

(19)



(11)

EP 3 379 142 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe
Ansprüche DE 1

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F21S 41/143 ^(2018.01) **F21S 41/265** ^(2018.01)
F21S 41/663 ^(2018.01) **F21S 41/675** ^(2018.01)
F21S 41/153 ^(2018.01) **F21S 41/32** ^(2018.01)

(48) Corrigendum ausgegeben am:

28.09.2022 Patentblatt 2022/39

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F21S 41/143; F21S 41/153; F21S 41/265;
F21S 41/322; F21S 41/663; F21S 41/675;
F21W 2103/60

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

29.06.2022 Patentblatt 2022/26

(21) Anmeldenummer: **18159791.5**

(22) Anmeldetag: **02.03.2018**

(54) **LICHTMODUL FÜR EINEN KRAFTFAHRZEUGSCHEINWERFER UND SCHEINWERFER MIT
EINEM SOLCHEN LICHTMODUL**

LIGHT MODULE FOR A VEHICLE HEADLAMP AND MOTOR VEHICLE HEADLAMP WITH SUCH A
LIGHT MODULE

MODULE D'ÉCLAIRAGE POUR UN PHARE DE VÉHICULE AUTOMOBILE ET PHARE DE VÉHICULE
AUTOMOBILE POURVU D'UN TEL MODULE

(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

(72) Erfinder: **KNITTEL, Joachim**
72762 Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **20.03.2017 DE 102017105888**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.09.2018 Patentblatt 2018/39

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 3 109 541 EP-A2- 2 306 074
EP-A2- 2 674 665 DE-A1-102013 110 272
DE-A1-102015 209 194 DE-A1-102016 201 977
JP-A- 2010 080 306 US-A1- 2010 046 243

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

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

EP 3 379 142 B9

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung einen Scheinwerfer mit einem solchen Lichtmodul gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 13. Ein solches Lichtmodul und ein solcher Scheinwerfer ist jeweils aus der EP 2 674 665 A2 bekannt. Aus der DE 10 2015 209 194 A1 ist eine Fahrzeugleuchte mit einer

zwei Linsen aufweisenden und damit chromatische Aberrationen kompensierenden Projektionsoptik bekannt. **[0002]** In letzter Zeit wurden in Lichtmodulen für Scheinwerfer von Kraftfahrzeugen verstärkt Halbleiterlichtquellen (z.B. LEDs) eingesetzt, die einen oder mehrere LED-Chips umfassen. Solche LED-Lichtmodule umfassen üblicherweise mindestens eine Bündelungsoptik in der Form einer Vorsatzoptik aus einem massiven transparenten Material, insbesondere Kunststoff oder Glas. Das von der oder den Halbleiterlichtquellen emittierte Licht wird über eine oder mehrere Lichteintrittsflächen in die Vorsatzoptik eingekoppelt, wird darin zumindest teilweise mittels Totalreflexion an Grenzflächen der Vorsatzoptik umgelenkt und schließlich über eine oder mehrere Lichtaustrittsflächen aus der Vorsatzoptik ausgekoppelt. Die Bündelung des Lichts erfolgt dabei durch Brechung beim Lichteintritt und/oder Lichtaustritt sowie durch die Umlenkung mittels Totalreflexion.

[0003] Als Lichtquelle von LED-Lichtmodulen können mehrere matrixartig neben- und/oder übereinander angeordnete LED-Chips verwendet werden, die einzeln oder gruppenweise separat ansteuerbar sind. Auf diese Weise können mehrere Teil-Lichtbündel generiert werden, die sich zu dem resultierenden Lichtbündel des Lichtmoduls zur Erzeugung der vorgegebenen Lichtverteilung ergänzen bzw. überlagern. Dadurch können ausgewählte Bereiche der Lichtverteilung, bspw. im Bereich von entgegenkommenden oder vorausfahrenden Fahrzeugen, gezielt ausgeblendet werden. Dabei kann eine bessere Ausleuchtung des Bereichs vor dem Kraftfahrzeug erzielt werden, da häufiger mit Fernlicht gefahren werden kann, wobei eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer verhindert wird, da Bereiche, in denen sie sich befinden, gezielt ausgeblendet werden. Derartige Lichtmodule werden als Multibeam-LED-Module oder als Matrix-LED-Module bezeichnet. Derzeit bereits im Einsatz befindliche Multibeam-LED-Module umfassen Halbleiterlichtquellen mit jeweils 84 matrixartig angeordneten LED-Chips. Die Lichtverteilung des Lichtmoduls setzt sich also aus 84 Bereichen zusammen, die einzeln oder gruppenweise ausgeblendet oder beleuchtet werden können. Eine solche Lichtverteilung wird auch als Adaptive Driving Beam (ADB), blendfreies Fernlicht oder Teil-Fernlicht bezeichnet. In dem genannten Beispiel entspricht ein Lichtpixel der Lichtverteilung in einer Entfernung von 100 m vor dem Kraftfahrzeug einer Fläche von 1,8 x 2,4 m. Zum Erfassen der Position anderer Verkehrsteilnehmer im Umfeld eines Kraftfahrzeugs verfügt das

Kraftfahrzeug über geeignete Sensoren, bspw. in Form einer Kamera, und eine geeignete Verarbeitungslogik, die aus den Sensorsignalen die Position der anderen Verkehrsteilnehmer ermittelt und geeignete Ansteuersignale für die Lichtmodule bzw. deren LED-Chips generiert.

[0004] Ein Matrix-LED-Modul ist vom prinzipiellen Aufbau her bspw. aus der DE 100 09 782 A1 bekannt. Dort ist gezeigt, wie ein solches Matrix-LED-Modul in Kombination mit einer Projektionslinse zur Erzeugung einer variablen Lichtverteilung genutzt werden kann. Wenn ein Matrix-LED-Modul in einen Scheinwerfer eines Kraftfahrzeugs integriert wird, kann die Lichtverteilung dynamisch den Verkehrsverhältnissen (z.B. entgegen kommende oder voraus fahrende Fahrzeug) mit dem Ziel angepasst werden, eine optimale Lichtverteilung für den Fahrer des Kraftfahrzeugs und gleichzeitig eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zu vermeiden.

