derart im Lichtstrahl (50) angeordnet sind, dass selektiv blaue Grenzlichtstrahlen (51) des Lichtfarbsaums (250, 251, 252) abschattbar sind.

2. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optisch aktiven Blendenkanten (220, 221, 222) jeweils derart im Lichtstrahl (50) angeordnet sind, dass rote Grenzlichtstrahlen (52) ohne Abschattung zur Sekundäroptik (300) gelangen.

3. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optisch aktiven Blendenkanten (220, 221, 222) zwischen den blauen Grenzlichtstrahlen (51) und den roten Grenzlichtstrahlen (52) des Lichtfarbsaums (250, 251, 252) in den Lichtstrahl (50) ragen.

4. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Strahlenblende (200, 201, 202) in einer Blendenebene (210) im Wesentlichen senkrecht zur optischen Längsachse (150) angeordnet ist.

5. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlenblende (200) einteilig ausgeführt ist und eine Blendenausnehmung (215) aufweist, die eine durchgehende optisch aktive Blendenkante (220) mit einem ersten Blendenkantenabschnitt (221) für einen unteren Lichtfarbsaum (252) sowie einem zweiten Blendenkantenabschnitt (222) für einen oberen Lichtfarbsaum (251) bildet, wobei die Blendenkante (220) in Einbaulage die optische Längsachse (150) umschließt.

6. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlenblende (201, 202) zweiteilig ausgeführt ist, wobei ein erster Blendenteil (201) mit einer ersten optisch aktiven Blendenkante (221) sowie ein zweiter Blendenteil (202) mit einer zweiten optisch aktiven Blendenkante (222) an gegenüberliegenden Seiten der optischen Längsachse (150) angeordnet sind.

7. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Blendenteil (201) und der zweite Blendenteil (202) in unterschiedlichen, in optischer Längsachsenrichtung (150) voneinander beabstandeten Blendenebenen (210) angeordnet sind.

8. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine optisch aktive Blendenkante (220, 221, 222) eine Freiformkurve (240) ist.

9. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Strahlenblende (200, 201, 202) in optischer Längsachsenrichtung (150) von einer Linsenbrennpunktebene (110) in einem Abstand (z) von 10% bis 90%, vorzugsweise von 30% bis 70%, besonders bevorzugt von 50%, eines Schnittweitenabstands (SW) zwischen der Linsenbrennpunktebene (110) und einer Linsenapexebene (310) der Sekundäroptik (300) beabstandet ist.

10. Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (z) der zumindest einen Strahlenblende (200, 201, 202) von der Linsenbrennpunktebene

(110) durch Farbsensormessungen und/oder Farbsimulationsberechnungen als Differenz Δ (R-B) des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende (200, 201, 202) abgeschirmten Rotlichtanteil (R) gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Rotlichtanteil (R) im Lichtstrahl (50) und des relativen Unterschieds zwischen einem durch die Strahlenblende (200, 201, 202) abgeschirmten Blaulichtanteil (B) gegenüber dem ohne Strahlenblende durchgehenden Blaulichtanteil (B) im Lichtstrahl (50) bestimmbar ist, wobei bei einer positiven Differenz Δ(R-B) ein erhöhter Blaulichtanteil (B) abgeschattet wird und bei einer negativen Differenz Δ(R-B) ein erhöhter Rotlichtanteil (R) durch die Strahlenblende (200, 201, 202) abgeschattet wird.

**11.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** für einen Abstand (z) der Strahlenblende (200, 201, 202) von der Linsenbrennpunktebene (110) von 20 mm bis 25 mm die Differenz Δ(R-B) einen Wert von 0,1 bis 0,2 beträgt.

**12.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Strahlenblende (200) auf einer Primäroptikhalterung (105) gemeinsam mit der Primäroptik (100) befestigt ist.

**13.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Strahlenblende (200) in die Primäroptik (100) integriert ist.

**14.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Differenzabstand (Δy) zwischen einem blauen Grenzlichtstrahl (51) und einem roten Grenzlichtstrahl (52) transversal zur optischen Längsachse (150) abhängig vom Abstand (z) in optischer Längsachsenrichtung (150) sowie abhängig vom Material der lichtleitenden Vorsatzoptik (102) ist.

**15.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundäroptik (300) eine Projektionslinse (303) mit einer Linseneintrittsfläche (301) und einer Linsenaustrittsfläche (302) umfasst.

**16.** Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungsvorrichtung (1) zur Erzeugung einer Abblendlicht- oder Fernlicht-Verteilung eingerichtet ist.

**17.** Kraftfahrzeugscheinwerfer mit zumindest einer Beleuchtungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

**18.** Kraftfahrzeug mit zumindest einem Kraftfahrzeugscheinwerfer nach Anspruch 17.

## Claims

**1.** Illumination device (1) for a motor vehicle headlight, comprising a light module (2) with at least one light emission source (10), a primary optical system (100), and a secondary optical system (300), wherein the primary optical system (100) has at least one light-conducting ancillary optical system (102), which is arranged to direct light (50) captured from the at least one light-emitting source (10), through at least one light-emitting surface (103) of the ancillary optical system, onward onto the secondary optical system (300), which is arranged downstream in the direction of the optical longitudinal axis (150), and wherein the secondary optical system (300) is set up so as to map a light distribution occurring on the light exit surface (103) of the ancillary optical system into a field in front of the illumination device (1), wherein at least one beam diaphragm (200) is arranged between the primary optical system (100) and the secondary optical system (300),
**characterised in that,**
the at least one beam diaphragm (200) is arranged for the purpose of masking a colour fringe of the light (250), wherein the at least one beam diaphragm (200, 201, 202) forms an optically active first diaphragm edge (221) for a lower colour fringe of the light (252), together with an optically active second diaphragm edge (222) for an upper colour fringe of the light (251), and the optically active diaphragm edges (220, 221, 222) are each arranged in the light beam (50) such that blue threshold light beams (51) of the colour fringe of the light (250, 251, 252) can be selectively masked.

**2.** Illumination device (1) according to Claim 1, **characterised in that,** the optically active diaphragm edges (220, 221, 222) are each arranged in the light beam (50) such that red threshold light beams (52) reach the secondary optical system (300) without being masked.

**3.** Illumination device (1) according to Claim 1 or 2, **characterised in that,** the optically active diaphragm edges (220, 221, 222) protrude into the light beam (50) between the blue threshold light beams (51) and the red threshold light beams (52) of the colour fringes of the light (250, 251, 252).

**4.** Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 3, **characterised in that,** the at least one beam diaphragm (200, 201, 202) is arranged in a diaphragm plane (210) essentially at right angles to the optical longitudinal axis (150).

5. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 4, **characterised in that,** the beam diaphragm (200) is embodied in one piece, and has a diaphragm aperture (215), which forms a continuous optically active diaphragm edge (220) with a first diaphragm edge section (221) for a lower colour fringe of the light (252), and a second diaphragm edge section (222) for an upper colour fringe of the light (251), wherein in the installed position the diaphragm edge (220) encloses the optical longitudinal axis (150).

6. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 4, **characterised in that,** the beam diaphragm (201, 202) is embodied in two parts, wherein a first diaphragm part (201) with a first optically active diaphragm edge (221) and a second diaphragm part (202) with a second optically active diaphragm edge (222) are arranged on opposite sides of the optical longitudinal axis (150).

