



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.04.2017 Patentblatt 2017/17

(51) Int Cl.:
F21S 8/12^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16193250.4**

(22) Anmeldetag: **11.10.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Automotive Lighting Reutlingen GmbH**
72762 Reutlingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Brendle, Matthias**
72074 Tübingen (DE)
• **Knittel, Joachim**
72762 Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **19.10.2015 DE 102015220338**

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**
Friedrichstrasse 6
70174 Stuttgart (DE)

(54) **LICHTMODUL FÜR EINE BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG EINES KRAFTFAHRZEUGS**

(57) Es wird ein Lichtmodul (2) für eine Beleuchtungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen, das eine Lichtabstrahleinrichtung (4) umfasst, die auf einer optischen Achse (24) im Wesentlichen mittig zwischen einem sphärischen Hohlspiegel (10) und einem Krümmungsmittelpunkt (18) des sphärischen Hohlspiegels (10) angeordnet ist. Die Lichtabstrahleinrichtung (4) ist zur Lichtabstrahlung auf den sphärischen Hohlspiegel (10) gerichtet. Eine Korrekturereinrichtung (16) dient zur Reduktion einer sphärischen Aberration des sphärischen Hohlspiegels (10) und ist im Strahlengang nach dem sphärischen Hohlspiegel (10) angeordnet. Eine Aperturblende (28) ist im Krümmungsmittelpunkt (18) des sphärischen Hohlspiegels (10) angeordnet.

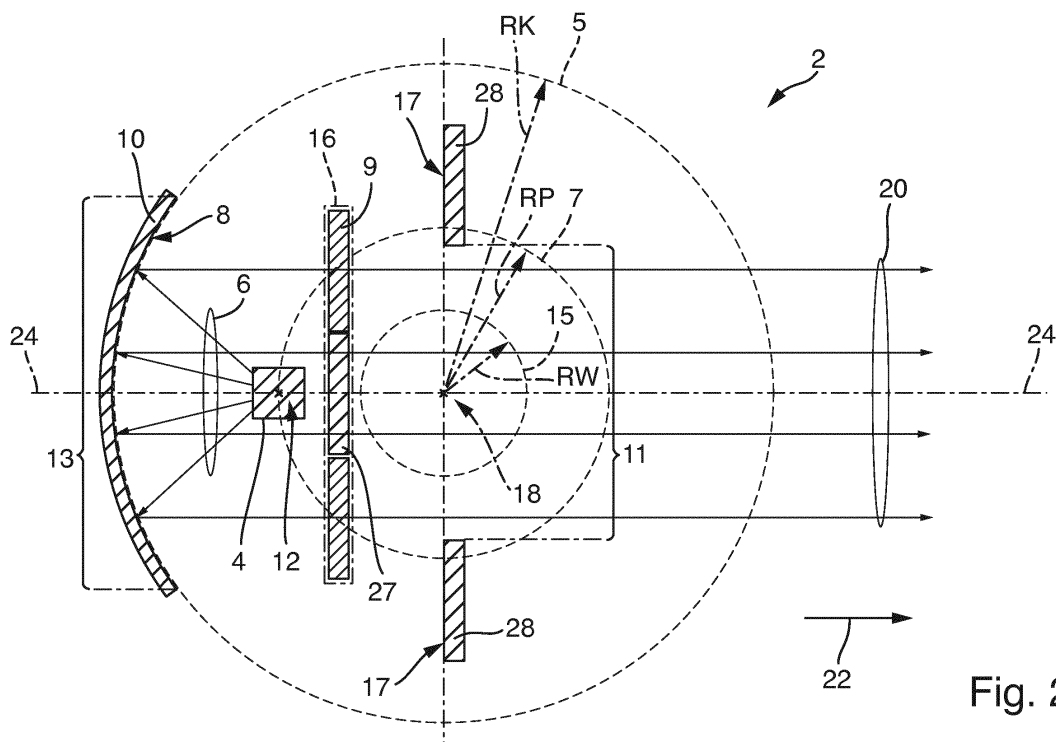


Fig. 2

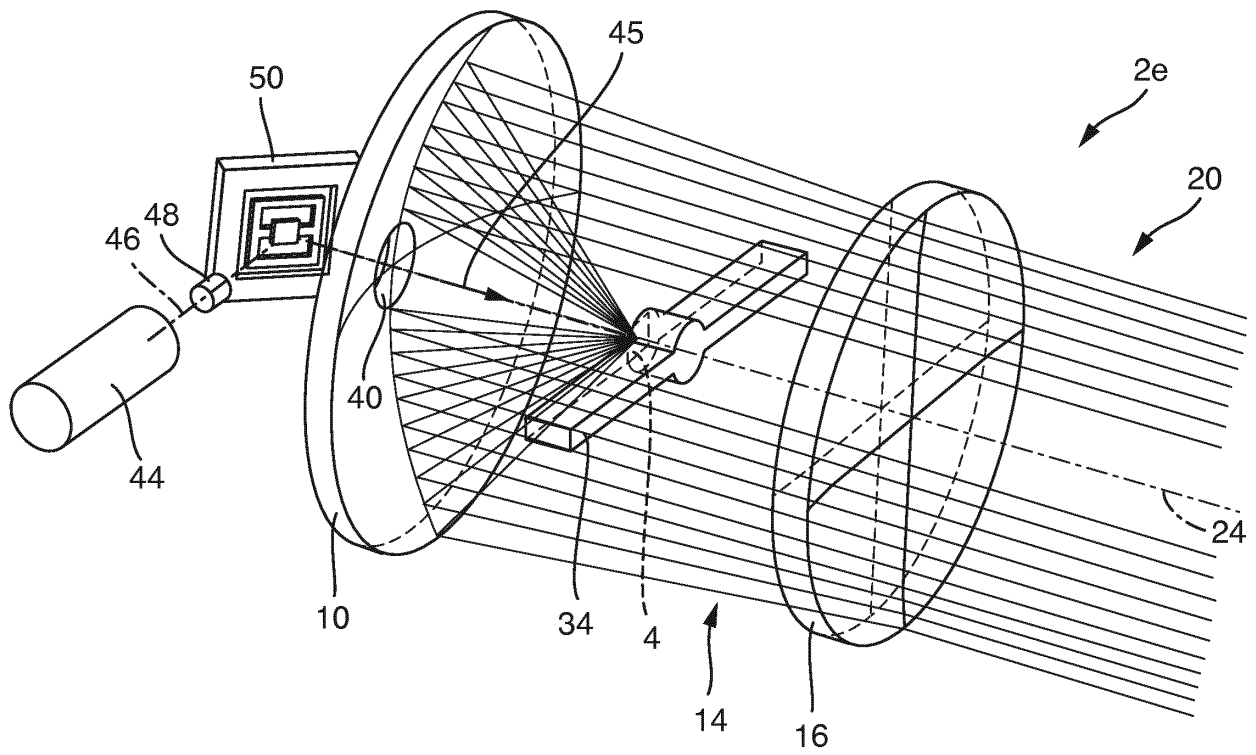


Fig. 9

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Lichtmodul nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- [0002]** Blendungsfreie Fernlichtsysteme, bei denen ein Teil des Fernlichts beispielsweise zu einer Vermeidung einer Blendung des Gegenverkehrs abgeschattet werden kann, sind bekannt. Mittels einer Kamera und mittels einer zugeordneten Objekterkennung werden Teile des Fernlichts je nach Verkehrssituation abgeschattet.
- 10 **[0003]** Aus der DE 10 2013 206 488 A1 ist beispielsweise ein Lichtmodul für eine Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung bekannt, bei dem ein Sekundäroptiksystem zum Abbilden von Zwischenlichtverteilungen auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls auf mindestens eine der Lichtaustrittsflächen von Sammellinsenarrays fokussiert ist. Primäroptikelemente dienen zum Bündeln zumindest eines Teils des von Lichtquellen ausgesandten Lichts und zum Erzeugen von Zwischenlichtverteilungen.
- 15 **[0004]** Zur Verbesserung der Ausleuchtung vor dem Fahrzeug soll insbesondere für Fernlichtsysteme die Abstrahllichtverteilung mit höherer Auflösung variiert werden können. Dies stellt hohe Anforderungen an die abbildende Optikordnung.

Offenbarung der Erfindung

- 20 **[0005]** Mithin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Lichtmodul zu schaffen, das kontrastreiche vollvariable Lichtverteilungen mit hoher Auflösung und Lichtstärke erzeugt und zugleich kostengünstig herstellbar ist.
- [0006]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein Lichtmodul nach dem Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne das hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.
- 25 **[0007]** Das Lichtmodul für eine Beleuchtungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs umfasst eine Lichtabstrahleinrichtung, die auf einer optischen Achse im Wesentlichen mittig zwischen einem sphärischen Hohlspiegel und einem Krümmungsmittelpunkt des sphärischen Hohlspiegels angeordnet ist. Die Lichtabstrahleinrichtung ist zur Lichtabstrahlung auf den sphärischen Hohlspiegel gerichtet. So wird ein großer Teil des von der Lichtabstrahleinrichtung ausgesandten Lichts von dem sphärischen Hohlspiegel reflektiert. Dies erlaubt eine hohe Effizienz in Form des Verhältnisses des von der Lichtabstrahleinrichtung abgestrahlten Lichtes zu dem von dem Lichtmodul abgestrahlten Licht.
- 30 **[0008]** Eine Korrektoreinrichtung ist im Strahlengang nach dem sphärischen Hohlspiegel angeordnet. Die Korrektoreinrichtung reduziert oder beseitigt die sphärische Aberration des sphärischen Hohlspiegels, d.h. es gleicht im Sinne des Fermatschen Prinzips die optischen Weglängen zwischen dem objektseitigen Brennpunkt und dessen Bildpunkt an.
- 35 **[0009]** Eine Aperturblende ist im Krümmungsmittelpunkt des sphärischen Hohlspiegels angeordnet. Damit verschwindet die ausgezeichnete Stellung der optischen Achse und alle aus dem Lichtmodul austretenden Strahlen sind idealisiert Axialstrahlen. Die Aperturblende reduziert so Koma und Astigmatismus.
- [0010]** Mit dem Lichtmodul lassen sich auf diese Weise ohne weiteres homogene Lichtfelder oder Teillichtfelder vor dem Fahrzeug mit einer Halbwinkelbreite von 7,5 Grad oder größer erzeugen. Insbesondere kann ein Fernlicht oder ein Teil eines Abblendlichts erzeugt werden. Vor dem Fahrzeug kann damit eine variable Abstrahllichtverteilung erzeugt werden, die eine hohe Abbildungsschärfe über den gesamten Bildbereich gewährleistet. Insbesondere werden chromatische Aberrationen in Form von Farblängs- und -querfehlern reduziert, womit nicht nur der Wahrnehmungskomfort des Fahrers verbessert wird. So können beispielsweise Verkehrsschilder besser durch Bilderkennungssysteme erkannt und gegebenenfalls selektiv abgeschattet werden, um Blendung zu reduzieren. Die Korrektoreinrichtung, die Aperturblende und der sphärische Hohlspiegel des Lichtmoduls weisen vorteilhaft nur geringe Wandstärken auf, was sich vorteilhaft auf die Herstellungs- und Stückkosten des Lichtmoduls auswirkt. So wird ein sehr lichtstarkes Lichtmodul mit verbesserten Abbildungseigenschaften zur Realisierung hochauflösender, variabler Fernlichtfunktionen geschaffen, das gleichzeitig kostengünstig hergestellt werden kann.
- 40 **[0011]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Lichtabstrahleinrichtung eine dem sphärischen Hohlspiegel zugewandte, konvexe Lichtaustrittskontur. Hierdurch kann auch ein von der optischen Achse beabstandeter Bereich der Lichtabstrahleinrichtung scharf vor dem Fahrzeug abgebildet werden.
- [0012]** Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Lichtabstrahleinrichtung eine bevorzugt plankonvexe Sammellinse mit der konvexen Lichtaustrittskontur umfasst.
- 45 **[0013]** In einer anderen Weiterbildung umfasst die Lichtabstrahleinrichtung ein Photolumineszenzelement mit der konvexen Lichtaustrittskontur.
- [0014]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Lichtabstrahleinrichtung eine dem sphärischen Hohlspiegel zugewandte, ebene Lichtaustrittskontur. Vorteilhaft kann so insbesondere bei kleinen Feldwinkeln eine lichtstarke Pro-

jektionsoptik bereitgestellt werden.

[0015] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist der sphärische Hohlspiegel in einem Abschnitt um die optische Achse nichtreflektierend ausgebildet. Hierdurch wird die Lichtabstrahlvorrichtung vorteilhaft abgeschattet und eine unvorteilhafte Rückkopplung von Licht in die Lichtabstrahlvorrichtung sowie eine Vignettierung wird vermieden.