[0005] Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Multibeam-LED-Module umfassen sog. pAFS (microstructured adaptive front-lighting system)-Lichtmodule, bei denen eine Matrix mit derzeit bis zu 1.024 einzeln ansteuerbaren LEDs verwendet wird. Insbesondere sind dabei eine Vielzahl von weißen LEDs (z.B. blaue LEDs mit integriertem Konverter) besonders dicht gepackt auf einem LED-Chip angeordnet, so dass sie eine nahezu lückenlose schaltbare Lichtfläche erzeugen können, die eine Vielzahl von punktförmigen Lichtquellen (sog. Pixeln, z.B. pro LED ein Pixel) umfasst. Jede LED strahlt Licht mit einer lambertschen Strahlungsverteilung in den Halbraum senkrecht zur Lichtaustrittsfläche der LED ab. In dem Scheinwerfer bildet eine Projektionsoptik die Lichtfläche als Lichtverteilung auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug ab. Bei Verwendung von bspw. vier dieser LED-Chips in einem Lichtmodul umfasst die resultierende Lichtverteilung eines einzelnen Lichtmoduls also bspw. 4.096 Teilbereiche (sog. Lichtpixel), die einzeln oder gruppenweise ausgeblendet werden können. Bei Verwendung von zwei Scheinwerfern in einem Kraftfahrzeug ist die Lichtverteilung also in 8.192 Lichtpixel unterteilt. Diese feinere Unterteilung der Lichtverteilung erlaubt es, die ausgeleuchteten Bereiche der Lichtverteilung dichter an die Position heranzuführen, wo andere Verkehrsteilnehmer detektiert wurden, und somit eine verbesserte Ausleuchtung vor dem Kraftfahrzeug zu erzielen, ohne jedoch andere Verkehrsteilnehmer zu blenden.

[0006] Eine andere neuere Entwicklung auf dem Gebiet der Multibeam-LED-Module erlaubt eine noch feinere Unterteilung der resultierenden Lichtverteilung. Dabei handelt es sich um sog. DLP (digital light processing)-Lichtmodule, bei denen das Licht von einer LED (z.B. Hochstrom-LED) auf ein Mikrospiegelarray gelenkt wird, das eine Vielzahl (bspw. mehr als 1 Mio.) winziger Mikrospiegel umfasst, die einzeln angesteuert und mit einer Frequenz von bis zu 5.000 Hz gekippt werden können. Zum Umlenken des von der LED emittierten Lichts kann ein Hohlspiegel verwendet werden. Ein Pixel der

Lichtverteilung entspricht in einer Entfernung von 100 m vor dem Kraftfahrzeug einer Fläche von nur noch 4,0 x 2,5 cm. Der Zustand der einzelnen Spiegel entscheidet über den Weg des Lichts. Ist einer der Mikrospiegel in seiner Ausgangsstellung, reflektiert er das auf ihn fallende Licht vollständig über eine Projektionsoptik, die bspw. als eine Projektionslinse ausgebildet ist, auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug. Bei einem vollständig (um etwa 10°) gekippten Mikrospiegel landet das reflektierte Licht nicht mehr auf der Fahrbahn, sondern bspw. in einer Lichtfalle, so dass das entsprechende Lichtpixel deaktiviert ist und dort eine unbeleuchtete Stelle in der Lichtverteilung entsteht. In den Zwischenstufen und abhängig von der Umschaltfrequenz der Mikrospiegel können an den jeweiligen Lichtpixeln Graustufen (mit geringerer Helligkeit) erzeugt werden. Scheinwerfer mit einem DLP-Modul werden auch als HD (high definition)-Scheinwerfer bezeichnet.

[0007] Bei den genannten Arten von Lichtmodulen muss die Lichtverteilung möglichst positionsgenau vor dem Kraftfahrzeug erzeugt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Lichtmodule eine abgeblendete Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze zwischen dem ausgeleuchteten Nahbereich der Lichtverteilung und dem nicht ausgeleuchteten Fernbereich oder ein Teil-Fernlicht mit horizontalen und vertikalen Helldunkelgrenzen zwischen den ausgeleuchteten Bereichen (Lichtpixeln) der Lichtverteilung und den nicht ausgeleuchteten Bereichen erzeugen sollen. Je feiner die Unterteilung der Lichtverteilung in Lichtpixel ist, desto wichtiger ist eine hochgenaue Positionierung der Lichtverteilung bzw. der einzelnen Lichtpixel vor dem Kraftfahrzeug, um eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zu verhindern.

[0008] Da Projektionsoptiken nur Licht mit einem nach oben beschränkten Öffnungswinkel (z.B. maximal +/- 20°) scharf abbilden können, ist es vorteilhaft, den Abstrahlbereich der Lichtaussendungseinheit einzuschränken. Licht, das unter zu großen Winkeln auf die Projektionsoptik fällt, wird aufgrund optischer Aberrationen, die im Allgemeinen mit dem zur optischen Achse schrägem/großem Einfallswinkel zunehmen, schlecht bzw. unscharf abgebildet. Zusätzlich kann Licht, das unter großen Einfallswinkeln in die Projektionsoptik fällt, zu Streulicht führen, welches den Kontrast der Abbildung weiter verringert. Damit können die bei pAFS-Modulen und DLP-Modulen erforderlichen Genauigkeiten der Lichtverteilung nicht erreicht werden.

