

(19)



(11)

EP 2 789 900 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.06.2017 Patentblatt 2017/25

(51) Int Cl.:
F21S 8/10^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14160764.8**

(22) Anmeldetag: **19.03.2014**

(54) LICHTMODUL FÜR EINE KRAFTFAHRZEUGBELEUCHTUNGSEINRICHTUNG

LIGHT MODULE FOR A MOTOR VEHICLE LIGHTING DEVICE

MODULE D'ÉCLAIRAGE POUR UN DISPOSITIF D'ÉCLAIRAGE DE VÉHICULE AUTOMOBILE

(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: **11.04.2013 DE 102013206488**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.10.2014 Patentblatt 2014/42

(73) Patentinhaber: **Automotive Lighting Reutlingen GmbH**
72762 Reutlingen (DE)

(72) Erfinder:
 • **Brendle, Matthias**
72074 Tübingen (DE)

- **Stefanov, Emil P.**
72762 Reutlingen (DE)
- **Austerschulte, Armin**
70563 Stuttgart (DE)
- **Zwick, Hubert**
70173 Stuttgart (DE)
- **Kellermann, Hermann**
72762 Reutlingen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 159 481 DE-A1-102004 008 296
DE-A1-102007 052 696 JP-A- 2011 171 002
US-A1- 2005 052 751 US-A1- 2013 051 014

EP 2 789 900 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul einer Beleuchtungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs. Das Lichtmodul umfasst eine Lichtquellenanordnung mit mehreren separat ansteuerbaren, zu einem Array zusammengefassten Lichtquellen zum Aussenden von Licht, mehrere zu einem Primäroptikarray zusammengefasste Primäroptik-elemente in Form von Sammellinsen jeweils mit einer Lichteintrittsfläche und einer Lichtaustrittsfläche und ferner ein Sekundäroptiksystem zum Abbilden des ausgesandten Lichts auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls. Die Primäroptik-elemente sind zum Bündeln zumindest eines Teils des von den Lichtquellen ausgesandten Lichts und zum Erzeugen einer Zwischenlichtverteilung auf den Lichtaustrittsflächen ausgebildet. Außerdem betrifft die Erfindung eine Beleuchtungseinrichtung mit einem oder mehreren solcher Lichtmodule.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ansätze bekannt, ein blendungsfreies Fernlicht mit Hilfe spezieller Lichtmodule, die als Projektionssysteme ausgebildet sind, ohne Verstellmotoren zu realisieren. Hierbei werden aus vielen Halbleiterlichtquellen (z.B. LEDs) mit Hilfe eines Primäroptikarrays Zwischenbilder erzeugt, die über ein Linsensystem auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug zur Erzeugung der resultierenden Lichtverteilung des Lichtmoduls projiziert werden. Ein entsprechendes Lichtmodul ist beispielsweise aus der DE 2008 013 603 A1 bekannt.

[0003] Da bei derzeitigen Projektionsmodulen nicht nur Hell-Dunkel-Grenzen, sondern auch Dunkel-Hell-Grenzen erzeugt werden, d.h. es gibt keine Festlegung, welche Fahrbahnseite ausgeleuchtet werden soll, können einlinsige Projektionssysteme aufgrund ihrer Farbfehler nur bedingt eingesetzt werden. Zur Lösung dieses Problems ist es beispielsweise aus der DE 10 2010 029 176 A1 bekannt, achromatische, zweilinsige Systeme einzusetzen.

[0004] Das Problem einer chromatischen Aberration bei Linsensystemen kann umgangen werden, indem als Sekundär- oder Projektionsoptik ein Reflektor verwendet wird. Reflektorsysteme haben gegenüber Linsensystemen Vorteile, da sie keine Farbfehler aufweisen, einfach und kostengünstig herstellbar sind, insbesondere wenn große optische Flächen gefordert sind, und kein Streulicht durch Fresnelreflexionen verursachen. Nachteilig ist bei Reflektorsystemen dagegen, dass bei größeren numerischen Aperturen Aperturfehler auftreten, d.h. unterschiedliche Reflektorzonen weisen verschiedene Vergrößerungen auf. Darüber hinaus kommt es bei Reflektorsystemen bei achsfernen Strahlen zu einem Versatz (sog. Koma). Eine quadratische Lichtquelle wird also nicht als Quadrat, sondern trapez- oder pilzartig deformiert wiedergegeben, wobei Größe, Lage und Orientierung des Bildes stark von der Lage der Lichtquelle im Objektfeld abhängen können. Ein System, das aus mehreren Halbleiterlichtquellen mehrere gerade, scharf begrenzte Lichtverteilungen mit definierter Lage der einzelnen Hell-Dunkel-Grenzen erzeugen soll, muss jedoch prinzipiell abbildende Eigenschaften aufweisen. Eine entsprechende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls muss also aus gleich großen und gleich orientierten Lichtquellenbildern aufgebaut bzw. zusammengesetzt werden.

[0005] Darüber hinaus setzen die bekannten Matrix-Fernlichtmodule in der Regel Single-Chip-LEDs, insbesondere SMD (Surface Mounted Device)-LEDs, in Verbindung mit einem Primäroptikarray ein. Das Primäroptikarray erzeugt Zwischenbilder auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptik-elemente des Optikarrays), die dann durch die im Strahlengang nachgeordnete Sekundäroptik auf die Fahrbahn projiziert werden. Die Flächen der Zwischenbilder (sog. Pixel) sind bedingt durch die Abstände zwischen den LEDs recht groß, was Projektionslinsen mit sehr großer Brennweite erforderlich macht. Die resultierenden Lichtmodule sind deshalb relativ großbauend, was für den Einsatz in Kraftfahrzeugen nachteilig ist, da dort nur ein relativ beschränkter Einbauraum für die Lichtmodule bzw. die mit diesen ausgestatteten Beleuchtungseinrichtungen zur Verfügung steht.

[0006] Außer auf die beiden bereits genannten Druckschriften wird noch auf folgende Druckschriften zum Stand der Technik verwiesen: DE 10 2008 005 488 A1, DE 10 2007 052 742 A1, DE 10 2009 053 581 B3, DE 10 2010 023 360 A1, EP 2 045 515 A1, EP 2 388 512 A2, US 6,758,582 B1, US 7 055 991 B2 und US 2005/0052751 A1. Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Lichtmodul zur Erzeugung einer resultierenden Gesamtlichtverteilung aus dem Licht von matrixartig angeordneten Lichtquellen dahingehend auszugestalten und weiterzubilden, dass eine besonders homogene Gesamtlichtverteilung erzielt werden kann. Dabei soll besonderer Wert auf eine kompakte Baugröße und eine geringe Baulänge des Lichtmoduls gelegt werden. Zudem soll es durch Umschalten (gezieltes Einschalten und Ausschalten) der verschiedenen Lichtquellen möglich sein, zwischen den verschiedenen aneinandergrenzenden Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptik-elemente umzuschalten, um auf einfache Weise ein blendungsfreies Fernlicht als resultierende Gesamtlichtverteilung erzielen können. Dabei werden die Projektionen von einem oder mehreren Zwischenlichtverteilungen gezielt aus den Bereichen der Gesamtlichtverteilung herausgenommen, wo sich andere Verkehrsteilnehmer befinden.

[0007] Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung durch ein Lichtmodul einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung mit sämtlichen Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Insbesondere wird ausgehend von dem Lichtmodul der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Sekundäroptiksystem zum Abbilden der Zwischenlichtverteilungen auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls auf mindestens eine der Lichtaustrittsflächen der Sammellinsen fokussiert ist.

[0008] Das Lichtmodul umfasst mehrere zu einem Primäroptikarray zusammengefasste Primäroptik-elemente jeweils mit einer Lichteintrittsfläche und einer Lichtaustrittsfläche. Die Primäroptik-elemente sind zum Bündeln zumindest eines

Teils des von den Lichtquellen ausgesandten Lichts und zum Erzeugen von Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptikelemente ausgebildet. Das Sekundäroptiksystem ist zum Abbilden der Zwischenlichtverteilungen auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls auf mindestens eine der Lichtaustrittsflächen fokussiert. Es ist denkbar, dass die Sekundäroptik nicht nur einen Brennpunkt, sondern mehrere Brennpunkte aufweist, wobei mehrere der Brennpunkte auf mehrere der Lichtaustrittsflächen fokussiert sein können. Es ist nicht erforderlich (und in der Praxis auch schwer realisierbar), dass der oder die Brennpunkte der Sekundäroptik auf die Austrittsflächen aller Primäroptikelemente fokussiert sind.

[0009] Das Lichtmodul umfasst also ein Halbleiterlichtquellenarray sowie ein Primäroptikarray, wobei die auf den Lichtaustrittsflächen des Optikarrays erzeugten Zwischenlichtverteilungen von dem Sekundäroptiksystem auf die Fahrbahn projiziert werden. Es werden also keine Abbilder der Lichtquellen, sondern lediglich beleuchtete Flächen auf die Fahrbahn projiziert. Die Kombination des Lichtquellenarrays mit dem Primäroptikarray wird nachfolgend auch als Ersatzlichtquellenarray bezeichnet. Eine Lichtquelle und das dieser zugeordnete Primäroptikelement wird auch als Ersatzlichtquelle bezeichnet, wobei mehrere Ersatzlichtquellen unmittelbar neben- bzw. übereinander zu einem Array angeordnet werden können. Dabei bilden die in einer oder mehreren Zeilen nebeneinander angeordneten Primäroptikelemente das Primäroptikarray. Da die Primäroptikelemente in der Regel größer als die den Primäroptikelementen jeweils zugeordneten Lichtquellen sind, ergeben sich bei einem Ersatzlichtquellenarray relativ große Abstände zwischen den einzelnen Lichtquellen.

[0010] Im Gegensatz zu herkömmlichen Projektionssystemen erzeugen bei dem erfindungsgemäßen Lichtmodul die Sammellinsen in der objektseitigen Petzvalfläche der Sekundäroptik keine Abbilder der Lichtquellen. Bei dem erfindungsgemäßen Lichtmodul werden die Lichtaustrittsflächen der Sammellinsen lediglich ausgeleuchtet. Auf eine oder mehrere dieser ausgeleuchteten Flächen ist die Sekundäroptik fokussiert. Das Sammellinsenarray weist auf den Lichtaustrittsflächen eine gleichmäßige Leuchtdichte ohne Maxima auf. Dies gilt insbesondere für die Lichtverteilung in den Schnitten senkrecht zu den Helldunkelgrenzen bzw. Pixelgrenzen. Die Sekundäroptik fokussiert also auf die Austrittspupille des Primäroptikarrays.

[0011] Vorteilhafterweise erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Lichtmodul - im Unterschied zu den herkömmlichen Projektionssystemen - die Formung der Lichtverteilung, d.h. den vertikalen und/oder horizontalen Verlauf der Pixel, zur Realisierung der Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls zumindest teilweise durch die Sekundäroptik. Vorzugsweise erfolgt die Formung der Lichtverteilung vollständig oder nahezu vollständig durch die Sekundäroptik. Dies ist insbesondere bei einem Primäroptikarray in Form eines Sammellinsenarrays möglich, da hier keine nennenswerten Beleuchtungsstärkeunterschiede in der Austrittspupille der Primäroptik erzeugt werden können. Dabei kann die Lichtformung also nahezu vollständig durch eine bspw. torische Sekundäroptik erfolgen.

[0012] Die Lichtquellen sind vorteilhafterweise als Halbleiterlichtquellen, insbesondere als LED-Lichtquellen, LED-Arrays, als Single-Chip-LEDs oder als SMD-LEDs ausgebildet.

[0013] Die Sekundäroptik kann gemäß verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wie folgt ausgebildet sein:

1. als Parabelreflektor, insbesondere als ein facettierter Parabelreflektor,
2. als eine Sammellinse, insbesondere als eine aplanatische Sammellinse,
3. als ein Achromat mit einer Kombination aus einer Sammellinse mit kleiner Farbdispersion und einer Zerstreuungslinse mit großer Farbdispersion,
4. als eine Kombination eines hyperbolischen Reflektors mit einer Sammellinse, wobei ein objektseitiger Brennpunkt der Sammellinse und ein bildseitiger Brennpunkt des Hyperbelreflektors zusammenfallen, oder
5. als eine Kombination eines elliptischen Reflektors mit einer Zerstreuungslinse, wobei ein objektseitiger Brennpunkt der Zerstreuungslinse und ein bildseitiger Brennpunkt des Ellipsoidreflektors zusammenfallen.

[0014] Das Primäroptikarray kann wie folgt ausgebildet sein:

1. Als ein Sammellinsenarray, insbesondere als ein Array aus Plankonvexlinsen. Besonders vorteilhaft ist ein Linsenarray mit torischen Linsenflächen.
2. Als ein Reflektorarray, insbesondere mit mehreckiger Querschnittsfläche, vorzugsweise mit quadratischem, rechteckigem oder dreieckigem Reflektorquerschnitt. Die Reflektorflächen werden vorzugsweise als ebene Spiegelflächen oder als zylindrische Hyperboloidflächen ausgebildet.

3. Als ein Lichtleiterarray, wobei die einzelnen Lichtleiter vorzugsweise als konische Lichtleiter mit einer von ihrer Lichteintrittsfläche zu ihrer Lichtaustrittsfläche hin zunehmenden Querschnittsfläche. Die Lichtleiter haben vorzugsweise einen mehreckigen, vorzugsweise einen dreieckigen, rechteckigen oder quadratischen Querschnitt. Eine Lichteintrittsfläche eines Lichtleiters wird vorteilhafterweise als ebene Fläche ausgebildet, die orthogonal zur Hauptabstrahlrichtung der ihr zugeordneten Halbleiterlichtquelle, insbesondere parallel zur Flächenerstreckung eines Halbleiterchips, angeordnet ist. Eine Lichtaustrittsfläche eines Lichtleiters weist vorzugsweise eine konvexe Wölbung auf.