7. Illumination device (1) according to Claim 6, **characterised in that,** the first diaphragm part (201) and the second diaphragm part (202) are arranged in different diaphragm planes (210), spaced apart from one another in the direction of the optical longitudinal axis (150).

8. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 7, **characterised in that,** at least one optically active diaphragm edge (220, 221, 222) is a free-form curve (240).

9. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 8, **characterised in that,** the at least one beam diaphragm (200, 201, 202) is spaced apart, in the direction of the optical longitudinal axis (150), from a lens focal point plane (110) at a distance (z) of 10 % to 90 %, preferably of 30 % to 70 %, particularly preferably of 50 %, of a focal length spacing (SW) between the lens focal point plane (110) and a lens apex plane (310) of the secondary optical system (300) .

10. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 9, **characterised in that,** the distance (z) of the at least one beam diaphragm (200, 201, 202) from the lens focal plane (110) can be determined, by colour sensor measurements and/or colour simulation calculations, as the difference $\Delta$ (R-B) of the relative difference between a red light component (R) in the light beam (50) shielded by the beam diaphragm (200, 201, 202) with respect to the red light component (R) in the light beam (50) passing through without a beam diaphragm, and the relative difference between a blue light component (B) in the light beam (50) which is shielded by the beam diaphragm (200, 201, 202) with respect to the blue light component (B) in the light beam (50) passing through without a beam diaphragm, wherein in the case of a positive difference $\Delta$ (R-B) an increased blue light component (B) is masked, and in the case of a negative difference $\Delta$ (R-B) an increased red light component (R) is masked, by the beam diaphragm (200, 201, 202).

11. Illumination device (1) according to Claim 10, **characterised in that,** for a distance (z) of the beam diaphragm (200, 201, 202) from the lens focal plane (110) of 20 mm to 25 mm, the difference $\Delta$ (R-B) is a value of 0.1 to 0.2.

12. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 11, **characterised in that,** the at least one beam diaphragm (200) is attached to a primary optical system mounting (105), together with the primary optical system (100).

13. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 12, **characterised in that,** the at least one beam diaphragm (200) is integrated into the primary optical system (100).

14. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 13, **characterised in that,** a differential distance ($\Delta$y) between a blue threshold light beam (51) and a red threshold light beam (52) transverse to the optical longitudinal axis (150) is a function of the distance (z) in the direction of the optical longitudinal axis (150) and is also a function of the material of the light-conducting ancillary optical system (102).

15. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 14, **characterised in that,** the secondary optical system (300) comprises a projection lens (303) with a lens entry surface (301) and a lens exit surface (302).

16. Illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 15, **characterised in that,** the illumination device (1) is set up so as to generate a dipped beam or a full beam distribution.

17. Motor vehicle headlight with at least one illumination device (1) according to one of the Claims 1 to 16.

18. Motor vehicle with at least one motor vehicle headlight according to Claim 17.

**Revendications**

1. Dispositif d'éclairage (1) destiné à un projecteur de véhicule automobile, comprenant un module lumineux (2) pourvu d'au moins une source d'émission lumineuse (10), d'une optique primaire (100) et d'une optique secondaire (300), l'optique primaire (100) comportant au moins une optique rapportée (102)

photoconductrice, qui est conçue pour diriger de la lumière (50) absorbée par l'au moins une source d'émission lumineuse (10) à travers au moins une surface de sortie de la lumière (103) de l'optique rapportée plus loin sur l'optique secondaire (300) montée en aval dans la direction de l'axe longitudinal optique (150), et l'optique secondaire (300) étant aménagée pour reproduire une distribution lumineuse s'établissant sur la surface de sortie de la lumière (103) de l'optique rapportée dans une zone antérieure située à l'avant du dispositif d'éclairage (1), au moins un occulteur (200) étant placé entre l'optique primaire (100) et l'optique secondaire (300),
**caractérisé en ce que**
l'au moins un occulteur (200) est placé pour occulter une frange lumineuse colorée (250), l'au moins un occulteur (200, 201, 202) formant une première arête d'obturateur (221) optiquement active pour une frange lumineuse colorée (252) inférieure, ainsi qu'une deuxième arête d'obturateur (222) optiquement active pour une frange lumineuse colorée (251) supérieure, et les arêtes d'obturateur (220, 221, 222) optiquement actives étant placées chacune dans le faisceau lumineux (50) de telle sorte que sélectivement, des faisceaux lumineux de démarcation (51) bleus de la frange lumineuse colorée (250, 251, 252) soient occultables.

**2.** Dispositif d'éclairage (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les arêtes d'obturateur (220, 221, 222) optiquement actives sont placées chacune dans le faisceau lumineux (50) de telle sorte que des faisceaux lumineux de démarcation (52) rouges arrivent sans occultation vers l'optique secondaire (300).

**3.** Dispositif d'éclairage (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les arêtes d'obturateur (220, 221, 222) optiquement actives saillissent dans le faisceau lumineux (50) entre les faisceaux lumineux de démarcation (51) bleus et les faisceaux lumineux de démarcation (52) rouges de la frange lumineuse colorée (250, 251, 252).

**4.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'au moins un occulteur (200, 201, 202) est placé dans un plan d'occulteur (210) sensiblement perpendiculaire à l'axe longitudinal optique (150).

**5.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'occulteur (200) est réalisé en monobloc et comporte un évidement d'occulteur (215) qui forme une arête d'obturateur (220) optiquement active continue, comprenant un premier segment d'arête d'obturateur (221) pour une frange lumineuse colorée (252) inférieure, ainsi qu'un deuxième segment d'arête d'obturateur (222) pour une frange lumineuse colorée (251) supérieure, en position de montage, l'arête d'obturateur (220) entourant l'axe longitudinal optique (150) .

**6.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'occulteur (201,202) est réalisé en deux parties, une première partie d'obturateur (201) étant placée par une première arête d'obturateur (221) optiquement active et une deuxième partie d'obturateur (202) étant placée par une deuxième arête d'obturateur (222) optiquement active sur des côtés opposés de l'axe longitudinal optique (150).

**7.** Dispositif d'éclairage (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la première partie d'obturateur (201) et la deuxième partie d'obturateur (202) sont placées dans différents plans d'occulteur (210), écartés l'un de l'autre dans la direction de l'axe longitudinal optique (150).

**8.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'**au moins une arête d'obturateur (220, 221, 222) optiquement active est une courbe de forme libre (240).

**9.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** dans la direction de l'axe longitudinal optique (150), l'au moins un occulteur (200, 201, 202) est écarté d'un plan de point focal lenticulaire (110) d'un écart (z) correspondant à de 10 % à 90 %, de préférence à de 30 % à 70 %, de manière particulièrement préférentielle à 50 % d'un écart de tirage optique (SW) entre le plan de point focal lenticulaire (110) et un plan d'apex lenticulaire (310) de l'optique secondaire (300).