[0009] Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein kompaktes, optisches Projektionssystem für Matrix-LEDs zur Verfügung zu stellen, welches verhindert, dass Licht unter zu großen Einfallswinkeln in die Projektionsoptik einfällt. Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Lichtmodul mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Insbesondere wird ein Lichtmodul für einen Scheinwerfer eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen, wobei das Lichtmodul eine Lichtaussendungseinheit und ei-

ne Projektionsoptik mit einer optischen Achse und mit mindestens einer Projektionslinse aufweist, welche das von der Lichtaussendungseinheit ausgesandte Licht als resultierende Lichtverteilung des Lichtmoduls auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abbildet. Ferner umfasst das Lichtmodul in einem Strahlengang zwischen der Lichtaussendungseinheit und der Projektionsoptik eine Linse, die eine auf der von der Lichtaussendungseinheit abgewandten Seite konkav gekrümmte Austrittsfläche aufweist. Die Austrittsfläche lenkt von der Lichtaussendungseinheit mit einem Abstrahlwinkel von mehr als +/- 20° zur optischen Achse der Projektionsoptik ausgesandtes und auf die Austrittsfläche der Linse auftreffendes Licht mittels Totalreflexion zum Rand hin um, so dass es nicht mehr durch die Projektionsoptik hindurchtritt.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird also eine Linse in einer Hauptabstrahlrichtung der Lichtaussendungseinheit vor dieser angeordnet, so dass das von der Lichtaussendungseinheit abgestrahlte Licht auf die Linse trifft. Die Linse weist eine zur Lichtaussendungseinheit gerichtete Eintrittsseite und eine von der Lichtaussendungseinheit abgewandte Austrittsseite auf. Die Austrittsseite weist eine konkave Krümmung auf. Diese bewirkt, dass das von der Lichtaussendungseinheit unter großen Winkeln von mehr als 20° (z.B. >30°) relativ zur optischen Achse abgestrahlte und auf die Austrittsfläche auftreffende Licht totalreflektiert und seitlich abgeführt wird. Damit wird verhindert, dass es zu der Projektionsoptik gelangt und von dieser abgebildet wird. Dadurch können die Abbildungseigenschaften des Projektionssystems verbessert, insbesondere der Kontrast und die Schärfe der Abbildung erhöht werden.

[0011] Die Verwendung einer Linse zum Herausfiltern von unter einem großen Abstrahlwinkel von der Lichtaussendungseinheit ausgesandtem Licht aus dem zur Erzeugung der Lichtverteilung genutzten Strahlenbündel hat gegenüber der Verwendung einer Blende, wie es bspw. aus der WO 2013/ 020 156 A1 bekannt ist, deutliche Vorteile. Die wirksame Fläche bzw. Kante einer Blende hat immer eine feste Position bezüglich der Lichtaussendungseinheit. Bei der erfindungsgemäß verwendeten Linse kommt es aufgrund der Krümmung der totalreflektierenden Austrittsfläche dagegen zu einer Verschiebung der für die Totalreflexion effektiv genutzten Flächenabschnitte der Austrittsfläche, je nach dem an welcher Position in der Lichtaussendungseinheit die jeweilige punktförmige Lichtquelle angeordnet ist. Für am äußeren Rand der Lichtaussendungseinheit angeordnete punktförmige Lichtquellen genutzte Flächenabschnitte liegen höher auf der Austrittsfläche (und haben somit eine stärkere Krümmung) als die für in der Mitte der Lichtaussendungseinheit angeordnete punktförmige Lichtquellen genutzten Flächenabschnitte (mit geringerer Krümmung) der Austrittsfläche. Das wäre in etwa so als würde eine Blende für die Lichtstrahlen von am äußeren Rand der Lichtaussendungseinheit angeordneten punktförmigen Lichtquellen etwas weiter außerhalb liegen als eine Blende für die Lichtstrahlen von im Zentrum der

Lichtaussendungseinheit angeordneten punktförmigen Lichtquellen. Da die einzelnen punktförmigen Lichtquellen bevorzugt nach vorne in einer Hauptabstrahlrichtung Lichtaussenden, erhöht sich bei Verwendung einer Linse die Effizienz des Lichtmoduls gegenüber der Verwendung einer Blende, da bei den am äußeren Rand der Lichtquelle angeordneten punktförmigen Lichtquellen bei Verwendung einer Linse weniger Licht verlorengeht (herausgefiltert, zum Rand hin abgelenkt wird) als bei der Verwendung einer Blende.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das zum Rand hin reflektierte Licht auf einen äußeren Rand der Optik trifft, welcher Licht absorbierende Eigenschaften aufweist. Dadurch kann Streulicht, das durch das von der Austrittsfläche zum Rand hin umgelenkte Licht hervorgerufen werden könnte, verhindert werden, da das umgelenkte Licht nicht mehr unkontrolliert zurück auf die Projektionsoptik und weiter in die resultierende Lichtverteilung gelangen kann. Vorteilhafterweise ist auf den äußeren Rand der Optik eine Licht absorbierende Schicht aufgebracht.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die matrixartig angeordneten punktförmigen Lichtquellen als Halbleiterlichtquellen, insbesondere als Leuchtdioden (LEDs) oder Halbleiterlaser, ausgebildet sind. Ein solches Lichtmodul wird auch als Multibeam-LED-Modul oder als Matrix-LED-Modul bezeichnet. Vorteilhafterweise weist das Lichtmodul über 1.000 einzeln ansteuerbare Halbleiterlichtquellen auf. Ein derartiges Lichtmodul ist vorzugsweise ein pAFS (micro-structured adaptive front-lighting system)-Lichtmodul, bei dem ein kleiner LED-Chip mit einer Vielzahl (derzeit bis zu 1.024) einzeln ansteuerbaren LEDs verwendet wird.

[0014] Als Lichtstrahlen, die in einem 'großen Abstrahlwinkel' im Sinne der vorliegenden Erfindung von der Lichtaussendungseinheit ausgesandt werden, werden solche Lichtstrahlen bezeichnet, die aufgrund optischer Aberrationen an der Projektionsoptik schlecht, insbesondere unscharf, auf der Fahrbahn abgebildet werden und/oder die zu Streulicht führen, welches den Kontrast der Abbildung verringert. Projektionsoptiken können in der Regel nur Licht mit einem auf ca. $\pm 20^\circ$ beschränkten Öffnungswinkel scharf abbilden. Lichtstrahlen mit Öffnungswinkeln von größer $\pm 20^\circ$, insbesondere von größer $\pm 30^\circ$, werden somit daran gehindert, auf die Projektionsoptik zu treffen.

[0015] Die der Lichtaussendungseinheit zugewandte Eintrittsfläche der Linse kann beliebig (z.B. gekrümmt) ausgebildet sein. Bevorzugt ist die der Lichtaussendungseinheit zugewandte Eintrittsfläche der Linse jedoch eben ausgebildet. Es ist ferner denkbar, dass auf der der Lichtquelle zugewandten Eintrittsfläche der Linse eine Antireflexionsschicht aufgebracht ist, um eine Rückstreuung auf die Lichtaussendungseinheit zu verhindern.