4. Als ein Lichtleiterarray mit mehreren scheibenförmigen Lichtleitern. Die Lichtleiterscheiben weisen jeweils eine Lichteintrittsfläche, eine Lichtaustrittsfläche, eine Reflektorfläche und zwei Transportflächen auf, an denen in den Lichtleiter eingekoppeltes Licht mittels Totalreflexion zu der Lichtaustrittsfläche transportiert wird. Die Reflektorfläche ist vorzugsweise zwischen den Lichteintritts- und Lichtaustrittsflächen angeordnet. Die Lichteintritts- und Lichtaustrittsflächen bilden vorteilhafterweise in Verbindung mit der Reflektorfläche zwei Brennlinsen, die dem Abbildungsgesetz gehorchen. Das bedeutet, dass die optischen Wege zwischen der objektseitigen und der bildseitigen Brennlinie gleiche optische Weglängen aufweisen: Die Summe, $(s_i \times n_i) = \text{konstant}$.

[0015] Wenn zwei- oder mehrteilige Sekundäroptiken zum Einsatz kommen, fällt der bildseitige Brennpunkt, der in Abstrahlrichtung vorangestellten Primäroptik mit dem objektseitigen Brennpunkt der nachfolgenden Sekundäroptik zusammen. Beide Optiken haben gleiche optische Achsen (Rotationsachsen von Linsen und Reflektoren). Eine Sekundäroptik mit mehreren hintereinander geschalteten Reflektoren oder Spiegeln erlaubt es, den Strahlengang zu falten, wodurch sich die Baulänge des Lichtmoduls entscheidend verkürzt.

[0016] Der Brennpunkt der Sekundäroptik liegt vorzugsweise auf einer Lichtaustrittsfläche des Ersatzlichtquellenarrays und bildet diese auf die Fahrbahn ab. Um eine gute Abbildungsqualität zu erzielen, wird die Sekundäroptik so ausgestaltet, dass alle optischen Wege zwischen dem Brennpunkt und dem (unendlich entfernten) Bildpunkt gleich lang sind. Bei Verwendung von Reflektoren als Primäroptik und/oder Sekundäroptik (Paraboloid-, Hyperboloid- oder Ellipsoidreflektoren) erreicht man dies bspw. mit folgenden Maßnahmen:

Das Lichtquellen- bzw. Ersatzlichtquellenarray strahlt unter einem spitzen Winkel vorzugsweise entgegen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs oder schräg dazu in den Reflektor, d.h. der Strahlengang wird durch den Reflektor in einem spitzen Winkel gefaltet. Ferner ist der Reflektor vorzugsweise derart facettiert, dass alle Facettenflächen etwa gleich große Abstände zu einem gemeinsamen Brennpunkt des Reflektors aufweisen. Alle von der optischen Achse (Rotationsachse) des Lichtmoduls abgewandten Facettenkanten haben größere Abstände zu dem gemeinsamen Reflektorbrennpunkt als die Facetteninnenkanten, die auf der Seite der optischen Achse liegen. Vorzugsweise verlaufen die Facettenkanten senkrecht zu den Hell-Dunkel-Grenzen der resultierenden Gesamtlichtverteilung (z.B. vertikale Hell-Dunkel-Grenze beim Streifenfernlicht → horizontale Facettenkanten). Auch konzentrisch um die optische Achse angeordnete kreisringförmige Reflektorfacetten sind vorteilhaft.

[0017] Es folgt eine Aufstellung mit verschiedenen Kombinationen von Lichtquellen, Primäroptiken und Sekundäroptiken. All diejenigen Kombinationen, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung sein sollen, sind durch ein X gekennzeichnet. Diejenigen Kombinationen, die sowohl aus technischer Sicht als auch vom erzielbaren Ergebnis her ebenfalls interessante Lösungen darstellen, sind mit X' gekennzeichnet:

Lichtquelle bzw. Ersatzlichtquelle	LED-Array ohne Vorsatzoptik	LEDs mit Linsenarray	LEDs mit Reflektorarray	LEDs mit Lichtleiterarray	LEDs mit Lichtleiterscheiben
Sekundäroptik					
Projektionslinse		X			X'
Achromat (Zweilinser)		X			X'
Parabelreflektor		X	X'	X'	X'
Ellipsoid und Zerstreuungslinse	X'	X	X'	X'	X'
Hyperboloid/ Planspiegel und Sammellinse	X'	X	X'	X'	X'

EP 2 789 900 B1

(fortgesetzt)

5	Lichtquelle bzw. Ersatzlichtquelle	LED-Array ohne Vorsatzoptik	LEDs mit Linsenarray	LEDs mit Reflektorarray	LEDs mit Lichtleiterarray	LEDs mit Lichtleiterscheiben
	Sekundäroptik					
10	Hyperboloid/ Planspiegel und Paraboloid	X'	X	X'	X'	X'

[0018] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich unter Bezugnahme auf die Figuren aus der nachfolgenden Beschreibung. Dabei kann das erfindungsgemäße Lichtmodul die bezüglich der verschiedenen Ausführungsformen angegebenen Merkmale und Vorteile auch jeweils einzeln oder in einer beliebig anderen Kombination als in den Ausführungsbeispielen erläutert aufweisen. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 2 Lichtquellen zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 3 Ersatzlichtquellen zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 4 verschiedene Ansichten von Ersatzlichtquellen nach Fig. 3;
- Fig. 5 verschiedene Ansichten von alternativen Ersatzlichtquellen zur Verwendung in einem alternativen Lichtmodul;
- Fig. 6 verschiedene Ansichten von alternativen Ersatzlichtquellen zur Verwendung in einem alternativen Lichtmodul ;
- Fig. 7 verschiedene Ansichten von alternativen Ersatzlichtquellen zur Verwendung in einem alternativen Lichtmodul;
- Fig. 8 eine Seitenansicht und eine Draufsicht auf eine Ersatzlichtquelle vom Typ der in Figur 7 gezeigten Ersatzlichtquellen;
- Fig. 9 einen Ausschnitt aus Fig. 8a mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen;
- Fig. 10 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer Seitenansicht mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen;
- Fig. 11 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer Seitenansicht mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen;
- Fig. 12 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer Seitenansicht mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen;
- Fig. 13 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer Seitenansicht mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen;
- Fig. 14 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer Seitenansicht mit beispielhaft eingezeichneten Strahlverläufen; und
- Fig. 15 einen Ausschnitt aus einer Ersatzlichtquellenanordnung zur Verwendung in einem Lichtmodul gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul, das in den Figuren in seiner Gesamtheit und mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist. Das Lichtmodul 1 ist zum Einbau in einer Beleuchtungseinrichtung (nicht dargestellt) eines

Kraftfahrzeugs vorgesehen. Die Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise als ein Kraftfahrzeugscheinwerfer ausgebildet. Sie kann aber auch als eine Kraftfahrzeugleuchte ausgebildet sein. Sie umfasst üblicherweise ein Gehäuse mit einer Lichtaustrittsöffnung, die mittels einer transparenten Abdeckscheibe verschlossen ist. Das Lichtmodul 1 kann starr oder beweglich in dem Gehäuse angeordnet sein. Durch Bewegen des Lichtmoduls 1 relativ zu dem Gehäuse kann eine Leuchtweitenregelung und/oder eine Kurvenlichtfunktion realisiert werden. Es können mehrere erfindungsgemäße Lichtmodule 1 in dem Gehäuse angeordnet sein. Es ist aber auch denkbar, dass das erfindungsgemäße Lichtmodul 1 zusammen mit anderen nicht erfindungsgemäß ausgebildeten Lichtmodulen in dem Gehäuse angeordnet ist.

[0020] Das erfindungsgemäße Lichtmodul 1 umfasst eine Lichtquellenanordnung 15 (vgl. Figur 2) mit mindestens zwei Lichtquellen 16, die vorzugsweise als Halbleiterlichtquellen ausgebildet sind, und eine gemeinsame Sekundäroptik 4. Zusätzlich kann das Lichtmodul 1 ein Primäroptikarray 17 mit mehreren Primäroptikelementen 18 umfassen, welche das von den Lichtquellen 16 ausgesandte Licht bündeln. In diesem Fall wird die Lichtquellenanordnung auch als Ersatzlichtquellenarray 2 bezeichnet. Auf den Lichtaustrittsflächen 25 (vgl. Figur 3) der Primäroptikelemente 18 werden Zwischenlichtverteilungen erzeugt, welche die Sekundäroptik 4 zur Erzeugung einer resultierenden Gesamtlichtverteilung 5 des Lichtmoduls 1 auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug abbildet.

[0021] Die Sekundäroptik 4 fokussiert vorzugsweise auf die Lichtaustrittsflächen 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2 bzw. der Primäroptikelemente 18. Bei dem Lichtmodul 1 werden die von den Lichtquellen auf den Lichtaustrittsflächen 25 des Primäroptikarrays 17 erzeugten Zwischenlichtverteilungen vorzugsweise derart miteinander kombiniert, dass sich die Einzellichtverteilungen 6' zumindest partiell überlagern bzw. addieren und so die resultierende Gesamtlichtverteilung 5 des Lichtmoduls 1 bilden. Die Gesamtlichtverteilung 5 ist bspw. ein sog. blendungsfreies Fernlicht. Bei dem erfindungsgemäßen Lichtmodul 1 werden also lediglich die Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen 25 der Primäroptikelemente 18, d.h. die beleuchteten Flächen 25, und nicht Abbilder der Lichtquellen 16 von der Sekundäroptik 4 auf der Fahrbahn abgebildet. Zu diesem Zweck ist die Sekundäroptik 4 nicht auf Abbilder der Lichtquellen 16, sondern auf die Lichtaustrittsflächen 25 der Primäroptikelemente 18 fokussiert.

[0022] Figur 15 zeigt einen Ausschnitt einer Ersatzlichtquellenanordnung 2 zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul 1. Es ist beispielhaft eine von mehreren Halbleiterlichtquellen 16 in Form eines LED-Chips dargestellt. In Lichtaustrittsrichtung nach dem LED-Chip 16 ist beispielhaft eine von mehreren Sammellinsen 18 des Sammellinsenarrays 17 dargestellt. Eine Teilung des Linsenarrays 17 ist mit T bezeichnet. Die Teilung T entspricht der Breite der einzelnen Sammellinsen 18 sowie dem Abstand der Mittelpunkte benachbarter LED-Chips 16. Mit B_{LED} ist eine Kantenlänge des LED-Chips 16 bezeichnet. Ein virtueller LED-Chip ist mit 16' bezeichnet. Die Kantenlänge des virtuellen LED-Chips 16' ist mit B'_{LED} bezeichnet. Ein objektseitiger Brennpunkt der Sammellinse 18 ist mit F und ein Hauptpunkt der Linse 18 ist mit H bezeichnet. Der Hauptpunkt H einer Linse ist als Schnittpunkt einer Hauptebene der Linse mit der optischen Achse definiert. Die Sekundäroptik 4 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 ist vorzugsweise auf einen Hauptpunkt H einer der Sammellinsen 18, vorzugsweise auf den Hauptpunkt H der in der Nähe einer optischen Achse 7 des Lichtmoduls 1 befindlichen Sammellinse 18, fokussiert. Das Bezugszeichen f bezeichnet die Brennweite der Linse 18 und S_F eine Schnittweite der Linse 18. Ein Abstand zwischen dem LED-Chip 16 und der Lichteintrittsfläche der Sammellinse 18 ist mit S_1 und ein Abstand zwischen dem virtuellen Chip-Bild 16' und der Lichteintrittsfläche der Linse 18 mit S_2 bezeichnet.

[0023] Der LED-Chip 16 liegt zwischen der Linse 18 und deren objektseitigem Brennpunkt F. Der LED-Chip 16 wird durch die Linse 18 so vergrößert, dass das (aufrechte) virtuelle Bild 16' des Chips (in Lichtaustrittsrichtung vor dem objektseitigen Linsenbrennpunkt F) etwa gleich groß ist wie die Linse 18, d.h. $B'_{LED} \approx T$. Für die angegebenen Größen gelten näherungsweise folgende Zusammenhänge:

$$\frac{S_F - S_1}{S_F} \approx \frac{B_{LED}}{T} \approx \frac{B_{LED}}{B'_{LED}}$$

$$0,1 \text{ mm} \leq S_1 \leq 2 \text{ mm}$$

$$1 \times B_{LED} \leq T \leq 4 \times B_{LED}$$

[0024] Die Sammellinsen 18 des Linsenarrays 17 dienen nicht zur Erzeugung reeller Zwischenbilder der Lichtquellen 16, sondern bilden lediglich eine ausgeleuchtete Fläche auf der Lichtaustrittsseite 25 der Sammellinsen 18. Die Lichtquellen 16 sind derart zwischen den Lichteintrittsflächen der Linsen 18 und den objektseitigen Brennpunkten F der Linsen 18 angeordnet, dass die Ränder der Lichtquellen 16 auf geometrischen Verbindungen von den Brennpunkten F

zu den Linsenrändern liegen. Die Abstrahlflächen der Lichtquellen 16 sind senkrecht zu den optischen Achsen der Linsen 18 angeordnet. Dadurch ergibt sich eine sehr gleichmäßige Ausleuchtung der Linsen 18 und auf den Lichtaustrittsflächen 25 der Linsen 18 eine besonders homogene Lichtverteilung, die sog. Zwischenlichtverteilung. Diese Zwischenlichtverteilungen werden durch die Sekundäroptikanordnung 4 zur Erzeugung der resultierenden Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1 auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug abgebildet. Die optischen Achsen der Einzellinsen 18 des Arrays 17 verlaufen alle in einer Ebene, bevorzugt sind sie parallel zueinander. Die Achse der Sekundäroptik 4 ist auf der Seite, die der Primäroptik 17 zugewandt ist, parallel zu der Achse mindestens einer der Linsen 18.