**10.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'écart (z) entre l'au moins un occulteur (200, 201, 202) et le plan de point focal lenticulaire (110) est susceptible d'être déterminé par des mesures au capteur de couleurs et/ ou par des calculs de simulation chromatique comme étant la différence $\Delta$ (R-B) entre la divergence relative d'une fraction de lumière rouge (R) occultée par l'occulteur (200, 201, 202) par rapport à la fraction de lumière rouge (R) continue sans occulteur dans le faisceau lumineux (50) et la divergence relative d'une fraction de lumière bleue (B) occultée par l'occulteur (200, 201, 202) par rapport à la fraction de lumière bleue (B) continue sans occulteur (B) dans le faisceau lumineux (50), dans le cas d'une différence positive $\Delta$(R-B), une fraction élevée de lumière bleue (B) étant occultée et dans le cas d'une différence négative $\Delta$ (R-B), une fraction élevée de lumière rouge (R) étant occultée par l'oc-

culteur (200, 201, 202).

**11.** Dispositif d'éclairage (1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** pour un écart (z) entre l'occulteur (200, 201, 202) et le plan de point focal lenticulaire (110) de 20 mm à 25 mm, la différence Δ (R-B) s'élève à une valeur de 0,1 à 0,2.

**12.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'au moins un occulteur (200) est fixé sur une attache d'optique primaire (105) conjointement avec l'optique primaire (100).

**13.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** l'au moins un occulteur (200) est intégré dans l'optique primaire (100).

**14.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**un écart différentiel (Δy) entre un faisceau lumineux de démarcation (51) bleu et un faisceau lumineux de démarcation (52) rouge, à la transversale de l'axe longitudinal optique (150) dépend de l'écart (z) dans la direction de l'axe longitudinal optique (150) et dépend de la matière de l'optique rapportée (102) photoconductrice.

**15.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** l'optique secondaire (300) comprend une lentille de projection (303) pourvue d'une surface d'entrée de lentille (301) et d'une surface de sortie de lentille (302).

**16.** Dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** le dispositif d'éclairage (1) est aménagé pour créer une distribution de feu de croisement ou de feu de route.

**17.** Projecteur de véhicule automobile pourvu d'au moins un dispositif d'éclairage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16.

**18.** Véhicule automobile, pourvu d'au moins un projecteur de véhicule automobile selon la revendication 17.

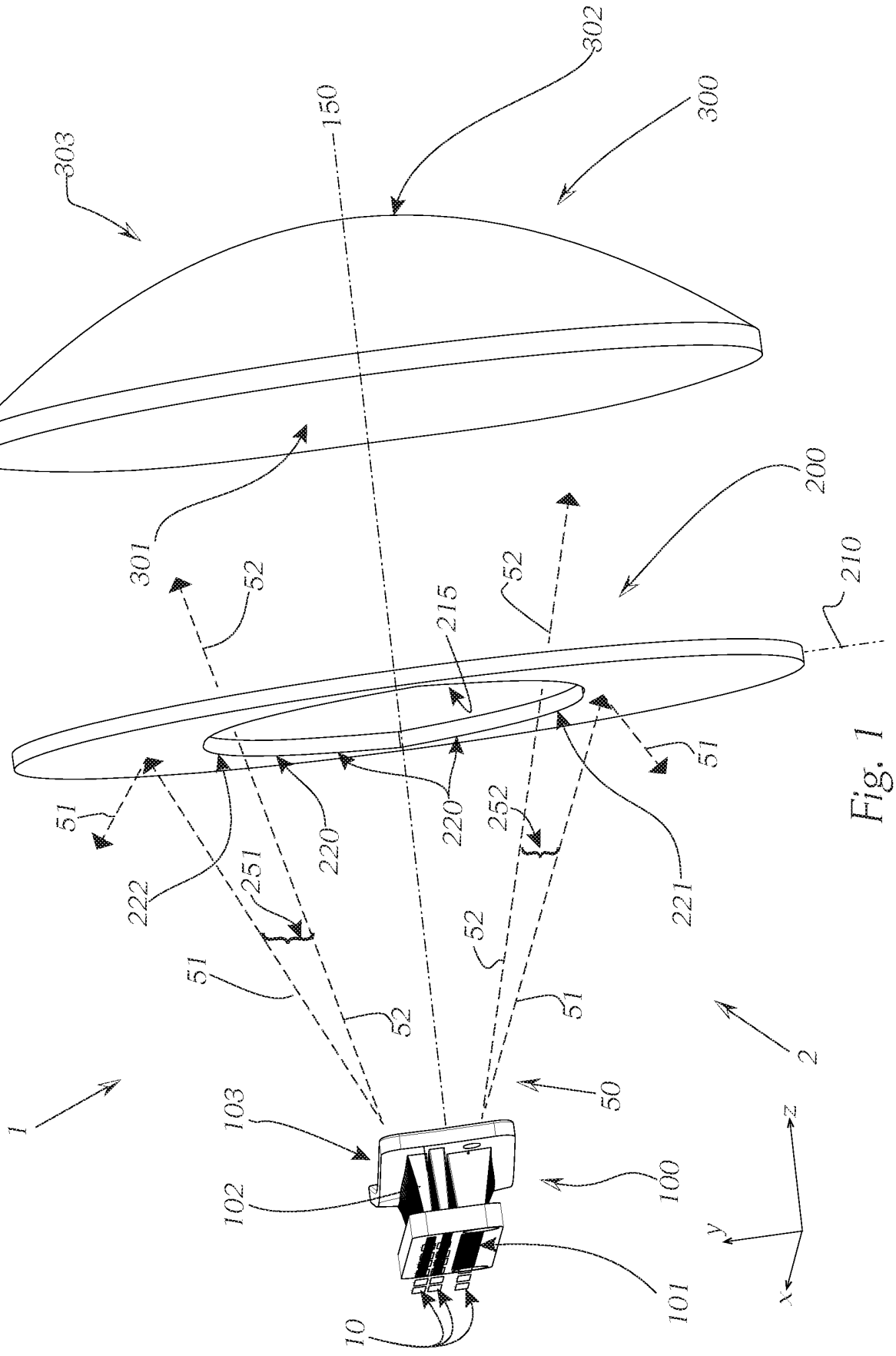

302
300
303
150
301
52
200
210
215
51
220
252
222
251
221
1
103
102
100
101
10
50
2
z
y
x