[0016] Vorteilhaft wird ein Durchmesser des sphärischen Hohlspiegels so gewählt, dass dieser größer ist als der Durchmesser der Aperturblende. So wird vorteilhaft ein Lichtstärkeabfall zum Rand des Bildfeldes hin vermieden.

[0017] Ist die Korrektureinrichtung in einer Ausführungsform im Krümmungsmittelpunkt des sphärischen Hohlspiegels angeordnet und von der Aperturblende umschlossen, so wirkt die Aperturblende als Linsenfassung für die Korrektureinrichtung. Außerdem ist so die Korrektureinrichtung im Krümmungsmittelpunkt nur gering durchbogen ausführbar, d.h. die Korrektureinrichtung kann mit möglichst geringer Krümmung ausgeführt werden.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Korrektureinrichtung hin zur optischen Achse einen sammelnden Abschnitt und radial außerhalb des sammelnden Abschnitts einen streuenden Abschnitt. Diese Ausführung erlaubt es, die sphärische Aberration des sphärischen Hohlspiegels in der Abstrahllichtverteilung zu korrigieren bzw. zu reduzieren.

[0019] Der Lichtabstrahleinrichtung ist in einer Ausführungsform des Lichtmoduls eine Lichtquelle zugeordnet, die mehrere matrixartig angeordnete und gruppenweise, vorzugsweise einzeln ansteuerbare Einzelpixel d.h. Einzellichtquellen zur Erzeugung einer variablen Lichtverteilung umfasst. Das Lichtmodul bildet diese variable Lichtverteilung mittels der Lichtabstrahleinrichtung, des sphärischen Hohlspiegels, der Korrektureinrichtung und der Aperturblende in eine variable Abstrahllichtverteilung ab.

[0020] In einer Weiterbildung umfasst die Lichtquelle ein Halbleiterlichtquellen-Array.

[0021] In einer Weiterbildung ist die Lichtquelle eine Laserlichtquelle. Laserlicht der Laserlichtquelle wird zur Erzeugung der variablen Lichtverteilung mittels eines Strahlenmittels, welches sich im Strahlengang zwischen Laserlichtquelle und Photolumineszenzelement befindet, über das Photolumineszenzelement geführt..

[0022] In einer Ausführungsform ist die Öffnungsweite der Aperturblende größer als der Abstand auf der optischen Achse zwischen der Lichtabstrahleinrichtung und dem sphärischen Hohlspiegel. So können sehr kleine Blendenzahlen ($k=f/D$) bis etwa $k = 0,5$ ohne weiteres erreicht werden.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann mittels einer Justageeinrichtung die Lage der Lichtabstrahleinrichtung zu dem sphärischen Hohlspiegel entlang der optischen Achse variiert werden, um die Optik des Lichtmoduls auf die Lichtabstrahleinrichtung zu fokussieren.

[0024] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Es werden für funktionsäquivalente Größen und Merkmale in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1	eine schematische perspektivische Darstellung eines Kraftfahrzeugs;
Figuren 2, 3, 5, 7, 14, 16 und 18	jeweils ein Lichtmodul für eine Beleuchtungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs in einer schematischen Schnittansicht; und
Figuren 4, 7 und 15	jeweils ein Lichtmodul in einer schematischen perspektivischen Darstellung;
Figur 6	einen Ausschnitt aus der Figur 5;
Figur 8	einen Ausschnitt aus der Figur 7;
Figuren 10 und 12	einen schematischen Schnitt durch ein Photolumineszenzelement;
Figuren 11 und 13	jeweils eine perspektivische Darstellung der Photolumineszenzelemente der Figuren 10 und 12 innerhalb einer Anordnung gemäß der Figur 9; und
Figur 17	eine schematische Draufsicht auf einen Teil der Anordnung aus Figur 16.

[0025] Figur 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1, insbesondere einen Personenkraftwagen, der im Frontbereich rechts und links jeweils einen Scheinwerfer 3 aufweist. Ein solcher Scheinwerfer 3 kann auch an einem Lastkraftwagen oder an einem Zweirad angeordnet sein. Der Scheinwerfer 3 umfasst in der Regel ein Gehäuse, vorzugsweise aus Kunststoff, in dem eines oder mehrere Lichtmodule (in Figur 1 nicht sichtbar) zur Erzeugung einer gewünschten Abstrahllichtverteilung auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug angeordnet sind. Es ist möglich, dass der Scheinwerfer 3 mehrere Lichtmodule umfasst, die jeweils unterschiedliche Lichtverteilungen erzeugen, beispielsweise Abblendlicht, Fernlicht und/oder Nebellicht. Die Lichtverteilungen können auch variable sein, wie zum Beispiel beim dynamischen Kurvenlicht, bei der adaptiven Leuchtwertenregelung oder bei einer abgeblendeten Lichtverteilung mit variabler Hell-Dunkel-Grenze.

[0026] Figur 2 zeigt ein Lichtmodul 2 für die Beleuchtungseinrichtung 3 des Kraftfahrzeugs 1. Eine Lichtabstrahleinrichtung 4 ist auf einer optischen Achse 24 im Wesentlichen mittig zwischen einem sphärischen Hohlspiegel 10 und einem Krümmungsmittelpunkt 18 des sphärischen Hohlspiegels 10 angeordnet. Bevorzugt ist ein Brennpunkt 12 des sphärischen Hohlspiegels 10 innerhalb der Lichtabstrahleinrichtung 4 angeordnet. Der Brennpunkt 12 des sphärischen Hohlspiegels 10 liegt in einem Schnittpunkt der optischen Achse 24 mit einer gedachten Kugelfläche 7 mit einem Radius

RP und dem Krümmungsmittelpunkt 18 als Kugelmittelpunkt. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 weist einen großen Abstrahlwinkel auf und kann idealisiert als Lambert-Strahler betrachtet werden.

[0027] Die Lichtabstrahleinrichtung 4 strahlt eine Lichtverteilung 6 in Richtung einer Reflexionsfläche 8 des sphärischen Hohlspiegels 10 ab. Die Reflexionsfläche 8 des sphärischen Hohlspiegels 10 folgt im Wesentlichen einer Kugelfläche 5 mit einem Radius RK und dem Krümmungsmittelpunkt 18 als Kugelmittelpunkt. Der Radius RK entspricht im Wesentlichen dem Doppelten der Brennweite des sphärischen Hohlspiegels 10. Der Radius RP beträgt die Hälfte des Radius RK und entspricht damit der Brennweite des sphärischen Hohlspiegels 10. Die Reflexionsfläche 8 kann durch eine Metallisierung verspiegelt sein. Des Weiteren kann die Reflexionsfläche 8 durch eine Anzahl niedrig- und hochbrechender dielektrischer Schichten ausgeführt sein. Ebenso kann die Reflexionsfläche 8 eine Kombination von metallisierten und dielektrischen Schichten aufweisen.

[0028] Die Lichtabstrahleinrichtung 4 ist zur Lichtabstrahlung auf den sphärischen Hohlspiegel 10 gerichtet. Das Lichtemissionselement 4 kann die erste Lichtverteilung 6 als variable Lichtverteilung ausstrahlen, bei der einzelne oder alle Bereiche der ersten Lichtverteilung 6 in einer Lotebene zur optischen Achse 24 ein- oder ausschaltbar sind. Das bedeutet, dass beispielsweise einzelne Pixel eines LED-Arrays oder die einzelnen Zonen eines Photolumineszenzelements zwar unterschiedliche Positionen aber ähnliche Abstrahlcharakteristiken aufweisen, d. h. alle Pixel leuchten den sphärischen Hohlspiegel 10 in ähnlicher Weise aus. Das Lichtemissionselement 4 kann wie nachgehend erläutert aktiv die Lichtstrahlung der ersten Lichtverteilung erzeugen oder wird passiv zur Erzeugung der Lichtstrahlung von einer zugeordneten Lichtquelle angeregt. In einer Ausführungsform ist der Abstand zwischen der Lichtabstrahleinrichtung 4 und dem sphärischen Hohlspiegel 10 entlang der optischen Achse 24 zu einer Justage variabel einstellbar, um eine Fokussierung in der Abstrahllichtverteilung 22 einzustellen. Ein zentraler Bereich des sphärischen Hohlspiegels 10 um die optische Achse 24 kann beispielsweise durch eine entsprechende Beschichtung oder eine Durchgangsöffnung nichtreflektierend ausgebildet sein.

[0029] Eine Korrekturereinrichtung 16 ist im Strahlengang nach dem sphärischen Hohlspiegel 10 angeordnet. Die Korrekturereinrichtung 16 ist rotationssymmetrisch zur optischen Achse 24 ausgebildet und angeordnet. Eine Aperturblende 28 ist im Krümmungsmittelpunkt 18 des sphärischen Hohlspiegels 10 angeordnet. Die Korrekturereinrichtung 16 umfasst vorzugsweise zur optischen Achse 24 hin einen sammelnden Abschnitt 27 und radial außerhalb des sammelnden Abschnitts 27 einen streuenden Abschnitt 9. Die Abschnitte 27 und 9 haben zur Verringerung der sphärischen Aberration eine sammelnde bzw. streuende Wirkung, wobei die Korrekturereinrichtung 16 zugleich möglichst eben ist.

[0030] Je näher die Korrekturereinrichtung 16 bei dem Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet ist, desto geringer ist deren Durchbiegung ausgeführt. Der sammelnde Abschnitt 27 bewirkt, dass von dem sphärischen Hohlspiegel 10 her einfallendes Licht in Hauptabstrahlrichtung 22 gesammelt wird. Der streuende Abschnitt 9 bewirkt, dass von dem sphärischen Hohlspiegel 10 her einfallendes Licht in Hauptabstrahlrichtung 22 gestreut wird. Folglich ist die Ausführung der Korrekturereinrichtung 16 als möglichst ebenes, wenig gekrümmtes Element mit einer mittleren Brechkraft von Null bevorzugt. Durch leichte Verschiebung der Lichtabstrahleinrichtung 4 und der Korrekturereinrichtung 16 lässt sich die Korrekturplatte 16 selbstverständlich auch rein sammelnd oder rein zerstreuernd ausführen.

[0031] Die Anordnung der Korrekturereinrichtung 16 ist in Figur 2 nur schematisch im Strahlengang nach dem Hohlspiegel 10 gezeigt und wird in den nachfolgenden Ausführungsformen weiter erläutert. Obwohl in allen nachfolgend erläuterten Ausführungsformen des Lichtmoduls 2 sich die Aperturblende 16 im Krümmungsmittelpunkt 18 befindet und einteilig ausgeführt ist, sind auch andere Ausführungsformen denkbar.

[0032] So kann sich die Korrekturereinrichtung 16 im Strahlengang auch bei oder nach der Aperturblende 28 befinden. Des Weiteren kann die Korrekturereinrichtung 16 auch mehrelementig ausgeführt sein. Beispielsweise kann die Korrekturereinrichtung 16 eine zerstreuernde und eine sammelnde Linse umfassen, die konzentrisch um den Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet sind. Vorteilhaft können hierbei die zerstreuernde und die sammelnde Linse unterschiedliche Farbdispersionen und Brechungsindizes aufweisen.

[0033] Die Aperturblende 28 weist lotrecht zur optischen Achse eine Öffnungsweite 11 auf, die kleiner ist als ein lotrecht zur optischen Achse 24 verlaufender Durchmesser 13 des sphärischen Hohlspiegels 10. Die Aperturblende 28 im Krümmungsmittelpunkt 18 bewirkt, dass Koma in Form von Astigmatismus und sphärischer Aberration stark reduziert werden oder verschwinden. Des Weiteren verläuft die Aperturblende 28 mit ihrem Rand 17 entlang einer Ebene, die lotrecht zur optischen Achse 24 durch den Krümmungsmittelpunkt 18 verläuft. Selbstverständlich kann sich die Aperturblende 18 auch über diese Ebene hinaus ein Stück weit in Richtung des sphärischen Hohlspiegels 10 erstrecken, ohne dass ihre optische Wirkung hinsichtlich der Entfernung von Streuungen wesentlich verringert wird.

[0034] Die Aperturblende 28 weist lotrecht zur optischen Achse 24 einen Innendurchmesser 11 auf, der bevorzugt kleiner gewählt ist als der lotrecht zur optischen Achse 24 verlaufende Außendurchmesser 13 des sphärischen Hohlspiegels 10. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, dass auch der Randbereich der Abstrahllichtverteilung 20 ohne Lichtstärkeabfall vor dem Kraftfahrzeug dargestellt wird. Die Aperturblende 28 kann auch als Halteelement für die Korrekturereinrichtung 16 ausgestaltet sein. In den nachfolgend erläuterten Ausführungsformen ist die Aperturblende 28 bevorzugt im Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet.