[0025] Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1. Das Lichtmodul 1 weist mehrere separat ansteuerbare, zu einem Array zusammengefasste Halbleiterlichtquellen 16 (vgl. Figur 2) zum Aussenden von Licht auf. In dem dargestellten Beispiel sind mehrere LEDs 16 in einer Reihe nebeneinander angeordnet. Selbstverständlich können die LEDs 16 auch in mehreren Reihen übereinander matrixartig angeordnet sein. Jeder der Halbleiterlichtquellen 16 ist ein Primäroptikelement 18 (vgl. Figur 3) zum Bündeln zumindest eines Teils des von der Lichtquelle 16 ausgesandten Lichts und zum Erzeugen einer Zwischenlichtverteilung auf der Lichtaustrittsfläche 25 zugeordnet. Die Primäroptikelemente 18 sind zu einem Primäroptikarray 17 zusammengefasst. Die Primäroptikelemente 18 sind vorzugsweise als Sammellinsen ausgebildet, die zu einem Sammellinsenarray zusammengefasst sind. Das Primäroptikarray 17 bzw. die einzelnen Primäroptikelemente 18 können auch als Vorsatzoptik bezeichnet werden. Die Zwischenlichtverteilungen werden auf Lichtaustrittsflächen der Primäroptikelemente 18 erzeugt. Die Zwischenlichtverteilungen werden von dem Sekundäroptiksystem 4 auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als Einzellichtverteilungen 6' zur Erzeugung der resultierenden Gesamtlichtverteilung 5 des Lichtmoduls 1 abgebildet. Die Kombination aus dem Halbleiterlichtquellen-Array 15 und dem Primäroptikarray 17 wird nachfolgend - wie gesagt - auch als Ersatzlichtquellenarray 2 bezeichnet. Die Halbleiterlichtquellen 16 sind zur thermischen Stabilisierung, insbesondere zum Abführen von während des Betriebs der Halbleiterlichtquellen 16 entstehender Abwärme, unmittelbar oder mittelbar über eine Leiterplatte 19 oder Ähnliches auf einem Kühlkörper 3 angeordnet.

[0026] Das Sekundäroptiksystem 4 ist in dem dargestellten Beispiel als ein horizontal facettierter Reflektor, insbesondere Parabelreflektor, ausgebildet. D.h. in einem Vertikalschnitt umfasst der Reflektor 4 mehrere übereinander angeordnete Facetten. Das Sekundäroptiksystem 4 fokussiert auf die Lichtaustrittsflächen 25 der Primäroptikelemente 18 bzw. des Ersatzlichtquellenarrays 2. Eine resultierende Gesamtlichtverteilung 5 des Lichtmoduls 1 ist beispielhaft auf einem Messschirm 6 abgebildet, der in einem definierten Abstand zu dem Lichtmodul 1 angeordnet ist. Die Gesamtlichtverteilung 5 umfasst eine Vielzahl von Einzellichtverteilungen 6', die von den einzelnen Elementen 16, 18 des Ersatzlichtquellenarrays 2 im Zusammenwirken mit dem Sekundäroptiksystem 4 erzeugt werden.

[0027] Ferner ist in Figur 1 eine optische Achse 7 des Lichtmoduls 1 eingezeichnet. Eine Sagittalebene 8 hat eine im Wesentlichen horizontale Flächenerstreckung und umfasst die optische Achse 7. Eine Meridionalebene 9 hat eine im Wesentlichen vertikale Erstreckung und umfasst ebenfalls die optische Achse 7. Eine Schnittlinie zwischen der Sagittalebene 8 und dem Messschirm 6 bildet eine Horizontale HH 10, und eine Schnittlinie zwischen der Meridionalebene 9 und dem Messschirm 6 bildet eine Vertikale VV 11. Die optische Achse 7 verläuft durch den Schnittpunkt HV der Horizontalen 10 und der Vertikalen 11. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die resultierende Gesamtlichtverteilung 5 sowohl unterhalb der Horizontalen 10 als auch oberhalb der Horizontalen 10 erstreckt. Bei der Gesamtlichtverteilung 5 kann es sich beispielsweise um ein sog. Matrix-Fernlicht bzw. ein sog. Streifen-Fernlicht oder um einen Teil davon handeln. Die Gesamtlichtverteilung 5 kann aber auch einen besonders hell ausgeleuchteten zentralen Bereich eines Fernlichts (Fernlichtspot) bilden.

[0028] Ein Brennpunkt des facettierten Parabelreflektors 4 ist in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Der Brennpunkt 12 liegt auf einer Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2 bzw. auf einer Lichtaustrittsfläche 25 des Primäroptikarrays 17, insbesondere auf einem Flächenschwerpunkt des Ersatzlichtquellenarrays 2. Der Strahlengang eines Hauptstrahls ist mit dem Bezugszeichen 13 und der Strahlengang eines Nebenstrahls mit dem Bezugszeichen 14 bezeichnet. Der Hauptstrahl 13 ergibt sich aus einem im Wesentlichen in Hauptabstrahlrichtung 29 (vgl. Figur 8) einer der Lichtquellen 16 ausgesandten Lichtstrahl, durch Formung und eventuell Umlenkung durch ein der Lichtquelle 16 zugeordnetes Primäroptikelement 18 sowie durch Umlenkung an dem Sekundäroptiksystem 4. Der Nebenstrahl 14 ergibt sich dementsprechend durch einen schräg zur Hauptabstrahlrichtung 29 ausgesandten Lichtstrahl 29'.

[0029] Figur 2 zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Lichtquellenarrays 15 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1, das mehrere, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel fünf nebeneinander in einer geraden Linie angeordnete LED-Chips 16 umfasst. Selbstverständlich können die Einzellichtquellen 16 auch auf andere Weise als in Figur 2 gezeigt angeordnet sein, bspw. matrixartig in mehreren Reihen und Spalten. Außerdem kann das Lichtquellenarray 15 eine andere Anzahl von Einzellichtquellen 16 aufweisen als in Figur 2 gezeigt. Ferner wäre es denkbar, die Lichtquellen 16 statt auf einer geraden Linie auf einem Bogen oder beliebig anders anzuordnen.

[0030] Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 3 umfasst die Lichtquellenanordnung ein Lichtquellenarray 15 und ein Primäroptikarray 17. Das Lichtquellenarray 15 weist mehrere SMD (Surface Mounted Device)-LEDs 16 auf, die in dem dargestellten Beispiel unmittelbar nebeneinander in einer geraden Linie angeordnet sind. Das Primäroptikarray 17 umfasst mehrere, in dem dargestellten Beispiel fünf nebeneinander angeordnete Sammellinsen 18. Die LEDs 16 des

Lichtquellenarrays 15 sind in einer gemeinsamen Ebene, vorzugsweise auf einer gemeinsamen Leiterplatte 19 angeordnet und kontaktiert. Die Kombination des Lichtquellenarrays 15 und des Primäroptikarrays 17 bildet das Ersatzlichtquellenarray 2. Jedem Primäroptikelement 18 ist mindestens eine Lichtquelle 16 zugeordnet. Vorzugsweise ist jedem Primäroptikelement 18 genau eine Halbleiterlichtquelle 16 zugeordnet. Die Anordnung der Sammellinsen 18 in dem Sammellinsenarray 17 entspricht somit der Anordnung der Lichtquellen 16 in dem Lichtquellenarray 15. Die Lichtaustrittsflächen 25 der Primäroptikelemente 18 grenzen vorzugsweise unmittelbar aneinander. Da bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 die Primäroptikelemente 18 größer als die ihnen zugeordneten LED-Chips bzw. SMD-LEDs 16 sind, ergeben sich bei dem Ersatzlichtquellenarray 2 Abstände zwischen den einzelnen Halbleiterlichtquellen 16.

[0031] Figur 4 zeigt das Ersatzlichtquellenarray 2 aus Figur 3 in verschiedenen Ansichten. Die einzelnen Primäroptikelemente 18 sind dabei als plankonvexe Sammellinsen ausgebildet. In diesem Fall ist das Primäroptikarray 17 also ein Linsenarray, das vorzugsweise aus Plankonvexlinsen aufgebaut ist. Das Linsenarray 17 kann aus organischem oder anorganischem Glas oder aus Silikonkautschuk (LSR, Liquid Silicone Rubber) bestehen. Organische Gläser sind beispielsweise Polymethylmethacrylat (PMMA), Cycloolefines Copolymer (COC), Cycloolefines Polymer (COP), Polycarbonat (PC), Polysulfon (PSU) oder Polymethacrylmethylimid (PMMI). In dem dargestellten Beispiel sind insgesamt sechs LEDs 16 sechs Primäroptikelementen 18 zugeordnet. Die dargestellte Primäroptik 17 umfasst zwar acht Primäroptikelemente 18, allerdings sind die äußeren beiden Primäroptikelemente 18 keiner LED 16 zugeordnet.

[0032] Ferner ist in Figur 4 eine Fokusebene der Sekundäroptik (nicht dargestellt) mit dem Bezugszeichen 20 bezeichnet. Ein Brennpunkt der Sekundäroptik 4 ist mit dem Bezugszeichen 21 bezeichnet. Eine Teilung zwischen zwei benachbarten Einzellichtquellen 16 bzw. zwischen zwei benachbarten Primäroptikelementen 18 ist mit T bezeichnet. Dabei wird die Teilung T vom Mittelpunkt einer Lichtquelle 16 bzw. eines Primäroptikelements 18 zu dem Mittelpunkt der benachbarten Lichtquelle 16 bzw. des benachbarten Primäroptikelements 18 angegeben.

[0033] In Figur 5 ist ein anderes Beispiel für ein Ersatzlichtquellenarray 2 zur Verwendung in einem Lichtmodul 1 in verschiedenen Ansichten dargestellt. Dabei sind die Primäroptikelemente 18 als Reflektoren ausgebildet. Diese haben in dem gezeigten Beispiel einen quadratischen Querschnitt. Die Lichtaustrittsflächen 25 der einzelnen Reflektoren 18 reißen sich lückenlos aneinander und begrenzen die leuchtende Fläche mit scharfen, geraden Kanten. Jeder Lichtquelle 16 (umfassend mindestens eine LED) ist vorzugsweise ein Reflektorelement 18 zugeordnet. Falls gewünscht, kann zwischen Reflektorarray 17 und dem Lichtquellenarray 15 ein (durchbrochenes) Wärmeschutzblech 22 vorgesehen sein, das die Rückseite des Reflektorarrays 17 vor Strahlung schützt. Das Wärmeschutzblech 22 verhindert eine thermische Überlastung des Reflektormaterials.

[0034] Die Reflektoren 18 erweitern sich konisch vom Lichteintritt zum Lichtaustritt 25 hin. Senkrecht zu einer optischen Achse 23 bzw. zur Hauptabstrahlrichtung 29 der Lichtquellen 16 (vgl. Figur 8a) weisen die Reflektoren 18 vorzugsweise dreieckige, quadratische oder rechteckige Querschnitte auf. Besonders bevorzugt haben die Reflektoren 18 die Geometrie eines Pyramidenstumpfes. Die Reflexionsfläche der Reflektoren 18 besteht vorzugsweise aus zylindrischen Hyperboloiden oder ebenen Spiegeln als Spezialfall des Hyperboloids. Das Reflektorarray 17 besteht aus einem metallisierten, hochtemperaturfesten Kunststoff, insbesondere aus einem thermoplastischen Kunststoff. Gut geeignete hochtemperaturfeste Thermoplaste sind beispielsweise Polyetheretherketon, Polyetherimid oder Polysulfon. Die Metallisierung besteht beispielsweise aus Aluminium, Silber, Platin, Gold, Nickel, Chrom, Kupfer, Zinn oder aus Legierungen, die zumindest eines dieser Metalle beinhalten. Die Metallisierung wird nach dem Aufbringen auf die Reflexionsfläche vorzugsweise durch eine transparente Schicht versiegelt. Anstelle einer Metallisierung kann auch eine Multilagenbeschichtung auf den Kunststoffkörper aufgebracht werden. Bei der Multilagenbeschichtung werden abwechselnd mehrere niedrig- und hochbrechende Schichten kombiniert. Unter der spiegelnden Metall- oder Multilagenschicht kann eine weitere Metallschicht als Strahlungsbarriere vorgesehen sein. Diese Metallschicht wird beispielsweise als eine Kupfer- oder Nickelschicht auf dem Kunststoffkörper des Reflektorarrays 17 abgeschieden und bildet so einen Schutz gegen die thermische Belastung durch die Strahlung der LEDs 16. Diese Metallschicht ist auch in der Lage, Wärme zum Reflektorrand im Bereich der Lichtaustrittsfläche 25 hin abzuleiten. Vorzugsweise ist diese Metallschicht dicker als die metallisierten Spiegelschichten auf den Reflexionsflächen.

[0035] Die Reflektorländer, d.h. die Lichtaustrittsflächen 25 der einzelnen Reflektorelemente 18 folgen dem Verlauf einer Petzvalfläche der Sekundäroptik 4 und liegen damit auf einer konvex gekrümmten Schale (wenn die Projektionsoptik 4 als Reflektor ausgebildet ist) oder auf einer konkav gekrümmten Schale (wenn die Projektionsoptik 4 als Linse ausgebildet ist).

[0036] In Figur 6 ist ein weiteres Beispiel eines Ersatzlichtquellenarrays 2 dargestellt, bei dem die Primäroptikelemente 18 als Lichtleiter ausgebildet sind. Das Lichtleiterarray 17 umfasst in einer geraden Linie nebeneinander angeordnete Lichtleiter 18, die sich jeweils zum Lichtaustritt 25 hin konisch erweitern. Senkrecht zur optischen Achse 23 bzw. zur Hauptabstrahlrichtung 29 der Lichtquellen 16 (vgl. Figur 8a) weisen die Lichtleiter 18 vorzugsweise dreieckige, quadratische oder rechteckige Querschnitte auf. In dem dargestellten Beispiel weisen die Lichtleiter 18 einen rechteckigen bzw. quadratischen Querschnitt auf. Vorzugsweise haben die Lichtleiter 18 die Geometrie eines Pyramidenstumpfes. Die Lichteintrittsfläche der einzelnen Lichtleiter 18 ist vorzugsweise eben und verläuft parallel zu einer Chipfläche der zugeordneten Lichtquelle 16 (umfassend mindestens eine LED).

[0037] Die Lichtaustrittsfläche 25 der einzelnen Lichtleiter 18 ist vorzugsweise konvex gewölbt. Das Lichtleiterarray 17 besteht aus organischem oder anorganischem Glas oder aus Silikonkautschuk (LSR). Organische Gläser sind beispielsweise PMMA, COC, COP, PC, PSU oder PMMI. Die Lichtaustrittsflächen 25 der konischen Lichtleiter 18 folgen einer Petzvalfläche des Sekundäroptiksystems 4 und liegen damit auf einer konvex gekrümmten Schale (bei einer Projektionsoptik 4 mit Reflektor) oder auf einer konkav gekrümmten Schale (bei einer Projektionsoptik 4 mit Linse).