Fig. 1

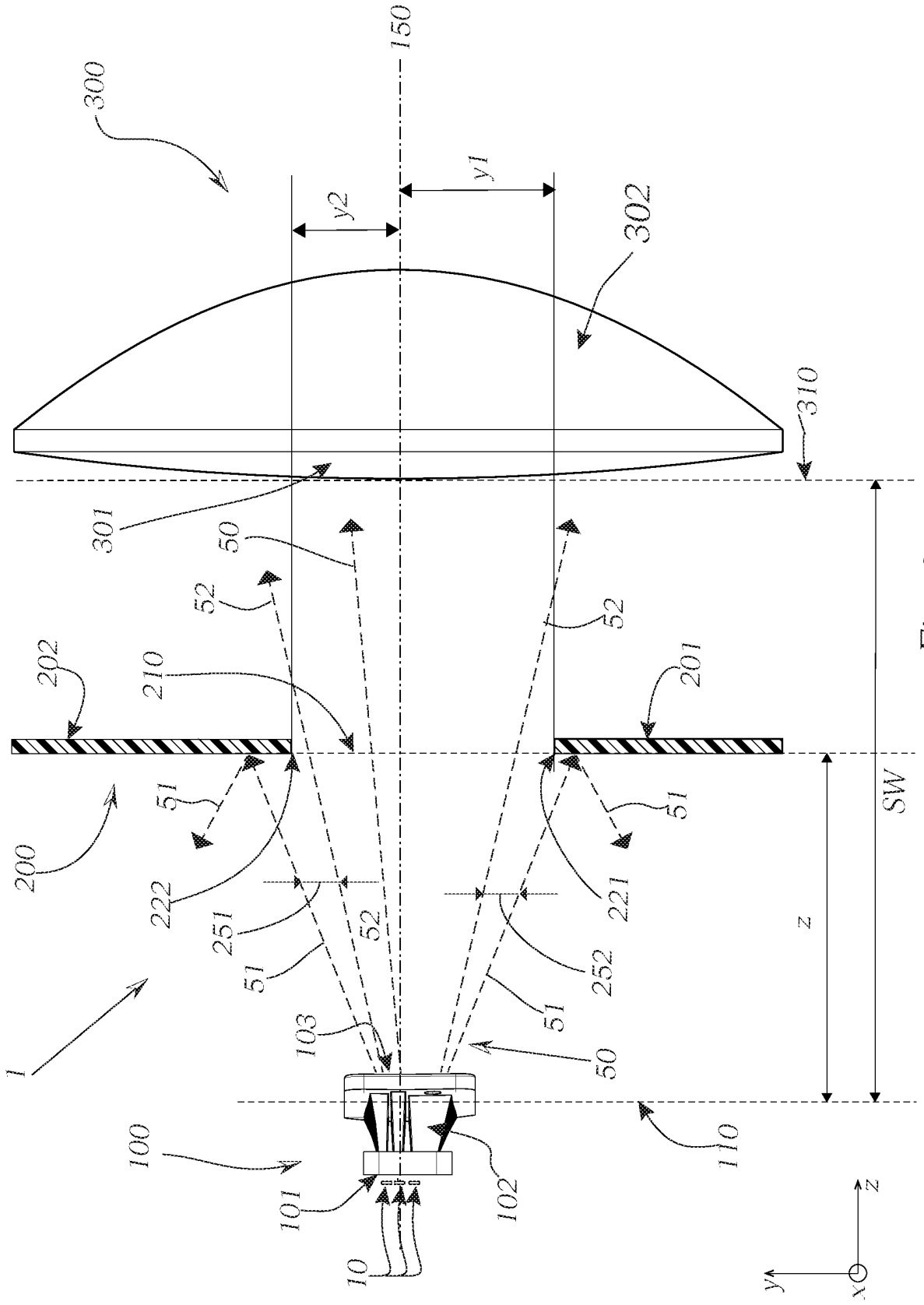

150
300
y1
y2
302
310
301
50
52
52
202
210
201
51
51
200
222
221
251
52
252
51
51
103
50
1
z
SW
100
110
101
102
10
z
y
x