[0016] Die Projektionsoptik des Lichtmoduls umfasst vorzugsweise mehrere in dem Strahlengang hinterein-

ander angeordnete Projektionslinsen.

[0017] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner durch einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Dieser weist ein erfindungsgemäßes Lichtmodul auf.

[0018] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfer gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

Figur 2 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform mit beispielhaft eingezeichneten Lichtstrahlen; und

Figur 3 das Lichtmodul aus Figur 2 mit anderen beispielhaft eingezeichneten Lichtstrahlen.

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul und einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einem solchen Lichtmodul. Ein solcher Scheinwerfer 1 ist beispielhaft in Figur 1 gezeigt und dient zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung. Die Lichtverteilung kann eine beliebige Scheinwerferfunktion sein, bspw. Abblendlicht, Fernlicht, Nebellicht oder eine beliebige adaptive Lichtverteilung (z.B. Teilfernlicht). Es ist auch denkbar, dass die von dem Scheinwerfer 1 erzeugte Lichtverteilung ein Hinweis (z.B. Symbol) zur Information eines Fahrers des Kraftfahrzeugs oder von im Umfeld des Kraftfahrzeugs befindlichen Personen über bestimmte Umgebungs- und/oder Fahrzeugsituationen ist, der auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildet wird. Der Hinweis kann bspw. ein Verkehrsschild (zur Warnung des Fahrers vor bestimmten Gefahrensituationen), ein stilisierter Fußgänger (zur Warnung des Fahrers vor Fußgängern am Straßenrand), ein Zebrastreifen (zur Information von Fußgängern, dass das Kraftfahrzeug anhält und die Fahrbahn überquert werden kann), ein Eiskristall (zur Warnung des Fahrers vor glatter Fahrbahn), oder ein Abbiegehinweis (z.B. Pfeil) eines Navigationssystems sein.

[0020] Der Scheinwerfer 1 umfasst ein Gehäuse 2, das vorzugsweise aus einem lichtundurchlässigen Material, insbesondere Kunststoff besteht. In einer Lichtaustrittsrichtung 3 weist das Gehäuse 2 eine Lichtaustrittsöffnung 4 auf, die durch eine Abdeckscheibe 5 verschlossen ist. Die Abdeckscheibe 5 besteht vorzugsweise aus einem transparenten Material, bspw. Glas oder Kunststoff. Die Abdeckscheibe 5 ist ohne optisch wirksame Elemente ausgebildet. An einer lediglich schematisch eingezeichneten Position 6 ist im Inneren des Gehäuses 2 ein Lichtmodul 6 angeordnet, das nachfolgend anhand der Figuren 2 und 3 näher erläutert wird. Das Lichtmodul 6 dient zur Erzeugung der Lichtverteilung des Scheinwerfers 1 oder eines Teils der Lichtverteilung. Der Scheinwerfer 1 ist an einer beliebigen Stelle an der Außenseite vorzugsweise im Frontbereich des Kraftfahrzeugs angeordnet.

[0021] Ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Lichtmoduls 6 ist beispielhaft und schematisch in Figur 2 gezeigt. Das Lichtmodul 6 umfasst eine Lichtaussendungseinheit 10 mit mehreren matrixartig angeordneten punktförmigen Lichtquellen 10a-10e, die jeweils Licht mit einer lambert'schen Strahlungscharakteristik emittieren, und eine Projektionsoptik 12 mit mindestens einer Projektionslinse 3, 4. In dem hier gezeigten Beispiel umfasst die Projektionsoptik 12 zwei im Strahlengang hintereinander angeordnete Linsen 14, 16. Die Projektionsoptik 12 bildet das von der Lichtaussendungseinheit 10 ausgesandte Licht als resultierende Lichtverteilung des Lichtmoduls 6 auf einer Fahrbahn 18 vor dem Kraftfahrzeug ab. Die Fahrbahn 18 ist hier beispielhaft durch einen in einem Abstand vor dem Fahrzeug senkrecht stehenden Messschirm symbolisiert.

[0022] Das Lichtmodul 6 weist in dem Strahlengang zwischen der Lichtaussendungseinheit 10 und der Projektionsoptik 12 eine Linse 20 mit einer konkav gekrümmten Austrittsfläche 20b auf der von der Lichtaussendungseinheit 10 abgewandten Seite der Linse 20 auf. Die Austrittsfläche 20b lenkt von der Lichtaussendungseinheit 10 mit einem großen Abstrahlwinkel ausgesandte und auf die Austrittsfläche 20b der Linse 20 auftreffende Lichtstrahlen (z.B. Strahlen 22a und zum Rand der Linse 20 gerichtete Strahlen 22b) mittels Totalreflexion zum Rand hin um, so dass es nicht mehr durch die Projektionsoptik 12 hindurchtritt. Lediglich das von der Lichtaussendungseinheit 10 mit einem relativ kleinen Abstrahlwinkel ausgesandte Licht (z.B. Strahlen 22c) wird durch die Linse 20 transmittiert und von der Projektionsoptik 12 auf die Fahrbahn 18 abgebildet.

[0023] Als Lichtstrahlen, die in einem 'großen Abstrahlwinkel' im Sinne der vorliegenden Erfindung von der Lichtaussendungseinheit 10 ausgesandt werden, werden solche Lichtstrahlen 22a, 22b bezeichnet, die (ohne die Linse 20) aufgrund optischer Aberrationen an der Projektionsoptik 12 schlecht, insbesondere unscharf, auf der Fahrbahn 18 abgebildet werden und/oder die zu Streulicht führen, welches den Kontrast der Abbildung auf der Fahrbahn 18 verringert. Projektionsoptiken 12 können in der Regel nur Licht mit einem auf ca. $\pm 20^\circ$ beschränkten Öffnungswinkel scharf abbilden. Lichtstrahlen mit Öffnungswinkeln von größer $\pm 20^\circ$, insbesondere von größer $\pm 30^\circ$, werden bei der Erfindung somit daran gehindert, auf die Projektionsoptik 12 zu treffen.