[0038] Bei dem Beispiel aus Figur 7 umfasst das Ersatzlichtquellenarray 2 ein Primäroptikarray 17, das sich aus mehreren scheibenförmigen Lichtleitern 18 zusammensetzt. Die einzelnen Lichtleiter 18 weisen jeweils eine Lichteintrittsfläche 24, eine Lichtaustrittsfläche 25, eine Reflektorfläche 26, sowie zwei Transportflächen 27 auf, wobei die Lichteintritts- und Lichtaustrittsflächen 24, 25 in Verbindung mit der Reflektorfläche 26 zwei Brennlinien bilden, die dem Abbildungsgesetz gehorchen: Die optischen Wege zwischen der objektseitigen und der bildseitigen Brennlinie 30a, 30b weisen gleiche optische Weglängen auf \rightarrow $\sum s_i (s_i \times n_i) = \text{konstant}$ (vgl. Figur 9). Die bildseitige Brennlinie 30a liegt auf der Lichtaustrittsfläche 25 des Lichtleiters 18. Die seitlichen Transportflächen 27 des Lichtleiters 18 erweitern sich zur Lichtaustrittsfläche 25 hin stetig (vgl. Figur 7c). Die Reflektorfläche 26 ist eine Regelfläche. Die Lichteintrittsfläche 24 des Lichtleiters 18 ist vorzugsweise eben und verläuft parallel zur Chipfläche der zugeordneten LED-Lichtquelle 16. Es ist aber auch denkbar, dass die Lichteintrittsfläche 24 gegenüber der Chipfläche der LED 16 leicht geneigt ist, so dass beide Flächen einen konischen Luftspalt bilden, der sich vorzugsweise zur Hinterkante des Lichtleiters 18 hin erweitert. Als Hinterkante wird die von der Lichtaustrittsseite 25 abgewandte Kante bezeichnet. Die Lichtaustrittsfläche 25 des Lichtleiters 18 ist leicht gewölbt, insbesondere konvex gewölbt. Die Lichtaustrittsfläche 25 der Scheibenlichtleiter 18 folgen der Petzvalfläche 20a des Sekundäroptiksystems 4 und liegen damit auf einer konvex gekrümmten Schale (bei einer Sekundäroptik 4 mit Reflektor) oder auf einer konkav gekrümmten Schale (bei einer Sekundäroptik 4 mit Linse). Das Array 17 mit Lichtleiterscheiben 18 besteht vorzugsweise aus organischem oder anorganischem Glas oder aus Silikonkautschuk LSR. Organische Gläser sind beispielsweise PMMA, COC, COP, PC, PSU oder PMMI.

[0039] In Figur 8 ist die Hauptabstrahlrichtung einer Lichtquelle 16 stellvertretend für alle Lichtquellen 16 des Lichtquellenarrays 15 mit dem Bezugszeichen 29 bezeichnet. Die Hauptabstrahlrichtung 29 fällt mit der optischen Achse der Lichtquelle 16 zusammen. Mit dem Bezugszeichen 30 ist eine Brennlinie des Lichtleiters 18 bezeichnet.

[0040] Wie man anhand der Figur 9 gut erkennen kann, ist der scheibenförmige Lichtleiter 18 derart ausgebildet, dass sich gleiche optische Weglängen zwischen den beiden Brennlinien (bildseitige Brennlinie 30a und objektseitige Brennlinie 30b) des Lichtleiters 18 ergeben: $\sum s_i (s_i \times n_i) = \text{konstant}$ für alle optischen Wege, wobei n_i die Brechungsindices der verschiedenen durchlaufenen Medien sind ($n_1 = 1$ der Luft und n_2, n_3 : Brechungsindex des Lichtleiters 18). Exemplarisch sind in Figur 9 drei optische Wege eingezeichnet: s , s' und s'' . Die bildseitige Brennlinie 30a liegt auf der Lichtaustrittsfläche 25 des Lichtleiters 18, die objektseitige Brennlinie 30b fokussiert auf die Lichtaustrittsfläche des zugeordneten LED-Chips 16.

[0041] Die Figuren 10 bis 14 zeigen verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 im Schnitt. Ein Großteil der optischen Fläche der Sekundäroptik 4 besitzt einen ersten objektseitigen Brennpunkt und einen gemeinsamen bildseitigen Brennpunkt im Unendlichen. Die Sekundäroptik 4 erzeugt damit eine Abbildung der Ersatzlichtquellenanordnung 2 bzw. deren Lichtaustrittsflächen 25 im Unendlichen. Das Sekundäroptiksystem 4 kann beispielsweise einen Parabolspiegel, insbesondere einen facettierter Parabolspiegel, umfassen (vgl. Figuren 1 und 13), dessen Brennpunkt 31 auf der Lichtaustrittsfläche 25 des Primäroptikarrays 17 liegt. Der Parabelreflektor 4 ist so facettiert, dass alle Facettenflächen etwa gleiche Abstände zum gemeinsamen Brennpunkt 31 aufweisen. Alle von der optischen Achse (Rotationsachse) 7 des Lichtmoduls 1 abgewandten Facettenkanten haben größere Abstände zu dem gemeinsamen Reflektorbrennpunkt 31 als die Facetteninnenkanten, die auf der Seite der optischen Achse 7 liegen. Die Facettenkanten verlaufen senkrecht zu der Hell-Dunkel-Grenze der Lichtverteilung 5 (d.h. vertikale Hell-Dunkel-Grenze beim Streifenfernlicht \rightarrow horizontale Facettenkanten), wie in Figur 1 gezeigt. Die Facettenkanten können auch kreisringförmig sein und konzentrisch um die optische Achse 7 (Rotationsachse) des Reflektors 4, 4' verlaufen.

[0042] Das Sekundäroptiksystem 4 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 kann auch eine Sammellinse umfassen, die auf die Lichtaustrittsflächen 25 der Primäroptikelemente 18 fokussiert ist. Die Sammellinse kann als eine torische (astigmatische) Sammellinse ausgebildet sein, die in Meridional- und Sagittalschnitt 8, 9 unterschiedliche Brechkräfte aufweist. Die Sammellinse kann ferner auch als eine astigmatische Sammellinse ausgebildet sein. Schließlich kann das Sekundäroptiksystem 4 auch ein farbkorrigierendes zweilinsiges System (Achromat) umfassen: eine Sammellinse mit kleiner Farbdispersion und eine Zerstreuungslinse mit großer Farbdispersion.

[0043] In dem in Figur 10 gezeigten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 umfasst das Sekundäroptiksystem 4 einen Reflektor in der Form eines Hyperboloids 4' oder eines ebenen Spiegels als Spezialfall des Hyperboloids mit einem dahinter angeordneten Reflektor in der Form eines Paraboloids 4'', insbesondere eines facettierten Paraboloids. Ein objektseitiger Brennpunkt 21 des Hyperboloids 4' liegt auf der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2 und bildet den objektseitigen Brennpunkt des gesamten Sekundäroptiksystems 4. Ein bildseitiger Brennpunkt 21' des Hyperboloids 4' fällt mit dem Brennpunkt des Paraboloids 4'' zusammen und markiert die Lage eines virtuellen Zwischenbildes 2' der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2.

[0044] In Figur 10 ist das Lichtmodul 1 - wie gesagt - mit einem zweiteiligen Sekundäroptiksystem 4 gezeigt, bestehend

aus einem Planspiegel 4' und einem Rotationsparaboloid 4". Das resultierende Sekundäroptiksystem 4 hat eine optische Achse 32 (Rotationsachse). Das Paraboloid 4" fokussiert auf das virtuelle Bild 2' der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2, insbesondere auf den Flächenschwerpunkt der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2.

[0045] In dem Ausführungsbeispiel aus Figur 11 ist ebenfalls ein zweiteiliges Sekundäroptiksystem 4 mit zwei Reflektoren 4', 4" vorgesehen. Der erste Reflektor 4' des Sekundäroptiksystems 4 ist als ein konkaves (sammelndes) Hyperboloid ausgebildet. Dadurch ergibt sich ein vergrößertes virtuelles Bild der Ersatzlichtquelle 2 als bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 10. Ferner ist in Figur 11 der objektseitige Brennpunkt 21 des Hyperboloids 4' der objektseitige Brennpunkt der gesamten Sekundäroptik 4. Der bildseitige Brennpunkt 21' des Hyperboloids 4' fällt mit dem Brennpunkt des Paraboloids 4" zusammen und markiert die Lage des virtuellen Zwischenbildes 2' der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2.

[0046] Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 12 ist das Sekundäroptiksystem 4 ebenfalls mehrteilig, insbesondere zweiteilig ausgestaltet. Das Lichtmodul 1 umfasst ein konvexes (zerstreuendes) Hyperboloid 4''' und ein Paraboloid 4". Das resultierende Sekundäroptiksystem 4 hat die optische Achse 32 (Rotationsachse). Der bildseitige Brennpunkt 21' des Hyperbelspiegels 4''' fällt mit dem Brennpunkt des Paraboloids 4" zusammen. Das Paraboloid 4" fokussiert auf das verkleinerte virtuelle Bild 2' der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2.

[0047] Das Sekundäroptiksystem 4 besteht gemäß der Ausführungsbeispiele aus den Figuren 10 bis 12 somit aus zwei Reflektoren, die nicht auf Kegelschnitten basieren und kein scharfes, unverzerrtes Zwischenbild 2' der Lichtaustrittsfläche 25 des Ersatzlichtquellenarrays 2 liefern. Vielmehr bildet das Sekundäroptiksystem 4 lediglich die beleuchtete Fläche 25 auf der Fahrbahn ab. Das optische System 1 weist einen objektseitigen und einen bildseitigen Brennpunkt auf, wobei der bildseitige Brennpunkt im Unendlichen liegt. Zwischen den beiden Brennpunkten findet man gleiche optische Weglängen (Summe $s_i = \text{konstant}$).

[0048] Der Hyperboloidreflektor 4, 4''' kann auch facettiert ausgebildet sein. Bei dem Hyperboloidreflektor 4, 4''' liegt das Bild 21' des objektseitigen Brennpunkts 21 nicht im Unendlichen. Deshalb würde die Anordnung der Reflektorfacetten von einer Kugelfläche abweichen. Die Facetten sind vorzugsweise so angeordnet, dass die jeweiligen Abstände zu den objekt- und bildseitigen Brennpunkten (Hyperbel: virtuelles Bild) für alle Reflektorfacetten möglichst gleiche Verhältnisse aufweisen, so dass für alle Reflektorzonen möglichst gleiche Abbildungsmaßstäbe erreicht werden.

[0049] Gemäß dem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 aus Figur 13 umfasst das Sekundäroptiksystem 4 einen Hyperboloidreflektor 4' und eine im Strahlengang dahinter angeordnete Sammellinse 4'''. Der Hyperboloidreflektor 4' ist vorzugsweise als ein horizontal facettiertes Hyperboloid ausgebildet. Ein objektseitiger Brennpunkt 32 der Sammellinse 4''' und ein bildseitiger (virtueller) Brennpunkt des Hyperbelsreflektors 4' fallen zusammen. Ein objektseitiger Brennpunkt des Reflektors 4' ist mit dem Bezugszeichen 31 bezeichnet und liegt auf der Lichtaustrittsfläche 25 der Ersatzlichtquellenanordnung 2 bzw. auf deren Flächenschwerpunkt.

[0050] Schließlich ist es gemäß einer weiteren Ausführungsform gemäß der Figur 14 möglich, dass das Sekundäroptiksystem 4 einen Ellipsoidreflektor 4'''' und eine dahinter angeordnete Zerstreuungslinse 4''''' aufweist. Ein bildseitiger Brennpunkt 32 des elliptischen Spiegels 4'''' fällt mit einem virtuellen objektseitigen Brennpunkt der Zerstreuungslinse 4''''' zusammen. Ein objektseitiger Brennpunkt 31 des Ellipsoidreflektors 4'''' liegt auf der Lichtaustrittsfläche 25 der Ersatzlichtquellenanordnung 2 bzw. auf dem Flächenschwerpunkt. Die Zerstreuungslinse 4''''' fokussiert auf das vergrößerte Bild 2' des Ersatzlichtquellenarrays 2.

[0051] Der Ellipsoidreflektor 4'''' ist vorzugsweise als facettiertes Ellipsoid, insbesondere mit horizontaler Facettierung, ausgebildet. Bei dem Ellipsoidreflektor 4'''' liegt das Bild 32 des objektseitigen Brennpunkts 31 nicht im Unendlichen. Deshalb weicht die Anordnung der Reflektorfacetten von einer Kugelfläche ab. Die Facetten sind vorzugsweise so angeordnet, dass die jeweiligen Abstände zu den objekt- und bildseitigen Brennpunkten (Ellipse: reelles Bild) für alle Reflektorfacetten möglichst gleiche Verhältnisse aufweisen, so dass für alle Reflektorzonen möglichst gleiche Abbildungsmaßstäbe erreicht werden. Das Sekundäroptiksystem 4 hat eine gemeinsame optische Achse 7. Es besteht aus mehreren Spiegeln und/oder Linsen, die kein scharfes, unverzerrtes Zwischenbild 2' des Ersatzlichtquellenarrays 2 liefern, die aber in der Summe einen objektseitigen Brennpunkt 31 haben, der in einen bildseitigen Brennpunkt im Unendlichen abgebildet wird. Das optische System 1 gehorcht also dem Abbildungsgesetz, nach dem alle optischen Wege zwischen den beiden Brennpunkten gleich lang sind: $\sum_i (s_i \times n_i) = \text{konstant}$, wobei s_i jeweils der Weg des Strahlengangs i und n_i die Brechungsindices der verschiedenen durchlaufenen Medien sind ($n_1 = n_2 = n_4 = 1$ für Luft; $n_3 \neq 1$ entsprechend dem Material der Linse 4'''''). In Figur 14 sind exemplarisch drei optische Wege s , s' und s'' dargestellt.