[0035] Eine weitere gedachte Kugelfläche 15 ist mit einem Radius RW, der die Hälfte des Radius RP beträgt, um den

Krümmungsmittelpunkt 18 als Kugelmittelpunkt angeordnet. Ein Durchmesser der Kugelfläche 15 entspricht somit im Wesentlichen dem Kugelradius RP der Kugelfläche 7. Die Blendenzahl des Lichtmoduls 2 ergibt sich aus der Hälfte des Quotienten der Öffnungsweite 11 geteilt durch den Radius RP. Um eine Blendenzahl von kleiner 1 zu erhalten, ist die Öffnungsweite 11 größer als ein Abstand zwischen dem sphärischen Hohlspiegel 10 und der Lichtabstrahleinrichtung 4 auf der optischen Achse 24, insbesondere größer als die Brennweite in Form eines Abstands zwischen dem sphärischen Hohlspiegel 10 und dem Brennpunkt 12 des sphärischen Hohlspiegels 10 entlang der optischen Achse 24. Um eine Blendenzahl von 0,5 oder kleiner zu erreichen, muss die Öffnungsweite 11 der Aperturblende 28 mindestens doppelt so groß sein wie die Brennweite des sphärischen Hohlspiegels 10.

[0036] Das Lichtmodul 2 ist hinsichtlich seiner optisch wirksamen Komponenten umfassend die Lichtabstrahleinrichtung 4, den sphärischen Hohlspiegel 8, die Korrektereinrichtung 16 und die Aperturblende 28 im Wesentlichen rotationssymmetrisch um die optische Achse 24 aufgebaut. Darüber hinaus umfasst das Lichtmodul 2 eine konzentrische Anordnung der optisch wirksamen Komponenten oder Teilen davon um den Krümmungsmittelpunkt 18. Insbesondere weisen der sphärische Hohlspiegel 10, die Lichterzeugungsvorrichtung 4 und die Aperturblende 28 eine konzentrische Anordnung um den Krümmungsmittelpunkt 18 auf. Ausgehend von dem sphärischen Hohlspiegel 10 wird nach Durchlaufen der Korrektereinrichtung 16 und der Aperturblende 28 eine Abstrahllichtverteilung 20 von dem Lichtmodul 2 abgestrahlt. Insbesondere handelt es sich bei der Abstrahllichtverteilung 20 um eine maskierte Fernlichtverteilung. Selbstverständlich kann es sich aber auch um eine andere Lichtverteilung, beispielsweise einen Teil einer Abblendlichtverteilung, handeln.

[0037] Figur 3 zeigt ein Lichtmodul 2a als Ausführungsform des Lichtmoduls 2 aus Figur 2 und dient unter anderem zur Erläuterung der Funktion der Korrektereinrichtung 16. Die erste Lichtverteilung 6 wird mittels der Reflexionsfläche 8 in eine zweite Lichtverteilung 14 umgewandelt. Die zweite Lichtverteilung 14 wird also von dem sphärischen Hohlspiegel 10 abgestrahlt und trifft auf die Korrektereinrichtung 16, die in dem Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet ist und von der umschließenden Aperturblende 28 gehalten wird. Die Korrektereinrichtung 16 und die Aperturblende 29 formen die zweite Lichtverteilung 14 in eine Abstrahllichtverteilung 20 um, die in die Hauptabstrahlrichtung 22 des Lichtmoduls 2a abgestrahlt wird.

[0038] Durch die Anordnung der Korrektereinrichtung 16 in dem Strahlengang nach dem sphärischen Hohlspiegel 10 wird eine optische Anordnung geschaffen, bei der das Fermatsche Prinzip erfüllt ist. Das bedeutet, dass gleiche optische Weglängen zwischen allen Objektpunkten auf einer objektseitigen Petzval-Ebene 26 und ihren Bildpunkten in Hauptabstrahlrichtung 22 im Unendlichen gegeben sind. Entsprechend ist die nachfolgende Gleichung 1 für jeden Strahlengang P ausgehend von der Lichtabstrahleinrichtung 4 erfüllt.

$$\sum_{i=1}^n s_i \cdot n_i = \text{const} \forall P \quad (1)$$

[0039] Bezogen auf die Figur 3 sind jeweils $n = 4$ optische Weglängen dargestellt. Der Wert s_i entspricht der jeweiligen optischen Teilstrecke des Strahlengangs P und n_i entspricht den Brechungsindices des jeweiligen Mediums entlang des Strahlengangs P. Vorstehend entspricht n_1 , n_2 und n_4 einem Brechungsindices von 1, da der jeweilige optische Weg P in Luft verläuft.

[0040] Die Korrektereinrichtung 16 ist vorliegend als Transmissionsoptikelement ausgebildet und umfasst eine Lichteintrittsfläche 30 und eine Lichtaustrittsfläche 32. Die Lichtaustrittsfläche 32 erzeugt den streuenden Abschnitt 9 und den sammelnden Abschnitt 27.

[0041] Selbstverständlich kann die Korrektereinrichtung 16 auch als Reflexionselement ausgebildet sein, was nachstehend zu Figur 18 erläutert ist. Die Lichteintrittsfläche 30 ist vorliegend flach ausgebildet und orthogonal zur optischen Achse 24 angeordnet. Die Lichtaustrittsfläche 32 ist zur Mitte hin, d.h. zur optischen Achse 24 hin, sammelnd und zum Rand hin streuend ausgeführt. Ein neutraler Bereich, der weder sammelnd noch zerstreudend wirkt, ist ausgehend von der optischen Achse 24 auf der Seite der Lichtaustrittsfläche 32 bei einem Radius angeordnet, der vorzugsweise das 0,6- bis 0,9-fache des Gesamtradius 19 der Korrektereinrichtung 16 ist. Nach innen zur optischen Achse 24 hin ist der Abschnitt 27 konvex ausgebildet. Damit ergibt sich radial nach außen hin im Abschnitt 9 ein kreisringförmiger Rücksprung der Lichtaustrittsfläche 32, der auch als torusförmig bezeichnbar ist. Selbstverständlich sind auch andere Ausführungen der Korrektereinrichtung 16 denkbar. Beispielsweise kann die Brechkraft auf verschiedene optische Elemente, die insbesondere an unterschiedlichen Orten im Strahlengang angeordnet sind, aufgeteilt werden.

[0042] Die sphärische Aberration der Reflexionsfläche 8 wird mittels der Korrektereinrichtung 16 und den Abschnitten 27 und 9 reduziert. Vorteilhaft kann dadurch, dass die Korrektereinrichtung 16 den Krümmungsmittelpunkt 18 umfasst bzw. in der Nähe des Krümmungsmittelpunkts 18 liegt, mit einer sehr geringen Durchbiegung in Form der Ausgestaltung der Lichtaustrittsfläche 32 versehen werden und es ergibt sich eine entsprechend geringe Dicke der Korrektereinrichtung 16 entlang der optischen Achse 24. Die Korrektereinrichtung 16 kann als brechende Scheibe aus einem organischen oder einem anorganischen Glas ausgeführt werden.

[0043] Die Lichteintrittsfläche 30 und/oder die Lichtaustrittsfläche 32 sind mit einer dielektrischen Antireflexbeschichtung versehen. Alternativ oder zusätzlich kann die Korrektureinrichtung 16 mit entsprechenden Nanostrukturen, die einen kontinuierlich angepassten Brechungsindex aufweisen, entspiegelt werden. Durch diese Entspiegelung kann vorteilhaft erreicht werden, dass keine Lichtverluste auftreten und keine störenden Reflexe in die Abstrahllichtverteilung 20 eingekoppelt werden.

[0044] Figur 4 zeigt in schematischer Form eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2b in perspektivischer Ansicht. Die Strahlengänge sind aus Übersichtsgründen nur im Meridionalschnitt gezeigt. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 wird von einem stegartigen Halteelement 34 zu dem Lichtmodul 2b festgelegt. Das Halteelement 34 kann bevorzugt transparent oder bereichsweise transparent ausgestaltet sein. Des Weiteren ist das Halteelement 34 wärmeleitend, beispielsweise Aluminium, Kupfer oder ein anderes wärmeleitendes Material umfassend, ausgeführt, um von der Lichtabstrahleinrichtung 4 erzeugte Wärme von der Lichtabstrahleinrichtung 4 radial nach außen abzuleiten. Selbstverständlich sind auch andere Ausführungsformen der Halteeinrichtung 34 mit nur einem Steg oder einer erhöhten Anzahl von Stegen denkbar. Um die Abschattung der Abstrahllichtverteilung 20 durch das Halteelement 34 möglichst klein zu halten, wird der Querschnitt des Halteelements 34, d.h. die zur Abschattung wirksame Fläche, die im Wesentlichen orthogonal zur optischen Achse 24 ausgerichtet ist, verringert.

[0045] Figur 5 zeigt eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2c in einem schematischen Schnitt. Die Aperturblende 28 hält die Korrektureinrichtung 16 und dient damit als Fassung für die Korrektureinrichtung 16. Des Weiteren verläuft eine objektseitige Petzval-Fläche 26a gemäß der Fläche der Kugelfläche 7 bevorzugt durch den Brennpunkt 12. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 umfasst ein Photolumineszenzelement, welches nachfolgend zu Figur 6 genauer erläutert ist.

[0046] In Figur 6 ist in schematischer Form ein Ausschnitt 37 aus Figur 5 gezeigt. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 weist das Photolumineszenzelement mit einer Lumineszenzschicht 54 insbesondere einer Phosphorschicht auf. Die Lumineszenzschicht 54 weist eine Lichtaustrittsfläche 36 auf, die im Wesentlichen der objektseitigen Petzval-Fläche 26a durch den Brennpunkt 12 und damit der Kugelfläche 7 folgt. Die Lichtaustrittsfläche 36 der Lichtabstrahleinrichtung 4 bildet somit eine konvexe Lichtaustrittskontur, durch die erreicht wird, dass sowohl Licht, das in der Nähe der Brennpunkts 12 abgestrahlt wird, als auch Licht, dass von einem radial äußeren Punkt von der Lichtaustrittsfläche 36 abgestrahlt wird, in der Abstrahllichtverteilung im Wesentlichen gleich scharf abgebildet wird. Die Lumineszenzschicht 54 kann je nach Ausführungsform aus Richtung des sphärischen Hohlspiegels 10 als auch von Seiten der Aperturblende 28 aus mit Laserlicht bestrahlt werden. In diesem Fall wird an der Rückseite der Lumineszenzschicht, d. h. an der dem Spiegel abgewandten Seite, eine reflektierende Fläche angebracht (Rückseitenverspiegelter Konverter). Somit ergeben sich Freiheitsgrade hinsichtlich der Einkopplung von Laserlicht und damit hinsichtlich der Anordnung der entsprechenden Laserlichtquelle.

[0047] Figur 7 zeigt eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2d in einer schematischen Schnittansicht. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 umfasst alternativ zu der der objektseitigen gekrümmten Petzvalfläche 26a aus den Figuren 5 und 6 eine Sammellinse, die sich zwischen einer Abstrahleinrichtung und dem sphärischen Hohlspiegel befindet. Durch die Sammellinse, die auch als Bildebner bezeichnenbar ist, wird die Petzval-Summe des optischen Systems reduziert, wodurch die Bildkrümmung der Abbildung eines ebenen Objekts - hier einer ebenen Lichtabstrahleinrichtung - reduziert oder sogar beseitigt werden kann (Petzval-Summe = 0).

[0048] Vorliegend ist der Abschnitt 40 in Form eines zentralen Bereichs der Reflexionsfläche 8 um die optische Achse 24 herum mittels einer entsprechenden Beschichtung nichtreflektierend ausgebildet. Alternativ kann beispielsweise eine Öffnung, beispielsweise eine kreisrunde Öffnung, mit Mittelpunkt auf der optischen Achse 24 in dem sphärischen Hohlspiegel 10 ausgespart sein.