[0024] Die Lichtaussendungseinheit 10 kann unterschiedlich ausgebildet sein. Gemäß einer ersten Möglichkeit umfassen die einzelnen punktförmigen Lichtquellen 10a-10e der Lichtaussendungseinheit 10 jeweils eine Halbleiterlichtquelle, insbesondere eine Leuchtdiode (LED). Die LEDs können einzeln oder gruppenweise gezielt angesteuert werden, um die Halbleiterlichtquellen ein- oder auszuschalten oder zu dimmen. Das Lichtmodul 6 weist bspw. über 1.000 einzeln ansteuerbare LEDs auf. Diese sind vorzugsweise auf einer gemeinsamen Leiterplatte (nicht dargestellt) befestigt und über diese

elektrisch kontaktiert. Insbesondere kann das Lichtmodul 6 als ein sog. pAFS (micro-structured adaptive front-lighting system)-Lichtmodul ausgebildet sein. Gemäß einer anderen Möglichkeit weist die Lichtaussendungseinheit 10 eine Halbleiterlichtquelle und ein Mikrospiegelarray auf, das eine Vielzahl Mikrospiegel umfasst, die einzeln angesteuert und gekippt werden können, wobei jeder der Mikrospiegel eine der punktförmigen Lichtquellen der Lichtaussendungseinheit 10 bildet. Das Mikrospiegelarray umfasst bspw. mindestens 1 Mio. Mikrospiegel, die mit einer Frequenz von bis zu 5.000 Hz gekippt werden können.

[0025] Um Streulicht zu verhindern, weist der Rand der Linse 20 optisch absorbierende Eigenschaften auf. Insbesondere kann auf den Rand der Linse 20 eine absorbierende Schicht 24 (vgl. Figur 3) aufgebracht sein. Die absorbierende Schicht 24 besteht bspw. aus schwarzer Farbe. Eine der Lichtaussendungseinheit 10 zugewandte Eintrittsfläche 20a der Linse 20 ist vorzugsweise eben ausgebildet. Auf die Eintrittsfläche 20a kann eine Antireflexionsschicht aufgebracht sein, um Rückstreuung auf die Lichtaussendungseinheit 10 zu verhindern. Die Ansteuerung der einzelnen Bildpunkte der Lichtaussendungseinheit 10 und damit auch die resultierende Lichtverteilung des Lichtmoduls 6 wird von einer hier nicht gezeigten Ansteuerelektronik kontrolliert, wie sie bspw. aus der DE 10 2009 054 227 A1 bekannt ist. Die Ansteuerelektronik erhält von einem geeigneten Sensor, z.B. von einer Kamera, Informationen über die Verkehrssituation (z.B. über vorausfahrende oder entgegenkommende Fahrzeuge) und generiert in Abhängigkeit davon entsprechende Ansteuersignale für die punktförmigen Lichtquellen 10a-10e. Auf diese Weise kann als Lichtverteilung bspw. ein blendfreies Fernlicht generiert werden.

[0026] In den Figuren 2 und 3 ist eine außenliegende punktförmige Lichtquelle 10a der Lichtaussendungseinheit 10 (vgl. Figur 2) und ein entsprechender beispielhafter Strahlengang sowie eine weiter innen angeordneter (z.B. eine zentrale) punktförmige Lichtquelle 10c (vgl. Figur 3) und ein entsprechender beispielhafter Strahlengang gezeigt. Anhand der Figur 2 ist gut zu erkennen, dass das unter großen Winkeln ausgesandte Licht an der Austrittsfläche 20b totalreflektiert wird. Die Abstrahlwinkel, oberhalb denen Totalreflexion auftritt, sind aber nicht symmetrisch wie in Figur 3. Die zum Rand der Linse 20 hin gerichteten Strahlen 22b werden unter kleineren Winkeln totalreflektiert als die zur Mitte hin gewandten Strahlen 22a, da die Krümmung der Linse 20 bzw. der Austrittsfläche 20b zum Rand hin zunimmt. Dies ist für die Abbildungsqualität des dargestellten Projektionssystems von Vorteil, da Randstrahlen 22b im Allgemeinen weniger gut abgebildet werden können.

[0027] Falls die Linse 20 und die Projektionslinsen 14, 16 aus Materialien mit unterschiedlicher Dispersion (Abbe-Zahl) bestehen, kann die Anordnung gleichzeitig zur Kompensation achromatischer Fehler genutzt werden. Achromatische Systeme bestehen im Allgemeinen aus einer Kombination von konkaven und konvexen Linsen.