[0052] Eigentlich ist bei dem erfindungsgemäßen Lichtmodul 1 daran gedacht, dynamisches Kurvenlicht, Teilfernlicht, Markierungslicht o.ä. als resultierende Gesamtlichtverteilung 5 durch gezieltes Aktivieren bzw. Deaktivieren von einzelnen Lichtquellen 16 bzw. von Gruppen von Lichtquellen 16 ohne mechanisch bewegbare Teile in der Beleuchtungseinstellung zu realisieren.

[0053] Es ist aber auch denkbar, dass alternativ oder zusätzlich zu der gezielten Aktivierung bzw. Deaktivierung von Lichtquellen 16 zur Erzeugung von dynamischem Kurvenlicht, Teilfernlicht, Markierungslicht als resultierende Gesamtlichtverteilung 5 oder wahlweise zur Justage der Hell-Dunkel-Grenze das Lichtmodul 1, bestehend aus dem Lichtquel-

lenarray 15, dem Primäroptikarray 17 und dem Sekundäroptiksystem 4, motorisch um eine vertikale und/oder horizontale Achse relativ zum Gehäuse der Beleuchtungseinrichtung, in der das Lichtmodul 1 angeordnet ist, geschwenkt werden kann. Dadurch kann beispielsweise ein dynamisches Kurvenlicht in die Kurve hinein geschwenkt werden. Ein Teilfernlicht weist eine Fernlichtverteilung auf, aus der gezielt bestimmte Bereiche herausgeschnitten sind, in denen sich andere Verkehrsteilnehmer befinden. Um einer Bewegung der anderen Verkehrsteilnehmer relativ zu dem mit dem Lichtmodul 1 ausgestatteten Kraftfahrzeug folgen zu können, ist es denkbar das Lichtmodul 1 um die vertikale Achse horizontal zu verschwenken, so dass der aus der Fernlichtverteilung ausgesparte Bereich stets der aktuellen Position der anderen Verkehrsteilnehmer folgt. Ein Markierungslicht weist eine abgeblendete Lichtverteilung mit einer horizontalen Hell-Dunkel-Grenze auf, wobei gezielt mindestens ein eng begrenzter Bereich oberhalb der Hell-Dunkel-Grenze ausgeleuchtet wird, um andere Verkehrsteilnehmer oder Objekte in diesem Bereich gezielt anzuleuchten und die Aufmerksamkeit des Fahrers des mit dem Lichtmodul 1 ausgestatteten Kraftfahrzeugs auf diese anderen Verkehrsteilnehmer oder Objekte zu richten. Um auch hier einer Bewegung der anderen Verkehrsteilnehmer oder der Objekte relativ zu dem Kraftfahrzeug folgen zu können, damit der ausgeleuchtete eng begrenzte Bereich oberhalb der Hell-Dunkel-Grenze stets auf den anderen Verkehrsteilnehmer oder das Objekt gerichtet ist, kann das Lichtmodul 1 um die vertikale Achse horizontal verschwenkbar ausgebildet sein. Zur Justage einer vertikalen Hell-Dunkel-Grenze kann das Lichtmodul 1 ebenfalls um die vertikale Achse horizontal verschwenkbar und in der justierten Position festlegbar sein.

[0054] Ebenso kann das Lichtmodul zur Justage einer horizontalen Hell-Dunkel-Grenze um eine horizontale Achse vertikal verschwenkt werden und in der justierten Position festgelegt werden. Die justierte Position der Hell-Dunkel-Grenze bildet dann den Nullpunkt für eine während des Betriebs des Lichtmoduls 1 auszuführende Kurvenlichtfunktion und/oder Leuchtweitenregelungsfunktion.

Patentansprüche

1. Lichtmodul (1) einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung, umfassend eine Lichtquellenanordnung mit mehreren separat ansteuerbaren, zu einem Array (15) zusammengefassten Lichtquellen (16) zum Aussenden von Licht, mehrere zu einem Primäroptikarray (17) zusammengefasste Primäroptikelemente (18) in Form von Sammellinsen jeweils mit einer Lichteintrittsfläche (24) und einer Lichtaustrittsfläche (25), wobei die Primäroptikelemente (18) zum Bündeln zumindest eines Teils des von den Lichtquellen (16) ausgesandten Lichts und zum Erzeugen von Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen (25) ausgebildet sind, und ferner umfassend ein Sekundäroptiksystem (4) zum Abbilden des ausgesandten Lichts auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung (5) des Lichtmoduls (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquellen (16) zwischen den Lichteintrittsflächen (24) der Sammellinsen (18) und objektseitigen Brennpunkten (F) der Sammellinsen (18) angeordnet sind und das Sekundäroptiksystem (4) zum Abbilden der Zwischenlichtverteilungen auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug als resultierende Gesamtlichtverteilung (5) des Lichtmoduls (1) auf mindestens eine der Lichtaustrittsflächen (25) der Sammellinsen (18) fokussiert ist.
2. Lichtmodul (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquellen der Lichtquellenanordnung als SMD-LEDs und/oder LED-Chips (16) ausgebildet sind.
3. Lichtmodul (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primäroptikelemente (18) als Plan-convexlinsen ausgebildet sind.
4. Lichtmodul (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) einen Parabelreflektor, insbesondere einen facettierten Parabelreflektor, aufweist.
5. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) eine Sammellinse, insbesondere eine aplanatische Sammellinse, in der weder sphärische Aberration noch Koma auftreten, aufweist.
6. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) ein Achromat mit einer Kombination aus einer Sammellinse mit kleiner Farbdispersion und einer Zerstreulinse mit großer Farbdispersion aufweist.
7. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) eine Kombination eines hyperbolischen Reflektors (4') mit einer Sammellinse (4'') aufweist, wobei ein objektseitiger Brennpunkt (32) der Sammellinse (4'') und ein bildseitiger Brennpunkt des Hyperbelreflektors (4') zusammenfallen.

- 5
8. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) eine Kombination eines elliptischen Reflektors (4') mit einer Zerstreuungslinse (4'') aufweist, wobei ein objektseitiger Brennpunkt (33) der Zerstreuungslinse (4'') und ein bildseitiger Brennpunkt des Ellipsoidreflektors (4') zusammenfallen.
- 10
9. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sekundäroptiksystem (4) mindestens einen Reflektor (4; 4', 4'', 4''', 4''''') umfasst, wobei die Lichtquellen (16) derart in dem Lichtmodul (1) relativ zu dem Reflektor angeordnet und/ oder ausgerichtet sind, dass sie mit ihrer Hauptabstrahlrichtung unter einem spitzen Winkel entgegen der Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs in den Reflektor (4; 4', 4'', 4''', 4''''') strahlen und der Reflektor (4; 4', 4'', 4''', 4''''') den Strahlengang in einem spitzen Winkel faltet.
- 15
10. Lichtmodul (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor (4; 4', 4''''') facettiert ist, wobei alle Facettenflächen etwa gleiche Abstände zu einem gemeinsamen Brennpunkt (12) des Reflektors (4; 4', 4''''') aufweisen.
- 20
11. Lichtmodul (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** Facettenkanten des facettierten Reflektors (4; 4, 4''''') senkrecht zu Helldunkelgrenzen der durch das Licht der einzelnen Lichtquellen (16) auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug erzeugten Einzellichtverteilungen (6') verlaufen.
- 25
12. Beleuchtungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinrichtung mindestens ein Lichtmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
- 30
13. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinrichtung mehrere Lichtmodule (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 umfasst, wobei sich die Gesamtlichtverteilungen (5) von mehreren Lichtmodulen (1) zur Bildung einer Gesamtlichtverteilung der Beleuchtungseinrichtung zumindest partiell überlagern und/ oder ergänzen.

Claims

- 30
1. Light module (1) for a lighting equipment of a motor vehicle comprising a light source assembly with multiple separately controllable light sources (16) combined to an array (15) for emitting light, multiple primary optics elements (18) combined to a primary optics array (17) in the form of collective lenses each of which has a light ingress surface (24) and a light-emitting surface (25), wherein the primary optics elements (18) are designed to bundle at least part of the light emitted by the light sources (16) and to generate intermediate light distributions on the light-emitting surfaces (25), and further comprising a secondary optics system (4) for projecting the emitted light on a road in front of the motor vehicle as resulting overall light distribution (5) of the light module (1), **characterized in that** the light sources (16) are located between the light ingress surfaces (24) of the collective lenses (18) and that the secondary optics system (4) for projecting the intermediate light distributions on the road in front of the motor vehicle as the resulting overall light distribution (5) of the light module (1) is focused at least on one of the light-emitting surfaces (23) of the collective lenses (18).
- 35
2. Light module (1) according to Claim 1, **characterized in that** the light sources of the light source array are designed in the form of SMD LEDs and/or LED chips (16).
- 40
3. Light module (1) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the primary optics elements (18) are designed in the form of plano-convex lenses.
- 45
4. Light module (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises a parabolic reflector, especially a faceted parabolic reflector.
- 50
5. Light module (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises a collective lens, especially an aplanatic collective lens, which show neither spherical aberration nor coma.
- 55
6. Light module (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises an achromatic system with a combination of a collective lens having minor color dispersion and a dispersing lens having major color dispersion.

EP 2 789 900 B1

7. Light module (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises a combination of a hyperbolic reflector (4') and a collective lens (4''), wherein an object-side focal point (32) of the collective lens (4'') coincides with an image-side focal point of the hyperbolic reflector (4').
- 5 8. Light module (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises a combination of an elliptic reflector (4') and a dispersing lens (4''), wherein an object-side focal point (33) of the dispersing lens (4'') coincides with an image-side focal point of the ellipsoid reflector (4').
- 10 9. Light module (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the secondary optics system (4) comprises at least one reflector (4; 4', 4'', 4''', 4''''), wherein the light sources (16) are arranged and/or aligned in the light module (1) in relation to the reflector in such a way that they radiate with their primary beam direction at an acute angle into the reflector (4; 4', 4'', 4''', 4'''') against driving direction of the motor vehicle and the beam path is folded by the reflector (4; 4', 4'', 4''', 4'''') at an acute angle.
- 15 10. Light module (1) according to Claim 9, **characterized in that** the reflector (4; 4', 4'''') is faceted, wherein all faceted surfaces have approximately the same distances to a collective focal point (12) of the reflector (4; 4', 4'''').
- 20 11. Light module (1) according to Claim 10, **characterized in that** facet edges of the faceted reflector (4; 4', 4'''') extend perpendicular to the light-dark boundaries of the individual light distributions (6') generated by the light of the individual light sources (16) on the road in front of the motor vehicle.
12. Lighting equipment of a motor vehicle, **characterized in that** the lighting equipment comprises at least one light module (1) according to any one of the preceding claims.
- 25 13. Lighting equipment according to Claim 12, **characterized in that** the lighting equipment comprises a plurality of light modules (1) according to any one of claims 1 to 11, wherein the overall light distributions (5) of several light modules (1) are at least partially superimposed or added to form an overall light distribution of the lighting equipment.

30 Revendications

1. Module d'éclairage (1) d'un dispositif d'éclairage de véhicule automobile, comprenant un agencement de sources lumineuses pourvu de plusieurs sources lumineuses (16) commandables séparément et regroupées en un réseau (15) pour l'émission de lumière, plusieurs éléments optiques primaires (18) regroupés en un réseau optique primaire (17) sous la forme de lentilles convergentes ayant chacune une surface d'entrée de lumière (24) et une surface de sortie de lumière (25), les éléments optiques primaires (18) étant conçus pour faire converger au moins une partie de la lumière émise par les sources lumineuses (16) et pour générer des répartitions de lumière intermédiaires sur les surfaces de sortie de lumière (25), et comprenant, en outre, un système optique secondaire (4) destiné à reproduire la lumière émise sur une chaussée devant le véhicule automobile en tant que répartition de lumière globale résultante (5) du module d'éclairage (1), **caractérisé en ce que** les sources lumineuses (16) sont disposées entre les surfaces d'entrée de lumière (24) des lentilles convergentes (18) et les points focaux (F) côté objet des lentilles convergentes (18) et **en ce que** le système optique secondaire (4) destiné à reproduire les répartitions de lumière intermédiaires sur la chaussée devant le véhicule automobile en tant que répartition le lumière globale résultante (5) du module d'éclairage (1) est focalisé sur au moins l'une des surfaces de sortie de lumière (25) des lentilles convergentes (18).
- 35 2. Module d'éclairage (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les sources lumineuses de l'agencement de sources lumineuses sont configurées en tant que LEDs SMD et/ou puces LED (16).
- 40 3. Module d'éclairage (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les éléments optiques primaires (18) sont configurés sous forme de lentilles plan-convexes.
- 45 4. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) présente un réflecteur parabolique, en particulier un réflecteur parabolique à facettes.
- 50 5. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) comporte une lentille convergente, en particulier une lentille convergente aplanétique, dans laquelle il ne se produit ni aberration sphérique ni coma.
- 55

EP 2 789 900 B1

6. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) comporte un achromat combinant une lentille convergente à faible dispersion couleur et une lentille divergente à forte dispersion couleur.
- 5 7. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) présente la combinaison d'un réflecteur hyperbolique (4') avec une lentille convergente (4''), un point focal (32) côté objet de la lentille convergente (4'') et un point focal côté image du réflecteur hyperbolique (4') étant coïncidents.
- 10 8. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) présente la combinaison d'un réflecteur elliptique (4') avec une lentille divergente (4''), un point focal (33) côté objet de la lentille divergente (4'') et un point focal côté image du réflecteur ellipsoïde (4') étant coïncidents.
- 15 9. Module d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le système optique secondaire (4) comprend au moins un réflecteur (4; 4', 4'', 4''', 4''''), les sources lumineuses (16) étant agencées et/ou orientées dans le module d'éclairage (1) par rapport au réflecteur de façon telle qu'elles émettent la lumière dans le réflecteur (4; 4', 4'', 4''', 4'''') dans leur direction d'émission principale selon un angle aigu à l'encontre de la direction de circulation du véhicule automobile et que le réflecteur (4; 4', 4'', 4''', 4'''') replie la trajectoire du faisceau selon un angle aigu.
- 20 10. Module d'éclairage (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le réflecteur (4; 4', 4'''') est à facettes, toutes les surfaces formant facettes présentant des distances sensiblement égales par rapport à un point focal commun (12) du réflecteur (4; 4', 4'''').
- 25 11. Module d'éclairage (1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** des bords de facettes du réflecteur à facettes (4; 4', 4'''') s'étendent perpendiculairement à des limites clarté-obscurité des répartitions de lumière individuelles (6') produites sur la chaussée devant le véhicule par la lumière des sources de lumière individuelles (16).
- 30 12. Dispositif d'éclairage d'un véhicule automobile, **caractérisé en ce que** le dispositif d'éclairage présente au moins un module d'éclairage (1) selon l'une des revendications précédentes.
- 35 13. Dispositif d'éclairage selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif d'éclairage comprend plusieurs modules d'éclairage (1) selon l'une des revendications 1 à 11, les répartitions de lumière globales (5) de plusieurs modules d'éclairage (1) se superposant et/ou se complétant au moins partiellement pour former une répartition de lumière globale du dispositif d'éclairage.