[0049] Figur 8 zeigt einen Ausschnitt 41 aus Figur 7. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 umfasst vorliegend ein Lichtabstrahlelement 47, beispielsweise ein von Laserlicht bestrahltes Photolumineszenzelement oder ein Halbleiterlichtquellen-Array, mit einer ebenen Lichtaustrittsfläche. Ausgehend von dem Lichtabstrahlelement 47 umfasst die Lichtabstrahleinrichtung 4 die in Richtung des sphärischen Hohlspiegels 10 angeordnete Sammellinse 42 mit einer konvexen Abstrahlfläche 72. Die Abstrahlfläche 72 ist eine konvexe Lichtabstrahlkontur. Die Sammellinse 42 ist so ausgestaltet, dass sich die lotrecht zur optischen Achse 24 verlaufende und damit im Wesentlichen ebene objektseitige Petzval-Fläche 26b ergibt, womit vorteilhaft Lichtabstrahlelemente 47 einsetzen lassen, die eine ebene Lichtaustrittsfläche aufweisen. Durch die Sammellinse 42 kann somit auch ein radial außen liegender Lichtpunkt des Lichtabstrahlelements 47 in der Abstrahllichtverteilung scharf abgebildet werden. Mithin verbessert die Sammellinse 42 die Abbildung der Randbereiche des Lichtabstrahlelements 47.

[0050] Der Brennpunkt 12 verschiebt sich durch die Sammellinse 42. Zwischen der Sammellinse 42, die als Plankonvexlinse ausgebildet ist, und das Lichtabstrahlelement 47 kann ein Luftspalt 43 angeordnet sein. Selbstverständlich ist auch eine Anordnung der Sammellinse 42 ohne einen Spalt zwischen der Sammellinse 42 und der Lichtabstrahleinrichtung 4 denkbar. Entsprechend kann die Sammellinse 42 durch ein Aufsetzen, Aufkleben oder Anformen an dem Lichtabstrahlelement 47 angeordnet sein.

[0051] Die Brechkraft der Sammellinse 42 und insbesondere die Lichtaustrittsfläche 72 wird so gewählt, dass die Petzval-Summe gemäß nachstehend erläuterter, allgemein angegebener Gleichung 2 sehr klein oder

gleich Null wird. Damit verschwindet die Bildkrümmung bei der Abbildung einer ebenen Lichtabstrahleinrichtung. Bei der Gleichung 2 ist R_P Radius der Kugelfläche 7, n_i die optische Dichte vor einer Brechung, n_{i+1} ist die optische Dichte nach einer Brechung, R_i ist der Radius der i -ten Fläche und k die Anzahl der Flächen.

$$\frac{1}{R_P} = n_{k+1} \sum_{i=1}^k \frac{1}{R_i} \left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_{i+1}} \right) \quad \begin{array}{l} \text{für eine refraktive Fläche} \\ \text{für eine reflektive Fläche} \end{array} \approx 0$$

(2)

[0052] Material-Luft-Übergänge der Sammellinse 42, insbesondere die Lichtaustrittsfläche 72 werden bevorzugt mit einer dielektrischen Antireflexionsschicht ausgestattet oder mittels eines kontinuierlich angepassten Brechungsindizes, der mittels Nanostrukturen realisiert wird, entspiegelt. So können Verluste des ausgestrahlten Lichts der Lichtabstrahleinrichtung 4 und störende Reflexionen vermieden werden. Die Sammellinse 42 ist insbesondere aus anorganischem oder organischem Glas oder einem Flüssigsilikonkautschuk gefertigt, wobei bei Ausführung als Flüssigsilikonkautschuk (LSR = Liquid Silicon Rubber) die Sammellinse 42 unmittelbar an die Lichtabstrahleinrichtung 4 angeformt werden kann. Alternativ zu dem Vorsehen der konvexen Lichtaustrittskontur der Sammellinse 42 oder des Photolumineszenzelements kann eine verhältnismäßig dicke Meniskenlinse, die auch als Bildebner bezeichnenbar ist, im Strahlengang vorgesehen sein, um die Bildebner zu erreichen.

[0053] In einer in den Figuren nicht gezeigten Ausführungsform umfasst die Lichtabstrahleinrichtung 4 ein Halbleiterlichtquellen-Array, das eine konvexe, dem sphärischen Hohlspiegel 10 zugewandte Lichtaustrittskontur aufweist, welche im Wesentlichen der objektseitigen gekrümmten Petzvalfläche 26a folgt. Mithin weist das Halbleiterlichtquellen-Array gruppenweise, vorzugsweise einzeln ansteuerbare Halbleiterlichtquellen auf, deren einzelne Lichtaustrittsflächen im Wesentlichen der gekrümmten Petzvalfläche 26a folgen.

[0054] Figur 9 zeigt eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2e in schematischer perspektivischer Ansicht. Das Lichtmodul 2e umfasst eine Laserlichtquelle 44, die ein Laserlichtbündel 46 ausstrahlt. Das Laserlichtbündel 46 wird über ein Transmissionsoptikelement 48 auf ein Strahlenkittel 50 geleitet, das beispielsweise auch als motorisch angetriebene Scannerspiegelanordnung oder Polygonspiegelläderanordnung ausgeführt ist. Das Strahlenkittel 50 umfasst beispielsweise einen horizontal- und vertikal verkippbaren Scannerspiegel oder eine Anordnung zweier hintereinandergeschalteter Scannerspiegel, wovon sich ein Scannerspiegel horizontal und ein anderer Scannerspiegel vertikal verkippen lässt. Das Strahlenkittel 50 führt den Laserstrahl beispielsweise zeilenweise über das Photolumineszenzelement, um dort ein Zwischenbild zu erzeugen. Die Intensität des Laserstrahls wird in Abhängigkeit des jeweils angeleuchteten Ortes auf dem Photolumineszenzelement so moduliert, dass ein Bild entsteht. Die Scannerspiegel werden in Halbleitertechnik derart hergestellt, so dass sich der/die Scannerspiegel, die zugehörige Lagerung, die meist elektrostatischen Aktoren und die elektrischen Treiber vorteilhaft in einem Baustein integrieren lassen. Die Scannerspiegel lassen sich um zwei Achsen kippen, so dass bereits ein Scannerspiegel ausreicht, um ein zweidimensionales Feld abzuscanen. Mehrere dieser Scanner, bestehend aus Laserlichtquelle und Scannerspiegel, können zur Leistungssteigerung parallelgeschaltet werden. Die Laserlichtverteilung 45 tritt durch den als Öffnung in dem sphärischen Hohlspiegel 10 ausgestalteten Bereich 40 und trifft auf die Lichtabstrahleinrichtung 4. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 umfasst ein reflektierendes Photolumineszenzelement, das mit dem Laserlicht 45 bestrahlt wird. Das Laserlicht 45 trifft auf das Photolumineszenzelement und erzeugt gestreutes Laserlicht und Lumineszenzlicht in Form der ersten Lichtverteilung 6.

[0055] Selbstverständlich kann in einer anderen Ausführungsform die Laserlichtverteilung 45 auch durch eine in Transmission arbeitende Lichtabstrahleinrichtung 4 umfassend ein Photolumineszenzelement ausgebildet sein. Die Laserlichtverteilung 45 trifft in dieser Ausführungsform aus einer dem sphärischen Hohlspiegel 10 abgewandten Seite der Lichtabstrahleinrichtung 4 auf das Photolumineszenzelement. Hierzu ist das Strahlenkittel 50 innerhalb der Anordnung insbesondere auf der optischen Achse 24 angeordnet.

[0056] Figur 10 zeigt in einem schematischen Schnitt das Photolumineszenzelement der Lichtabstrahleinrichtung 4 aus Figur 9 in einer Ausführungsform, wobei in eine Abstrahlrichtung 52 die erste Lichtverteilung 6 abgestrahlt wird. Die Laserlichtverteilung 45 trifft auf die Lumineszenzschicht 54, durch die gestreutes Laserlicht und Lumineszenzlicht in Form der ersten Lichtverteilung 6 in Abstrahlrichtung 52 erzeugt werden. Entgegen der Abstrahlrichtung 52 schließt sich an die Lumineszenzschicht 54 eine Reflexionsschicht 56 an, die beispielsweise aus Aluminium, Silber, Bariumsulfat oder Titandioxid hergestellt ist bzw. eine Mischung derselben umfasst.

[0057] Mithin ist eine Rückseite der Lumineszenzschicht 54 reflektierend ausgebildet.

[0058] Figur 11 zeigt in schematischer perspektivischer Ansicht die Lichtabstrahleinrichtung 4, die auf dem Halteelement 34 angeordnet ist. Analog zu Figur 6 liegt eine Lichtaustrittsfläche der Lichtabstrahleinrichtung 4 in der Petzval-Ebene 26a.

[0059] Figur 12 zeigt eine Ausführungsform der Lichtabstrahleinrichtung 4 in einer schematischen Schnittansicht. Über die Lichtaustrittsfläche verteilt befinden sich eine Anzahl voneinander über Stege 58 getrennter Lumineszenzsegmente 60. Die Lumineszenzsegmente 60 sind in die Reflexionsschicht 56 eingelassen, so dass sie voneinander getrennt sind und so optisch mittels der variablen Laserlichtverteilung 45 einzeln aktivierbar sind. So wird verhindert, dass durch eines der Lumineszenzsegmente 60 gestreutes Licht in ein benachbartes eindringt.

[0060] Figur 13 zeigt in einer schematischen perspektivischen Ansicht das Lichtmodul 2e aus Figur 9 mit der Lichtabstrahleinrichtung 4 aus Figur 12, wie sie auf dem Halteelement 34 angeordnet ist. Wie auch in Figur 11 ist in Figur 13 gezeigt, wie die Lichtaustrittsfläche des Lichtemissionselements 4 der Petzvalfläche 26a folgt.

[0061] Figur 14 zeigt eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2f in einer schematischen Schnittansicht. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 ist auf einer zur optischen Achse 24 rotationssymmetrisch angeordneten, transparenten Halteeinrichtung 62 befestigt. Die Halteeinrichtung 62 ist insbesondere als Glasplatte ausgeführt und weist radial einen im Wesentlichen gleichen Abstand der Lichteintritts- und -austrittsflächen auf. Daneben ist die Halteeinrichtung 62 leicht gewölbt, um den Strahlengang zwischen dem sphärischen Hohlspiegel 10 und der Korrekturereinrichtung 16 möglichst wenig zu beeinflussen. Entsprechend ergibt sich eine geringe und konstante Wandstärke und die Krümmung der Halteeinrichtung 62 ist so ausgeführt, so dass die Lichteintritts- und Lichtaustrittsflächen senkrecht auf dem jeweiligen Strahlengang der eintretenden und austretenden Strahlen liegen. Somit ist die Halteeinrichtung 62 so ausgebildet, dass die Gleichung 1 erfüllt ist. In einer zur Figur 14 alternativen Ausführungsform des Lichtmoduls 2 umfasst die Halteeinrichtung 62 die Funktion der Korrekturereinrichtung 16.

[0062] Figur 15 zeigt eine weitere Ausführungsform des Lichtmoduls 2g in einer perspektivischen, schematischen Darstellung. Die Lichtabstrahleinrichtung 4 umfasst eine Matrix-Halbleiterlichtquellenanordnung, die eine Anzahl von matrixartig angeordneten Halbleiterlichtquellen umfasst. Mittels einer vor der Halbleiterlichtquellenanordnung angeordneten Sammellinse 42 wird die erste Lichtverteilung 6 erzeugt. Die erste Lichtverteilung 6 wird mittels des sphärischen Hohlspiegels 10 in die zweite Lichtverteilung 14 umgeformt, wobei die zweite Lichtverteilung 14 auf eine im Wesentlichen ebene, zu dem Teil 24a der optischen Achse 24 schräg verlaufende Reflektorfläche 64 trifft. Durch die Reflektorfläche 64 ergibt sich ein Knick in der optischen Achse 24. Die ebene Reflektorfläche 64 leitet die zweite Lichtverteilung 14 auf die Korrekturereinrichtung 16, die entlang der optischen Achse 24 im Wesentlichen den gleichen Abstand von der Lichtabstrahleinrichtung 4 aufweist wie der sphärische Hohlspiegel 10. Die Korrekturereinrichtung 16 strahlt die Abstrahllichtverteilung 20 ab.

[0063] Die ebene Reflektorfläche 64 umfasst eine Aussparung 66.

[0064] Durch die Aussparung 66 ist die Lichtabstrahleinrichtung 4 hindurchgeführt. Die Reflektorfläche 64 schattet Teile einer Leiterplatte 68 oder aber zur Kühlung der Lichtabstrahleinrichtung 4 vorgesehene Komponenten ab. Auch wird die optisch wirksame Fläche der ebenen Reflektorfläche 64 vergrößert. Insgesamt können somit höhere optische Wirkungsgrade bei gleichzeitig verbesserter Kühlung der Lichtabstrahleinrichtung 4 und eine reduzierte Größe des Lichtmoduls 2 erreicht werden.