Fig. 2

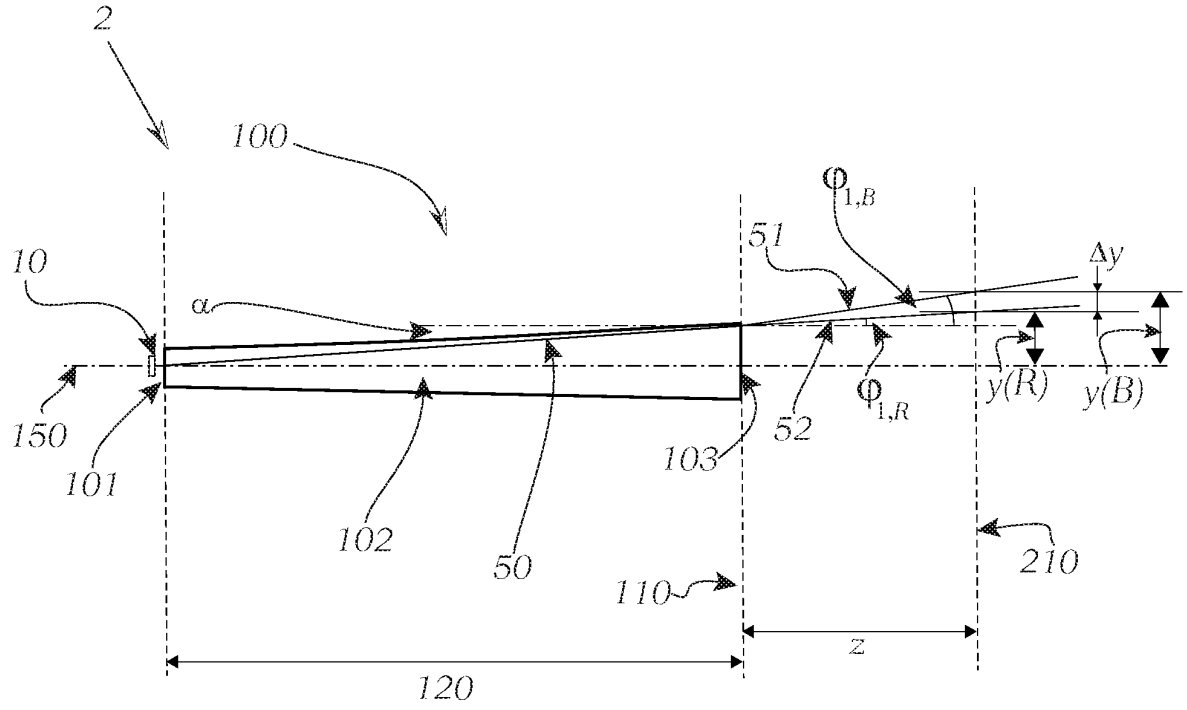

2
100
10
α
150
101
102
50
110
120
51
φ1,B
Δy
103
52
φ1,R
y(R)
y(B)
210
z

Fig. 3

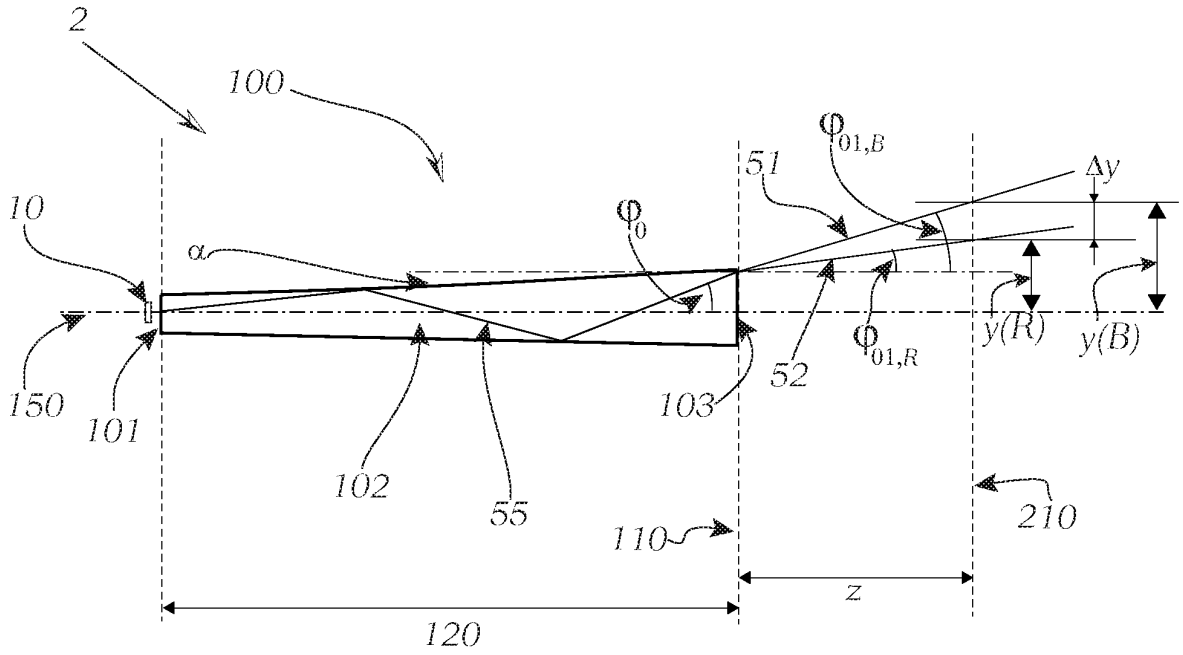

2
100
10
α
150
101
102
55
110
120
51
φ01,B
φ0
Δy
103
52
φ01,R
y(R)
y(B)
210
z

Fig. 4

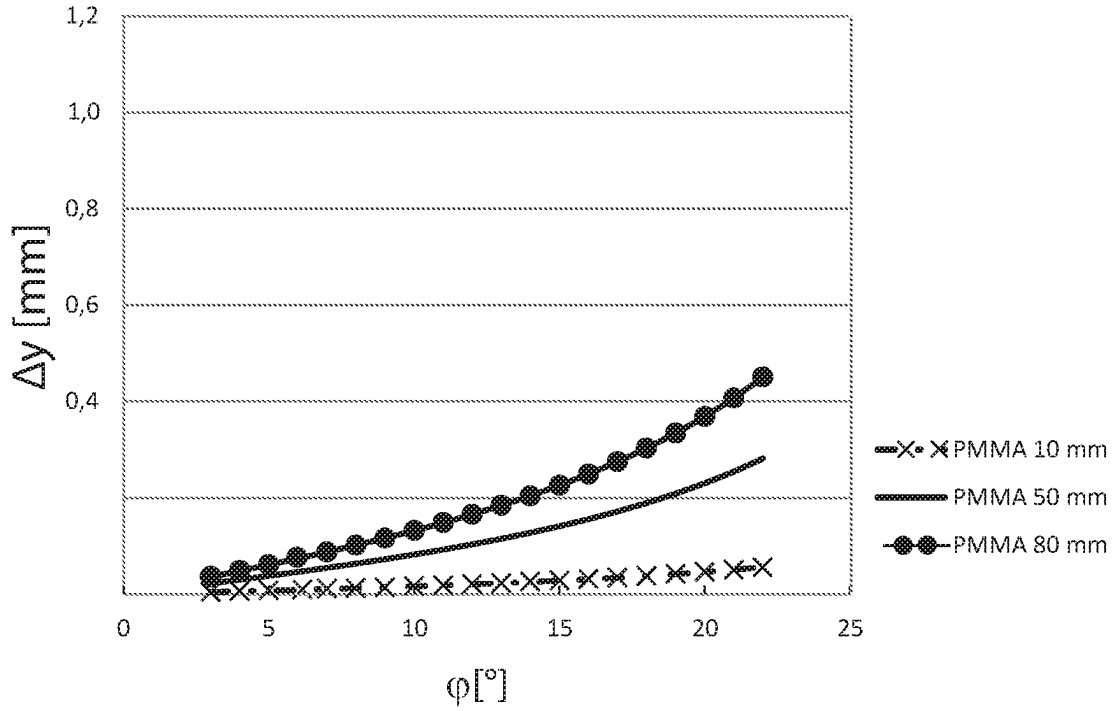

1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
Δy [mm]
0
5
10
15
20
25
φ[°]
PMMA 10 mm
PMMA 50 mm
PMMA 80 mm

*Fig. 5*

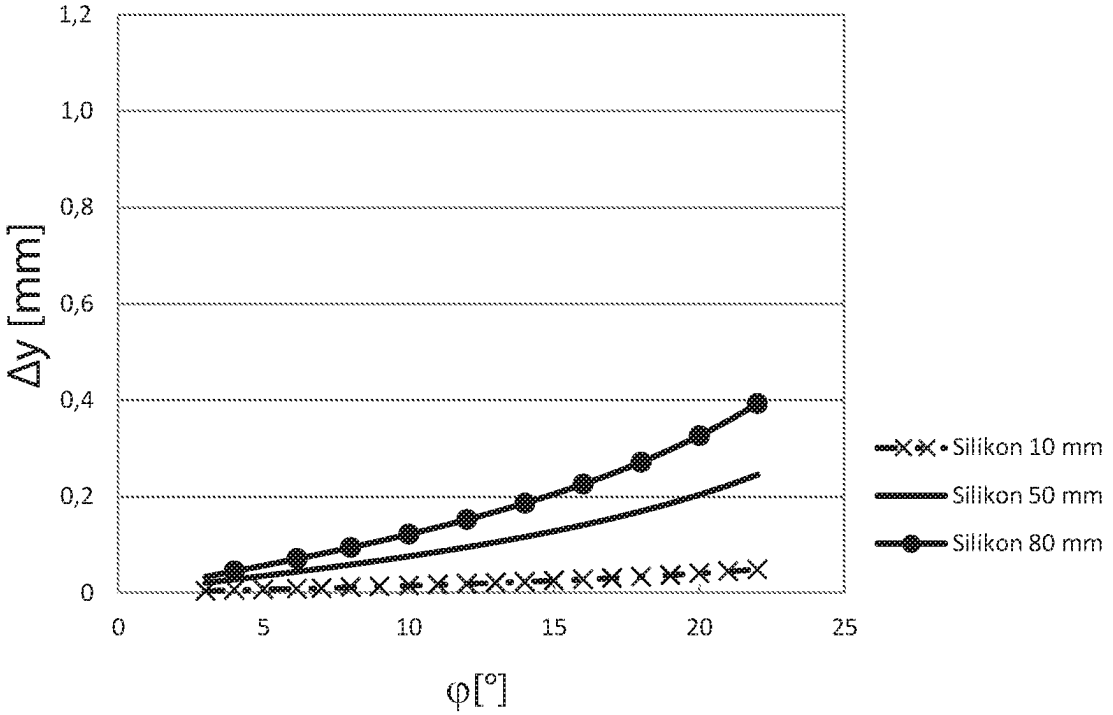

1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Δy [mm]
0
5
10
15
20
25
φ[°]
Silikon 10 mm
Silikon 50 mm
Silikon 80 mm