40

45

50

55

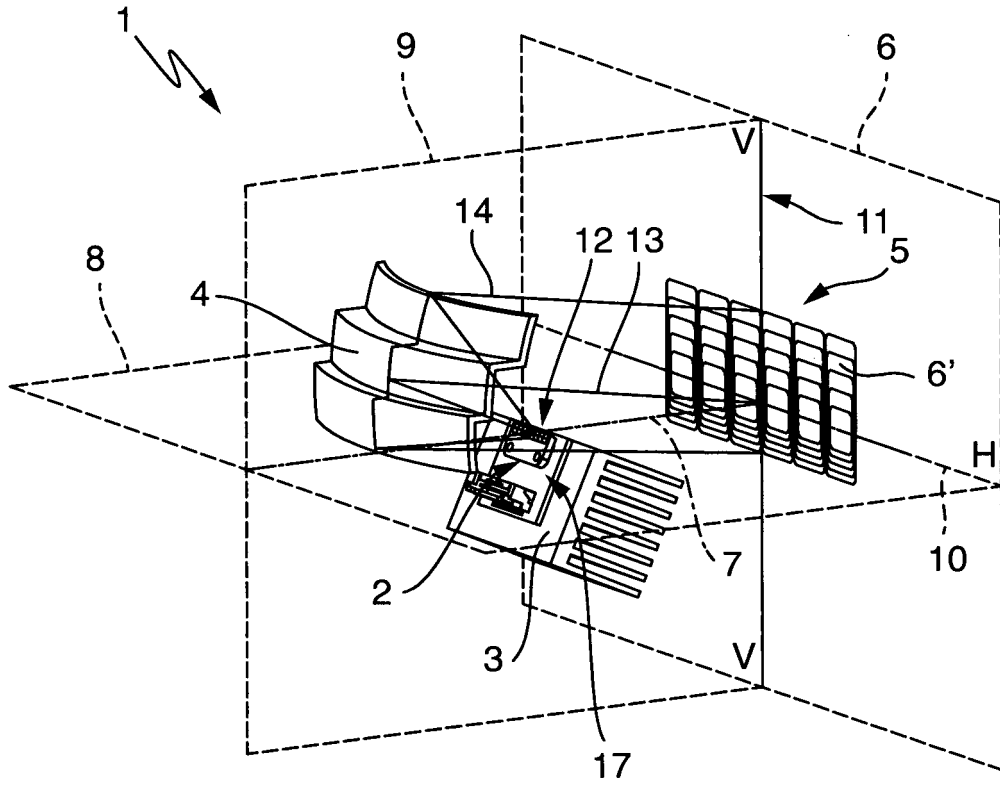


Fig. 1

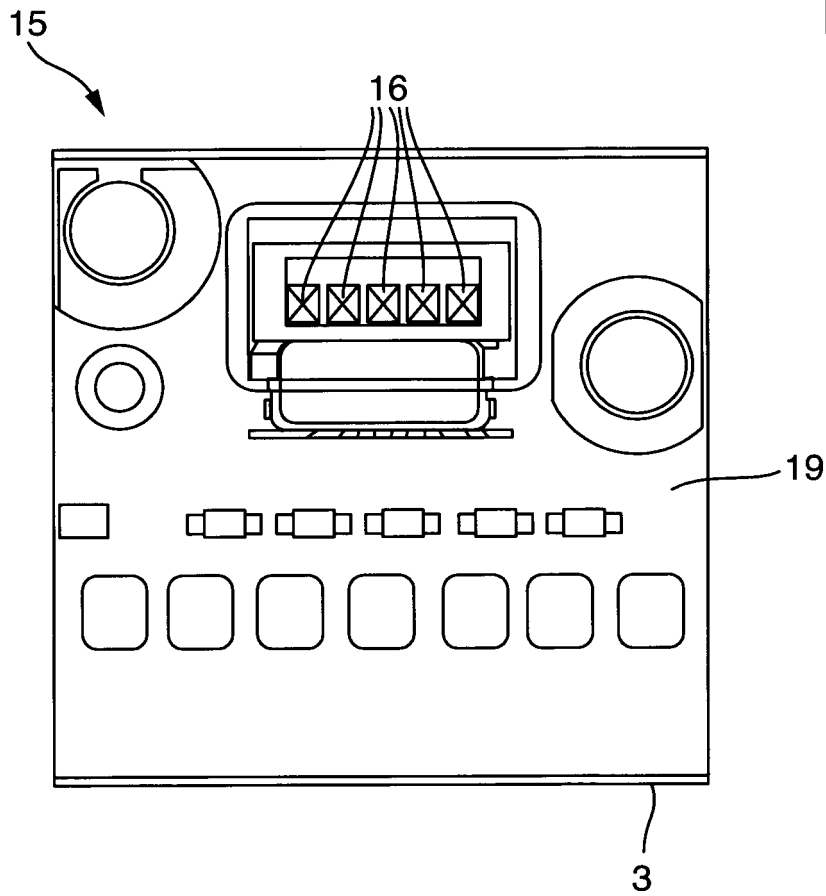


Fig. 2

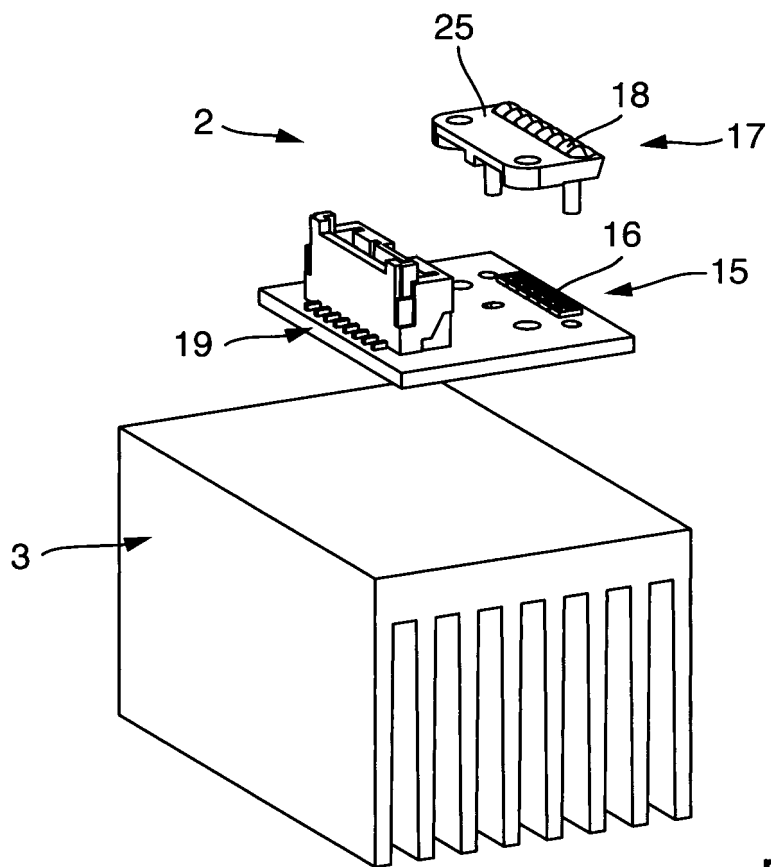


Fig. 3

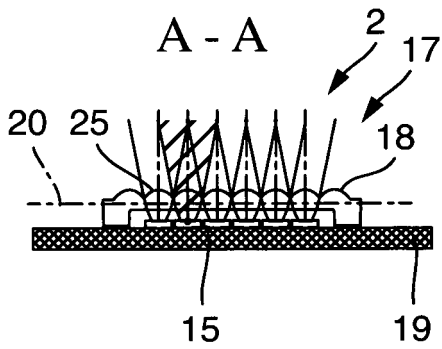


Fig. 4a

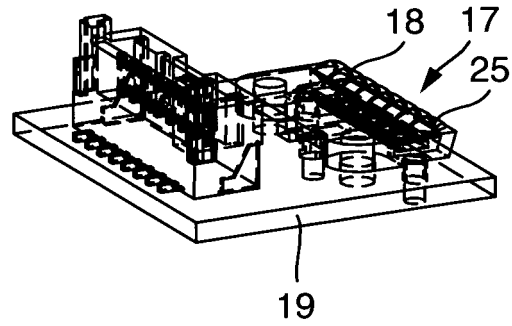


Fig. 4b

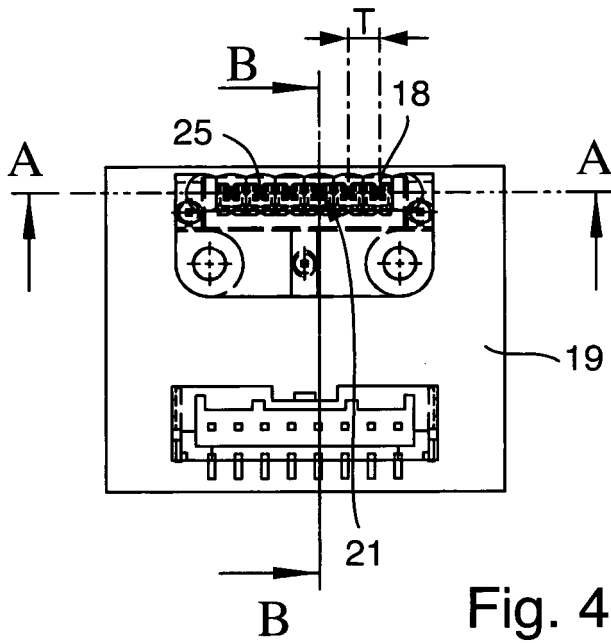


Fig. 4c

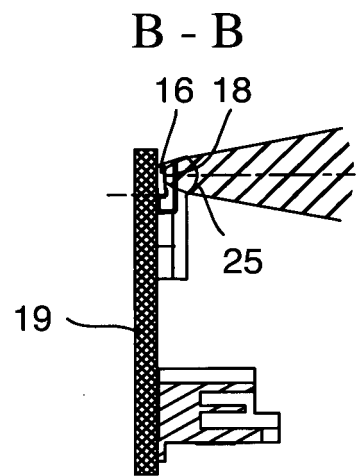


Fig. 4d

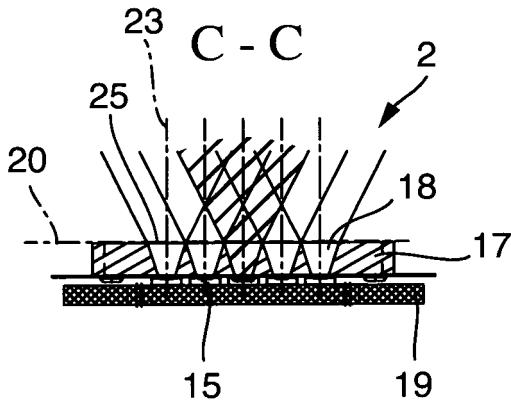


Fig. 5a

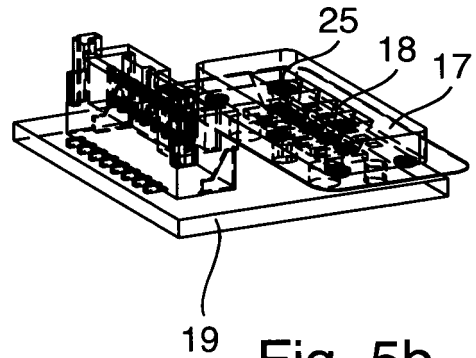


Fig. 5b

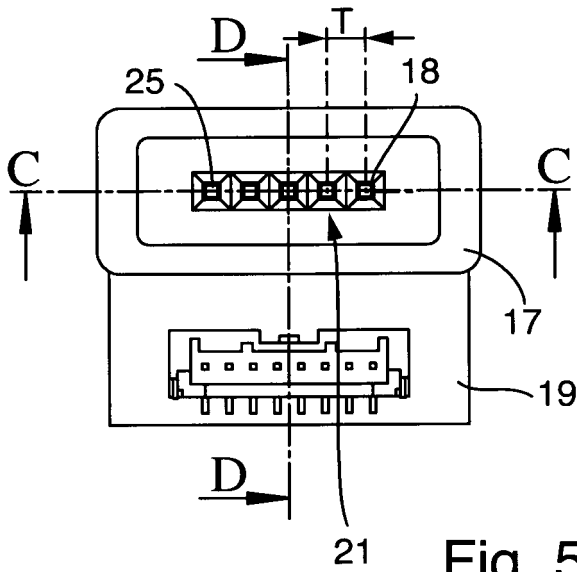


Fig. 5c