[0065] Figur 16 zeigt das Lichtmodul 2g aus Figur 15 in einem schematischen Meridionalschnitt. Die nicht gezeigte Aperturblende 28 schließt die Korrekturereinrichtung 18 ein und ist in dem Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet. Der Krümmungsmittelpunkt 18 wurde vorliegend durch die Reflektorfläche 64 auf den Teil 24b der optischen Achse 24 abgebildet.

[0066] Die Leiterplatte 68 ist auf einem Kühlkörper 70 angeordnet. Durch die Aussparung 66 in der Reflektorfläche ergeben sich Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Leiterplatte 68 und des Kühlkörpers 70. Durch die ebene Reflektorfläche 64 kann zusätzlich ein großer Teil sowohl des Kühlkörpers 70 als auch der Leiterplatte 68 abgeschattet werden und wird nicht durch absorbierte Lichtstrahlung erhitzt.

[0067] Figur 17 ist eine Draufsicht aus Sicht des sphärischen Hohlspiegels 10 auf die Lichtabstrahleinrichtung 4 gezeigt. Der Zugewinn an optisch wirksamer Fläche ist durch die gestrichelten Linien 72 angedeutet. Dieser Zugewinn wird durch eine Verkleinerung der Aussparung 66 erreicht.

[0068] Figur 18 zeigt eine Ausführungsform des Lichtmoduls 2h. Im Unterschied zu den vorstehenden Ausführungsformen des Lichtmoduls 2 ist bei dem Lichtmodul 2h die Korrekturereinrichtung 16 als Reflektor ausgebildet und im Krümmungsmittelpunkt 18 angeordnet. Die beiden Teile 24a und 24b der optischen Achse 24 schließen im Wesentlichen einen spitzen Winkel, insbesondere einen Winkel γ von $\leq 90^\circ$ ein. Des Weiteren umfasst die reflektierende Fläche der Korrekturereinrichtung 16 die vorangehend erläuterten Abschnitte 9 und 27.

[0069] Die Korrekturereinrichtung 16 weist eine Außenkontur auf, die gleichzeitig die Funktion der Aperturblende erfüllen kann. In einer weiteren Ausführungsform liegt eine halbkreisförmige Öffnung mit dem Krümmungsmittelpunkt 18 als Mittelpunkt als Aperturblende in einer Ebene durch den Teil 24b der optischen Achse 24 und senkrecht zu dem Teil 24a der optischen Achse.

Patentansprüche

1. Ein Lichtmodul (2) für eine Beleuchtungseinrichtung (3) eines Kraftfahrzeugs (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Lichtabstrahleinrichtung (4) auf einer optischen Achse (24) im Wesentlichen mittig zwischen einem sphärischen Hohlspiegel (10) und einem Krümmungsmittelpunkt (18) des sphärischen Hohlspiegels (10) angeordnet ist, dass die Lichtabstrahleinrichtung (4) zur Lichtabstrahlung auf den sphärischen Hohlspiegel (10) gerichtet ist, dass eine Korrektureinrichtung (16) zur Reduktion einer sphärischen Aberration des sphärischen Hohlspiegels (10) im Strahlengang nach dem sphärischen Hohlspiegel (10) angeordnet ist, und dass eine Aperturblende (28) im Krümmungsmittelpunkt (18) des sphärischen Hohlspiegels (10) angeordnet ist.
2. Das Lichtmodul (2) nach dem Anspruch 1, wobei die Lichtabstrahleinrichtung (4) eine dem sphärischen Hohlspiegel (10) zugewandte, konvexe Lichtaustrittskontur (36; 72) umfasst.
3. Das Lichtmodul (2) nach dem Anspruch 1 oder 2, wobei die Lichtabstrahleinrichtung (4) eine bevorzugt plankonvexe Sammellinse (42) mit der konvexen Lichtaustrittskontur (72) umfasst.
4. Das Lichtmodul (2) nach dem Anspruch 1 oder 2, wobei die Lichtabstrahleinrichtung (4) ein Photolumineszenzelement mit der konvexen Lichtaustrittskontur (36) umfasst.
5. Das Lichtmodul (2) nach dem Anspruch 1, wobei die Lichtabstrahleinrichtung (4) eine dem sphärischen Hohlspiegel (10) zugewandte, ebene Lichtaustrittskontur umfasst.
6. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der sphärische Hohlspiegel (10) in einem Abschnitt (40) um die optische Achse (24) nichtreflektierend ausgebildet ist.
7. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Durchmesser (13) des sphärischen Hohlspiegels (10) größer ist als der Durchmesser (11) der Aperturblende (28).
8. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Korrektureinrichtung (16) im Krümmungsmittelpunkt (18) des sphärischen Hohlspiegels (10) angeordnet ist und von der Aperturblende (28) umschlossen ist.
9. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Korrektureinrichtung (16) hin zur optischen Achse (24) einen sammelnden Abschnitt (27) umfasst, und/oder wobei die Korrektureinrichtung (16) einen streuenden Abschnitt (9) umfasst.
10. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Lichtabstrahleinrichtung (4) eine Lichtquelle (44; 47) zugeordnet ist, und wobei die Lichtquelle (44; 47) mehrere matrixartig angeordnete und gruppenweise, vorzugsweise einzeln ansteuerbare Einzelpixel zur Erzeugung einer variablen Lichtverteilung umfasst.
11. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Lichtquelle (47) ein Halbleiterlichtquellen-Array umfasst.
12. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Lichtquelle (44) eine Laserlichtquelle umfasst, und wobei Laserlicht der Laserlichtquelle zur Erzeugung der variablen Lichtverteilung mittels eines Strahlenkittels (50), welches sich im Strahlengang zwischen Laserlichtquelle und Photolumineszenzelement befindet, über das Photolumineszenzelement führbar ist..
13. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Öffnungsweite (11) der Aperturblende (28) größer ist als der Abstand auf der optischen Achse (24) zwischen der Lichtabstrahleinrichtung (4) und dem sphärischen Hohlspiegel (10).
14. Das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mittels einer Justageeinrichtung die Lage der Lichtabstrahleinrichtung (4) zu dem sphärischen Hohlspiegel (10) entlang der optischen Achse (24) variierbar ist.
15. Ein Frontscheinwerfer (3) für ein Kraftfahrzeug (1) umfassend das Lichtmodul (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche.