Patentansprüche

1. Lichtmodul (6) für einen Scheinwerfer eines Kraftfahrzeugs, wobei das Lichtmodul (6) eine Lichtaussendungseinheit (10) und eine Projektionsoptik (12) mit einer optischen Achse und mit mindestens einer Projektionslinse (14, 16) aufweist, welche das von der Lichtaussendungseinheit (10) ausgesandte Licht als resultierende Lichtverteilung des Lichtmoduls (6) auf einer Fahrbahn (18) vor dem Kraftfahrzeug abbildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtaussendungseinheit mehrere matrixartig angeordnete punktförmige Lichtquellen (10a-10e) aufweist, die jeweils Licht mit einer lambert'schen Strahlungscharakteristik emittieren, dass in einem Strahlengang zwischen der Lichtaussendungseinheit (10) und der Projektionsoptik (12) eine Linse (20) mit einer auf der von der Lichtaussendungseinheit (10) abgewandten Seite konkav gekrümmten Austrittsfläche (20b) angeordnet ist, wobei die Austrittsfläche (20b) von der Lichtaussendungseinheit (10) mit einem Abstrahlwinkel von mehr als $\pm 20^\circ$ zur optischen Achse der Projektionsoptik ausgesandte und auf die Austrittsfläche (20b) der Linse (20) auftreffende Lichtstrahlen (22a, 22b) mittels Totalreflexion zum Rand hin umlenkt, so dass sie nicht mehr durch die Projektionsoptik (12) hindurchtreten.
2. Lichtmodul (6) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zum Rand hin reflektierten Lichtstrahlen (22a, 22b) auf einen äußeren Rand der Optik (20) treffen, welcher Licht absorbierende Eigenschaften aufweist.
3. Lichtmodul (6) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den äußeren Rand der Optik (12) eine Licht absorbierende Schicht (24) aufgebracht ist.
4. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die punktförmigen Lichtquellen (10a-10e) der Lichtaussendungseinheit (10) Halbleiterlichtquellen, insbesondere Leuchtdioden, umfassen.
5. Lichtmodul (6) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lichtmodul (6) über 1.000 einzeln ansteuerbare Halbleiterlichtquellen aufweist.
6. Lichtmodul (6) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lichtmodul (6) als ein μ AFS (micro-structured adaptive front-lighting system)-Lichtmodul (6) ausgebildet ist.
7. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtaussendungseinheit (10) eine Halbleiterlichtquelle und ein Mikrospiegelarray aufweist, das eine Vielzahl Mikrospiegel umfasst, die einzeln angesteuert und gekippt werden können, wobei jeder der Mikrospiegel eine der punktförmigen Lichtquellen (10a-10e) der Lichtaussendungseinheit (10) bildet.
8. Lichtmodul (6) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mikrospiegelarray mindestens 10^6 Mikrospiegel umfasst, die mit einer Frequenz von bis zu 5.000 Hz gekippt werden können.
9. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsfläche (20b) der Linse (20) von der Lichtaussendungseinheit (10) mit einem Abstrahlwinkel $>30^\circ$ ausgesandte und auf die Austrittsfläche (20b) der Linse (20) auftreffende Lichtstrahlen (22a, 22b) mittels Totalreflexion zum Rand hin umlenkt.
10. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der Lichtaussendungseinheit (10) zugewandte Eintrittsfläche (20a) der Linse (20) eben ausgebildet ist.
11. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf eine der Lichtaussendungseinheit (10) zugewandte Eintrittsfläche (20a) der Linse (20) eine Antireflexionsschicht aufgebracht ist.
12. Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Projektionsoptik (12) mehrere in dem Strahlengang hintereinander angeordnete Projektionslinsen (14, 16) umfasst.
13. Scheinwerfer (1) eines Kraftfahrzeugs, der Scheinwerfer (1) umfassend ein Gehäuse (2) mit einer durch eine transparente Abdeckscheibe (5) verschlossenen Lichtaustrittsöffnung (4) und mit einem in dem Gehäuse (2) angeordneten Lichtmodul (6), das eine resultierende Lichtverteilung durch die Abdeckscheibe (5) hindurch auf einer Fahrbahn (18) vor dem Kraftfahrzeug abbildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lichtmodul (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist.

Claims

1. Light module (6) for a headlight of a motor vehicle, the light module (6) having a light-emitting unit (10) and projection optics (12) having an optical axis and at least one projection lens (14, 16) which images the light emitted by the light-emitting unit (10) as a resulting light distribution of the light module (6) on a roadway (18) in front of the motor vehicle, **characterized in that** the light-emitting unit has a plurality of punctiform light sources (10a-10e) arranged in a matrix-like manner, each of which emits light with a

Lambertian radiation characteristic, and a lens (20) having a concavely curved exit surface (20b) on the side facing away from the light-emitting unit (10) is arranged in a beam path between the light-emitting unit (10) and the projection optics (12), the exit surface (20b) deflecting light beams (22a, 22b) which are emitted by the light-emitting unit (10) with a beam angle of more than $\pm 20^\circ$ with respect to the optical axis of the projection optics and impinge on the exit surface (20b) of the lens (20) toward the edge by means of total reflection, such that said light beams no longer pass through the projection optics (12).

2. Light module (6) according to claim 1, **characterized in that** the light beams (22a, 22b) reflected toward the edge impinge on an outer edge of the optics (20) that has light-absorbing properties.
3. Light module (6) according to claim 2, **characterized in that** a light-absorbing layer (24) is applied to the outer edge of the optics (12).
4. Light module (6) according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** the punctiform light sources (10a-10e) of the light-emitting unit (10) comprise semiconductor light sources, in particular light-emitting diodes.
5. Light module (6) according to claim 4, **characterized in that** the light module (6) has over 1,000 individually controllable semiconductor light sources.
6. Light module (6) according to claim 4 or claim 5, **characterized in that** the light module (6) is designed as a μ AFS (micro-structured adaptive front-lighting system) light module (6).
7. Light module (6) according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** the light-emitting unit (10) has a semiconductor light source and a micromirror array which comprises a large number of micromirrors which can be controlled and tilted individually, each of the micromirrors forming one of the punctiform light sources (10a-10e) of the light-emitting unit (10).
8. Light module (6) according to claim 7, **characterized in that** the micromirror array comprises at least 10^6 micromirrors which can be tilted at a frequency of up to 5,000 Hz.
9. Light module (6) according to any of claims 1 to 8, **characterized in that** the exit surface (20b) of the lens (20) deflects light rays (22a, 22b) which are emitted by the light-emitting unit (10) with a beam angle $>30^\circ$ and impinge on the exit surface (20b) of the lens (20) toward the edge by means of total reflection.

10. Light module (6) according to any of claims 1 to 9, **characterized in that** an entry surface (20a) of the lens (20) that faces the light-emitting unit (10) is planar.
11. Light module (6) according to any of claims 1 to 10, **characterized in that** an anti-reflection layer is applied to an entry surface (20a) of the lens (20) that faces the light-emitting unit (10).
12. Light module (6) according to any of claims 1 to 11, **characterized in that** the projection optics (12) comprise a plurality of projection lenses (14, 16) arranged one behind the other in the beam path.
13. Headlight (1) of a motor vehicle, the headlight (1) comprising a housing (2) having a light exit opening (4) closed by a transparent cover panel (5) and a light module (6) which is arranged in the housing (2) and images a resulting light distribution through the cover panel (5) on a roadway (18) in front of the motor vehicle, **characterized in that** the light module (6) is designed according to any of claims 1 to 12.