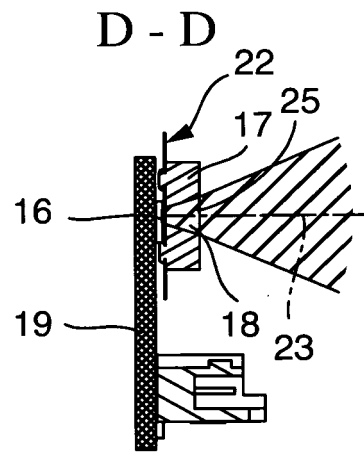


Fig. 5d

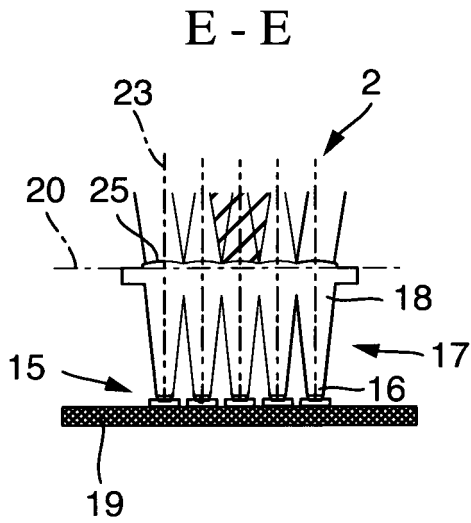


Fig. 6a

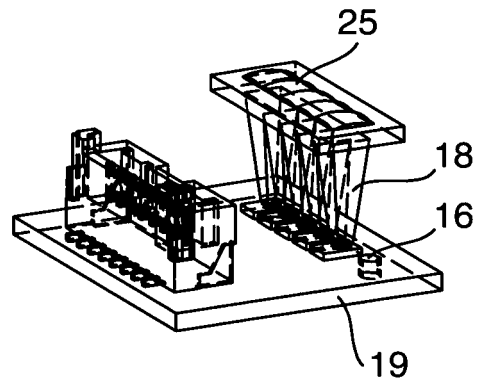


Fig. 6b

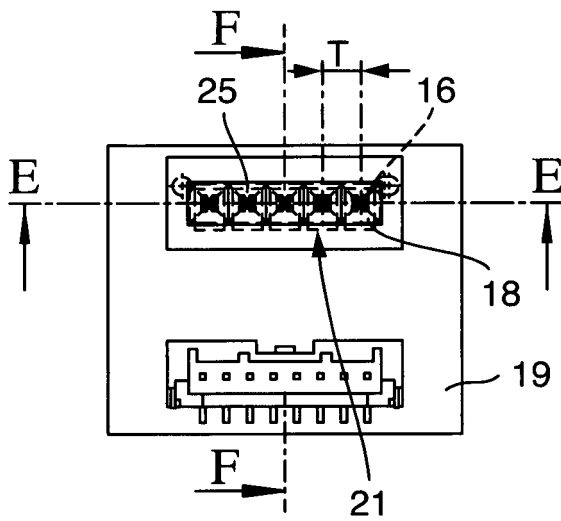


Fig. 6c

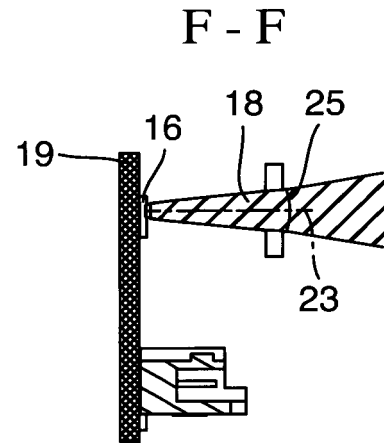


Fig. 6d

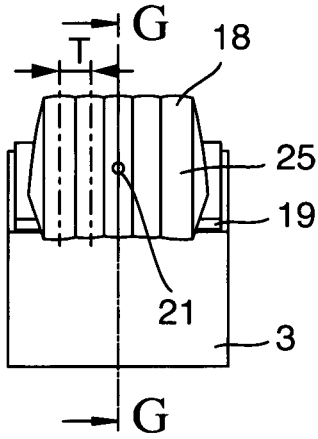


Fig. 7a

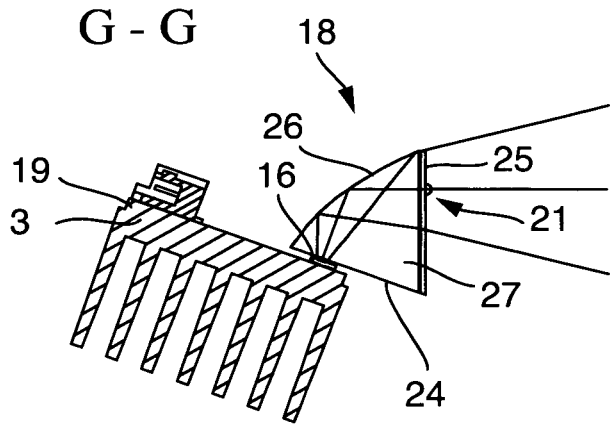


Fig. 7b

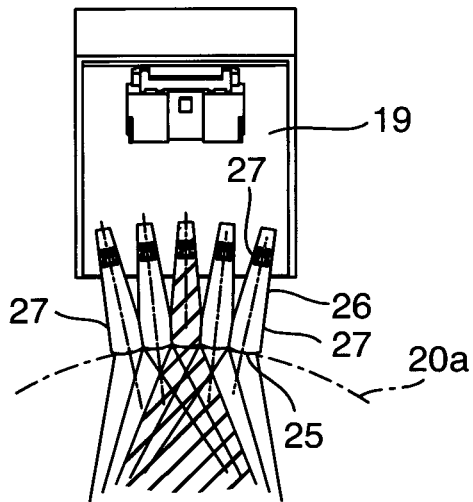


Fig. 7c

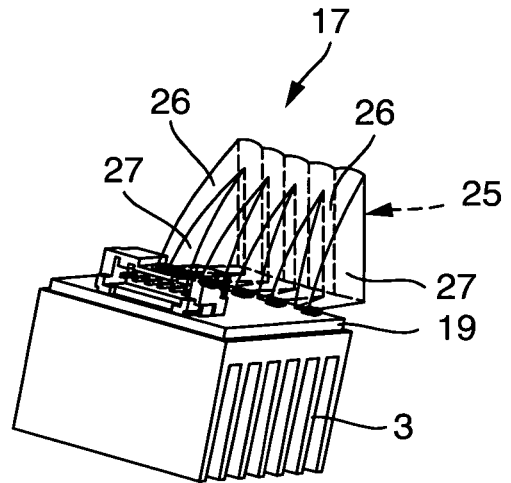
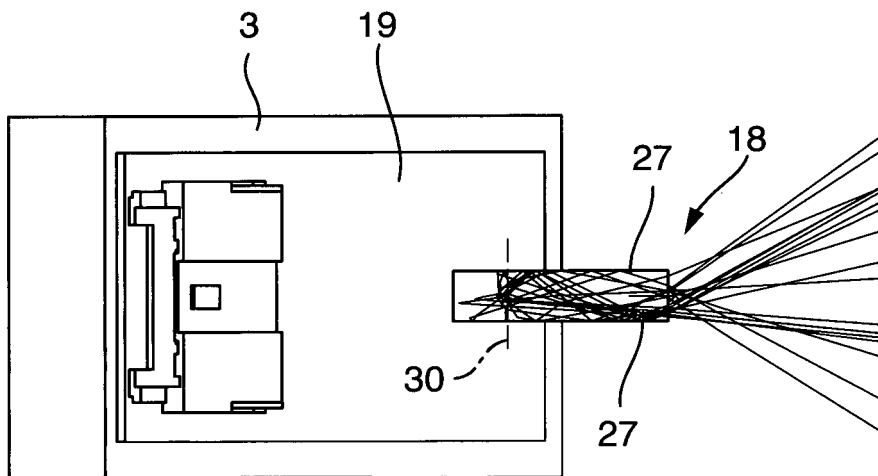
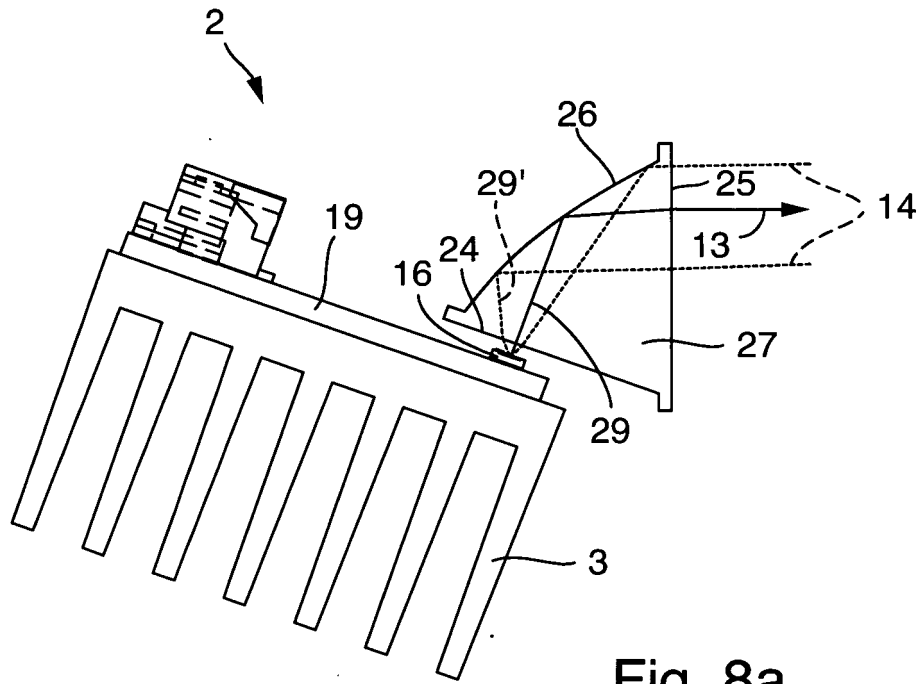