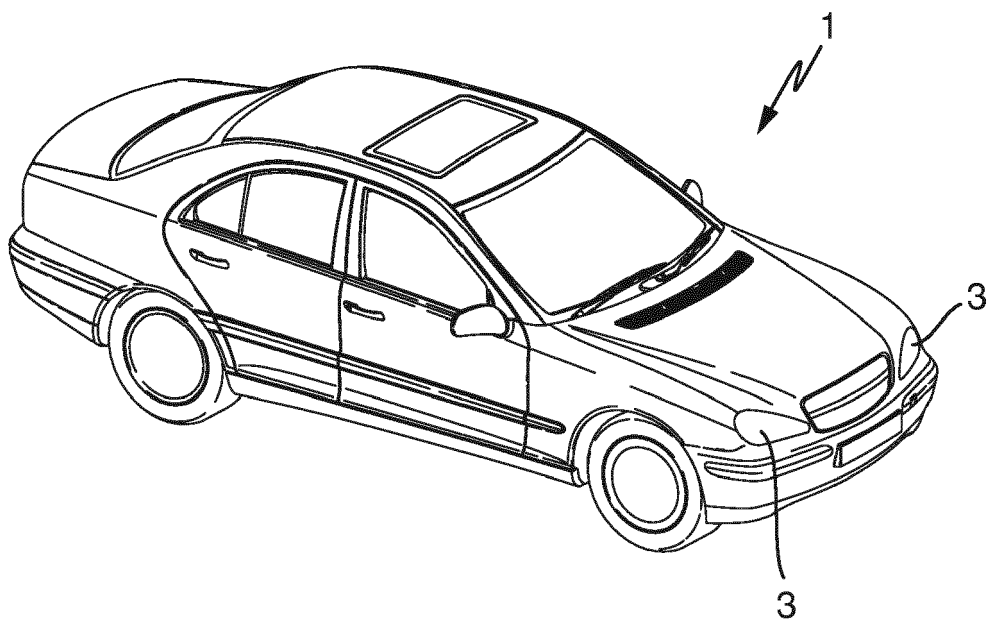


Fig. 1

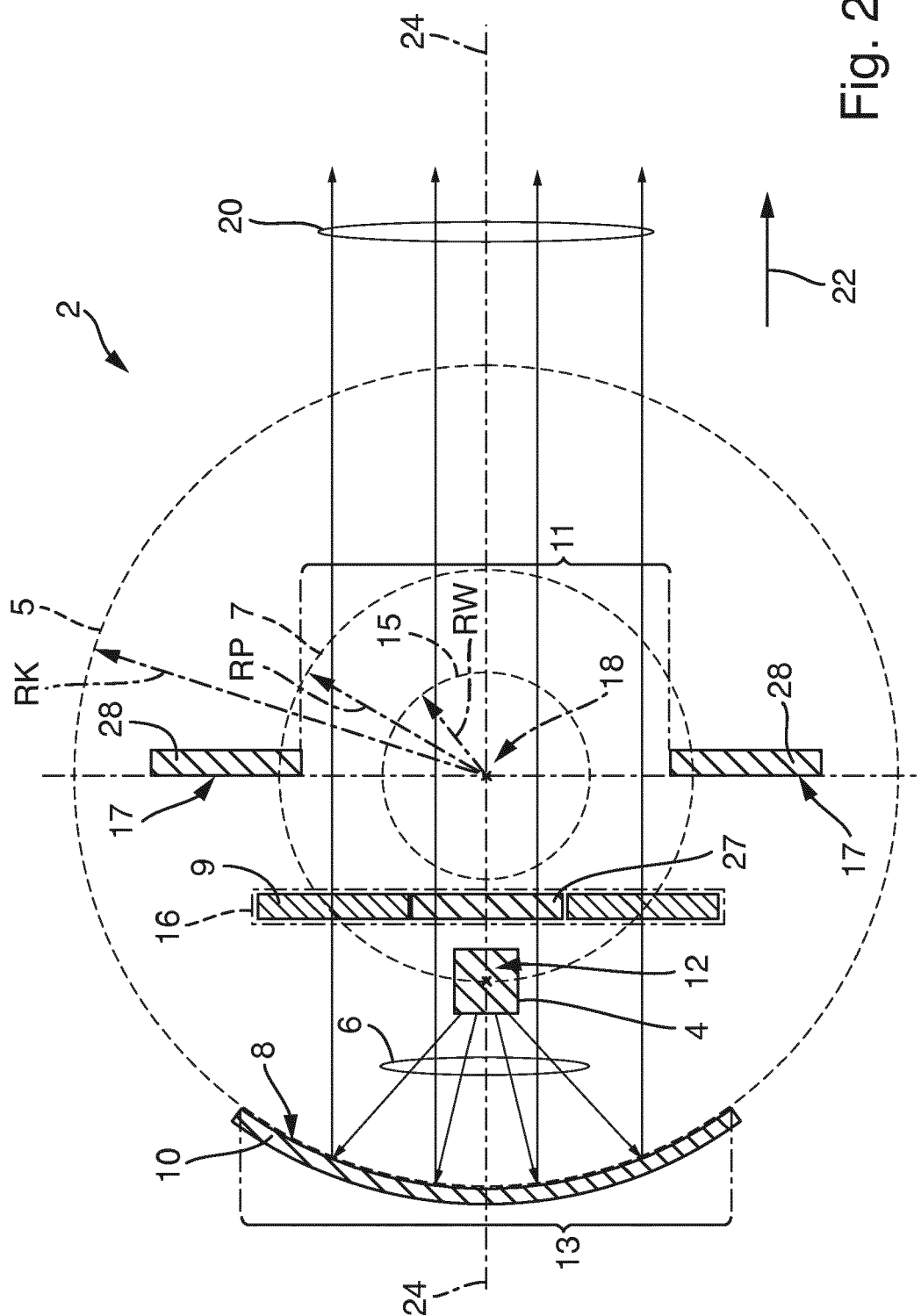


Fig. 2

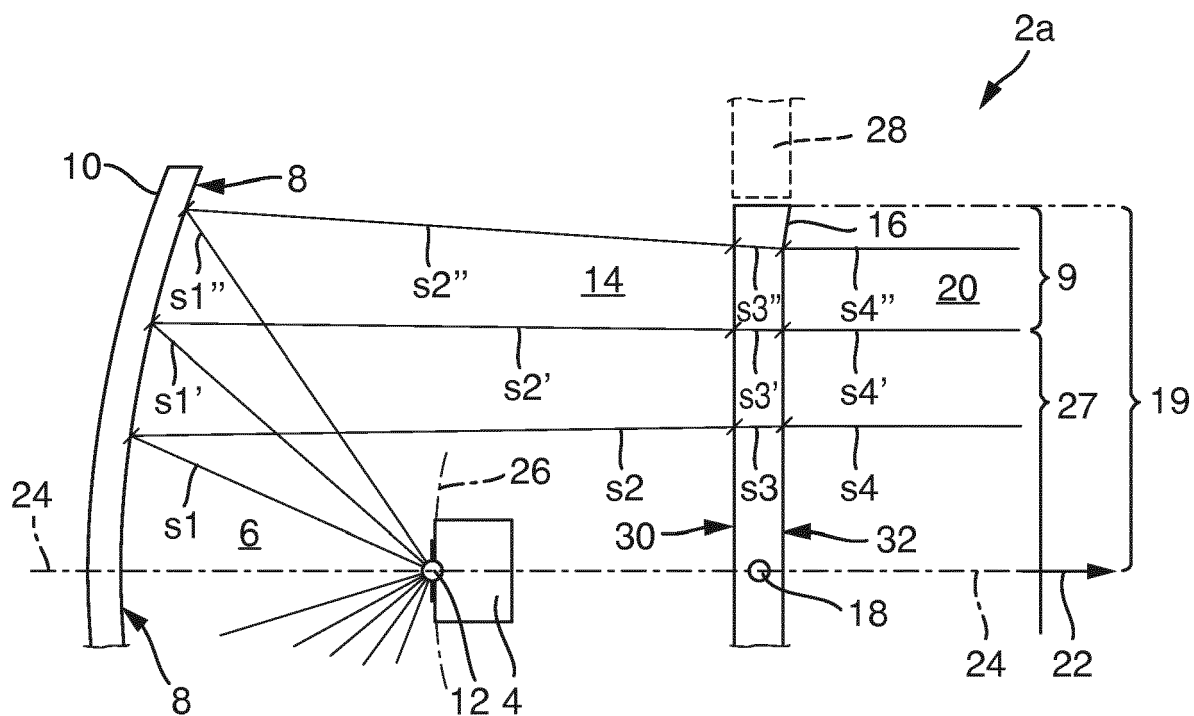


Fig. 3

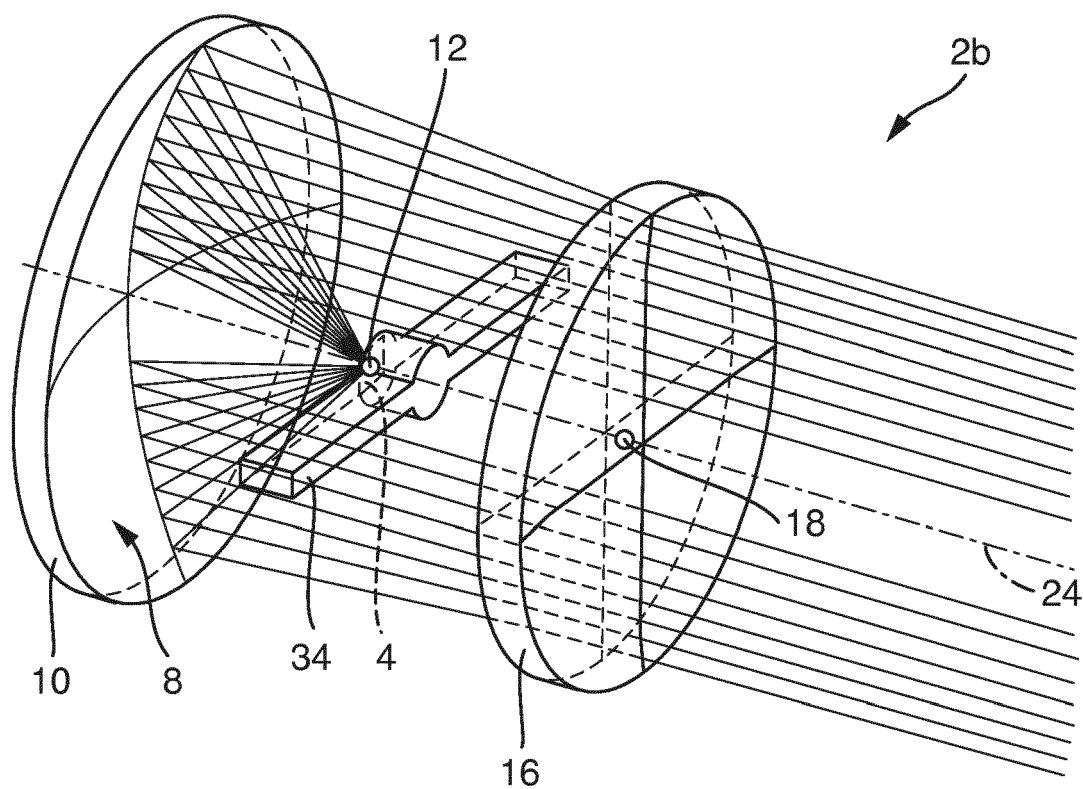


Fig. 4

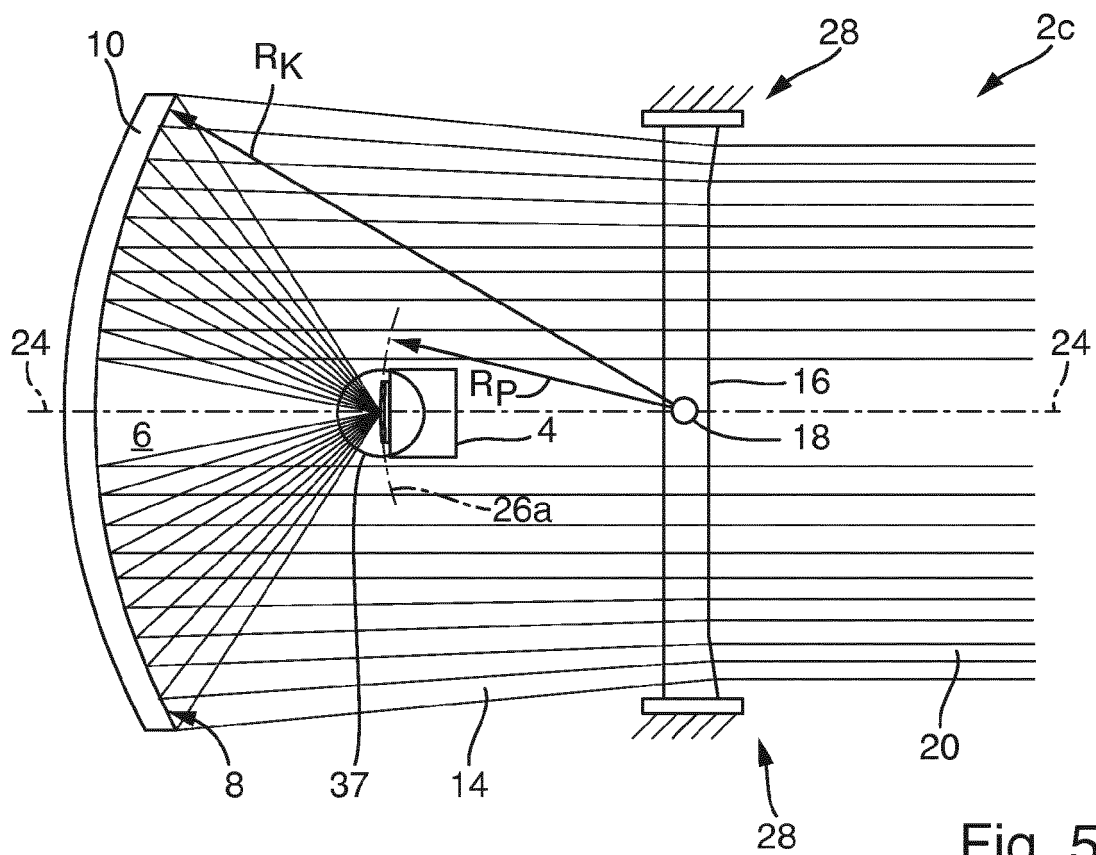


Fig. 5

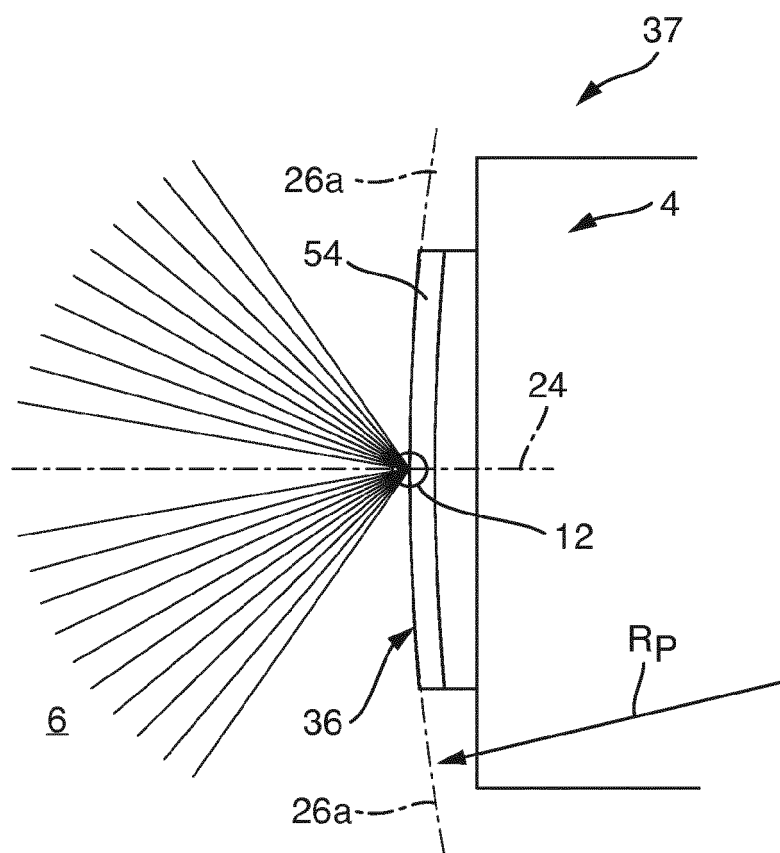
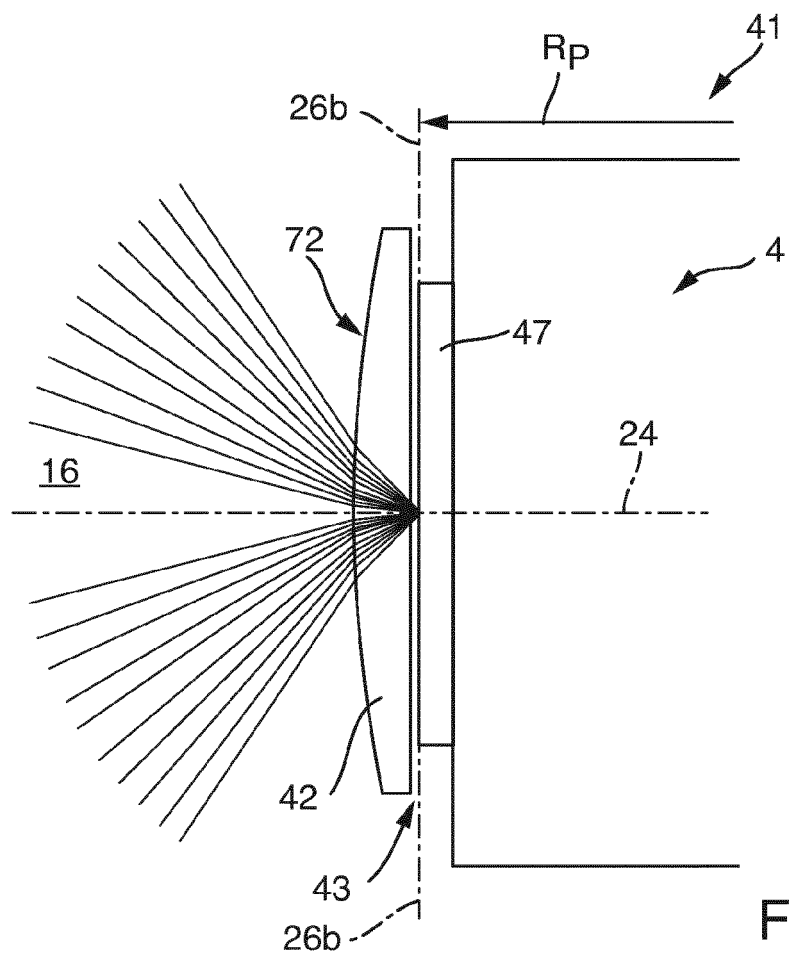
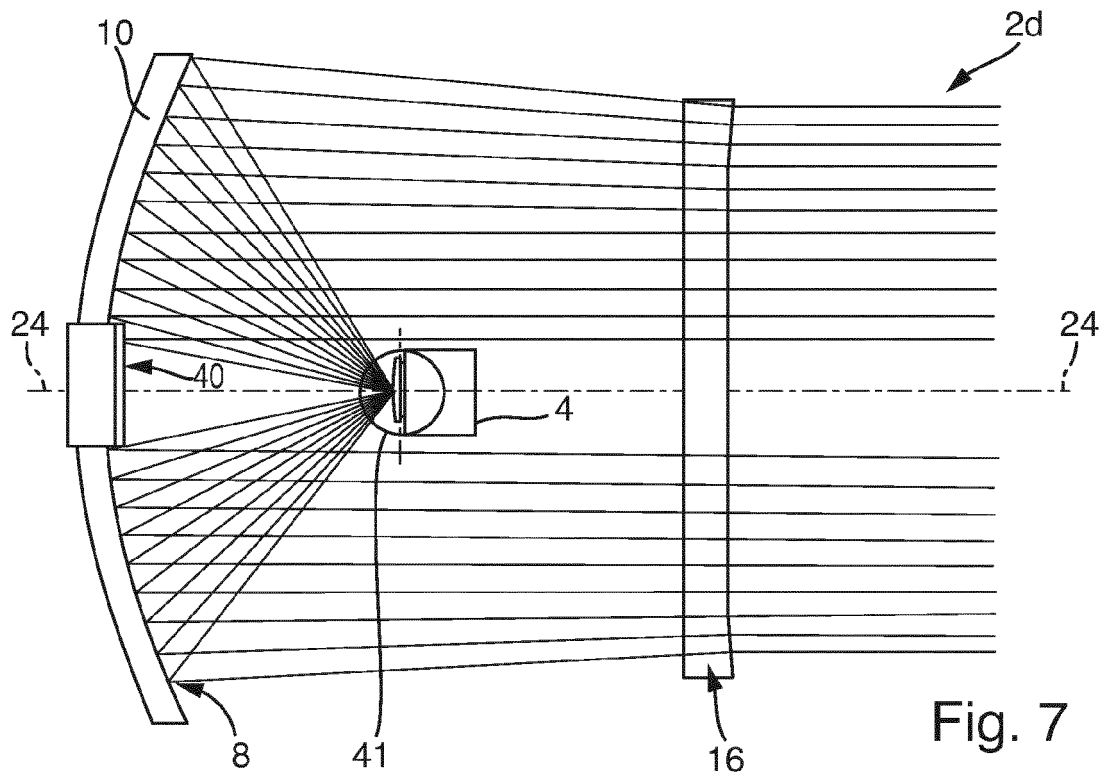