Revendications

1. Module d'éclairage (6) pour un phare d'un véhicule automobile, le module d'éclairage (6) comprenant une unité de diffusion de lumière (10) et une optique de projection (12) avec un axe optique et au moins une lentille de projection (14, 16) qui reproduit la lumière diffusée par l'unité de diffusion de lumière (10) sous la forme d'une distribution de lumière résultante du module d'éclairage (6) sur une chaussée (18) devant le véhicule automobile, **caractérisé en ce que** l'unité de diffusion de lumière comprend plusieurs sources de lumière ponctuelles (10a-10e) agencées en forme de matrice, qui émettent respectivement de la lumière ayant une caractéristique de rayonnement de Lambert, **en ce que** dans un trajet de faisceau entre l'unité de diffusion de lumière (10) et l'optique de projection (12) est agencée une lentille (20) avec une surface de sortie (20b) incurvée de manière concave sur le côté opposé à l'unité de diffusion de lumière (10), la surface de sortie (20b) déviant, au moyen d'une réflexion totale, des faisceaux de lumière (22a, 22b) diffusés par l'unité de diffusion de lumière (10) avec un angle de rayonnement supérieur à $\pm 20^\circ$ par rapport à l'axe optique de l'optique de projection et incidents sur la surface de sortie (20b) de la lentille (20), vers un bord, de sorte qu'ils ne passent plus à travers l'optique de projection (12).
2. Module d'éclairage (6) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les faisceaux de lumière (22a, 22b) réfléchis vers un bord frappent un bord extérieur de l'optique (20) qui présente des propriétés d'ab-

sorption de lumière.

3. Module d'éclairage (6) selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**une couche (24) absorbant de la lumière est appliquée sur le bord extérieur de l'optique (12). 5
4. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les sources de lumière ponctuelles (10a-10e) de l'unité de diffusion de lumière (10) comprennent des sources de lumière à semi-conducteur, en particulier des diodes électroluminescentes. 10
5. Module d'éclairage (6) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le module d'éclairage (6) comprend plus de 1.000 sources de lumière à semi-conducteur pouvant être commandées individuellement. 15
6. Module d'éclairage (6) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le module d'éclairage (6) est réalisé sous la forme d'un module d'éclairage μ AFS (système d'éclairage avant adaptatif microstructuré) (6) . 20 25
7. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'unité de diffusion de lumière (10) comprend une source de lumière à semi-conducteur et un réseau de micro-miroirs, comprenant une pluralité de micro-miroirs pouvant être commandés et renversés individuellement, chacun des micro-miroirs formant l'une des sources de lumière ponctuelles (10a-10e) de l'unité de diffusion de lumière (10). 30 35
8. Module d'éclairage (6) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le réseau de micro-miroirs comprend au moins 10^6 micro-miroirs qui peuvent être renversés à une fréquence allant jusqu'à 5.000 Hz. 40
9. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la surface de sortie (20b) de la lentille (20) dévie des faisceaux de lumière (22a, 22b) diffusés par l'unité de diffusion de lumière (10) avec un angle de rayonnement $>30^\circ$ et incidents sur la surface de sortie (20) de la lentille (20), au moyen d'une réflexion totale vers un bord. 45 50
10. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**une surface d'entrée (20a) de la lentille (20) tournée vers l'unité de diffusion de lumière (10) est réalisée de manière plane. 55
11. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'**une

couche anti-réflexion est appliquée sur une surface d'entrée (20a) de la lentille (20) tournée vers l'unité de diffusion de lumière (10).

12. Module d'éclairage (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'optique de projection (12) comprend plusieurs lentilles de projection (14, 16) agencées les unes derrière les autres dans le trajet de faisceau. 5
13. Phare (1) d'un véhicule automobile, le phare (1) comprenant un boîtier (2) avec une ouverture de sortie de lumière (4) fermée par une vitre de recouvrement (5) transparente et avec un module d'éclairage (6) agencé dans le boîtier (2), qui reproduit une distribution de lumière résultante à travers la vitre de recouvrement (5) sur une chaussée (18) devant le véhicule automobile, **caractérisé en ce que** le module d'éclairage (6) est réalisé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12. 10 15 20 25