*Fig. 6*

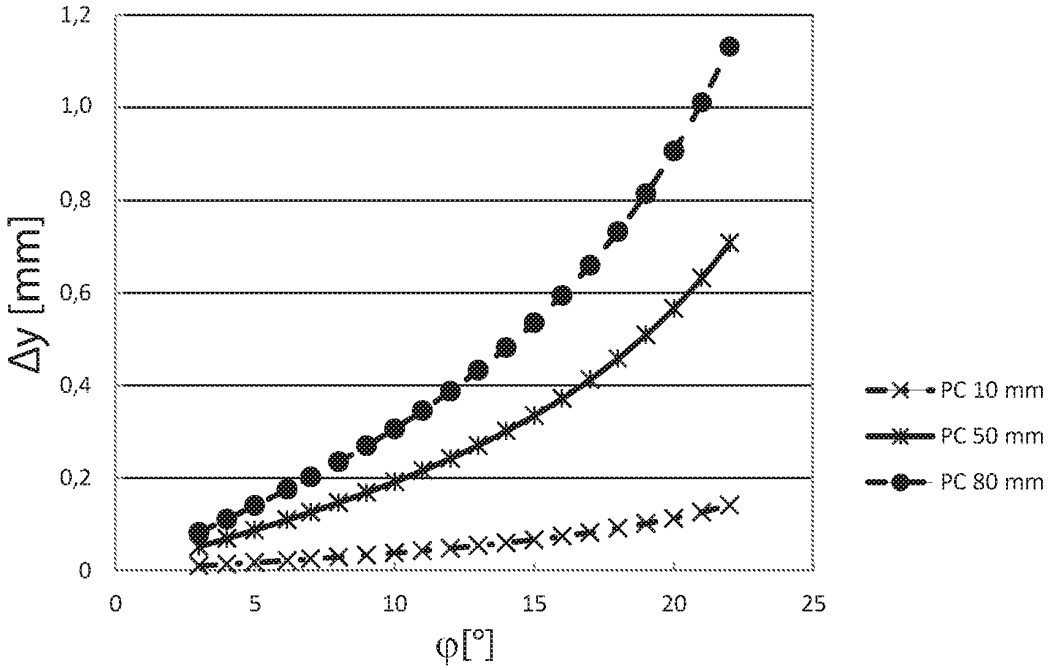

1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Δy [mm]
0
5
10
15
20
25
φ[°]
PC 10 mm
PC 50 mm
PC 80 mm

Fig. 7

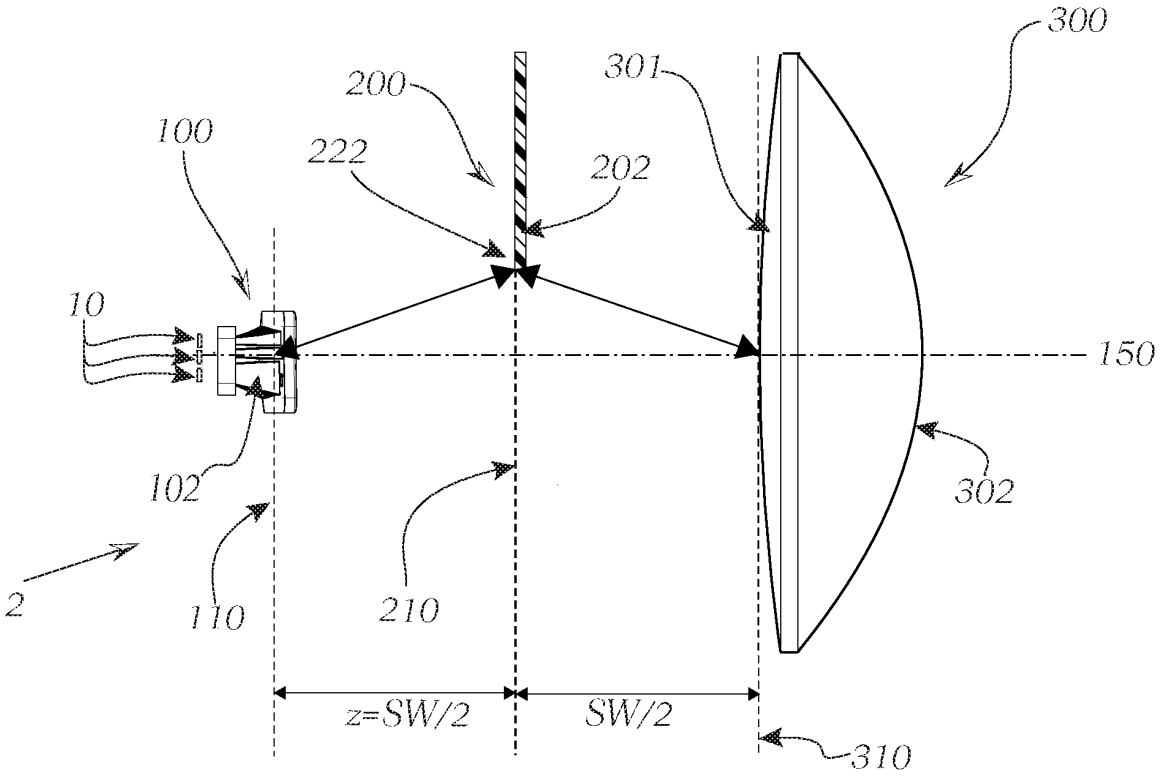

300
301
200
100
222
202
10
150
102
302
2
110
210
z=SW/2
SW/2
310

Fig. 8

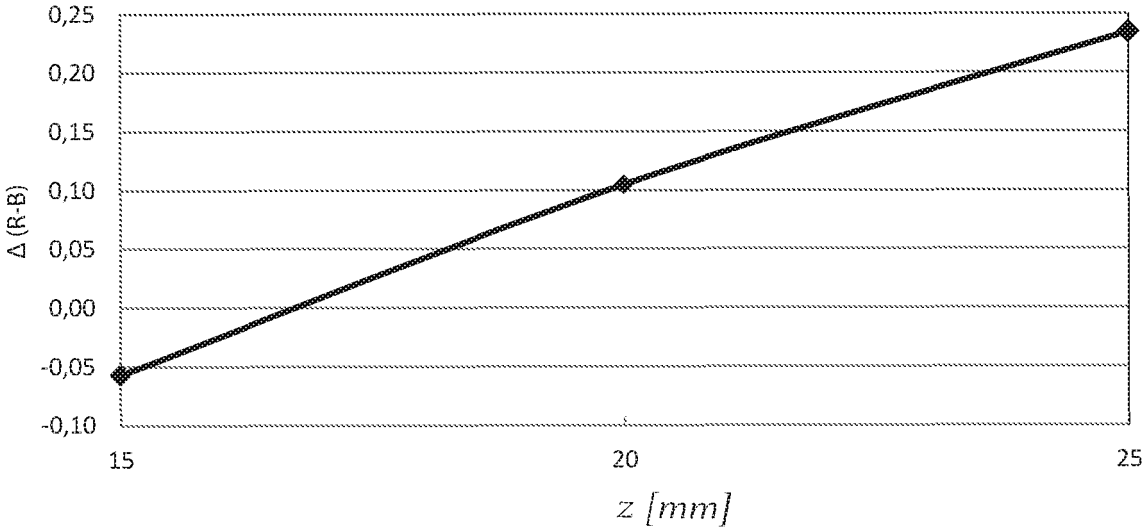

0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
-0,05
-0,10
Δ (R-B)
15
20
25
z [mm]