Fig. 6



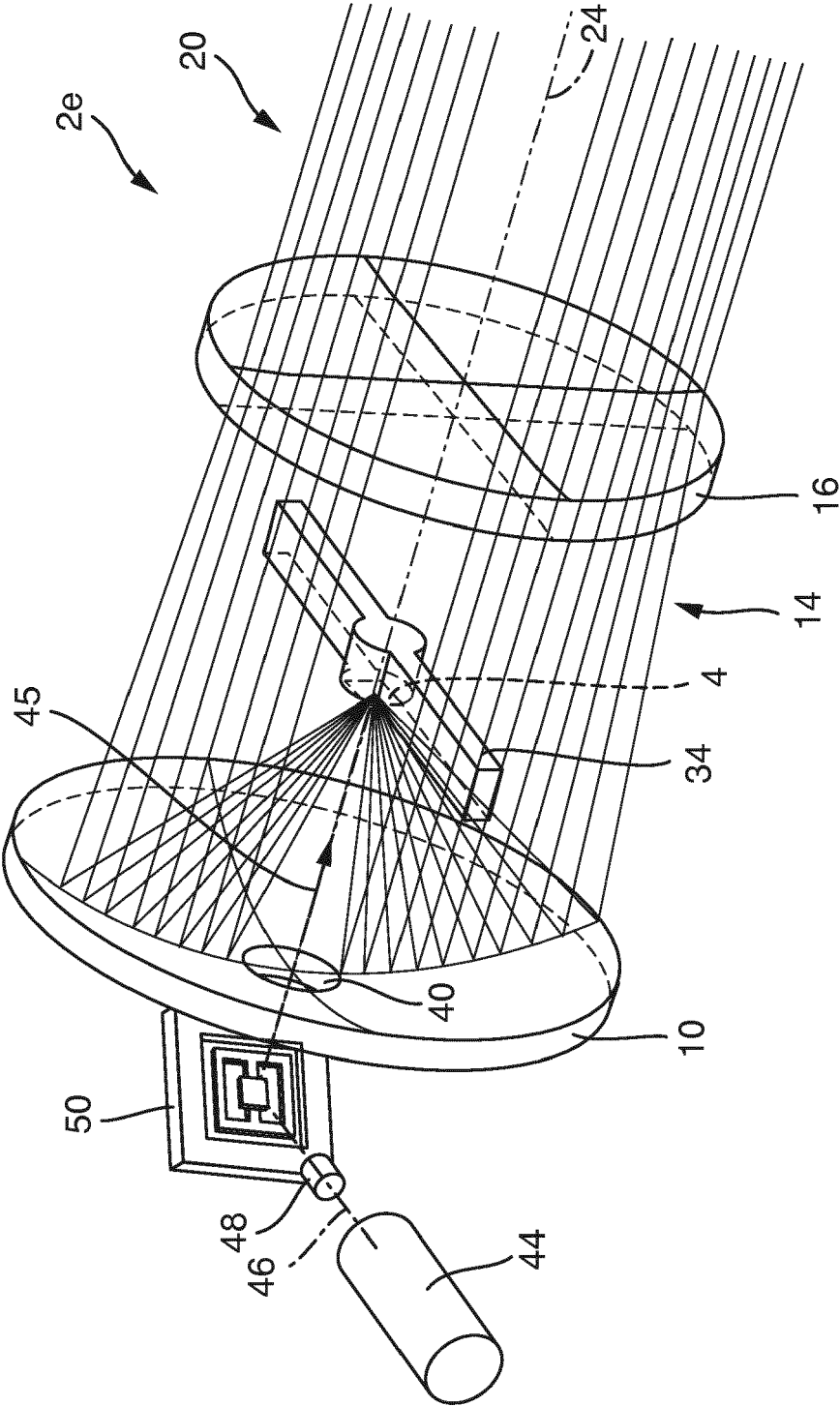


Fig. 9

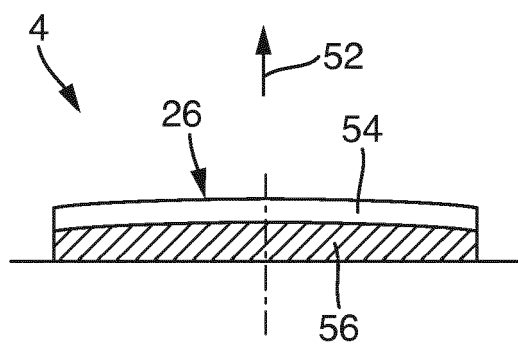


Fig. 10

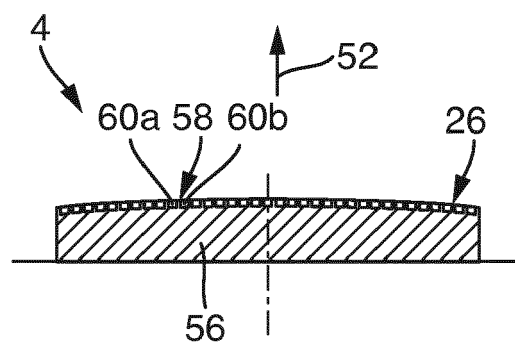


Fig. 12

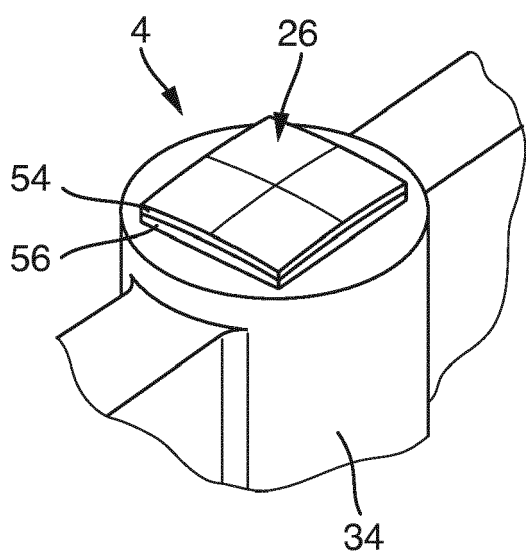


Fig. 11

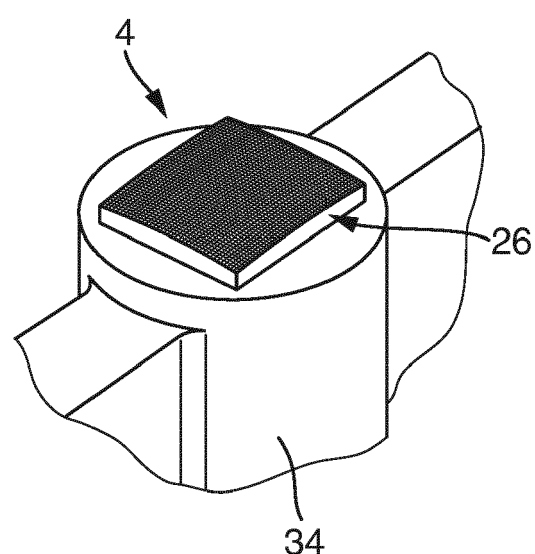


Fig. 13

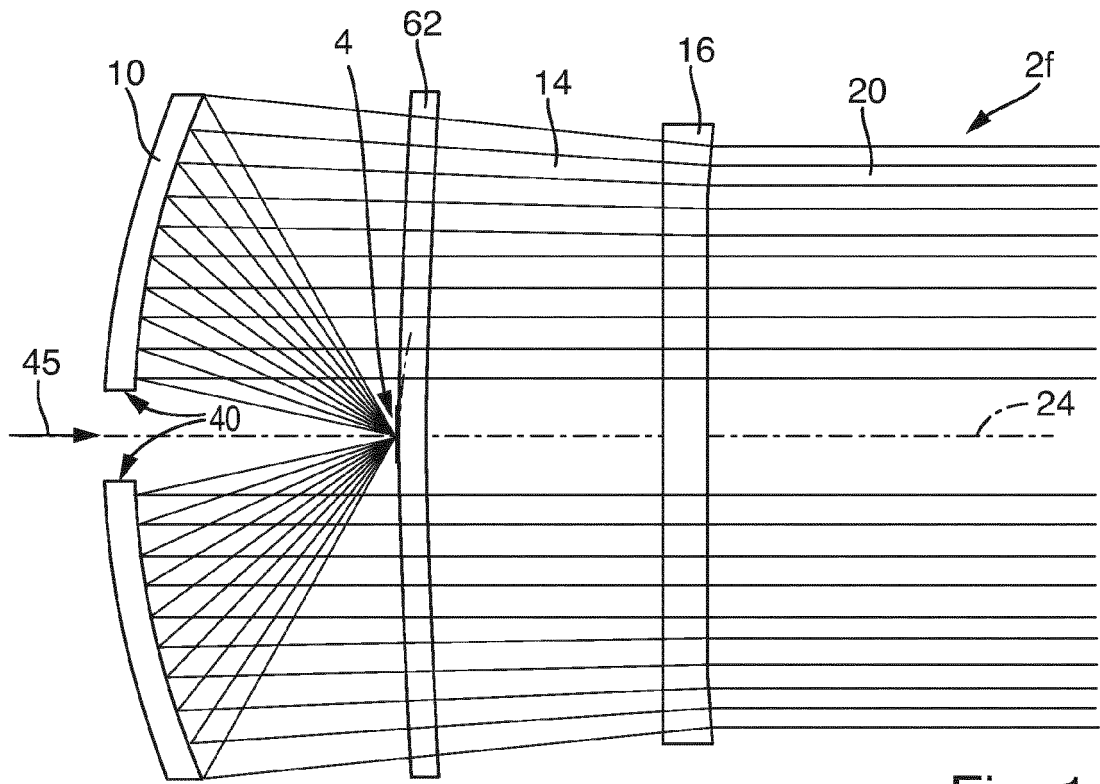


Fig. 14

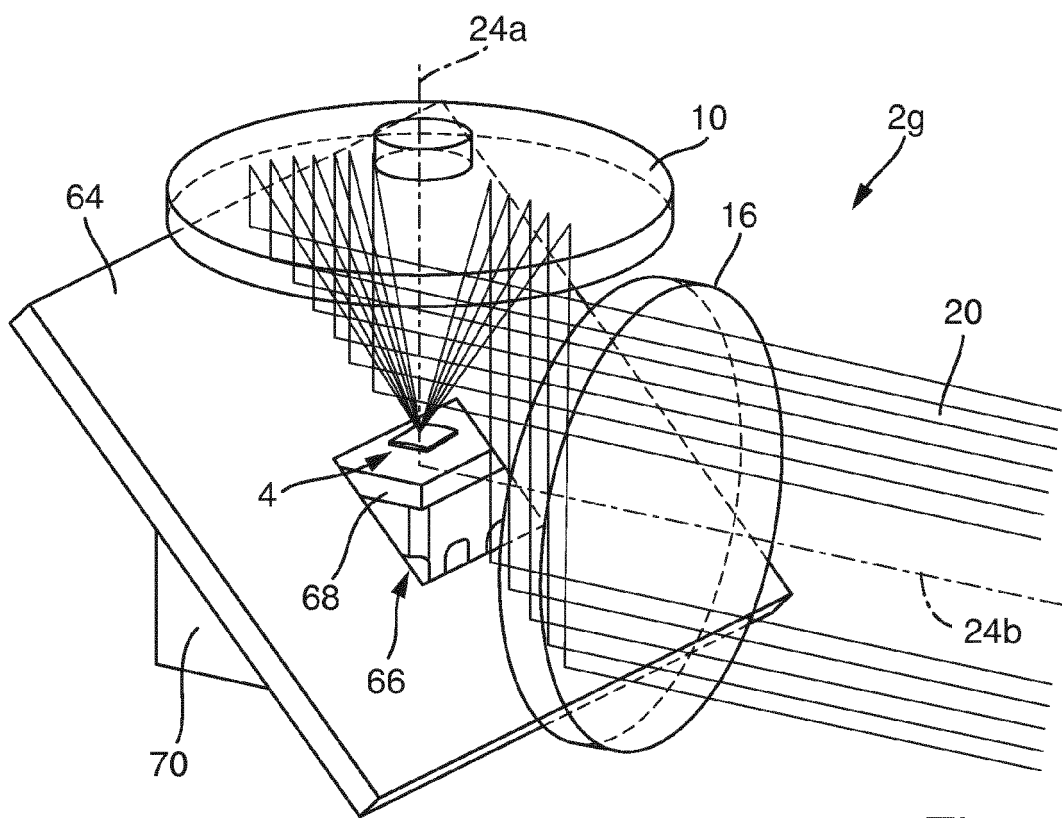
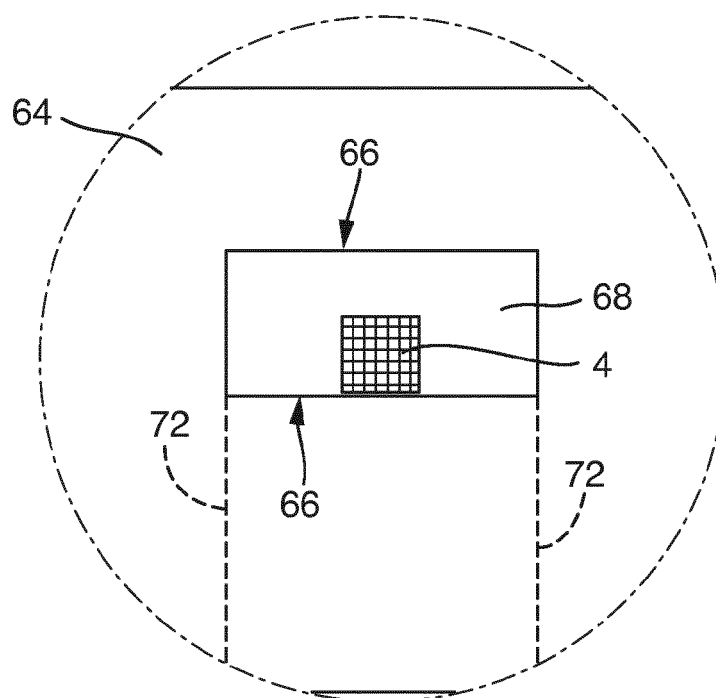
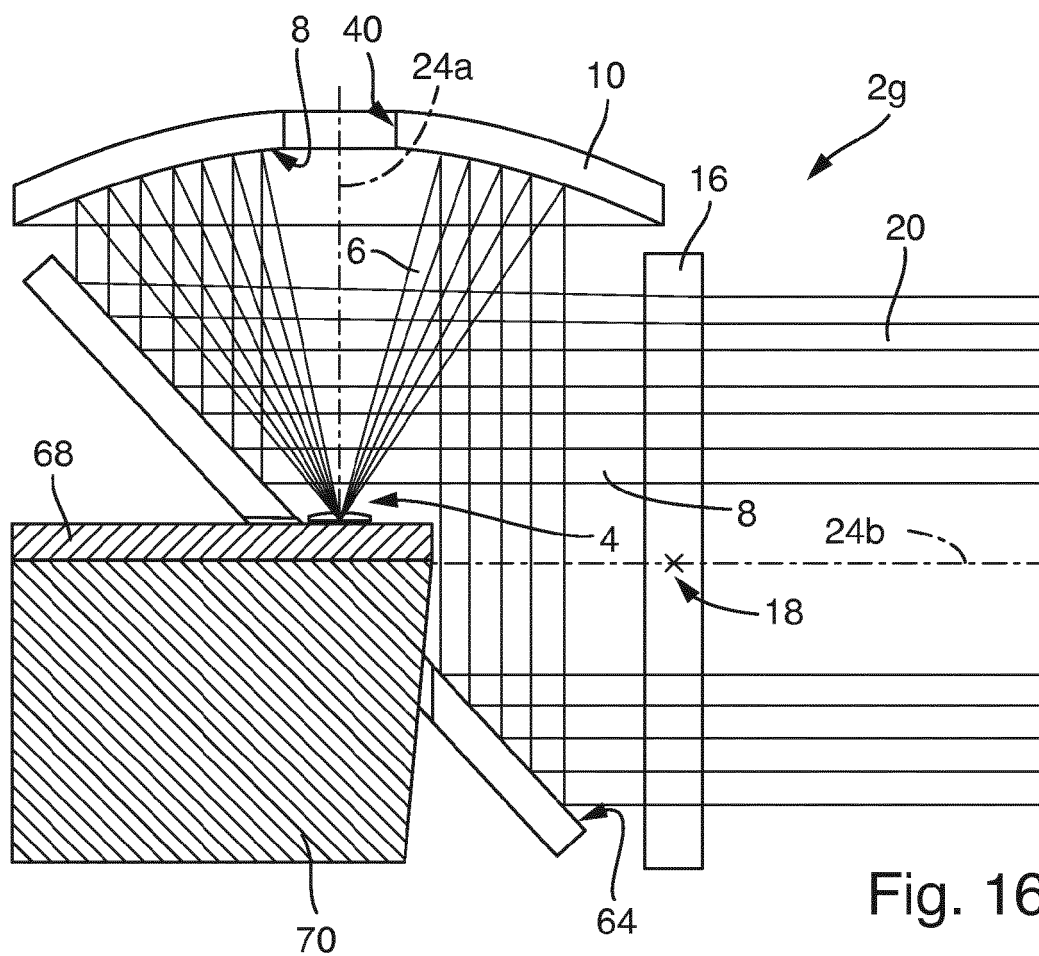


Fig. 15



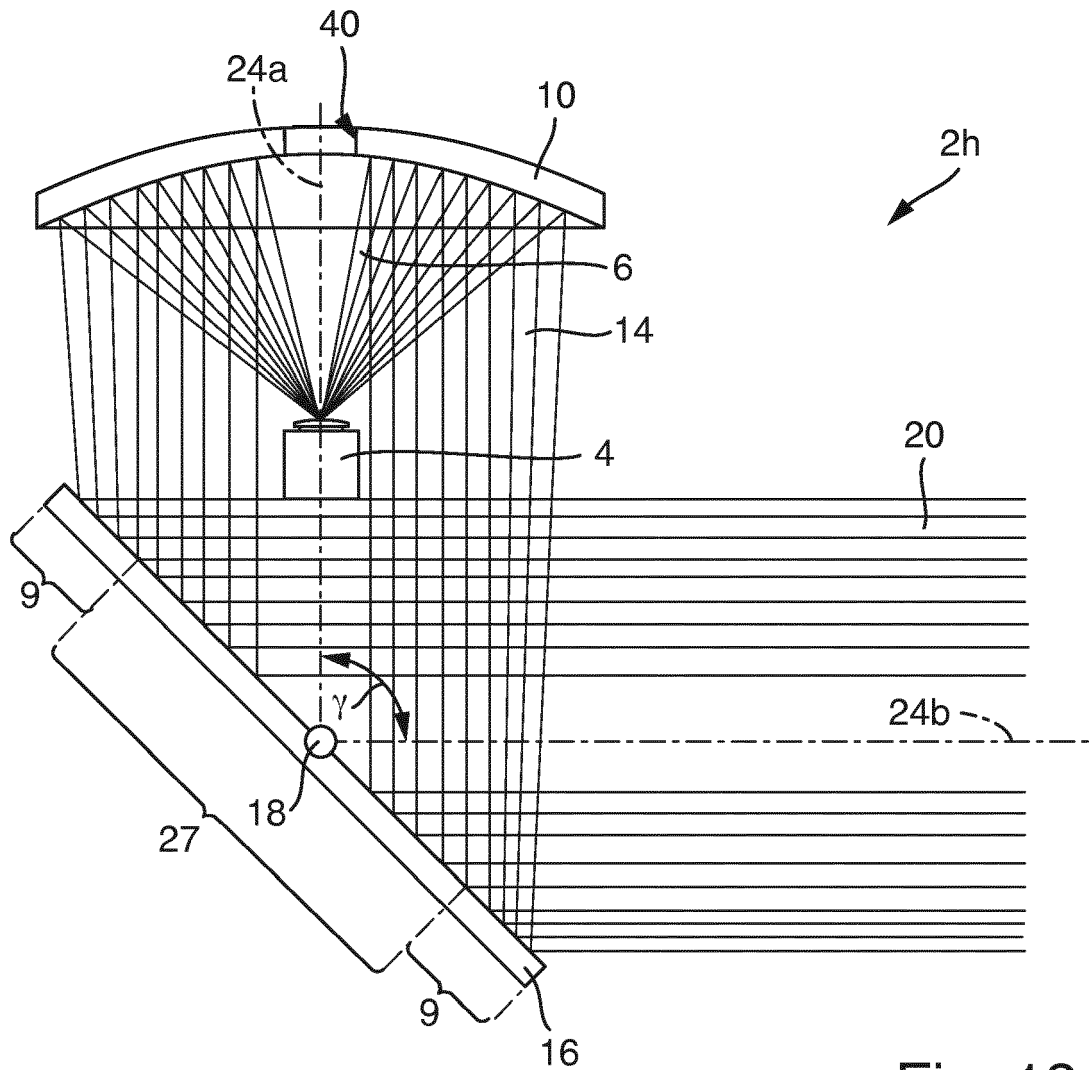


Fig. 18



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 19 3250

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2 273 801 A (LANDIS DANIEL O) 17. Februar 1942 (1942-02-17) * das ganze Dokument *	1,2,7-9	INV. F21S8/12
Y	----- DE 932 936 C (RCA CORP) 12. September 1955 (1955-09-12) * Spalte 2, Zeilen 22-27; Abbildungen 1-4 *	6,13,15	
Y	----- CH 205 952 A (STRAUBEL RUDOLF PROF DR [DE]) 15. Juli 1939 (1939-07-15) * das ganze Dokument *	6	
X	----- GB 496 885 A (RESEARCH CORP) 7. Dezember 1938 (1938-12-07) * Seiten 2-6; Abbildungen 5-10 *	13,15	
X	----- EP 0 864 897 A2 (CANON KK [JP]) 16. September 1998 (1998-09-16) * Spalte 11, Zeilen 28-42; Abbildung 1 *	1,2,7-9, 15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F21S F21V G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. März 2017	Prüfer Sarantopoulos, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 3250

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-03-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2273801 A	17-02-1942	KEINE	
DE 932936 C	12-09-1955	KEINE	
CH 205952 A	15-07-1939	KEINE	
GB 496885 A	07-12-1938	KEINE	
EP 0864897 A2	16-09-1998	EP 0864897 A2 US 6231193 B1	16-09-1998 15-05-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 102013206488 A1 [0003]