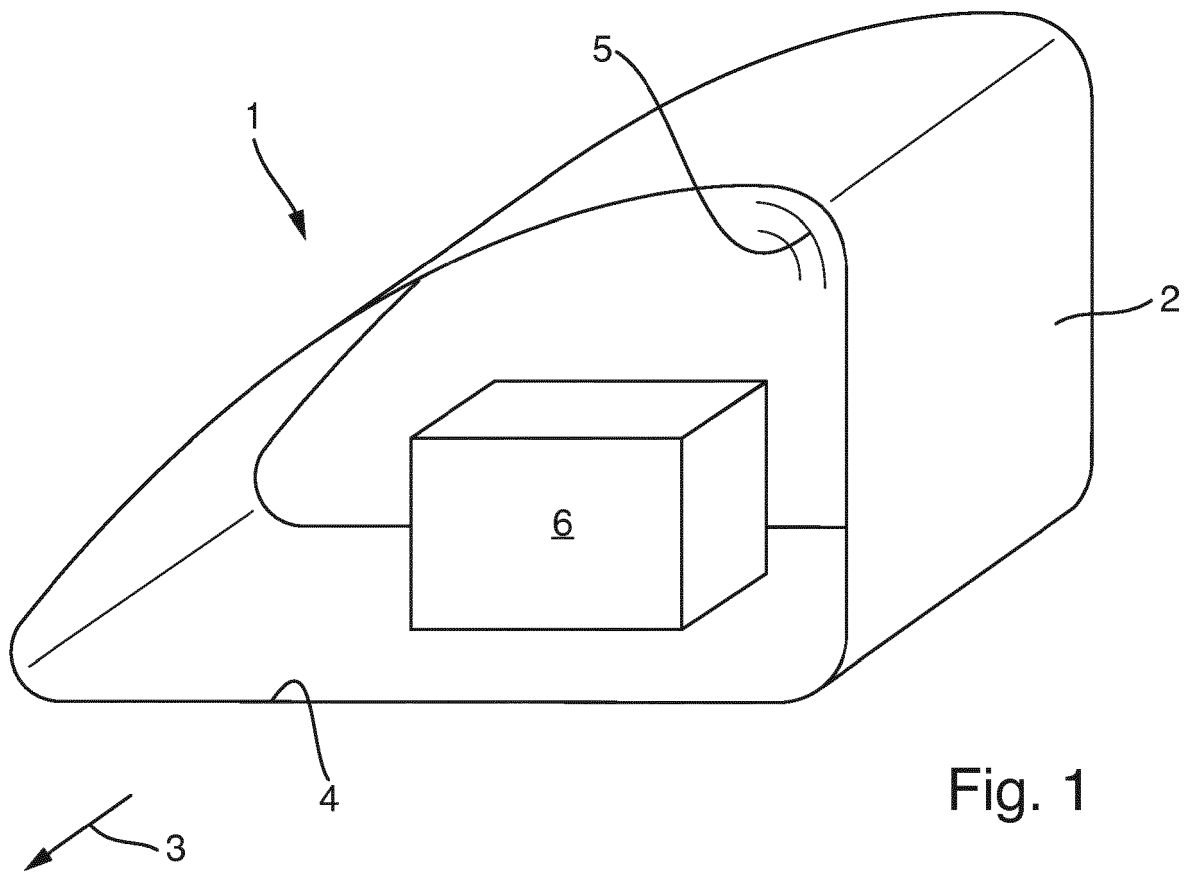
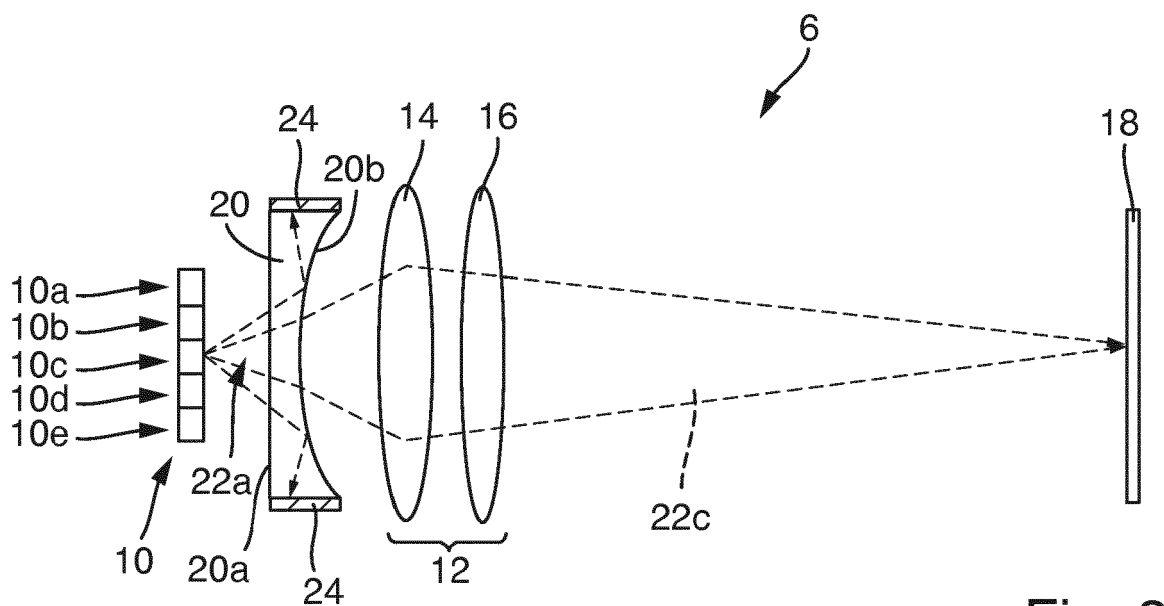
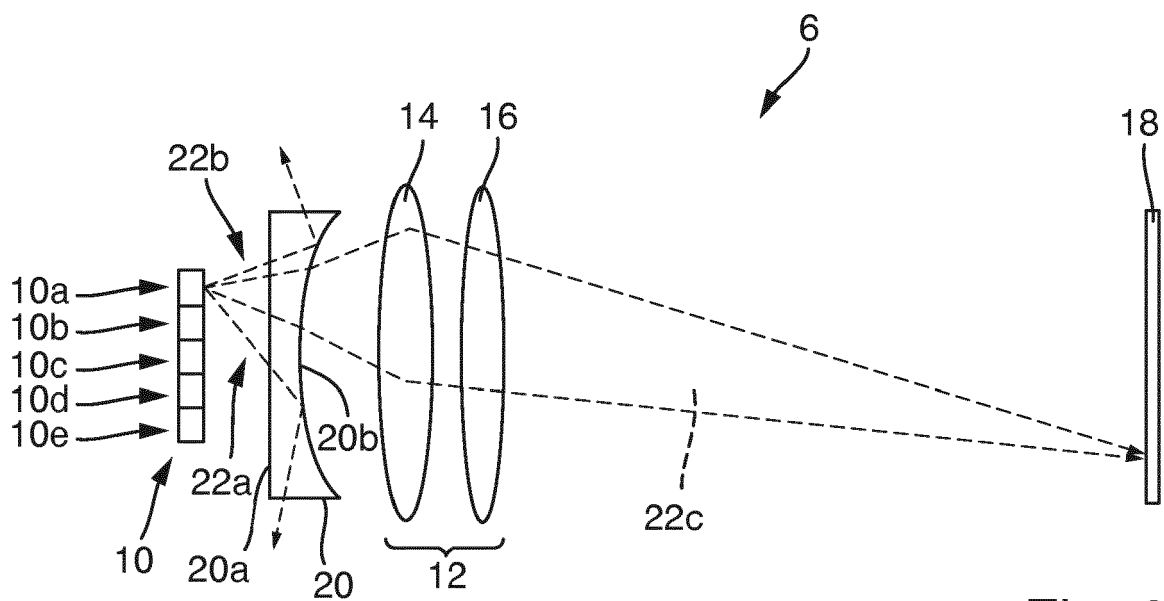


Fig. 1



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2674665 A2 **[0001]**
- DE 102015209194 A1 **[0001]**
- DE 10009782 A1 **[0004]**
- WO 2013020156 A1 **[0011]**
- DE 102009054227 A1 **[0025]**