Fig. 7d



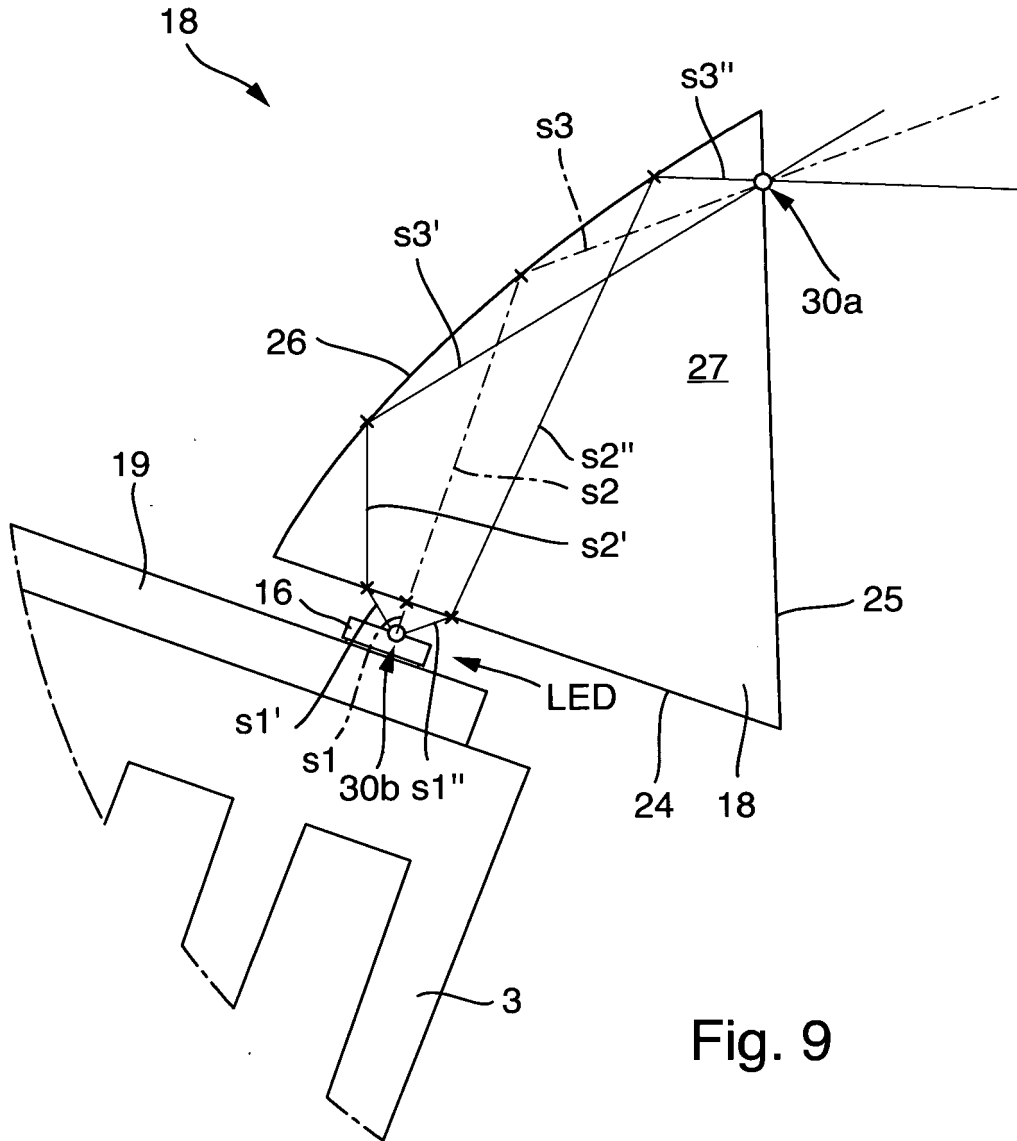


Fig. 9

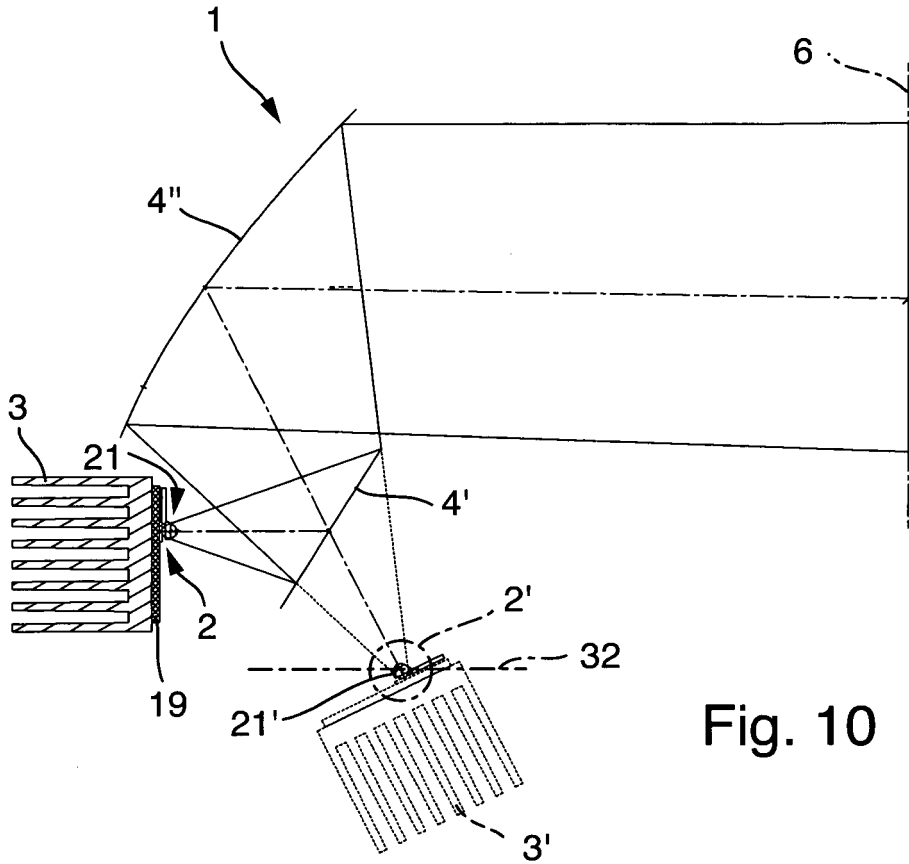


Fig. 10

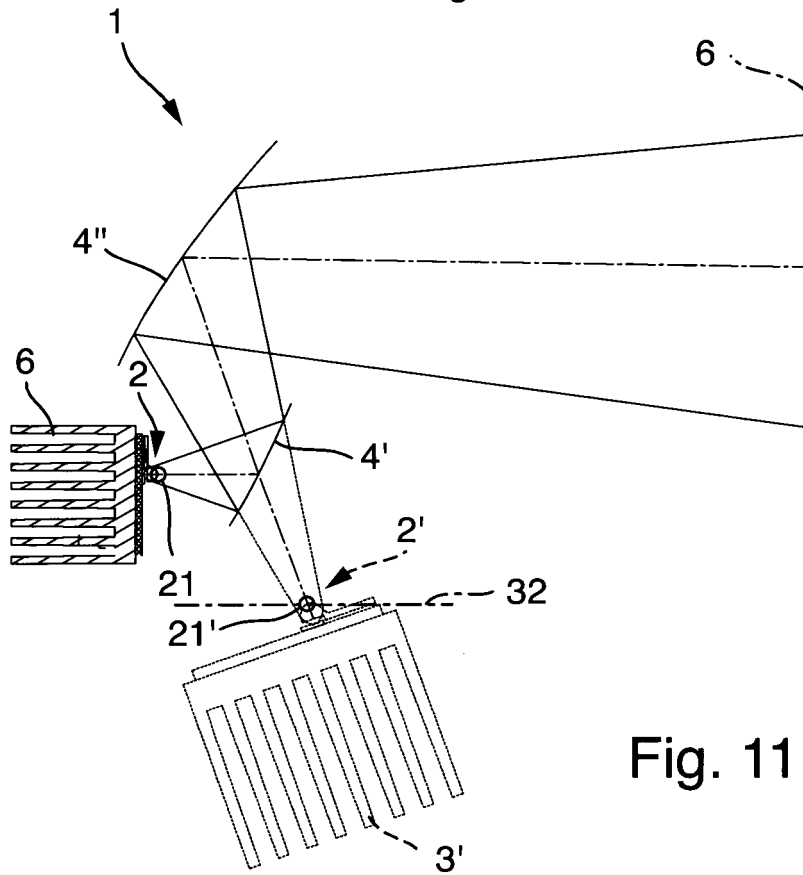


Fig. 11

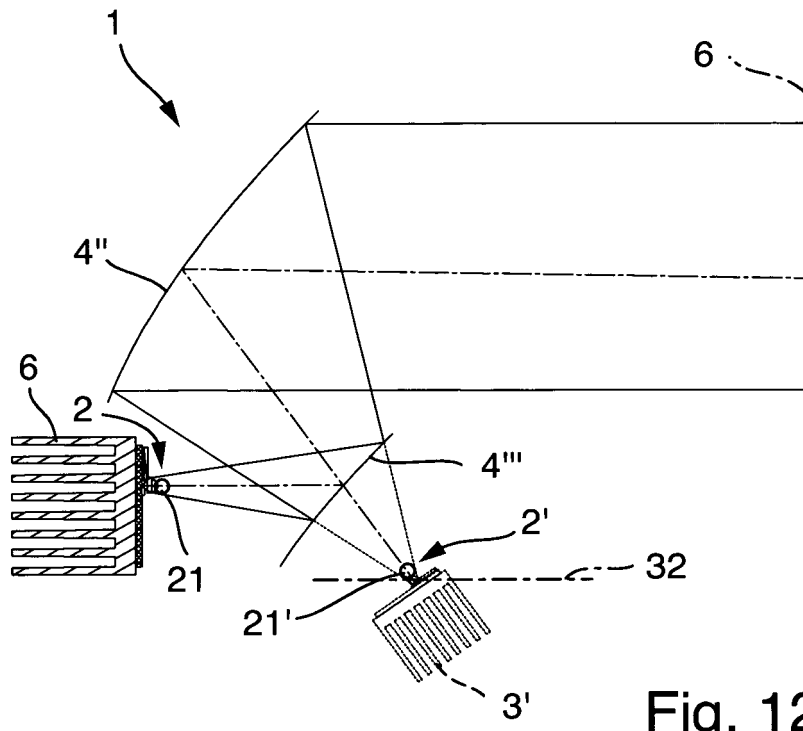


Fig. 12

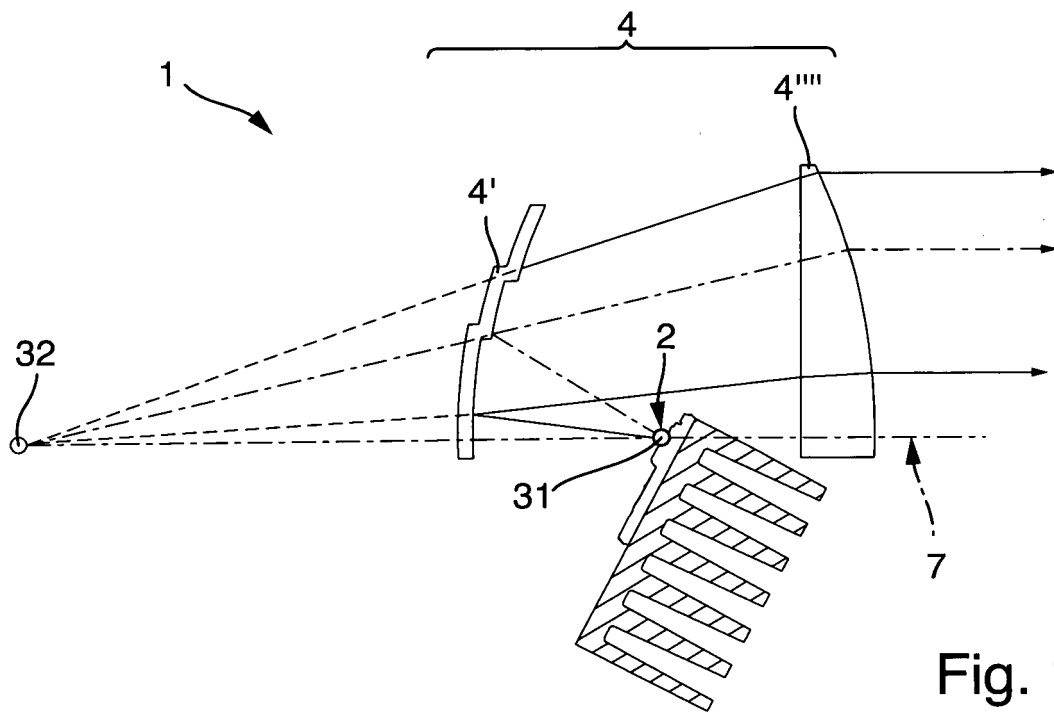


Fig. 13

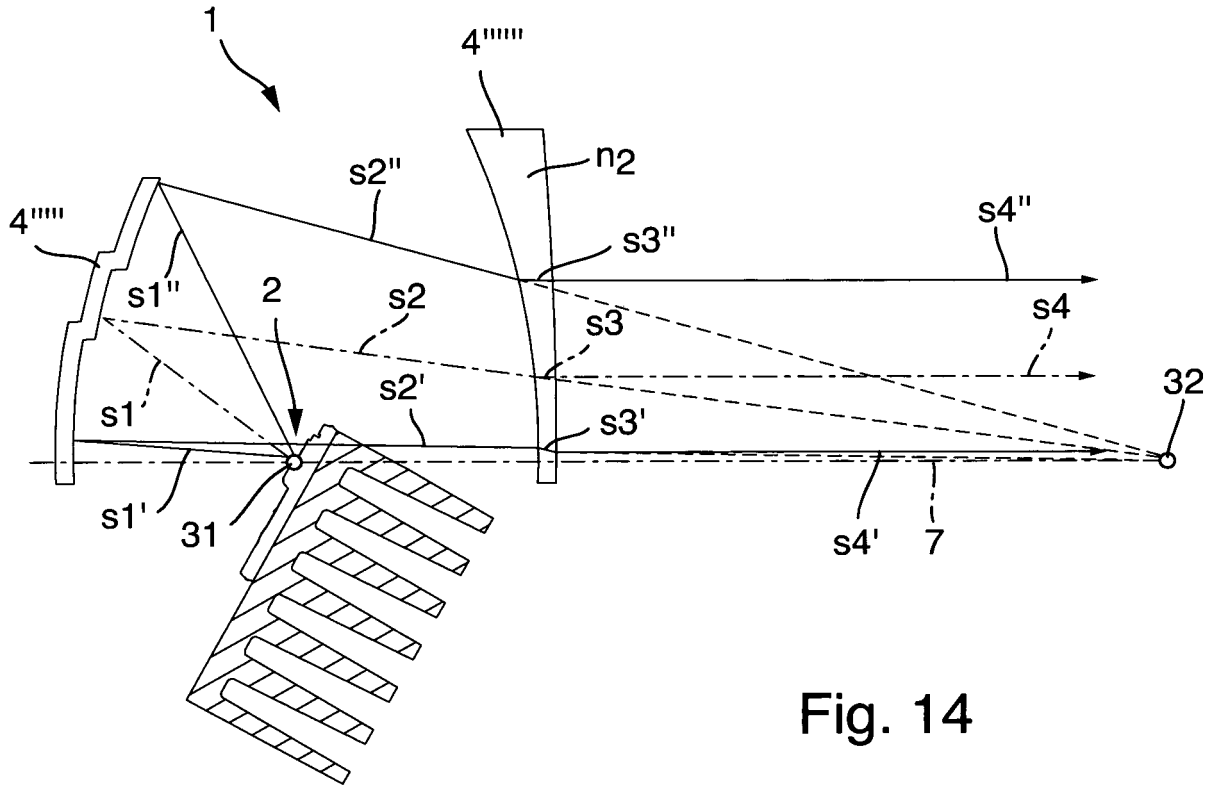


Fig. 14

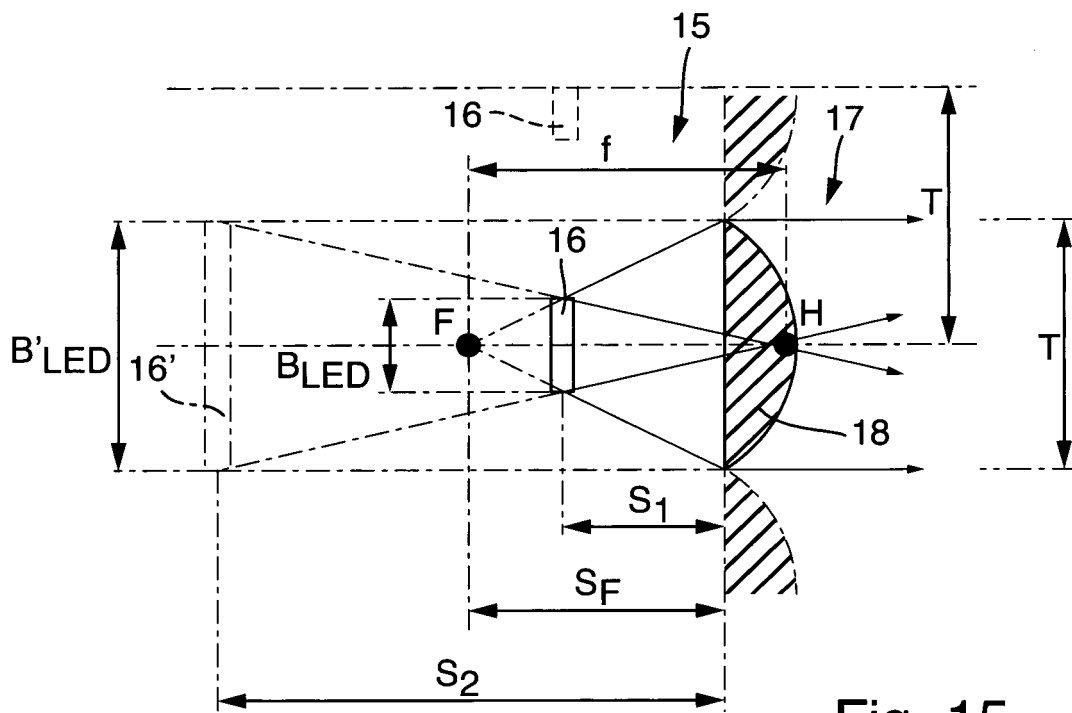


Fig. 15

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 2008013603 A1 **[0002]**
- DE 102010029176 A1 **[0003]**
- DE 102008005488 A1 **[0006]**
- DE 102007052742 A1 **[0006]**
- DE 102009053581 B3 **[0006]**
- DE 102010023360 A1 **[0006]**
- EP 2045515 A1 **[0006]**
- EP 2388512 A2 **[0006]**
- US 6758582 B1 **[0006]**
- US 7055991 B2 **[0006]**
- US 20050052751 A1 **[0006]**