Fig. 9

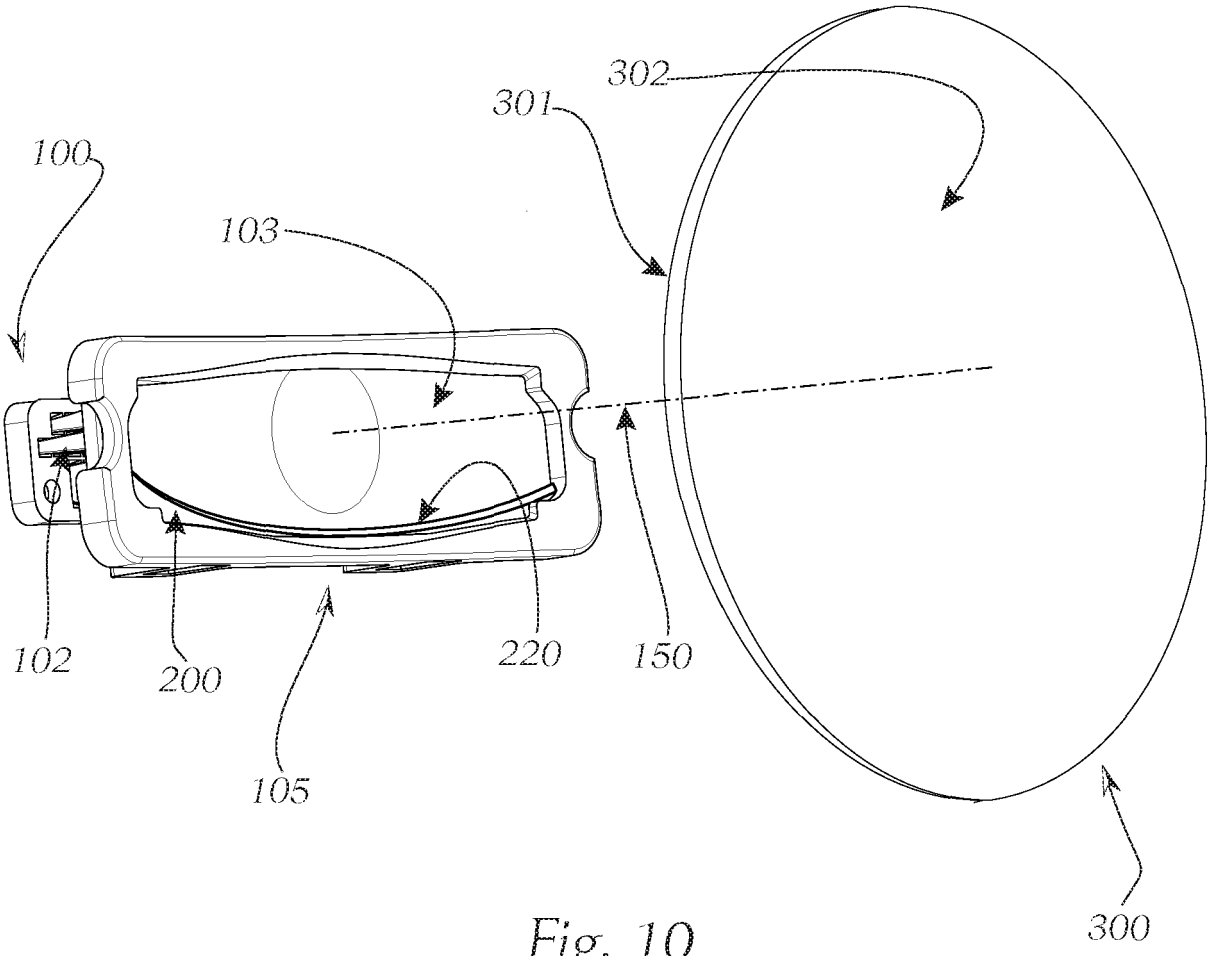

100
103
301
302
102
200
105
220
150
300

Fig. 10

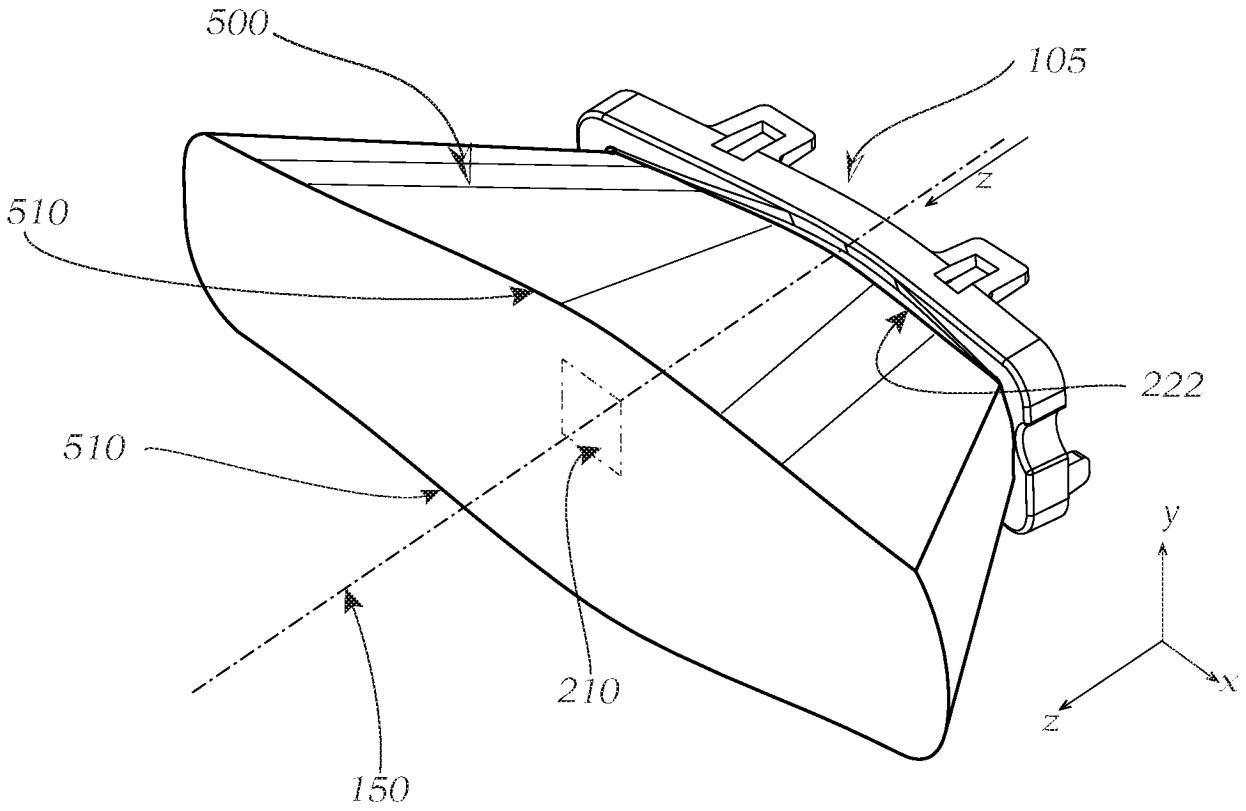

500
105
510
z
222
510
y
x
z
210
150

Fig. 11

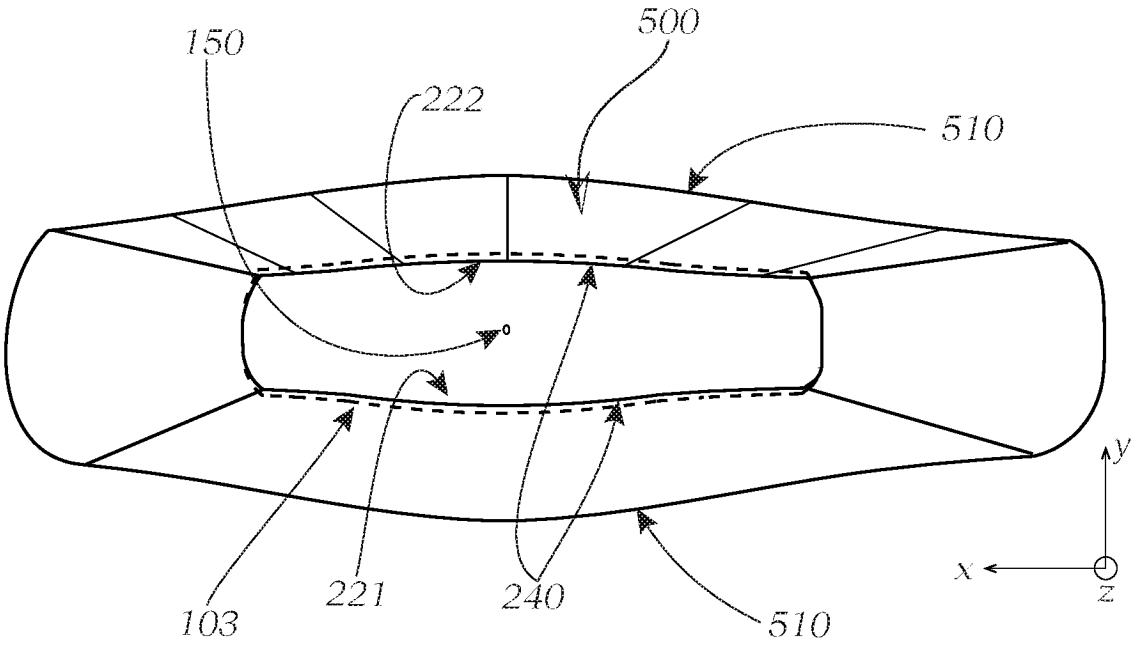

150
500
222
510
y
x
z
103
221
240
510

Fig. 12

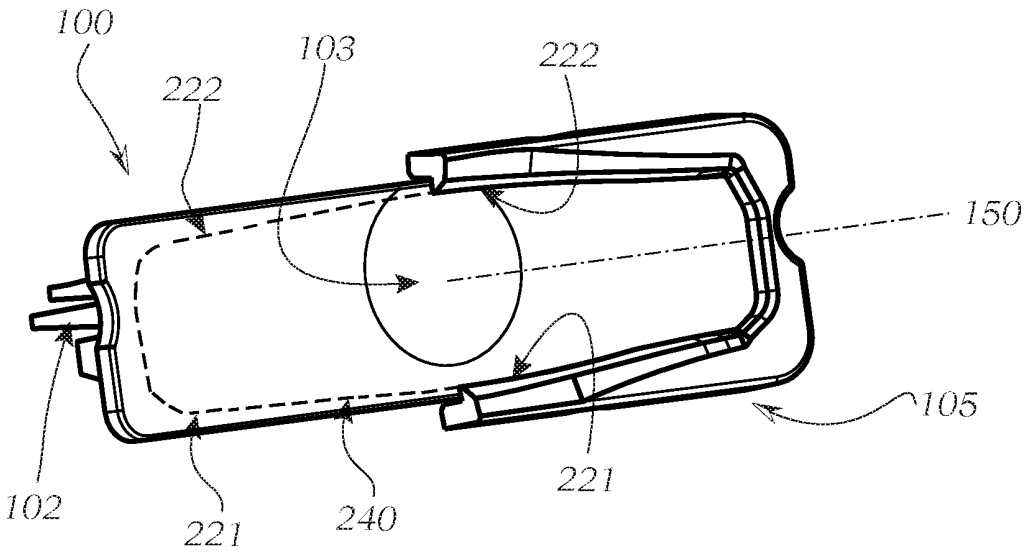

100
222
103
222
150
105
102
221
240
221

Fig. 13

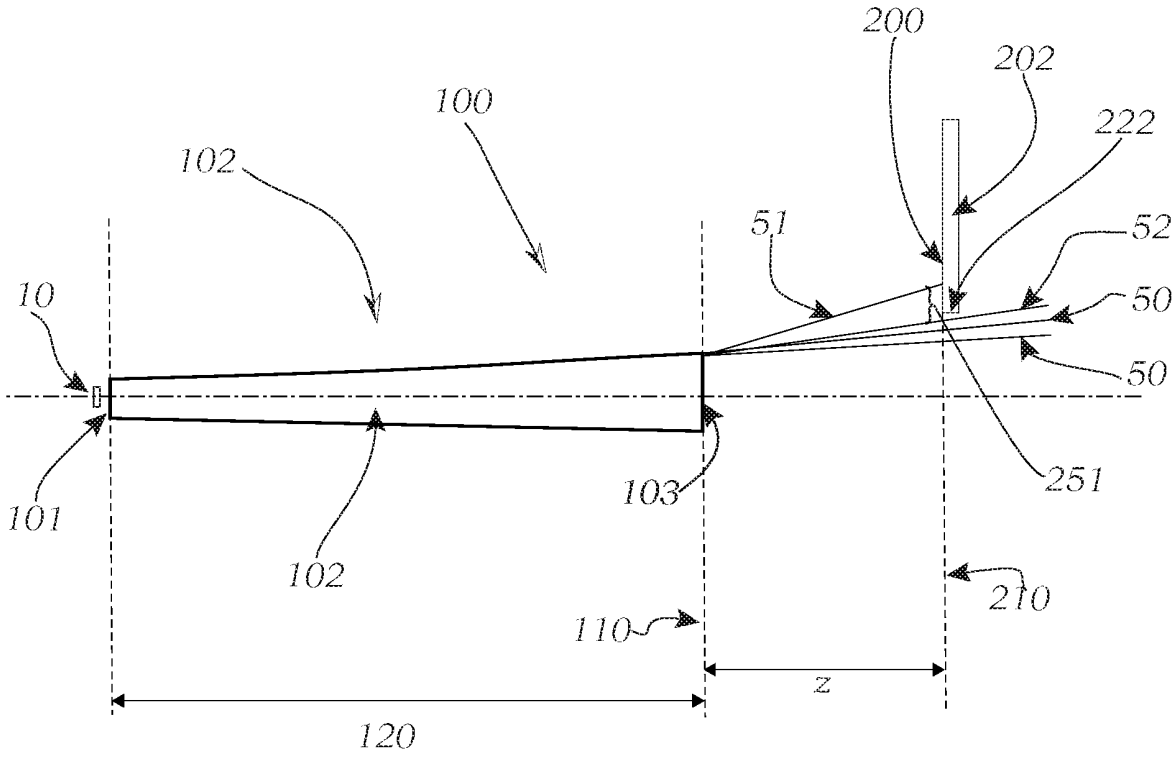

200
202
222
100
102
51
52
10
50
50
251
101
103
102
210
110
z
120

Fig. 14

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente


- EP 2306074 A2 **[0006]**
- DE 60131600 T3 **[0007] [0008]**
- DE 102010029176 A1 **[0007]**
- WO 2013020156 A **[0007]**
- US 7036969 B2 **[0009]**